

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA**



**“ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO
ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE
SANTIAGO DE CHUCO – LA LIBERTAD”**

TESIS PRESENTADO POR:
BACH. ALAIN KLEVERTH VIAÑA ROMERO

PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEOLOGO

ASESOR:
MGT. ING. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ

CUSCO – PERU

2019



DEDICATORIA

La presente tesis está dedicado con todo mi cariño para mi Familia; de manera especial a mi Madre Ernestina a mi esposa Milagros mis pequeñas Vanenka y Johamy, quienes han puesto toda su confianza para lograr un objetivo más en mi vida

Dedico también a la memoria de mamá Milita y mis queridos hermanos Yurema y Phavel.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar un sincero agradecimiento, en primer lugar a Dios y la Virgen por brindarme salud, fortaleza y capacidad, también hago extenso este reconocimiento a mi asesora Mgtr. Josefina Escalante Gutiérrez y a los docentes de la facultad, quienes me han dadolas pautas para mi formación profesional.

Y el agradecimiento oportuno a los familiares, colegas y personas quienes me prestaron su colaboración durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo.



INDICE

CAPITULO I

1.0. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	3
1.1.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS	3
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
1.3. VARIABLES	3
➤ VARIABLE INDEPENDIENTE	3
➤ VARIABLE DEPENDIENTE	3
1.4. HIPÓTESIS	5
1.5. JUSTIFICACION	5
1.6. METODOLOGÍA DE ESTUDIO	5
1.7. UBICACIÓN DEL PROYECTO	6
1.8. ACCESO AL ÁREA DEL PROYECTO	7
1.9. MARCO LEGAL	7
1.10. MÉTODOS DE EVALUACIÓN	11

CAPITULO II

GEOMORFOLOGIA

2.0. INTRODUCCION	17
2.1. LINEA DE BASE	17
2.1.1. METODOLOGIA	17
2.1.2. GENERALIDADES	18
2.1.3. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	19
➤ Valle Encañonado (VE)	20
➤ Quebradas (Q)	20
➤ Zona Agreste (ZA)	20
➤ Superficie Moderadamente Agreste (SMA)	20
➤ Superficies Glaciares (SG)	21



➤ Superficie Intracordillerana (SI)	21
➤ Altiplanicie (A)	21
➤ Lomadas (L)	21
➤ Superficie Ondulada (SO)	22
➤ Laderas Empinadas (LE)	22
➤ Laderas Escarpadas (LES)	22
➤ Laderas Moderadas (LM)	22
➤ Zona Lacustrina (ZL)	22
➤ Puntones Empinados (PE)	22
2.1.4. PROCESOS ACTUALES DE EROSIÓN	23
➤ Erosión Fluvial	23
➤ Erosión Antrópica (EA)	24
➤ Estabilidad Geomorfológica y Riesgo Físico	24
2.2. EVALUACION DE IMPACTOS	24
2.2.1. Diagnóstico de Temas Claves	24
➤ Métodos de Evaluación	24
2.2.2. Pregunta Clave F-1	25
➤ Evaluación de Enlaces	25
➤ Criterios de Clasificación	26
➤ Medidas de Mitigación	28
➤ Resultados	29
➤ Análisis de Impactos Residuales	30
➤ Monitoreo	31
CAPITULO III	
GEOLOGIA	
3.0. GEOLOGIA Y RECURSOS	32
3.1. GEOLOGIA REGIONAL	32
3.1.1. ESTRATIGRAFÍA SEDIMENTARIA	32
Jurásico Superior	32
• Formación Chicama	33
Cretáceo inferior	33



• Formación Chimú	34
• Formación Santa – Carhuaz	34
• Formación Farrat	35
Cretáceo intermedio	35
• Formación Inca	35
• Formación Chulec	36
• Formación Pariatambo	36
Cuaternario	36
3.1.2. DEFORMACIÓN TECTÓNICA REGIONAL Y ACTIVIDAD VOLCÁNICA	36
3.2. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO LOCAL	37
3.2.1. GEOLOGÍA DEL BASAMENTO ROCOSO	38
3.2.2. GEOLOGÍA SUPERFICIAL	39
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	42
3.0. GEOLOGIA LOCAL DE ALTO CHICAMA	42
3.3.1. ESTRATIGRAFÍA	42
3.3.2. ESTRUCTURA	43
3.3.3. MINERALIZACIÓN Y ALTERACIÓN	43
3.3.4. TECTÓNICA	44
➤ Falla Chaquilbamba	44
➤ Falla Quiches	45
➤ Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca	45
➤ Fallas Rioja – Moyobamba	45
3.3.5. HISTORIA SÍSMICA	46
3.3.6. SISMICIDAD REGISTRADA CON INSTRUMENTOS	48
3.3.7. ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO	49
CAPITULO IV	
HIDROLOGIA	
4.0. HIDROGEOLOGÍA	51
4.1. INTRODUCCIÓN	51
4.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	53



4.2. CONDICIONES DE LÍNEA BASE	53
4.2.1. INVESTIGACIONES EN EL SITIO	54
4.2.1.1. Instalación de los pozos de monitoreo	54
4.2.1.2. Monitoreo de los Niveles del Agua Subterránea	55
4.2.1.3. Pruebas de Conductividad Hidráulica	55
4.2.1.4. Condiciones Hidrogeológicas de Línea Base	55
4.2.1.5. Niveles del Agua Subterránea y Direcciones de Flujo	56
4.2.1.6. Permeabilidad de las Formaciones	58
4.2.1.7. Recarga y Descarga del Agua Subterránea	60
4.2.1.8. Calidad del Agua Subterránea	63
4.3. EVALUACIÓN DE IMPACTOS	67
4.3.1. INTRODUCCIÓN	67
4.3.2. DIAGNÓSTICO DE TEMAS	68
4.3.3. ALCANCE TEMPORAL	68
4.3.4. ENLACES AMBIENTALES	68
4.3.5. ACTIVIDADES Y OBRAS DEL PROYECTO	70
4.3.5.1. Efectos del desarrollo del tajo abierto	70
4.3.5.2. Desarrollo de la pila de lixiviación	78
4.3.5.3. Desarrollo del botadero de desmonte	82
4.3.5.4. Desarrollo de la pila de mineral sulfuroso	85
4.3.6. CRITERIOS PARA LA DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS	86
4.3.7. ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS RESIDUALES	88
4.4. PLANIFICACIÓN DE LA MITIGACIÓN	90
4.4.1. TAJO ABIERTO	90
4.4.2. INSTALACIÓN DE LA PILA DE LIXIVIACIÓN	90
4.4.3. BOTADEROS DE DESMONTE	90
4.4.4. PILA DE MINERAL SULFUROSO	91
4.5. PROGRAMA PARA EL MONITOREO DEL AGUA SUBTERRÁNEA	91
4.6. GEOQUÍMICA	93



4.6.1. INTRODUCCIÓN	93
4.6.2. RESULTADOS	96
4.6.3. MANEJO DEL DESMONTE Y PRONÓSTICOS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA	100
4.7. AGUAS SUPERFICIALES “HIDROLOGIA”	103
4.7.1. INTRODUCCIÓN	103
4.7.1.1. ÁREAS DE ESTUDIO	104
4.7.1.2. CUENCAS	104
4.7.1.2.1. Río Chuyuhual	105
4.7.1.2.2. Río Perejil	105
4.7.1.2.3. Quebrada Caballo Moro	106
4.7.1.2.4. Río Moche	106
4.7.1.3. INSTALACIONES DEL PROYECTO	106
4.7.2. CONDICIONES DE LÍNEA BASE	107
4.7.2.1. USO DEL AGUA	108
4.7.2.2. CLIMA Y METEOROLOGÍA	109
4.7.2.3. CANTIDAD DEL AGUA	110
4.7.2.4. CALIDAD DEL AGUA	112
4.7.2.4.1. Límites máximos permisibles	112
4.7.2.4.2. Sistema de clasificación de uso de agua	115
4.7.2.4.3. Antecedentes	117
4.7.2.4.4. Cuencas del río perejil y del río negro	118
4.7.2.4.5. Cuenca del río chuyuhual	120
4.7.2.4.6. Cuenca de la quebrada caballo moro	121
4.8. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS	122
4.8.1. INTRODUCCIÓN	122
4.8.1.1. DIAGNÓSTICO DE ASPECTOS	123
4.8.2. Pregunta Clave SWH-1 Flujos de los Ríos y Niveles de las Lagunas y del Reservorio	126
4.8.2.1. evaluación de enlace	127
4.8.2.2. métodos de evaluación	131



4.8.2.3.	critérios de clasificación	134
4.8.2.4.	medidas de mitigación	135
4.8.2.5.	resultados	135
4.8.2.6.	análisis de los impactos	141
4.8.2.7.	pronóstico de confianza	143
4.8.2.8.	monitoreo	145
4.8.3.	Pregunta Clave SWH-2 – Suministro de Agua a Quiruvilca	146
4.8.3.1.	evaluación de enlace	146
4.8.3.2.	análisis de los impactos	148
4.8.4.	PREGUNTA CLAVE SWQ-1: CALIDAD DEL AGUA	148
4.8.4.1.	evaluación de enlace	149
4.8.4.2.	métodos de evaluación	152
4.8.4.3.	critérios de clasificación	166
4.8.4.4.	medidas de mitigación	167
4.8.4.5.	predicciones de calidad del agua	168
4.8.4.6.	análisis del impacto	175
4.8.4.7.	pronóstico de confianza	177
4.8.4.8.	estudios de seguimiento	180
4.8.4.9.	monitoreo de la calidad del agua	180
4.8.4.10.	planificación de contingencias	181
4.8.5.	PREGUNTA CLAVE SWQ-2: SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	182
4.8.5.1.	Evaluación de enlace	182
4.8.5.2.	Métodos para la evaluación	183
4.8.5.3.	Criterios de clasificación	183
4.8.5.4.	Medidas de mitigación	184
4.8.5.5.	Resultados	184
4.8.5.6.	Análisis del impacto	185
4.8.5.7.	Estudios de monitoreo y seguimiento	185
CAPITULO V		
RIESGOS NATURALES		
5.0.	INTRODUCCIÓN	186



5.1. RIESGO DE DESLIZAMIENTOS, FLUJO DE ESCOMBROS Y ACTIVIDAD VOLCÁNICA	187
5.2. RIESGO DE INUNDACIONES	187
5.3. EVALUACIÓN DE IMPACTOS	187
5.3.1. DIAGNÓSTICO DE TEMAS CLAVE	187
5.3.2. PREGUNTA CLAVE	188
5.3.2.1. EVALUACIÓN DE ENLACES	188
5.3.2.2. MÉTODOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	189
5.3.2.3. MITIGACIÓN	191
5.3.2.4. RESULTADOS	193
5.3.2.5. ANÁLISIS DE IMPACTOS RESIDUALES	193
5.3.2.6. MONITOREO	194

CAPITULO VI

SUELOS - DESCRIPCION AMBIENTAL DEL PROYECTO

6.0. SUELOS	195
6.1. INTRODUCCIÓN	195
6.2. RESUMEN DE LA LINEA BASE	195
6.2.1. METODOLOGÍA	195
6.2.1.1. Áreas de estudio	195
6.2.1.2. Revisión de la información base	195
6.2.1.3. Trabajo de campo	196
6.2.1.4. Análisis de la información y elaboración de mapas	197
6.2.2. SUELOS DEL ÁREA DE ESTUDIO LOCAL	197
6.2.2.1. Unidades de suelos	197
6.2.2.2. Análisis del contenido de metales en los suelos	200
6.2.2.3. Capacidad de uso mayor de la tierra	202
6.3. EVALUACIÓN DE IMPACTOS	203
6.3.1. DIAGNÓSTICO DE TEMAS	203
6.3.2. PREGUNTA CLAVE S-1	205
6.3.2.1. Evaluación del enlace	205
6.3.2.2. Métodos de evaluación	206



6.3.2.3.	Criterios de clasificación	208
6.3.2.4.	Mitigación	209
6.3.2.5.	Resultados	212
6.3.2.6.	Análisis de los impactos residuales	213
6.3.2.7.	Monitoreo	214
6.3.3.	PREGUNTA CLAVE S-2	214
6.3.3.1.	Evaluación de enlaces	214
6.3.3.2.	Métodos de evaluación	215
6.3.3.3.	Criterios de clasificación	216
6.3.3.4.	Mitigación	216
6.3.3.5.	Resultados	216
6.3.3.6.	Análisis de los impactos residuales	218
6.4.	VEGETACIÓN	219
6.4.1.	INTRODUCCIÓN	219
6.4.2.	LÍNEA DE BASE	219
6.4.2.1.	INTRODUCCIÓN	219
6.4.2.1.1.	Objetivos	220
6.4.2.1.2.	Áreas de estudio	221
6.4.2.2.	MÉTODOS	221
6.4.2.3.	RESULTADOS	224
6.4.2.3.1.	Mapeo	224
6.4.2.3.2.	Riqueza y diversidad	226
6.4.2.3.3.	Especies protegidas	227
6.4.2.3.4.	Áreas y especies clave	227
6.4.2.3.5.	Calidad de hábitat	228
6.4.3.	EVALUACION DE IMPACTOS	228
6.4.3.1.	DIAGNÓSTICO DE TEMAS	228
6.4.3.2.	PREGUNTA CLAVE V-1	229
6.4.3.2.1.	Evaluación de enlaces	229
6.4.3.2.2.	Métodos de evaluación	234
6.4.3.2.3.	Evaluación de los criterios	236



6.4.3.2.4.	Mitigación	237
6.4.3.2.5.	Resultados	239
6.4.3.2.6.	Impactos residuales	243
6.4.3.2.7.	Monitoreo	245

CAPITULO VII

DESCRIPCION DEL PROYECTO

7.0.	MINERIA Y RESERVAS EXPLOTABLES	246
7.1.	GENERALIDADES	246
7.2.	CRITERIOS DE DISEÑO DE MINA	247
7.2.1.	DISTRIBUCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA MINA	247
7.2.2.	TOPOGRAFÍA	248
7.2.3.	EL PROYECTO EN GENERAL	248
7.2.4.	PRECIOS DE METALES, COSTOS DE OPERACIÓN Y OTRA INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO DE LA MINA	248
7.2.5.	LEYES DE CORTE	249
7.2.6.	ÁNGULOS DE PENDIENTE	249
7.2.7.	CARRETERAS DE MINA	249
7.3.	DISEÑO DEL TAJO ABIERTO	250
7.3.1.	LÍMITE DEL TAJO Y RECURSOS EXPLOTABLES	250
7.4.	PLANIFICACIÓN DE LA MINA	251
7.4.1.	RESUMEN DEL PLAN A LARGO PLAZO	251
7.4.2.	CARRETERAS Y PREPRODUCCIÓN DE LA MINA	251
7.4.3.	COLOCACIÓN DEL MINERAL EN LA CANCHA DE LIXIVIACIÓN	252
7.4.4.	DISPOSICIÓN DE LA ROCA DE DESMONTE	252
7.5.	DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPO	255
7.5.1.	SELECCIÓN DEL EQUIPO	255
7.6.	OPERACIONES MINERAS	256
7.6.1.	PERFORACIÓN	256
7.6.2.	VOLADURA	257
7.6.3.	CONTROL DE MINERAL	257



7.6.4. CARGA	258
7.6.5. TRANSPORTE	258
7.6.6. FLOTA DE EQUIPOS DE APOYO A LA MINA	259
7.6.7. MANTENIMIENTO DE LA MINA	260
7.6.8. DRENAJE DEL TAJO	260
7.6.9. MATERIAL DEL STOCKPILE	261
7.7. MANEJO DE ROCA DE DESMONTE	262
7.7.1. GEOQUÍMICA DE LA ROCA DE DESMONTE	264
7.7.2. MODELACIÓN DE LA ROCA DE DESMONTE	265
7.7.3. DISEÑO DE LOS BOTADEROS Y DEL STOCKPILE	269
7.7.4. CONSIDERACIONES SOBRE EL RELLENO DEL TAJO	280

CAPITULO VIII

PLAN DE CIERRE

8.0. INTRODUCCION	281
8.1. MARCO LEGAL	282
8.2. DESCRIPCION DEL PROYECTO	283
8.3. OBEJTIVOS Y CRITERIOS DE CIERRE	287
8.3.1. OBJETIVOS GENERALES DEL CIERRE	287
8.3.2. OBJETIVOS DEL CIERRE DE LA INSTALACIÓN	288
8.3.3. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE INGENIERIA	289
8.3.4. CRITERIOS NORMATIVOS SOBRE LA CALIDAD DE AGUA AL CIERRE	293
8.4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	296
8.5. DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE CIERRE	298
8.5.1. BOTADERO DE DESMONTE ESTE	298
8.5.2. BOTADERO DE DESMONTE OESTE	300
8.5.3. PILA DEL MINERAL SULFUROSO	302
8.5.4. CIERRE DEL TAJO ABIERTO	304
8.5.5. PILA DE LIXIVIACIÓN	306
8.5.6. INFRAESTRUCTURA DE PROCESAMIENTO DEL MINERAL	309
8.5.7. SISTEMA DE MANEJO DE AGUAS	312



8.5.8. INSTALACIONES AUXILIARES DEL PROYECTO	315
8.5.9. RELIEVE DEL TERRENO AL CIERRE	318
8.6. BALANCE DE AGUA DE LA MINA	319
8.6.1. BOTADERO DE DESMONTE ESTE	320
8.6.2. BOTADERO DE DESMONTE OESTE	321
8.6.3. PILA DE MINERAL SULFUROSO	322
8.6.4. CIERRE DEL TAJO ABIERTO	322
8.6.5. PILA DE LIXIVIACIÓN ³²⁴	
8.7. TRATAMIENTO DE AGUAS Y DISPOSICIÓN DE LODOS EN LA ETAPA DE POST-CIERRE	327
8.7.1. TRATAMIENTO DEL DAR	327
8.7.2. SOLUCIONES DE LA PILA DE LIXIVIACIÓN	329
8.7.3. CONTROL DE LA SEDIMENTACIÓN	331
8.7.4. MANEJO DE LODOS	332
8.8. MONITOREO	332
8.8.1. MONITOREO DURANTE EL PERIODO DE CIERRE	332
8.8.2. MONITOREO DURANTE EL PERIODO DE POST-CIERRE	334
8.9. CONSIDERACIONES SOCIALES	335
8.10. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION Y ESTUDIOS ADICIONALES	337
8.10.1. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN	338
8.10.2. ESTUDIOS ADICIONALES	338
8.11. ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO	343
8.11.1. INTRODUCCIÓN	343
8.11.2. MÉTODOS	344
8.11.3. ANÁLISIS DE COSTO – BENEFICIO	344
CONCLUSIONES	346
RECOMENDACIONES	347
BIBLIOGRAFIA	348
PLANOS	
1. C1-1 UBICACION GENERAL DEL PROYECTO	



2. C1-2 DIST INST DEL PROY ALTO CHICAMA
3. C1-3 AREAS DE EST. AMBIENTAL LOCAL Y REGIONAL
4. C2-1 GEOMORFOLOGICO
5. C2-3 UNIDADES GEOMORFOLOGICAS
6. C6-5 GEOLOGICO
7. C6-6 GEOLOGIA SUPERFICIAL
8. C7-1 MAPA NEOTECTONICO
9. C7-2 MAPA DE EPICENTROS DE EVENTOS SISMICOS HISTORICOS
10. C7-3 PELIGROS SISMICOS - ACELERACIONES MAX CON 10% DE PROB
11. C6-1 MAPA HIDROLOGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO
12. C6-2 DISTRIBUCION DE LAS INSTALACIONES DEL PROYECTO ALTO CHICAMA
13. C6-3 UBICACION DE LOS POZOS DE MONITOREO DE LINEA BASE
14. C6-7 NIVELES INFERIDOS DE AGUA SUBTERRANEA
15. C6-9 INST DEL PROY CON IMP HIDROGEOLOGICA
16. C6-10 SECCIONES TRANSVERSALES DEL DESARROLLO DEL TAJO ABIERTO
17. C6-11 CONDICIONES DEL TAJO ABIERTO LUEGO DEL POST CIERRE
18. C6-12 PLAN PROPUESTA PAR LA UBIC DEL POZO DE MONITOREO
19. C9-1 ESTACIONES METEOROLOGICAS Y PLUVIOMETRICAS
20. C9-3 UBICACION DE LOS PUNTOS DE EVALUACION AGUAS DE ESCORRENTIA
21. C9-3 UBICACION DE LOS PUNTOS DE EVALUACION
22. C9-4 UBICACION DE LOS PTOS DE MONITOREO DEL AGUA SUPERFICIAL
23. C9-5 PTOS DE MONITOREO DEL AGUA SUPERFICIAL EN EL AREA DE EST REGIONAL
24. C9-7 UBICACION DE LOS PUNTOS DE EVALUACION DEL AGUA SUPERFICIAL
25. C8-1 MAPA DE SUELOS AREA DE ESTUDIO LOCAL
26. C8-2 PTOS DE MUESTREO DE SUELOS PARA ANALISIS DE METALES
27. C8-3 CAPACIDAD DE USO MAYOR DE SUELOS
28. C8-5 CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRAS AFECTADA POR LAS INSTAL DEL PROY
29. D2-1 MAPA DE VEGETACION REGIONAL
30. D2-2 MAPA DE VEGETACION LOCAL
31. D2-5 TIPOS DE VEGETACION LINEA DE BASE Y CIERRE
32. PC2-1 PLAN DE DESVIO DE AGUAS SUPERFICIALES PARA OPERACIONES
33. PC5-1 SECCIONES TRANSVERSALES DE PRE-MINADO OPERACION Y POST-CIERRE
34. PC5-2 SISTEMA DE DERIVACION DEL AGUA SUPERFICIAL DEL PROYECTO AL CIERRE
35. PC5-3 VISTAS DE LAS CONDICIONES AL TERMINO DE LAS OPERACIONES Y DEL POST CIERRE

ANEXOS

ANEXOS 01

CUADRO RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES PRINCIPALES Y SUS IMPACTOS MÁS SIGNIFICATIVOS



ANEXOS 02

Sección B4

ANEXOS 03

SECCION A7.3

DIAGRAMA DE ENLACE

ANEXOS 04

SECCION A7.8

ANEXOS 05

SECCION A7.9

ANEXOS 06

**SUB SECCIONES DE LAS NACIENTES DE LA CUENCAS DE LOS RIOS
CHUYUHUAL - FIGURA C6-2**

ANEXOS 07

REGISTROS DE POZOS

ANEXOS 08

GRAFICOS DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

ANEXOS 09

LISTA DE ACRÓNIMOS

ANEXOS 10

TABLA DE ESTACIONES METEOROLOGICAS

LISTA DE CUADROS

CUADRO N° 01 Coordenadas UTM y Geográficas	6
CUADRO N° 02 Normativa Ambiental General	10
CUADRO N° 03 Normativa Ambiental Específica Sectorial Minero	10
CUADRO N° 04 Normativa Ambiental	11

LISTA DE IMÁGENES

IMAGEN N° 01 Unidad Minera Alto Chicama	6
IMAGEN N° 02 Accesibilidad a la Unidad Minera Alto Chicama	7

LISTA DE TABLAS

Tabla C1-1 Criterios de Impacto de los Componentes Físicos	14
Tabla C1-2 Sistema de Evaluación de las Consecuencias Sociales y Ambientales	16
Tabla C2-1 Unidades Fisiográficas en el Área de Estudio Local	19



Tabla C2-2 Unidades Fisiográficas Afectadas	29
Tabla C7-1 Sismos Ocurridos en las Zonas Norte y Centro del Perú	46
Tabla C7-2 Intensidades Observadas en el AER del Proyecto	48
Tabla C7-3 Resultados de Evaluación del Peligro Sísmico en Términos de Probabilidades	50
Tabla C6-1 Propiedades Hidráulicas de las Formaciones Subyacentes al Proyecto	59
Tabla C6-2 Aporte Estimado de Agua Subterránea al Tajo Abierto	73
Tabla C6-3 Tasas de Recarga Estimadas del Agua Subterránea al Tajo Abierto	74
Tabla C6-4 Niveles Pronosticados de la Laguna del Tajo	75
Tabla C6-5 Aumento del Flujo Base Debido a la Infiltración	76
Tabla C6-6 Infiltración del Botadero de Desmonte Este	84
Tabla C6-7 Criterios para la Descripción de Impactos en la Hidrogeología	87
Tabla C5-1 Unidades Geoquímicas y Litológicas del Desmonte y Tonelajes	95
Tabla C5-2 Resumen de las Muestras del EIA y Programa de Caracterización	96
Tabla C5-3 Resumen de las Celdas de Humedad	99
Tabla C5-4 Masa de Desmonte NGA y PGA en Toneladas	100
Tabla C5-5 Contenido de Azufre del Tajo Abierto por Área de Superficie	101
Tabla C5-6 Tonelajes Estimados de Materiales NGA y PGA por Litologías y Destino	101
Tabla C5-7 Cargas Pronosticadas por Litología y por Botaderos de Desmonte (todos los valores en mg/kg/semana)	102
Tabla C5-8 Pronóstico de los Estimados de Calidad del Agua	103
Tabla C9-1 Uso del Agua en el Área de Estudio Regional	109
Tabla C9-2 Resumen del Monitoreo del Flujo del Área de Estudio Local Flujos Medidos	111
Tabla C9-3 Balance Anual de la Cuenca	111
Tabla C9-4 Promedio Mensual de Cantidades de Escorrentía	112
Tabla C9-5 Límites Máximos Permisibles de Descarga para Actividades Mineras- Perú	113
Tabla C9-6 Calidad del Agua Según los Estándares de Calidad del Medio Ambiente y Guías de la OMS para Agua Potable	114



Tabla C9-7 Condiciones del Flujo de Línea Base en las Ubicaciones Hidrológicas Seleccionadas (cont)	116
Tabla C9-8 Criterios de la Descripción de los Impactos y Resultados Numéricos para la Hidrología de Aguas Superficiales	135
Tabla C9-9 Resumen de la Evaluación de los Impactos para la Pregunta Clave SWH-1	142
Tabla C9-10 Lugares de Evaluación	155
Tabla C9-11 Composiciones Químicas de Descarga en los Flujos Procedentes de las Instalaciones de Proceso y Tratamiento	158
Tabla C9-12 Pronóstico de Concentraciones de las Filtraciones y Escorrentías de los Datos para el Modelo Geoquímico	160
Tabla C9-13 Criterios Relevantes para las Descargas y los Lugares de Monitoreo Aguas Abajo	167
Tabla C9-14 Criterios para la Descripción de Impactos y Puntaje Numérico de Calidad de Agua	167
Tabla C9-15 Resumen de la Potencial Calidad del Agua en la Poza de Sedimentación Oeste (Punto de Descarga)	172
Tabla C9-16 Resumen de la Potencial Calidad del Agua del Lugar de Evaluación SWRN-60 Aguas Abajo	172
Tabla C9-17 Resumen de la Potencial Calidad del Agua de la Poza de Sedimentación Este (Punto de Descarga)	173
Tabla C9-18 Resumen de la Potencial Calidad del Agua de la Poza de Limpieza (Punto de Descarga)	173
Tabla C9-19 Resumen de la Potencial Calidad del Agua de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Campamento (Punto de descarga)	174
Tabla C9-20 Resumen de la Potencial Calidad del Agua del Punto de Evaluación SWCH-50 Aguas Abajo	174
Tabla C9-21 Resumen de Evaluación de Impactos para la Pregunta Clave SWQ-1	176
Tabla C9-22 Programa Propuesto de Monitoreo de Calidad del Agua Superficial	181
Tabla C9-23 Resumen de la Evaluación del Impacto de la Pregunta Clave SWQ-2 (Río Negro/Río Perejil)	185



Tabla C7-4 Descripción de la Clasificación de la Magnitud de Riesgos Naturales	190
Tabla C8-1 Clasificación Natural de los Suelos en el Área de Estudio Local	198
Tabla C8-2 Unidades de Suelos en el Área de Estudio Local	199
Tabla C8-3 Principales Características de las Unidades de Suelos en el Área de Estudio Local	200
Tabla C8-4 Contenido de Metales en los Suelos del Área de Estudio Local	200
Tabla C8-5 Clasificación de la Capacidad de Uso Mayor de la Tierra	202
Tabla C8-6 Capacidad de Uso Mayor de la Tierra en el Área de Estudio Local	203
Tabla C8-7 Cálculo del Índice de Capacidad de Uso de los Suelos en el Área de Estudio Local	212
Tabla C8-8 Índice de Capacidad de Uso Afectada por el Proyecto en el Área de Estudio Local	213
Tabla C8-9 Balance de Suelos para la Rehabilitación de las Principales Instalaciones del Proyecto	217
Tabla D2-1 Porcentaje de Cobertura por Tipo de Vegetación y Uso de la Tierra en el Área de Estudio Regional y Áreas Circundantes	225
Tabla D2-2 Porcentaje de Cobertura por Tipo de Vegetación en el Área de Estudio Local	225
Tabla D2-3 Índices de Diversidad y Número de Especies por Tipo de Vegetación en el Área de Estudio Local	227
Tabla D2-4 Valores del Índice de Calidad de Hábitat para las Especies clave de Plantas en el AEL, por Tipo de Vegetación	228
Tabla D2-5 Criterios para la Descripción de los Impactos en la Vegetación	236
Tabla D2-6 Pérdidas Directas/Alteraciones de las Comunidades Vegetales en el Área de Estudio Local	240
Tabla D2-7 Resumen de los Cambios en las Unidades de Hábitat, por Especies Clave dentro del Área de Estudio Local	241
Tabla D2-8 Comunidades Vegetales Potencialmente Afectadas por el Polvo en el Área de Estudio Local	242
Tabla D2-9 Clasificación de los Impactos Residuales por los Efectos en las Comunidades Vegetales y Especies clave en el Área de Estudio Local	243



Tabla 2.5-2 Recursos Minerales de Oro al 31 de Enero del 2015	247
Tabla 2.5-1 Criterios para Clasificación de Recursos Minerales	247
Tabla 3.2-1 Precios y Costos de Metales de Diseño	248
Tabla 3.3-1 Reservas Explotables Medidas e Indicadas de Alto Chicama (Tasa de Procesamiento de 42,000 Tpd)	250
Tabla 3.4-1 Cantidades Usadas en el Plan a Largo Plazo	251
Tabla 3.4-2 Resumen de Botaderos de Roca de Desmonte	254
Tabla 3.5-1 Equipo de Mina Según Aplicación	256
Tabla 3.7-1 Estadística de Pruebas sin Procesar sin Tope	267
Tabla 3.7-2 Estadística de Pruebas sin Procesar con Tope	267
Tabla 3.7-3 Modelos de Correlograma para todas las Variables de desmonte	268
Tabla 3.7-4 Estrategia de Búsqueda y Selección de Muestras	268
Tabla 3.7-5 Cronograma de Explotación Minera – EWRF	269
Tabla 3.7-6 Cronograma de Explotación Minera – WWRF	270
Tabla 3.7-7 Cronograma de Explotación Minera – PILA	271
Tabla 3-1 Límites Máximos Permisibles para Descargas de las Actividades Mineras – Perú	294
Tabla 3-2 Estándares y Valores Guía Ambientales de Calidad del Agua Aplicables a la Evaluación del Impacto en la Calidad del Agua	294
Tabla 7-1 Volúmenes Estimados de Tratamiento	328
Tabla B7-1 Análisis Cualitativo de Coso-Beneficio del Proyecto Alto Chicama	345

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama C2-1: Diagrama de Enlace – Geomorfología	27
Diagrama C6-8: Diagrama de Enlace Ambiental de la Calidad Agua Subterránea	69
Diagrama C9-2 Escorrentía Mensual Promedio Derivada en el Alto Chicama	113
Diagrama C9-6 Diagrama de Enlace de las Aguas Superficiales para la Pregunta Clave SWH-1	129
Diagrama C9-8 Diagrama de Enlace de las Aguas Superficiales para la Pregunta Clave SWH-2	147



Diagrama C9-9 Diagrama de Enlace de Aguas Superficiales, para la Pregunta Clave SWQ-1 y SWQ-2	150
Diagrama C9-10 Promedio Mensual de la Química de Aguas Superficiales de Línea Base y Flujo de la Estación SWCH-60	162
Diagrama C7-4 Diagrama de Enlace Riesgos Naturales	189
Diagrama C8-4 Diagrama de Enlace para los Suelos	205
Diagrama D2-4 Diagrama de Enlace de la Vegetación	230

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.2-1 Geología Simplificada del Proyecto Alto Chicama	43
Figura D2-3 Abundancia Relativa de los Tipos de Vegetación en el Área de Estudio Local	225



CAPITULO I

1.0. ANTECEDENTES

El estudio de Impacto Ambiental del Proyecto minero Alto Chicama, se desarrollará en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco en el departamento de La Libertad, ubicado a 130 km al este de Trujillo por carretera y 11 km al noreste del pueblo de Quiruvilca. El Proyecto se encuentra ubicado en la Cordillera Occidental de los Andes Peruanos a una elevación aproximada de 4 100 m sobre el nivel del mar (msnm), y el área se extiende entre 3 700 a 4 200 msnm. En el área, las nacientes del Río Chuyuhual fluyen hacia el este y las nacientes del Río Negro fluyen hacia el oeste. El Río Negro desemboca en el Río Perejil, el cual se convierte aguas abajo en el Río Alto Chicama. El área está caracterizada por cerros ondulados y montañas accidentadas con el terreno cortado por valles abruptamente cortados, reflejando patrones erosionales asociados con la geología de lecho rocoso. En esta área predominan afloramientos de roca y suelos superficiales, así como grass natural.

El Proyecto consistirá de una mina a tajo abierto y de instalaciones de proceso metalúrgico para recuperar el oro, la plata y el mercurio. Será similar en muchos aspectos a las operaciones de MBM en Pierina, cerca de Huaraz en el departamento de Ancash. Se emplearán camiones y cargadores convencionales para extraer el mineral. La roca de desmonte (es decir, roca conteniendo niveles sub-económicos de oro, que debe ser excavada durante el desarrollo de la mina) será acarreada por camión a las áreas de disposición, preparadas para su almacenamiento permanente. El mineral de naturaleza sulfídica y/o carbonácea será apilado para una futura recuperación potencial de oro. El oro será recuperado del mineral usando una instalación de pila de lixiviación con cianuro y el proceso Merrill-Crowe. Las instalaciones auxiliares de apoyo a las operaciones del Proyecto incluirán oficinas y edificios de administración, laboratorios, almacenes, talleres de mantenimiento, salas de emergencia, distribución de energía eléctrica, torres de comunicación, suministro de agua, tanques de combustible y reactivos, plantas de tratamiento de agua, estructuras de drenaje, áreas de almacenamiento de explosivos y campamento para el personal del Proyecto.



El Proyecto ha sido diseñado para mitigar los impactos al ambiente. El manejo del agua superficial asegurará que el agua que no se encuentre en contacto con roca generadora de acidez sea desviada y descargada al ambiente. El agua dentro de la instalación de pilas de lixiviación y el circuito de procesamiento será reciclado para minimizar la demanda de agua. El agua que se pone en contacto con roca potencialmente generadora de acidez será analizada y tratada de la manera necesaria para cumplir con los objetivos de calidad de agua antes de la descarga.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Perú es un país minero, pues tiene una larga tradición minera que se inicia en la prehistoria. Durante la época pre inca e inca se alcanza un gran desarrollo y destreza en el trabajo de la piedra y la metalurgia del oro. Durante la época colonial el metal más explotado es la plata. En la época republicana se inicia la explotación de yacimientos de metales básicos para satisfacer las necesidades de metales en el proceso de industrialización de países Europeos y Norte Americanos.

La Explotación minera en nuestro país está relacionada como una práctica común de la depredación, la contaminación de los ríos, y el despojo irracional de zonas de reserva, la informalidad de esta actividad se hace notar en los impactos ambientales.

El tema está enmarcado que por las malas prácticas en la explotación minera se puedan dar como resultados Impactos Ambientales Negativos; que pueden afectar una área de influencia directa: Agua, suelo, aire, flora, fauna y bellezas paisajistas y de forma indirecta en los cambios sociales, económicos y culturales de las poblaciones cercanas al área del Proyecto Minero Alto Chicama del Distrito de Quiruvilca.

Esta realidad es considerada de alto interés ambiental porque es muy importante contar con un Estudio de Impacto Ambiental que nos permita identificar los impactos negativos dentro del Proyecto Minero; y no por una serie de malas prácticas ambientales, malas prácticas productivas, mala asistencia social, falta de capacitación ambientalista en la minería, nuestro país sufre considerables pérdidas de su biodiversidad.



1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuáles son los Impactos Ambientales que Genera el Proyecto Minero Alto Chicama?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuál es el Impacto social que genera el Proyecto Minero Alto Chicama?
- ¿En qué medida el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Alto Chicama, permitirá identificar la problemática de los impactos en la calidad del agua y suelo?
- ¿Cómo las medidas de prevención y mitigación de los impactos generados en el agua y suelo contribuirá a la protección del medio ambiente?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

- “Realizar el estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Alto Chicama del distrito Quiruvilca”.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el impacto social que genera el Proyecto Minero Alto Chicama en los habitantes del distrito de Quiruvilca.
- Proporcionar la información y describir el estado de calidad del agua y suelo del Proyecto Minero Alto Chicama del distrito de Quiruvilca.
- Por medio del estudio de impacto ambiental identificar y proporcionar las medidas necesarias para la prevención y mitigación de los impactos en el agua y suelo.

1.3. VARIABLES

➤ VARIABLE INDEPENDIENTE:

La explotación del Proyecto Minero Alto Chicama.

➤ VARIABLE DEPENDIENTE:

Impacto Ambiental del Proyecto Minero Alto Chicama.



1.4. HIPÓTESIS

Mediante el estudio de Impacto Ambiental que se realizará para el Proyecto Minero Alto Chicama, se identificará y se evaluará el grado de contaminación, mediante la información detallada o descrita del estado de calidad de las aguas y suelo, para que de esta manera se mejore las medidas de mitigación, corrección y prevención necesaria, en el momento de la explotación, dando como resultado una mejor seguridad y una adecuada protección ambiental.

1.5. JUSTIFICACION

En nuestro país uno de los factores importantes de la contaminación ambiental es la explotación minera mal llevada, es por ello que mediante los Estudios de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Alto Chicama, se busca en determinar los parámetros que nos permitan identificar y evaluar los posibles impactos ambientales y sociales; y que nos proporcionara mecanismos para la prevención, mitigación y remediación de aquellos impactos negativos y positivos en el área de estudio. Tomando estas consideraciones lo que se busca es minimizar el impacto del proyecto a nuestro medio ambiente.

Dentro del marco social el Proyecto Minero alto Chicama del Distrito de Quiruvilca contribuirá con el desarrollo social y económico de La Libertad, no sólo por la creación de puestos de trabajos directos e indirectos, para los que se prioriza la contratación de mano de obra local, sino también por el activo programa de responsabilidad social que ejecutara en el marco de su compromiso por el desarrollo de las comunidades vecinas.

1.6. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La metodología que nos permitió lograr el presente trabajo, se dividió en tres etapas, que son:

➤ RECOPIACION BIBLIOGRAFICA

- Recopilación cartográfica.
- Recopilación fotográfica anexos
- Análisis bibliográfico, cartográfico y fotográfico (planos preliminares).
- Planteamiento de recursos naturales renovables y los ecosistemas.
- Análisis y sistematización de la bibliografía existente.



➤ TRABAJOS DE CAMPO

Los trabajos de campo han consistido en:

- Levantamiento geomorfológico.
- Levantamiento geológico (litológico – estructural).
- Caracterización de suelos y rocas
- Levantamiento de línea de Base Ambiental Medio Biótico
- Determinación del impacto ambiental

➤ TRABAJO DE GABINETE

En gabinete se han desarrollado las siguientes actividades:

- Análisis cartográfico.
- Análisis y evaluación de muestras.
- Elaboración de planos.
- Plan de adecuación.
- Procesamiento de información.
- Elaboración de tesis.

➤ DETERMINACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

- Guías ambientales peruanas, reglamentos y futuras normas y tendencias.
- Procedimientos de evaluación ampliamente usados internacionalmente (por ejemplo, Banco Mundial 1999).
- Aporte de los grupos de interés (el público y las entidades reguladoras).
- Se formularon preguntas claves que vinculan al Proyecto con los impactos ambientales potenciales. Se utiliza el término “pregunta clave” porque cada pregunta clave presenta un marco enfocado en la evaluación del efecto potencial positivo o negativo, lo cual contribuye a una comprensión más fácil del EIA. El uso de preguntas claves y diagramas de enlace mejoran la transparencia del proceso de evaluación, ya que facilitan la comprensión de las suposiciones y las razones por las que se llega a las conclusiones. Se evalúa cada impacto potencial ambiental y socioeconómico en términos de los



criterios de impacto, tales como dirección, magnitud, extensión geográfica, duración, reversibilidad y frecuencia, así como el grado de confiabilidad en los datos y en el análisis. Luego se usan los criterios de magnitud, extensión geográfica y duración para determinar todas las consecuencias ambientales.

1.7. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto está ubicado en el Departamento de La Libertad, Provincia de Santiago de Chuco, Distrito de Quiruvilca, la zona en estudio se encuentra ubicada a 90 Km al este del departamento de Trujillo, El acceso al lugar se realiza por una bifurcación de la carretera que conecta Shorey y Quiruvilca con Huamachuco. Esta carretera se conecta a la carretera principal entre Trujillo y Otuzco. Cuyas coordenadas UTM:

CUADRO N° 01 Coordenadas UTM y Geográficas

PTO	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTURA m.s.n.m.
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD	
P – 1	804000	9120000	7°50'0.00"	78°15'0.00"	4030

Fuente: Elaboración propia

Ubicación Geográfica

Departamento : La Libertad
 Provincia : Santiago de Chuco
 Distrito : Quiruvilca
 Altitud : 4100 m.s.n.m

IMAGEN N° 01 Unidad Minera Alto Chicama



Fuente: Imagen Google Earth Pro



1.8. ACCESO AL ÁREA DEL PROYECTO

El Proyecto está ubicado en el Departamento de La Libertad, Provincia de Santiago de Chuco, Distrito de Quiruvilca, (Imagen N° 02), aproximadamente 90 kilómetros al este de Trujillo. Por carretera, la distancia es 130 km, lo que actualmente toma unas cinco horas de viaje en una pick-up aproximadamente. Se espera reducir este tiempo de viaje a aproximadamente 2.5 horas después de la culminación de las obras para el mejoramiento de la carretera de acceso que se tienen planificadas.

IMAGEN N° 02

Accesibilidad a la Unidad Minera Alto Chicama



Fuente: Elaboración Propia

1.9. MARCO LEGAL

El en presente ítem se presenta un análisis descriptivo del marco legal e institucional aplicable a la “ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO – LA LIBERTAD”. El análisis está conformado por las normas, dispositivos legales e institucionales vigentes en el Perú, que tienen relación directa con los procedimientos de licenciamiento ambiental, la conservación y preservación del



medio ambiente, concordante con los procedimientos de ejecución del Proyecto. Estas normas son de carácter general y de carácter específico.

➤ **Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente y su modificatoria
Decreto Legislativo N° 1055**

La Ley N° 28611 en su artículo I, establece los principios y normas básicas para asegurar el derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

➤ **Ley N° 28245 - Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión
Ambiental**

En concordancia con la Tercera Disposición Complementaria Final del D.L 1013 el Ministerio del Ambiente, es la Autoridad Ambiental Nacional y ente rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Tiene por finalidad planificar, promover, coordinar, normar y supervisar las acciones orientadas a la protección ambiental y contribuir a la conservación del patrimonio natural; así como, controlar y velar el cumplimiento de las obligaciones ambientales.

El Sistema Nacional de Gestión Ambiental tiene por finalidad orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinados a la protección, conservación del medio ambiente y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales; en cumplimiento de los objetivos ambientales de las distintas entidades públicas.

➤ **Decreto Supremo N° 008-2005-PCM - Reglamento de la Ley Marco
del Sistema Nacional de Gestión Ambiental**

El presente Decreto Supremo reglamenta la Ley N° 28245 - Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, regulando el funcionamiento del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA), el que se constituye sobre la base de las Instituciones estatales, órganos y oficinas de los distintos ministerios, organismos públicos descentralizados e instituciones públicas a nivel nacional, regional y local



que ejerzan competencias, atribuciones y funciones en materia de ambiente y recursos naturales.

➤ **Decreto Legislativo 757 - Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada**

El marco general de la política para la actividad privada y la conservación del ambiente está expresado por el artículo 49°, en el que se señala que el Estado estimula el equilibrio racional entre el desarrollo socioeconómico, la conservación del ambiente y el uso sostenido de los recursos naturales; garantizando la debida seguridad jurídica a los inversionistas mediante el establecimiento de normas claras de protección del medio ambiente.

➤ **Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM - Política Nacional del Ambiente**

Esta política es uno de los principales instrumentos de gestión para el logro del desarrollo sostenible en el país y ha sido elaborada tomando en cuenta la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, los Objetivos del Milenio formulados por la Organización de las Naciones Unidas y los demás tratados y declaraciones internacionales suscritos por el Estado Peruano en materia ambiental.

El objetivo de la Política Nacional del Ambiente es mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona.

Sector Minería

➤ **Normas de Protección Ambiental del Sub-Sector Minero - Metalúrgico**

Los primeros esfuerzos por regular los impactos ambientales de la industria minero metalúrgica se dieron a partir del Código del Medio Ambiente, hoy derogada por la Ley General del Ambiente y los Recursos Naturales y del Texto Único Ordenado de



la Ley General de Minería, aprobado mediante D.S. N° 014-92-EM (específicamente el Título Décimo Quinto de la norma, hoy derogado en su mayor parte). A partir de entonces, se dictaron distintas normas que regulan de manera general o específica las diversas etapas de la actividad minero-metalúrgica: exploración, explotación, beneficio, transporte y comercialización.

En este sentido a continuación se presenta un listado de las normas de mayor incidencia sobre el Proyecto:

CUADRO N° 02

Normativa Ambiental General

NORMATIVIDAD GENERAL		
Instrumento Legal	Fecha	Descripción
Constitución Política del Perú de 1993	1993	Constitución Política del Perú de 1993. Capítulo I° Del Ambiente y los Recursos Naturales”
D.L N° 26821	16/06/97	Ley Orgánica Para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales
D.L N°757)Derogado en parte)	13/11/91	Ley Marco Para el Crecimiento de la Inversión Privada en el Perú
Ley N° 28245	08/06/04	Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental
D.S N° 008-2005-PCM	28/01/05	Reglamentos Ley Marco del Sistema Nacional y Gestión Ambiental
Ley N° 27446	16/03/01	Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
Ley N°28611	13/09/05	Ley General del Ambiente
Ley N°26842	20/07/97	Ley General de Salud
Dec. Leg. N° 1055	27/06/08	Modificación de la Ley General del Ambiente
Ley N° 29263	01/10/08	Modificación de la Ley General del Ambiente
D.L N 635	08/04/91	Delitos contra la Ecología

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 03

Normativa Ambiental Específica Sectorial Minero

MINERIA		
Instrumento Legal	Fecha	Descripción
D.S N°014-92-EM	02/06/92	Título XI del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería sobre el Medio Ambiente
D.S. N° 016-93-EM	01/05/93	Reglamento sobre Protección del Medio Ambiente
D.L № 27651	01.02.02	Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal
D.S. № 016-93-EM	28.04.93	Reglamento sobre Protección del Ambiente y las Guías Ambientales emitidas por la DAAEM
Ley N° 28090	14/10/03	Ley que regula el cierre de Minas
Ley N° 033-2005-EM	15/08/05	Reglamento de la Ley de Cierre de Mina
Ley N°28721	06/07/04	Ley que Regula Los Pasivos Ambientales
D.S N° 059-2005-EM	07/12/05	Reglamento de la Ley de Pasivos Ambientales
Ley 27474	06/06/01	Ley de Fiscalización de las Actividades Mineras
D.S.N°049-2001-EM	06/06/01	Reglamento de la Ley de Fiscalización Minera

Fuente: Elaboración propia



CUADRO N° 04

Normativa Ambiental

Calidad de Aire Y Emisiones		
Instrumento Legal	Fecha	Descripción
D.S N° 074-2001-PCM	22/06/01	Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental ECA
D.S N° 069-2003-PCM	14/07/01	Adición al Anexo 01 del Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental ECA
R. N° 315-96-EM7VMN	16/07/96	Niveles Máximos Permisibles de Elementos Compuestos Presentes en Emisiones Gaseosas.
Ruido		
Instrumento Legal	Fecha	Descripción
D.S N° 085-2003-PCM	24/10/03	Calidad Ambiental para Ruido
D.S N° 046-2001-EM	25/07/01	Reglamento de Higiene y Seguridad Minera
D.S N° 010-2005-PCM	02/02/05	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes.
Calidad de Agua – Recursos Hídricos - Efluentes		
Instrumento Legal	Fecha	Descripción
D.L N° 17752 (en revisión)	29/07/69	Ley General de Aguas
D.S N° 007-83-SA	17/03/83	Modifica los art. 81 y 82 de los Títulos I, II, III de la LGA
D.S N° 003-2003-SA	21/01/03	Modifica los art. 82 de los Títulos I, II y III de la LGA
D.S N° 002-2008-MINAM	31/07/08	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua
D.L N° 1081	28/06/08	Crea el Sistema Nacional de Recursos Hídricos.
Suelos		
Instrumento Legal	Fecha	Descripción
Ley N° 26505	17/05/95	Ley de Inversión Privada en el Desarrollo de las Actividades Económicas en las Tierras del Territorio Nacional y de las Comunidades Campesinas y Nativas.
D.S N° 011-97-AG	13/06/97	Reglamento de la Ley 26505
Dec. Leg. N° 1015	19/05/08	Modificación de la Ley 26505
D.S. N° 017-96-AG	18/10/96	Reglamento de la Ley de Tierras referido a las Servidumbres sobre Tierras para el Ejercicio de las Actividades Mineras
D.S N° 062-75-AG	22/01/75	Reglamento de Clasificación de Tierras
Recursos Naturales y Diversidad Biológica (Vegetación, Flora y Fauna)		
Instrumento Legal	Fecha	Descripción
Ley N° 26821	26/06/97	Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales
Ley N° 26839	16/07/97	Ley sobre Conservación de la Diversidad Biológica
D.S N° 068-2001-PCM	21/06/01	Reglamento de la Ley de Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica
Dec. Leg. N° 1090	28/06/08	Ley Forestal y de Fauna Silvestre
Ley N° 26834	04/07/97	Ley sobre Áreas Naturales Protegidas
D.S N° 038-2001-AG	26/06/01	Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas
D.S N° 034-2004-AG	13/07/06	Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre
D.S N° 034-2004-AG	18/09/04	Categorización de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre

Fuente: Elaboración propia

1.10. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

El siguiente texto es un breve resumen de los métodos del EIA.

Caracterizará los recursos ambientales y socioeconómicos que sean potencialmente afectados en el área de estudio.

- Predecirá los efectos negativos y positivos, así como el nivel de mitigación posible de los efectos negativos.
- Siempre que sea posible se cuantificará y evaluará la magnitud de los efectos.
- Identificará los medios que se emplearán para monitorear los recursos que pudieran ser afectados en el área de estudio.



El EIA ha sido elaborado en base a estándares peruanos e internacionales y se fundamenta en lo siguiente:

- Guías ambientales peruanas, reglamentos y futuras normas y tendencias.
- Procedimientos de evaluación ampliamente usados Internacionalmente (por ejemplo, Banco Mundial 1999).
- Aporte de los grupos de interés (el público y las entidades reguladoras).

El EIA comprende la siguiente información correspondiente a los componentes sociales y ambientales claves:

- Descripción de las condiciones existentes, incluyendo la identificación de la alteración ambiental de actividades anteriores.
- Descripción de la naturaleza, certeza y consecuencia de los efectos ambientales asociados a las actividades desarrollados en el área de estudio;
- Presentación de planes para mitigar o eliminar efectos negativos, junto con una descripción sobre los elementos claves de dichos planes.
- Identificación de los impactos residuales y la consecuencia de estos impactos.
- Comentarios sobre la confiabilidad en la predicción que se realiza de los impactos.
- Presentación del plan de monitoreo de los efectos ambientales y sociales para evaluar el desempeño en el área de estudio.
- Identificación de los impactos potenciales adversos asociados con el Proyecto que pudieran requerir la solución conjunta del gobierno, la industria y la comunidad.

Desde el inicio se consideraron las condiciones sociales y ambientales del área de estudio para la mayoría de componentes del EIA, a través de la obtención de datos, tanto en la época de lluvias como en la época estiaje, y en determinadas



circunstancias se inició la recolección continua de datos. Se definieron las condiciones del EIA con el fin de incluir todas áreas alteradas existentes en el sitio.

En el estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Alto Chicama se identificó los potenciales temas ambientales y sociales, en base a la consulta con los grupos de interés. En base a estos temas se formularon preguntas claves que vinculan al Proyecto con los impactos ambientales potenciales. Se utiliza el término “pregunta clave” porque cada pregunta clave presenta un marco enfocado en la evaluación del efecto potencial positivo o negativo, lo cual contribuye a una comprensión más fácil del EIA.

Las relaciones entre las actividades del Proyecto y sus efectos potenciales en el hombre y en los ambientes naturales se ilustran mediante diagramas. Los diagramas de enlace definen la interacción entre las diversas actividades del Proyecto y los efectos potenciales en el análisis de las preguntas claves. El análisis de esta interacción permite la evaluación de los efectos dentro de un contexto ecológico más amplio.

El uso de preguntas claves y diagramas de enlace mejoran la transparencia del proceso de evaluación, ya que facilitan la comprensión de las suposiciones y las razones por las que se llega a las conclusiones. Se evalúa cada impacto potencial ambiental y socioeconómico en términos de los criterios de impacto, tales como dirección, magnitud, extensión geográfica, duración, reversibilidad y frecuencia, así como el grado de confiabilidad en los datos y en el análisis (Tabla C1-1). Luego se usan los criterios de magnitud, extensión geográfica y duración para determinar todas las consecuencias ambientales (Tabla C1-2).

El análisis de los impactos también evalúa los efectos del Proyecto conjuntamente con los impactos de la mina de carbón existente en el área del Proyecto. Éstas y otras actividades existentes se consideran parte de la línea base y han sido integradas en el análisis de efectos. Por lo que se consideraron los efectos acumulativos del Proyecto y de las áreas con alteración existentes.



Tabla C1-1 Criterios de Impacto de los Componentes Físicos

Recursos	Dirección ^(a)	Magnitud ^(b)	Extension Geográfica ^(c)	Duración ^(d)	Reversibilidad ^(e)	Frecuencia ^(f)
Fisiografía	Positiva, negativa o neutral para los puntos finales de medición	Insignificante: efecto no perceptible (<1%) en el punto final de medición Baja: cambio <1 0% en el punto final de medición Moderada: cambio entre 10 y 20 % en el punto final de medición Alta: cambio >2 0% en el punto final de medición	Local: efecto restringido al AEL Regional: el efecto se extiende más allá del AEL, dentro del AER Más allá de lo Regional: el efecto se extiende fuera del AER.	Corto Plazo: <2 años Media No plazo: 2 a 15 años Largo Plazo: >1 5 años	Reversible o Irreversible	n/a
Calidad del Aire	Positiva: reducción en las emisiones y/o concentraciones ambientales Negativa: incremento en las emisiones y/o concentraciones ambientales	Insignificante: no presenta cambio Baja: incremento de las concentraciones, pero son menores que las establecidas en las guías y estándares aplicables Moderada: las concentraciones se incrementan por encima de las guías aplicables antes mencionadas, pero son menores que los estándares aplicables Alta: las concentraciones se incrementan por encima de los estándares aplicables	Local: efecto restringido al AEL Regional: el efecto se extiende fuera del AEL, dentro del AER Más allá de lo Regional: el efecto se extiende más allá del AER	Corto Plazo: <2 años Media No Plazo: 2 a 15 años Largo Plazo: >1 5 años	Reversible o Irreversible	Baja: ocurre sólo una vez Media: ocurre en forma intermitente Alta: ocurre en forma continua
Ruido	Positiva: reducción de los niveles de ruido Negativa: incremento de los niveles de ruido	Insignificante: no existe incremento en los niveles de ruido fuera de los límites de la propiedad Baja: el incremento de los niveles de ruido fuera de los límites de la propiedad no exceden los estándares (70 dBA) Moderada: el incremento de los niveles de ruido exceden los estándares pero no se ven afectados los niveles de ruido en las comunidades o viviendas Alta: el incremento de los niveles de ruido exceden los estándares y se ven afectadas las comunidades y viviendas	Local: efecto restringido al AEL Regional: el efecto se extiende más allá del AEL dentro del AER	Corto Plazo: <2 años Mediano Plazo: 2 a 15 años Largo Plazo: >1 5 años	Reversible o Irreversible	Baja: ocurre sólo una vez Media: ocurre en forma intermitente Alta: ocurre en forma continua
Riesgos Naturales	Positiva, Negativa o Neutrales para los puntos finales de medición	Insignificante: cuando las consecuencias de un evento son mínimas y no afectan más allá del área de las instalaciones del Proyecto Baja: cuando los resultados de un evento afectan las instalaciones, pero no ha y efectos fuera del área de las mismas Moderada: cuando los resultados de un evento afectan otras instalaciones del Proyecto o los recursos naturales en el AEL Alta: cuando los resultados de un evento afectan la infraestructura pública o los recursos naturales fuera del AEL	Local: efecto restringido al AEL Regional: el efecto se extiende más allá del AEL, dentro del AER Más allá de lo Regional: el efecto se extiende más allá del AEL	Corto Plazo: <2 años Mediano Plazo: 2 a 15 años Largo Plazo: >1 5 años	Reversible o Irreversible	Baja: ocurre sólo durante el Proyecto y esporádicamente después del proyecto Media: ocurre en forma intermitente Alta: ocurre en forma continua
Suelos	Positiva, Negativa o Neutral para los puntos finales de medición	Insignificante: efecto no perceptible (<5%) en el punto final de medición Baja: cambio de 5 a <10% en el punto final de medición Moderada: cambio de 10 a 20 % en el punto final de medición Alta: cambio >2 0% en el punto final de medición	Local: efecto restringido al AEL Regional: el efecto se extiende más allá del AEL dentro del AER	Corto Plazo: <2 años Mediano Plazo: 2 a 15 años Largo Plazo: >1 5 años	Reversible o Irreversible	Baja: ocurre sólo una vez Media: ocurre en forma intermitente Alta: ocurre en forma continua
Hydrología de Agua Superficial	Positiva, Negativa o Neutral para los puntos finales de medición	Insignificante: < 5% de cambio Baja: 5 a 1 0 % de cambio Moderada: 1 0 a 30% de cambio Alta: > 30 % de cambio	Local: efecto restringido al AEL Regional: el efecto se extiende más allá del AEL dentro del AER	Corto Plazo: <2 años Mediano Plazo: 2 a 15 años Largo Plazo: >1 5 años	Reversible o Irreversible	Baja: ocurre sólo una vez Media: ocurre en forma intermitente Alta: ocurre en forma continua (1 a 10 veces al



			Más allá de lo Regional: el efecto se extiende más allá del AER	años		año) Alta: ocurre con frecuencia (>10 veces al año)
Calidad del Agua Superficial	Positiva , Negativa o Neutral para los puntos finales de medición	Insignificante: las descargas no causan que se excedan las guías, estándares o niveles naturales Baja: las descargas aumentan ligeramente con los niveles naturales Moderada: las descargas causan que se excedan los estándares y/o guías (en casos donde no se excedían previamente) Alta: las descargas causan que se excedan sustancialmente los estándares y / o las guías	Local: efecto restringido al AEL Regional: el efecto se extiende más allá del AEL dentro del AER Más allá de lo Regional: el efecto se extiende más allá del AER	Corto Plazo: <2 años Mediano Plazo: 2 a 15 años Largo Plazo: >15 años	Reversible o Irreversible	Baja: ocurre sólo una vez Media: ocurre en forma intermitente Alta: ocurre en forma continua
Agua Subterránea	Positiva, Negativa o Neutral para los puntos finales de medición	Insignificante: no se presentan cambios Baja: cerca (e s decir, ligeramente por encima) de la línea base Moderada: por encima de la línea base Alta: sustancialmente por encima de la línea base	Local: efecto restringido al AEL Regional: el efecto se extiende más allá del AEL dentro del AER Más allá de lo Regional: el efecto se extiende más allá del AER	Corto Plazo: <2 años Mediano Plazo: 2 a 15 años Largo Plazo: >15 años	Reversible o Irreversible	Baja: ocurre sólo una vez Media: ocurre en forma intermitente Alta: ocurre en forma continua

Fuente: Elaboración propia

- (a) Dirección: efecto positivo o negativo para los puntos finales de medición, según lo definido para el componente específico
- (b) Magnitud: grado de cambio en el punto final de análisis.
- (c) Extensión Geográfica: área afectada por el impacto
- (d) Duración: tiempo durante el cual ocurre el efecto ambiental. Se considera un período de construcción de 2 años, un período de operación de 8 a 10 años y un período de cierre de 3 años (alrededor de 13 a 15 años de vida total del proyecto).
- (e) Reversibilidad: efecto en el recurso (o capacidad del recurso) que puede o no ser revertido
- (f) Frecuencia: cuantas veces sucede el efecto ambiental.



Tabla C1-2 Sistema de Evaluación de las Consecuencias Sociales y Ambientales

Magnitud (Severidad)	Extensión Geográfica	Duración	Consecuencia Ambiental
Insignificante	Todas	Todas	Insignificante
Baja	Local	Corto Plazo	Insignificante
Baja	Local	Mediano Plazo	Baja
Baja	Local	Largo Plazo	Baja
Baja	Regional	Corto Plazo	Baja
Baja	Regional	Mediano Plazo	Moderada
Baja	Regional	Largo Plazo	Moderada
Baja	más allá de lo regional	Corto Plazo	Baja
Baja	más allá de lo regional	Mediano Plazo	Moderada
Moderada	más allá de lo regional	Largo Plazo	Moderada
Moderada	Local	Corto Plazo	Baja
Moderada	Local	Largo Plazo	Moderada
Moderada	Regional	Corto Plazo	Moderada
Moderada	Regional	Mediano Plazo	Moderada
Moderada	Regional	Largo Plazo	Alta
Moderada	más allá de lo regional	Corto Plazo	Moderada
Moderada	más allá de lo regional	Mediano Plazo	Alta
Moderada	más allá de lo regional	Largo Plazo	Alta
Alta	Local	Corto Plazo	Moderada
Alta	Local	Mediano Plazo	Alta
Alta	Local	Largo Plazo	Alta
Alta	Regional	Corto Plazo	Moderada
Alta	Regional	Mediano Plazo	Alta
Alta	Regional	Largo Plazo	Alta
Alta	más allá de lo regional	Corto Plazo	Alta
Alta	más allá de lo regional	Mediano Plazo	Alta
Alta	más allá de lo regional	Largo Plazo	Alta

Fuente: Elaboración propia



CAPITULO II

GEOMORFOLOGIA

2.0. INTRODUCCION

Esta sección del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Minero Alto Chicama, presenta información sobre las características geomorfológicas en el Área de Estudio Local (AEL) (MAPA C2-1). Etapas de construcción, operación y cierre.

Los temas potenciales de preocupación relacionados con la geomorfología 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 tendrá una influencia en la geomorfología local. Estas instalaciones se convertirán en componentes permanentes del paisaje después de la rehabilitación y el cierre.

La geomorfología no es un recurso, razón por la cual los temas de interés se relacionan directamente con otras disciplinas. Así, en la Cap. VI se describen los efectos del cambio de las formas del terreno en la capacidad de uso del suelo. Los cambios en la geomorfología 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 el Cap. IV y en el ítems 4.7 del Cap. IV, respectivamente. Dado que el cambio en la geomorfología presenta evidentes efectos visuales, los aspectos relacionados a la estética. Por último, un cambio en algunas de las unidades geomorfológicas existentes puede alterar los sitios de importancia cultural.

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

2.1. LINEA DE BASE

2.1.1. METODOLOGIA

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 geomorfológico 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 América 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 geomorfológicas 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 Área del Estudio Local (AEL).

2.1.2. 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 glaciar en muchas partes de la sierra.

2.1.3. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

En el AEL se han identificado un total de catorce unidades fisiográficas, las cuales se muestran en el mapa 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 Geomorfológica	Símbolo	Área (Km ²)	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
Total		110.2	100.0

Fuente: Elaboración propia



➤ **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 m.s.n.m., 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 fluvioglaciares, 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 encuentra 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 ambas márgenes del Río Perejil y se encuentran ubicadas en la porción central del Río. Estas 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 la 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 ípabisales. En esta zona resalta el cerro Shulcahuanga con una altitud de 4 300 msnm.

2.1.4. PROCESOS ACTUALES DE EROSIÓN

Los factores climáticos así como la evolución geológica configuraron un patrón geomorfológico 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.

➤ 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, 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.

➤ **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 descontinuado 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.

➤ **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.

2.2. EVALUACION DE IMPACTOS

2.2.1. Diagnóstico de Temas Claves

Identificación de los posibles impactos del Proyecto sobre la geomorfología del área, el cual podría afectar el potencial de erosión y deslizamientos.

➤ **Métodos de Evaluación**

Durante la etapa de construcción del Proyecto Minero Alto Chicama, 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 geomorfología 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 geomorfología local.

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

2.2.2. Pregunta Clave F-1

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

Las distintas actividades del Proyecto afectarán la geomorfología 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 geomorfología y podrían tener un efecto en los procesos de erosión o incrementar el riesgo de deslizamientos.

➤ Evaluación de Enlaces

El diagrama de enlace C2-1 muestra que la geomorfología 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 geomorfología incidirá directamente en los suelos, así como en la hidrología e hidrogeología.

Estos efectos serán analizados en el Cap. VI (Suelos), Cap. IV ítems 4.7 (Agua Superficial) y Cap. IV (Hidrogeología).

En el diagrama de enlace C2-1 también se aprecia la relación de la geomorfología con otras disciplinas. La evaluación de los efectos sobre la geomorfología 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 geomorfológica.

➤ **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.

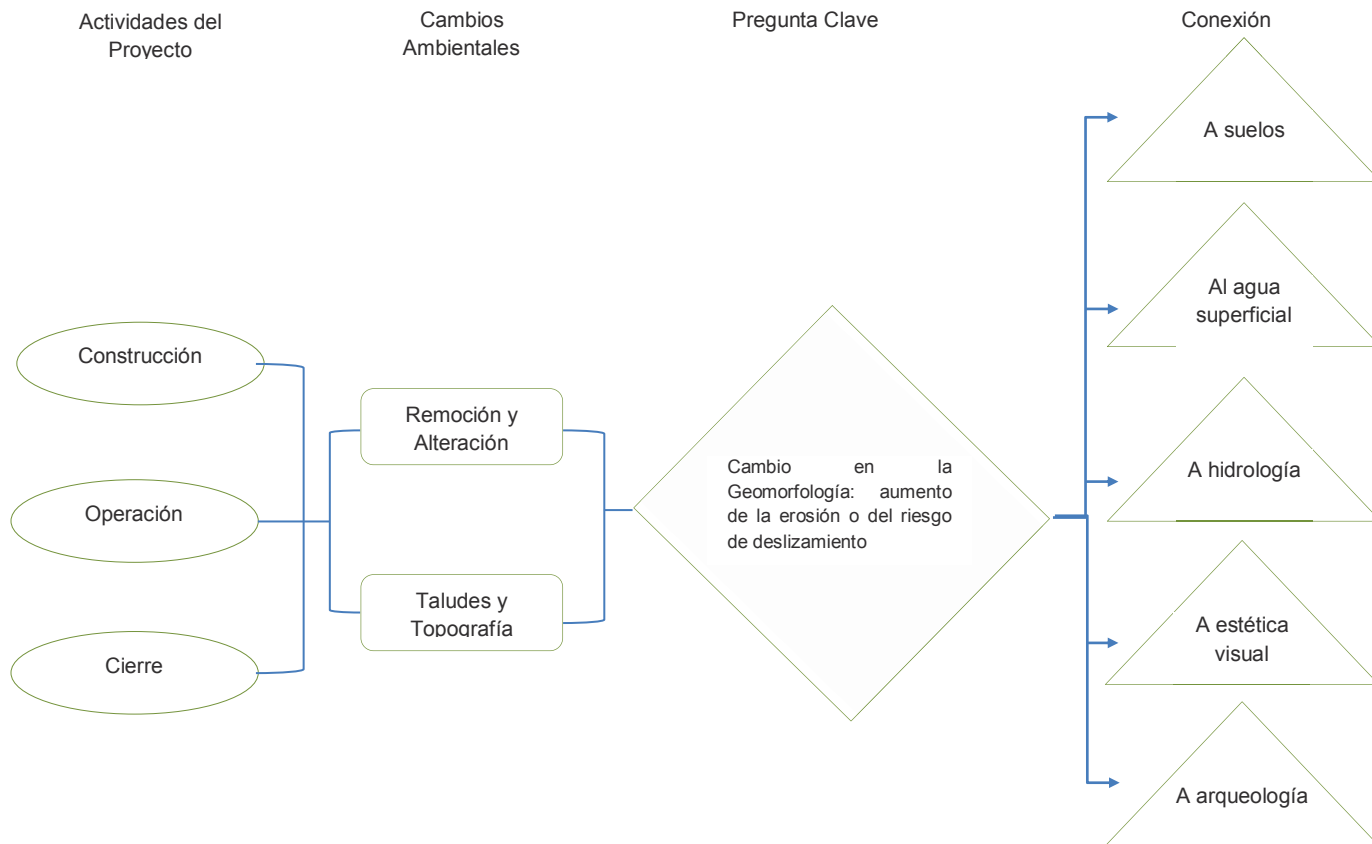
La dirección se considerará neutral para impactos insignificantes.

Magnitud

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



Diagrama C2-1: Diagrama de Enlace – Geomorfología



Fuente: Elaboración propia

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.

➤ 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 desmote 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 desmote 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 controlar y estabilizar la situación.

➤ 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 Geomorfológica								
		SI	ZA	A	PE	ZL	Q	SO ^(a)	VE	L
tajo Abierto	150	15	54	69	8	4	-	- ^(a)	-	-
instalación de la pila de lixiviación	120	112	-	-	-	1	7	-	-	-
botadero de desmote este	99	-	-	97	-	-	1	1	-	-
botadero de desmote oeste	69	49	18	-	-	-	2	-	-	-
botadero de desmote oeste	28	1	-	13	-	-	1	13	-	-
carreteras	19	6	-	1	-	-	2	9	-	1
Total	485	183	72	180	8	5	23	23	-	1

Fuente: Elaboración propia a) no se Aplica

El mapa C2-3 muestra la nueva distribución de las unidades fisiográficas después del cierre.



➤ 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.

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

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

La dirección de los impactos residuales es negativa pues la alteración de la geomorfología 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.

➤ **Monitoreo**

No se plantea ningún monitoreo relacionado a la geomorfología. 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.



CAPITULO III

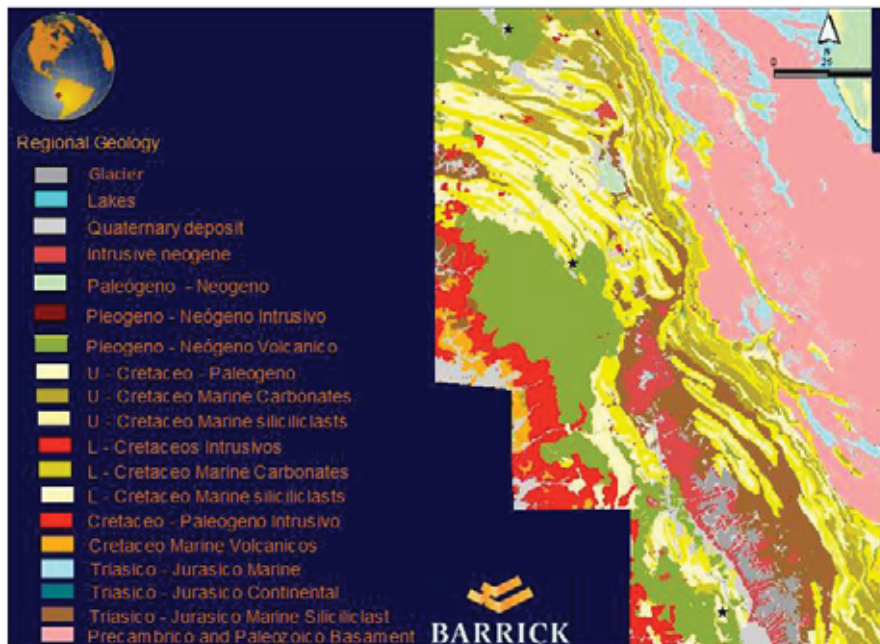
GEOLOGIA

3.0. GEOLOGIA Y RECURSOS

3.1. GEOLOGIA REGIONAL

La geología regional del área está dominada por una secuencia densa de rocas sedimentarias de carbonatos y clastos marinos del Mesozoico, que se encuentran entre el Mesozoico y el Batolito de la Costa del Terciario Temprano al oeste y rocas metamórficas precambrianas del Complejo Marañón hacia el este (Figura 2.1-1). La secuencia mesozoica se ha visto afectada al menos por una y posiblemente dos etapas de deformación compresiva durante la orogenia andina. Las rocas del Mesozoico tienen superpuesta una capa irregular de rocas volcánicas del Grupo Calipuy.

Figura 2.1-1 Geología Regional en el Área del Proyecto Alto Chicama



Fuente: Elaboración propia

3.1.1. ESTRATIGRAFÍA SEDIMENTARIA

Jurásico Superior

Durante el Jurásico Superior, se formó una cuenca marina entre el arco magmático hacia el oeste (Formación Oyotún) y una zona emergida conocida como el



geoanticlinal del Marañón hacia el este. Esta cuenca se vio afectada por la continua subsidencia y ha sido interpretada como una cuenca tectónica formada bajo el régimen extensional con orientación OSO-ENE.

La actividad magmática comenzó durante el Jurásico y marcó el inicio de una etapa tectónica de subsidencia en esta parte del continente. Se considera que las cuencas tensionales de arco posterior se desarrollaron con relación a este régimen tectónico.

- **Formación Chicama**

La Formación Chicama se caracteriza por la presencia de lodolita finamente intercalada, lodolita bituminosa, limolita y areniscas menores con intercalaciones locales de arcillas y material tufáceo retrabajado. Cuando entran en contacto con rocas intrusivas más recientes, esta formación se transforma en esquisto.

Con frecuencia forma suelos rojos cuando se ve afectada por la intemperización debido a la presencia de limonita y hematitas.

Esta área se caracteriza por el color gris oscuro de la lodolita, usualmente finamente dispuesto y la presencia de lechos de carbón. En las zonas planas, la intemperización origina un relieve bajo de color naranja. En los taludes, estas rocas forman pendientes de inclinación empinada con bandas de coloración variable.

Esta sedimentación terrígena fue depositada en una cuenca marina de poca profundidad limitada al este por el continente emergido y al oeste por un arco de islas volcánicas. Los sedimentos provenientes del lado continental están constituidos principalmente por arenas cuarcíferas, mientras que los sedimentos provenientes del arco volcánico se caracterizan generalmente por arcillas y material tufáceo.

La naturaleza poca profunda de esta cuenca generó un ambiente reductor, típico de mares interiores, que favoreció la formación de depósitos orgánicos. Este material orgánico está presente en las rocas como material bituminoso y antracítico o como lechos de carbón.

Cretáceo inferior

El Cretáceo inferior se caracteriza por la sedimentación clástica en un mar abierto altamente oxigenado. Hacia el este, el continente se vio afectado por continuas elevaciones mientras que, al mismo tiempo, la cuenca se asentaba. Estas



condiciones dieron como resultado una importante acumulación de sedimentos detríticos. Asimismo, durante este periodo, el arco de islas hacia el oeste de la cuenca sedimentaria se vio afectado por una intensa erosión debido a la reducción de la actividad magmática. Ello dio como resultado la formación de un mar abierto altamente oxigenado opuesto a las condiciones limitantes creadas por el mar interior durante el Jurásico.

- **Formación Chimú**

La Formación Chimú está principalmente compuesta de secuencias de segundo orden que se van afinando según la altura compuesta casi exclusivamente de granos muy limpios de cuarzo. Cada serie de segundo orden empieza con la sedimentación de arenas angulares gruesas en lechos espesos, lo que indica una elevación del continente, y está seguida de una deposición de lechos cada vez más delgados de granos de arena más fina hasta terminar con la deposición de material de tamaño de la arcilla. Debido al metamorfismo regional, estas rocas están localmente transformadas en cuarcitas de color grisáceo a blanco, resistentes a la erosión, que dan como resultado una topografía abrupta en la forma de anticlinales bien conservados (isoclinales) como el Anticlinal de Algamarca.

Las características de drenaje resaltan las fallas desarrolladas a lo largo del eje de estos anticlinales. Cuando la erosión a lo largo de estos drenajes alcanza las lodolitas de la Formación Chicama, la erosión se acelera y forma cañones profundos con paredes empinadas y espesas acumulaciones de material de desecho como se observa en Sanagorán.

Las secuencias de la Formación Chimú fueron depositadas en un litoral compuesto de arenas y deltas, lo que indica una serie de elevaciones del continente y la subsidencia de la cuenca, así como sucesivas transgresiones marinas. Se formaron depósitos de carbón en relación con las areniscas en las deltas mientras que las lodolitas se formaron en periodos tectónicos de relativa calma.

- **Formación Santa - Carhuaz**

La Formación Santa-Carhuaz concordantemente se extiende sobre la Formación Chimú y corresponde a una etapa de sedimentación indicativa de un periodo



tectónico más pasivo sin elevaciones del continente o magmatismo activo y se relaciona con la transgresión marina.

La Formación Carhuaz consiste de areniscas sucias de color grisáceo con tonalidades de rojiza a púrpura, intercaladas con lodolitas grises. Se observan lechos de cuarcita blanca intercaladas con areniscas y lodolitas en la parte superior de la secuencia.

- **Formación Farrat**

La Formación Farrat se extiende concordantemente sobre la Formación Carhuaz poniendo punto final a la etapa de sedimentación clástica del Cretáceo inferior. También subyace a la Formación Inca del Cretáceo Intermedio que marca el inicio de la deposición de una espesa secuencia de carbonatos. La Formación Farrat consiste de lechos espesos de ondas y estratificaciones cruzadas de arenisca blanca e incluye arenisca de grano grueso que puede formar localmente micro-conglomerados.

Es similar a la Formación Chimú en cuanto a la litología y también al adusto relieve que forma. Esta formación, sin embargo, no registra presencia de carbón y el color blanco de las cuarcitas que usualmente contrasta con la arenisca más grisácea de Chimú.

Cretáceo intermedio

Durante el Cretáceo intermedio, el ambiente de la sedimentación cambió de claramente clástica a una de depósitos de plataformas de carbonatos. Tectónicamente, la subsidencia fue activa en la cuenca aunque no se observó una importante actividad orogénica en la región continental. Hacia el oeste de la cuenca, el arco volcánico alberga una intensa actividad magmática representada por los volcánicos de Casma. Este arco volcánico contribuyó a la formación de un mar interior de poca profundidad que facilitó el desarrollo de vida abundante en el suelo oceánico y como consecuencia de ello, la formación de acumulaciones espesas de estratos de carbonatos.

- **Formación Inca**

La Formación Inca representa la transición gradual entre la sedimentación clástica del Cretáceo Inferior y la sedimentación de carbonatos del Cretáceo Intermedio y



Superior. Incluye calcarenitas y lodolitas ferruginosas. Se diferencia por su color rojizo a amarillento y por estar en la base de la secuencia de carbonatos del Cretáceo Intermedio a Superior.

- **Formación Chulec**

La Formación Chulec se extiende concordantemente sobre la Formación Inca y subyace a la Formación Pariatambo. Comprende una sucesión de finos lechos de calizas arenosas grises fosilíferas, intercaladas con lodolitas ricas en carbonatos y nódulos de calizas que contienen margas. Su espesor disminuye hacia el norte y tiende a aumentar hacia el suroeste, adquiriendo el color crema amarillento característico como resultado de la intemperización.

- **Formación Pariatambo**

La Formación Pariatambo concordantemente se extiende sobre la Formación Chulec y está en ligera discordancia con la Formación Yumagual. Consiste de lodolitas con delgadas intercalaciones de calizas bituminosas negras y estratos de caliza que contienen nódulos dolomíticos y sílex.

Cuaternario

Los principales depósitos cuaternarios son glaciales. Se encuentran bien desarrollados en las áreas de Quiruvilca y El Toro.

3.1.2. DEFORMACIÓN TECTÓNICA REGIONAL Y ACTIVIDAD VOLCÁNICA

Existen cuatro etapas reconocidas de volcanismo en el área:

- Volcanismo del arco insular en el Jurásico Inferior;
- Volcanismo del arco insular en el Cretáceo Inferior;
- Plutonismo en el Cretáceo Superior y el Terciario Inferior; y
- Volcanismo continental e intrusiones relacionadas en el Terciario

El arco insular jurásico se extendió 100 kilómetros al oeste de la costa actual. Durante este periodo, se desarrolló una cuenca marina entre el arco magmático y la zona emergente hacia el este. La Formación Chicama consiste de lodolitas y



lodolitas bituminosas y arenitas intercaladas con argilita. La unidad alberga depósitos de carbón que han sido explotados desde principios de 1900.

El volcanismo del arco insular continuó en el Cretáceo Inferior con migración del arco hacia el este. El volcanismo activo dio como resultado una deposición de una secuencia espesa de rocas volcánicas y sedimentarias. En la región del Alto Chicama, el Cretáceo Inferior se caracteriza por una sedimentación clástica con la Formación Chimú (areniscas cuarcíticas intercaladas con lodolitas), y con la Formación Carhuaz (areniscas sucias intercaladas con lodolitas).

Durante el Cretáceo Superior y parte del terciario Inferior, el tectonismo extensional permitió el emplazamiento de plutones a lo largo de la costa, dando como resultado los Batolitos de la Costa, al oeste del área de Alto Chicama.

En el Terciario, el arco magmático migró más hacia el este, con desarrollo de volcanismo continental y arcos volcánicos pequeños con dirección sur-suroeste / norte- noroeste. Ello dio como resultado la alineación de las estructuras volcánicas de Calipuy al sur oeste de Huamachuco. La química de las rocas del grupo Calipuy corresponde al volcanismo calcalino dominado por andesitas, con menores dacitas y riolitas. Las estructuras volcánicas son predominantemente domos o complejos de domos.

3.2. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO LOCAL

Se evaluaron las condiciones geológicas del área local, incluyendo la geología del basamento rocoso y la geología superficial, como se muestra en los mapas C6-5 y C6-6 respectivamente.

La geología del basamento rocoso que aparece en el mapa C6-5 es una compilación del mapeo realizado por INGEMMET (parte del Mapa Geológico de Cajabamba, Hoja 16-G) y del trabajo proporcionado por MBM (comunicación personal con F. Gaboury), en base a las intensas perforaciones de exploración del área. El personal de geología de la mina en MBM actualmente está realizando la interpretación estructural de la secuencia de rocas en el sitio, y en la actualidad el área del yacimiento mineral y la estructura general del área está bien definida. Del mismo modo, durante el desarrollo de las actividades de línea base de hidrogeología se examinaron las diversas formaciones para determinar la naturaleza del basamento rocoso con respecto al flujo de agua subterránea.



La geología superficial, que se muestra en el mapa C6-6, se evaluó mediante una compilación de las observaciones de reconocimiento del área, los resultados de la perforación de los pozos de monitoreo y mediante la interpretación de las fotografías aéreas. Los planos de geología del basamento y de la geología superficial incluyen el trazado de las instalaciones principales del Proyecto, incluyendo el tajo abierto, los botaderos de desmonte este y oeste, la pila de material sulfuroso y las instalaciones de la pila de lixiviación, de tal manera que esta infraestructura se puede ubicar en contexto con los estratos subyacentes.

3.2.1. GEOLOGÍA DEL BASAMENTO ROCOSO

Los estratos rocosos dentro del área del Proyecto están conformados por sedimentos clásticos marinos de las eras del Jurásico Superior y del Cretáceo Inferior de las formaciones Chicama, Chimú, Carhuaz, Farrat e Inca, las cuales están plegadas en forma isoclinal, alrededor de los ejes anticlinal y sinclinal, y tienen una orientación noroeste a sudeste, introduciéndose hacia el sudeste (el mapa C6-5). Las fallas de empuje asociadas con el plegamiento se encuentran en las formaciones paralelas al eje de plegamiento, mientras que localmente se evidencian fallas transversales. La estructura dominante en el AEL es el anticlinal empinado (denominado Anticlinal del Río Negro, en el mapa C6-5) que atraviesa la parte central del Proyecto. Los dos flancos de las cuarcitas resistentes de la Formación Chimú forman la cresta este de la montaña que alberga el yacimiento aurífero y la cresta oeste que alberga la mina de carbón Callacuyán que se orienta hacia el valle del Río Perejil. Los esquistos de barro comparativamente suaves de la Formación Chicama forman el valle del Río Negro, al interior del núcleo del anticlinal. Las areniscas y la limonita de la Formación Carhuaz forman los flancos exteriores del anticlinal dentro de los valles del Río Perejil y Río Chuyuhual.

La secuencia sedimentaria se levantó, plegó y fue sometida a procesos de erosión durante las eras Cretáceo Tardío/Terciario Inicial. Luego del levantamiento, la erosión desarrolló una paleosuperficie irregular, que puede semejarse a la altiplanicie actual. Esta superficie antigua y erosionada fue luego cubierta en forma discordante por la secuencia volcánica Terciaria Inferior subaérea de la Formación Calipuy, que rellenó la paleotopografía y estableció la cubierta volcánica gruesa asociada con el área. La roca volcánica varía entre composición andesítica y dacítica e incluye domos intrusivos como el pico Shulcahuanga.



Generalmente, la secuencia de roca sedimentaria y volcánica presenta una porosidad intergranular baja. La deformación, la presencia de fallas y el levantamiento dieron como resultado el fracturamiento de la secuencia de rocas, formando así la ruta para el flujo del agua subterránea dentro de la masa rocosa.

3.2.2. GEOLOGÍA SUPERFICIAL

El área del Proyecto estuvo sometida a glaciación andina durante el Período Pleistoceno, la cual se extendió a elevaciones de aproximadamente 3 500 msnm, o más bajas, en base a las características glaciogeomórficas como son los valles en forma de U, superficies pulidas del basamento rocoso por acción del hielo y los depósitos morrénicos. Actualmente, el área presenta un clima temperado y no existen glaciares.

Sin embargo, la glaciación fue responsable de gran parte de la geomorfología y de los depósitos de suelo que se presentan en el área y que comprenden, en forma conjunta, la geología superficial. Las principales características de la geología superficial del área del Proyecto se muestran en el mapa C6-6 y se resumen a continuación.

Dentro del área de la mina, las crestas de las montañas ubicadas por encima de los 4 000 msnm muestran características típicas de pared vertical del circo glaciar alpino incluyendo valles colgados excavados por los antiguos glaciares. Las cimas de las crestas alrededor de los circos glaciares evidencian divisorias de hielo glaciar que se desarrollaron durante las últimas etapas de la glaciación, cuando los glaciares se retiraron hacia los tramos superiores del terreno (el mapa C6-6). Las antiguas divisorias de hielo a lo largo de las paredes verticales de la montaña definen las actuales divisorias de las cuencas superficiales. Las crestas de las morrenas que se extienden desde los circos glaciares como se muestra en el mapa C6-6, incluyen morrenas medias y laterales depositadas a lo largo de los costados de los glaciares; y morrenas terminales y recesivas que reflejan las posiciones permanentes de los frentes de hielo de los glaciares, que anteriormente ocuparon los circos glaciares. La mina de carbón Callacuyán se sitúa dentro de un circo glaciar prominente que muestra características típicas de glaciación andina incluyendo la Laguna Callacuyán, la cual parece ser un típico lago andino pequeño.



La mayor parte del terreno dentro del área del Proyecto se encuentra dominada por áreas irregulares y onduladas de afloramientos de lecho rocoso, con espesores variados de una cubierta de suelo superficial discontinua (unidad 1 del mapa C6-6). La mayor parte del área está cubierta por pajonal de puna desarrollado en tierra vegetal negra y orgánica, formada sobre una base rocosa intemperizada o de morrena delgada. Los depósitos superficiales incluyen suelo intemperizado, derivado directamente del lecho rocoso o de las morrenas discontinuas formando una capa superficial entre los afloramientos del lecho rocoso que oscila en grosor entre <1 y 5 m, aunque localmente se pueden presentar bolsones más profundos. Esta forma general del terreno, dominado por el basamento rocoso, está relacionada con la mayor parte de las instalaciones principales del Proyecto, como se indica en el mapa C6-6.

Como se aprecia en la Figura C6-6, el mapeo superficial identificó tres áreas, donde se presentan morrenas glaciares más gruesas y continuas. Estas incluyen un área de morrena de espesor delgado a moderadamente grueso al norte del tajo abierto, extendiéndose hacia los tramos más altos de la Quebrada Quishuara Norte y de la Quebrada Las Vizcachas (unidad 2 del mapa C 6-6) y dos áreas de morrenas comparativamente gruesas que se encuentran en la mitad norte del valle del Río Negro y hacia el flanco este del valle del Río Perejil (unidad 3 del mapa C6-6).

El material de las morrenas varía desde depósitos glaciares formados por limo arcilloso con guijarros y piedras grandes, hasta arena y grava, con características de kame¹ pequeño y morrenas de ablación. El área de la morrena más delgada, al norte del tajo abierto, puede variar en grosor entre <5 y 40 m, mientras que se anticipa que las morrenas gruesas en los valles del Río Negro y Río Perejil varíen entre 20 y 50 m, en base a la perforación limitada y a las áreas con exposición superficial que han sido cortadas.

Las áreas de morrena glaciar gruesa igualmente se caracterizan por presentar grandes áreas con fallas en los taludes y deslizamientos de tierra (unidad 7 del mapa C6-6). El área de deslizamiento grande del valle del Río Perejil, de aproximadamente 1 km de largo y 0,5 km de ancho, se presenta con una falla de pared vertical escarpada con un rango de altura de 30 a 50 m. Este deslizamiento

¹ Kame: Formación típica de glaciares nórdicos; describe un depósito glaciar, que se presenta en forma de rumas alargadas.



está mayormente con vegetación, indicando que no es reciente, mientras que un área de mayor actividad y de falla más pequeña ocurre aguas abajo (unidad 7a). El socavamiento de la base de la morrena ocasionada por el Río Perejil ha traído como consecuencia pequeñas fallas escarpadas a lo largo del curso del río. Los depósitos gruesos de morrena en la porción norte del Río Negro, también han tenido falla de talud en diferentes grados (mapa C6-6).

Todas las fallas grandes de talud ocurren en áreas que contienen depósitos de morrenas inclinadas y gruesas. Estas fallas indican que los depósitos glaciares de limo arcilloso grueso son potencialmente inestables, y posiblemente fallan debido a los eventos estacionales con condiciones de excesiva humedad y/o sismos. Estas condiciones asociadas a las morrenas gruesas, no ocurren dentro de las áreas ocupadas por las instalaciones principales del Proyecto.

Sin embargo, las áreas de morrena gruesa son una fuente potencial para material de préstamo.

El área de la confluencia de la Quebrada Las Vizcachas con el Río Chuyuhual posee terrazas bien desarrolladas de limo y arcilla laminadas (unidad 5 del mapa C6-6). Estas terrazas tienen frentes escarpados y empinados de 15 a 25 m de altura, marcados por fallas de taludes que ocurren por el socavamiento del río. Las superficies de las terrazas son comparativamente planas y desarrolladas para la agricultura. Éstas tienen la apariencia de ser depósitos lacustres formados detrás de una barrera aguas abajo, lo que puede ser un flujo de escombros que se abrió posteriormente.

El curso del Río Perejil tiene por debajo depósitos aluviales gruesos, compuestos principalmente por cantos rodados y piedras grandes arrastrados desde las morrenas de depósito glacial que limitan el canal, que además incluye material de deslizamiento que se ha re depositado y proviene de las numerosas fallas de pequeña y gran escala. El lecho fluvial del Río Chuyuhual también se encuentra por encima de depósitos aluviales en su curso inferior, aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Quishuara Norte (mapa C6-6). Los depósitos aluviales de este curso varían desde material arenoso a través del cual la corriente ha formado curvas de meandros, hasta gravas y cantos rodados más gruesos donde se han formado islas fluviales en secciones de flujo más rápido.



GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El término del Cretáceo culminó en sedimentación marina y elevación de la cuenca sedimentaria con deformación proveniente de las fuerzas compresivas este-oeste y sureste- noroeste. Esta primera etapa de deformación es conocida como la fase peruana y se caracteriza por el intenso plegamiento en las unidades sedimentarias que originaron una reducción. Los ejes de los anticlinales y sinclinales siguen una dirección noroeste- sureste. La elevación que acompañó a la deformación tectónica produjo una erosión extensa de las capas más nuevas y formó amplios depósitos sedimentarios continentales del Terciario.

La deformación y la fractura durante el Terciario Superior dieron como resultado fallamientos concordantes con la dirección de los plegamientos, fallas en dirección noreste-suroeste y desarrollo de fallas en dirección norte-sur y este-oeste, que se encuentran en toda la región.

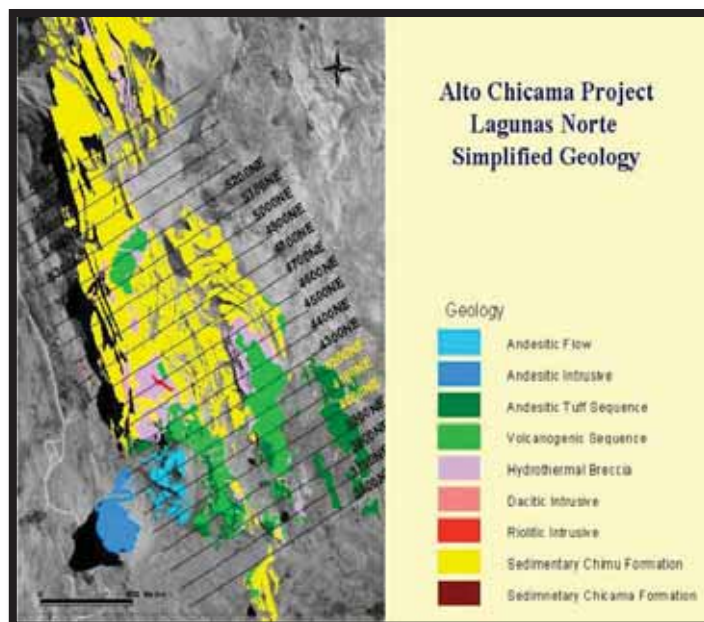
3.3. GEOLOGIA LOCAL DE ALTO CHICAMA

3.3.1. ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía de Alto Chicama comprende rocas sedimentarias del Jurásico al Cretáceo, sobre las cuales yacen rocas volcánicas mucho más recientes del Grupo Calipuy (Figura 2.2 - 1). La estratigrafía incluye la Formación Chicama del Jurásico tardío, la Formación Chimú del Cretáceo, la Formación Santa, la Formación Carhuaz, la Formación Farrat y la Formación Inca. Sobre la secuencia mesozoica se extienden irregularmente rocas volcánicas del Mioceno del Grupo Calipuy. Los centros freatomagmáticos eruptivos, con intrusiones de pórfidos andesíticos, dacíticos y riolíticos, están espacialmente relacionados con el margen volcánico. La deposición glacial del Cuaternario se extiende más allá de las regiones de Quiruvilca y El Toro. En la sección de geología regional se presenta una descripción general de cada unidad.



Figura 2.2-1 Geología Simplificada del Proyecto Alto Chicama



Fuente: Elaboración propia con datos de Barring

3.3.2. ESTRUCTURA

Toda la secuencia del Mesozoico ha sido afectada al menos por una o dos etapas de la deformación compresional durante la Orogenia Andina. La temprana deformación compresional se infiere de la irregularidad angular entre la base de las volcánicas del Eoceno del Grupo Calipuy y las rocas del mesozoico plegadas. Una irregularidad dentro del Grupo Calipuy se interpreta como el resultado de una segunda fase de deformación compresional.

3.3.3. MINERALIZACIÓN Y ALTERACIÓN

La mineralización de Las Lagunas Norte se considera como de tipo de alta sulfuración. Está diseminada y se encuentra en brechas y tufos volcánicos y sedimentarios. La mineralización ha sido definida en un área de 1,600 metros por 750 metros y tiene una orientación noroeste-sureste. La mineralización de Las Lagunas Norte se produce en la superficie y se extiende hasta 300 metros de profundidad en algunas áreas. La mineralización es relativamente plana y controlada por la litología y la estructura. La mayor parte de la mineralización de Las Lagunas Norte está contenida en brechas de óxido, presentándose aproximadamente 15% en brechas de sulfuro.



3.3.4. TECTÓNICA

La ocurrencia de sismos en la parte occidental del Perú está asociada con el proceso continuo de subducción de la placa de Nazca bajo la placa tectónica Sudamericana. Este proceso de subducción genera sismos de magnitud elevada y extensos con relativa frecuencia, los cuales presentan rangos de magnitud de momento (M_w) entre aproximadamente 7,5 y 9,0 (West 1999; Wyss et al. 2000). La ocurrencia de los sismos también está asociada con la deformación continua de la Cordillera de los Andes. En los Andes se presentan sismos de magnitud moderada a elevada (M_w entre 6,0 y 7,5) (Suárez et al. 1983, West 1999).

En la parte del norte del Perú, la zona Andina presenta un alto índice de ocurrencia de sismos, en comparación con las regiones centro y sur. Tavera y Buforn (1998) sugieren que debido a la más alta velocidad de subsidencia del Escudo Brasileño, se originan una mayor cantidad de fallas geológicas las cuales generan más sismos.

A continuación se describen las fallas activas en el área de influencia del Proyecto. La información de estas fallas está basada en el Estudio de Observaciones Neo-tectónicas del Perú (Sebrier et al. 1982) y el Mapa actualizado Neo-tectónico del Perú (Macharé et al. 1991). La Figura C7-1 presenta el mapa neo-tectónico, con la ubicación y distancia de las fallas activas más cercanas al Proyecto. Esta figura también muestra las áreas de alto riesgo sísmico asociadas con la cercanía a algunas estructuras geológicas específicas.

➤ **Falla Chaquilbamba**

La Falla Chaquilbamba está ubicada en la Cordillera Occidental del norte del Perú, entre Chaquilbamba y Marcabal (en el límite del Departamento de Cajamarca y el Departamento de La Libertad). Esta falla normal se orienta con dirección NNO-SSE y tiene un buzamiento hacia el SO. La falla tiene una longitud total conocida de aproximadamente 1,5 km. La escarpa de la falla genera un desplazamiento máximo de la topografía de 8 a 10 m. El desplazamiento en superficie más reciente de esta falla, puede estar asociado a dos sismos ocurridos en 1937. La distancia de esta falla al Proyecto es de aproximadamente 50 km.



➤ **Falla Quiches**

La Falla Quiches se extiende con rumbo NNO entre los pueblos de Quiches y Chingalpo, sobre la margen occidental del Río Marañón, al NNE de Huaraz. La falla de 20 km de longitud comprende varias secciones con buzamientos al este y al oeste. La Falla Quiches se reactivó durante un fuerte sismo ocurrido en 1946, el cual formó una escarpa de falla de unos 3,5 m de desplazamiento vertical. La distancia más corta de esta falla al Proyecto es de aproximadamente 90 km.

➤ **Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca**

El Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca es el sistema de fallas activas más grande del Perú.

Las fallas están ubicadas entre Chiquián y Corongo (Ancash) a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Blanca. Las fallas presentan rumbos NNE y ENE, con un buzamiento de 45° a 60° hacia el SO y son fallas normales. Las fallas han estado activas por más de 5 millones de años, (es decir, desde las eras Plioceno y Cuaternaria). La Falla de la Cordillera Blanca tiene dos secciones: una sección de fallas continuas de 100 km de largo al norte de Huaraz, y una sección de fallas discontinuas de 77 km de largo ubicada al sur. El desplazamiento vertical de los últimos 50 000 años ha sido de hasta 35 m, estimado en base a la altura de las escarpas. En los últimos 1,6 millones de años (Cuaternario) el desplazamiento vertical ha sido de 1 000 m, siendo el desplazamiento de los últimos 5 millones de años (Plioceno) de 4 500 m. La distancia más corta de este sistema de fallas al Proyecto es de aproximadamente 170 km.

➤ **Fallas Rioja - Moyobamba**

Las Fallas Rioja-Moyobamba comprenden una serie de fallas relacionadas a movimientos tectónicos del Terciario, las cuales controlan la cuenca cuaternaria Alto Mayo ubicada en el área Sub-Andina del Norte de Perú (6°S, 77°O). Se ha identificado recientemente un potencial de actividad sísmica en algunas fallas, particularmente para la Falla Shitari (o Rioja) y las fallas Moyobamba Norte y Sur. La alta actividad sísmica histórica que caracteriza el área (sismos en 1927, 1968, 1990 y 1991), parece estar estrechamente relacionada con la reactivación de estas



estructuras de fallas. La distancia más corta de estas fallas al Proyecto es de aproximadamente 275 km.

3.3.5. HISTORIA SÍSMICA

Silgado (1978) y Dorbath et al. (1990) estudiaron la historia sísmica del Perú. El registro de sismos en el Perú se remonta a alrededor del período 1513 a 1532. Los registros previos al desarrollo de los instrumentos están basados en los daños a las construcciones y en los informes anecdóticos de los movimientos. La calidad de la información histórica registrada, depende principalmente de la distribución y densidad de la población en las regiones afectadas por sismos. La Tabla C7-1 resume los principales sismos históricos en el Norte y Centro de Perú.

De acuerdo con Silgado (1978) y Dorbath et al. (1990) los sismos más intensos registrados en la costa Central del Perú ocurrieron en 1586 (primer sismo del que existen documentos históricos), 1687 y 1746; el último de los cuales destruyó completamente la ciudad de Lima. La intensidad de estos sismos ha sido estimada en X a XI en la Escala Modificada de Mercalli (MM). En 1619 ocurrió un sismo en la ciudad de Trujillo con una intensidad MM de IX. Así también, en 1946 un sismo sacudió a las provincias de Pallasca, Pomabamba y Ancash con una intensidad MM de X.

Tabla C7-1 Sismos Ocurridos en las Zonas Norte y Centro del Perú

Fecha (dd-mm-aa)	Magnitud Silgado ^(a)	Mercalli Modificada (MM)	Ubicación
15-11-1555		VII	Lima
09-07-1586	8,1	IX	Lima
23-03-1606		V	Saña, Lambayeque
19-10-1609		VII	Lima
14-02-1619	7,8	IX	Trujillo
27-11-1630		VII	Lima
13-11-1655	7,4	VIII	Lima
16-06-1678		IX	Lima
20-10-1687		IX	Lima
14-07-1699		VII	Lima
06-01-1725		VII	Trujillo
28-10-1746	8,4	X	Lima
02-09-1759		VII	San Pedro, Lambayeque
14-10-1791		V	Villa de Pasco
07-12-1806	7,5	VIII	Lima
30-03-1828		VIII	Lima
04-07-1839		VII	Chanchamayo
02-01-1902		V	Casma, Chimbote
04-03-1904		VIII	Lima
28-09-1906		V	Huancabamba, Tumbes y Santa
16-11-1907		V	Lambayeque, Casma, Cerro de Pasco, Masisea
0-05-1917		VI	Trujillo
22-03-1926		VI	Lima
10-01-1932		VII	Lima
05-08-1933		VI	Lima
05-03-1935		VI	Ticapampa, Callejón de Huaylas
21-06-1937		VII	Lambayeque
24-12-1937		IX	Cordillera Central Occidental (Chotabamba)
02-07-1938		VII	Tarma, Mantaro, Chanchamayo
24-05-1940	8,2	VIII	Lima
21-08-1945		V	Cerro de Pasco
10-11-1946	7,2	XI	Ancash (Cerro Paltas y Sillapatas)



01-11-1947	7,5	X	Centro de Perú (Satipo)
14-02-1948		VII	Quiches
31-01-1951		VIII	Lima
08-05-1951		V	Chiclayo
23-06-1951		V	Trujillo
12-12-1953	7,7	VIII	Noroeste del Perú
17-02-1956		V	Chimbote
18-02-1956		VI	Callejón de Huaylas
29-10-1956		VII	Huánuco, Tingo María
03-07-1961		VI	Chimbote
18-04-1962		VI	Casma
15-11-1962		V	Costa de Trujillo
30-08-1963		V	Piura
24-09-1963		VII	Cordillera Negra (Huarney)
17-10-1966		VII	Lima
04-02-1969		V	Trujillo
14-02-1970		VIII	Huánuco (Panao y Pachitea)
31-05-1970		IX	Casma y Chimbote
05-05-1971		VI	Sihuas, Ancash (San Miguel y Quiches)
10-06-1971		VI	Cerro de Pasco
03-10-1974		VII	Lima
18-04-1993		VII	Lima

(a) Al parecer las escalas de magnitud de Silgado no son Ms; pues sus valores son sistemáticamente mayores para sismos intensos.

Fuente: Elaboración propia

Un sismo ocurrido en 1947 en el área central de la región Andina fue sentido en todo el Perú y tuvo una intensidad MM de IX. En el valle del Alto Mayo ocurrieron en 1990 y 1991, tres sismos con una magnitud de onda cuerpo (mb) de alrededor de 6,5 (Tavera y Buforn 1998).

Existe escasa información histórica sobre sismos en las Cordilleras Andina y Sub-Andina del Norte y Centro del Perú. Sin embargo, Tavera y Buforn (1998) creen que estas regiones son sísmicamente activas.

La Tabla C7-2 muestra intensidades MM estimadas para el AER utilizando las isosistas de los principales sismos ocurridos en el área de influencia. Los sismos de 1619, 1725 y 1970 produjeron intensidades máximas MM estimadas entre VI y VII. Los sismos de 1586, 1940 y 1966 produjeron intensidades MM estimadas de V. La máxima intensidad observada en el AEL durante los eventos sísmicos históricos conocidos, varía desde un estimado de V a VI de intensidad MM.

Una segunda fuente de información usada para estimar la intensidad de los sismos en el AER es el mapa de distribución de intensidades sísmicas máximas observadas en el Perú, publicado por Alva et al. (1984). Este mapa fue elaborado en base a 30 isosistas de sismos en el Perú.

Este mapa provee un registro confiable de las intensidades de eventos sísmicos históricos recientes. De acuerdo al mapa de Alva, la intensidad máxima para el AEL es de VI de intensidad MM.



3.3.6. SISMICIDAD REGISTRADA CON INSTRUMENTOS

Los registros instrumentales del Perú se encuentran disponibles en el Proyecto de Catálogo Sísmico de Sismicidad de la Región Andina (SISRA) (SISRA 1985). Este catálogo contiene registros instrumentales de sismos desde 1900, y ha sido actualizado en el 2017 por el Centro Internacional de Sismología (ISC). La información del catálogo ha sido verificada por el Instituto Geofísico del Perú.

Tabla C7-2 Intensidades Observadas en el AER del Proyecto

Fecha dd/mm/aa	Intensidad MM	Referencia
9/07/1586	V	SISRA 1985
14/02/1619	VII	SISRA 1985
20/10/1687	III	SISRA 1985
6/01/1725	VI	SISRA 1985
24/05/1940	V	Silgado 1978
1/11/1947	III – IV	Silgado 1978
9/12/1950	III – IV	Silgado 1978
17/10/1966	IV – V	Silgado 1978
31/05/1970	VI – VII	Silgado 1978
18/04/1993	II	Huaco y Zamudio 1993

Fuente: Elaboración propia

La actividad sísmica de las zonas Norte y Centro del Perú está distribuida en dos diferentes bandas paralelas a los Andes. Una de estas bandas se ubica al oeste de los Andes. Los sismos en esta banda ocurren principalmente por el proceso continuo de subducción. Esta banda incluye sismos con hipocentros intermedios (50 a 70 km de profundidad) y poco profundos (<50 km). La otra banda se ubica al este de los Andes y es causada por los dos procesos de subducción (para hipocentros de hasta 300 km de profundidad), así como por procesos secundarios, tales como la contracción del escudo brasileño contra el cinturón de los Andes. Las dos bandas sísmicas confluyen en el área de transición tectónica-sísmica (latitud 13°-14° sur) para constituir una sola banda sísmica en el sur del Perú (Deza 1990).

Los sismos con hipocentros poco profundos (<70 km de profundidad) están principalmente localizados mar adentro entre la costa y el canal oceánico. En el área continental del Norte y Centro del Perú se localizan sismos de poca profundidad. Los sismos poco profundos aquí son de baja a moderada magnitud, generalmente menos de 6,5 mb (Tavera y Buforn 2001). Los sismos de profundidad intermedia (profundidad entre 71 y 300 km) se localizan principalmente en las áreas costeras y centrales del continente. Los sismos profundos (profundidad >300 km) se localizan por debajo de la frontera entre Perú y Brasil. Estos sismos profundos tienen una baja frecuencia de ocurrencia.



Se ha preparado un mapa de epicentros sísmicos, para evaluar el potencial sísmico en un radio de 400 km del AEL. En el mapa C7-2 se muestra una sección transversal al AER y perpendicular a la costa. Los hipocentros fueron proyectados desde regiones ubicadas a aproximadamente 100 km de ambos lados de la línea de proyección.

Los sismos que ocurren cerca al AER presentan el mismo modelo general que el resto de sismos que ocurren en el norte-centro del Perú. Las profundidades de los sismos se incrementan de oeste a este. El AER está influenciado tanto por los frecuentes sismos poco profundos asociados con los procesos de subducción, así como por los sismos poco profundos asociados a las fallas activas existentes, los cuales ocurren con menor frecuencia.

3.3.7. ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO

El rango de aceleración horizontal máxima del suelo (AMS) que puede afectar al AER fue estimado en base a un análisis probabilístico de peligro sísmico regional (APPS) (es decir: Sharma y Candia-Gallegos 1992; Alva y Castillo 1993; Shedlock y Tañer 1999), los cuales están basados en el método de Cornell (1968). Este análisis integra información sismotectónica, parámetros sísmicos Y relaciones regionales de atenuación de movimientos sísmicos.

Los resultados de estos análisis son presentados como una fracción de la aceleración de la gravedad ($g=9,8 \text{ m/s}^2$).

La Tabla C7-3 presenta los valores de aceleración presentados en los estudios anteriormente mencionados. Los valores de AMS son estimados con un 10% de probabilidad de excedencia (90% de probabilidades de ocurrencia de un valor igual o menor) para una vida del Proyecto de 50 a 100 años. Estos valores son equivalentes a las aceleraciones del suelo con período de retorno promedio de 475 y 950, respectivamente.



Tabla C7-3 Resultados de Evaluación del Peligro Sísmico en Términos de Probabilidades

Referencia	Período de Retorno de 475 Años	Período de Retorno de 950 Años
Sharma y Candia - Gallegos (1990)	0,20 a 0,25	-
Alva y Castillo (1993)	0,32 a 0,34	0,38 a 0,40
Shedlock y Tañer (1999)	0,32 a 0,40	-

Nota: Los resultados han sido obtenidos mediante la interpolación de mapas regionales de riesgo sísmico.

Fuente: **Elaboración propia**

El mapa C7-3 muestra la distribución de la AMS con un 10% de probabilidades de excedencia en 50 y 100 años de acuerdo a Alva y Castillo (1993). La AMS del Proyecto con un 10% de excedencia en 50 años (475 años de período de retorno) varía entre 0,32 y 0,40 g. De acuerdo con el Reglamento Peruano de Edificaciones (RPE), el Proyecto está ubicado en la Zona 3. Esta zona está considerada como la zona de mayor actividad sísmica del Perú. Para la Zona 3 el RPE asigna un valor de 0,40 g como aceleración, para un período de retorno promedio de 475 años.



CAPITULO IV

HIDROLOGIA

4.0. HIDROGEOLOGÍA

4.1. INTRODUCCIÓN

Esta sección del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Minero Alto Chicama presenta las condiciones de línea base y el análisis de la evaluación de impactos en el entorno hidrogeológico, el cual incluye la geología, el flujo de agua subterránea, la calidad del agua subterránea y la contribución del flujo base de agua subterránea al agua superficial. Considerando la estrecha relación existente entre el agua subterránea y el flujo base superficial, y la naturaleza estacional de la recarga de agua subterránea, se utilizaron también los informes de línea base del clima y de las aguas superficiales en el desarrollo del estudio hidrogeológico. Contempla las etapas de construcción, operación, cierre y post-cierre.

El alcance de las investigaciones de línea base de hidrogeología comprende:

- El diseño y la supervisión de la construcción de una red de pozos de monitoreo para la línea base del agua subterránea , en ubicaciones claves en el área;
- Las pruebas hidráulicas en los pozos de monitoreo de agua subterránea y el análisis posterior para estimar la conductividad hidráulica;
- La recolección, reducción y evaluación de los datos de agua subterránea de otras fuentes, incluyendo los estudios de flujo base de los cursos de agua durante la época de estiaje, los taladros de perforación diamantina y otros pozos de monitoreo;
- La recopilación y presentación de los datos de los pozos de monitoreo, incluyendo las formaciones que se encontraron, la detección de agua durante la perforación y los rendimientos de agua forzada por aire comprimido, niveles estáticos del agua y los detalles de la construcción de pozos;



- La evaluación de los análisis de laboratorio de las muestras de agua subterránea, tomadas en forma mensual en la red de pozos de monitoreo de línea base del agua subterránea.
- La evaluación de los datos recopilados para determinar las condiciones actuales de línea base del agua subterránea, como niveles del agua subterránea, dirección de los flujos, conductividad hidráulica y la calidad del agua subterránea.

El alcance de la evaluación de impactos del Proyecto comprendió lo siguiente:

- La determinación de posibles interacciones (enlaces) entre el Proyecto y el medio ambiente durante las etapas de construcción, operación, cierre y post-cierre.
- La determinación de las medidas de mitigación para mitigar o reducir los impactos en el ambiente.
- La determinación del efecto residual que aún queda luego de la mitigación y su importancia.
- La determinación de los requerimientos para el monitoreo de seguimiento o verificación.

El mapa C6-1 muestra las áreas de estudio para la evaluación del impacto hidrogeológico en el Proyecto. Se seleccionaron las áreas de estudio, tomando como base las posibles áreas de influencia en el Proyecto. Las dos áreas de estudio definidas para los componentes ambientales del EIA son las siguientes:

- Área de Estudio Local (AEL).
- Área de Estudio Regional (AER).

El AEL comprende la distribución de las instalaciones del Proyecto, incluyendo la mina y sus instalaciones correspondientes, así como las áreas circundantes. El AEL se define mediante un área aproximada de 10 x 10 km en cuya parte central se encuentra en la mina. El AER comprende los tramos superiores de las cuencas hidrográficas del Río Chuyuhual, Río Perejil y Quebrada Caballo Moro.

Las influencias hidrogeológicas del Proyecto están relacionadas a los lugares del AEL, donde se pueden afectar los flujos base de los afluentes locales. En el AEL no



existen usuarios de pozos de agua, sin embargo, las aguas subterráneas pueden considerarse como una alternativa para el abastecimiento de agua para el campamento minero. El AER es significativo para ubicar al Proyecto dentro del contexto geológico regional.

4.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Esta sub-sección hace una presentación general del desarrollo del Proyecto con respecto al ambiente hidrogeológico

El Proyecto se desarrollará en las nacientes de las cuencas de los Ríos Chuyuhual y Perejil (Mapa C6-2). No se propone ninguna instalación del Proyecto ni descarga de aguas superficiales en la cuenca de la Quebrada Caballo Moro ubicada al sur del Proyecto. La mayor parte de la infraestructura del Proyecto, incluyendo gran parte del área del tajo abierto, el botadero de desmonte este, la pila de material sulfuroso, las áreas potenciales de préstamo, el campamento de construcción, la poza de sedimentación este, las instalaciones de procesamiento y las pozas de tratamiento, las instalaciones para el tratamiento y la poza de limpieza, las instalaciones de la pila de lixiviación, el reservorio de agua fresca y la pila de tierra vegetal, se ubicarán en las nacientes de la cuenca del Río Chuyuhual (mapa C6-2). Se proponen tres lugares de descarga en la cuenca del Río Chuyuhual. Estos son: la poza de sedimentación este, la poza de limpieza y la planta para el tratamiento de aguas servidas del campamento de operaciones, todos los cuales descargan a la Quebrada Laguna Negra.

En la cuenca del Río Perejil se ubicarán cuatro instalaciones del Proyecto. Tres de éstas, que comprenden la pila de tierra vegetal oeste, la poza de sedimentación oeste y el botadero de desmonte oeste se ubicarán en la cuenca del Río Negro que descarga al Río Perejil. Se propone ubicar un área de préstamo en la margen norte del Río Perejil, ubicado al oeste del Proyecto.

4.2. CONDICIONES DE LÍNEA BASE

Esta sección resume las condiciones hidrogeológicas de línea base relacionadas con el Proyecto y proporciona la base para la evaluación de los impactos hidrogeológicos del Proyecto que podrían afectar el ambiente, mediante la interacción de la descarga de agua subterránea (flujo base) con el agua superficial. El análisis de las condiciones de línea base incluye un resumen de las



investigaciones del sitio, el entorno regional, las condiciones geológicas del AEL, el flujo de agua subterránea, incluyendo los niveles de agua subterránea, la permeabilidad de las formaciones, la recarga y descarga y la calidad del agua subterránea. La Línea Base de Hidrogeología, proporciona un análisis detallado de las condiciones de línea base, incluyendo los datos obtenidos.

4.2.1. INVESTIGACIONES EN EL SITIO

Las investigaciones hidrogeológicas de línea base incluyeron el establecimiento de una red de monitoreo del agua subterránea, que comprende 19 pozos de monitoreo en 14 lugares a lo largo del área del Proyecto, los cuales se muestran en el mapa C6-3. Los pozos se perforaron entre noviembre del 2015 y febrero del 2016. Los pozos se monitorearon cada semana para establecer los niveles de agua subterránea de línea base. Luego de completar cada pozo se inició el muestreo para determinar la calidad del agua subterránea existente. La evaluación hidrogeológica incluye la revisión de la información disponible, que comprende el mapeo geológico regional, así como la revisión estereoscópica de la fotografía aérea del área. Asimismo, el trabajo tomó en consideración las condiciones climáticas y las condiciones del agua superficial.

4.2.1.1. Instalación de los pozos de monitoreo

Línea Base de Hidrogeología ofrece un análisis del programa de perforaciones y de los procedimientos de instalación de los pozos de monitoreo, incluyendo el criterio que se utilizó para la selección de las diversas ubicaciones. En el anexo 06 se incluyó las hoja con el registro de perforación para cada uno de los 19 pozos de monitoreo instalados.

Los pozos se construyeron con una tubería de PVC ranurada de 50 mm de diámetro y con una tubería de revestimiento de 18 a 127 m de profundidad, utilizando el método de perforación con aire de circulación reversa. Con este método se recupera el material perforado, para así establecer un registro de la formación geológica que se está perforando y también se utilizó este tipo de perforación para proporcionar los estimados del rendimiento del agua subterránea en cualquier horizonte en base al retorno de agua cuando se inyecta aire a presión.



4.2.1.2. Monitoreo de los Niveles del Agua Subterránea

El programa de monitoreo de línea base de los niveles del agua subterránea incluyó tanto las mediciones efectuadas en forma manual como los registros del transductor para obtener los datos sobre el nivel de agua. El monitoreo se inició a fines de noviembre del 2015 y MBM efectuó cada semana las mediciones manuales de todos los pozos. MBM obtuvo también los datos del nivel del agua subterránea proveniente de los pozos de perforación diamantina que se usaron para la exploración, en los meses previos a las investigaciones del. En el Anexo 05 contiene los diagramas hidrográficos que muestran las elevaciones del nivel del agua subterránea en cada pozo (obtenidos de forma manual y utilizando un transductor). Los diagramas hidrográficos corresponden al período comprendido entre fines de noviembre del 2015 y fines de abril del 2016. Por consiguiente, los niveles del agua subterránea representan las condiciones de la época de lluvia, cuando la infiltración proveniente de la precipitación genera el aumento en los niveles del agua subterránea, durante el período de monitoreo.

4.2.1.3. Pruebas de Conductividad Hidráulica

Se utilizó la red de pozos de monitoreo para llevar a cabo las pruebas de conductividad hidráulica de carga variable en las diversas formaciones geológicas que se encontraron. Estas pruebas incluyeron las pruebas de carga variable realizadas luego del desarrollo y muestreo de los pozos de monitoreo, así como las pruebas de carga variable utilizando un pistón convencional de desplazamiento y registrando el cambio en los niveles de agua en un transductor automático para el registro de datos. Los detalles de los procedimientos de las pruebas se describen y las respuestas del nivel del agua y los análisis de las pruebas para cada uno de los pozos se presentan en forma gráfica (Anexo 07).

4.2.1.4. Condiciones Hidrogeológicas de Línea Base

El agua subterránea dentro del área del Proyecto no se utiliza para el abastecimiento de agua a partir de los pozos de producción, pero es importante con respecto al mantenimiento del flujo base y de la calidad del agua de los ríos que drenan el área durante la época de estiaje. El Proyecto tiene el potencial de afectar tanto la cantidad como la calidad del flujo base proveniente del agua subterránea, en algunas partes de las cuencas del Río Chuyuhual y del Río Negro. En las



siguientes secciones, se describen las condiciones existentes del agua subterránea y se proporciona la base para la evaluación del EIA.

4.2.1.5. Niveles del Agua Subterránea y Direcciones de Flujo

La Figura C6-7 proporciona un mapa con la interpretación de las elevaciones del nivel del agua subterránea y las direcciones del flujo. La interpretación del mapa se basa en tres fuentes principales de información: los niveles del agua subterránea medidos en los pozos de monitoreo de línea base, las perforaciones de exploración que se encuentran abiertas y los niveles del agua subterránea medidos en los pozos de monitoreo para el desagüe del tajo abierto. La información sobre el nivel del agua subterránea se obtuvo durante la época de estiaje del 2015 y la época de lluvias del 2016. Por lo tanto, estos niveles no representan un solo punto en el tiempo, sino una información combinada sobre los niveles de agua que cubren lapsos tanto de la época de estiaje, como de la época de lluvias. Dado que el relieve topográfico es lo suficientemente pronunciado y que el intervalo de las curvas de nivel del agua subterránea de 25 m es lo suficientemente espaciado, las fluctuaciones estacionales no afectarán la interpretación global de las direcciones de flujo de agua subterránea que se muestran en el mapa C6-7.

Considerando la topografía superficial relativamente empinada del área, los niveles inferidos del agua subterránea se extrapolaron también hacia las áreas donde se cuenta con poca información sobre la medición en los pozos o no existe información alguna. Las extrapolaciones para el norte y el sur se basan en niveles del agua subterránea asumidos por debajo del nivel del suelo, y que se mantienen a profundidades similares a las de los niveles del agua subterránea que se han medido dentro del área. También se usaron las elevaciones de los cursos de agua como base para el control, asumiendo que localmente la napa freática coincide con los niveles del curso de los ríos perennes.

Los niveles del agua subterránea se encontraron entre profundidades de 1 a 80 m por debajo de la superficie del terreno (mbst), siendo por lo general menos profundas en áreas de suave topografía o zonas adyacentes a lagunas y ríos, y más profundas por debajo de terrenos elevados y empinados, como es el área del tajo abierto. Los pozos de monitoreo instalados dentro de las áreas del tajo abierto como parte de las investigaciones para el desagüe del tajo, encontraron gradientes



hidráulicas descendentes por debajo de los terrenos elevados, mientras que los pozos de línea base instalados en áreas bajas y adyacentes a ríos y lagunas, encontraron los niveles del agua subterránea en la superficie del terreno o cerca de ésta. En el pozo de monitoreo de línea base GWVZ-05 en la cuenca de Las Vizcachas y GWQN-06 en la cuenca de Quishuara Norte se encontraron condiciones de flujo artesiano. Ambos pozos fueron perforados en valles rodeados por terrenos elevados. En el pozo GWLN-13 se encontró un nivel de agua muy profundo de 146 (mbst), instalado al sur de la instalación de la pila de lixiviación, en donde se considera que el nivel profundo del agua refleja el descenso del nivel que se produce por gravedad desde las labores subterráneas de la mina de carbón Callacuyán, situada aproximadamente a 500 m al oeste (véase la Figura C6-7).

Los niveles del agua subterránea que se muestran en el mapa C6-7 parecen corresponder o se asemejan con la topografía superficial. Las elevaciones varían desde aproximadamente 4 075 msnm, debajo del extremo norte del tajo abierto a 4 100 msnm, debajo de la porción sur de la pila de lixiviación, hasta menos de 4 000 msnm en los valles de la Quebrada Laguna Negra y del Río Negro. Las curvas de nivel del agua subterránea se pueden utilizar para crear divisorias inferidas del flujo del agua subterránea, como se indica en el mapa C6-7. Estas divisorias se comportan casi de la misma manera que las divisorias de aguas superficiales, marcando los puntos aproximados de separación del flujo.

Las divisorias de agua subterránea también tienden a corresponder a las posiciones de las divisorias de agua superficial, considerando que los niveles de agua subterránea tienden a ser similares a la topografía superficial, siendo mayores debajo de las áreas de topografía más elevada. Los niveles del agua subterránea tienden a converger con los niveles de aguas superficiales de los ríos de flujo perenne, en los valles más encañonados, marcando así los sitios en donde se descargarán las aguas subterráneas. Así, el mapa C6-7 muestra las cuencas generales del agua subterránea que reflejan las direcciones de flujo del agua subterránea, desde las áreas de recarga hacia las áreas de descarga en los valles.

Las divisorias del agua subterránea y las direcciones inferidas del flujo, que se muestran en el mapa C6-7, indican que el flujo discurre radialmente a partir del área elevada del tajo abierto hacia el exterior, tal como era de esperarse, considerando su ubicación en la parte más alta de las divisorias de las cuencas superficiales. La



parte principal del flujo del agua subterránea dentro de esta área se dirige hacia la Quebrada Laguna Negra y el Río Negro. El flujo del agua subterránea por debajo del botadero de desmonte oeste está confinado dentro del Río Negro. El flujo del agua subterránea que se encuentra por debajo del botadero de desmonte este, se divide entre la Quebrada Quishuara Sur y la Quebrada Laguna Negra. Existe una divisoria de flujo de agua subterránea inferida que se encuentra por debajo de la porción sudoeste de la instalación de la pila de lixiviación, la cual se basa en un bajo nivel de agua en el pozo GWLN-13, el cual podría reflejar el descenso del nivel de agua hacia la mina de carbón Callacuyán. Sin embargo, esta divisoria afecta posiblemente el flujo del agua subterránea a mayores profundidades, mientras que las aguas subterráneas cercanas a la superficie dentro del suelo de sobrecarga y de la superficie del basamento rocoso intemperizado que se encuentra por debajo, fluyen probablemente en forma sub-horizontal hacia el noreste, dentro del área de captación de la Quebrada Laguna Negra.

4.2.1.6. Permeabilidad de las Formaciones

Se evaluó la permeabilidad de las diversas formaciones por debajo del área del Proyecto mediante observaciones de campo, que incluyen los rendimientos del agua encontrada en las formaciones durante la perforación con circulación reversa, las pruebas de conductividad hidráulica en los pozos de monitoreo de línea base y las observaciones de los flujos base durante la época de estiaje en los ríos que drenan el área. Los resultados disponibles son comparativamente escasos considerando la extensión del área que se muestra; sin embargo, esta información se considera suficiente para establecer la naturaleza general de las formaciones con respecto a su permeabilidad baja, moderada o alta. La permeabilidad relativa de las formaciones se resume en la Tabla C6-1.



Tabla C6-1 Propiedades Hidráulicas de las Formaciones Subyacentes al Proyecto

Permeabilidad Relativa de las Formaciones	Conductividad Hidráulica (cm/s)	Rendimiento del Pozo por Aire Comprimido (l/s)
Formaciones de baja permeabilidad Esquistos de barro negra de la Formación Chicama Formación Calipuy Volcánicos y Domos	1×10^{-6} a 1×10^{-8}	<0,1
Formaciones moderadamente permeables Formación Calipuy con intemperización de poca profundidad Volcánicos y Formación Carhuaz Arenisca y limonitas	1×10^{-3} a 1×10^{-5}	0,5 a 1,0
Formaciones de Alta Permeabilidad Formación Chimú Cuarcita/Arenisca	1×10^{-2} a 1×10^{-5}	0,5 a 3,9

Fuente: Elaboración propia

Todas las formaciones del basamento rocoso son típicamente de baja porosidad intergranular.

La permeabilidad de las formaciones es secundaria y está asociada con el fracturamiento estructural, a las áreas de fallas intemperizadas y a las vetas mineralizadas. Como se indica en la Tabla C6-1, los esquistos de barro de la Formación Chicama, la roca volcánica sin intemperización y los domos porfíricos de la Formación Calipuy tienen, por lo general, baja permeabilidad y no están asociados a ninguna circulación significativa de agua subterránea. La roca volcánica con intemperización poco profunda de la Formación Calipuy puede tener permeabilidad moderada en forma local. Las limonitas y areniscas de la Formación Carhuaz, al este del área del tajo abierto, también presentan permeabilidad moderada asociada con los rendimientos de agua de pozo de hasta 1,0 l/s. Se considera que las secciones de cuarcitas y areniscas fracturadas y falladas de la Formación Chimú poseen una permeabilidad relativamente alta y se asocian con los mayores rendimientos de pozos de agua de hasta 3,5 a 3,9 l/s.

Se puede pronosticar que la permeabilidad de la Formación Chimú puede variar de un lugar a otro, debido a la frecuencia de la fracturación y a la extensión del intemperismo en las fracturas mineralizadas. Por ejemplo, los niveles del agua subterránea que se muestran en el área del tajo abierto (mapa C6-7), indican que la mitad norte del área del tajo puede tener menor permeabilidad que la mitad sur, tomando como base los niveles comparativamente altos de agua subterránea (4 050 a 4 075 msnm), lo cual sugiere una resistencia al drenaje. En forma comparativa, los niveles del agua subterránea por debajo de la mitad sur del área del tajo abierto



son comparativamente bajos (4 005 a 4 010 msnm), lo cual refleja una mayor facilidad de drenaje, y por lo tanto, una mayor permeabilidad.

Los depósitos de suelos son importantes localmente con respecto a la permeabilidad, particularmente en las áreas donde los suelos son más extensos, como se indica en el mapa C6-6. En general, a partir de las observaciones de campo, el depósito glaciar compuesto por limo arcilloso con cantos rodados y piedras grandes masivas, tendrá baja permeabilidad debido a la granulometría fina. Se pueden anticipar conductividades hidráulicas en el rango de 10^{-6} a 10^{-8} cm/s, dependiendo de las variaciones en la granulometría del suelo. Las arcillas blandas formadas a partir de los depósitos de lagunas tendrán una similar permeabilidad baja.

Se encontró también que el depósito glaciar contenía lentes de arena en el pozo de monitoreo GWRN-4A, en donde se encontró una conductividad hidráulica de 2×10^{-3} cm/s, lo cual es típico de arenas bien clasificadas. Se puede anticipar que, otras áreas localizadas de arenas o de gravas y arenas que incluyen depósitos kame o secciones de material granular grueso en algunas morrenas, tendrán valores similares de permeabilidad. Se puede anticipar que los depósitos de esa naturaleza se pueden presentar en las áreas con depósitos de morrena glaciar más gruesa, incluyendo las zonas adyacentes al extremo noreste del tajo abierto (mapa C6-6).

4.2.1.7. Recarga y Descarga del Agua Subterránea

La mayor parte del área del Proyecto está en un área de recarga del agua subterránea, consistente con la naturaleza elevada del terreno, donde la precipitación puede infiltrarse en los depósitos superficiales y en el basamento rocoso. Una vez infiltrada, el agua subterránea fluye a través de las formaciones hacia elevaciones menores, donde típicamente ocurre la descarga hacia las lagunas y los ríos, tal como se describió anteriormente.

La identificación de las principales áreas de descarga del agua subterránea, se evaluó mediante la revisión de los flujos de los cursos de agua durante la época de estiaje, tomando como base el monitoreo hidrológico semanal llevado a cabo por MBM y el monitoreo de flujo base durante la época de estiaje.

Se considera que el flujo base del agua subterránea descarga a lo largo de todo el curso de los ríos de flujo perenne, suministrando el agua que mantiene el flujo de los



ríos durante la época de estiaje. Sin embargo, una revisión del flujo base medido en los ríos durante la época de estiaje en los meses de agosto y setiembre del 2002, permitió la identificación de las áreas de descarga de agua subterránea más importantes, las cuales incluyen:

- El cañón del Río Chuyuhual, aguas abajo de la Quebrada Quishuara Sur.
- Las minas de carbón abandonadas y el contacto de la Formación Chicama/Chimú en el Río Negro.
- La mina de carbón Callacuyán en el Río Perejil.

El flujo base del Río Chuyuhual durante la época de estiaje muestra un cambio significativo entre la mitad superior y la mitad inferior de la cuenca, lo cual se advierte al observar casi el doble del flujo en el cañón empinado que se encuentra directamente aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Quishuara Sur. Este cañón disminuye su elevación en aproximadamente 125 a 150 m en una distancia horizontal de 800 m, cortando la roca volcánica Terciaria que subyace en la mitad superior de la cuenca, exponiendo la disconformidad asociada con las rocas sedimentarias subyacentes del Cretáceo, de la Formación Carhuaz (Figura C6-5). El marcado incremento del flujo no está asociado a la escorrentía superficial de los afluentes adyacentes, lo cual indica que la fuente dentro del cañón es la descarga del agua subterránea, tal como se describe más adelante.

Las mediciones de flujo indican que la descarga del agua subterránea dentro del cañón del Río Chuyuhual se encuentra en el rango de los 20 l/s. El incremento en el flujo se observa inicialmente aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Quishuara Sur y está asociado con descargas normalizadas de 1,3 a 2,3 l/s/km²

Este incremento del flujo parece estar directamente relacionado con la descarga de agua subterránea confinada hacia el cañón, la cual posiblemente se da a lo largo de rutas de flujo estructurales expuestas, posiblemente de los principales estratos quebrados y ubicados cerca de la base de la secuencia volcánica o a lo largo del contacto discordante volcánico / sedimentario.

Se considera que la roca volcánica Terciaria, que está debajo de la parte superior del Río Chuyuhual y de la Quebrada Laguna Negra tiene por lo general baja



permeabilidad. Debido a que estas áreas son de alta escurrentía y recarga limitada, es predecible un flujo base bajo. El flujo base medido durante la época de estiaje fue menor a 1 l/s/km^2 .

La Quebrada Las Vizcachas es el principal afluente del Río Chuyuhual, y se encuentra en su mayor parte por encima de las areniscas y cuarcitas de las Formaciones Carhuaz y Chimú (mapa C6-5) plano geológico local del basamento rocoso con áreas significativas de morrena glaciar (mapa C6-6) plano local de la geología superficial. El flujo base normalizado durante la época de estiaje fue de $1,6$ a $3,1 \text{ l/s/km}^2$. Se puede anticipar que los estratos dentro de esta cuenca pueden descargar un flujo base del agua subterránea similar al flujo normalizado de la parte inferior del Río Chuyuhual. El flujo base del Río Chuyuhual durante la época de estiaje, en la estación SWCH-60, ubicado inmediatamente aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Las Vizcachas, varió entre 74 y 107 l/s ($1,7$ a $2,4 \text{ l/s/km}^2$).

Asumiendo que el promedio del flujo base del agua subterránea en la cuenca del Río Chuyuhual es 2 l/s/km^2 , lo cual es un reflejo de la descarga del agua subterránea, entonces la recarga necesaria para alimentar anualmente este flujo base, estaría en un rango del 4% de la precipitación total anual. Esta tasa potencial de recarga variará dentro de la cuenca, siendo posiblemente menor en las áreas cubiertas por rocas volcánicas, donde se puede anticipar un flujo base de agua subterránea de 1 a 2 l/s/km^2 o menos, y será mayor en terrenos de roca sedimentaria y en áreas con cubierta más extensa de morrena glaciar, donde se puede esperar un flujo base de hasta 3 l/s/km^2 .

Se monitorea el Río Negro cerca de la confluencia con el Río Perejil, en la estación de flujo SWRN-60. El área de drenaje es de aproximadamente $9,8 \text{ km}^2$ y la descarga durante el período comprendido entre agosto y setiembre del 2015, varió entre $13,4$ y $26,9 \text{ l/s}$. Las tasas de flujo normalizado para el rango de $13,4$ a $26,9 \text{ l/s}$ son de $1,4$ a $2,7 \text{ l/s/km}^2$, respectivamente. Estos flujos base de descarga del agua subterránea, se consideran consistentes con los manantiales que descargan de las minas de carbón abandonadas, que se encuentran en la Formación Chimú y en los pantanos a lo largo de las zonas de contacto entre los esquistos de barro de la Formación Chicama y las cuarcitas de la Formación Chimú; en los limbos anticlinales este y oeste donde, aparentemente, se descarga el agua subterránea.



Asimismo, el Río Negro presenta áreas extensas de morrena glaciar que podrían infiltrar las aguas de precipitación que sustentan el flujo base.

El flujo base del agua subterránea contribuirá con un componente importante al flujo del Río Perejil, debido a la extensa área de morrena glaciar debajo del lado este del valle. Es difícil determinar las relaciones exactas, debido a que se extrae el agua a través de los canales de regadío durante la época de estiaje. Sin embargo, es claro que durante la época de estiaje, la descarga de 3 a 6 l/s de la mina de carbón Callacuyán representa casi la mitad del flujo en los 4 km del curso superior del río. La descarga del flujo base desde la mina es agua subterránea procedente de la Formación Chimú, la cual drena por gravedad a través de las labores subterráneas.

Existen varias regiones pantanosas y humedales asociados que se mantienen a lo largo de la época de estiaje dentro de las partes bajas, escasamente drenadas del área del Proyecto, como se muestra en la Figura C6-6. La excavación de calicatas y las perforaciones llevadas a cabo como parte de los estudios geotécnicos de factibilidad, indicaron que muchas de estas características se presentan en bolsones glaciares arcillosos de baja permeabilidad y arcilla lacustre blanda que permiten la retención de aguas empozadas. El suelo arcilloso posiblemente cause que las aguas subterráneas poco profundas de circulación descarguen desde el basamento rocoso, alrededor de las márgenes gradiente arriba de estas áreas, manteniendo así la descarga del bajo flujo base durante la época de estiaje.

La mina subterránea Callacuyán atraviesa transversalmente alrededor de 600 m de cuarcitas de la Formación Chimú y se desarrolla 1 000 m a lo largo de las vetas de carbón (mapa C6-5). La mina drena por gravedad a una elevación de 3 990 msnm, a una tasa relativamente constante de 3 a 6 l/s durante toda la época de estiaje. Esta tasa de descarga es consistente con el rendimiento del pozo que se obtuvo en la prueba de bombeo del tajo abierto (3,6 l/s). Esta prueba de bombeo también se llevó a cabo en la Formación Chimú.

4.2.1.8. Calidad del Agua Subterránea

La calidad de línea base del agua subterránea para el Proyecto se estableció mediante el muestreo en la red de pozos de monitoreo de línea base. El programa de muestreo se desarrolló en forma mensual, comenzando en noviembre del 2015, a medida que se instalaban los pozos. Se analizaron las muestras de agua



subterránea por un amplio conjunto de aniones, cationes y metales traza principales disueltos. También se analizó una serie de muestras de agua subterránea para detectar pesticidas, pero no se detectó ninguno. Los resultados completos de todos los componentes disueltos de las muestras estuvieron disponibles en febrero del 2016, mientras que los resultados de los metales traza estuvieron disponibles, cada mes, entre noviembre del 2015 y abril del 2016.

En términos generales, el agua subterránea en el área del Proyecto se encuentra escasamente mineralizada, lo cual refleja la naturaleza silíceo de las formaciones de la roca y los suelos. Las tendencias sobre la calidad del agua son diferentes según la litología y la permeabilidad de las formaciones. La calidad del agua subterránea de los pozos de baja permeabilidad en la roca volcánica, los esquistos de barro de la Formación Chicama y el depósito glacial desarrollado en la Formación Chicama, tienden a tener un mayor rango de TDS (250 a 1 300 mg/l), siendo los cationes principales sodio y potasio, mientras que los aniones principales incluyen bicarbonato, sulfato y cloruro. Este tipo de calidad de agua se considera representativa del agua subterránea asociada a un tiempo de residencia relativamente prolongado dentro de las formaciones de baja permeabilidad, lo cual permite que haya un tiempo suficiente para que se desarrollen las relaciones de solubilidad roca-agua. Considerando que el agua está asociada con los estratos de baja permeabilidad, no constituirá un componente significativo del flujo base del agua superficial, y por lo tanto tendrá una influencia limitada en la calidad del agua superficial.

La calidad del agua subterránea de los estratos más permeables tiende a presentar niveles de TDS mucho más bajos (< 200 mg/l) y una composición más alcalina de bicarbonato de sodio/calcio. El agua de esta naturaleza tiene un tiempo de residencia más corto circulando en las formaciones y será más representativo de las condiciones anticipadas del flujo base del agua subterránea en los ríos receptores.

La calidad del agua subterránea también refleja la litología de las formaciones. Por ejemplo, la calidad del agua de las muestras del pozo GWLN-12 es muy blanda, consistente con la rápida infiltración de las aguas de lluvia en una formación de cuarcita no soluble. La calidad inicial del agua presentó un TDS elevado (528 mg/l en diciembre del 2015), pero lo más probable es que esto sea debido al agua introducida para el lavado del taladro durante la perforación. El inicio de la época de



lluvias, el desarrollo y la limpieza sucesiva de los pozos durante el muestreo, ocasionaron la reducción del TDS a 10 y 16 mg/l en marzo y abril, respectivamente.

El pH asociado del agua era bajo, de 4,9 a 5,3. Estas condiciones reflejan la rápida infiltración y circulación del agua de lluvia en una formación sin capacidad de amortiguamiento, lo cual es característico de la cuarcita. El horizonte fracturado del que se obtuvo la muestra del agua subterránea está aproximadamente 10 m debajo del fondo máximo propuesto para el tajo.

La calidad del agua subterránea se comparó, tanto con los estándares de calidad ambiental (ECA) para Uso I de la Ley General de Aguas (LGA (I)), como con los valores guía para el contenido de metales traza en el agua potable, de la Organización Mundial de la Salud (OMS 1992). Los valores de metales traza que exceden estos valores en las muestras que se tomaron en cada pozo de monitoreo.

El único valor que sistemáticamente excede los valores guía de la OMS fue el arsénico (0,01 mg/l), en los pozos instalados en las rocas volcánicas del Terciario (pozos GWLN-01, GWQS-08, GWLN-09, GWLN-10A, GWLN-10B, GWLN-11 y GWLN-11B). Los valores que excedieron el guía de la OMS, fueron, sin embargo, menores que el estándar de arsénico de 0,1 mg/l de la LGA (I), salvo una muestra del pozo GWQS-08 de diciembre del 2015 (0,144 mg/l). La presencia de niveles traza de arsénico es consistente con el agua subterránea de los estratos volcánicos. En comparación, el agua subterránea en la cuarcita que se encuentra debajo del área del tajo abierto (Pozo GWLN-12) se encontraba por debajo de los valores guía de la OMS. También se encontraron valores de antimonio y boro que sistemáticamente exceden a los valores guía de la OMS en el pozo GWLN-02 lo cual pueden guardar relación con el hecho de que el pozo está instalado en esquistos de barro de baja permeabilidad.

La LGA (I) no posee estándares para estos metales. Otros valores que exceden los criterios fueron esporádicos e incluyeron concentraciones ocasionales ligeramente elevadas de plomo (pozos GWRN-04, GWQS-08 y GWLN-09). En el pozo GWRN-04 se encontró una concentración de zinc elevada (25 mg/l), pero puede haber sido el resultado de la interferencia con material en suspensión.



El agua subterránea de los pozos instalados en estratos permeables, no volcánicos, incluyendo los pozos GWRN-4A, GWVZ-05, GWQN-06, GWQS-07 y GWLN-12 no contiene metales traza.

En todos los pozos de monitoreo se tuvo que utilizar agua de limpieza durante la perforación, la instalación y el desarrollo de los pozos. El agua de limpieza se obtuvo de las lagunas existentes en el lugar, las cuales contenían niveles de bacteria coliforme consistentes con la explotación agrícola del suelo. Por lo tanto, los pozos de monitoreo inicialmente estuvieron contaminados con bacterias fecales y coliformes totales. El desarrollo y la limpieza sucesiva durante el muestreo disminuyeron en gran medida la contaminación, y en algunos casos (por ejemplo, los pozos GWQN-06, GWQS-07, GWQS-08, GWLN-10A, GWLN-10B y GWLN-12) el agua se obtuvo con concentraciones bacteriológicas aceptables para efectos de su uso como agua potable.

Se recolectó muestras de agua subterránea durante la prueba de bombeo para el desagüe del tajo abierto. Los datos se presentan junto con los resultados del pozo de muestreo GWLN-12 con fines de comparación. En el pozo de bombeo se perforó una zona de fracturas a una profundidad de 145 m, o aproximadamente a 35 m por debajo del fondo final del tajo y dentro de la zona de minerales de sulfuro. La segunda muestra tomada hacia el final de la prueba de bombeo, fue agua con sulfatos (26 mg/l) con bajo pH (4,1), que contenía altas concentraciones de hierro (2,2 mg/l) y cobre (2,4 mg/l). La composición general de esta agua se considera característica de agua blanda, muy fresca, como el agua del pozo GWLN-12, la cual migró a mayores profundidades donde se producía la oxidación de los sulfuros. Las concentraciones de zinc de 1 y 5 mg/l probablemente se deben al uso de tubería galvanizada en el pozo en presencia de aguas con bajo contenido de pH.

La mina de carbón Callacuyán descarga agua subterránea a una tasa promedio de aproximadamente 3 a 6 l/s durante la época de estiaje, que representa el agua que se infiltra a través de la estratificación de cuarcita y a las vetas minadas de esquistos de barro/carbón. El flujo de descarga aumenta a aproximadamente 15 l/s durante la época de lluvias, lo cual refleja la infiltración directa a través de las aberturas verticales de la mina. El agua se muestrea como parte del programa de muestreo de aguas superficiales, en su punto de descarga en el Río Perejil. El agua es ácida (pH 2,6 a 2,8) con concentraciones promedio estacionales de TDS que



varían de 400 a 500 mg/l; y está compuesta principalmente por hierro (50 mg/l) y sulfato (300 mg/l) excediendo los límites de plomo, cadmio y arsénico. Estas condiciones de drenaje ácido de mina son el resultado de la oxidación de la mineralización pirítica que ocurre tanto en el carbón antracítico como en la limonita y esquistos de barro carboníferos asociados. La pirita es evidente en las pilas de desmonte asociadas con las excavaciones y las trincheras superficiales. La misma mineralización pirítica también se observó en las minas abandonadas de carbón en el valle del Río Negro, donde se producen similares condiciones ácidas debido a la oxidación pirítica.

La nomenclatura utilizada para la denominación de los pozos de monitoreo se basa en el número del pozo en el orden sucesivo de perforación con un sub-indicador para la cuenca hidrográfica específica donde se encuentra ubicado el pozo. El prefijo GW se refiere al monitoreo del agua subterránea, en contraste a las estaciones de monitoreo del agua superficial que se designan como SW. Las letras que siguen a GW, designan a la cuenca hidrográfica, e incluyen:

GWLN - para Quebrada Laguna Negra

GWRN - para Río Negro

GWVZ - para Quebrada Las Vizcachas

GWQN - para Quebrada Quishuara Norte

GWQS - para Quebrada Quishuara Sur

4.3. EVALUACIÓN DE IMPACTOS

4.3.1. INTRODUCCIÓN

Los cambios al ambiente hidrogeológico pueden influir potencialmente al ambiente natural, mediante cambios en la descarga del agua subterránea hacia los cursos de agua, pozas y humedales. Los cambios podrían reflejarse como cambios potenciales a la cantidad y calidad del flujo base en los cursos receptores de agua superficial.

La evaluación del impacto hidrogeológico se enfoca en las influencias potenciales del Proyecto sobre las condiciones del agua subterránea. Esta evaluación no considera las potenciales influencias de la actividad minera de carbón que



existieron en el área, pero considera las influencias hidrogeológicas de la actividad anterior como parte de las condiciones existentes de línea base.

4.3.2. DIAGNÓSTICO DE TEMAS

El diagnóstico de temas para la evaluación del impacto hidrogeológico, consideró la evaluación técnica del Proyecto respecto a las influencias potenciales en las aguas subterráneas y los aspectos normativos correspondiente. Los aspectos relacionados con la hidrogeología se expresan en términos de dos preguntas clave:

Pregunta Clave GW-1: ¿Qué efecto tendrá el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Alto Chicama en los niveles y flujos del agua subterránea?

Pregunta Clave GW-2: ¿Qué efecto tendrá el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Alto Chicama en la calidad del agua subterránea?

La Pregunta Clave GW-1 se refiere a cualquier cambio potencial relacionado al Proyecto (reducción o aumento) en la cantidad del flujo base de las aguas subterráneas, las cuales descargan en los cursos receptores de agua superficial que drenan el área del Proyecto dentro del AEL.

La Pregunta Clave GW-2 se refiere a cualquier cambio en la calidad del flujo base del agua subterránea, que podría afectar la calidad del agua en los cursos que drenan el área del Proyecto dentro del AEL.

4.3.3. ALCANCE TEMPORAL

Las consideraciones temporales del EIA se basan en la descripción del Proyecto, e incluyen las condiciones únicas que pueden afectar los diversos componentes de un modo diferente.

Actualmente, se considera que el Proyecto tendrá una duración total de casi 15 años, incluyendo dos años de construcción, entre ocho y diez años de operación y tres años para el cierre.

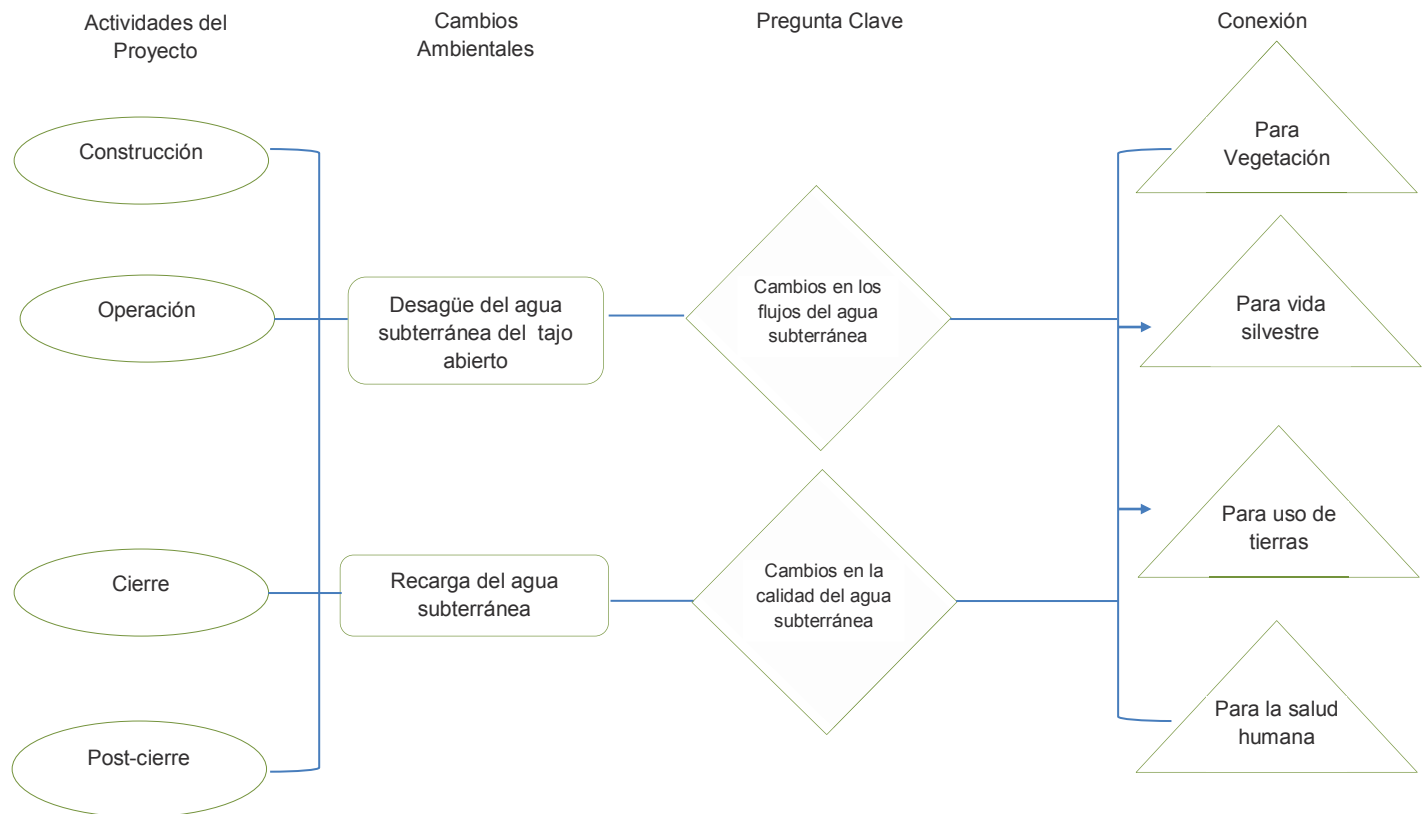
4.3.4. ENLACES AMBIENTALES

Se evaluaron los enlaces ambientales entre el Proyecto y el ambiente, considerando un esquema de “fuente-vía-receptor”. En el diagrama C6-8 ofrece un diagrama de enlace ambiental para la interacción con el agua subterránea. Las actividades del Proyecto pueden ocasionar potenciales cambios ambientales hidrogeológicos



durante los cuatro períodos temporales del Proyecto, que incluyen construcción, operación, cierre y post-cierre. Los cambios están relacionados con el desagüe del agua subterránea del tajo abierto, cambios en la recarga de agua subterránea mediante la reducción de la recarga (por ejemplo, instalación de la pila de lixiviación, desagüe del tajo abierto) o aumento de la recarga (por ejemplo, infiltración debido a la inundación del tajo abierto luego del cierre) y efectos del drenaje ácido de roca. Estos cambios pueden afectar el flujo del agua subterránea (Pregunta Clave GW-1) y la calidad del agua subterránea (Pregunta Clave GW-2). Los efectos de los cambios potenciales en el agua subterránea tienen conexiones directas con la cantidad y calidad del flujo base del agua superficial.

DIAGRAMA C6-8: Diagrama de Enlace Ambiental de la Calidad Agua Subterránea



Fuente: Elaboración propia



4.3.5. ACTIVIDADES Y OBRAS DEL PROYECTO

Las actividades y obras del Proyecto relacionadas con el desarrollo de la mina, se presentan en la Descripción del Proyecto. Se evaluaron las obras y las actividades a un nivel de diagnóstico para establecer los aspectos del Proyecto, que se asumen tengan importantes influencias potenciales hidrogeológicas. Se asumió que todas las instalaciones del Proyecto funcionarían de acuerdo a su diseño, incluyendo las medidas de mitigación ambiental. Las instalaciones principales del Proyecto que se considera tienen potencial de afectar la cantidad y calidad de agua subterránea incluyen:

- El tajo abierto, a través de la actividad de desagüe e inundación del tajo luego del cierre.
- La operación y el cierre de las instalaciones de la pila de lixiviación;
- Los botaderos de desmonte este y oeste.
- La pila de mineral sulfuroso.

Estas instalaciones principales del Proyecto se muestran en el mapa C6-9. El diseño y las condiciones operativas propuestas se analizan en detalle en la descripción del Proyecto del EIA. Los efectos ambientales potenciales en la hidrogeología se describen en las siguientes secciones.

Otros aspectos del Proyecto como transporte, almacenamiento y uso de materiales incluyendo combustible, lubricantes, explosivos y reactivos del proceso, pueden afectar potencialmente las condiciones del agua subterránea durante la fase operativa del Proyecto. No obstante, estos materiales se utilizarán en base a prácticas de manejo responsable, lo cual incluye la debida consideración de todos los aspectos de su uso, siguiendo procedimientos apropiados de contención y de respuesta ante los derrames, para limitar los efectos potenciales en el ambiente hidrogeológico.

4.3.5.1. EFECTOS DEL DESARROLLO DEL TAJO ABIERTO

El desarrollo del tajo abierto, incluyendo la etapa de excavación y la de post-cierre, afectará tanto los niveles del agua subterránea como el flujo (Pregunta Clave GW-1) y la calidad del agua subterránea (Pregunta Clave GW-2). Las secciones siguientes



tratan sobre los efectos que se anticipan. El área del tajo abierto está situada en la parte superior de la cresta que forma la divisoria del drenaje entre el Río Negro hacia el oeste, y las Quebradas Las Vizcachas, Quishuara Sur, Quishuara Norte y Laguna Negra hacia el este. La superficie de terreno existente está principalmente compuesta por afloramiento del basamento rocoso, desde el cual la escorrentía hacia las cuencas adyacentes es relativamente alta durante los períodos de precipitación. La superficie del terreno que se encuentra dentro del área del tajo varía en elevación, entre aproximadamente 4 050 msnm en el sur y 4 200 msnm en el norte. El tajo se excavará durante un período de 10 a 11 años hasta alcanzar una elevación final en la parte inferior del tajo de aproximadamente 3 980 msnm en la mitad sur y 4 020 msnm en la mitad norte. Al término, el área total del tajo abierto será de aproximadamente 1,5 km². El tajo también se utilizará para depositar aproximadamente 30 millones de toneladas de desmonte durante las etapas secuenciales de la explotación minera.

Las relaciones generales existentes entre la superficie del terreno actual y la excavación final del tajo se muestran en las Secciones A-A', B-B', C-C' y D-D' de las secciones C6-10. Las secciones muestran la penetración aproximada del tajo por debajo de la napa freática actual, la extensión del relleno de desmonte y los niveles proyectados de la inundación de la laguna del tajo, que ocurrirá luego del cierre. El mapa C6-11 muestra la extensión proyectada de la laguna del tajo abierto a diversas elevaciones y la extensión aproximada del relleno con desmonte del área del tajo abierto.

La excavación del tajo abierto se inició en el año 2010. El tajo abierto penetrará por debajo de la napa freática al quinto año de explotación minera (año 2014), mientras que la penetración más profunda (3 980 msnm) se presentará durante los años finales de la explotación minera (años 2018 y 2019). Se necesitará que el desagüe del tajo remueva tanto la precipitación directa como el aporte del agua subterránea. El agua se descargará con dirección este, hacia la cuenca de la Quebrada Laguna Negra, mediante el sistema de manejo de aguas de la mina.

Se realizó una evaluación hidrogeológica detallada de las necesidades de desagüe del tajo abierto y de las condiciones del tajo luego del cierre. El presente estudio trata sobre los requerimientos progresivos de desagüe para la excavación del tajo, los efectos potenciales correspondientes en las reducciones del flujo base en los



cursos de agua adyacentes y las condiciones del tajo luego del cierre. Al cierre, se permitirá la inundación del tajo y éste alcanzará un nivel de equilibrio en base al balance entre la captación de la precipitación, la evaporación, pérdida por filtración y posiblemente la decantación superficial.

Las siguientes secciones resumen los efectos del desagüe y cierre del tajo, de acuerdo con los análisis detallados efectuados; los cuales comprendieron el modelamiento numérico calibrado del agua subterránea durante el desagüe progresivo del tajo y durante la inundación posterior al cierre.

Desagüe del Tajo Abierto

Cuando se inicie la excavación del tajo abierto, la precipitación se acumulará en la época de lluvias y al quinto año de la explotación minera, el agua subterránea comenzará también a drenar hacia el tajo, a medida que la excavación avance por debajo de la napa freática. El agua subterránea estará compuesta por dos elementos: agua descargada del almacenamiento que representa el drenaje de las fracturas en la masa rocosa ubicada en el interior y en la zona adyacente a la excavación, y el agua subterránea que se recarga en las áreas circundantes a través de la precipitación, que luego drena al tajo. El agua subterránea proveniente del almacenamiento representa el mayor componente durante las etapas iniciales de la explotación minera, mientras que el agua subterránea de recarga es más dominante durante las últimas etapas de minado. El componente del agua subterránea de recarga representa la interceptación del flujo base que de otro modo formaría el flujo base de los ríos circundantes.

Durante el período comprendido entre los años 2012 y 2013, se anticipa que el aporte de agua subterránea a los sumideros del tajo se encontrará en el rango de 5 a 10 l/s, basado en el promedio y en las condiciones de recarga de un año de lluvias. Se estima que los aportes de agua subterránea alcancen su punto máximo en el año 2016, con 15 a 30 l/s, cuando el tajo se profundice a sus niveles finales, en los cuales obtendrá del almacenamiento la mayor parte del aporte de agua subterránea. Durante el último año (2017), los aportes de agua subterránea que se anticipan alcanzarán su estado de equilibrio y serán de 7 a 15 l/s dependiendo de las condiciones estacionales. Estos aportes estimados de agua subterránea se resumen en la Tabla C6-2.



Tabla C6-2 Aporte Estimado de Agua Subterránea al Tajo Abierto

Año de Operación	Aporte estimado de agua subterránea	
	Año Seco (l/s)	Año de Lluvias (l/s)
2005 a 2008	---	---
2012 a 2013	5	10
2016	15	30
2017	7	15

Fuente: Elaboración propia

La “mejor estimación” de aporte de agua subterránea en condiciones de equilibrio al término de la explotación minera es de 9 l/s. Este aporte se obtendrá de la recarga del agua subterránea, que ocurre en un área de descenso del nivel de agua subterránea de aproximadamente 3,4 km² (incluyendo 1,5 km² del área del tajo). Este aporte es un componente pequeño del aporte total al tajo, que estará dominado por la precipitación. Durante un año con épocas de lluvias promedio, la escorrentía de la precipitación podría contribuir hasta 100 l/s de agua a los sumideros del tajo, durante los meses de febrero y marzo.

El desagüe del tajo abierto afectará a los cursos de agua superficiales adyacentes mediante las reducciones en el flujo base del agua subterránea, aproximadamente equivalentes a la tasa de desagüe de equilibrio (9 l/s), durante el último año de explotación minera. En base al modelamiento de agua subterránea, esta agua representaría reducciones potenciales del flujo base en los cursos adyacentes, de acuerdo a lo siguiente:

- Río Negro – reducción en el flujo base de 1,7 l/s.
- Quebrada Laguna Negra – reducción en el flujo base de 7,1 l/s.
- Quebrada Las Vizcachas – reducción en el flujo base de 0,1 l/s.

Los efectos de la reducción del flujo base en la Quebrada Laguna Negra se compensarán completamente con las descargas provenientes del sistema de manejo de las aguas de la mina, el cual incluye la descarga proveniente del desagüe del tajo. En el Río Negro, las reducciones de flujo base se compensarán mediante la eliminación de áreas de evapotranspiración en el gran área pantanosa que se encuentra por debajo del botadero de desmonte oeste, donde actualmente se proyectan pérdidas por evaporación durante la época de estiaje de hasta 3 l/s. Los efectos de la reducción del flujo base en la Quebrada Las Vizcachas son



insignificantes (<1%). En consecuencia, durante la operación no habrá impactos netos asociados con las reducciones del flujo base proveniente del desagüe del tajo.

Condiciones del Tajo Abierto luego del Cierre

Al cierre se dejará inundar el tajo abierto (mapa C6-11). Se evaluaron las tasas de inundación y el nivel anticipado de la laguna del tajo, mediante el modelamiento del balance entre la captación de la precipitación, evaporación y de la pérdida por infiltración. El área de captación de la precipitación incluirá el área total del tajo de 1,5 km². El balance del agua consideró las condiciones de precipitación promedio, sí como las condiciones de año húmedo de 1:20 y año seco de 1:20. Las tasas mensuales de recarga presentan un amplio rango, debido a la marcada diferencia de precipitación entre las épocas de lluvia y de estiaje de cada año. La Tabla C6-3 muestra las tasas mensuales de recarga estimadas del tajo abierto (precipitación menos evaporación).

Tabla C6-3 Tasas de Recarga Estimadas del Agua Subterránea al Tajo Abierto

Condiciones de Precipitación	Recarga Mensual del Tajo (l/s)
Año promedio	3 a 100
Año seco	0 a 75
Año lluvioso	6 a 135

Fuente: Elaboración propia

El nivel del agua en la laguna del tajo inundado será mayor que los niveles de agua subterránea subyacentes; por lo tanto, habrá una gradiente hidráulica de salida, desde la laguna del tajo hacia el sistema de flujo del agua subterránea. Por consiguiente, el agua se perderá como infiltración desde la laguna del tajo hacia los sistemas de flujo de agua subterránea subyacentes. La tasa de la pérdida de infiltración se incrementará a medida que se eleve el nivel de agua en la laguna del tajo, debido al incremento en la gradiente hidráulica hasta alcanzar un equilibrio entre el aporte por precipitación y la pérdida por infiltración. Por el contrario, durante la época de estiaje, los niveles de agua de la laguna del tajo disminuirán, debido a la pérdida continua por infiltración ante la ausencia de precipitaciones. Se pronosticó que las pérdidas por infiltración en la laguna del tajo oscilarán entre 34 y 73 l/s, dependiendo del nivel del agua de la laguna del tajo. Los niveles pronosticados para diferentes condiciones de precipitación se detallan en la Tabla C6-4.



Tabla C6-4 Niveles Pronosticados de la Laguna del Tajo

Condiciones de Precipitación	Elevación de la Laguna del Tajo (msnm)
Año promedio	4 025 a 4 027,5
Año seco	4 022 a 4 023
Año lluvioso	4 030,5 a 4 032

Fuente: Elaboración propia

En condiciones de precipitación promedio anual, una vez se suspenda el desagüe, se pronostica que la laguna del tajo se inunde hasta una elevación de 4 024 msnm, en un período de aproximadamente tres años y alcance una elevación de aproximadamente 4 027 msnm en casi 10 años. Entre la época de estiaje y la época de lluvias y bajo condición de año promedio, se pronostica que la laguna del tajo fluctúe entre elevaciones de aproximadamente 4 025 msnm y 4 027 msnm, respectivamente. Considerando las variaciones de precipitación entre los años más lluviosos y los años más secos, el nivel de la laguna del tajo podría fluctuar aproximadamente 10 m en el transcurso del tiempo.

La inundación del tajo abierto a los niveles que se pronostica requerirá de la construcción de una berma para la contención del agua, en la entrada de la rampa oeste que conduce al botadero de desmonte oeste. El borde del tajo abierto interceptará la superficie a una elevación de aproximadamente 4 020 msnm. Una vez que la laguna haya alcanzado esta elevación sin la berma, el agua de la laguna del tajo drenaría a través del desmonte hacia la cuenca del Río Negro.

No se pronostica que se decante el tajo abierto a un nivel por encima del nivel máximo proyectado de inundación, siempre y cuando la berma sirva de represa en la rampa oeste. Sin embargo, considerando las incertidumbres que son inherentes a los pronósticos del nivel del agua, se considera necesario proporcionar un vertedero para descargar cualquier rebose potencial de la laguna del tajo hacia la Quebrada Laguna Negra. Esto se puede lograr mediante la construcción de una estructura para decantar la laguna del tajo, a través de la excavación de una salida de rebose en la esquina sudeste del borde del tajo, a una elevación de aproximadamente 4 035 msnm (mapa C6-11). La berma de la rampa oeste se construirá con una mayor elevación de cresta. Las elevaciones actuales se determinarán tomando como base el desempeño del área durante la actividad minera y luego del cierre.



Durante el período de cierre, la laguna del tajo abierto funcionará como un reservorio, colectando la precipitación del área del tajo de 1,5 km², y luego descargándola lentamente a lo largo del año, como infiltración hacia fuera, para proporcionar un flujo base adicional a los cursos de agua adyacentes. En condiciones de inundación del tajo, el nivel de la laguna del tajo permanecerá por debajo del nivel del agua subterránea hacia el este y por debajo del botadero de desmonte este (mapaC6-7). De este modo, la infiltración del tajo fluirá hacia el Río Negro y la Quebrada Laguna Negra, donde aumentarán las condiciones de flujo base existente.

Se estima que las pérdidas por infiltración desde el tajo abierto hasta las cuencas adyacentes durante una estación promedio anual, asociada con un nivel de inundación promedio de 4 027 msnm, alcancen aproximadamente 50,8 l/s. Esto es la captación de la precipitación total anual menos la evaporación anual. Las pérdidas por infiltración para un año seco de 1:20 y para un año de lluvias de 1:20, pueden variar entre 36,2 l/s y 68,5 l/s respectivamente.

Las pérdidas por infiltración desde la laguna del tajo luego del cierre durante la época de estiaje se consideran más significativas con respecto a las contribuciones de flujo base a las cuencas adyacentes. Durante este período, cuando la laguna del tajo ha disminuido a niveles de aproximadamente 4 025 msnm, los efectos del aumento de la cantidad del flujo base y los efectos de la calidad del flujo base serán más evidentes. La Tabla C6-5 muestra el aumento estimado del flujo base por infiltración, en una época de estiaje de un año promedio.

Tabla C6-5 Aumento del Flujo Base Debido a la Infiltración

Cuenca	Aumento del Flujo Base (l/s)
Estación SWRN	18 Río Negro +3,9
Estación SWQN	40 Laguna Negra +35,4
Estación SWVZ	40 Quebrada Las Vizcachas +0,1

Fuente: Elaboración propia

Las tasas de infiltración se basan en condiciones de “mejor estimación”, las cuales se representan por el modelo numérico de agua subterránea. En caso de existir diferencia en las rutas de infiltración, podría también diferir la división de la infiltración. Sin embargo, no se pronostica que la infiltración total, que se basa en los balances de la precipitación, varíe significativamente con los valores indicados.



Calidad del Agua del Tajo Abierto

Durante la etapa de desagüe de la mina, la calidad del agua del tajo abierto variará, reflejando las fluctuaciones estacionales entre los períodos de la época de lluvias, dominados por escorrentía de precipitación (en gran parte, calidad del agua de lluvia) y períodos de la época de estiaje, dominados por aportes del agua subterránea. La calidad del agua subterránea puede asemejarse a la calidad de descarga que se obtuvo en la prueba de bombeo del tajo abierto. Esta agua tuvo un pH bajo (4,1) con altas concentraciones de hierro (2,2 mg/l) y de cobre (2,4 mg/l) como se analiza en el Cap. IV. Ítems 4.7.2. Considerando que los minerales se encuentran expuestos en el tajo, la calidad del agua del sumidero del tajo podría deteriorarse, de acuerdo con la estación, debido a los efectos de la oxidación de los sulfuros durante períodos de escorrentía dentro del tajo. El desagüe del tajo desde los sumideros se dirigirá hacia el sistema de tratamiento de aguas de la mina, de ser necesario, antes de su descarga.

Al cierre, la calidad de la laguna del tajo dependerá de la naturaleza del DAR, el desmonte colocado en el tajo y las áreas específicas que se exponen en las paredes del tajo que pueden ser piríticas, tales como los esquistos de barro y lechos de carbón o áreas de mineralización epitermal de sulfuros. Los esquistos de barro y los lechos de carbón se pueden aislar del drenaje del tajo en la configuración final del mismo, cuando se considere necesario, mediante el relleno localizado utilizando suelo arcilloso. Esto reducirá en gran medida la oxidación del sulfuro, reduciendo así las influencias potencialmente negativas a la calidad del agua. Las áreas expuestas con mineralización epitermal de sulfuros pueden tratarse de manera similar. Una revisión del contenido de azufre total previsto en las paredes finales del tajo (Sección 4.6), indica que la mayor parte de las áreas con alto contenido de azufre ocurren en las secciones más profundas del tajo y posiblemente quedarán inundadas durante la inundación del tajo, durante el período posterior al cierre. La inundación limitará en gran medida la oxidación del sulfuro y los efectos potencialmente negativos en la calidad del agua de la laguna del tajo.

El área de desmonte usado como relleno al interior del tajo recibirá la infiltración de la precipitación que potencialmente reaccionará con el material de DAR, causando el deterioro de la calidad de la infiltración. La nivelación y el recubrimiento de la superficie de la pila final del desmonte y de la tierra vegetal reducirán



significativamente la infiltración, en comparación con el desmonte que se encuentra al aire libre. Sin embargo, podrían presentarse tasas de infiltración final de 10 a 15% (aproximadamente 145 a 220 mm/año). El área con material de relleno tiene aproximadamente 50 ha. Así, al cierre, el volumen de infiltración a través del área donde está el material de relleno en el tajo estaría en el orden de 72 500 a 110 000m³ por año.

Al normalizarse en el transcurso del año, esto representaría 2,3 a 3,5 l/s de infiltración comparada con la infiltración total de la laguna del tajo que es 50,8 l/s. Esta infiltración proveniente del desmonte que se encuentra dentro del tajo, representaría aproximadamente entre 5 y 7% del balance de recarga total del tajo.

La evaluación de calidad del agua contenida en el capítulo de Geoquímica (Sección 4.6), indicó que el cobre es un elemento clave del potencial problema ambiental asociado con la precipitación que ha entrado en contacto con la roca potencialmente DAR, tanto en las instalaciones del tajo abierto como en el botadero.

Las condiciones de calidad del agua asociadas con la colocación de desmonte en el tajo, pueden controlarse mediante el manejo de DAR en la mina. Si se coloca desmonte potencialmente con más contenido de DAR debajo del nivel inundado del tajo de tal modo que no quede expuesto, se evitarán en gran medida los efectos de la oxidación. En el caso que la calidad del agua de la laguna del tajo se deteriore en el período posterior al cierre, el tratamiento en el tajo con cal rectificará la situación, incrementando el pH y ayudando con la precipitación de los metales.

Esto también afectará la calidad de la infiltración del desmonte, mediante el incremento potencial del pH de la infiltración, mediante la mezcla, reduciendo así las concentraciones de cobre.

Considerando que se mantenga la calidad del agua de la laguna del tajo dentro de límites aceptables, la laguna del tajo proporcionará un recurso hídrico positivo al área, a través del aumento del flujo base de los ríos en los períodos de estiaje durante el año.

4.3.5.2. DESARROLLO DE LA PILA DE LIXIVIACIÓN

A continuación, se ofrece una presentación general del diseño, operación, cierre y desempeño previstos en base a las descripciones contenidas en los documentos



mencionados, de modo que se pueda evaluar la importancia hidrológica de la instalación.

Construcción de la Pila de Lixiviación

La pila de lixiviación será una instalación revestida, ubicada en las nacientes de la Quebrada Laguna Negra (mapa C6-9). El área total de la instalación tiene aproximadamente 1,2 km² que se construirá en etapas en un período de 10 a 11 años. La instalación tendrá una capacidad final de 116 millones de toneladas de mineral chancado de óxidos, y de ser necesario, una capacidad de expansión de 14 millones de toneladas adicionales al diseño original.

La instalación se construirá desde el noreste hacia el sudoeste, progresando gradiente arriba, siguiendo la inclinación del terreno superficial. El área para los cimientos requerirá la nivelación del terreno superficial mediante métodos de corte y relleno, para establecer una inclinación del nivel de 2,5 horizontal por uno vertical, hacia el noreste en aproximadamente 0,98 km² de la instalación. Los 0,22 km² restantes de la instalación ubicados alrededor del perímetro sudoeste, estarán sobre gradientes más empinadas, de aproximadamente 1,5 a 1 debido al talud más inclinado de la superficie del terreno.

El área central de la instalación tendrá dos drenes franceses principales de sub-revestimiento con drenes franceses secundarios de alimentación, ubicados a intervalos de 200 m. Estos drenes recolectarán la infiltración del agua subterránea y evitarán la formación de cualquier presión de agua por capilaridad que se desarrolle en la base del revestimiento. La infiltración que se colecte se dirigirá gradiente abajo, mediante los drenes y hacia el noreste para su descarga por debajo de la instalación y hacia el sistema de manejo del agua de la mina.

El revestimiento tendrá una construcción compuesta que consistirá de 0,3 m de suelo arcilloso compactado, ubicado sobre el terreno de base nivelado y cubierto con una membrana de revestimiento de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE). Se colocará una capa de drenaje de grava de 0,6 m de espesor sobre la membrana LLDPE para protegerla de la colocación del mineral. Se colocarán tuberías colectoras de la solución en la capa de drenaje de grava, para limitar la acumulación de solución en el revestimiento, a aproximadamente 0,3 m y que no exceda 0,6 m dentro del área de 0,98 km² donde la instalación tendrá pendiente de 2,5 a 1. Los



0,22 km² restantes de la instalación no retendrán agua debido a la gradiente mucho más empinada.

El mineral se colocará en bancos y se regará con solución alcalina de cianuro a una tasa de aplicación de aproximadamente 0,001 m³ / hr / m² (aproximadamente 8 a 9 m³ /año/m²). Se recolectará la solución, se recuperará el oro, y luego la solución de lixiviación regenerada regresará a la pila de lixiviación.

Al cierre, la superficie de la pila de lixiviación se nivelará a 2,5 horizontal por 1 vertical. Se colocará una capa de 0,3 m de arcilla compactada en el mineral chancado, con 0,3 m de cobertura de tierra vegetal, recubriendo una capa de drenaje lateral (de ser necesario) para promover la evaporación y escorrentía, limitando así la infiltración. La escorrentía se recolectará en zanjas perimétricas y se dirigirán a la Quebrada Laguna Negra.

Condiciones de Infiltración de la Pila de Lixiviación

El revestimiento compuesto limitará que la infiltración atraviese la instalación y se dirija hacia las formaciones subyacentes. El revestimiento se construirá de acuerdo a la práctica industrial estándar, cumpliendo o excediendo las especificaciones de diseño para el suelo de arcilla compactada de 1×10^{-6} cm/s y una integridad de orificio de membrana menor a los 2,5 cm²/ha.

Con la práctica industrial estándar, los orificios inferidos se mantendrán en buen contacto con el suelo de arcilla subyacente. En estas condiciones, y asumiendo una gradiente hidráulica unitaria a través del revestimiento, se estimó que la tasa total de infiltración de la instalación se encuentra en el orden de $1,1 \times 10^{-7}$ m³/s para el área total de 0,98 km² de la pila de lixiviación, donde el agua se colectará en la superficie del revestimiento. Esto es aproximadamente el equivalente de 3,5 m³/año.

Impactos Potenciales de la Infiltración de la Pila de Lixiviación

El período operativo de la pila de lixiviación es, por comparación, de corto plazo y el revestimiento evitará mayormente la pérdida por infiltración hacia las formaciones subyacentes.

Se anticipa que el revestimiento basal durará hasta el período posterior al cierre, lo que limita las pérdidas de infiltración al mínimo estimado. Durante el período de cierre inicial, el agua de infiltración proveniente de las precipitaciones lavarás las



aguas lixiviadas de la instalación. El agua infiltrada se colectará mediante el sistema de recuperación de aguas lixiviadas y se tratará hasta alcanzar aceptables estándares de descarga.

Asimismo, una vez que se haya lavado toda la solución de lixiviación de la instalación y haya pasado por el tratamiento, la infiltración futura de agua deberá tener una calidad aceptable, teniendo presente que la roca del mineral de óxidos no es generadora de DAR.

La infiltración que atraviesa el revestimiento llegará al terreno de fundación subyacente y la roca intemperizada que se expuso durante la construcción inicial de corte y relleno. La roca volcánica andesita que subyace se considera de baja permeabilidad, en el orden inferior a 1×10^{-6} cm/s, que restringirá la migración descendente de la infiltración.

La infiltración que pasa a través del revestimiento encontrará descarga natural de agua subterránea hacia las plataformas de drenaje de la base del revestimiento, desde el terreno más alto hacia el oeste. La infiltración combinada tenderá a migrar hacia el noreste, gradiente abajo por debajo del revestimiento, asistida por el sistema del dren francés de sub-revestimiento.

La pila de lixiviación está ubicada en un área de pantano y humedal que recibe descarga de agua subterránea somera, como se describe en el Cap. IV del ítem 4.7.2. Esta área está actualmente expuesta a la evaporación, lo que reduce la potencial descarga del flujo de base de esta área. La construcción de la instalación eliminará la evaporación y liberará el flujo base a la superficie mediante el sistema del dren de sub-revestimiento, junto con cualquier infiltración de revestimiento que se mezcle con el flujo base.

Cualquier infiltración que proviene de la instalación de la pila de lixiviación que migra a profundidad dentro del basamento subyacente, se mezclará en el sistema de flujo agua subterránea del basamento y migrará en las direcciones que se indican en el mapa C6-7. Como se describió en el Cap. IV del ítem 4.7.2. una divisoria del agua superficial del basamento potencialmente subyace la sección sudeste de la instalación de pila de lixiviación, debido a los efectos de desagüe asociados con el drenaje por gravedad de la mina subterránea de carbón Callacuyán. La infiltración de la pila de lixiviación que alcance profundidad por debajo de estas áreas,



potencialmente migrará hacia los lugares de descarga ubicados en la mina de carbón Callacuyán. El efecto de plataforma de drenaje de la mina de carbón en las formaciones más profundas, evitará que cualquier infiltración migre hacia la Laguna Los Ángeles. Sólo una fracción proporcional del estimado más bajo de infiltración del revestimiento migrará a profundidad hacia la mina de carbón debido a la formación subyacente de roca andesítica de baja permeabilidad. Cualquier constituyente disuelto de preocupación como cianuro, o metales se atenuarán también en la formación. Finalmente, la pila de lixiviación se lavará por infiltración natural de las aguas de lluvia, por lo que la calidad de la infiltración proveniente de la instalación no será un problema. En consecuencia, no se anticipa impacto hidrogeológico debido a la operación de la pila de lixiviación en la calidad del agua subterránea, y por consiguiente, en las condiciones de la calidad del flujo base del agua superficial.

4.3.5.3. DESARROLLO DEL BOTADERO DE DESMONTE

El desmonte se separará en dos botaderos, uno de roca no generadora de acidez (NGA) y roca potencialmente generadora de acidez (PGA). Actualmente el desmonte NGA se define con un contenido total de azufre menor al 0,1%. Esta roca se depositará en el botadero de desmonte oeste, mientras que la roca PGA (más de 0,1% de azufre total) se colocará en el botadero de desmonte este (Figura C6-9).

Como se analizara anteriormente en el Cap. IV del ítems 4.7.2., el desmonte PGA también servirá como material de relleno en el tajo abierto.

Botadero de Desmonte Oeste

El botadero de desmonte oeste tendrá un área de aproximadamente 0,68 km² y tendrá una capacidad de hasta 68,1 millones de toneladas de desmonte, colocado en el valle del Río Negro, directamente al oeste del tajo abierto (Figura C6-11). La roca se colocará sobre el área pantanosa, que se encuentra por debajo de la instalación, desplazando el sedimento suave y el material de turba. El basamento que subyace al suelo por debajo del área de la instalación está mayormente compuesto por esquistos de barro que es una formación de baja permeabilidad Cap. IV del ítems 4.7.2. Al cierre, la superficie del desmonte se nivelará a 2,5 horizontal por 1 vertical y se colocará una capa de 0,3 m de terreno vegetal como cubierta.



El botadero se colocará sobre las áreas existentes de descarga del agua subterránea que se encuentran dentro del pantano y que se muestra por debajo de la ubicación de la instalación, en la Figura C6-6. Gran parte de esta área se encuentra por debajo de la elevación más baja del tajo abierto y el agua subterránea continuará descargando hacia la base de la instalación. Las reducciones que se anticipan en el flujo base debido al desagüe del tajo, se compensarán mediante las reducciones en la evaporación, como se describe en Cap. IV del ítem 4.7.2.

Durante el período posterior al cierre, la precipitación se infiltrará en el botadero, aumentando así el flujo base que se atribuye a la infiltración de la laguna del tajo luego del cierre.

La naturaleza NGA del desmonte en el botadero oeste ocasionará efectos mínimos en la calidad actual del flujo base. El flujo base que emerge por debajo de la base (norte), aguas abajo, de la instalación se dirigirá hacia la poza de sedimentación oeste. En el caso que el monitoreo futuro indique el deterioro de la calidad del agua de la poza, se tratará el agua.

Botadero de Desmonte Este

El botadero de desmonte este recibirá hasta 47,7 millones de toneladas de desmonte PGA. La roca se colocará en las nacientes de la Quebrada Quishuara Sur y Quebrada Laguna Negra directamente al este del área del tajo abierto, cubriendo un área de aproximadamente 0,96 km² (mapa C6-9). El botadero se construirá en un área de basamento rocoso volcánico mayormente expuesto, con cobertura limitada de suelo (mapa C6-6).

La precipitación se infiltrará en el botadero durante la colocación del material. El agua de infiltración encontrará la superficie del basamento subyacente o el contacto con el suelo natural/ basamento y se moverá hacia abajo para ser colectada en un sistema de drenaje inferior alrededor de la base y se transportará hacia el sistema de manejo de agua de la mina. Se mejorará la colección de la infiltración, mediante la construcción de drenes franceses por debajo de las instalaciones.

Al cierre, la superficie de la instalación se nivelará a 2,5 horizontal a 1 vertical, se colocará una capa de 0,3 m de suelo arcilloso compactado, seguida una cubierta de tierra vegetal de 0,3 m. Esto mejorará la escorrentía, la evaporación y reducirá la infiltración de agua y oxígeno para reducir, a su vez, el potencial de oxidación de los



sulfuros. El dren ubicado al pie se mantendrá en el futuro para el manejo de la recolección de infiltración y de escorrentía, mientras sea necesario.

No se anticipa que la infiltración en el basamento rocoso subyacente se modifique en forma significativa en comparación con las condiciones existentes, una vez que se construya la instalación, tomando en consideración que se anticipa que la tasa de infiltración a través de la cobertura excederá cualquier infiltración potencial del basamento.

El botadero de desmonte este se extiende a ambos lados de la divisoria de agua subterránea en las cuencas de la instalación, Quebradas Las Vizcachas, Quishuara Norte, Quebrada Sur y Laguna Negra, y el área del tajo abierto hacia el oeste. La infiltración hacia el basamento, durante el período de posterior al cierre, contribuirá potencialmente a cada una de estas áreas de la cuenca.

La tasa de infiltración en el basamento será posiblemente proporcional al flujo base de agua subterránea que se descarga en los ríos adyacentes. Como se describe en Cap. IV del ítems 4.7.2., se anticipa que el flujo base de las áreas comprendidas dentro del terreno volcánico, se encontrarán en el rango de 1 a 2 l/s/km². Por lo tanto, tomando como base el área que ocupe una vez se termine, el botadero de desmonte este infiltrará potencialmente, hacia las cuencas respectivas, de acuerdo a las tasas que se muestran en la Tabla C6-6.

Tabla C6-6 Infiltración del Botadero de Desmonte Este

Cuenca	Contribución del Botadero de Desmonte (Km ²)	Tasa de Infiltración (l/s)
Quebrada Laguna Negra	0,430	0,43 a 0,86
Quebrada Quishuara Sur	0,211	0,21 a 0,42
Tajo abierto	0,190	0,19 a 0,38
Quebrada Quishuara Norte	0,076	0,08 a 0,16
Quebrada Las Vizcachas	0,053	0,05 a 0,10

Fuente: Elaboración propia

La calidad de la infiltración será potencialmente ácida con altas concentraciones de metales disueltos. El problema clave será las concentraciones de cobre, las cuales podrían encontrarse en el orden de 10 a 100 mg/l. Los efectos de la infiltración del basamento rocoso serán claramente más notorios durante los períodos de flujo base en la época de estiaje.

Como se describe en Cap. IV del ítems 4.7.2., las vías de flujo para el agua subterránea del basamento proveniente del área del botadero de desmonte este,



podría originar descarga del flujo base en los cursos inferiores de las Quebradas Laguna Negra y Quishuara Sur, mientras que cualquier agua que pase por debajo de estas áreas, ciertamente descargarán en la zona de descarga de agua subterránea asociada con el cañón del Río Chuyuhual, aguas arriba de la estación de monitoreo de calidad del agua superficial SWCH-50. Los metales disueltos en el agua de infiltración se atenuarán mayormente mediante absorción dentro de las formaciones rocosas, en estas vías de flujo comparativamente largas, de modo que cualquier pronóstico sobre la calidad del agua superficial basada en la calidad de infiltración inferida del botadero de desmonte, será muy conservador. Las áreas con posibilidad de experimentar el mayor efecto en la calidad de la infiltración, serán los cursos de las cabeceras que se encuentren muy cerca del botadero de desmonte.

4.3.5.4. DESARROLLO DE LA PILA DE MINERAL SULFUROSO

La pila de material sulfuroso contendrá la roca de mineral sulfuroso, que comprende esquistos de barro piríticos y carbón recuperado del tajo abierto. Este material tendrá contenido de oro, pero no será recuperable mediante el proceso de lixiviación de óxidos. Por lo tanto, se almacenará en pilas para su consideración futura (mapa C6-9). Se anticipa que el material generará acidez, lo cual ocasionará condiciones de baja calidad de infiltración que requerirá una forma de manejo. Para controlar la infiltración, se colocará la pila de material en una subcapa de suelo arcilloso compactado con un sistema de drenes inferiores, que permitan la colección de la infiltración que se descargará al sistema de manejo de aguas de la mina. La pila de mineral se construirá en un área pantanosa, parcialmente por encima del suelo arcilloso que forma una zona de descarga del agua subterránea somera que limitará la infiltración descendente cerca a la base de la instalación. La superficie de la pila de material se nivelará a 2,5 horizontal a 1 vertical, y tendrá una cubierta de 0,3 m de suelo arcilloso compactado y 0,3 m de cobertura de tierra vegetal para mejorar la escorrentía superficial y la evaporación, y para limitar la infiltración de la precipitación y el oxígeno.

El revestimiento de arcilla basal mejorará la colección proveniente de la infiltración de la pila de material para su tratamiento, si fuera necesario. No se anticipa que la menor infiltración que pudiera atravesar el revestimiento de arcilla basal y que evite la colección del drenaje inferior migre a profundidad, sino hacia la superficie, aguas



arriba de la poza de sedimentación este o al interior de ésta, donde de ser necesario se atenuará mediante dilución o tratamiento. Si la calidad de infiltración se convierte en un problema a futuro, tomando como base el monitoreo, se podrá iniciar una mejor colección de infiltración desde la base gradiente abajo de la instalación, ya sea mediante pozos o zanjas de colección.

4.3.6. CRITERIOS PARA LA DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS

Los impactos residuales de hidrogeología se clasifican usando criterios de cuantificación para determinar la consecuencia ambiental. Cada impacto se describe en términos de los siguientes criterios: dirección, magnitud, extensión geográfica, duración, reversibilidad y frecuencia (Tabla C6-7).

La dirección de un impacto puede ser positiva, neutral o negativa con respecto a la pregunta clave (por ejemplo, el incremento del volumen del flujo de agua subterránea se clasificará como positivo, mientras que una reducción será negativa).

La magnitud es una medida del grado de cambio en un punto final de medición (por ejemplo, el área del hábitat de fauna silvestre) y se clasifica como insignificante, baja, moderada o alta. La categorización de la magnitud del impacto (es decir, insignificante, baja, moderada o alta) se basó en un conjunto de criterios, conceptos ecológicos y el criterio profesional.

La extensión geográfica se refiere al área afectada por el impacto y se clasifica en local, regional y fuera del área regional. Se reconoce que un método para la definición de impactos en el AER, en términos del porcentaje de un determinado flujo de agua subterránea afectado, se encuentra influenciado por el tamaño de las áreas de estudio local y regional. Como tal, los valores cuantitativos de los impactos se deben atenuar con el enfoque global cualitativo, que considera los impactos de perturbación en el flujo global o en el parámetro de calidad que se evalúa.



Tabla C6-7 Criterios para la Descripción de Impactos en la Hidrogeología

Dirección ^(a)	Magnitud ^(b)	Extensión Geográfica ^(c)	Duración ^(d)	Reversibilidad ^(e)	Frecuencia ^(f)
Positiva, Negativa o Neutral	<p>Insignificante: no presenta cambio</p> <p>Baja: cerca de la línea base (ligeramente por encima)</p> <p>Moderada: sobre la línea base</p> <p>Alta: sustancialmente sobre la línea base</p>	<p>Local: efecto restringido al AEL</p> <p>Regional: efecto que se extiende más allá del AEL, dentro del AER</p> <p>Fuera del área Regional: el efecto se extiende fuera del AER</p>	<p>Corto plazo: <2 años</p> <p>Mediano plazo: 2 a 15 años</p> <p>Largo plazo: > 15 años</p>	Reversible o Irreversible	<p>Baja: ocurre una vez</p> <p>Media: ocurre en forma intermitente</p> <p>Alta: ocurre en forma continua</p>

Fuente: Elaboración propia

(a) Dirección: efecto positivo o negativo en el punto final de medición.

(b) Magnitud: grado de cambio.

(c) Extensión geográfica: área afectada por el impacto.

(d) Duración: lapso durante el cual ocurre el efecto ambiental.

(e) Reversibilidad: efecto en el recurso que no se puede revertir.

(f) Frecuencia: cuán a menudo ocurre el efecto ambiental.

La duración se refiere al lapso durante el cual ocurre un impacto ambiental. Ésta considera la duración efectiva del período durante el cual ocurre el impacto.

La reversibilidad es un indicador del potencial de la recuperación del punto final ecológico, con respecto al impacto. En algunos casos, la reversibilidad tiene estrecha relación con la duración.

En otros casos, el efecto se puede extender más allá del término del período del impacto original.

La frecuencia describe cuán a menudo ocurre el efecto en un determinado período y se clasifica en baja, media o alta en ocurrencia.

Consecuencia Ambiental

La consecuencia ambiental es una propiedad global asociada con un impacto y es una función de la magnitud, duración y extensión geográfica. En algunos casos el nivel de incertidumbre científica es suficientemente alta, que no se puede efectuar un estimado de consecuencia ambiental con un grado suficiente de confianza. Las clasificaciones no determinadas están acompañadas por recomendaciones de investigación o monitoreo que proporcionarán mayor información en el futuro.



4.3.7. ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS RESIDUALES

Impactos Residuales de la GW-1 : ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en los niveles y flujos del agua subterránea?

Dirección	: negativa
Magnitud	: insignificante
Extensión geográfica	: local
Duración	: largo plazo
Reversibilidad	: reversible
Frecuencia	: alta
Consecuencia ambiental	: insignificante

La dirección es negativa, considerando que cualquier efecto directo que impacte en forma negativa las aguas subterráneas en la vecindad inmediatamente contigua al Proyecto, reducirá los niveles y flujos del agua subterránea. Sin embargo, el análisis demostró que las pequeñas reducciones pronosticadas en los flujos base, se compensarán a través de las descargas provenientes del sistema de manejo de aguas de la mina. En realidad, las pérdidas por infiltración provenientes de la laguna del tajo durante las operaciones, pueden resultar en un aumento de la cantidad del flujo base.

La extensión geográfica será local, ya que los efectos posibles se pueden extender fuera del área del Proyecto. La duración de los impactos es de largo plazo, debido al hecho que algunas de las instalaciones del Proyecto que influyen las aguas subterráneas permanecerán luego del cierre.

Sin embargo, los posibles impactos son reversibles, ya que es posible que al momento del cierre los flujos aumenten o regresen a las condiciones que tenían previas al desarrollo. Finalmente, la frecuencia es alta debido a que algunas de las instalaciones que pueden cambiar la cantidad del agua subterránea, se mantendrán como parte del ambiente posterior al cierre.

En conclusión, la clasificación de la consecuencia ambiental para el efecto del Proyecto en los niveles y flujos del agua subterránea es insignificante.



Impactos Residuales de la GW-2: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en la calidad del agua subterránea?

Dirección	: negativa
Magnitud	: baja
Extensión geográfica	: local
Duración	: largo plazo
Reversibilidad	: reversible
Frecuencia	: alta
Consecuencia ambiental	: baja

La dirección es negativa, ya que muchas de las instalaciones tienen el potencial de filtrar aguas de menor calidad que la calidad del agua existente previa al desarrollo y estas aguas ingresarán a los sistemas de agua subterránea. La extensión geográfica es local, ya que los cambios que resulten de la infiltración a los sistemas de agua subterránea, se compensarán mediante la infiltración de diversas calidades de agua provenientes de las diferentes áreas del proyecto rehabilitado. El resultado neto de la combinación de estas aguas de infiltración diferentes, es que los cambios en la calidad del agua subterránea se restringirán al área de las instalaciones del Proyecto. Se pronostica que los cambios negativos en la calidad del agua subterránea, se reducirán al cierre del Proyecto.

La duración de los impactos es larga, debido al hecho que algunas de las instalaciones del Proyecto que influyen en la calidad del agua subterránea permanecen luego del cierre. Sin embargo, los posibles impactos son reversibles, ya que es posible que la infiltración proveniente de la laguna del tajo pueda compensar cualquier infiltración de menor calidad.

Finalmente, la frecuencia es alta, debido a que algunas de las instalaciones que pueden cambiar la cantidad del agua subterránea se mantendrán como parte del ambiente al cierre.

En conclusión, la clasificación de la consecuencia ambiental para el efecto del Proyecto en la calidad del agua subterránea es baja.



4.4. PLANIFICACIÓN DE LA MITIGACIÓN

Las áreas de preocupación con respecto a los efectos potenciales en el ambiente hidrogeológico se presentan en el ítem 4.3. Más adelante, se describe la planificación de mitigación de cualquier preocupación sobre la calidad del agua subterránea que pudiera desarrollarse como resultado de las instalaciones.

4.4.1. TAJO ABIERTO

El tajo abierto contribuirá al flujo base del agua subterránea hacia la Quebrada Laguna Negra y Río Negro, en el período posterior al cierre, como resultado de la infiltración procedente de la laguna que se formará en el tajo una vez se inunde. Cualquier preocupación sobre la calidad del agua subterránea que se pudiera presentar, estará directamente relacionada con la calidad del agua de la laguna del tajo. La mitigación se centrará en el tratamiento de las condiciones de calidad del agua que se presenten en la laguna del tajo.

4.4.2. INSTALACIÓN DE LA PILA DE LIXIVIACIÓN

Preocupaciones sobre la calidad del agua subterránea se podrían desarrollar potencialmente por debajo de las instalaciones de la pila de lixiviación, en caso se presenten tasas no anticipadas y altas de infiltración. El sistema de colección del dren francés con sub-revestimiento interceptará gran parte de la infiltración, derivándola directamente al sistema de manejo de aguas de la mina.

En el caso que el pozo de monitoreo GWLN-17 propuesto, ubicado en la base y aguas debajo de la instalación, detecte condiciones de calidad de agua subterránea que constituyan una preocupación, entonces se establecerá un sistema para la colección de infiltración utilizando pozos o zanjas de colección para recuperar la infiltración, hasta que el cierre de la instalación rectifique la situación.

4.4.3. BOTADEROS DE DESMONTE

El botadero de desmonte oeste tendrá roca no generadora de acidez. La infiltración descargará en superficie, más arriba de la poza de sedimentación oeste, donde se captará. Si la calidad del agua de la poza se deteriora hasta llegar a un punto que exceda el cumplimiento de las regulaciones, entonces se iniciará el tratamiento del agua.



El botadero de desmonte este tiene el potencial de producir agua de infiltración de mala calidad.

El agua de infiltración procedente del basamento rocoso y que pasará por debajo del sistema de colección inferior, derivará mayormente hacia las Quebradas Laguna Negra y Quishuara Sur.

Los problemas sobre calidad del agua posiblemente se manifiesten durante el período de caudal bajo, durante la época de estiaje. De desarrollarse condiciones de baja calidad de aguas superficiales, el agua se recolectará y tratará. Al cierre, se considera efectuar la renivelación y cobertura del botadero este para reducir la infiltración y oxidación.

4.4.4. PILA DE MINERAL SULFUROSO

La pila de mineral sulfuroso está ubicada en un área donde se podrá llevar a cabo fácilmente la recuperación de la infiltración si el monitoreo de agua subterránea y superficial sugiere que sea necesario. Se podrán utilizar pozos o zanjas de colección en la base, aguas abajo de la instalación, para reducir y colectar la infiltración para su tratamiento. Al cierre, se ha considerado la renivelación y la cobertura adicional de la pila con suelo arcilloso para reducir la infiltración y la oxidación sulfurosa.

4.5. PROGRAMA PARA EL MONITOREO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El programa de monitoreo de línea base del agua subterránea que se describe en el ítem 4.2 estableció las condiciones actuales sobre la calidad del agua subterránea.

Como se describe en el ítem 4.3, la infiltración procedente de diversas instalaciones del Proyecto podría afectar la calidad del agua subterránea. Por consiguiente, un programa para el monitoreo de la calidad del agua subterránea será necesario para monitorear en forma continua el desarrollo del Proyecto, utilizando los pozos de monitoreo existentes y propuestos, los cuales se muestran en el mapa C6-12. Muchos de los pozos existentes están ubicados dentro del área de las instalaciones y se cerrarán a medida que avance el Proyecto. El sistema será incrementado mediante cuatro pozos adicionales de monitoreo propuestos.



Los pozos de monitoreo propuestos (GWLN-15, GWLN-16, GWLN-17 y GWLN-18) se muestran en el mapa C6-12. El pozo GWLN-15 será un pozo de monitoreo de basamento rocoso que se instalará en la cuenca de la Quebrada Laguna Negra, directamente al este y aguas abajo del botadero de desmonte este. El pozo GWLN-16 se instalará en el área inferior, aguas abajo, de la pila de material sulfuroso. El pozo GWLN-17 se instalará directamente aguas abajo de la pila de lixiviación y la poza de solución enriquecida de lixiviación. El pozo GWLN-18 se instalará directamente aguas arriba de la pila de lixiviación. Además de los pozos, también se monitoreará el manantial SWOA-01, ubicado directamente gradiente abajo del botadero de desmonte este (mapa C6-12). Se establecerá la ubicación específica de cada pozo propuesto, una vez se conozcan las configuraciones finales de las instalaciones adyacentes, de modo que los pozos servirán a la construcción y operación del área. Asimismo, se podrá establecer pozos dentro de algunos lugares, dependiendo de las condiciones que se encuentren.

- Temperatura del aire, pH, conductividad, total de sólidos disueltos, oxígeno disuelto;
- Coliformes fecales y totales, nitrógeno-amoniaco;
- Material extraíble con hexano (MEH);
- Aniones disueltos: bicarbonato, carbonato, sulfuro, cloruro, nitrato, nitrito, fluoruro;
- Cationes disueltos: calcio, magnesio, potasio, sodio; y
- Metales traza disueltos: aluminio, antimonio, arsénico, bario, boro, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc.

La calidad del agua subterránea se monitoreará trimestralmente (4 veces al año) por toda la serie de parámetros. La frecuencia del monitoreo toma en consideración que la migración del agua subterránea es mucho más lenta que el flujo del agua superficial. El monitoreo mensual de la calidad del agua superficial identificará cualquier cambio ambiental en la calidad del flujo base, posiblemente asociado con el Proyecto que pudiera provocar un monitoreo con mayor frecuencia en un pozo específico de esa área de captación.



Los efectos potenciales del Proyecto en el ambiente hidrogeológico que se describen en la ítem 4.3, identificaron los cambios potenciales en las condiciones del flujo base en el área durante el período operativo y de post-cierre. Por lo tanto, se mantendrá y revisará el flujo de agua superficial del sitio y el programa de monitoreo de la calidad para identificar cualquier cambio, específicamente durante el período de flujo base en la época de estiaje.

El monitoreo de la calidad del flujo base del agua superficial incluirá la Quebrada Quishuara Norte y la Quebrada Quishuara Sur cerca de las confluencias con el Río Chuyuhual, además del propio Río Chuyuhual, aguas abajo del cañón. Esto garantizará el monitoreo de cualquier descarga potencial de flujo base de agua subterránea proveniente del Proyecto que pudiera contribuir a estos flujos. Al oeste, el monitoreo incluirá el Río Negro, aguas abajo del botadero de desmonte oeste y en la confluencia con el Río Perejil. Continuará el monitoreo de la descarga de la mina de carbón Callacuyán.

El programa de monitoreo se revisará en forma anual. Este programa deberá ser flexible, permitiendo ofrecer una respuesta a cualquier desarrollo que pudiera indicar un riesgo potencial a la calidad del flujo base y al agua subterránea, incluyendo la incorporación o el retiro de ubicaciones de monitoreo, dependiendo de las condiciones específicas del sitio.

4.6. GEOQUÍMICA

4.6.1. INTRODUCCIÓN

En esta sección del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Alto Chicama se presenta la información sobre la geoquímica del mineral, el desmonte, los materiales de préstamos y los suelos. Mientras que no se requiere realizar la evaluación del impacto de la geoquímica propiamente dicho, ya que de por sí no es un recurso, los datos de la geoquímica que se resumen en esta sección se utilizaron para evaluar los efectos relacionados a la calidad del agua subterránea Cap. IV y a la calidad del agua superficial ítem 4.7.

Esta sección resume el informe de geoquímica y presenta la siguiente información:

- Los métodos empleados para caracterizar la geoquímica del Proyecto;
- Los análisis y las pruebas de litología;



- El potencial de cada litología para producir ácidos o metales;
- El criterio recomendado para separar la roca generadora de ácido de la roca no generadora de ácido;
- Cantidades estimadas de los materiales generadores y los materiales no generadores de ácido.
- Pronósticos estimados de la calidad de agua de la filtración y escorrentía provenientes de las instalaciones del proyecto.

El objetivo de la investigación geoquímica consiste en caracterizar la química ambiental de varios tipos de material: desmonte, mineral, material de préstamo, material para agregados y terreno vegetal. La evaluación pone énfasis en el potencial de estos materiales de generar drenaje de ácido de roca (DAR) y/o lixiviación de metales (LM). De particular importancia para el manejo ambiental de los yacimientos con alto contenido de sulfuros, es la capacidad de pronosticar el volumen de desmonte que presenta potencial de DAR/LM. Se propone un criterio de separación para los materiales que son potencialmente generadores de ácido (PGA) que permita segregar estos materiales de los no generadores de ácido (NGA).

Las instalaciones PGA y NGA tendrán estrategias para el manejo de agua distintas para garantizar que los efectos ambientales sean limitados.

Dentro del contexto de este Proyecto, las denominaciones PGA y NGA tienen un significado más amplio del que comúnmente se usa. Tomando como base los resultados de la caracterización geoquímica que se describe en este informe, la definición operativa de NGA corresponde a los materiales que no se espera que generen DAR/LM. Sin embargo, los materiales PGA tienen el potencial de generar DAR/LM, DAR o LM. En otras palabras, PGA incluye materiales que lixivian metales, pero que no generan acidez en forma significativa y viceversa, así como materiales que se comportan de acuerdo con la definición más tradicional de PGA (es decir, generan tanto DAR como LM).

La investigación geoquímica se desarrolló en dos fases. Usando las secciones transversales disponibles, se desarrollaron grupos conceptuales de roca de acuerdo a su geoquímica para apoyar el desarrollo de una primera fase de muestreo



(número y relación de muestras) y los trabajos de pruebas estáticas (Fase 1). Estos grupos de roca, así como sus tonelajes estimados, se presentan en la Tabla C5-1.

Los resultados de las pruebas de la Fase 1 se usaron para definir un programa estático de segunda fase (Fase 2), que incluyó la selección de muestras para los ensayos cinéticos. Luego de la recolección y análisis de las muestras de la Fase 2, se tuvo a disposición para efectos de comparación, se tenía datos sobre elementos traza y sobre los parámetros seleccionados de conteo ácido-base determinados con el horno de inducción Leco (LECO).

Se recolectó para el EIA un total de aproximadamente 410 muestras durante las Fases 1 y 2. Asimismo, en la base de datos de exploración, que contenía 2 952 muestras, que representan más de 100 000 metros (m) de testigos de roca. Los datos analíticos recolectados, así como los programas de ensayos de la Fase 1 y la Fase 2, se compilaron de acuerdo al tipo geoquímico de roca para definir las características específicas del material.

Tabla C5-1 Unidades Geoquímicas y Litológicas del Desmonte y Tonelajes

Formación	Unidades Litológicas	Unidades Geoquímicas de Roca	Tonelaje (toneladas)	Porcentaje del Total (%)
Cuaternario	Cobertura	Depósito coluvial no diferenciado	7 100 000	5,0
	Falla			
Grupo Calipuy	Andesita - Postmineral	Roca volcánica no diferenciada	38 000 000	26
	Diatrema			
	Andesita Shulcahuanga			
	Domo Andesítico			
	Toba Brechosa			
	Andesítica			
	Brecha Dafne			
	Volcanogénica			
Toba Dacítica				
Pórfido de Cuarzo				
Chimú	Brecha Paleosuperficial	Areniscas	79 100 000	55
	Arenisca			
	Limolita Carbonosa			
Chicama	Carbón	Esquistos de barro	6 600 000	4,5
	Limolita Arcillosa	Carbón	3 500 000	2,4
	No diferenciadas	Esquistos de barro	10 100 000	7,1
		Total	144 400 000	100

Fuente: Elaboración propia

La caracterización geoquímica de las muestras del EIA incluyó el conteo ácido base (ABA), análisis mineralógico, la composición de los elementos traza, prueba de lixiviación de corto plazo y pruebas de celdas de humedad. La Tabla C5-2 ofrece una presentación general del programa analítico.



Tabla C5-2 Resumen de las Muestras del EIA y Programa de Caracterización

Grupo Geoquímico	Muestras Colectadas	Porcentaje del Total de Muestras	Programa de Caracterización				
			Mineralogía	Elemento Traza	ABA	Lixiviación de Corto Plazo	Celda de Humedad
Desmante							
Desmante de areniscas	197	60%	4	25	197	25	7
Desmante de roca volcánica	82	25%	4	13	82	13	4
Desmante de esquistos de barro	19	6%	3	6	19	6	-
Desmante de esquistos de barro carbonáceos	13	4%	1	4	13	4	-
Desmante de carbón	6	2%	1	3	6	1	-
Desmante de depósito coluvial	10	3%	-	-	10	-	-
<i>Subtotal</i>	327	100%	13	51	327	49	11
Mineral							
Mineral de areniscas	26	49%	-	2	26	2	-
Mineral de roca volcánica	20	38%	-	3	20	3	-
Mineral de esquistos de barro	5	9%	-	1	5	1	-
Mineral de esquistos de barro carbonáceos	-	0%	-	-	-	-	-
Mineral de carbón	1	2%	-	-	1	-	-
Mineral de depósito coluvial	1	2%	-	-	1	-	-
<i>Subtotal</i>	53	100%	0	6	53	6	0
Material de préstamo/agregados	20	-	0	9	20	9	0
Terreno vegetal	18	-	0	6	10	6	0
Total	418	-	13	72	410	70	11

Fuente: Elaboración propia

4.6.2. RESULTADOS

Los resultados del análisis mineralógico son consistentes con el conocimiento general de la historia geológica del yacimiento de Alto Chicama. La zona de mineral se caracteriza por presentar lixiviación repetida y deposición de sílice (como derrames o deposición de sílica en espacios abiertos lixiviados o fracturados) como ocurren en eventos hidrotermales múltiples y superpuestos. El emplazamiento somero junto con la presencia de diversos eventos de oxidación e intemperización supergena disminuyeron la abundancia de minerales de sulfuros, ocasionando la presencia de especies de sulfatos en las zonas de mineral. Asimismo, hubo muy poco o nada de carbonato durante la actividad hidrotermal y la subsiguiente intemperización.

En términos generales, las muestras de desmante de las unidades litológicas individuales muestran una considerable variabilidad de composición. En los metales traza la variación de uno a más órdenes de magnitud es común. Los elementos traza en el desmante y en el mineral pueden, por lo general, estar correlacionados con la presencia de minerales como silicatos y otros minerales (sulfuros, sulfosales), aluminofosfatos y posiblemente carbonatos. Los resultados son consistentes con la



información mineralógica disponible para el desmonte y el mineral, e indican que la descarga de metales traza al medio ambiente está controlada mayormente por la oxidación y la disolución de las sulfosales y los sulfuros. Estos resultados sugieren que se puede segregar el desmonte, tomando como base su contenido de azufre a fin de separar los materiales que pueden generar drenaje ácido de roca y lixiviación de metales traza.

Se pueden utilizar los resultados del conteo ácido base (ABA) para desarrollar una clasificación preliminar del potencial de DAR. La comparación con el sistema de clasificación de Price (1997), que emplea cuatro categorías distintas de DAR, usando la relación potencial neta (RPN), indica que una porción importante de las muestras presenta cierto potencial de generar DAR. A pesar que todos los valores medios del contenido de sulfuros son bajos, los potenciales de neutralización también son bajos, dando como resultado valores RPN que se encuentran por debajo de los valores límites indicando algún potencial de generación de ácido (es decir, $RPN < 2$).

Basado en los resultados ABA, las areniscas (tanto de mineral como de desmonte) por lo general presentan el menor potencial de generación de DAR, mientras que los esquistos de barro y los depósitos coluviales tienen un potencial mayor. El desmonte y el mineral de roca volcánica ocupan una posición intermedia. El limitado conjunto de datos para el carbón y para el material coluvial sugiere que también se puede encontrar cierto potencial de generación de ácidos, como es el caso de la mayor parte de los materiales de préstamo y de los agregados.

Siguiendo el criterio de Price, los estimados de la distribución del desmonte en las cuatro categorías de DAR, es como sigue:

- Posible generador de ácidos: 40%.
- Potencial de DAR incierto: 5%.
- Bajo potencial de DAR: 28%.
- Potencial poco probable de DAR: 28%.

El análisis estadístico muestra la correlación entre el potencial de neutralización y el Ca y el Mg, que sugiere la presencia de calcita/dolomita. Se observa una correlación adicional, pero de menor importancia, entre el potencial de generación



de ácidos y un número de metales traza (Co, Cu, Fe, Ni, y Zn), que refleja la presencia de sulfuros de los metales.

Las pruebas de lixiviación en el corto plazo proporcionan un mecanismo cualitativo para identificar los potenciales metales de preocupación ambiental, así como las posibles relaciones entre la solubilidad de los metales, la química de los elementos traza y el pH. Un número de muestras analizadas generaron lixiviados ácidos. Estas muestras presentan un potencial de lixiviación de metales más alto que el promedio. Sin embargo, la lixiviación de metales también ocurre en la ausencia de condiciones ácidas, en cuyo caso parece estar relacionada con los altos contenidos de metales traza en el material. Además, las soluciones lixiviadas ácidas no siempre contienen metales detectables. Los resultados de las pruebas de lixiviación de corto plazo sugieren que los metales Al, Cu, Fe, Mn y Zn parecen tener mayor disposición para la lixiviación. Por lo general, están asociados con ácidos de fácil solubilidad. Estos resultados son consistentes con los resultados de calidad del agua de línea base que se obtuvieron en las cuencas del Río Chuyuhual y el Río Negro.

Paralelamente a la implementación del ABA, el análisis de elementos traza y del programa de lixiviación de corto plazo, se seleccionaron 11 muestras de desmonte (7 de areniscas, 4 de roca volcánica) de la base de datos del EIA para someterlas a prueba de celdas de humedad (Tabla C5-3). Las areniscas y las rocas volcánicas son más del 80% del tonelaje total de desmonte (Tabla C5-1), por lo que las pruebas de celdas de humedad se efectuaron en estos tipos de material. Las muestras seleccionadas incluyeron los rangos de concentración de azufre total y de concentración de azufre como sulfuro. La selección de las muestras para las pruebas de la celda de humedad también tuvo en cuenta la distribución espacial de todo el yacimiento.



Tabla C5-3 Resumen de las Celdas de Humedad

N° Muestra	pH en pasta	Azufre total (%)	Azufre como sulfuro (%)	PNCa (t CaCO ₃ /1 000 t)	RPN	Clasificación de Potencial DAR (Price,1997)	Semanas disponibles de pruebas	¿DAR o LM?
Desmante de arenisca								
ABA-02-2-062	5.7	0.24	<0.01	1.3	8.1	Poco probable	20	Ninguno
ABA-02-2-082	5.9	0.06	0.02	0.83	1.3	Incierto	20	Ninguno
ABA-02-2-134	4.9	0.10	0.02	1.7	2.7	Bajo	20	LM
ABA-02-3-002	6.0	0.15	<0.01	1.3	8.1	Poco probable	20	Ninguno
ABA-02-2-053A	4.6	14	12.5	2.0	0.005	Probable	20	DAR y LM
ABA-02-2-056	5.4	2.4	2.3	1.0	0.014	Probable	30	DAR y LM
ABA-02-2-086	5.1	0.62	0.30	1.2	0.13	Probable	22	DAR y LM
Desmante de Roca Volcánica								
ABA-02-2-023	6.9	0.02	0.01	7.0	23	Poco probable	30	Ninguno
ABA-02-2-002	22.8	3.6	3.4	2.2	0.02	Probable	17	DAR y LM
ABA-02-3-021	3.4	4.0	3.6	4.5	0.04	Probable	20	DAR y LM
ABA-02-2-140	3.0	3.5	3.2	1.7	0.02	Probable	20	DAR y LM

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las pruebas de las celdas de humedad indican que existe un amplio rango de DAR y LM en el material que se espera explotar en el Proyecto. El pH a largo plazo de las soluciones lixiviadas de las celdas de humedad oscila entre casi neutral a fuertemente ácido. La alcalinidad de las soluciones lixiviadas es, por lo general, baja con excepción de unas cuantas muestras de desmante de roca volcánica. Los bajos valores de alcalinidad son consistentes con los bajos valores medidos de PN y PNCa en las muestras de areniscas y de roca volcánica. Las muestras de desmante con bajo contenido de sulfuros típicamente generan soluciones lixiviadas a largo plazo con pH ligeramente ácido a neutral y baja carga de metales. Las soluciones lixiviadas de las muestras de desmante con alto contenido de sulfuros muestran típicamente un pH en disminución, y sulfatos y carga de metales en aumento con el tiempo, debido a la oxidación de los sulfuros.

Los resultados de la prueba de las celdas de humedad por lo general son consistentes con los de la clasificación Price (Tabla C5-3). Las muestras con valores RPN < 1 son netos generadores de ácidos y LM, mientras que las muestras con RPN > 4 permanecen neutrales. El pH en pasta y el contenido de azufre como sulfuro también parecen ser un buen indicador del potencial de DAR/LM. Todas las muestras con RPN < 1 presentan un pH en pasta por debajo de 5,5 y un contenido de azufre como sulfuro mayor a 0,3 % en peso. No obstante, la lixiviación de metales también puede ocurrir en ausencia de azufre como sulfuro, debido a la disolución de sulfatos que contienen ácidos y metales almacenados. Los materiales con estos sulfatos solubles representan una pequeña porción del desmante. Se llevaron a cabo cálculos de agotamiento para el azufre como sulfuro y el PNCa. Las



duraciones del agotamiento oscilan entre aproximadamente uno y treinta años para el azufre como sulfuro y de <1 a aproximadamente cuatro años para el PNca.

4.6.3. MANEJO DEL DESMONTE Y PRONÓSTICOS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA

Tomando como base los resultados del programa de caracterización geoquímica, se estableció el contenido de azufre total de 0,1 % en peso como el criterio de identificación y segregación de materiales NGA y PGA. Este límite es ambientalmente conservador debido a lo siguiente:

- Favorece un bajo contenido de sulfuros, que limitará el DAR futuro, considerando un PN bajo o inexistente.
- Favorece un bajo contenido de sulfatos y LM, que limitará las cargas por infiltración y escorrentía.

Tomando como base el valor límite del azufre total de 0,1 (% en peso), se pronostica que aproximadamente el 52% del desmonte será NGA. Las masas en toneladas de NGA y PGA se resumen en la Tabla C5-4.

Tabla C5-4 Masa de Desmonte NGA y PGA en Toneladas

Litología	Tonelaje de NGA (toneladas < 0,1 % en peso de azufre total)	Tonelaje de PGA (toneladas = 0,1 % en peso de azufre total)	Tonelaje total (toneladas)
Areniscas	46 900 000	32 200 000	79 100 000
Roca volcánica	15 500 000	22 500 000	38 000 000
Esquistos de barro	5 100 000	4 800 000	9 900 000
Esquistos de barro carbonácea	1 900 000	4 700 000	6 600 000
Carbón	1 800 000	1 700 000	3 500 000
Depósito coluvial	4 000 000	3 100 000	7 100 000
Esquistos de barro Chicama	100 000	100 000	200 000
Total	75 300 000	69 100 000	144 400 000

Fuente: Elaboración propia

Se pronostica que el tajo abierto tendrá una superficie de roca expuesta de aproximadamente 1,8 millones de metros cuadrados (Mm²). Tomando como base el valor límite del azufre total de 0,1 % en peso, aproximadamente 40% es material NGA y 60% es material PGA (Tabla C5-5). La comparación de las litologías con la distribución de azufre total indica que los materiales con contenido de azufre se concentran a lo largo de los límites de las litologías y son mayores hacia el centro del tajo, observándose los mayores valores de azufre total en la porción sur del tajo.

Se construirá la infraestructura minera para mitigar los efectos potenciales de las aguas ácidas y de los metales asociados generados por los desmontes PGA. La



Tabla C5-6 presenta los tonelajes NGA y PGA estimados por litología, así como sus respectivos destinos. La roca NGA se dispone en el botadero de desmonte oeste (BDO), el botadero de desmonte este (BDE) y el tajo abierto, mientras que la roca PGA se dispone en el BDE y el tajo abierto. El corolario más importante de este enfoque de segregación de desmonte es que la roca PGA no estará en el BDO.

Tabla C5-5 Contenido de Azufre del Tajo Abierto por Área de Superficie

Rango de Azufre Total (%)	% Área de la Superficie Total del Tajo Abierto	Área de Superficie Estimada (m ²)
<0,1	37,6%	684 485
0,1 a 0,2	17,4%	317 136
0,2 a 0,3	7,2%	132 018
0,3 a 0,4	5,4%	99 218
0,4 a 0,5	4,4%	79 689
0,5 a 1,0	14,7%	267 713
1,0 a 5,0	12,1%	221 418
>5,0	1,1%	20 915
Total	100,0%	1 822 592

Fuente: Elaboración propia

Tabla C5-6 Tonelajes Estimados de Materiales NGA y PGA por Litologías y Destino

Litología del Desmonte	Tonelaje (Mt)		
	NGA	PGA	Total
Areniscas	46.9	32.2	79.1
Roca volcánica	15.5	22.5	38.0
Esquistos de barro	5.2	4.9	10.1
Esquistos de barro carbonáceos	1.9	4.7	6.6
carbón	1.8	1.7	3.5
Depósito coluvial	4.0	3.1	7.1
Total	75.3	69.1	144.4
Destino			
BDE	3.1	44.6	47.7
BDO	68.1	0.0	68.1
Relleno en el tajo	4.1	24.5	28.6
Total	75.3	69.1	144.4

Fuente: Elaboración propia

Se estiman las calidades de agua de infiltración para materiales NGA y PGA utilizando un método de balance de masa y un modelamiento geoquímico de equilibrio, e incorporando, las relaciones estimadas de agua a roca y las cargas de masa obtenidas en las pruebas de celdas de humedad. La Tabla C5-7 presenta las cargas resultantes de las rocas volcánicas y areniscas NGA y PGA, así como las cargas compuestas para el BDO y el BDE.



Tabla C5-7 Cargas Pronosticadas por Litología y por Botaderos de Desmante (todos los valores en mg/kg/semana)

Parámetro	BDO			BDE		
	Arenisca	Roca volcánica	Compuesto	Arenisca	Roca volcánica	Compuesto
Al	0,005	0,004	0,010	0,057	0,480	0,537
As	0,025	0,007	0,032	0,019	0,035	0,054
Ba	0,037	0,003	0,041	0,017	0,006	0,023
Ca	0,034	0,753	0,787	0,058	0,039	0,097
Cd	0,002	0,002	0,004	0,002	0,001	0,003
Cu	0,003	0,0001	0,003	1,9	0,078	1,972
Co	0,0002	0,00003	0,0002	0,001	0,017	0,017
Cr	0,0003	0,0001	0,0004	0,0005	0,006	0,007
Fe	0,017	0,005	0,022	0,1275	20	20
Hg	0,0004	0,0001	0,0005	0,0003	0,0002	0
K	0,08	0,02	0,1	0,049	0,048	0,097
Mg	0,007	0,020	0,027	0,006	0,013	0,019
Na	0,03	0,083	0,113	0,022	0,025	0,047
Ni	0,002	0,0001	0,002	0,01	0,028	0,038
Se	0,002	0,001	0,002	0,005	0,002	0,007
SO ₄ ⁻²	2,1	0,05	2,1	7,1	60	60
Zn	0,007	0,0004	0,007	0,02	0,047	0,067

Fuente: Elaboración propia

Los pronósticos sobre la calidad del agua se desarrollan para varias descargas en diversas instalaciones de la mina: escorrentía del tajo, infiltración y escorrentía de la pila de material, e infiltración y escorrentía del botadero de desmante este y del botadero de desmante oeste. La calidad de las aguas resultantes muestra un amplio rango de composiciones, dependiendo de las características geoquímicas de los materiales presentes en las diversas instalaciones del Proyecto, como se ilustra en la Tabla C5-8.

Las predicciones resultantes sobre la calidad del agua presentan cierto grado de incertidumbre debido a la incertidumbre relacionada con la representatividad del conjunto de datos disponible, el uso de las pruebas de laboratorio para simular instalaciones a gran escala, el uso de factores de escala y de las constantes termodinámicas. Sin embargo, las predicciones funcionan como una herramienta útil que contribuye en el planeamiento de la mina y del desarrollo de estrategias de mitigación. Se puede lograr mejoras en los pronósticos actuales de calidad de agua mediante el monitoreo adicional de las celdas de humedad, la instalación de celdas en el campo, la caracterización adicional del desmante y del mineral y finalmente, del monitoreo del desempeño real de las diversas instalaciones del Proyecto.



Tabla C5-8 Pronóstico de los Estimados de Calidad del Agua

Parámetro (mg/l)	Escorrentía del Tajo		Pilas del Mineral		BDE		BDO	
	“Pobre” (PGA)	“Mejor” (NGA)	Infiltración (PGA)	Escorrentía (PGA)	Infiltración (PGA)	Escorrentía (NGA)	Infiltración (NGA)	Escorrentía (NGA)
Al	4,1	1,2	4,1	4,1	4,1	1,4	1,2	0,27
As	0,08	<0,01	0,08	0,08	0,08	0,01	<0,01	0,002
Ba	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	0,05
Ca	6,1	90	6,1	6,1	6,1	2,9	90	11
Cd	0,2	<0,0001	0,2	0,2	0,2	0,02	<0,0001	0,001
Cu	22	0,23	22	22	22	2,2	0,23	0,02
Co	1,1	<0,0003	1,1	1,1	1,1	0,11	<0,0003	0,005
Cr	0,4	<0,001	0,4	0,4	0,4	0,05	<0,001	0,004
Fe	2,0	0,005	2,0	2,0	2,0	0,5	0,005	0,83
Hg	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
K	<0,3	10	<0,3	<0,3	<0,3	1,3	10	1,7
Mg	1,2	3,1	1,2	1,2	1,2	1,6	3,1	2,6
Na	1 600	17	1 600	1 600	1 600	170	17	4
Ni	2,4	0,21	2,4	2,4	2,4	0,2	0,21	0,02
Se	0,4	<0,005	0,4	0,4	0,4	0,04	<0,005	0,001
SO ₄ ⁻²	3 600	233	3 600	3 600	3 600	390	233	46
Zn	4,2	0,80	4,2	4,2	4,2	0,4	0,80	0,09

Fuente: Elaboración propia

4.7. AGUAS SUPERFICIALES “HIDROLOGIA”

4.7.1. INTRODUCCIÓN

Esta sección del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Minero Alto Chicama presenta las condiciones de línea base y el análisis de impacto ambiental en las aguas superficiales, que incluye la cantidad del agua (flujo) y la calidad del agua.

Los estudios de línea base en las Áreas de Estudio Local y Regional (AEL y AER) incluyeron:

- La recolección de datos sobre el clima, el flujo, la calidad del agua e hidrología.
- Análisis de los datos regionales sobre el clima y aguas superficiales.
- Obtención de información sobre los usos del agua que pueden afectar el flujo y la calidad del agua superficial.
- Consultas con los grupos de interés y las entidades reguladoras sobre los aspectos de la cantidad y calidad del agua.

Las condiciones de línea base se describen en el ítem 4.7.2. Se presenta información más detallada sobre los datos de flujo y del monitoreo meteorológico, los datos sobre la calidad del agua y los datos sobre agua subterránea en.



El alcance de la evaluación del impacto del Proyecto Alto Chicama incluye la determinación de:

- Probables interacciones (enlaces) entre el Proyecto Alto Chicama y el ambiente durante la construcción, operaciones, cierre y post-cierre;
- Medidas de mitigación para evitar o reducir los impactos en el ambiente;
- Los efectos residuales que subsisten después de la mitigación; y
- Los requerimientos para el monitoreo.

La evaluación de impacto está estructurada dentro del marco de diversas “preguntas clave. Las respuestas a estas preguntas constituyen la base para el EIA. Estas preguntas clave se desarrollan en más detalle en el ítem 4.8

4.7.1.1. ÁREAS DE ESTUDIO

Las áreas de estudio para la evaluación de impacto sobre las aguas superficiales siguieron las áreas desarrolladas para otras disciplinas ambientales. Se delimitó el AEL y el AER (Figura C1-3) en base a las áreas de influencia previstas del Proyecto.

4.7.1.2. CUENCAS

El área del Proyecto está situado en las nacientes de dos cuencas: el Río Chuyuhual, que drena al Océano Atlántico a través del sistema del Río Amazonas, y el Río Perejil, que drena al Océano Pacífico (mapaC1-3).

La mayor parte de la infraestructura del Proyecto, incluyendo la mayor parte del área del tajo abierto, la pila de lixiviación y el botadero de desmonte este, estará situada en las nacientes del Río Chuyuhual (mapa C1-2). Ninguna infraestructura del Proyecto se situará en la cuenca de la Quebrada Caballo Moro, que está ubicada inmediatamente al sur del Proyecto. El mapa C1-2 muestra la ubicación de la distribución del Proyecto y los principales afluentes dentro de las cuencas del AEL.

La carretera de acceso principal (Carretera 10N) desde Trujillo hasta el Proyecto recorre en la mayor parte de su extensión la cuenca del Río Moche (mapa C1-3).



4.7.1.2.1. Río Chuyuhual

La mayor parte de la infraestructura del Proyecto, incluyendo la mayor parte del área del tajo abierto, el botadero de desmonte este, la pila de lixiviación y el campamento, se encuentra situada en las nacientes del Río Chuyuhual. Los principales afluentes del Río Chuyuhual, que drenan al lado este del área del Proyecto en el AEL, son la Quebrada Laguna Negra, la Quebrada Quishuara Sur, la Quebrada Quishuara Norte y la Quebrada Las Vizcachas (mapa C9-1). El área de la cuenca del Río Chuyuhual hasta la confluencia con la Quebrada Las Vizcachas es aproximadamente 43 km², en donde el Río Chuyuhual cubre aproximadamente 33 km² y la Quebrada Las Vizcachas, los restantes 10 km².

Existen dos lagunas importantes en la cuenca del Río Chuyuhual: Laguna Pozo Hondo, que constituirá la fuente de suministro de agua para el Proyecto, y Laguna Negra, que será una poza de colección del agua de escorrentía limpia proveniente del área (mapa C1-2).

El Río Chuyuhual fluye hacia el norte y luego vira al este hacia la confluencia con el Río Vado.

El pueblo de Sanagorán, ubicado en el límite norte del AER, está situado aguas arriba de la confluencia del Río Chuyuhual y el Río Vado. El área total de la cuenca del Río Chuyuhual hasta Sanagorán es aproximadamente de 279 km². Después de confluencia con el Río Vado, el río recibe el nombre de Río Condebamba, que luego confluye con el Río Chimín y el Río Cajamarca. Después de la confluencia con el Río Cajamarca, el río se llama Río Crisnejas, que fluye hacia el Río Marañón, un afluente del Río Amazonas.

4.7.1.2.2. Río Perejil

El Río Perejil drena el área oeste del Proyecto (mapa C1-2). La Laguna Callacuyán, en las nacientes del Río Perejil, constituye un importante reservorio de agua natural.

Un afluente importante del Río Perejil es el Río Negro. Se ha propuesto ubicar una porción del tajo y el botadero de desmonte oeste en la cuenca del Río Negro. En la confluencia con el Río Perejil, el área de drenaje del Río Negro es aproximadamente 10 km².



Aguas abajo de la confluencia cerca del Pueblo de La Victoria, el Río Perejil cambia de nombre a Río Alto Chicama (mapa C1-3). La Victoria está cerca del límite del AEL. El área de la cuenca del Río Perejil hasta La Victoria es aproximadamente 36 km².

El límite del AER del Proyecto Alto Chicama es el pueblo de Coina (Figura C1-3). El área de la cuenca del Río Alto Chicama hasta Coina es de 203 km². El Río Alto Chicama vira hacia el oeste y se convierte en el Río Chicama, que descarga al Océano Pacífico.

4.7.1.2.3. Quebrada Caballo Moro

La Quebrada Caballo Moro drena el área al sur del Proyecto (mapa C1-3). La Quebrada Caballo Moro se une al Río Tablachaca, que es un afluente del Río Santa que descarga al Océano Pacífico. No se ubicará ninguna infraestructura en la cuenca de la Quebrada Caballo Moro.

La Laguna Los Ángeles y la Laguna del Toro están situadas en las nacientes de la Quebrada Caballo Moro. La Laguna Los Ángeles es una fuente de suministro de agua para el pueblo de Quiruvilca y la mina de Panamerican Silver. Hay una estación de bombeo que extrae el agua de la Laguna Los Ángeles durante la época de estiaje y la entrega a la Laguna La Represa Nueva, desde donde el agua fluye por gravedad hacia el pueblo y a la mina, en la cuenca del Río Moche.

4.7.1.2.4. Río Moche

La cuenca del Río Moche se encuentra ubicada al oeste del AEL. La carretera de acceso principal (Carretera 10N, que conecta Trujillo con Quiruvilca y Huamachuco) se ubica principalmente en la cuenca del Río Moche. Ninguna de las instalaciones de la mina estará ubicada en la cuenca del Río Moche. El Río Moche será afectado solamente por los impactos relacionados con el corredor de transporte hacia el Proyecto. El Río Moche drena al Océano Pacífico.

4.7.1.3. INSTALACIONES DEL PROYECTO

El Proyecto comprenderá la explotación del mineral del tajo abierto y la extracción de oro de las pilas de lixiviación. Las instalaciones principales del Proyecto incluirán un tajo abierto, la pila de lixiviación, los botaderos de desmonte este y oeste, la pila de material sulfuroso y carbonoso, las áreas de préstamo, las canteras, el



campamento, las pozas de sedimentación este y oeste, instalaciones para el proceso, dos plantas industriales de tratamiento de aguas y poza de limpieza (mapa C1-2).

La mayor parte de las instalaciones del Proyecto, incluyendo la mayor parte del tajo abierto, la pila de lixiviación, el campamento, la pila de mineral sulfuroso y el botadero de desmonte este (BDE), se encontrará ubicada en la cuenca del Río Chuyuhual. La poza de sedimentación oeste y el botadero de desmonte oeste se encontrarán en la cuenca del Río Negro, que descarga al Río Perejil. Se propone ubicar un área de préstamo en las riberas al norte del Río Perejil, en la parte occidental del Proyecto.

Se proponen tres ubicaciones de descarga de efluentes en la cuenca del Río Chuyuhual: la poza de sedimentación este, la poza de limpieza y la planta de tratamiento de las aguas servidas del campamento. Se propone una ubicación de descarga en la cuenca del Río Negro, la poza de sedimentación oeste. No se han propuesto obras del Proyecto o descargas de las aguas superficiales para la cuenca de la Quebrada Caballo Moro.

4.7.2. CONDICIONES DE LÍNEA BASE

Esta sección describe las condiciones de línea base para las aguas superficiales. También se describen los métodos utilizados para recolectar y analizar los datos. La información presentada en esta sección sirve como fundamento para evaluar los impactos del Proyecto en el ambiente de las aguas superficiales, y se derivó de lo siguiente:

- Línea base de hidrología.
- Línea base de calidad del agua.
- Línea base social.
- Línea base de la fisiografía (Cap II).
- Línea base de hidrogeología.

Estos informes contienen un estudio más detallado de las fuentes de datos, las metodologías, los procedimientos y resultados analíticos.



4.7.2.1. USO DEL AGUA

En línea base social se presenta un estudio amplio del uso del agua (SCG 2003b).

Existen muchas fuentes de agua para el uso doméstico a través de las tres cuencas en el AER.

La mayoría de los residentes de la cuenca del Río Perejil obtiene el agua para uso doméstico de los afluentes del Río Perejil. La cuenca del Río Chuyuhual posee muchos manantiales naturales, que en gran parte suministran agua para uso doméstico. El agua del Río Chuyuhual y de sus afluentes también se utiliza para el suministro doméstico. La gente en la Quebrada Caballo Moro depende con mayor probabilidad, el agua del canal de irrigación. Sólo se dispone de servicios sanitarios en Coina.

El pueblo de Quiruvilca emplea las aguas superficiales de la Laguna Los Ángeles, ubicada en la cuenca de la Quebrada Caballo Moro, tanto para la mina como para el uso doméstico en el pueblo durante la época de estiaje.

El acceso a los recursos hídricos es importante para el sustento de la irrigación en las cuencas del Perejil, del Chuyuhual y de la Quebrada Caballo Moro. Los ríos alimentan los canales que utilizan la gravedad para dirigir el agua hacia los terrenos individuales. Los grupos de usuarios (Comités de Regantes) mantienen y manejan el sistema.

La Tabla C9-1 presenta ciertos datos en los sistemas de irrigación en uso en las tres cuencas.

En todos los casos, la cantidad real de tierra en irrigación es muy pequeña en relación con el tamaño de las cuencas. Sin embargo, esta tierra proporciona la mayor parte del suministro de alimentos en estas cuencas. Definitivamente, el Río Perejil tiene el sistema más grande de todos, y la mayor cantidad de tierra en irrigación. En la cuenca del Río Perejil, la población depende más del agua del río que en la cuenca del Río Chuyuhual, a pesar de que la calidad del agua del Río Perejil muestra evidencia de impactos debido a la explotación de carbón.



Tabla C9-1 Uso del Agua en el Área de Estudio Regional

	Río Perejil	Río Chuyuhual	Quebrada Caballo Moro
Tierra irrigada (ha)	1 668	173	451
Tierra irrigada (% del total de la cuenca ^(a))	8,2	0,6	6,2
Número de usuarios del agua	750	146	120
Longitud de los canales (km)	61,0	22,6	19,3
usuarios (por km)	12,3	6,4	6,2
Tierra irrigada por usuario (ha)	2,2	1,2	3,8

(a) En base a las fronteras de la cuenca en el AER (es decir, en Sanagorán, Coina y Llaray)

Fuente: Elaboración propia

La calidad del agua de estos cursos de agua afecta los usos del agua y se analiza en el ítem 4.7.2.4.

4.7.2.2. CLIMA Y METEOROLOGÍA

El registro meteorológico recolectado en el área del Proyecto durante el periodo comprendido desde abril del 2015 hasta marzo del 2016 fue el más apropiado para la caracterización de las condiciones climáticas.

El promedio anual de la temperatura diaria en el área del Proyecto fue 4,8°C. Los datos de la temperatura del aire muestran pequeñas fluctuaciones estacionales. El mes más caluroso fue febrero del 2016, con una temperatura diaria promedio de 5,6°C; el más frío fue julio del 2015, con una temperatura diaria promedio de 4,2°C. Los vientos predominantes en el área del Proyecto provienen del noreste. El promedio observado de la velocidad del viento en el área del Proyecto (Estación ESTM-01) fue 16,9 km/h o 4,7 m/s. La mayor velocidad del viento de 51,1 km/h (14,2 m/s) se observó a mediados de setiembre del 2015. El promedio anual de humedad diaria relativa en ESTM-01 fue 80%.

Las condiciones de las lluvias se caracterizaron empleando los registros del pluviómetro de Shorey para el periodo entre 1964 y 2015. El promedio anual de lluvias fue 1 439 mm. La lluvia diaria máxima en un periodo de retorno de 100 años se estimó en 64 mm. La precipitación diaria máxima probable se estimó en 198 mm. La evaporación de las aguas superficiales (evaporación de laguna) se estimó en base a los datos regionales de la evaporación en bandeja de las minas cercanas y las estaciones del SENAMHI. El promedio anual de evaporación de las lagunas se estimó en 700 mm/año.



4.7.2.3. CANTIDAD DEL AGUA

Esta sección proporciona un breve resumen de las condiciones del flujo de línea base (cantidad del agua) en los cursos del Proyecto Minero Alto Chicama. El análisis detallado de los resultados presentados en este documento se proporcionan en un documento separado Anexo, en el informe de hidrología de línea base; los datos del flujo base se presentan en el informe de monitoreo de flujo base.

Las mediciones del flujo en el sitio, que se resumen en la Tabla C9-2, se compararon los datos del flujo y del clima de la región para derivar las características del flujo de los cursos en Alto Chicama. Las características del flujo mensual promedio y del flujo anual promedio se derivaron de los registros de flujos in situ, de los registros de las lluvias in situ y los registros anteriores de las lluvias en Shorey. Los valores promedio derivados de escorrentía anual se resumen en la Tabla C9-3, que también presenta el balance anual del agua de la cuenca.

Los índices mensuales promedio de escorrentía (Tabla C9-4, diagrama C9-2) se derivaron a partir de los flujos anuales estimados y la distribución representativa mensual del flujo.

Las condiciones de flujo bajo se evaluaron en base a las mediciones en el sitio. Las características estadísticas del flujo durante la época de estiaje se evaluaron empleando los registros de flujo de la estación de monitoreo regional de flujo del Río Namora en la Bocatoma de Namora. Las características del flujo de la época de estiaje se derivaron para diversas duraciones y periodos de retorno. El índice promedio de escorrentía durante la época de estiaje en el Río Chuyuhual y el Río Negro se estimó aproximadamente en 2 l/s/km^2 (5 mm/mes). En las sub-cuencas pequeñas en las nacientes del Río Chuyuhual, los flujos de la época de estiaje observados en el año 2002 fueron menores, aproximadamente de $0,5 \text{ l/s/km}^2$ a 1 l/s/km^2 , lo cual es consecuente con los suelos de permeabilidad baja y la roca predominante en aquellas sub-cuencas. Para los fines del EIA, las diferencias en las condiciones hidrogeológicas entre las sub-cuencas pequeñas se consideran insignificantes, y se aplica un estimado del flujo de la época de estiaje de 2 l/s/km^2 en toda el área del Proyecto.

Las características de flujo máximo se derivaron empleando el modelo hidrológico. La cantidad máxima de escorrentía (rendimiento en la cuenca) para periodos de



duración desde 1 hasta 120 días se derivó del correspondiente volumen-duración frecuencia valores de lluvias utilizando los coeficientes de escorrentía.

Se estimaron los siguientes estimados de flujo se derivaron para la cuenca del Río Chuyuhual.

- Promedio anual de la cantidad máxima de escorrentía: 600 l/s/km².
- Cantidad máxima de escorrentía en 100 años: 2 000 l/s/km².

Los flujos en 12 ubicaciones clave alrededor del área se derivaron en base a las áreas de las cuencas y las cantidades de escorrentía (Tabla C9-4 y diagrama C9-2). Estas áreas se utilizan más adelante en el estudio para evaluar la interacción potencial (de la “A” a la “G” en el mapa C9-3) con el Proyecto en las aguas superficiales.

**Tabla C9-2 Resumen del Monitoreo del Flujo del Área de Estudio Local
Flujos Medidos**

	Estación	Área de Drenaje (km ²)	Evaluación de la Escorrentía durante los Meses de Estiaje – Mediciones Puntuales de Flujo y Estudio del Flujo Base					Escorrentía durante los meses de lluvias – Monitoreo de Flujo Continuo				
			Flujos Promedios Mensuales (l/s)			Flujos Medidos Mínimos		Estudio de Flujo Estación Base en Set 2015	Flujos Mensuales Promedio, m ³ /s			
			Jul 02	Ago 02	Set 02	l/s	Fecha		l/s	Dic 02	Ene 03	Feb 03
Lluvias (mm)			13	1	28				166	122	158	210
Cuerpo de Agua												
Río Chuyuhual aguas abajo de Las Vizcachas	SW CH-60	43	159	95	85	63	10 Oct 15	-	-	-	-	-
Río Chuyuhual aguas arriba de Las Vizcachas	SF CH-60	33	No/M					36,4	1,46	0,74	1,45	1,41
Río Negro	SW RN-60	9,8	44	21	7,0	2, 4	2 Set 15	4,8	0,33	0,25	0,52	0,42
Quebrada Las Vizcachas	SW VZ -60	9,7	50	28	22	15,6	13 Set 15	No/M	0,28	0,17	0,40	0,34
Quebrada Laguna Negra	SW QN-40	8,1	12	4,1	2,5	0,9	10 Oct 15	1,4	-	-	0,32	0,34
Río Perejil	SW PE-20	1,7	7,5	6,3	5,0	4,3	2 Set 15	4,0	-	-	-	-
Quebrada Quishuara Sur	SW QA-30	1,1	1, 0	0,4	0,2	0,1	24 Set 15	0,0	-	-	-	-
Quebrada Quishuara Norte	SW QA-20	1,1	1, 1	0,5	0,3	0,2	18 Set 15	3,4	-	-	-	-
Río Moche	BF RM-30	248	No/M					216	-	-	-	-
Quebrada Caballo Moro	BF CM-10	16,3	No/M					13,5	-	-	-	-

No hay medición= No/M
- = Sin estaciones continuas de flujo

Fuente: Elaboración propia

Tabla C9-3 Balance Anual de la Cuenca

Condiciones	Lluvia Anual (mm)	Escorrentía Anual		Evapotranspiración Real Anual (mm)	Coeficiente de Escorrentía Anual
		mm	l/s/km ²		
100 años – seco	941	448	14	493	0,48
20 años – seco	1 061	548	17	513	0,52
Promedio	1 439	870	28	569	0,60
20 años – húmedo	1 894	1 301	41	593	0,69
100 años – húmedo	2 136	1 457	46	678	0,68

Fuente: Elaboración propia



Tabla C9-4 Promedio Mensual de Cantidades de Escorrentía

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
(escorrentía, l/s/km ²)	38	52	52	41	20	9	5	7	19	34	28	30

Fuente: Elaboración propia

4.7.2.4. CALIDAD DEL AGUA

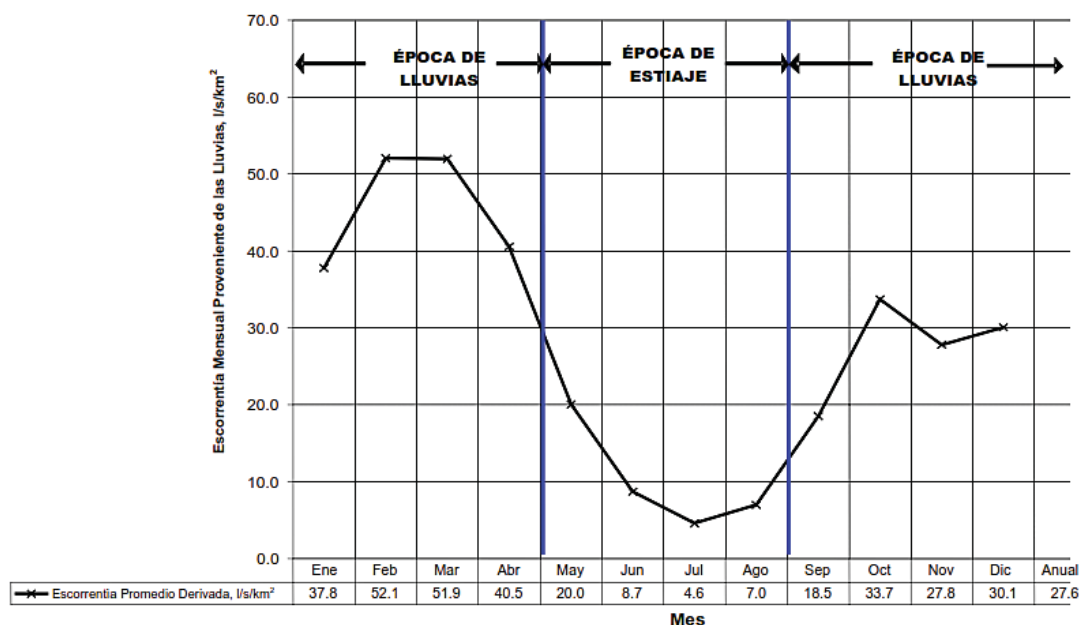
Esta sección describe los límites máximos permisibles (LMP) de descarga, el sistema de clasificación de usos de agua y la calidad del agua en las cuencas del Río Perejil y Río Negro, Río Chuyuhual, Quebrada Caballo Moro y Río Moche en base a Golder (2003g). Los resultados se obtuvieron de las estaciones de monitoreo en el AEL (mapa C9-4) y en el AER (mapa C9-5).

4.7.2.4.1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

A continuación se analizan los estándares y guías ambientales. Los Límites Máximos Permisibles de Descarga para Actividades Mineras-Perú (Resolución Ministerial No. 011-96-EM/VMM), conocidos como LMP, son las concentraciones que debe cumplir cualquier descarga líquida de una mina, sin consideraciones de volumen de la descarga ni condiciones de los cuerpos de agua receptores. Asimismo, el cianuro también se compara con los valores de cianuros disociables con ácidos débiles o WAD (0,5 mg/l) y los valores de cianuro libre (0,022 mg/l) del código de manejo del International Cyanide Management Institute (ICMI 2002).



Diagrama C9-2 Escorrentía Mensual Promedio Derivada en el Alto Chicama



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla C9-5 se encuentra la lista de límites Máximos Permisibles de Descarga para Actividades Mineras.

Tabla C9-5 Límites Máximos Permisibles de Descarga para Actividades Mineras- Perú

Parámetro	Valor Máximo ^(a)	Valor Medio Anual ^(a)
pH	> 6 y < 9	> 6 y < 9
sólidos en suspensión (mg/l)	50	25
plomo (mg/l)	0,4	0,2
cobre (mg/l)	1,0	0,3
zinc (mg/l)	3,0	1,0
hierro (mg/l)	2,0	1,0
arsénico (mg/l)	1,0	0,5
cianuro total (mg/l) ^(b)	1,0	1,0

(a) Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM

(b) Cianuro Total, equivalente a 0,1 mg/l de cianuro libre y 0,2 mg/l de cianuro WAD

Fuente: Elaboración propia

Los estándares de calidad ambiental provienen de la Ley General de Aguas (Decreto Ley 17752) y se denomina LGA. La Ley General de Aguas establece los estándares de calidad ambiental. En el presente informe la palabra “estándar” se usará para designar los valores establecidos por la Ley General de Aguas. Estos estándares se utilizan como referencia con respecto a las aguas receptoras potencialmente afectadas por el Proyecto. Después de una zona de mezcla



determinada, las concentraciones deben ser menores que las estipuladas en la Ley General de Aguas.

En la Tabla C9-6 se resume los estándares para estos usos del agua. Las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el agua potable y las del Internacional Cyanide Code se utilizan igualmente para evaluar los impactos en la calidad de agua debidos al Proyecto. Los lugares de evaluación deberán ubicarse aguas arriba de los primeros usuarios.

Los impactos potenciales al oeste del Proyecto se evalúan en la estación SWRN-60, ubicada cerca de la desembocadura del Río Negro. Los impactos potenciales al este del Proyecto se evalúan en la estación SWCH-50, ubicada en el Río Chuyuhual.

Los estándares de la Ley General de Aguas para níquel y nitrato son de especial interés. Los estándares para estos componentes son menores que en otras jurisdicciones y de los organismos internacionales. Por ejemplo, el uso I de la norma peruana (uso doméstico) del níquel es 0,002 mg/l, mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS) determina un valor guía para agua potable un orden mayor en magnitud en 0,02 mg/l. Para Uso I la norma peruana (uso doméstico) establece un valor de nitrato de 0,01 mg/l-N, mientras que el valor guía para agua potable de la OMS es: 11,3 mg/l. Para fines del EIA, los valores guía de la OMS para agua potable se usan tanto para níquel como para nitrato mostrándose los valores de las leyes peruanas como referencia.

Tabla C9-6 Calidad del Agua Según los Estándares de Calidad del Medio Ambiente y Guías de la OMS para Agua Potable

Parámetro	Unidad	Perú- Uso I ^(a) Uso doméstico con desinfección simple	Agua Potable- OMS ^(b)	Perú- Uso III ^(a) Agua de riego para el consumo de vegetales crudos y agua para animales	Perú- Uso IV ^(a) Preservación de Fauna Acuática y Agua de uso Comercial y Pesca Recreativa
Parámetros Generales					
Sólidos Totales en Suspensión (STS)	mg/l	-	-	-	-
sulfato	mg/l	-	250 ^(d) -500 ^(d)	-	-
cianuro (total)	mg/l	-	0.07	-	-
Metales					
aluminio	mg/l	-	0.2 ^(g)	-	-
arsénico	mg/l	0.1	0.01 ⁽ⁱ⁾	0.2	0.05
cobre	mg/l	1.0	2 ^(j)	0.5	0.025 ^(d)
hierro	mg/l	-	0.3 ^(g)	-	-
níquel	mg/l	0.002	0.02 ⁽ⁱ⁾	(c)	0.025 ⁽ⁱ⁾
zinc	mg/l	5.0	3 ^(g)	25.0	1.03 ^(e)
Nutrientes					
nitratos (N)	mg/l	0,01	11.3 ^(j)	0.1	-

Fuente: Elaboración propia



- (a) Leyes Peruanas - D.L. No 17752 Ley General de Aguas.
 - (b) Organización Mundial de la Salud- Guías de Calidad del Agua Potable, 1996.
 - (c) No se han establecido guías ambientales. Provisionalmente, se aplicarán los Valores de Uso V, en caso se sospeche su presencia.
 - (d) Pruebas de Concentración Letal 50 (LC50) de 96 horas para multiplicarse por 0,1 (de la mina Antamina (1996)).
 - (e) Pruebas de Concentración Letal 50 (LC50) de 96 horas a multiplicarse por 0,02 (de la mina Antamina (1996)).
 - (f) En base a los criterios de vida acuática en aguas frescas del CCME (CCME 1999).
 - (g) No existen guías de salubridad: sin embargo, este nivel provoca protestas por parte de los consumidores.
 - (h) No existen guías de salubridad; sin embargo, es recomendable que las autoridades sean notificadas cuando las concentraciones alcancen estos niveles.
 - (i) Valor guía provisional.
 - (j) El valor guía es para el nitrato (como NO₃) como 50 mg/l (agudo).
- = No aplicable

Los estándares peruanos estipulan que los estándares de cobre, níquel, y zinc de Uso VI se determinen en base a pruebas de toxicidad específicas del sitio (generalmente, una vez que el cuerpo de agua receptor se haya clasificado). Con fines referenciales, se utilizan los valores obtenidos en Antamina para cobre y zinc, cuyos valores son 0,025 mg/l y 0,13 mg/l, respectivamente (CMA 1996). En la mina Antamina no se determinó valores para el contenido de níquel en agua fresca, de tal manera que se ha utilizado el valor más bajo para vida acuática en aguas frescas del Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente (CCME) el cual es 0,025 mg/l como referencia.

La OMS establece valores guías para agua potable para sulfato (250 mg/l a 500 mg/l) en base a factores estéticos y para cianuro total (0,07 mg/l).

Es importante notar que la línea base de calidad de aguas superficiales ha identificado que en algunos de estos lugares de evaluación. Algunos parámetros superan actualmente los estándares de la Ley General de Aguas desde antes de la ejecución del Proyecto Minero Alto Chicama. De este modo, los impactos en la calidad de agua no solamente se evaluarán en comparación con los estándares de la Ley General de Aguas sino también con las concentraciones relativas de las condiciones ambientales.

4.7.2.4.2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE USO DE AGUA

De acuerdo con el sistema de clasificación de los usos del agua establecido por la Ley General de Aguas, existen tres tipos de usos del agua que podrían ocurrir en las cuencas del Río Perejil, del Río Chuyuhual y de la Quebrada Caballo Moro en el AER, de la siguiente manera:

- Uso I – Suministro Doméstico con Desinfección Simple.



- Uso III – Ganado y Agricultura.
- Uso VI – Protección de la Fauna Acuática y Agua para la Pesca Recreativa.

Tabla C9-7 Condiciones del Flujo de Línea Base en las Ubicaciones Hidrológicas Seleccionadas (cont)

N° Est.	Río	Estación más Cercana de Monitoreo del Flujo/Calidad del Agua	Comentario	Área de Drenaje (Km ²)	Promedio Anual del Flujo de Línea Base Derivado (l/s)	Flujo de Línea Base Derivado de la Estación de Estiaje (l/s)
Cuenca del Río Chuyuhual						
1	Quebrada Laguna Negra en la desembocadura (confluencia con el Río Chuyuhual)	SFLN-40 y SWQN-40	Afluente del Río Chuyuhual Estación de flujo continuo	8,3	229	17
2	Quebrada Quishuara Sur en la desembocadura (confluencia con el Río Chuyuhual)	SWQA-30	Afluente del Río Chuyuhual	1,3	36	2,6
3	Quebrada Quishuara Norte en la desembocadura (confluencia con el Río Chuyuhual)	SWQA-20	Afluente del Río Chuyuhual	3,1	85	6,2
4	Quebrada Las Vizcachas en la desembocadura (confluencia con el Río Chuyuhual)	SFVZ-60	Afluente del Río Chuyuhual Estación de flujo continuo	9,7	268	19
5	Río Chuyuhual aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Quishuara Norte	SWCH-50	-	29	811	59
6	Río Chuyuhual aguas arriba de la confluencia con la Quebrada Las Vizcachas	SFCH-60	Estación de flujo continuo	33	911	66
7	Río Chuyuhual aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Las Vizcachas	SWCH-60	Límite del Área de Estudio Local	43	1 187	86
8	Río Chuyuhual en Sanagorán	SWCH-95	Límite del Área de Estudio Regional	279	7 700	558
Cuenca del Río Perejil						
9	Río Negro en la salida de la Poza de Sedimentación Oeste propuesta	SWRN-20		3,4	94	6,8
10	Río Negro en la desembocadura (confluencia con el Río Perejil)	SFRN-60 y SWRN-60	Estación de flujo continuo	9,8	270	20
11	Río Perejil en los límites del Área de Estudio Local (La Victoria)	SWPE-70	Límites del Área de Estudio Local	36	985	71
12	Río Alto Chicama en Coina en los límites del Área de Estudio Regional	SWPE-90	Límites del Área de Estudio Regional	203	5 603	406

Fuente: Elaboración propia

El Río Negro y los tramos superiores del Río Chuyuhual y sus afluentes no han sido clasificados para los fines del Proyecto. Indican que puede utilizarse la siguiente clasificación como referencia:

- Río Negro:



- Sólo un canal de irrigación, para el ganado y la agricultura.
 - Bagre presente sólo durante la época de lluvias;
 - Valor de pH bajo y presencia de metales traza debido a la existencia de minas artesanales;
 - Clase de referencia: Usos I y III.
- Río Chuyuhual
 - Irrigación para el ganado y agricultura.
 - Presencia de trucha arco iris y bagre.
 - Agua de calidad generalmente buena;
 - Clase de referencia: Usos I, III y VI.
 - Quebrada Caballo Moro
 - Suministro doméstico del agua de Laguna Los Ángeles;
 - Presencia de trucha en Laguna del Toro;
 - Irrigación para el ganado y agricultura;
 - Presencia de trucha arco iris y bagre;
 - Clase de referencia: Uso VI para la Quebrada Caballo Moro y la Laguna del Toro.
 - Uso I para la Laguna Los Ángeles.

En el Perú, un estándar de calidad ambiental (ECA) es la concentración de sustancias o parámetros biológicos, químicos y físicos en el agua que no representan un riesgo significativo para la salud pública o el ambiente. Estos estándares se estipulan para seis usos de agua en la Ley General de Aguas.

4.7.2.4.3. ANTECEDENTES

El AEL ha sido sometido a la explotación del carbón y al pastoreo del ganado durante muchos años, así como a la quema frecuente de pastizales para promover el crecimiento. En los alrededores del Proyecto, otras alteraciones existentes incluyen carreteras y trochas, así como deslizamientos localizados ocasionados por los caminos. Como se mencionó previamente (véase el ítem 4.7.2), el agua es captada de muchos de los cursos locales con fines de irrigación; incluso se transfiere desde la cuenca de la Quebrada Caballo Moro hasta la cuenca del Río Moche.



La influencia de la minería en los cursos de agua local en el área del Proyecto Alto Chicama se remonta a los tiempos pre-hispánicos. En el AEL, se han explotado minas de carbón, tanto a escala artesanal como industrial en las cuencas del Río Negro, Río Perejil y Río Chuyuhual durante los últimos 40 años.

Se hizo un inventario de los pasivos ambientales para documentar las minas abandonadas y existentes dentro del AEL. En las cuencas del Río Negro/Río Perejil, las actividades mineras se concentran en las áreas de La Victoria, Shulcahuanga, San Pedro, Tres Amigos y Callacuyán.

La mina Callacuyán, que fue operada por la Northern Perú Mining Company entre 1926 y 1931, es la instalación histórica más grande dentro del AEL. Esta mina inactiva se encuentra adyacente al campamento de exploración actual de Alto Chicama. La descarga de esta mina al Río Perejil se registró en 3 l/s hasta 7 l/s en setiembre del 2015.

Las actividades de las mineras existentes e históricas han tenido una influencia notable en la calidad del agua. El Río Perejil muestra niveles elevados de varios constituyentes que se relacionan con las descargas de las operaciones mineras de carbón, teniendo como consecuencia que los parámetros de calidad del agua actualmente superen los estándares de calidad del agua para el Uso I, Uso III y Uso VI. Sin embargo, las comunidades locales sí utilizan el agua para fines agrícolas y domésticos. A modo de comparación, las concentraciones de la mayoría de parámetros medidos de calidad del agua fueron inferiores en la cuenca del Río Chuyuhual.

4.7.2.4.4. CUENCAS DEL RÍO PEREJIL Y DEL RÍO NEGRO

La calidad del agua en la cuenca del Río Perejil se ha visto influenciada por las actividades existentes e históricas de la minería del carbón. Se observaron incrementos en la acidez y en las concentraciones de los iones principales y metales traza, aguas abajo de las minas de carbón abandonadas y activas. La descarga de la Mina Callacuyán (ubicación de monitoreo SWCC05) es responsable en gran medida del deterioro de la calidad del agua cerca de las nacientes del Río Perejil.

El pH del Río Perejil fluctúa entre ácido (pH ~ 2) a ligeramente alcalino (pH ~ 8). Los valores de pH en las nacientes de este río son ácidos (pH 2,2 a 3,9) como



resultado de la descarga ácida de la Mina Callacuyán. El pH del Río Perejil se incrementa entre el campamento de exploración actual y Huanchaco, la ubicación de monitoreo aguas abajo más alejada (SWPE-95), como resultado de la dilución y la neutralización.

La concentración de los sólidos totales disueltos (STD) en las nacientes del Río Perejil (SWPE-10) es baja (menos de 50 mg/l). Se observa un incremento repentino en los STD aguas abajo de la mina Callacuyán. Las concentraciones de STD en general disminuyen entre el actual campamento de exploración y La Victoria (SWPE-70). Se observa un incremento en los STD en los tramos inferiores entre La Victoria (SWPE-70) y Coina (SWPE-90), debido a la presencia de las minas de carbón en la cuenca. Las concentraciones promedio de sulfato en el Río Perejil siguen las mismas tendencias que los STD.

Las concentraciones de metales traza en la cuenca del Río Perejil son elevadas en las áreas afectadas por las minas de carbón. En el Río Perejil, se observan concentraciones detectables de aluminio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, plomo, manganeso, níquel y zinc, aguas debajo de la descarga de la Mina Callacuyán. Aguas abajo de la Mina Callacuyán, a medida que aumenta el pH del río, algunos metales como aluminio y hierro se atenúan mediante las reacciones de sorción y precipitación de los minerales. Sin embargo, entre La Victoria y Coina se observa un incremento en las concentraciones de metal, una consecuencia probable de las minas de carbón en los alrededores.

Las concentraciones de nutrientes en la cuenca del Río Perejil están enriquecidas en comparación con las otras tres cuencas. Las concentraciones de nitrato en el Río Perejil aumentan aguas abajo del campamento de exploración actual. Las concentraciones de nitrato promedio en la época de lluvias en el Río Perejil permanecen relativamente estables con concentraciones de 0,1 mg/l hasta 0,2 mg/l (como N). También se detectó amonio aguas abajo del campamento en concentraciones de 0,2 mg/l hasta 0,4 mg/l (como N). Estos niveles representan las concentraciones más altas de amonio registradas en el monitoreo de línea base. Las concentraciones promedio de coliformes totales en las nacientes del Río Perejil y del Río Negro son relativamente bajas, menos de 100 NMP/100 ml y aumentan de manera constante aguas abajo. Excepto por el tramo ácido del Río Perejil aguas abajo de la mina Callacuyán, todas las estaciones del Río Perejil reportan coliformes



totales y fecales que superan los estándares peruanos de calidad del agua. Los coliformes no están presentes en la descarga de la bocamina de la Mina Callacuyán, la Laguna Callacuyán y uno de los manantiales de suministro de agua para el campamento.

Los impactos de las actividades de las minas de carbón en las nacientes del Río Negro se reflejan en la calidad del agua en los tramos inferiores de este río. Igualmente, se observa una disminución en el pH a lo largo del Río Negro debido a una cantidad de descargas ácidas identificadas. Las concentraciones de metales traza en el Río Negro, que son generalmente bajas, también mostraron incrementos con la distancia aguas abajo. Las concentraciones de nitrato en el Río Negro generalmente son inferiores a 0,1 mg/l. La presencia de nitratos se debe a los desechos domésticos y del ganado no tratados que ingresan a los cursos de agua.

En base a los datos de monitoreo, la calidad del agua en esta cuenca frecuentemente supera los estándares estipulados para el Uso I (doméstico), Uso III (agrícola/ganado) y el Uso VI (protección de la vida acuática).

4.7.2.4.5. CUENCA DEL RÍO CHUYUHUAL

La cuenca del Río Chuyuhual incluye el tramo principal del Río Chuyuhual, con cuatro afluentes (Quebrada Laguna Negra, Quebrada Quishuara Sur, Quebrada Quishuara Norte y Quebrada Las Vizcachas) y dos lagunas (Laguna Pozo Hondo y Laguna Negra).

En base a los parámetros medidos, la calidad del agua superficial en la cuenca del Río Chuyuhual puede considerarse buena en términos generales. El pH promedio del Río Chuyuhual y sus afluentes monitoreados fluctúa entre 6 y 8. La Quebrada Las Vizcachas es una excepción, reportando un pH tan bajo como 4,4 durante el periodo de monitoreo de línea base. En la mayoría de estaciones de monitoreo, el pH promedio en la época de estiaje es ligeramente más alto que el pH promedio en la época de lluvias.

Las concentraciones de los STD de las aguas superficiales de la cuenca del Río Chuyuhual se encuentran generalmente por debajo de 100 mg/l. La Quebrada Laguna Negra es una excepción. Durante la época de estiaje, este afluente registró concentraciones de STD más altos que los otros afluentes del Río Chuyuhual, fluctuando aproximadamente entre 60 mg/l y 160 mg/l en SWQN-40. En términos



generales, los STD aumentan a lo largo del Río Chuyuhual de aguas arriba a aguas abajo; los STD en SWCH-95 también superan los 100 mg/l.

Las concentraciones de STD generalmente son más altas en la época de estiaje que en la época de lluvias.

Las concentraciones de metales traza disueltos en la cuenca del Río Chuyuhual son bajas, pero sí presentan frecuentemente algunos valores superiores a los estándares de la OMS (Tabla C9-6) para el agua potable (por ejemplo, aluminio, arsénico y hierro), principalmente restringidas a eventos de flujo alto. Otros metales traza en general presentan concentraciones bajas a no detectables con una tendencia común en aumento hacia el límite del AER en Sanagorán (SWCH-95).

Las concentraciones de nutrientes son bajas en la cuenca del Río Chuyuhual con concentraciones promedio de nitrato por debajo de 0,1 mg/l (como N) en todas las ubicaciones de monitoreo.

Las concentraciones de coliformes totales y fecales son las más altas en los tramos inferiores del Río Chuyuhual. Las concentraciones máximas de coliformes se presentan durante la época de lluvias. Las concentraciones de coliformes pueden mostrar un gran nivel de variabilidad (en órdenes de magnitud) en una única ubicación de muestreo. Los valores de coliformes totales y fecales superan los estándares peruanos para el uso del agua en todas las ubicaciones de monitoreo del Río Chuyuhual y sus afluentes asociados. Las concentraciones más bajas de coliformes en los afluentes ocurren en los tramos superiores de la Quebrada Las Vizcachas, debido a la mayor acidez de este río. Laguna Negra y Laguna Pozo Hondo reportan concentraciones bajas de coliformes durante la época de estiaje, fluctuando entre por debajo de los límites en detección y 4 NMP/100 ml. Las concentraciones máximas en la época de lluvias de coliformes totales y fecales fluctúan entre 30 NMP/100 ml y 50 NMP/100 ml, superando los estándares para el Uso I (doméstico). Los coliformes totales y fecales no están presentes en el manantial (SWOA-01) en la naciente de la Quebrada Quishuara Sur.

4.7.2.4.6. CUENCA DE LA QUEBRADA CABALLO MORO

El monitoreo de la calidad del agua en la Quebrada Caballo Moro se lleva a cabo en sus nacientes (SWCM-10) y en Llaray (SWCM-95). El monitoreo de la calidad del



agua también se realiza en dos lagunas situadas en las nacientes de la Quebrada Caballo Moro, Laguna Los Ángeles (SWLA-03) y Laguna del Toro (SWLT-05).

El pH de la Laguna Los Ángeles y la Laguna del Toro muestra grandes variaciones que fluctúan entre ácidas (pH ~ 4) y ligeramente básicas (pH de 7,8 hasta 8,6). Los sólidos totales disueltos, las concentraciones de nutrientes, los metales disueltos y totales de todas las ubicaciones de muestreo en la cuenca de la Quebrada Caballo Moro se presentan en niveles bajos.

Las concentraciones promedio de coliformes totales en la época de lluvias en la Quebrada Caballo Moro fluctúan entre 170 NMP/100 ml y 210 NMP/100 ml. La concentración máxima de coliformes totales medida en este río (800 NMP/100 ml) es menor que los niveles máximos registrados en las otras tres cuencas. Las concentraciones de coliformes totales generalmente están por debajo de los límites de detección en la Laguna Los Ángeles. No se han reportado valores superiores a los estándares para el Uso I para esta laguna. Los coliformes totales en la Laguna del Toro fluctúan entre por debajo de los límites de detección y 50 NMP/100 ml.

4.8. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS

4.8.1. INTRODUCCIÓN

Esta sección presenta la evaluación de los efectos pronosticados del Proyecto Alto Chicama en aguas superficiales, incluyendo la cantidad del agua, la calidad del agua y su uso. El objetivo del EIA es examinar las relaciones entre los trabajos y las actividades del Proyecto y sus efectos potenciales en el ambiente. Estas relaciones se manifiestan en el análisis de impacto en los diagramas de enlace, que proporcionan un medio para definir la interacción entre los componentes en el análisis de las preguntas clave. El análisis de estas interacciones permite la evaluación de los efectos en un contexto ecológico más amplio. El proceso reconoce que los efectos ambientales sólo pueden ocurrir cuando existe una interacción de las actividades del Proyecto con el ambiente.

Los impactos ambientales en las aguas superficiales se evalúan en términos de criterios cuantitativos y cualitativos de los impactos que se definen en el ítem 4.8.2.3. La significancia del impacto en esta evaluación se determina mediante una evaluación de la dirección, magnitud, extensión geográfica, duración, reversibilidad y frecuencia del efecto También se considera el grado de confianza depositada en los



datos y el análisis. El resultado es la determinación de las consecuencias ambientales del Proyecto en los recursos socioeconómicos o ambientales específicos.

El análisis de los impactos no evalúa los efectos del Proyecto Alto Chicama en el otro gran desarrollo en la región, la mina de PanAmerican Silver, ubicada 11 km al este del área del Proyecto Alto Chicama. Teniendo en cuenta que no existen descargas en la cuenca del Río Moche, y que el área de la naciente del Río Moche no será afectada por el Proyecto, no existen vías mediante las que el Río Moche podría verse afectado. Sin embargo, los impactos de diversas minas de carbón locales, industriales y artesanales existentes o históricas en el ambiente se consideran parte de las condiciones de línea base, y por lo tanto se las ha integrado en el análisis de los efectos. En este sentido, se consideran los efectos acumulativos del Proyecto y las alteraciones existentes.

El análisis de los impactos comprende cuatro pasos principales que se enumeran a continuación:

- El diagnóstico de aspectos (es decir, la identificación de actividades en todas las fases del Proyecto que podrían contribuir al cambio ambiental y al análisis de los enlaces potenciales).
- La identificación y la descripción de las medidas de mitigación para los efectos potenciales.
- El análisis y la caracterización de los impactos residuales.
- La identificación de los métodos de monitoreo para los impactos residuales.

4.8.1.1. DIAGNÓSTICO DE ASPECTOS

El propósito del diagnóstico de aspectos es:

- Identificar preguntas/problemas/aspectos que tiene la gente acerca de cómo el Proyecto podría afectarlos y/o al ambiente.
- Concentrarse en la evaluación.
- Asegurar que la evaluación brinde las respuestas expresadas con claridad.



En este EIA, los problemas antes mencionados se expresan como preguntas clave, las cuales constituyen la base de las investigaciones acerca de los impactos potenciales del Proyecto. El proceso de desarrollo de una lista de preguntas clave implica el desarrollo de una lista de todos los posibles aspectos relacionados con el Proyecto por medio de la consulta y la experiencia del equipo de evaluación. Luego, estos aspectos se perfeccionan en aspectos que son pertinentes para el Proyecto. Se trata todos los aspectos, y las medidas de mitigación apropiadas se incorporan al diseño del Proyecto, según se requiera.

A través de la consulta con los grupos de interés y las entidades reguladoras, y la revisión de las evaluaciones ambientales anteriores para el desarrollo de recursos en el Perú, se identificaron varios aspectos con respecto a los impactos potenciales del Proyecto en las aguas superficiales.

El impacto en las aguas superficiales es una de las inquietudes ambientales más importantes asociadas con las actividades mineras. En general, las inquietudes de los grupos de interés y las entidades reguladoras respecto a las aguas superficiales se centran en los usos del agua puesto que los usuarios del agua y la vida acuática aguas abajo pueden verse perjudicados por los cambios en la cantidad y calidad del agua como resultado de la construcción, operación y cierre del Proyecto.

En las cuencas que rodean al Proyecto, los principales usos del agua incluyen el doméstico, irrigación agrícola, agua para el ganado y la vida acuática. Los cambios en la cantidad del agua estarían asociados a incrementos en los flujos máximos y/o la reducción del caudal durante la época de estiaje. Los cambios en la calidad del agua están asociados a incrementos en algunos parámetros de la calidad del agua. A continuación se analizan las razones de estos cambios potenciales en la calidad y cantidad del agua.

Los cambios en los flujos pueden ocurrir como resultado de varios componentes del Proyecto² incluyendo: desviación de los flujos existentes, cambio de ruta del agua dentro o entre las cuencas, captura y control de la escorrentía de las aguas superficiales dentro del área de la mina, disminución de la napa freática debido al bombeo de las aguas subterráneas del tajo, alteración de la capacidad del agua

² Los componentes del Proyecto son trabajos y actividades en el Proyecto Minero Alto Chicama que pueden interactuar y producir un cambio en el ambiente en las aguas superficiales. Un ejemplo de los trabajos del Proyecto es la poza de limpieza. Como ejemplo de las actividades de un Proyecto, tenemos la construcción de carreteras



para recargar los acuíferos en el área de las instalaciones revestidas (pila de lixiviación y pozas de procesamiento), uso de los recursos de las aguas superficiales para el suministro del agua, y un aumento del flujo debido al desagüe del tajo.

Además, las actividades del Proyecto también podrían afectar la cantidad y la duración de los flujos estacionales en las cuencas adyacentes. Para una enumeración general de los diversos componentes del Proyecto durante el ciclo del mismo, junto con las ubicaciones de interacción.

Igualmente, existen conexiones con otros componentes ambientales incluyendo fisiografía y aguas subterráneas. Los cambios que afectan a estos componentes también pueden ocasionar cambios en la cantidad y/o calidad de las aguas superficiales y también en el uso del agua.

Los cambios potenciales en la calidad del agua también pueden ocurrir durante todas las fases del Proyecto (construcción, operaciones, cierre y post-cierre) como resultado de diversos trabajos y actividades del Proyecto incluyendo:

- La descarga del agua de proceso desde la poza de limpieza, que tiene el potencial de cambiar el pH e introducir sólidos disueltos, sulfato, dureza, metales traza y residuos de cianuro en el Río Chuyuhual;
- El drenaje de ácido de roca (DAR) proveniente de la intemperización de materiales con sulfuro tiene el potencial de afectar el ambiente acuático y el uso del agua.
- Los residuos sanitarios y domésticos tienen el potencial de afectar los cuerpos de agua receptores.
- Los residuos de voladura (por ejemplo, nitrato) proveniente del agua del tajo tienen el potencial de perjudicar la calidad del agua.
- La descarga del agua proveniente de la poza de sedimentación con niveles altos de STS.
- Los derrames de materiales peligrosos, aunque escasos, podrían tener un efecto perjudicial.

Los materiales de mayor preocupación son el petróleo diesel y las sustancias químicas, como por ejemplo, cianuro y nitrato de amonio (empleados en el



procesamiento del mineral y voladura). Los derrames podrían ocurrir a lo largo de la carretera principal de acceso o dentro del área del Proyecto.

- La sedimentación proveniente de la erosión, particularmente durante la construcción, tiene el potencial de aumentar los niveles de los sólidos en suspensión en los arroyos y lagunas locales;
- La transferencia de agua entre las cuencas y a través de ellas podría afectar la cantidad y calidad del agua (por ejemplo, añadir agua de buena calidad podría mejorar la calidad del cuerpo receptor).
- Las actividades de cierre para el manejo del agua podrían afectar la cantidad y calidad del agua.

Se formularon las siguientes preguntas clave sobre hidrología de las aguas superficiales (SWH) y calidad de las aguas superficiales (SWQ):

Pregunta Clave SWH-1: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en el caudal del río o los niveles del reservorio o de la laguna?

Pregunta Clave SWH-2: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en el suministro de agua para Quiruvilca?

Pregunta Clave SWQ-1: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en la calidad del agua en los cuerpos receptores?

Pregunta Clave SWQ-2: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en los niveles de sólidos en suspensión en los cuerpos receptores?

Las preguntas clave se explican con más detalle en los ítems 4.8.2., al 4.8.5.

4.8.2. Pregunta Clave SWH-1 Flujos de los Ríos y Niveles de las Lagunas y del Reservorio

La pregunta Clave SWH-1 es: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en los caudales de los ríos, los niveles del reservorio o de las lagunas?

Se analizaron varios componentes del Proyecto durante la construcción, operaciones, el cierre y post-cierre del Proyecto Alto Chicama para determinar si podrían ocasionar cambios en los flujos y en los niveles de las lagunas en el AER y



en el AEL. Algunos de los trabajos y actividades del Proyecto que podrían afectar las condiciones del flujo incluyen el desbroce del área, el desarrollo de la infraestructura, las transferencias de flujos y las desviaciones en la cuenca, la toma de agua del proceso, el desagüe del tajo y las descargas de las instalaciones del Proyecto hacia los cuerpos de agua receptores.

Los efectos en los caudales del río y en los niveles de la laguna y del reservorio se denominan, de manera colectiva, efectos en las condiciones hidrológicas.

Según se menciona anteriormente, la mayoría de los componentes del Proyecto se encontrarán situados en las cuencas del Río Perejil y del Río Chuyuhual. Por lo tanto, el análisis de la evaluación del impacto hidrológico se centró en las condiciones hidrológicas de estos dos cursos de agua.

4.8.2.1. EVALUACIÓN DE ENLACE

El propósito de la evaluación de enlace para la pregunta clave SWH-1 es identificar y analizar los efectos potenciales del Proyecto Alto Chicama en las condiciones hidrológicas de los cursos de agua adyacentes.

Se preparó un diagrama de enlace específico para la pregunta clave SWH-1 (diagrama C9-6). El diagrama C9-6 muestra los cambios ambientales en las condiciones de flujo y niveles de agua que podrían presentarse como resultado del desarrollo del Proyecto:

- a. Cambios en las condiciones de flujo máximo (impacto potencial negativo: aumento de las inundaciones).
- b. Cambios en las condiciones del caudal promedio anual y mensual.
- c. Cambios en las condiciones del flujo en la época de estiaje (impacto potencial negativo: reducción del flujo base).

Estos cambios hidrológicos potenciales se identifican como SWH-1a, SWH-1b y SWH-1c respectivamente, y se presentan como sub-preguntas de la Pregunta Clave SWH-1 en la siguiente sub-sección.

Enlace SWH-1a: Cambios en las Condiciones de Flujo Máximo (Incremento del Potencial de Inundación)

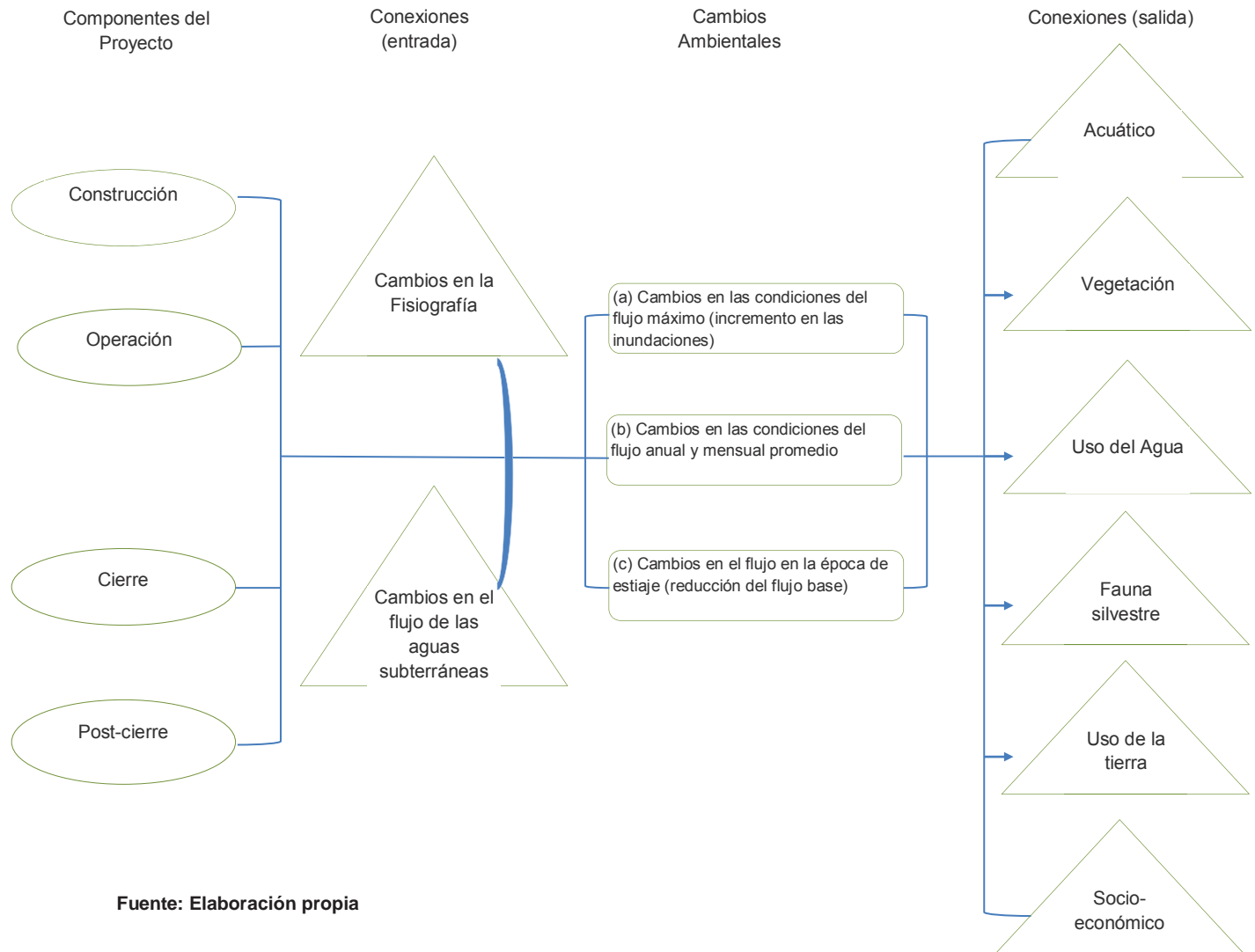


El incremento del potencial de inundaciones usualmente está asociado a dos componentes del Proyecto:

- a) El aumento en las cantidades máximas de escorrentía puede ser resultado de un cambio en el uso de la tierra. Los cambios en el uso de la tierra ocasionan un aumento en las inundaciones cuando se reemplazan las áreas naturales, permeables, con vegetación de la cuenca por áreas menos permeables (por ejemplo, carreteras, pavimento, áreas de estacionamiento y áreas de almacenamiento) o un área íntegramente impermeable (por ejemplo, techos de edificios y de servicios). La escorrentía máxima también puede incrementarse si se renivela la superficie del terreno de tal modo que aumenten las pendientes.
- b) El incremento del flujo podría ser resultado del incremento en el área de la cuenca, que tiene lugar como consecuencia de las desviaciones de flujo o cualquier otra actividad que cambie los límites del drenaje natural y aumenten el área de drenaje en el punto de interés. La descarga máxima normalmente es proporcional al área de drenaje.



Diagrama C9-6 Diagrama de Enlace de las Aguas Superficiales para la Pregunta Clave SWH-1



Fuente: Elaboración propia

A continuación se evalúan estos componentes del Proyecto.

Cambios en el Uso de la Tierra

Los cambios en el uso de la tierra que contribuyen potencialmente a las inundaciones representan un área pequeña en comparación con las cuencas en la salida del AEL. Por ejemplo, el área de las carreteras y de los techos de los edificios será insignificamente pequeña en comparación con las áreas de la cuenca. El aumento en la escorrentía de las áreas con alteraciones será compensado por diversas pozas que atenúan las inundaciones (por ejemplo, la poza



de sedimentación este, la poza de sedimentación oeste, la Laguna Negra, la poza de limpieza). El desarrollo del tajo abierto dará como resultado la atenuación de las inundaciones a medida que el agua de las lluvias se capturará en el tajo. Por lo tanto, el efecto neto del Proyecto sobre los flujos máximos debido al cambio en el uso de la tierra será probablemente una reducción más que un aumento.

En el caso del Proyecto, ubicado en un área remota, la inquietud de un aumento en las inundaciones es mínima, debido a la escasa población e infraestructura a lo largo los cursos de agua en el área. Como resultado, se consideró insignificante la probabilidad de aumento en los flujos máximos o inundaciones debido al cambio en el uso de la tierra y este componente del Proyecto se excluyó del análisis adicional.

Incremento de las Áreas de la Cuenca

En el Proyecto Minero Alto Chicama se construirán varias desviaciones en la cuenca. Teniendo en cuenta que el flujo máximo es por lo general directamente proporcional al área de la cuenca, se puede suponer que las desviaciones de flujo propuestas podrían afectar el potencial de inundaciones aguas abajo. Por lo tanto, se investigó posteriormente este componente del Proyecto.

Enlace SWH-1b: Cambios en las Condiciones del Flujo Anual y Mensual Promedio

El flujo anual promedio es una característica climática estable de un área relacionada con la precipitación y evaporación, que no será afectada por el Proyecto. Sin embargo, dos tipos de componentes del Proyecto podrían cambiar las condiciones del flujo promedio en ubicaciones específicas, a saber:

- Derivaciones en la cuenca utilizando canales y berma; de derivación.
- Derivaciones del flujo entre las cuencas mediante bombeo.

Ambos componentes del Proyecto (derivaciones de la cuenca y bombeo), tendrán lugar mientras dure el Proyecto. Por lo tanto, el flujo anual promedio podría potencialmente verse afectado por las derivaciones en la cuenca. En consecuencia, este enlace entre el Proyecto y el ambiente se consideró verosímil y se investigó posteriormente.



Enlace SWH-1c: Cambios en las Condiciones del Flujo en la Época de Estiaje (Reducción del Flujo Base)

Existen cuatro componentes del Proyecto que podrían afectar el flujo de la época de estiaje en los cursos de agua adyacentes. Dependiendo del componente del Proyecto y el periodo, el flujo en la época de estiaje puede aumentar o disminuir. El aumento del flujo en la época de estiaje se consideró un efecto positivo porque durante la época de estiaje el agua en el AER tiene una gran demanda. Por la misma razón, la reducción del flujo en la época de estiaje se consideró un efecto negativo.

Los siguientes componentes del Proyecto pueden afectar los flujos en la época de estiaje:

- El desagüe del tajo durante las operaciones y la subsiguiente inundación del tajo al momento del cierre;
- Las desviaciones de la cuenca y del flujo;
- La construcción de reservorios; y
- La construcción de revestimientos impermeables y aislamiento de porciones de las cuencas (por ejemplo, la pila de lixiviación con la poza de solución enriquecida y la poza de eventos de rebose).

Según lo antes mencionado, el enlace entre el Proyecto y el flujo en la época de estiaje se considera verosímil y requiere mayor investigación.

4.8.2.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Esta sección presenta los métodos utilizados para pronosticar las condiciones hidrológicas futuras. Las condiciones hidrológicas futuras pronosticadas se utilizan para evaluar el impacto y responder la pregunta clave SWH-1.

La evaluación hidrológica requiere la identificación de lo siguiente:

- Parámetros de comparación;
- Ubicaciones de evaluación; y
- Métodos técnicos de análisis y comparación.



Parámetros de Comparación

Los cambios en la cantidad del agua se miden en términos de los siguientes parámetros que cubren todo el rango de las condiciones del flujo, de alto a bajo:

- Flujos máximos (inundación);
- Flujos anuales y mensuales medios; y
- Flujos en la época de estiaje (flujos base).

Ubicaciones para la Evaluación

Se seleccionaron doce ubicaciones para la evaluación de los probables efectos de los cambios de la cantidad del agua en los cuerpos receptores como resultado del Proyecto. En la Figura C9-7 se muestran las cuatro más importantes y todos se muestran en la Figura C9-3. La Tabla C9-5 presenta una lista de todas las áreas.

Métodos de Pronóstico

En la medida posible, las condiciones hidrológicas futuras (el flujo máximo, los flujos medios mensuales y anuales y flujos en la época de estiaje) se pronosticaron de manera cuantitativa. Los pronósticos se sustentaron con el análisis físico de los cambios propuestos.

Flujos Máximos

Se empleó un método semi-cuantitativo para evaluar los aumentos potenciales en los flujos máximos como resultado del Proyecto. Se utilizaron los cambios en las áreas de cuenca para estimar los cambios en el flujo máximo. Este método asume que el flujo máximo en una ubicación determinada es proporcional al área de la cuenca. A partir de esta suposición se cree que los cambios en el flujo máximo están relacionados con los cambios en el área de la cuenca.

Flujos Anuales y Mensuales Medios

Se desarrolló un modelo de balance de agua para el área de Alto Chicama para calcular todos los flujos de entrada y salida, así como las transferencias internas en el Proyecto. El modelo fue calibrado para las condiciones de línea base utilizando los datos sobre precipitación en el área y la escorrentía.



La toma de agua, los flujos de salida, las derivaciones, las transferencias de flujo, las acumulaciones y las descargas se simulan en el modelo desde la fase de las operaciones hasta la fase de post-cierre.

Los flujos simulados anuales y mensuales en diversas etapas del Proyecto se comparan con los flujos en las condiciones de línea base. La evaluación del impacto se basa en los resultados de estas comparaciones.

Flujos en la Época de Estiaje

Se evaluó las condiciones del flujo en la época de estiaje utilizando dos fuentes de información:

- El estudio de hidrogeología de línea base.
- Los resultados del modelamiento del balance de agua en el área (flujos simulados para julio, el mes más seco del año).

El estudio hidrogeológico detallado y el modelo de balance de agua complementario, cada uno por separado y en forma conjunta, constituyen una buena herramienta para la evaluación de los impactos en el flujo base.

Se llevó a cabo un estudio hidrogeológico detallado en el Proyecto Alto Chicama. El estudio trataba sobre los aportes existentes de las aguas subterráneas en los flujos locales, así como los cambios potenciales en las aguas subterráneas durante toda la vida del Proyecto, desde la construcción hasta el cierre. La ventaja del estudio hidrogeológico detallado es que consideró de manera detallada el sistema físico del flujo de las aguas subterráneas y la descarga en los flujos.

El modelo del balance de agua para el área del Alto Chicama considera todos los flujos de entrada y salida, y las transferencias internas en el Proyecto hasta la fase de post-cierre.

La ventaja del modelo del balance de aguas es que simuló todo el sistema de manejo de aguas del Proyecto (es decir, el flujo de aguas subterráneas fue simplemente un componente del sistema), el cual incluye derivaciones, bombeo, relleno y descargas del reservorio y muchos otros procesos. El sistema del flujo de las aguas subterráneas se representa en el modelo del balance de aguas de una manera simplificada en comparación con el estudio hidrogeológico detallado,



aunque los hallazgos del estudio hidrogeológico se reflejan en el modelo del balance de aguas.

Los flujos simulados para el mes de julio, el mes más seco del año en el Proyecto Alto Chicama, se utilizan en la evaluación del impacto del flujo en la época de estiaje.

4.8.2.3. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

Los criterios de clasificación se establecieron para facilitar la interpretación del pronóstico de los flujos futuros. Los siguientes aspectos del análisis se tuvieron en consideración al establecer los criterios de clasificación:

- La exactitud inferida de los estimados de las condiciones hidrológicas de línea base;
- La exactitud inferida de las características hidrológicas pronosticadas durante las fases de operaciones, cierre, y post-cierre (es decir, la exactitud del modelamiento numérico y el análisis hidrogeológico);
- La exactitud de las mediciones hidrométricas (es decir, si el cambio de flujo pronosticado será mensurable o no).
- La importancia inferida del cambio pronosticado para un usuario potencial del agua (sin considerar si existen o no usuarios en una ubicación particular).

Los impactos del Proyecto se clasifican en base a la dirección del impacto prevista (positiva, neutral, o negativa), magnitud (de insignificante a alta), extensión geográfica (desde local hasta fuera del área), duración (de corto plazo a largo plazo), reversibilidad (reversible o irreversible), y frecuencia (alta a baja). Los criterios de clasificación de los impactos se enumeran en la Tabla C9-8. Utilizando los resultados de la evaluación de los impactos.

Para el flujo, la selección de los criterios numéricos se basa en la opinión profesional y la experiencia. Es probable que no se pueda medir ni probar que es estadísticamente importante el cambio de flujo de 10% o menos. Se consideró insignificante un cambio de menos de 5%.



Tabla C9-8 Criterios de la Descripción de los Impactos y Resultados Numéricos para la Hidrología de Aguas Superficiales

Dirección	Magnitud	Extensión Geográfica	Duración	Reversibilidad	Frecuencia
Positiva, Negativa o Neutral para los puntos finales de las mediciones	Insignificante: cambio <5% Bajo: cambio de 5 hasta 10% Moderado: cambio de 10 hasta 30% Alto: cambio de >30%	Local: efecto restringido al AEL regional: efecto se extiende fuera del AEL, dentro del AER Fuera del Área Regional: el efecto se extiende fuera del AER	A corto plazo: <2 años A mediano plazo: 2 a 15 años A largo plazo: >15 años	Reversible o Irreversible	Baja: ocurre una vez Media: ocurre de manera intermitente (1 a 10 veces por año) Alta: ocurre con frecuencia (>10 veces por año)

Fuente: MBM

4.8.2.4. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

La mitigación de los posibles impactos hidrológicos fue un componente inherente del diseño de ingeniería y la selección de las opciones preferidas. Se consideraron diversas opciones de diseño del Proyecto al comienzo del desarrollo del Proyecto, pero posteriormente se las rechazó en base a los impactos hidrológicos potenciales.

La mitigación de la hidrología de las aguas superficiales incorporada al diseño del Proyecto incluirá la limitación del área del Proyecto y de las transferencias entre las cuencas, el mantenimiento de las descargas de agua durante los flujos bajos, y la construcción de estructuras de control del agua en los flujos. El reciclaje del agua de proceso y otras aguas de uso industrial/doméstico también reducirá la demanda de agua fresca. La construcción de los nuevos embalses de aguas superficiales permitirá la recolección de agua durante la época de lluvias para su uso durante la época de estiaje. Las estructuras de retención del agua podrían tener un impacto positivo en el control de las inundaciones recolectando las aguas pluviales y descargándolas lentamente.

4.8.2.5. RESULTADOS

Los resultados del análisis de los impactos hidrológicos, fueron interpretados en las siguientes secciones para evaluar los efectos hidrológicos potenciales del Proyecto identificados anteriormente: aumento en las inundaciones, reducción del flujo en la época de estiaje y los cambios en las condiciones del flujo mensual y anual.



Aumento de la Probabilidad de las Inundaciones (Enlace SWH-1a)

El análisis de las áreas de drenaje indica que sólo las transferencias menores de la cuenca tendrán lugar durante la vida del Proyecto. La única excepción afecta la cuenca de la Quebrada Quishuara Sur, cuya mitad aproximadamente será transferida a la Quebrada Laguna Negra. Esta derivación en la cuenca es local (dentro de la cuenca del Río Chuyuhual). La Quebrada Quishuara Sur no es importante desde el punto de vista hidrológico.

Todos los otros cambios en el área de la cuenca se encuentran dentro de 5% hasta 10% de las áreas de línea base. No habrá cambios importantes en las condiciones del flujo como resultado de las desviaciones de las cuencas.

El efecto del ligero aumento en las áreas de la cuenca será compensado con la construcción o el mejoramiento de las pozas y embalses de agua, incluyendo el tajo abierto, el reservorio de agua fresca, la Laguna Negra y la poza de limpieza. De acuerdo a esto, se considera insignificante el incremento en el potencial de inundaciones por causa del Proyecto.

Cambios en las Condiciones del Flujo Anual y Mensual Promedio (Enlace SWH-1b)

El efecto del Proyecto sobre las condiciones del flujo mensual y anual promedio se analizó empleando los resultados de las simulaciones del balance de aguas. Se comparó los flujos mensuales en las condiciones del Proyecto y de línea base para todo el periodo de duración del Proyecto. Se llevó a cabo un análisis detallado de las condiciones del flujo mensual para el mes más lluvioso (febrero) y el mes más seco (julio). En general, se distinguen dos estaciones hidrológicas en el área del Proyecto: una época de estiaje y una época de lluvias. Por lo tanto, es suficiente evaluar los cambios en las condiciones del flujo para los meses más secos y los más lluviosos.

Las condiciones del flujo promedio anual y las condiciones del flujo en el mes de febrero (época de lluvias) se analizan en esta sección del informe. Las condiciones del flujo en el mes de julio (época de estiaje) se analizan en la siguiente sección, como parte del análisis de la reducción potencial del flujo base.



- La magnitud de los cambios del flujo anual promedio durante toda la vida del Proyecto se considera insignificante o baja en la mayoría de las ubicaciones (es decir, se encuentra aproximadamente dentro de un rango de 5% hasta 10% de las condiciones de línea base.
- El flujo anual promedio en la Quebrada Laguna Negra disminuiría de manera gradual durante los primeros años de operaciones, luego aumentaría al final de las operaciones y en el cierre, y en consecuencia se estabilizaría de manera gradual en un nuevo nivel constante.
- La reducción del flujo anual en la Quebrada Laguna Negra durante las operaciones se asociaría a la expansión y reducción de la escorrentía en la pila de lixiviación de acuerdo al área. Este efecto en parte sería compensado con la transferencia de la cuenca desde la Quebrada Quishuara Sur, pero el efecto neto constituye una reducción estimada del 4% en el flujo promedio anual.
- El incremento del flujo anual en la Quebrada Laguna Negra al final de las operaciones se asociaría al incremento del desagüe del tajo (el agua del tajo se descarga a la Quebrada Laguna Negra) y al inicio de la descarga del agua de proceso a razón de 200 m³/h durante la época de lluvias.
- La reducción en el flujo anual en la Quebrada Laguna Negra en el 2016 se asociaría a la terminación de la descarga del agua de proceso.
- En las condiciones de pos-cierre, la escorrentía anual en la Quebrada Laguna Negra alcanzaría un nuevo nivel constante. El flujo promedio anual calculado en el año 2020 es aproximadamente de 0,25 m³/s, que es 0,04 m³/s o 16% más alto que el flujo promedio anual de línea base de 0,21 m³/s (Tabla C9-III-2). Este incremento pronosticado en el flujo anual es consecuente con el aumento previsto en el área de drenaje en la Quebrada Laguna Negra debido a la desviación de la cuenca de la Quebrada Quishuara Sur y al incremento de la infiltración proveniente del tajo abierto inundado (se analiza más adelante en el



texto). El incremento promedio del flujo anual en la Quebrada Laguna Negra se clasifica como un impacto neutral.

- Los cambios en las condiciones del flujo anual en el Río Chuyuhual aguas abajo de la Quebrada Laguna Negra, serán menores que los de la Quebrada Laguna Negra debido a la mezcla con la escorrentía adicional de las aguas superficiales naturales. El cambio en la escorrentía anual es menor de 5% y se considera insignificante.
- El flujo anual en la Quebrada Quishuara Sur según la simulación disminuirá por un factor aproximado de dos, lo cual es consecuente con la derivación comparable en la cuenca.

Como se mencionó anteriormente, la Quebrada Quishuara Sur es un curso de agua pequeño, insignificante desde el punto de vista hidrológico. La reducción del flujo es local, dentro de un tramo pequeño del Río Chuyuhual.

- La escorrentía anual en el Río Negro ligeramente durante las operaciones, probablemente debido al incremento disminuirá en el desagüe del tajo y a la transferencia del agua a la Quebrada Laguna Negra. Al momento del cierre, la escorrentía anual se incrementará de manera gradual a medida que se interrumpa la transferencia del agua del tajo. El aumento pronosticado del flujo anual en el Río Negro en la confluencia con el Río Perejil es de $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ (desde $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ hasta $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$), que corresponde a un cambio de 4%. Los cambios del flujo anual en la parte más alejada aguas abajo, en el Río Perejil, son menos pronunciados. El efecto total sobre el flujo anual promedio en el Río Negro se considera insignificante.

Condiciones del Flujo Promedio Mensual

Los flujos promedio mensuales durante la vida del Proyecto se compararon con los de las condiciones de línea base. Los flujos fueron simulados utilizando el modelo de balance de aguas. Los flujos simulados del Proyecto y de línea base en el Río Chuyuhual, aguas debajo de la confluencia con la Quebrada Quishuara Norte se ilustran en la.



Condiciones del Flujo Promedio Mensual en Febrero (Época de Lluvias)

Las condiciones del flujo en la época de lluvias se caracterizan en base a los flujos promedio simulados en febrero, normalmente, el mes más lluvioso del año. Las siguientes observaciones resumen los efectos pronosticados del Proyecto en las condiciones del flujo en la época de lluvias.

- Las fluctuaciones del flujo en la época de lluvias durante la vida del Proyecto serán similares a las fluctuaciones del flujo promedio anual.
- En la mayoría de las ubicaciones, las fluctuaciones simuladas del flujo mensual promedio en febrero se encuentran dentro de un rango de 5% hasta 10% de las condiciones de línea base durante toda la vida del Proyecto (la magnitud del impacto se considera insignificante a baja). Las excepciones a esta observación general se analizan más abajo.
- El flujo mensual en la Quebrada Quishuara Sur disminuye aproximadamente al doble, lo cual es consecuente con la desviación aproximadamente de la mitad de la cuenca. Según se mencionó previamente, la Quebrada Quishuara Sur es un curso de agua pequeño, insignificante desde el punto de vista hidrológico. La reducción del flujo es local, dentro de un tramo pequeño del Río Chuyuhual.
- Al comienzo de la fase de cierre del Proyecto, el flujo en la época de lluvias en la Quebrada Laguna Negra se incrementa aproximadamente en un 30% en comparación con las condiciones de línea base. Este aumento se asocia a la descarga gradual del agua del proceso tratada hacia el ambiente, que tendrá lugar principalmente durante la época de lluvias.
- Después del cierre, el flujo promedio del mes de febrero en el Río Chuyuhual y sus afluentes (excepto en la Quebrada Quishuara Sur, analizada arriba) se estabilizará. Las desviaciones locales de la cuenca y la infiltración del tajo inundado afectarán las condiciones del flujo en la Quebrada Laguna Negra y en la Quebrada Quishuara Sur,



pero el impacto será local y desaparecerá de manera gradual a lo largo del curso del río.

- La escorrentía del mes lluvioso en el Río Negro disminuirá ligeramente durante las operaciones, probablemente debido al incremento en el desagüe del tajo y a la transferencia del agua a la Quebrada Laguna Negra. Al momento del cierre, la escorrentía del mes lluvioso se incrementará conforme se interrumpa la transferencia de agua del tajo. En general, durante toda la vida del Proyecto el impacto en el flujo de la época de lluvias en el Río Negro se clasifica como bajo a insignificante.

Cambios del Flujo en la Época de Estiaje (Reducción de Flujo Base) (Enlace SWH-1c)

Durante la fase de construcción del Proyecto, el impacto previsto en el flujo de la época de estiaje será mínimo. Las actividades en el área serán planificadas para reducir al mínimo la interrupción del flujo en la época de estiaje; por ejemplo, el relleno de los reservorios se implementará solamente durante la época de lluvias. Por lo tanto, no se efectuó el análisis numérico del impacto del Proyecto en las condiciones de línea base durante la fase de construcción. Los efectos potenciales en las condiciones del flujo en la época de estiaje durante las fases de operaciones y cierre fueron evaluados empleando los resultados de la evaluación del balance del agua del Alto Chicama y las investigaciones hidrogeológicas.

El modelo del balance del agua tiene en consideración toda la toma del agua, las derivaciones y las descargas. Los resultados del análisis hidrogeológico de los efectos del desagüe del tajo se incorporaron al modelo del balance de aguas.

- Durante la fase de las operaciones del Proyecto, el flujo de la época de estiaje en la Quebrada Laguna Negra aumenta aproximadamente en 1,5 veces, principalmente debido al desagüe del tajo, que tiene como resultado la captura de las aguas subterráneas en la cuenca del Río Negro y su descarga a la cuenca de la Quebrada Laguna Negra. Se prevé que el flujo en la época de estiaje aguas abajo de la Quebrada Laguna Negra, en el Río Chuyuhual, aumente correspondientemente.



- Durante la fase de las operaciones, el flujo en la época de estiaje en el Río Negro disminuirá aproximadamente en 8 l/s (aproximadamente en un 40% en la salida de la poza de sedimentación oeste propuesta y en un 13% en la confluencia con el Río Perejil). Más lejos aguas abajo, la reducción del flujo del mes de julio será insignificamente pequeña.
- En la fase de cierre del Proyecto, el desagüe del tajo, y por ende, la transferencia del agua de la cuenca del Río Negro a la cuenca de la Quebrada Laguna Negra serán interrumpidos. El nivel del agua en el tajo abierto, la filtración en el tajo se incrementarán de manera gradual. Por lo tanto, el flujo de la época de estiaje en ambos ríos alcanzará las condiciones de línea base
- Después del cierre, el tajo abierto se llenará de agua gradualmente. Cuando esté lleno, la laguna del tajo ocasionará un aumento en la Quebrada Laguna Negra y el Río Negro. El análisis hidrogeológico prevé que el flujo base podría aumentar en un 35,4 L/s en la Quebrada Laguna Negra, en un 3,9 L/s en el Río Negro, y en un 0,1 L/s en la Quebrada Las Vizcachas.
- Se prevé que la infiltración del tajo abierto inundado compense las pérdidas de infiltración en la cuenca de la Quebrada Laguna Negra debido al revestimiento de la pila de lixiviación con materiales impermeables.

4.8.2.6. ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS

Líneas abajo se señalan los impactos residuales para los tres componentes de la pregunta clave.

Aumento de la Probabilidad de Inundaciones (Enlace SWH-1a)

Durante la construcción, no se prevé cambios en los flujos máximos, por ende, la dirección es neutral (Tabla C9-9). Durante las fases de operaciones y cierre, todos los lugares con dos excepciones podrán no experimentar cambios o experimentara una ligera reducción en los flujos máximos. Se prevé que la Quebrada Quishuara Sur presentara una reducción en el flujo máximo y se prevé que la Quebrada Laguna Negra presentaría un aumento en el flujo máximo.



Sin embargo, estos cambios no tienen importancia desde el punto de vista hidrológico.

Se prevé que la magnitud de cualquier incremento en los flujos máximos debido al Proyecto (en total) es insignificante.

Los flujos máximos ocurrirán de manera intermitente a largo plazo. Los cambios en el paisaje que den como resultado cambios en los flujos serán permanentes. La consecuencia ambiental para este efecto es insignificante (Tabla C9-9).

Tabla C9-9 Resumen de la Evaluación de los Impactos para la Pregunta Clave SWH-1

Recursos	Dirección	Magnitud	Extensión geográfica	Duración	Reversibilidad	Frecuencia	Consecuencia Ambiental
SWH-1a: Aumento de la Probabilidad de las Inundaciones	neutral	insignificante	local	a largo plazo	irreversible	media	insignificante
SWH-1b: Cambios en las Condiciones del Flujo Promedio Anual y Mensual	neutral a positiva	insignificante	local	a largo plazo	reversible	media	insignificante
SWH-1c: Cambios en el Flujo en la Época de Estiaje – Operaciones	negativa	baja	local	a Mediano plazo	reversible	media	baja
SWH-1c: Cambios en el Flujo en la Época de Estiaje - Cierre	positiva	insignificante a alta	local	a largo plazo	irreversible	media	Insignificante a alto positivo ^(a)

(a) Alto positivo para la Quebrada Laguna Negra.

Fuente: Elaboración propia con datos de la MBM

Cambios en las Condiciones del Flujo Mensual y Anual Promedio (Enlace SWH-1b)

En general, la dirección de los cambios en las condiciones del flujo mensual y anual promedio se considera neutral a positiva. Todos los cambios pronosticados se encuentran dentro de la exactitud del modelo (véase pronóstico de confianza, más abajo) o tienen poca importancia desde el punto de vista hidrológico.

Se asigna una magnitud insignificante en base al impacto global de todas las cuencas. Aunque existe una reducción del 46% en el flujo en la Quebrada Quishuara Sur, la cuenca se considera insignificante desde el punto de vista de la hidráulica y la desviación de la cuenca hacia la cuenca del Río Chuyuhual es local. El incremento pronosticado en el caudal del Río Negro se considera un impacto positivo. Por lo tanto, la magnitud total es insignificante.

Se prevé aumentos y disminuciones en los flujos promedio anuales y mensuales solamente en el AEL y a largo plazo. La consecuencia ambiental para este efecto es insignificante (Tabla C9-9).



Cambio en el Flujo de la Época de Estiaje (Flujo Base) (Enlace SWH-1c)

La reducción del flujo base puede tener impactos negativos sobre los usuarios aguas abajo. Por lo tanto, las ubicaciones de evaluación se seleccionaron aguas arriba del primer usuario en el Río Perejil (confluencia del Río Negro y Río Perejil) y el Río Chuyuhual (confluencia de la Quebrada Las Vizcachas y el Río Chuyuhual). Durante las operaciones, se predice una reducción máxima de 8 l/s o 13% del flujo base en la desembocadura del Río Negro.

Esto da como resultado una reducción de flujo base del 6% en el Río Perejil justamente aguas debajo de la confluencia con el Río Negro.

En el Río Chuyuhual aguas abajo de la Quebrada Quishuara Norte, se predice una reducción del flujo base de aproximadamente 8 l/s ó 4%.

Se prevé que el impacto durante las operaciones sea negativo, bajo, local, a mediano plazo y reversible (Tabla C9-9).

Después del cierre, en el año 2020, el modelo del balance del agua pronostica el aumento del flujo en la época de estiaje (flujo en julio) en la Quebrada Laguna Negra, en aproximadamente 30 l/s, que es consecuente con los resultados de los estudios hidrogeológicos (aumento del flujo base de aproximadamente 35 l/s. Para el Río Negro, el modelo del balance de agua pronosticó un incremento en el flujo en el mes de julio de aproximadamente 2 l/s, que es consistente con los resultados de los estudios hidrogeológicos (aumento del flujo base de 3,9 l/s).

La consecuencia ambiental pronosticada durante las operaciones se clasifica como negativa y baja, mientras que después del cierre se prevé que sea positiva, insignificante (para la mayoría de los cursos de agua) a alta (para la Quebrada Laguna Negra), de largo plazo e irreversible (Tabla C9-9).

4.8.2.7. PRONÓSTICO DE CONFIANZA

Existe cierta incertidumbre asociada al pronóstico de los cambios hidrológicos.

A continuación se señalan las principales fuentes de incertidumbre:

- Existe una incertidumbre inherente asociada a las mediciones de los fenómenos naturales, como por ejemplo, lluvias y flujos. Se utilizaron



para la evaluación los mejores estimados de los parámetros hidrometeorológicos, pero su exactitud es limitada.

- El modelamiento de las lluvias y la esorrentía implica una simplificación de estos fenómenos complejos y cualquier cambio simulado en la esorrentía menor es de 5% provenientes de flujos significativos desde el punto de vista de la hidráulica, se consideraron insignificantes.
- Existe incertidumbre asociada a las cantidades propuestas de bombeo. Es muy probable que se presenten modificaciones en el bombeo y la descarga en el día a día durante la fase de las operaciones para manejar las condiciones que se presenten. Por ejemplo, la cantidad de descarga propuesta de las aguas tratadas es de 200 m³/h, pero la calidad del agua al momento de descarga del efluente fijará la cantidad de bombeo real.
- El sistema propuesto para el manejo de aguas en el Alto Chicama es dirigido en gran medida por las condiciones de la calidad del agua, que a su vez dependen de las condiciones ambientales, la eficiencia del tratamiento y la geoquímica del mineral y el desmonte. La incertidumbre asociada a los pronósticos de la calidad del agua afecta la exactitud de los pronósticos hidrológicos.
- Los incrementos pronosticados para el flujo de la época de estiaje durante la fase de post-cierre se basan en la opción recomendada para el cierre del tajo, la cual consiste en promover su inundación. Se están considerando otras opciones para el cierre del tajo, las que tendrían efectos diferentes en los flujos de la época de estiaje.

A pesar de las fuentes de incertidumbre señaladas anteriormente, los pronósticos de los flujos y niveles del agua durante toda la vida del Proyecto se basan en los mejores estimados de todos los parámetros pertinentes. Éstos se basan en la comprensión de los procesos físicos que tendrán lugar durante toda la vida del Proyecto. Por lo tanto, los pronósticos derivados se consideran representativos y suficientemente exactos para caracterizar los cambios previstos en las condiciones hidrológicas alrededor del Proyecto.



4.8.2.8. MONITOREO

Se implementó un programa extenso de monitoreo de flujo en Alto Chicama para establecer las condiciones existentes. En el área se operan cuatro estaciones de monitoreo del flujo continuo (mapa C9-4):

- Río Negro aguas arriba de la confluencia con el Río Perejil (SFRN-60);
- Río Chuyuhual aguas arriba de la confluencia con la Quebrada Las Vizcachas (SFCH-06).
- Quebrada Las Vizcachas aguas arriba de la confluencia con el Río Chuyuhual (SFVZ-60).
- Quebrada Laguna Negra aguas arriba de la confluencia con el Río Chuyuhual (SFCN-40).

Desde la perspectiva de la evaluación del impacto hidrológico, las cuatro estaciones antes mencionadas abarcan de manera adecuada el área de las actividades del Proyecto. El Río Negro, la Quebrada Laguna Negra y el Río Chuyuhual son los principales cursos de agua que podrían ser afectados por el Proyecto. El monitoreo en estos tres cursos de agua continuará durante toda la vida del Proyecto. La Quebrada Las Vizcachas estará menos sometida a las actividades del Proyecto. No obstante, se recomienda que el monitoreo del flujo en la Quebrada Las Vizcachas continúe por un periodo de dos años. Después de un año completo de monitoreo, los datos deberán revisarse y se deberá efectuar una evaluación para ver si se podría interrumpir el monitoreo del flujo continuo en la Quebrada Las Vizcachas.

Como un componente del programa de monitoreo de la calidad del agua y para el control del proceso, se medirá el flujo de todos los efluentes que se manejan o descargan desde el Proyecto. Durante la fase de construcción, se realizará el monitoreo del flujo del efluente de la planta de tratamiento de aguas servidas del campamento. Durante la fase de las operaciones, se llevará a cabo el monitoreo del flujo de los efluentes de la poza de sedimentación oeste, la poza de sedimentación este, la poza de limpieza y las plantas de tratamiento de aguas servidas.



4.8.3. Pregunta Clave SWH-2 – Suministro de Agua a Quiruvilca

Pregunta Clave SWH-2: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en el suministro de agua a Quiruvilca?

El pueblo de Quiruvilca extrae el agua de la Laguna Los Ángeles en la cuenca de la Quebrada Caballo Moro cerca del Proyecto, para complementar el suministro de agua potable durante la época de estiaje. La pila de lixiviación se encuentra en posición adyacente a (pero no en) la cuenca de la Quebrada Caballo Moro. Es razonable suponer que el agua subterránea del área podría cambiar la cantidad y calidad del agua, así como afectar el uso del agua por el pueblo de Quiruvilca de la Laguna Los Ángeles.

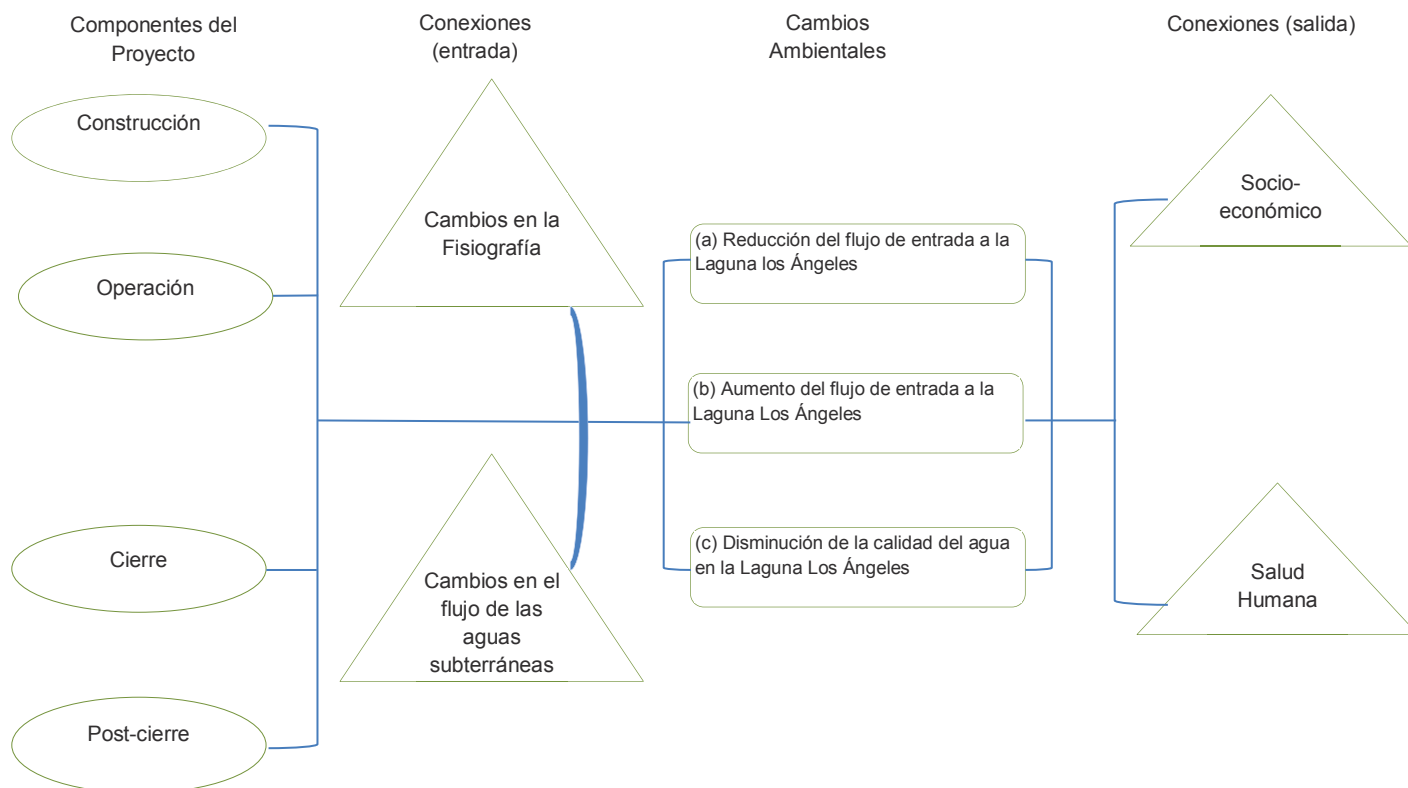
4.8.3.1. EVALUACIÓN DE ENLACE

El diagrama de enlace de las aguas superficiales para esta pregunta clave (diagrama C9-8) muestra que los componentes del Proyecto podrían afectar la calidad y/o cantidad del agua que en la actualidad fluye a la Laguna Los Ángeles, la cual se utiliza para suministrar agua a Quiruvilca. Se consideran los siguientes cambios potenciales:

- a) Podría disminuir el flujo de entrada a la Laguna Los Ángeles, y en consecuencia el agua disponible para el suministro de agua de Quiruvilca. Una actividad concebible del Proyecto que podría reducir el flujo de entrada a la Laguna Los Ángeles sería una derivación hacia la cuenca desde la Laguna Los Ángeles. La reducción en el suministro de agua disponible se considera un impacto negativo del Proyecto.
- b) Podría aumentar el flujo de entrada a la Laguna Los Ángeles, y en consecuencia el agua disponible para el suministro de agua de Quiruvilca. Una actividad concebible del Proyecto que podría aumentar el flujo de entrada a la Laguna Los Ángeles sería desviación hacia de la cuenca a la Laguna Los Ángeles. Un incremento en el suministro de agua disponible se considera un impacto positivo del Proyecto.
- c) La calidad del agua podría verse deteriorada en la Laguna Los Ángeles. Si el drenaje o las filtraciones superficiales de las instalaciones del Proyecto Alto Chicama ingresaran a la Laguna Los Ángeles, la calidad del agua de la Laguna podría deteriorarse. Éste sería un impacto negativo del Proyecto.



Diagrama C9-8 Diagrama de Enlace de las Aguas Superficiales para la Pregunta Clave SWH-2



Fuente: Elaboración propia

Enlace SWH-2a: Reducción del Flujo de Entrada a Laguna Los Ángeles

El Proyecto no implicará derivaciones permanentes ni temporales de la cuenca hidrográfica, la cuenca que aporta a la Laguna Los Ángeles, durante cualquier fase del Proyecto: construcción, operaciones, cierre y post-cierre. Por lo tanto, no habrá ninguna reducción de la escorrentía de las aguas superficiales hacia la Laguna Los Ángeles.

El desarrollo y desagüe del tajo abierto son las actividades del Proyecto que podrían afectar la entrada de flujo a la Laguna Los Ángeles. Estas actividades se evaluaron en el Cap. IV. El desagüe del tajo abierto reducirá el flujo base de las aguas subterráneas en el Río Negro, la Quebrada Laguna Negra y la Quebrada Las Vizcachas, pero no tiene ninguna influencia en la cuenca de la Quebrada Caballo Moro. Éste no es un enlace plausible y no se evalúa posteriormente.



Enlace SWH-2b: Aumento del Flujo de Entrada a Laguna Los Ángeles

El Proyecto Alto Chicama no implicará derivaciones permanentes ni temporales de la cuenca hidrográfica de la cuenca que aporta a la Laguna Los Ángeles durante cualquier fase del Proyecto: construcción, operaciones, cierre y post-cierre. Por lo tanto, no habrá ningún aumento en la escorrentía de las aguas superficiales hacia Laguna Los Ángeles. Éste no es un enlace plausible y no se evalúa posteriormente.

Enlace SWH-2c: Deterioro de la Calidad del Agua en Laguna Los Ángeles

No habrá ningún drenaje superficial o filtración desde las instalaciones del Proyecto hacia la Laguna Los Ángeles. La línea base de aguas subterráneas indicó que el agua subterránea del área que se encuentra debajo de la pila de lixiviación fluye principalmente hacia el este y drena a la Quebrada Laguna Negra. En consecuencia, no se afectará la calidad del agua en la Laguna Los Ángeles.

Éste no es un enlace plausible y no se evalúa posteriormente.

4.8.3.2. ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS

En vista de que no existen enlaces verosímiles para esta pregunta clave, no existen impactos.

El Proyecto no tendrá ningún efecto en el suministro de agua para Quiruvilca.

4.8.4. Pregunta Clave SWQ-1: Calidad del Agua

Pregunta Clave SWQ-1 es: ¿Cuál será el efecto del Proyecto Alto Chicama en la calidad de agua en los cuerpos de agua receptores?

Las fases de construcción, operación, cierre y post-cierre del Proyecto podrían potencialmente ocasionar cambios en la calidad del agua de los cuerpos de agua receptores en el AEL y AER. Estos cambios potenciales podrían incluir incrementos en las concentraciones de algunas sustancias, como metales provenientes de la lixiviación de metales (LM), residuos de nitrato de amonio y cianuro, combustible y sólidos en suspensión como resultado de la descarga del agua de proceso, DAR, filtraciones o escorrentías de las instalaciones, residuos de voladuras, residuos sanitarios y derrames de material. Estos cambios podrían producirse en las cuencas del Río Perejil y Río Chuyuhual.



A su vez, el incremento de las concentraciones de algunas sustancias en los cuerpos de agua receptores, podrían perjudicar los usos del agua río abajo y ocasionar impactos en la vida acuática, el uso de la tierra o la salud humana.

4.8.4.1. EVALUACIÓN DE ENLACE

En la presente sub-sección, se identifica todos los posibles enlaces entre el Proyecto y el medio ambiente, con relación a la pregunta clave SWQ-1. Los cambios potenciales que podrían afectar la calidad de agua en los cuerpos de agua receptores, se enumeran a continuación (diagrama C9-9):

- Las descargas de aguas de contacto, en las que se incluye aguas de proceso, filtraciones y escorrentías de las instalaciones de desmonte, la pila de materiales, el tajo y las áreas con alteración tienen el potencial de degradar la calidad de agua en la Quebrada Laguna Negras y el Río Chuyuhual.
- El incremento de STS podría degradar la calidad del agua en la Quebrada Laguna Negra y en el Río Chuyuhual (SWQ-2).
- La reducción en el área en las nacientes de la cuenca podría degradar la calidad del agua en la Quebrada Quishuara Sur, Quebrada Quishuara Norte, Quebrada Las Vizcachas y Río Chuyuhual.
- La descarga de aguas residuales tratadas provenientes del campamento y de la mina podría degradar la calidad de agua en el Río Chuyuhual.
- El derrame de materiales peligrosos en el área del Proyecto podría degradar la calidad del agua en los cursos receptores.
- La infiltración de aguas subterráneas durante las operaciones y al cierre podría afectar la calidad del agua en los cursos de agua cercanos.

Enlace SWQ-1a: Cambios en la calidad del agua debido a la descarga de agua de proceso, DAR y escorrentía.

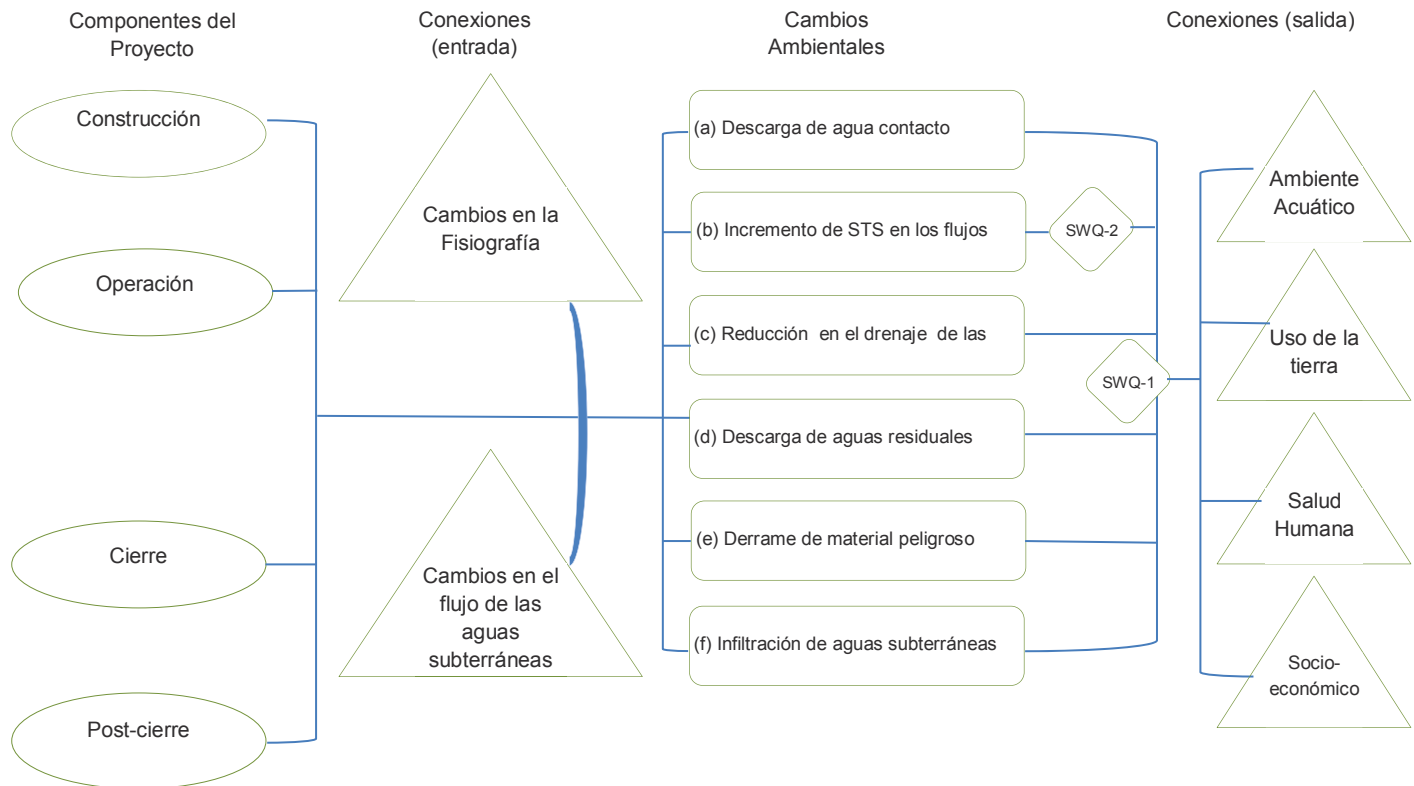
La descarga de aguas superficiales del área del Proyecto se llevará a cabo tanto hacia el Río Negro como al Río Chuyuhual en cuatro puntos de descarga:



- Poza de sedimentación este;
- Poza de limpieza;
- Poza de sedimentación oeste; y
- Planta para el tratamiento de aguas residuales.

Todas las descargas de aguas superficiales provenientes del área del Proyecto serán a través de estos puntos, y por lo tanto, podría contener metales traza, residuos de cianuro, residuos de nitrato de amonio, así como residuos de combustible y lubricantes. En consecuencia, existe un potencial de degradación de la calidad de agua en los cursos de agua receptores.

Diagrama C9-9 Diagrama de Enlace de Aguas Superficiales, para la Pregunta Clave SWQ-1 y SWQ-2



Fuente: Elaboración propia

Debido a que existe un enlace directo entre las actividades del Proyecto y los efectos potenciales en los cursos de agua adyacentes, esta interacción es factible y se analizará en más detalle.



Enlace SWQ-1b: Descarga de STS

Las aguas sin contacto tienen el potencial de incrementar los niveles de los sólidos en suspensión en el ambiente receptor. Este tema se discute con mayor detalle en la Pregunta Clave SWQ-2 ítem 4.8.5.

Enlace SWQ-1c: Reducción del área de las nacientes de la cuenca

La derivación de algunos cursos de agua de las nacientes del Río Chuyuhual y del Río Perejil (Río Negro) puede producir degradación de la calidad de agua, aguas abajo, mediante una reducción en la capacidad de dilución. Particularmente, las actividades mineras anteriores y actuales en las nacientes del Río Perejil, han perjudicado la calidad del agua río abajo. Una reducción de los caudales en el Río Negro puede provocar una menor dilución de los flujos en el Río Perejil, produciendo que niveles elevados de algunos parámetros puedan persistir, aguas abajo, en mayor medida de lo acostumbrado. Sin embargo, las preguntas clave anteriormente expresadas indican que el efecto en la hidrología del área será bajo durante las operaciones y el flujo se incrementará al cierre. En los pronósticos de calidad del agua se toman en consideración los cambios en los caudales.

Enlace SWQ-1d: Descarga de aguas residuales sanitarias y domésticas.

Las aguas residuales tratadas se descargarán desde el área del Proyecto en dos lugares. El efluente del tratamiento de las aguas residuales de la mina se descarga en la poza de limpieza antes de su liberación a la Quebrada Laguna Negra. El efluente del tratamiento de las aguas residuales del campamento descarga en el Río Chuyuhual. Las aguas residuales serán tratadas antes de su descarga, respetando los requerimientos del MEM; sin embargo, algunos parámetros podrían verse incrementados de todos modos. Por lo tanto, ya que existe un enlace entre el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales y las aguas superficiales, esta interacción se considera factible y se analizará.

Enlace SWQ-1e: Derrame de material peligroso en el Área del Proyecto.

Por lo general, el derrame de un material peligroso dentro del área del Proyecto no llegará directamente a los cursos de aguas superficiales, ya que toda el agua del sitio se desviará a los sistemas y pozas de colección del área. El material derramado se colocará en depósitos en el sitio, y luego se podrá liberar mediante



una de las descargas del área. Por lo tanto, existe un enlace entre el potencial de derrame de material peligroso y las aguas superficiales, y esta consideración se analizará.

Enlace SWQ-1f: Infiltración de aguas subterráneas en los cursos de agua

Los estudios de línea base de aguas subterráneas indican que es posible que existan conexiones hidráulicas entre el área del Proyecto y los cursos de aguas superficiales del área local. Por lo tanto, las aguas subterráneas afectadas por las infiltraciones del área podrían llegar a las aguas superficiales y así afectar su calidad. En consecuencia, las aguas subterráneas influenciadas por las actividades del Proyecto podrían afectar la calidad de las aguas superficiales y este enlace se analizará con más detalle.

4.8.4.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Parámetros

En el modelo de calidad del agua se consideran diversos parámetros. Sin embargo, para centrarse en el proceso de modelamiento y facilitar la presentación de los resultados, solamente se presentan los parámetros clave. Inicialmente, los parámetros a considerar se seleccionaron en base a lo siguiente:

- Metales traza y sulfato que podrían descargarse debido al drenaje ácido de roca y de la lixiviación de metales.
- Aguas residuales tratadas.
- Compuestos incorporados mediante voladura.
- Cianuro.
- Parámetros que las poblaciones río abajo consideran de preocupación (según se determina en la investigación de línea base social).

Luego de la revisión de los resultados iniciales de modelamiento, algunos parámetros dejaron de ser considerados debido a las siguientes razones:

- Los parámetros presentan niveles ambientales bajos constantes y los valores de las concentraciones modeladas están por debajo de las guías ambientales.



- Parámetros de similar comportamiento ambiental a otros que se midieron en la calidad del agua de línea base y que su seguimiento no proporciona ningún valor adicional.
- Parámetros que no están normados y que carecen de significado social y ambiental.
- Parámetros que no están asociados al Proyecto.

El estudio ha establecido el siguiente grupo de parámetros relevantes que se considera poseen un potencial de interacción entre el Proyecto y las aguas superficiales, como resultado del funcionamiento normal de las instalaciones mineras, incluyendo los periodos de cierre y post-cierre:

- Aluminio (Al).
- Arsénico (As).
- Cobre (Cu).
- Hierro (Fe).
- Níquel (Ni).
- Zinc (Zn).
- Sulfato (SO_4^{2-}).
- Nitrato (NO_3^-).
- Cianuro (CN^-).
- Sólidos totales en suspensión (STS).

Se modeló el destino de dichos parámetros y se realizó el seguimiento con respecto al criterio normativo, y en caso de no estar disponibles, se utilizaron los valores guías internacionalmente aceptados.

Otros parámetros como mercurio, cadmio y cobalto no se incluyeron en la evaluación, ya que no se encontraron concentraciones significativas durante la prueba de laboratorio. De tal manera no se pronostica su descarga en aguas receptoras.

La introducción de otros parámetros en el sistema, como hidrocarburos, sería productos de derrames. Los derrames son ocurrencias accidentales que se



manejarán dentro de un contexto de prevención de derrames. De tal forma que estos eventos se remediarán directamente sin presencia de potenciales impactos residuales.

Las bacterias coliformes, que se presentan frecuentemente en la calidad de agua de fondo, no se evalúan con respecto al Proyecto. Las bacterias coliformes se limitarían a las aguas residuales procedentes del Proyecto. Se tratarán todas las aguas residuales que se descarguen del área, incluyendo bacterias, y es probable que el efluente no afecte de manera significativa las aguas receptoras, en comparación con las condiciones existentes.

Lugares de Evaluación

El modelamiento de la calidad del agua comprende un total de seis puntos de evaluación, incluyendo cuatro puntos de descarga del Proyecto y uno tanto en el Río Chuyuhual como en el Río Negro que es un afluente del Río Perejil (Tabla C9-10 mapa C9-7). No se evaluaron las cuencas de Quebrada Caballo Moro y Río Moche, ya que éstos no recibirán ninguna descarga de efluente.

En las cuales se hizo una estimación de la química de los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales. No se modeló el efluente a ser tratado, ya que se asume, en base a los valores proporcionados, que las concentraciones de la descarga serán constantes. Sin embargo, los efectos de dicha descarga se incorporan en la evaluación de calidad del agua en la ubicación SWCH-50.

Pozo de Sedimentación Oeste (Punto de Descarga)

La poza de sedimentación oeste proporciona control de sedimentación de sólidos en suspensión en la cuenca del botadero de desmonte oeste, y de toda el agua sin contacto y sin drenaje ácido de roca (no-DAR), procedente de la parte occidental del sitio antes de su descarga al Río Negro. En esta ubicación el agua no se trata por parámetros disueltos, sin embargo, se anticipa la incorporación de floculantes, según sea necesario, para el control de los sólidos en suspensión.



Tabla C9-10 Lugares de Evaluación

Lugar	Cuenca	Descripción de la Selección
Poza de sedimentación oeste (WSP-01)	Río Negro (Río Perejil)	descarga de agua del Proyecto en el Río Negro (cuenca oeste)
SWRN-60	Río Negro (Río Perejil)	aguas arriba de la confluencia con el Río Perejil (cuenca oeste)
Poza de sedimentación este (PSE-01)	Quebrada Laguna Negra (Río Chuyuhual)	descarga de agua del Proyecto a la Quebrada Laguna Negra (cuenca este)
Poza de limpieza (PP-01)		aguas abajo de la poza de limpieza (cuenca este)
Plantas de tratamiento de aguas residuales del campamento (CSTP-01)		la planta de tratamiento de aguas residuales del campamento descarga al Río Chuyuhual (cuenca este)
SWCH-50	Río Chuyuhual	aguas abajo de la confluencia con Quebrada Quishuara Norte (cuenca este)

Fuente: MBM

Poza de Sedimentación Este (Punto de Descarga)

Ubicada cerca de las nacientes de la Quebrada Laguna Negra, la poza de sedimentación este proporciona control de sedimentación a todos los flujos sin contacto y sin DAR de la parte este del Proyecto. Asimismo, recoge algunas aguas de contacto, tales como la escorrentía procedente del botadero de desmonte este (BDE), aguas de derivación del botadero de desmonte este (BDE), del tajo y de la pila de mineral sulfuroso. Durante el cierre, la poza recibirá la escorrentía de la cubierta de cierre de la pila de material y de la pila de lixiviación. El agua de la poza de sedimentación este descarga en la Quebrada Laguna Negra.

Poza de Limpieza (Punto de Descarga)

La poza de limpieza descarga en la Quebrada Laguna Negra, aguas abajo de la poza de sedimentación este. Éste es el punto final de colección de toda la escorrentía controlada del área y de las aguas de contacto tratadas en la cuenca oriental, incluyendo la descarga de la planta de tratamiento de DAR, de la planta de tratamiento de aguas residuales de la mina, y de la planta de destrucción de cianuro. La poza proporcionará control final de sedimentación para las descargas del área de la cuenca oriental, incluyendo la sedimentación de materiales de procedencia natural y los precipitados provenientes del tratamiento y de la mezcla de los efluentes, como óxidos e hidróxidos de hierro o aluminio, y yeso precipitado.

SWCH-50

La estación SWCH-50 se ubica en el Río Chuyuhual, inmediatamente aguas abajo de la confluencia con Quebrada Quishuara Norte. El río en este punto recibe todo el flujo de las aguas superficiales de la parte este de la mina y los aportes de



Quebrada Quishuara Sur, Quebrada Quishuara Norte y de la planta de tratamiento de aguas residuales del campamento.

Asimismo, se encuentra aguas abajo del cañón del Río Chuyuhual, donde se produce gran parte de la descarga de aguas subterráneas de la cuenca del alto Chuyuhual, incluyendo cualquier potencial descarga de aguas subterráneas de la parte este, procedentes del Proyecto. Antes de las actividades de extracción minera, el área total de la cuenca en este punto era de 29,4 km², y no se anticipa que ocurran cambios significativos en las dimensiones del área durante el desarrollo del Proyecto.

SWRN-60

La estación SWRN-60 se encuentra ubicada en el Río Negro, inmediatamente aguas arriba de su confluencia con el Río Perejil. El área total de la cuenca antes del desarrollo del Proyecto en este punto del Río Negro es 9,8 km². No se anticipa que ocurran cambios significativos en las dimensiones del área de la cuenca durante todo el desarrollo del Proyecto. Esta estación, recibe las aguas de descarga de la poza de sedimentación oeste. Asimismo, recibe todos los efectos netos de las aguas subterráneas y escorrentías de aguas superficiales de las diversas minas de carbón abandonadas en la cuenca aguas abajo del Proyecto.

Modelamiento

Los pronósticos sobre calidad de agua asociados con la operación y el cierre del Proyecto, se determinaron mediante el uso del método de balance de masas, con el programa de cómputo Goldsim®. El modelo de balance de masas es una herramienta que indica las sensibilidades potenciales de las cargas específicas de compuestos químicos desde las sub-cuencas y las instalaciones, mediante la mezcla de estas cargas, y efectuando el pronóstico de concentraciones de mezcla aguas abajo. El modelo de balance de masas combina los pronósticos tanto de cantidad como de calidad de flujo. Posteriormente, la carga se calcula sobre una base de masa por tiempo. El balance de masas proporciona un mecanismo conveniente mediante el cual se mezclan las aguas con diferente composición química para calcular la calidad del agua final en ubicaciones clave y en los puntos de descarga del Proyecto. Este modelo se basa en las determinaciones del balance



de aguas y en las cargas químicas para efectuar el cálculo de las concentraciones de calidad del agua.

El método de balance de masas utilizado en la presente evaluación, no considera los controles termodinámicos (por ejemplo, límites de solubilidad) durante la mezcla de aguas con diferente composición química y por lo tanto, es una simplificación conservadora de las condiciones futuras existentes en el área. Aunque conservador, dentro de este contexto, el modelo de balance de masas proporciona una herramienta valiosa para identificar la sensibilidad relativa de los aportes calculados desde las sub-cuencas e instalaciones que controlan la calidad de agua. Bajo este concepto, se pueden evaluar las estrategias de manejo específico de residuos y del manejo de aguas para determinar su efectividad en la reducción de aportes de las instalaciones, donde sea necesario.

Los cálculos de calidad de agua para las instalaciones se obtuvieron de varias fuentes. A cada descarga de una instalación del Proyecto se le asignó una composición química, ya sea mediante pronósticos geoquímicos, información de línea base de cuencas o capacidad prevista de tratamiento.

Los datos sobre cantidad y calidad del agua de las actividades de proceso y de las instalaciones para el tratamiento de aguas, se basan en parámetros de diseño y en la experiencia operativa para aquellos tipos de instalaciones que se indican en SNC, incluyendo la experiencia real de las instalaciones para el tratamiento de agua de Pierina (Tabla C9-11)

El área principal de carga potencial de las instalaciones se asocia con el manejo del desmonte. Las estimaciones actuales indican que el Proyecto generará 144 millones de toneladas de desmonte. De éstos, según los ensayos de DAR y en base al contenido de azufre total, aproximadamente 75 millones de toneladas de desmonte son no generadores de acidez (NGA) y 69 millones de toneladas son potencialmente generadoras de acidez (PGA); siendo el nivel de PGA mayor o igual a 0,1% en peso de azufre total. El desmonte NGA se dispondrá principalmente en el botadero de desmonte oeste. El desmonte PGA se colocará en el botadero de desmonte este y se utilizará como relleno del tajo. La colocación del desmonte se manejará según la situación, de tal forma que se pueda limitar los efectos potenciales de escorrentía e infiltraciones ácidas.



El comportamiento geoquímico del desmonte NGA y PGA se caracterizará en más detalle, mediante pruebas continuas. Una vez se genere el material, se requerirá flexibilidad en la planificación del manejo del desmonte.

Para efectos del EIA, se requirió efectuar la cuantificación preliminar del potencial de cargas de masas de desmonte para estimar las condiciones de calidad del agua relacionadas con la escorrentía y la filtración. Asimismo, se necesitaron de estimados similares para el tajo abierto.

La cuantificación se basó en pruebas convencionales de celda húmeda, de aproximadamente 1 kg de muestras de roca molidas a un tamaño de aproximadamente 6 mm, como se describe en el informe de geoquímica. Se efectuó un total de once pruebas de celda húmeda, incluyendo tres que representaban el botadero de desmonte oeste (NGA) y ocho que representaban el botadero de desmonte este (PGA). Las celdas se hicieron funcionar hasta siete meses para obtener la determinación de la carga potencial.

Tabla C9-11 Composiciones Químicas de Descarga en los Flujos Procedentes de las Instalaciones de Proceso y Tratamiento

Componentes	Efluente de la Planta de Tratamiento de DAR (mg/l)	Efluente Tratamiento CN a través de CN de la Planta de DAR (mg/l)	Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (mg/l)	Solución Pobre de la Pila (mg/l)
Aluminio, Al	0,1	0,1	0,2 ^(c)	n/a
Arsénico, As	0,025 ^(a)	0,025 ^(a)	0,00117	n/a
Calcio, Ca	240	858	3,655	800
Cobre, Cu	0,05 ^(e)	0,05 ^(e)	0,0005	50
Hierro, Fe	0,05	0,5	0,0275	10
Mercurio, Hg	0,0005 ^(a)	0,0005 ^(a)	0,00001	0,0005 ^(a)
Potasio, K	10 ^(b)	10	3,01	10
Manganeso, Mn	15 ^(b)	15	3,139	15
Sodio, Na	30 ^(b)	2,300	8,428	2,000
Níquel, Ni	0,05 ^(e)	0,05 ^(e)	0,01	0,125
Zinc, Zn	0,05 ^(e)	0,05 ^(e)	0,01125	65
Alcalinidad, Alk	50	3,600	15,48	3,600
Sulfato, SO ₄	300 ^(b)	5,958	77,4	6,094
Nitrato, NO ₃	2,9 ^(b)	0,0	3 ^(e)	n/a
Cianuro, CN (total)	0	1,0 ^(c)	0,0025	130
Cadmio, Cd	0,125 ^(a)	0,125 ^(a)	0,0015	n/a
Bario, Ba	0,125 ^(a)	0,125 ^(a)	0,05	n/a
Cromo, Cr	0,125 ^(a)	0,125 ^(a)	0,005	n/a
Selenio, Se	0,125 ^(a)	0,125 ^(a)	0,0004	n/a
Cobalto, Co	0,125 ^(a)	0,125 ^(a)	0,005	n/a

(a) El valor del parámetro es la mitad del límite de detección de un análisis de rutina.

(b) El valor del parámetro se reemplazará por el cálculo químico en el modelo.

(c) El valor del parámetro se reemplazará por el cálculo químico en el modelo.

(d) La calidad de agua del caudal del mes de agosto disminuyó hasta alcanzar los estándares de agua potable de la OMS

(e) La calidad de agua del caudal del mes de agosto, disminuyó hasta alcanzar los estándares de agua potable de la OMS

n/a = No aplicable.

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM



El procedimiento de ensayo para la celda de humedad, se considera un procedimiento de prueba más agresivo, si se le compara con la mayoría de condiciones de campo, y ha diseñado para promover la oxidación de sulfuro y la subsecuente lixiviación de metales en un periodo comparativamente corto. La información obtenida de este modo, se transforma a condiciones de escala de campo, bajo la presunción que las tasas de carga serán similares a las de las pruebas de celdas de humedad. En los botaderos, bajo condiciones de campo, existen muchos factores que limitan las tasas de oxidación. Sin embargo, los valores de carga utilizados en el modelo para fines de pronóstico, son los valores máximos obtenidos de los ensayos de celda de humedad. Por lo tanto, debe considerarse los resultados del modelamiento dentro de este contexto tan conservador. Si se pronostican valores superiores de guías ambientales específicas, éstos son efectivamente sólo pronósticos de sensibilidad potencial de los componentes específicos del Proyecto que requerirán de consideraciones de manejo adicionales para reducir sus efectos potenciales.

En base a las pruebas de laboratorio disponibles y dadas las limitaciones, se seleccionaron composiciones químicas representativas para determinar la calidad de la filtración y la escurritía. En la Tabla C9-12 se resumen los pronósticos de los datos de escurritías y filtraciones para el modelo geoquímico. Se considera que los pronósticos de calidad de agua de la Tabla C9-10 son de carácter conservador. Las predicciones indican que el contenido de cobre tiene el potencial de ser alto en las filtraciones de los materiales PGA. El valor asignado para cobre de 22 mg/l en la filtración del botadero de desmonte este, se limita a los resultados de siete celdas de prueba y refleja la información promediada de las celdas de humedad en condiciones de escala de campo, según se analizó previamente. Asimismo, las pruebas indicaron que en la filtración, se presentarían concentraciones elevadas de níquel; 2,4 mg/L en el botadero de desmonte este y 0,21 mg/l en el botadero de desmonte oeste. Sin embargo, a diferencia del cobre, el níquel evidenció una reducción comparativamente rápida en las pruebas de celda de humedad y no representaría una consideración a largo tiempo de las filtraciones de desmonte. La información de impacto en el modelo, no toma en consideración las influencias de un manejo flexible del desmonte, diseñado para limitar las condiciones de oxidación de sulfuros.



Asimismo, a la laguna del tajo y a la infiltración del relleno del tajo abierto, se les asigna un nivel de calidad de agua consistente con el tratamiento de adición de cal (Véase ítem 4.8.4). Se considera que, las condiciones de infiltración y escorrentía al post-cierre, asociadas con el tajo abierto y el desmonte PGA en el tajo, se encuentran totalmente controladas por el tratamiento con cal en el tajo, y en el modelo se emplean concordantemente los valores representativos del agua tratada con cal.

Tabla C9-12 Pronóstico de Concentraciones de las Filtraciones y Escorrentías de los Datos para el Modelo Geoquímico

Parámetro (mg/l)	Escorrentía del tajo		Pilas de material		BDE		BDO		Suelo con alteraciones	Laguna del tajo/relleno	Precipitación/ Cubierta	Plataforma de Drenaje de la Pila de lixiviación
	Filtración (PGA)	Escorrentía (NGA)	Filtración (PGA)	Escorrentía (NGA)	Filtración (PGA)	Escorrentía (NGA)	Filtración (PGA)	Escorrentía (NGA)				
Al	4,1	1,2	4,1	4,1	4,1	4,1	1,2	1,27	0,5	0,5	0	1,2
As	0,08	<0,01	0,08	0,08	0,08	0,01	<0,01	0,002	<0,05	<0,05	0	0,001
Ba	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	0,05	0,4	<0,01	0	0,05
Ca	6,1	90	6,1	6,1	6,1	2,9	90	11	85	6	0	3,7
Cd	0,2	<0,0001	0,2	0,2	0,2	0,02	<0,0001	0,001	<0,005	<0,005	0	0,0015
Cu	22	0,23	22	22	2,2	2,2	0,23	0,02	0,01	0,05	0	0,0005
Co	1,1	<0,001	1,1	1,1	1,1	0,11	<0,001	0,005	0,00015	0,2	0	0,005
Cr	0,4	<0,005	0,4	0,4	0,4	0,05	<0,005	0,004	<0,005	<0,005	0	0,005
Fe	2,0	0,005	2,0	2,0	2,0	0,5	0,005	0,83	0,6	0,01	0	0,0275
Hg	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0	0,00001
K	<0,3	10	<0,3	<0,3	<0,3	1,3	10	1,7	1,7	<0,3	0	3,0
Mg	1,2	3,1	1,2	1,2	1,2	1,6	3,1	2,6	2,3	1,2	0	3,1
Na	1,600	17	1,600	1,600	1,600	170	17	4	9,4	1,600	0	8,4
Ni	2,4	0,21	2,4	2,4	2,4	0,2	0,21	0,02	0,01	0,05	0	0,001
Se	0,4	<0,005	0,4	0,4	0,4	0,04	<0,005	0,001	<0,005	0,2	0	0,0004
SO ₄	3,600	233	3,600	3,600	3,600	390	233	46	10	2,000	0	77
Zn	4,2	0,80	4,2	4,2	4,2	0,4	0,80	0,09	0,05	0,05	0	0,01

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

Reunión de Información de Línea Base

Se agrupó la información de línea base disponible sobre las aguas superficiales y se calculó medianas mensuales tanto para las mediciones de flujo, como para la composición química en cada uno de los seis puntos de modelamiento. Luego, la información se dividió en dos épocas: época de estiaje y época de lluvias. Se agrupó las concentraciones medianas totales de metales, considerándose como disueltos los parámetros restantes. Se observó diferencias significativas en la calidad del agua entre la época de lluvias, en la que predomina la escorrentía de precipitaciones, y la época de estiaje, en la que predomina el flujo base de aguas subterráneas.

En la Figura C9-10 se presenta las diferencias de las concentraciones mensuales de conductividad de campo, total de sólidos disueltos, hierro, arsénico y sulfato.



Calidad de Agua en la Época de Lluvias

Entre la época de estiaje y la época de lluvias, existe una correlación entre el caudal y la conductividad (diagrama C9-10). Durante la época de lluvias, la conductividad es menor que durante la época de estiaje, indicando que las concentraciones disueltas son menores, en concordancia con la ocurrencia de dilución en época de lluvias, debido a la escurrentía de las precipitaciones. Esta tendencia se ve mejor ilustrada en la estación SWCH-60, ubicada en el Río Chuyuhual aguas abajo del Proyecto, (diagrama C9-10). Esta tendencia en la época de lluvias se observa en la mayoría de cationes (Ca, Mg, K y Na) y aniones (SO_4^{2-} y Cl⁻).

Sin embargo, las tendencias establecidas para metales (por ejemplo, hierro) indican que se observa concentraciones máximas durante los flujos máximos, sugiriendo que estos metales son parte de la carga en suspensión, transportada por tracción, ya sea como sedimento mineral natural u óxidos naturales re- suspendidos colectados en la cuenca durante la época de estiaje.

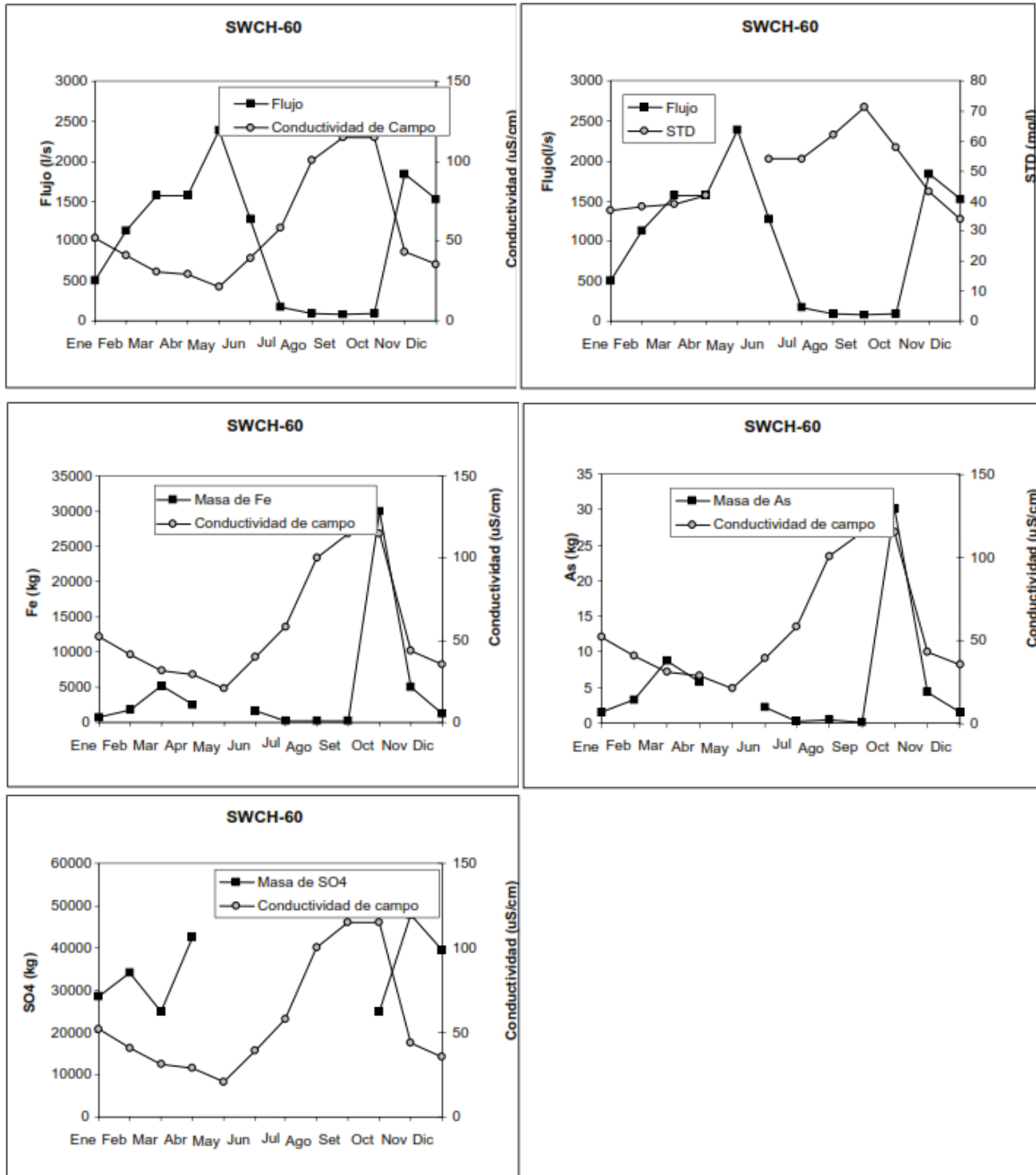
En algunos casos, se observa las concentraciones máximas de metales durante el primer evento monitoreado de época de lluvias. Este evento de “primer lavado” tiende a remover los componentes acumulados durante la época de estiaje. En el modelamiento, se representa la influencia de este evento de primer lavado, utilizando un método de mediana mensual.

Calidad del Agua en Época de Estiaje

En el caso de estaciones sobre las cuales se cuenta con información de época de estiaje, se asignó concentraciones medianas mensuales de flujo base conforme a las condiciones ambientales observadas. En las diversas estaciones de calidad de aguas superficiales, se dispone de datos sobre calidad de agua del flujo base en época de estiaje como, pH, conductividad, metales traza, nitrato, arsénico y STS. Se asignó concentraciones de línea base de arsénico, hierro, cobre y zinc, como las medianas respectivas en los eventos de monitoreo de época de estiaje.



Diagrama C9-10 Promedio Mensual de la Química de Aguas Superficiales de Línea Base y Flujo de la Estación SWCH-60



Fuente: Elaboración propia



En el caso de sulfatos, sólo se dispuso de información de línea base para la época de lluvias.

En base a la presunción de que el sulfato se incrementa durante los meses de flujo base en la época de estiaje, de manera similar que la conductividad, se aplicó un factor de corrección a la concentración de sulfato máxima observada. El factor de corrección se calcula de la siguiente manera:

Factor de Corrección (SO_4)= Conductividad Promedio (época de estiaje) / Conductividad Promedio (época de lluvias)

Calidad del Agua en los Puntos de Descarga

Se pronostica la calidad del agua de los puntos de descarga (pozas de sedimentación este y oeste, poza de limpieza), utilizando el modelo de balance de agua general, que se desarrolló para el Proyecto³. El modelo de balance de agua general incorpora el pronóstico para cada instalación de los flujos de agua relacionados con precipitaciones, aguas de reemplazo, escorrentía de aguas superficiales, evaporación y filtración. El modelo de balance de agua se desarrolló para evaluar las dinámicas áreas con perturbación, los volúmenes de desmonte y mineral procesado, y las estrategias de manejo de aguas durante la vida del Proyecto. La vida del Proyecto incluye las cuatro fases de construcción y operación de la pila de lixiviación, excavación del tajo abierto y colocación del desmonte, seguido por la rehabilitación y el cierre de las instalaciones.

El modelo se desarrolló para proporcionar el balance diario de agua a partir de los registros de precipitación y del manejo de aguas pronosticado en las instalaciones del Proyecto. En base a esta información y a los datos sobre la calidad del agua, el modelo pronostica una carga química para predecir la calidad de agua en el área del Proyecto, para cada instalación y cada cuenca. Se aplicó la carga química de cada instalación utilizando los datos de línea base de calidad del agua, la descripción del Proyecto (SNC 2003) y el informe geoquímico. Seguidamente, se utilizó la carga química para calcular las concentraciones químicas en cada punto de descarga y puntos de evaluación aguas abajo. El modelo de carga conserva la masa en todo el sistema, pero no considera las reacciones químicas. Los únicos cambios

³ El efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales no se modeló, pero se asumió concentraciones constantes de la calidad de agua de tratamiento pronosticada (Tabla C9-10).



reflejados en el modelo de carga se relacionan con los sistemas de tratamiento de aguas, que eliminan la masa química y la descomposición de cianuro en el proceso de la pila de lixiviación. Éste es un método conservador, ya que las reacciones geoquímicas como la adsorción, precipitación, disolución y degradación tienen el potencial de disminuir las concentraciones pronosticadas. Las propiedades generales de atenuación, con respecto a la infiltración desde los botaderos de desmonte, se analizan más adelante.

Cálculos

Los valores que se utilizan para pronosticar las concentraciones resultantes en aguas receptoras, son los siguientes:

- C_s – concentración en la fuente.
- Q_s – caudal en la fuente.
- C_b – concentración ambiental de fondo.
- Q_b – caudal de fondo.
- Δt – periodo de tiempo

A continuación se presenta las ecuaciones conceptuales usadas para determinar la calidad del agua:

- Masa de la fuente (M_s) = $(Q_s * C_s)\Delta t$
- Masa ambiental de fondo (M_b) = $(Q_b * C_b)\Delta t$
- Concentración en el Lugar de Evaluación (C_n) = $(M_b + M_s) / (Q_b + Q_s) \Delta t$

Definición de Fuente (C_s y Q_s)

La concentración de la fuente (C_s) y el caudal (Q_s) de las fuentes como la poza de sedimentación oeste, la poza de sedimentación este y la poza de limpieza, se definen en el modelo Goldsim®. Estos valores se presentan como concentraciones disueltas.

Caudal (Q_b)

El caudal de fondo se recopiló mensualmente. Si no hubo un valor de flujo para la época de estiaje, se utilizó como valor sustituto la mediana del flujo mensual mínimo.



Derivación de los Datos de Calidad del Agua Ambiental de Fondo (C_b)

La calidad de agua de fondo mensual en cada lugar de evaluación, se definió y analizó previamente, en base a los resultados de monitoreo de línea base. Se calculó las medianas de las concentraciones mensuales de calidad del agua para cada ubicación de evaluación durante las épocas de lluvia y de estiaje.

Periodo (Δt)

El periodo asumido para la calidad del agua es mensual, consistente con la frecuencia mensual de monitoreo de línea base mensual disponible en la mayoría de ubicaciones.

Presunciones

A continuación se hace un resumen de las presunciones adicionales que son inherentes al modelo de calidad del agua:

- El modelo hace seguimiento de las concentraciones disueltas, también la mayor parte de la composición química de las aguas del Proyecto se basa en pronósticos geoquímicos, los cuales se limitan a la fracción disuelta. Sin embargo, los criterios sobre calidad del agua receptora se expresan en términos de concentraciones totales.

- En las aguas receptoras, sólo se hace seguimiento a la fracción total de los componentes.

Lo que significa que la fracción disuelta que se descarga de los componentes del área se convierte en fracción total. Esta estimación no es conservadora, sin embargo es necesaria ya que no es factible el seguimiento de concentraciones totales en el Proyecto.

- No se toman en consideración ni el flujo, ni las masas extraídas de los cursos de agua receptores por la red de canales agrícolas.
- El incremento de la conductividad que se observa en las épocas secas proviene de iones principales, como los sulfatos incorporados del flujo base de aguas subterráneas.
- Los datos del modelo de calidad del agua incluyen promedios mensuales de caudal y calidad del agua de línea base, los que se



dividieron en dos épocas: de estiaje y de lluvias. Los datos de salida en el modelo incluyen promedios mensuales de calidad del agua (concentraciones y flujo) para la poza de sedimentación oeste, la poza de limpieza y la poza de sedimentación este, así como los límites inferior y superior, y los valores de las medianas.

4.8.4.3. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

Los criterios de clasificación se basan en los estándares de calidad ambiental establecidos, los criterios y valores guías, y los límites máximos permisibles.

Para fines de la presente evaluación, se utilizó un promedio de 12 meses o promedio anual, al comparar las concentraciones pronosticadas con los LMP antes descritos. Las evaluaciones se llevaron a cabo en los lugares de descarga de “final de la tubería” que se indican a continuación:

- Salida de la poza de sedimentación oeste que descarga al Río Negro.
- Salida de la poza de sedimentación este que descarga a la Quebrada Laguna Negra.
- Salida de la poza de limpieza que igualmente descarga a la Quebrada Laguna Negra.
- Salida de la descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales del campamento al Río Chuyuhual.

Se desconoce las distancias de mezcla o los puntos de cumplimiento de los estándares de calidad ambiental de la Ley General de Aguas hasta la presentación y revisión del EIA. Para fines de la evaluación del impacto ambiental en la calidad de agua, la Tabla C9-13 indica los lugares de monitoreo y los estándares y guías pertinentes utilizados como referencia. La Tabla C9-14 ofrece los criterios para la descripción del impacto en la calidad del agua.



Tabla C9-13 Criterios Relevantes para las Descargas y los Lugares de Monitoreo Aguas Abajo

Ubicación	Referencias
Poza de sedimentación oeste (WSP-01)	LMP
Estación SWRN-60	Ley General de Aguas -Uso I, -Uso III
Poza de sedimentación este (PSE-01)	LMP
Poza de limpieza (PP-01)	
Planta de tratamiento de aguas residuales (CSTP-01)	
Estación SWCH-50	LGA -Uso I, -Uso III, -Uso VI

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

Tabla C9-14 Criterios para la Descripción de Impactos y Puntaje Numérico de Calidad de Agua

Dirección	Magnitud	Extensión Geográfica	Duración	Reversibilidad	Frecuencia
Positiva, Negativa o Neutral para los puntos de medición	Insignificante: las descargas no causan que se superen los estándares y/o guías o valores ambientales existentes Baja: las descargas contribuyen a las condiciones ambientales existentes, pero no causan que se excedan los estándares Moderada: las descargas causen que se excedan los estándares y/o guías (si los estándares y/o guías no se excedieron anteriormente) Alta: las descargas causa que se excedan los estándares y/o guías de manera sustancial.	Local: los efectos se restringen al AEL Regional: los efectos se extienden fuera del AEL y dentro del AER Más Allá del Área Regional: los efectos se extienden fuera del AER	Corto Plazo: <2 años Mediano Plazo: de 2 a 15 años Largo Plazo: >15 años	Reversible o Irreversible	Baja: ocurre una vez Mediana: ocurre en forma intermitente (1 a 10 veces por año) Alta: ocurre frecuentemente (>10 veces por año)

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

4.8.4.4. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Se anticipa que numerosos componentes de la mina podrían generar niveles elevados de algunos parámetros. Éstos incluyen el botadero de desmonte este, el mineral con sulfuros, las pilas de material, el tajo abierto y la pila de lixiviación. Por lo tanto, para evitar o limitar impactos significativos en la calidad del agua, el Proyecto empleará, como parte de las operaciones cotidianas, medidas de mitigación, en especial el tratamiento y la recolección. De tal forma que se considerará que toda la calidad del agua generada recibió tratamiento previo a su descarga al medio ambiente para limitar los impactos en las aguas receptoras.

Las descargas de los efluentes, igualmente se limitan a los tres lugares específicos de descarga, así como a la planta de tratamiento de aguas residuales, y se podrán monitorear fácilmente para determinar el nivel y la necesidad de tratamiento. Mediante otras instalaciones (por ejemplo, pozos de desagüe y canales de colección



de filtración) se tendrá acceso al monitoreo de diversos componentes de flujo subterráneo para determinar el efecto de la descarga de filtración al ambiente y la necesidad de aplicar acciones de mitigación, de ser necesario.

4.8.4.5. PREDICCIONES DE CALIDAD DEL AGUA

En esta sección se analizan las predicciones del modelo sobre los resultados potenciales de calidad del agua asociados al desarrollo del Proyecto. El análisis se estructuró dentro del esquema de los dos cursos de agua receptores, el Río Negro/Perejil y el Río Chuyuhual en sus respectivos lugares de evaluación. Las predicciones de las concentraciones que proporcionó el modelo se refieren únicamente a los impactos potenciales y no implica que realmente se presenten valores superiores a los criterios. Las concentraciones sí sirven para indicar las áreas de sensibilidad, en las cuales se podría requerir enfocar el trabajo de manejo.

Según se analizó anteriormente, los valores de pronóstico están sujetos a las limitaciones del modelo, y los resultados deben ser considerados dentro de ese contexto. En esta etapa del Proyecto, los pronósticos se basan necesariamente en estimaciones conservadoras, que en gran parte dependen de la extrapolación de la información de laboratorio con los eventos de escala de campo. El modelo propiamente dicho es conservador, no permitiendo atenuación geoquímica, que incluye la pérdida de masa a través de los procesos de precipitación y adsorción. El modelo de mezcla se utiliza como herramienta que facilita el pronóstico de potenciales calidades del agua, contribuye a comprender el efecto y la interacción de los componentes del Proyecto y enfoca la atención en los lugares potencialmente sensibles. Asimismo, se requerirá estudios futuros para limitar la escala potencial de los problemas y las probabilidades de desarrollo de los mismos. Estos estudios indicarán la aplicación de medidas de mitigación adicionales, si fuera necesario, para reducir los impactos ambientales. Los resultados incluyen pronósticos sobre calidad del agua para concentraciones disueltas de aluminio, arsénico, cobre, hierro, níquel, zinc, nitrato, cianuro y STS de cada lugar de evaluación asignado.

Río Negro/Río Perejil

Descarga de la Poza de Sedimentación Oeste

La poza de sedimentación oeste descargará al Río Negro en el límite noroeste del área del Proyecto. El escorrentía de la cuenca del Río Negro aguas arriba de las



instalaciones, se mezcla con las aguas de la descarga de la poza de sedimentación oeste antes de su descarga. Los pronósticos sobre calidad del agua no indican valores superiores de ningún parámetro con respecto a los límites máximos permisibles (Tabla C9-15); sin embargo, sí se evidencian incrementos con respecto a las concentraciones ambientales de algunos parámetros. El agua que descarga de la poza no se somete a ningún tratamiento, salvo el beneficio de la sedimentación en la misma poza y la potencial floculación, según se requiera. No obstante, considerando que se debe cumplir con los límites máximos permisibles, la calidad del efluente se monitoreará en forma regular y de ocurrir algún exceso de valores, MBM se compromete a implementar medidas de mitigación.

SWRN-60

La estación SWRN-60 se ubica en el Río Negro inmediatamente antes de su descarga al Río Perejil y aguas abajo de la descarga de la poza de sedimentación oeste. En este lugar, se utilizan como referencia los Usos I y III (suministro para uso doméstico y uso agrícola/de ganado, respectivamente) de la Ley General de Aguas. En esta estación, las concentraciones ambientales de aluminio y hierro superan actualmente las guías de la OMS. La descarga de la poza de sedimentación oeste no degradará adicionalmente estas condiciones ya existentes. Sin embargo, el pronóstico de las concentraciones de níquel superan los estándares para Uso I (uso doméstico) (Tabla C9-16). Como se mencionó anteriormente, los estándares para de Uso I del reglamento peruano son rigurosas y la mayoría de las veces, inalcanzables. El valor que proporciona la OMS de 0,02 mg/l es más realista. Las concentraciones de níquel podrían potencialmente exceder los valores guía de la OMS para agua potable durante la época de estiaje, antes del cierre y en la fase de post-cierre de la mina. No obstante, los valores inferidos que superan los criterios se encuentran en un factor de dos de las guías de la OMS y por lo tanto, se encuentran dentro del rango potencial de los efectos de atenuación asociados los procesos de precipitación o adsorción de óxido, lo cual podría reducir las concentraciones por debajo de las guías.

Los potenciales valores de níquel superiores a los criterios se originan de la filtración del botadero oeste y dependen de la representatividad de los pronósticos geoquímicos para el desmonte. Como se mencionó anteriormente, la información de los ensayos indicaron igualmente, que las cargas de níquel contenidas en el



desmonte tendrían una duración comparativamente corta. En esta etapa del Proyecto, los pronósticos de los datos geoquímicos se consideran aproximados y conservadores. El seguimiento del trabajo geoquímico en el material destinado para el botadero oeste (ítem 4.8.4) determinará la representatividad de los pronósticos. Asimismo, el monitoreo del sitio proporcionará la información de campo, posibilitando la comparación con los pronósticos. Se prevé que los potenciales valores pronosticados superiores a los criterios no ocurran sino hasta el 2015, permitiendo tener un intervalo de tiempo para poder aplicar las estrategias de mitigación y un trabajo de seguimiento.

No se anticipa ocurran efectos por níquel aguas abajo del Río Perejil.

Quebrada Laguna Negra/Río Chuyuhual

Poza de Sedimentación Este y Poza de Limpieza

La poza de sedimentación esta colecta aguas de contacto del BDE, el tajo abierto y la pila de mineral con sulfuro. La poza fue diseñada para aguas de contacto que no requieran tratamiento químico. Las aguas de contacto que requiere tratamiento de DAR/LM se dirigirán hacia la poza de colección de DAR y de allí a la planta de tratamiento de DAR. La poza de sedimentación este y la poza de limpieza descargarán en las porciones aguas arriba de la Quebrada Laguna Negra. La descarga del vertedero de estas dos pozas cumplirá los LMP (Tabla C9-6).

Los pronósticos indican que las descargas de la poza de limpieza y de sedimentación este no excederán los límites máximos permisibles pertinentes (Tablas C9-17 y C9-18), pero incrementarán las concentraciones ambientales de algunos parámetros.

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

La calidad del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales se basa en parámetros de diseño. No se pronostica que el efluente exceda ninguno de los límites de descarga (Tabla C9-19).

SWCH-50

Este lugar de evaluación se encuentra ubicado aguas abajo de la confluencia de la Quebrada Laguna Negra y el Río Chuyuhual, la planta de tratamiento de aguas residuales del campamento y la poza de sedimentación este. Durante el periodo de



operaciones de la mina, el pronóstico del modelo indica que las condiciones futuras de calidad del agua en la estación SWCH-50 cumplirán con las exigencias de los estándares peruanos.

Sin embargo, según los pronósticos el sulfato y el cianuro total podrían superar las guías ambientales de la OMS durante el periodo de cierre, en respuesta al drenaje descendente de la pila de lixiviación (Tabla C9-20). Los valores pronosticados superiores a los criterios se basan en los índices establecidos de tratamiento y descarga, y se pueden mitigar a través de flujos de descarga menores asociados con la extensión del periodo de drenaje. Las predicciones del nivel de cianuro en el cuerpo receptor se asumen conservadoras, ya que el modelo no toma en cuenta la degradación disociación de complejos cianometálicos débiles y proceso que reducirá la concentración total en el Río Chuyuhual.

En el periodo post-cierre, el sulfato que se origine de la filtración del tajo abierto, deberá aproximarse o ligeramente exceder la norma ambiental más baja de la OMS sobre condiciones estéticas durante la época de estiaje.

Como se analiza en la Sección C6, también existe el potencial de filtración migre al basamento rocoso desde debajo del botadero de desmonte este y afecte la calidad del agua subterránea, y en consecuencia, la calidad del agua superficial. El botadero de desmonte este se diseñará para reducir el impacto en el agua subterránea, mediante recubrimiento de arcilla que fomente la escorrentía, limite la oxidación y desarrolle un sistema de drenaje que colecte la infiltración. El uso del modelo indicó que, mediante mitigación apropiada que involucra el manejo del material de desmonte, se limitará los efectos potenciales de las condiciones de lixiviación ácida de metales en el agua subterránea, de tal manera que la infiltración de desmonte no represente un problema significativo para la calidad de aguas, aguas abajo (Tabla C9-20).



Tabla C9-15 Resumen de la Potencial Calidad del Agua en la Poza de Sedimentación Oeste (Punto de Descarga)

Punto de Monitoreo	Parámetro	Límite al final de la tubería (mg/l)		Concentración Pronosticada (mg/l)			Comentarios
		Prom.	Máx.	Operación	Cierre	Post-Cierre	
Poza de Sedimentación Oeste	pH	6,0 – 9,0		n/a	n/a	n/a	El pH no se puede pronosticar por modelamiento de balance de masas. Se aplicará tratamiento de aguas, según sea necesario, para garantizar el cumplimiento al final de la tubería.
	STS	25	50	25 (promedio)	25 (promedio)	25 (promedio)	Valor asumido. Se diseñará instalaciones de sedimentación para poder cumplir con los límites de descarga y se utilizará floculación, según sea necesario, para ayudar a la sedimentación.
	Fe	1,0	2,0	0,1-0,8	0,09-0,7	0,09-0,7	
	As	0,5	1,0	<0,01	<0,01	<0,01	
	Pb	0,2	0,4	<0,2 (promedio)	<0,2 (promedio)	<0,2 (promedio)	Valor asumido. No se detectó plomo en concentraciones importantes en las pruebas de laboratorio y, por lo tanto, no se hizo modelamiento. Las descargas de la poza de sedimentación oeste cumplirán con los LMP peruanos.
	Cu	0,3	1,0	0,001-0,07	0,01-0,09	0,02-0,08	
	Zn	1,0	3,0	<0,5	<0,5	<0,5	
	CN(t)	1,0	1,0	<0,01	<0,01	<0,01	No habrá presencia de cianuro en el drenaje oeste.
	Ni	-	-	0,01-0,07	0,01-0,08	0,01-0,08	
	SO ₄	-	-	5-100	5-320	80-475	El aumento de sulfato se debe a la intemperización de la roca en el botadero de desmonte oeste y después del cierre, a la infiltración desde la laguna del tajo.
NO ₃	n/a	n/a	0,01-0,07	0,01-0,06	0,01-0,05		

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

Tabla C9-16 Resumen de la Potencial Calidad del Agua del Lugar de Evaluación SWRN-60 Aguas Abajo

Punto de Monitoreo	Parámetro	Ley General de Aguas				Concentración Pronosticada (m g/l)			Comentarios
		Uso I	OMS	Uso III	Uso VI	Operación	Cierre	Post-Cierre	
SWRN-60	pH	-	6,5-8,5	-	-	n/a	n/a	n/a	El pH no se puede pronosticar por modelamiento de balance de masas. Se aplicará tratamiento de aguas, según sea necesario, para garantizar el cumplimiento de los requerimientos al final de la tubería y prevenirlos impactos aguas abajo.
	Al	-	0,2	-	-	0,5-1	0,5-1	0,5-1	Las concentraciones elevadas de aluminio obedecen a los valores de fondo. Los valores pronosticados no se sometieron a controles geoquímicos.
	As	0,1	-	0,2	-	<0,01	<0,01	<0,01	
	Cu	1	-	0,5	-	<0,05	<0,05	<0,05	
	Fe	-	0,3	-	-	0,2-3	0,2-3	0,2-3	Las concentraciones elevadas de hierro obedecen a valores ambientales. Los valores pronosticados no se sometieron a controles geoquímicos.
	Ni	0,002 ⁽¹⁾	0,02	-	-	<0,1-0,02	0,01-0,04	0,01-0,04	Los valores están sujetos a seguimiento para determinar mejor los pronósticos geoquímicos. La atenuación reducirá los valores por debajo de la guía ambiental. Los valores se pueden confirmar mediante monitoreo. Si fue ese necesario, se podría implementar medidas de mitigación.
	Zn	5	-	25	-	<0,5	<0,5	<0,5	
	SO ₄	-	250-500	-	-	10-60	25-100	30-200	
	NO ₃	0,01 ⁽¹⁾	11,3	0,1	-	0,01-0,06	0,01-0,06	0,01-0,06	
	CN(t)	-	0,07	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	
STS	n/a	-	-	-	5-50	10-50	10-50	Las concentraciones pronosticadas se incrementan ligeramente, en comparación con los valores ambientales.	

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

(1) Las guías de Uso I se consideran bajas, por lo tanto, en su lugar se usan los estándares de la OMS.

- = No aplicable



Tabla C9-17 Resumen de la Potencial Calidad del Agua de la Poza de Sedimentación Este (Punto de Descarga)

Punto de Monitoreo	Parámetro	Límite al final de la tubería (mg/l)		Concentración Pronosticada (mg/l)			Comentarios
		Prom.	Máx.	Operación	Cierre	Post- Cierre	
Poza de Sedimentación Este	pH	6,0 – 9,0		n/a	n/a	n/a	El pH no se puede pronosticar mediante el modelamiento de balance de masas. Se aplicará el tratamiento de aguas, según sea necesario, para garantizar el cumplimiento de los requerimientos en el punto de descarga.
	STS	25	50	25 (promedio)	25 (promedio)	25 (promedio)	Valor asumido. Se diseñará instalaciones de sedimentación para poder cumplir con los límites de descarga y se utilizará floculación, según sea necesario, para contribuir con la sedimentación.
	Fe	1,0	2,0	0,2-0,7	0,2-0,9	0,03-0,2	
	As	0,5	1,0	<0,03	<0,03	<0,03	
	Pb	0,2	0,4	<0,2 (promedio)	<0,2 (promedio)	<0,2 (promedio)	Valor asumido. En las pruebas de laboratorio no se detectó concentraciones significativas de plomo en las pruebas de laboratorio y, por lo tanto, no se hizo modelamiento
	Cu	0,3	1,0	0,002-0,01	0,009-0,02	0,02-0,05	
	Zn	1,0	3,0	<0,5	<0,5	<0,5	
	CN(t)	1,0	1,0	<0,01	<0,01	<0,01	
	Ni	n/a	n/a	<0,01	<0,05	<0,05	
	SO ₄	n/a	n/a	10-60	30-250	250-500	Se pronostica el aumento de sulfato debido a la intemperización de la roca en el botadero de desmonte este y la pila de material y la infiltración desde la laguna del tajo.
NO ₃	n/a	n/a	<0,05	<0,03	<0,03		

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

Tabla C9-18 Resumen de la Potencial Calidad del Agua de la Poza de Limpieza (Punto de Descarga)

Punto de Monitoreo	Parámetro	Límite al final de la tubería (mg/l)		Concentración Pronosticada (mg/l)			Comentarios
		Prom.	Máx.	Operación	Cierre	Post- Cierre	
Poza de Limpieza	pH	6,0 – 9,0		n/a	n/a	n/a	El pH no se puede pronosticar por modelamiento de balance de masas. Se aplicará tratamiento de aguas, según sea necesario, para garantizar el cumplimiento de los requerimientos en el punto de descarga
	STS	25	50	25 (promedio)	25 (promedio)	25 (promedio)	Valor asumido. Se diseñarán instalaciones de sedimentación para poder cumplir con los límites de descarga y se utilizará floculación, según sea necesario, para ayudar a la sedimentación.
	Fe	1,0	2,0	<0,5	<0,5	<0,5	
	As	0,5	1,0	<0,02	<0,02	<0,02	
	Pb	0,2	0,4	<0,2 (promedio)	<0,2 (promedio)	<0,2 (promedio)	Valor asumido. En las pruebas de laboratorio, no se encontró concentraciones significativas de plomo y por lo tanto no se hizo modelamiento.
	Cu	0,3	1,0	<0,03	<0,03	<0,03	
	Zn	1,0	3,0	<0,05	<0,05	<0,05	
	CN(t)	1,0	1,0	<0,01	<0,01	<0,01	El circuito de lixiviación es cerrado bajo condiciones operativas normales. Durante el cierre, la planta de tratamiento de cianuro operará estacionalmente, a medida que se reduce el inventario de la solución de la pila de lixiviación
	Ni	n/a	n/a	<0,05	<0,03	<0,03	
	SO ₄	n/a	n/a	15-1,900	750-3,000	275-1,200	Se pronostica que los niveles de sulfato varíen estacionalmente, dependiendo de los aportes de la planta de tratamiento de DAR y durante el cierre de la planta de tratamiento de CN. Se pronostica que los niveles lleguen al máximo durante el cierre debido al funcionamiento de la planta de tratamiento de CN mientras que el inventario de la solución de la PL se reduce.
NO ₃	n/a	n/a	<3,0	<3,0	<3,0	Los niveles de nitrato, en las fases de cierre y post - cierre, son inciertos debido a la incertidumbre en los pronósticos de nitrato en el agua de drenaje de la PL. Durante los estudios de cierre, se investigará alternativas de tratamiento pasivo.	

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM



Tabla C9-19 Resumen de la Potencial Calidad del Agua de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Campamento (Punto de descarga)

Punto de Monitoreo	Parámetro	Límite al final de la tubería (mg/l)		Concentración Pronosticada (mg/l)			Comentarios
		Prom.	Máx.	Operación	Cierre	Post- Cierre	
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Campamento	pH	6,0 – 9,0					Se ajustar á el pH según sea necesario. No se pronostica problemas en el cumplimiento de las normas.
	STS	25	50	25 (promedio)			
	Fe	1,0	2,0	<0,3			
	As	0,5	1,0	<0,001			
	Pb	0,2	0,4	<0,1			
	Cu	0,3	1,0	<0,03			
	Zn	1,0	3,0	<0,01			
	CN(t)	1,0	1,0	<0,002			
	Ni	n/a	n/a	<0,01			
	SO ₄	n/a	n/a	<77			
NO ₃	n/a	n/a	3				

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

Tabla C9-20 Resumen de la Potencial Calidad del Agua del Punto de Evaluación SWCH-50 Aguas Abajo

Punto de Monitoreo	Parámetro	Ley General de Aguas				Concentración Pronosticada (m g/l)			Comentarios
		Uso I	OMS	Uso III	Uso VI	Operación	Cierre	Post-Cierre	
SWCH-50	pH	-	6,5-8,5	-	-	n/a	n/a	n/a	El pH no se puede pronosticar por modelamiento de balance de masas. Se aplicará tratamiento de aguas, según sea necesario, para garantizar el cumplimiento en el punto de descarga y limitar los impactos aguas abajo.
	Al	-	0,2	-	-	0,1-0,7	0,1-0,7	0,1-0,7	Se pronostica concentraciones elevadas de aluminio debido a los valores de fondo. Los valores pronosticados no se sometieron a controles geoquímicos.
	As	0,1	-	0,2	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	
	Cu ⁽²⁾	1	-	0,5	0,025	<0,001-0,007	0,002-0,008	0,002-0,015	No se espera valores superiores a los criterios pronosticados luego de la implementación de las medidas de mitigación.
	Fe	-	0,3	-	-	0,03-0,8	0,1-0,8	0,06-0,8	Se pronostica concentraciones elevadas de hierro debido a los valores ambientales. Los valores pronosticados no se sometieron a controles geoquímicos.
	Ni ⁽²⁾	0,002 ⁽¹⁾	0,02	-	0,025	<0,01-0,01	0,008-0,02	0,01-0,02	No se espera valores superiores a los criterios pronosticados luego de la implementación de las medidas de mitigación.
	Zn	5	-	25	0,13	<0,1	<0,1	<0,1	
	SO ₄ ⁽³⁾	-	250-500	-	-	10-400	120-500	60-375	No se espera valores pronosticados luego de la implementación de medidas de mitigación.
	NO ₃	0,01 ⁽¹⁾	11,3	0,1	-	0,06-0,06	0,06-0,05	0,03-0,4	
	CN(t) ⁽³⁾	-	0,07	-	-	<0,005	0,001-0,074	0,001-0,03	No se espera valores superiores a los criterios pronosticados con los cambios en la tasa de descarga del drenaje descendente, de ser necesario.
-	n/a	-	-	-	5-25	5-25	5-25	Las concentraciones pronosticadas se incrementan ligeramente en comparación con los valores ambientales.	

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

(1) Los estándares para Uso I se consideran irrealmente bajos, en lugar de ello, se utilizan los estándares de la OMS.

(2) El rango superior incluye los valores mitigados.

(3) Los valores no incluyen cambios en las tasas de descarga durante el drenaje descendente. Si el monitoreo indica un potencial problema de calidad del agua, esta tasa de descarga se puede ajustar como corresponde.

- = No aplicable

Como se indicó anteriormente, la calidad pronosticada para la filtración del botadero de desmonte este es de naturaleza conservadora. La calidad real dependerá de la



composición y la configuración del desmonte que se coloca en la instalación, el cual se podrá controlar mediante un programa para el manejo de desmonte que sea proactivo en relación con las condiciones mineras a medida que avanzan las operaciones. Se desconoce el grado actual de atenuación de metales en la sub-superficie, pero normalmente esta atenuación tiende a reducir la concentración de metales en el desplazamiento de las aguas subterráneas.

Mediante estudios adicionales (ítem 4.8.4) se reducirán las incertidumbres y se perfeccionará los pronósticos sobre las condiciones futuras de calidad del agua. Estos estudios establecerán, de manera más apropiada, el potencial de generación de acidez del desmonte y el pronóstico de concentraciones de metales en la filtración correspondiente. A partir de estos datos, se puede evaluar los efectos potenciales en la calidad del agua aguas abajo. Si estos análisis indican que existe potencial de concentraciones elevadas de cobre y níquel, entonces se puede considerar la reducción en la cantidad o la segregación del material con alto contenido de sulfuro en el botadero de desmonte este, así como otras potenciales medidas de mitigación. La segregación de materiales con alto contenido de sulfuro requerirá trabajo constante para categorizar y segregar cualquier material de desmonte que represente un problema. La segregación de materiales con alto nivel de sulfuro se ha usado en otras instalaciones para reducir las concentraciones de metal en la infiltración del desmonte.

Derrames

Se pueden presentar derrames dentro de cualquiera de las instalaciones del Proyecto y en las vías de transporte hacia el Proyecto. Los derrames pueden comprender hidrocarburos (lubricantes, combustibles) reactivos o fluidos de proceso. Cualquier derrame se mitigará usando medidas para la prevención de derrames. Así, éstos se rehabilitarán directamente y no presentarán impactos residuales potenciales. Por consiguiente, los efectos de los derrames en la calidad del agua no se analizan en detalle en esta sección de la evaluación del impacto, pero se consideran un tema de manejo de riesgo.

4.8.4.6. ANÁLISIS DEL IMPACTO

A continuación se proporcionaron los resultados de la evaluación del impacto para el Río Negro y el Río Chuyuhual. El análisis de impacto asume que las áreas de



sensibilidad de calidad del agua que identifica el modelo, se abordarán mediante las medidas de mitigación apropiadas. La Tabla C9-21 presenta los resultados del análisis de la evaluación de impactos para la Pregunta Clave SWQ-1.

Tabla C9-21 Resumen de Evaluación de Impactos para la Pregunta Clave SWQ-1

Ubicación de la Evaluación	Dirección	Magnitud	Extensión Geográfica	Duración	Reversibilidad	Frecuencia	Consecuencia Ambiental
Poza de sedimentación oeste	negativa	baja	local	largo plazo	irreversible	alta	baja
SWRN-60	negativa	baja	local	largo plazo	irreversible	alta	baja
Poza de sedimentación este	negativa	baja	local	largo plazo	irreversible	alta	baja
Poza de limpieza	negativa	baja	local	largo plazo	irreversible	alta	baja
Planta para el tratamiento de aguas residuales	negativa	Baja	local	mediano plazo	reversible	alta	baja
SWCH-50	negativa	Baja	local	largo plazo	irreversible	alta	baja

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

Río Negro/Río Perejil

Descarga de la Poza de Sedimentación Oeste

Todos los LMP se cumplirán en la descarga desde la poza de sedimentación oeste; sin embargo, éstos incrementarán las concentraciones ambientales de algunos parámetros. Por ello, la magnitud del impacto y la consecuencia ambiental se consideraron bajas (Tabla C9-21).

SWRN-60

Tomando en cuenta las incertidumbres analizadas de las concentraciones de níquel de la filtración del botadero de desmonte oeste, la magnitud del impacto y la consecuencia ambiental de este lugar se considera baja. La mayoría de concentraciones pronosticadas son menores a las guías de referencia, pero se pronostica que ciertos parámetros se incrementarán en relación a las concentraciones de línea base (Tabla C9-21). En el caso que el monitoreo indique concentraciones de níquel que constituyan un problema, se empleará el tratamiento que sea apropiado.

Quebrada Laguna Negra/Río Chuyuhual

Poza de Sedimentación Este / Poza de Limpieza

Se pronostica que la descarga de la poza de sedimentación este y la poza de limpieza tendrá una calidad aceptable con respecto a los LMP, pero se pronostica que incrementará la concentración de línea base de algunos parámetros. Por lo tanto, la consecuencia ambiental es baja. Plantas para el Tratamiento de Aguas



Residuales Se pronostica que la descarga de las plantas de tratamiento de aguas residuales tendrá una calidad aceptable con respecto a los LMP, pero se pronostica que incrementará la concentración de línea base de los parámetros. Por consiguiente, la magnitud y la consecuencia ambiental se consideran bajas.

SWCH-50

La magnitud del impacto y la consecuencia ambiental en este lugar se considera baja, teniendo en cuenta que las concentraciones de las descargas pronosticadas para la mayoría de las instalaciones no son mayores que las guías de referencia, pero se pronostica que incrementarán las concentraciones de algunos parámetros con respecto a las concentraciones línea base (Tabla C9-21). Sin embargo, el modelamiento indica que este lugar podría ser sensible, durante la época de estiaje, a las concentraciones de cobre y níquel, debido a la potencial infiltración del botadero de desmonte este. En consecuencia, el manejo de desmonte en esta instalación recibirá particular atención para limitar la lixiviación de metales en condiciones ácidas. En el caso que el futuro monitoreo indique problemas en la calidad del agua relacionados con esta instalación, entonces se podría dar inicio a las medidas de mitigación apropiadas, como un programa de recuperación de la infiltración, durante la época de estiaje en la Quebrada Quishuara Sur y/o Quebrada Quishuara Norte, según sea apropiado. Si el monitoreo indica la presencia de concentraciones elevadas de sulfato y cianuro, según se pronosticó con el modelo, entonces se puede reducir la cantidad de drenaje desde la pila de lixiviación, tratado o adoptar otras medidas que mitiguen, de manera efectiva, esta situación.

4.8.4.7. PRONÓSTICO DE CONFIANZA

Los pronósticos sobre la composición química del agua que se basan en los estimados de complejas estructuras de ingeniería todavía a construir y las propiedades geoquímicas complejas del desmonte y del mineral son inherentemente inciertos. Las incertidumbres surgen del uso de datos de laboratorio en una masa limitada de material para pronosticar las características de millones de toneladas de material. Los pronósticos sobre las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas futuras también son inciertos, ya que se trata de sistemas naturales dinámicos. Se utiliza suposiciones conservadoras para garantizar que estas incertidumbres no tiendan a producir un pronóstico insuficiente de eventos futuros y desarrollar planes



de manejo competente, prácticas de manejo responsable y protocolos de ingeniería para la protección del ambiente, los hábitats naturales, las especies y la salud de los trabajadores en el área del Proyecto y de los grupos de interés que se ubican aguas abajo.

En el presente EIA, se usó el modelo de balance de masas (Goldsim) para pronosticar la calidad del agua y las condiciones de flujo futuras en los cuerpos de agua receptores. Los modelos son, inherentemente, aproximaciones de los procesos naturales. Como tal, el modelo se usó como una herramienta para identificar y evaluar los diversos componentes del proyecto con potencial de causar concentraciones elevadas de distintos parámetros en el futuro. Empleando esta metodología, se identificó y definió las áreas que requieren estudio adicional, el desarrollo de medidas de la mitigación que comprendan áreas potencialmente problemáticas, los estudios de seguimiento y programas de monitoreo.

Las suposiciones importantes del modelo de calidad del agua incluyen lo siguiente:

- A pesar de que los pronósticos sobre la calidad del agua se efectúan sobre la base de especies disueltas, el análisis trata las concentraciones disueltas pronosticadas como concentraciones totales para efectos de comparación con los criterios correspondientes. Ésta se considera una suposición conservadora para la época de estiaje, en condiciones de flujo bajo.
- El modelo de calidad del agua no toma en consideración el potencial de adsorción de metales de los sólidos en suspensión. En las pozas de sedimentación, y si las condiciones son favorables, se puede lograr una atenuación significativa de metales mediante adsorción. Como tal, la calidad del agua que se observa puede ser superior que la calidad del agua pronosticada. Otras reacciones geoquímicas como precipitación/disolución también podrían atenuar las concentraciones de ciertos parámetros. Tomando en cuenta que la evaluación de calidad del agua se basa en una metodología de balance de masas, no se consideran estas reacciones.
- Las reacciones geoquímicas ocurrirán en el transcurso del tiempo en los botaderos de desmonte, la pila de mineral con sulfuro y el tajo



abierto. Así, el drenaje ácido de roca y la lixiviación de metales podría no ocurrir durante varios años después de haber puesto en funcionamiento estas instalaciones. El modelo asume que los impactos pronosticados ocurren en forma inmediata, no permitiendo tolerancia para las opciones de monitoreo y manejo de mitigación.

- Algunas guías ambientales y estándares aplicables constituyen criterios muy bajos (en partes por mil millones). Tomando en cuenta las incertidumbres inherentes al modelo, es difícil pronosticar con exactitud las concentraciones con valores tan bajos. Sin embargo, los resultados son alentadores dentro del contexto del desarrollo de las opciones de mitigación preventiva para reducir el impacto en la calidad del agua.
- El monitoreo de la calidad del agua de línea base disponible, no incluyó todos los parámetros críticos durante toda la época de estiaje y la época de lluvias. En consecuencia, el análisis se deriva de la limitada información de línea base. Esto puede afectar algunos de los pronósticos cuya información es limitada.
- Todavía existen incertidumbres en cuanto al pronóstico de la calidad de la filtración del desmonte. Las propiedades de este material se definirán de manera satisfactoria mediante estudios geoquímicos adicionales.
- El uso del modelo identificó que la infiltración procedente del botadero de desmonte este es una vía sensible que afecta potencialmente la calidad del agua en la estación SWCH-50. Un pequeño volumen de agua (0,7 a 1,4 l/s) con concentraciones potencialmente elevadas de cobre podrían infiltrarse desde el sistema propuesto de canal de colección, migrar a través del basamento rocoso para descargar finalmente al Río Chuyuhual. El modelamiento confirma la sensibilidad de la calidad del agua pronosticada en SWCH-50 a esta pequeña cantidad de infiltración.
- Las concentraciones pronosticadas, que se señalan en ítem 4.8.4, asumen una concentración de sulfato de aproximadamente 6 000 mg/l



y una concentración de cianuro total de 1 mg/l en las aguas descargadas desde la planta de destrucción de cianuro durante el cierre de la pila de lixiviación. Las concentraciones efectivas dependerán de la tasa de descarga del drenaje de la pila de lixiviación, la que se puede controlar para reducir las concentraciones en respuesta al monitoreo de los efectos.

4.8.4.8. ESTUDIOS DE SEGUIMIENTO

Se pondrán en marcha estudios adicionales que aborden las incertidumbres sobre los pronósticos geoquímicos y la naturaleza conservadora de algunas suposiciones del modelo.

Estos estudios podrán incluir:

- Desarrollo de un modelo hidrológico de la laguna del tajo.
- Evaluación del comportamiento geoquímico del relleno del tajo abierto y las interacciones con la laguna del tajo al cierre. Asimismo, el perfeccionamiento de la geoquímica de la infiltración del botadero de desmonte este, posiblemente usando lisímetros de escala en el campo y el desarrollo de un modelo de infiltración más sofisticado.
- Análisis de atenuación de la infiltración en el basamento rocoso.
- La calibración de este modelo u otros modelos con los datos de monitoreo que se obtuvieron durante las operaciones.

4.8.4.9. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

El programa de monitoreo de aguas incluirá efluentes y aguas receptoras. El programa de monitoreo de calidad del agua se adaptará de acuerdo con la fase del Proyecto. Por ejemplo, durante la fase de construcción, la descarga de aguas residuales del campamento de construcción será el único punto de monitoreo de efluentes del Proyecto. Sin embargo, durante el periodo de operaciones, las estaciones de monitoreo del efluente del Proyecto incluirán tres estaciones adicionales: las descargas de la poza de sedimentación oeste, la poza de sedimentación este y la poza de limpieza.



El programa de monitoreo que se propone, aplicable a los lugares de evaluación del presente estudio de impactos, se muestra en la Tabla C9-22.

Tabla C9-22 Programa Propuesto de Monitoreo de Calidad del Agua Superficial

Estaciones	Descripción	Frecuencia	Serie/Parámetros ^(a)
Efluentes de la Mina y Descarga de Aguas Residuales			
WSP-01	Poza de sedimentación oeste	Mensual	A
PSE-01	Poza de sedimentación este	Mensual	A
PP-01	Pozas de limpieza	Mensual	A
CSTP-01	Planta para el tratamiento de aguas residuales procedentes del campamento	Mensual	B
Cuerpos de Agua Receptores del Efluente de la Mina			
SWRN-60	Río Negro antes de la confluencia con el Río Perejil	Mensual	C
SWCH-50	Río Chuyuhual después de la confluencia con Quebrada Laguna Negra	Mensual	C

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

(a) La serie A incluye: pH, STS, CN (total, WAD, libre), As (d), Cu(d), Fe(d), Pb(d), Zn(d).

La serie B incluye: pH, STS, DBO₅, FC, TC.

La serie C incluye: pH, STS, DBO₅, FC, TC, DO, CN (total, WAD y libre), As (d,t), Cd(d,t), Cr(d,t), Cu(d,t), Fe(d,t), Hg(d,t), Ni(d,t), Nitrato(d,t), Pb(d,t), Se(d,t), Sulfuro (d,t), Sulfato(d,t), Zn(d,t), fenoles, HEM, PCB, MBAS.

4.8.4.10. PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS

Los resultados del futuro monitoreo de calidad del agua durante y después de las operaciones podrían indicar la necesidad de optar por medidas de contingencia. Se desarrollará un plan de contingencia que identifique las medidas de rehabilitación en caso que el programa de monitoreo indique la existencia de condiciones adversas en la calidad de agua en el futuro. El modelamiento indica que las áreas potencialmente sensibles son los tramos aguas abajo del Río Negro y el Río Chuyuhual durante la época de estiaje.

Si se detectaran niveles elevados de níquel en el Río Negro en la estación SWRN-60, entonces se considerará el suministro de agua potable alternativo (es decir, LGA, Uso I), a través de derivación de aguas superficiales mediante canales o el desarrollo de fuentes de aguas subterráneas. Los canales de derivación constituyen ya una práctica común en esta cuenca hidrográfica. Los resultados de la perforación en el valle también indican que se encuentra a disposición de agua subterránea apropiada para cubrir las necesidades domésticas de pequeña escala, y que se pueden desarrollar con relativa facilidad.

En la eventualidad que el monitoreo futuro detecte concentraciones elevadas de cobre o níquel durante la época de estiaje en la estación SWCH-50, en el Río Chuyuhual (es decir, LGA Uso I y VI), entonces se iniciarán las medidas de contingencia. La contingencia comprenderá la colección y el tratamiento de aguas subterráneas contaminadas dentro de las cuencas de la Quebrada Quishuara Sur o



Quishuara Norte. Estas medidas de contingencia servirán para evitar la migración de aguas subterráneas con potencial de impacto, desde el botadero de desmonte este hasta los cursos de agua aguas abajo.

Estas potenciales medidas de contingencia corresponden al contexto del EIA. Estas medidas demuestran que se encuentran a disposición estudios sobre opciones flexibles de mitigación, opciones para el manejo operativo, programas de monitoreo y seguimiento, y que MBM implementará, de considerarlo apropiado, para garantizar la calidad aceptable del agua en los cursos de agua receptores.

4.8.5. Pregunta Clave SWQ-2: Sólidos en Suspensión

Pregunta Clave SWQ-2 es: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en los niveles de sólidos en suspensión en los cursos de agua receptores?

Los sólidos en suspensión constituyen un aspecto crítico en lo que respecta a la calidad del agua superficial por dos razones. En primer lugar, los altos niveles de sólidos en suspensión en los cursos de agua receptores pueden perjudicar la vida acuática, causar problemas de sedimentación, y en general, degradar la calidad del agua. En segundo lugar, muchos productos químicos potencialmente críticos se pueden transportar en un curso de agua junto con sólidos en suspensión. Los ejemplos incluyen metales y ciertos agentes contaminantes orgánicos.

Es posible que se presenten niveles elevados de sólidos en suspensión como resultado de las actividades de construcción, que incrementan la escorrentía y el potencial de erosión. Las prácticas normales de construcción, como la colección de escorrentía de aguas superficiales en las pozas de sedimentación, tienen la capacidad de reducir los sólidos en suspensión hasta alcanzar niveles aceptables en los cursos de agua. Durante las operaciones, también se presentará un nivel elevado de sólidos en suspensión durante eventos de escorrentía en las instalaciones del Proyecto, que liberen cargas en suspensión a las pozas de colección y sedimentación.

4.8.5.1. EVALUACIÓN DE ENLACE

La Figura C9-9 ilustra los enlaces potenciales de esta pregunta clave. Durante la construcción cierta cantidad de escorrentía del sitio podría ingresar a los cuerpos de



agua locales antes de la construcción y puesta en operación de las pozas de sedimentación. Por consiguiente, existe la posibilidad de que se presente un incremento en las concentraciones de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua locales. Durante las operaciones, se colectará toda la escorrentía del sitio y se mantendrá en pozas antes de la descarga, a través de uno de los tres puntos de descarga. Sin embargo, los tiempos de sedimentación para partículas de diversos tamaños pueden variar, quedando en suspensión las partículas más pequeñas durante periodos mayores.

Así, durante las épocas del año en las cuales hay cantidad suficiente de escorrentía, los tiempos de retención en las pozas podrían ser relativamente cortos y se podrían descargar sólidos en suspensión en los cursos de agua locales. Considerando que existe una potencial interacción entre las actividades del sitio y las concentraciones de sólidos en suspensión en los cursos de agua locales, se propone este enlace para su consideración posterior.

4.8.5.2. MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN

Parámetros

El único parámetro apropiado en esta sección es el de sólidos totales en suspensión (STS).

Lugares de Evaluación

Los lugares de evaluación son los mismos que los que se analizó en la pregunta clave SWQ-1.

Modelamiento

La metodología de modelamiento de STS es la misma que la descrita en la pregunta clave SWQ-1. Ante la ausencia de datos de STS durante la época de estiaje, se usó la mediana del valor mensual mínimo para reunir los datos ambientales. No hubo tolerancia para la sedimentación en el curso de agua. Se asumió que los STS que descargan del área del Proyecto tendrán 25 mg/l, el valor medio anual de LMP.

4.8.5.3. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

En el caso de STS se aplican los LMP para la descarga de efluentes. Existen dos valores de LMP, un valor máximo de 50 mg/l y valor medio anual de 25 mg/l. Estos



criterios se aplican únicamente a los lugares para la evaluación de efluentes de la poza de sedimentación oeste, la poza de sedimentación este y la poza de limpieza. El resto de los puntos de evaluación se comparó con los valores de línea base.

4.8.5.4. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Las medidas de mitigación potenciales comprenden las mejores prácticas de manejo para el control de la erosión en el área del Proyecto. Las prácticas de mantenimiento operativo garantizarán que todos los clarificadores y las pozas de sedimentación que se ubican en el área del Proyecto funcionen en forma efectiva y óptima. Se podrá incorporar agentes coagulantes a las pozas para reducir la carga de sedimentos en suspensión, reduciendo así el impacto en las aguas receptoras. Se asume que durante eventos de precipitación normales, estas medidas de mitigación y las mejores prácticas de manejo permitirán a la mina cumplir con los LMP. Sin embargo, se admite que grandes eventos de precipitación podrían incrementar en forma temporal la carga en suspensión del efluente de la mina.

4.8.5.5. RESULTADOS

Río Negro/Río Perejil

Para efectos del modelo de calidad del agua, se asumió que la poza de sedimentación oeste descargó STS a una tasa constante de 25 mg/l, cumpliendo el LMP media anual. La influencia de los STS se divide entre la descarga de la poza de sedimentación oeste y los valores de línea base en el resto de lugares de evaluación. Las concentraciones pronosticadas de STS fueron aproximadamente el doble, en promedio, de los valores de línea base en la estación SWRN-60.

Quebrada Laguna Negra/Río Chuyuhual

Asumiendo que se asignó un valor constante de 25 mg/l a las descargas de la poza de sedimentación este y las pozas de limpieza en las plantas para el tratamiento de aguas residuales. Los STS pronosticados fueron aproximadamente dos veces mayores que las condiciones de línea base durante la época de estiaje que se reportaron en SWCH-50, pero cercanos a los valores de línea base al inicio de la época de lluvias.



4.8.5.6. ANÁLISIS DEL IMPACTO

La Tabla C9-23 resume la evaluación del Río Negro/Río Perejil y Quebrada Laguna Negra/Río Chuyuhual. Las consecuencias ambientales se resumen del siguiente modo:

- Puntos de efluente (poza de sedimentación este, poza de limpieza, poza de sedimentación oeste y plantas para el tratamiento de aguas residuales) – insignificante.
- Puntos de evaluación aguas abajo (estaciones SWCH-50, SWRN-60) – bajo.

Tabla C9-23 Resumen de la Evaluación del Impacto de la Pregunta Clave SWQ-2 (Río Negro/Río Perejil)

Punto de Evaluación	Dirección	Magnitud	Extensión Geográfica	Duración	Reversibilidad	Frecuencia	Consecuencia Ambiental
Pozas de sedimentación oeste, este, poza de limpieza, plantas para el tratamiento de aguas residuales	neutral	Insignificante: las descargas no causan que se superen las guías o condiciones ambientales existentes	Local: el punto de evaluación se ubica en el límite del área del Proyecto	Mediano plazo: sólo durante las operaciones	Reversible	Alta	Insignificante
SWRN-60 SWCH-50	Negativo: los impactos perjudican la calidad del agua	Baja: la descarga contribuye ligeramente a las concentraciones de STS	Local: el efecto se restringe al AEL	Largo plazo: el efecto se extiende durante operaciones, cierre y post-cierre	Reversible: el agua se puede tratar mediante otras opciones de mitigación	Mediana: el efecto ocurre en forma intermitente	Baja

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

4.8.5.7. ESTUDIOS DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

El monitoreo de STS continuará en forma mensual o trimestral durante la construcción, operación y el cierre. La frecuencia se puede reducir a una vez por año, durante el post-cierre y reducirse aún más, una vez se haya establecido una tendencia consistente.



CAPITULO V

RIESGOS NATURALES

5.0. INTRODUCCIÓN

Esta sección del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Alto Chicama (el Proyecto) proporciona información acerca de la evaluación de impactos relacionados a los riesgos naturales. La información presentada incluye:

- Las características relacionadas con los riesgos naturales en el Área de Estudio Local (AEL) y en el Área de Estudio Regional (AER) (mapa C1-2)
- La descripción de la ocurrencia de sismos en un radio de 400 km alrededor del Proyecto;
- El método y los resultados de la evaluación de impactos.
- Las medidas propuestas para mitigar los impactos.

Los riesgos naturales considerados en el EIA incluyeron aquellos asociados a sismos, deslizamientos, flujo de escombros, inundaciones y actividad volcánica. Considerados en las etapas de construcción, operación, cierre y post-cierre. Los riesgos naturales potenciales que conciernen al Proyecto son la ocurrencia de sismos, deslizamientos e inundaciones (flujo de escombros). La evaluación consideró dos aspectos fundamentales:

- Los efectos de estos fenómenos en las instalaciones del Proyecto (por ejemplo, falla de las instalaciones).
- El incremento potencial de los riesgos naturales debido a cambios producidos por el Proyecto.

Los efectos directos del Proyecto sobre las formas del terreno no están considerados en esta sección. Estos efectos son descritos en Cap. II, la cual también incluye la evaluación del incremento del riesgo de deslizamientos debido a los cambios fisiográficos, ocasionados por las actividades del Proyecto.



5.1. RIESGO DE DESLIZAMIENTOS, FLUJO DE ESCOMBROS Y ACTIVIDAD VOLCÁNICA

De acuerdo al estudio fisiográfico se ha encontrado que el Área de Estudio Local (AEL) del Proyecto, de alrededor de 110 km², es estable (Ver Cap. II). Las diferentes unidades fisiográficas en el AEL no presentan erosión significativa. Sólo los bancos de los ríos principales y las áreas alrededor de los cauces activos presentan niveles marcados de inestabilidad geomorfológica.

Los riesgos naturales asociados a las características fisiográficas incluyen deslizamientos y flujos de escombros. No existe evidencia histórica conocida de deslizamientos masivos en el AEL. Sin embargo, existen derrumbes localizados, producidos principalmente por erosión fluvial en la base de los taludes, caídas menores de rocas en los taludes naturales empinados, así como también a consecuencia de la actividad humana (minería y construcción de carreteras).

No se identificaron zonas de huaycos, depósitos aluviales, o actividad volcánica reciente en el AEL.

5.2. RIESGO DE INUNDACIONES

Los lagos ubicados en el AEL son estables (Cap. II). Como resultado de la glaciación Andina que ocurrió durante el Período Pleistoceno, la mayoría de los lagos en el área son de origen glacial. Aunque el área ahora presenta un clima templado y no existen glaciares, la glaciación fue responsable de la mayor parte de los procesos geomorfológicos del área (Cap.IV). Dado que los glaciares han desaparecido, actualmente la única fuente de recarga de los lagos es la precipitación. La lluvia produce un incremento en el volumen de los lagos, pero debido a la situación estable de los lagos y los cursos de agua asociados, el riesgo de inundación como consecuencia del rebose es mínimo.

5.3. EVALUACIÓN DE IMPACTOS

5.3.1. DIAGNÓSTICO DE TEMAS CLAVE

Los temas clave que pueden afectar la fisiografía del área, o que pueden ser afectados por los riesgos naturales, fueron identificados en los Términos de Referencia (MBM 2003^a) y son los siguientes:



- Inestabilidad de las pendientes como resultado de la construcción de la mina e infraestructura relacionada;
- Riesgo de inundaciones generadas por la construcción de diques, o por la elevación de diques naturales.
- Efectos potenciales de un movimiento sísmico en las instalaciones del Proyecto.

Los riesgos naturales adicionales que pueden afectar las instalaciones o al personal del Proyecto son las tormentas eléctricas e incendios. Si bien estos efectos son importantes desde una perspectiva de seguridad y salud, es poco probable que éstos tengan un efecto fuera del área del Proyecto, y por lo tanto, no son evaluados en el EIA.

Durante las consultas públicas se trató acerca de los posibles efectos de un sismo en las instalaciones del Proyecto, así como sobre la estabilidad de los taludes luego del cierre.

5.3.2. PREGUNTA CLAVE

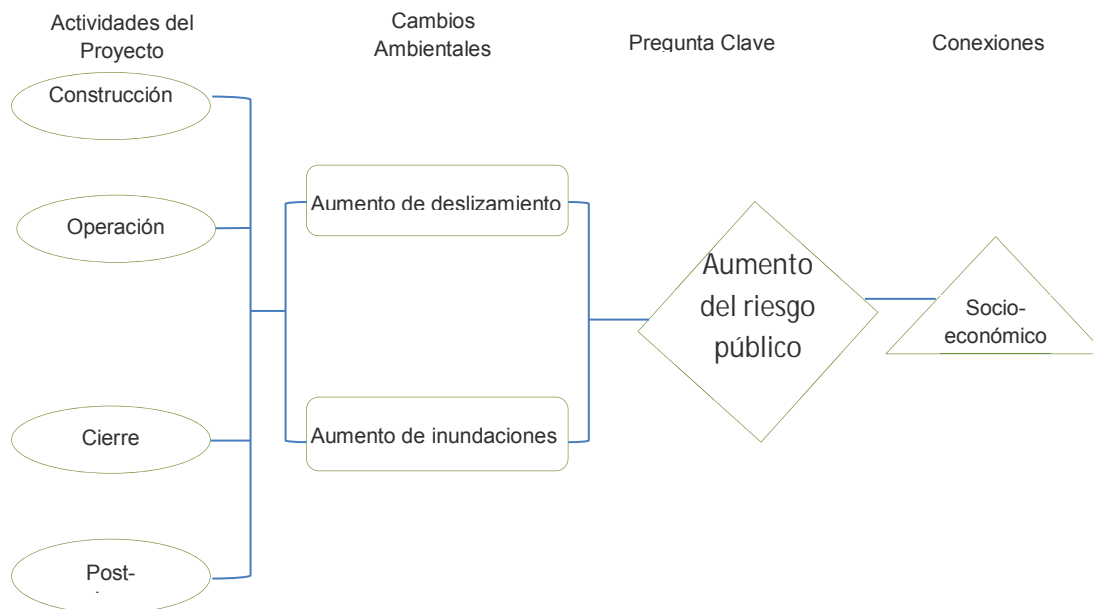
Pregunta Clave RN-1: ¿Son los riesgos de peligros naturales al público incrementados como resultado del Proyecto Alto Chicama?

5.3.2.1. EVALUACIÓN DE ENLACES

El Diagrama de Enlace (diagrama C7-4) muestra un posible incremento del riesgo público por efecto de los riesgos naturales. Los posibles efectos a la infraestructura pública o a los recursos naturales en el área como resultado de los riesgos naturales en el Proyecto (instalaciones) podrían afectar la economía y/o estilo de vida de las poblaciones vecinas. Por ejemplo, una inundación inducida por el Proyecto podría afectar la capacidad del uso de las tierras aguas abajo, así como a las actividades económicas de las poblaciones vecinas.



Diagrama C7-4 Diagrama de Enlace Riesgos Naturales



Fuente: Elaboración propia

5.3.2.2. MÉTODOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Para la evaluación de riesgo sísmico sólo se han considerado las instalaciones principales: el tajo abierto, los botadores de desmonte, la pila de mineral sulfuroso y las instalaciones de la pila de lixiviación. La estabilidad de estas instalaciones ha sido evaluada debido a la magnitud del efecto que ocasionaría su falla. La evaluación toma en cuenta los criterios de diseño y considera los efectos de posibles eventos sísmicos en el área. La consecuencia de estos efectos considera la magnitud potencial del evento así como su probabilidad de ocurrencia.

Se enfocó la evaluación en los riesgos naturales que presentan la mayor probabilidad de ocurrencia en el AEL. La evaluación de riesgos naturales incluye sismos, deslizamientos e inundaciones. La evaluación ha considerado condiciones de estabilidad estática (sin carga sísmica) y condiciones pseudo-estáticas (considerando carga sísmica).

Criterios para la Descripción del Impacto

Los impactos residuales de los riesgos naturales han sido clasificados usando criterios de cuantificación para determinar las consecuencias ambientales. Cada uno de los impactos es primeramente descrito en términos de los siguientes



criterios: dirección, magnitud, extensión geográfica, duración, reversibilidad y frecuencia (Tabla C7-4).

La dirección de un impacto puede ser positiva, neutral o negativa con respecto a la pregunta clave (por ejemplo: una disminución del riesgo de deslizamientos podría ser clasificado como positivo, mientras que un incremento sería negativo).

Tabla C7-4 Descripción de la Clasificación de la Magnitud de Riesgos Naturales

Dirección ^(a)	Magnitud ^(b)	Extensión Geográfica ^(c)	Duración ^(d)	Reversibilidad ^(e)	Frecuencia ^(f)
positivo, negativo o neutral	<p>Insignificante: si los resultados de un evento son mínimos y no hay efectos fuera del área del Proyecto</p> <p>Bajo: si los resultados de un evento no afectan las estructuras fuera del Proyecto, pero si hay un efecto fuera de estas instalaciones</p> <p>Moderado: si los resultados de un evento afectan otras instalaciones del Proyecto o recursos naturales en el AEL</p> <p>Alto: si los resultados de un evento afectan la infraestructura pública o recursos naturales fuera del AEL</p>	<p>Local: efecto restringido al AEL</p> <p>Regional: el efecto se extiende fuera del AEL hasta el AER</p> <p>Fuera del área Regional: el efecto se extiende fuera del AER</p>	<p>Corto plazo: menos de 2 años</p> <p>Mediano plazo: entre 2 y 12 años</p> <p>Largo plazo: más de 12 años</p>	Reversible o Irreversible	<p>Baja: ocurre una sola vez durante el Proyecto y esporádicamente después del proyecto</p> <p>Media: ocurre intermitentemente</p> <p>Alta: ocurre continuamente</p>

Fuente: Elaboración propia

(a) Dirección: efecto positivo o negativo para medir los puntos finales

(b) Magnitud: grado del cambio.

(c) Extensión geográfica: área afectada por el impacto

(d) Duración: lapso durante el cual ocurre el efecto ambiental

(e) Reversibilidad: el efecto en el recurso puede o no puede ser corregido

(f) Frecuencia: con qué frecuencia ocurre el efecto ambiental

La magnitud es una medida del grado de cambio con respecto al punto final (por ejemplo, la extensión en la cual un evento podría afectar las estructuras dentro y fuera del Proyecto). La magnitud se clasifica en insignificante, baja, moderada y alta. La categorización de la magnitud del impacto (es decir: insignificante, baja, moderada o alta) se basa en una serie de criterios, conceptos ecológicos y en el criterio profesional.

La extensión geográfica se refiere al área afectada por el impacto y se clasifica como local, regional o fuera del área regional. El método para definir los efectos geográficos producidos por los impactos varía, dependiendo si el riesgo natural está impactando al Proyecto (por ejemplo: un sismo regional), o si el Proyecto incrementa el área potencial afectada por un riesgo natural (por ejemplo: el deslizamiento de un talud al lado de una vía del Proyecto). La duración se refiere al lapso durante el cual puede ocurrir un impacto. La reversibilidad es un indicador del potencial de recuperación después de un evento de riesgo natural (impacto).

La frecuencia de impactos estará en relación a la probabilidad de ocurrencia, puede ser baja si es factible que ocurra una sola vez durante la operación del Proyecto, o



esporádicamente después del cierre; media si ocurre en forma intermitente, y alta si ocurre continuamente.

Consecuencia Ambiental

La consecuencia ambiental es una propiedad general asociada con un impacto y es una función de la magnitud, duración y extensión geográfica. El nivel de incertidumbre científica es en algunos casos lo suficientemente alto, que no se puede estimar la consecuencia ambiental con un suficiente grado de confianza. Los niveles indeterminados de confianza, se acompañan con recomendaciones de investigación o monitoreo para proporcionar más datos en el futuro.

5.3.2.3. MITIGACIÓN

Las medidas de mitigación para evitar impactos en las instalaciones del Proyecto debido a riesgos naturales fueron desarrolladas en los criterios de diseño de las instalaciones. Los siguientes criterios han sido considerados para el Proyecto a fin de evitar impactos.

Canales de Drenaje

Los canales de drenaje del Proyecto han sido diseñados para llevar con seguridad la escorrentía generada por un evento de 24 horas con un período de retorno de 100 años. Se ha aumentado un borde libre de contingencia adicional en el diseño de los canales para el evento de 100 años. Los canales tienen una pendiente que limita la velocidad del flujo, a fin de reducir el potencial de erosión en la base del canal.

Los efectos potenciales sobre el clima causados por el Fenómeno del Niño, los cuales podrían incrementar el régimen de precipitación en el área, han sido incluidos en el análisis para definir los parámetros de diseño del Proyecto.

Pozas

Todas las pozas de almacenamiento de agua (las pozas de sedimentación, la poza de colección de DAR y la poza de limpieza), el reservorio de agua fresca y el embalse de Laguna Negra han sido diseñadas para evitar el riesgo que los diques fallen por el desborde del agua. Los aliviaderos para el rebose de la poza han sido diseñados para conducir con seguridad la escorrentía generada por la mitad del



valor de la precipitación máxima probable (PMP) en condiciones de capacidad máxima de la poza.

Botaderos de Desmonte, Pila de Lixiviación y Pila de Mineral Sulfuroso

Los análisis de estabilidad se realizaron usando el programa SLOPE/W 4,0; programa comercial de cómputo, disponible en el mercado (Geoslope 2000). Se utilizó el Método de Bishop Simplificado (Bishop 1955) para determinar la superficie de falla menos estable utilizando una rutina de búsqueda de la superficie crítica, por ejemplo: para cada modo de falla, el programa itera a través de una variedad de superficies de falla para determinar la superficie que tiene el factor de seguridad mínimo, también conocida como la superficie crítica.

El criterio de diseño del estudio de factibilidad ha considerado en forma conservadora el evento sísmico máximo creíble (SMC), como base para todas las evaluaciones de estabilidad antes del cierre, que incorporan condiciones de carga sísmica. El SMC se define en teoría como el sismo más intenso posible para la región. Los análisis de estabilidad de los taludes utilizados para evaluar las condiciones de carga sísmica durante las operaciones, usaron un sismo de probabilidad de ocurrencia más alta, el sismo base de operación (SBO), definido como el sismo con un intervalo de recurrencia en el orden de un evento cada 475 años.

El coeficiente pseudo-estático para el análisis de estabilidad fue desarrollado en base al estudio sísmico de Hidroenergía (1997) para la Mina Pierina ubicada en Huaraz, Ancash. Este estudio sísmico concluyó que la Aceleración Máxima del Suelo (AMS) en el área correspondiente a un evento con un período de retorno de 1 en 475 años es de 0,37 g. La AMS para el evento sísmico máximo creíble (SMC) es de 0,44 g. Para los taludes operacionales del botadero de desmonte este (BDE), botadero de desmonte oeste (BDO) y pila de mineral sulfuroso el análisis pseudo-estático incorporó una aceleración de 0,18 g la cual es el 50 por ciento de la aceleración de diseño horizontal de 0,37 g, en concordancia con el protocolo geotécnico convencional para establecer el coeficiente pseudo-estático. Para los taludes de largo plazo (cierre) del BDE, BDO y pila de mineral sulfuroso, el análisis pseudo-estático incorporó una aceleración de 0,22 g, la cual es el 50% de la aceleración máxima del suelo (AMS) durante el sismo máximo creíble (SMC) de 0,44 g.



5.3.2.4. RESULTADOS

Los riesgos por los efectos de los deslizamientos e inundaciones son mínimos. El AER está ubicado en la parte más alta de las cuencas de Perejil y Chuyuhual. Las instalaciones del Proyecto no atraviesan ningún cuerpo de agua con grandes áreas de captación que podría crear condiciones de inundación. Los lagos existentes en el AEL son estables (Cap. II) y por lo tanto no presentan ningún riesgo de inundaciones.

Debido a que las instalaciones están ubicadas en la zona alta del terreno donde las pendientes son cortas y onduladas, el riesgo de deslizamientos significativos es bajo.

Para los taludes de largo plazo asociados a los botaderos de desmonte, el análisis de estabilidad de los taludes finales indica factores mínimos de 2,20 y 1,29 para condiciones de estabilidad estática y pseudo-estática, respectivamente. Similarmente, para la instalación de la pila de lixiviación, se obtuvieron valores de 1,39 y 0,95 para condiciones de estabilidad estática y pseudo-estática. Para la pila de mineral sulfuroso, se aplicaron factores de seguridad de 1,64 y 1,06 para condiciones de estabilidad estática y pseudo-estática.

Este análisis de estabilidad muestra que todas las superficies de desplazamiento críticas tendrán factores de seguridad más altos que los valores mínimos determinados por el criterio de diseño y las guías basadas en riesgo. Dado que no se ha terminado con el diseño final de las instalaciones, las propiedades geotécnicas del suelo asumidas para este análisis son conservadoras y serán refinadas con los datos de campo y resultados de ensayos de laboratorio. Aún más, el método de equilibrio límite usado para el análisis pseudo-estático es de naturaleza conservadora. Así, todos los factores de seguridad pseudo-estáticos son más altos que uno; por lo tanto, no se espera ningún desplazamiento de los taludes durante el sismo máximo creíble en el área.

5.3.2.5. ANÁLISIS DE IMPACTOS RESIDUALES

Impactos Residuales para RN-1: ¿Son los riesgos de peligros naturales al público incrementados como resultado del Proyecto Alto Chicama?



Dirección	: negativa
Magnitud	: insignificante
Duración	: largo plazo
Reversibilidad	: sí
Frecuencia	: baja
Consecuencia Ambiental	: insignificante

La dirección es negativa porque cualquier efecto que pudiera existir va a incrementar el riesgo público. Los resultados del análisis de estabilidad mostraron que no existirá ningún tipo de desplazamiento en los taludes finales, durante el sismo máximo creíble para el área. Esto es, no habrá ningún efecto más allá del límite de las instalaciones, y como se define en la clasificación, la magnitud es considerada insignificante.

La extensión geográfica será local, ya que los efectos posibles no tienen consecuencias fuera de las instalaciones del Proyecto. La duración de los impactos es de largo plazo dado que las estructuras serán formas de largo plazo en el paisaje del área del Proyecto. Los impactos posibles originados desde las instalaciones principales, tales como los botaderos de desmonte, no son reversibles porque van a ser características permanentes del paisaje luego del cierre.

Finalmente, la frecuencia es baja porque si bien es posible la ocurrencia de un movimiento sísmico, éste no es común.

El nivel de confianza asociado a las predicciones de fallas potenciales de taludes es alto, debido a la naturaleza de los métodos de evaluación de estabilidad usados y a las propiedades geotécnicas del suelo/materiales asumidos para la evaluación.

5.3.2.6. MONITOREO

No se ha propuesto un monitoreo específico para los riesgos naturales. La integridad de las instalaciones del Proyecto serán monitoreadas como un componente rutinario del programa de monitoreo de las operaciones.



CAPITULO VI

SUELOS - DESCRIPCION AMBIENTAL DEL PROYECTO

6.0. SUELOS

6.1. INTRODUCCIÓN

El Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Alto Chicama, presenta información sobre la evaluación de los impactos en el recurso suelo durante las etapas de construcción, operación y cierre.

- 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.
- Las medidas de mitigación y monitoreo para reducir los efectos del Proyecto en el recurso suelo.

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 y en el Cap. IV 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.

6.2. RESUMEN DE LA LINEA BASE

6.2.1. METODOLOGÍA

6.2.1.1. 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.

6.2.1.2. 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.

6.2.1.3. 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.

6.2.1.4. 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.

6.2.2. SUELOS DEL ÁREA DE ESTUDIO LOCAL

6.2.2.1. 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 el mapa 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, fuertes 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 del 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. 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 Endoaquept	Lagunillas
	Orthents	Ustorthents	Aqueic Ustorthents	Toro
			Lithic Ustorthents	Saucó 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

Fuente: Elaboración propia

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 (mapa 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 (mapa 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 la presente tesis 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 (mapa 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	%
Consociaciones			
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 Saucó (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
Subtotal			75,6
Asociaciones			
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
Subtotal			24,4
Total		10 998^(a)	100

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

(a) 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 entre la Laguna Pozo Hondo y Laguna Negra, así como cerca a El Sauco (mapa 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 Angeles (LA)	80	extremadamente ácido	muy baja	alta a baja
Saucu (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

Fuente: Elaboración propia

6.2.2.2. 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 el mapa 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, 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	26,52	<0,05	29,50	8,75	15,00	0,47	26,75	0,48	Qu - AM
	M2	0,15 - 0,35	21,85	<0,05	36,13	9,25	33,75	2,50	42,75	1,08	
ME-02	M1	0,0 - 0,15	16,41	0,63	31,88	8,63	16,25	0,17	27,88	0,34	SL
	M2	0,15 - 0,35	29,50	0,75	39,13	6,13	32,50	0,09	32,63	0,28	
ME-03	M1	0,0 - 0,40	20,12	1,50	80,63	33,38	55,00	0,07	34,00	0,41	Ca
	M2	0,40 - 0,55	42,08	2,25	163,50	79,13	40,00	0,33	26,25	0,63	
ME-04	M1	0,0 - 0,30	21,43	1,50	59,50	16,13	37,50	0,15	27,13	0,59	Sa
	M2	0,30 - 0,45	6,25	1,50	97,38	21,25	67,50	0,05	33,00	0,23	
ME-05	M1	0,0 - 0,35	19,10	2,38	22,75	53,50	7,50	0,20	62,38	0,49	LA
	M2	0,35 - 0,45	59,34	1,25	69,50	14,63	2,50	0,61	83,75	0,81	
ME-06	M1	0,0 - 0,90	35,33	1,38	56,25	14,50	8,75	0,09	98,13	0,66	Qu
	M2	0,90 - 1,10	46,36	1,38	133,13	14,50	6,25	0,05	145,75	0,88	
ME-07	M1	0,0 - 0,40	27,27	4,50	235,13	12,63	7,50	0,12	110,25	2,95	Qu
	M2	0,40 - 0,50	59,27	4,13	880,50	13,50	7,50	0,07	331,50	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	13,73	1,38	111,13	19,50	8,75	0,03	46,50	0,30	
ME-09	M1	0,0 - 0,20	71,34	2,38	71,63	82,00	6,25	0,23	160,13	3,30	Tr
	M2	0,20 - 0,70	85,70	2,00	92,50	48,25	7,50	0,40	242,00	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	23,67	0,75	63,00	19,00	8,75	0,11	7,50	0,65	Qu
	M2	0,45 - 0,65	40,05	1,50	94,25	18,13	7,50	0,09	35,88	0,50	
ME-12	M1	0,0 - 0,05	17,91	0,75	47,00	16,75	10,00	0,10	17,50	1,01	Qu
	M2	0,05 - 0,25	20,53	1,88	73,88	19,88	5,00	0,09	22,25	0,19	
	M3	0,25 - 0,40	38,80	<0,05	45,14	10,50	3,61	0,15	51,48	1,86	
ME-13	M1	0,0 - 0,30	9,02	1,88	78,38	12,50	7,50	0,18	8,50	0,49	Qu
	M2	0,30 - 0,45	8,64	2,00	78,13	13,75	3,75	0,10	15,13	0,16	
ME-14	M1	0,0 - 0,40	9,00	1,88	29,50	15,88	17,50	0,05	12,50	0,28	Vz
	M2	0,40 - 0,70	14,69	1,50	30,25	15,38	12,50	0,09	2,00	0,53	
ME-15	M1	0,0 - 0,05	39,18	1,63	25,50	21,50	35,00	0,07	9,00	0,53	Vz
	M2	0,05 - 0,20	7,61	2,13	17,63	30,25	55,00	0,03	8,75	0,43	
ME-16	M1	0,0 - 0,15	76,90	0,88	13,13	8,25	28,75	1,36	26,50	0,94	Qu
	M2	0,15 - 0,30	113,04	<0,05	11,75	10,00	38,75	2,15	55,38	1,00	
ME-17	M1	0,0 - 0,10	46,64	1,00	11,75	10,25	5,00	0,30	26,88	0,19	Qu - AM
	M2	0,10 - 0,25	39,89	1,13	4,88	4,38	6,25	0,53	35,75	0,28	
ME-18	M1	0,0 - 0,25	19,43	<0,05	13,38	6,88	3,75	0,03	149,13	1,91	Qu
	M2	0,25 - 0,35	36,56	<0,05	13,38	5,38	3,75	0,05	196,38	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	15,92	1,13	83,00	15,25	5,00	0,11	27,00	0,89	LA
	M2	0,35 - 0,40	14,20	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	26,28	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	14,99	0,88	103,13	13,25	3,75	0,05	25,75	0,64	
ME-23	M1	0,0 - 0,50	32,45	<0,05	5,50	16,00	22,50	0,27	18,88	0,76	LN - AM
	M2	0,50 - 0,65	129,59	0,75	8,88	31,38	38,75	0,46	29,13	0,49	
ME-23	M1	0,0 - 0,35	44,31	1,38	18,50	21,88	2,50	0,11	143,50	1,23	LN - AM
	M2	0,35 - 0,50	28,84	1,38	15,38	16,25	1,25	0,05	127,25	2,69	
ME-23	M1	0,0 - 0,25	44,53	<0,05	17,88	8,63	<0,10	0,04	74,63	1,16	LA
	M2	0,25 - 0,40	39,44	0,75	22,25	12,38	<0,10	0,05	82,50	2,01	
Promedio			31,3	1,4	74,4	18,3	15,1	0,3	57,6	1,0	-
Media			23,7	1,4	59,5	14,1	7,5	0,1	27,9	0,6	-
Máximo			129,6	4,5	880,5	82,0	67,5	2,5	331,5	4,2	-
Mínimo			1,1	0,6	4,9	4,4	1,3	0,0	2,0	0,2	-
Tierra Agrícola			1,2	1,4	200	63	64	6,6	70	-	-

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

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.



6.2.2.3. 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 producción⁴: cultivos intensivos o limpios (A), cultivos permanentes (C), pastos (P), producción forestal (F) y tierras de protección (X). Las tierras de protección 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.

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)	Pueden presentar una o más limitaciones de: suelo (s) drenaje (w) erosión (e) clima (c) salinidad (l) inundaciones (i)
	media (A2)	
	baja (A3)	
Tierras de cultivo permanente (C)	alta (C1)	
	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 ^(a) (X)	---	

Fuente: **Elaboración propia con datos de MBM**

(a) 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).

⁴ 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).



La capacidad de uso mayor de las tierras en el AEL (Tabla C8-6; mapa C8-3) se clasificó utilizando la información existente sobre suelos (mapa 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 ^(a)	Suelos Incluidos ^(b)	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
P total		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
F total		219	2,0
Xse	Qu, LA, Ca, LN y Vi en pendientes mayores al 50%	3 940	35,5
X	Lagunas	83	0,7
X Total		4 023	36,3
	Total	11 083^(c)	100

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

(a) La Tabla C8-3 contiene los códigos para los suelos.

(b) La ítem 6.1 contiene los códigos para las subclases.

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

6.3. EVALUACIÓN DE IMPACTOS

6.3.1. 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.

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.
- 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 el diagrama 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?

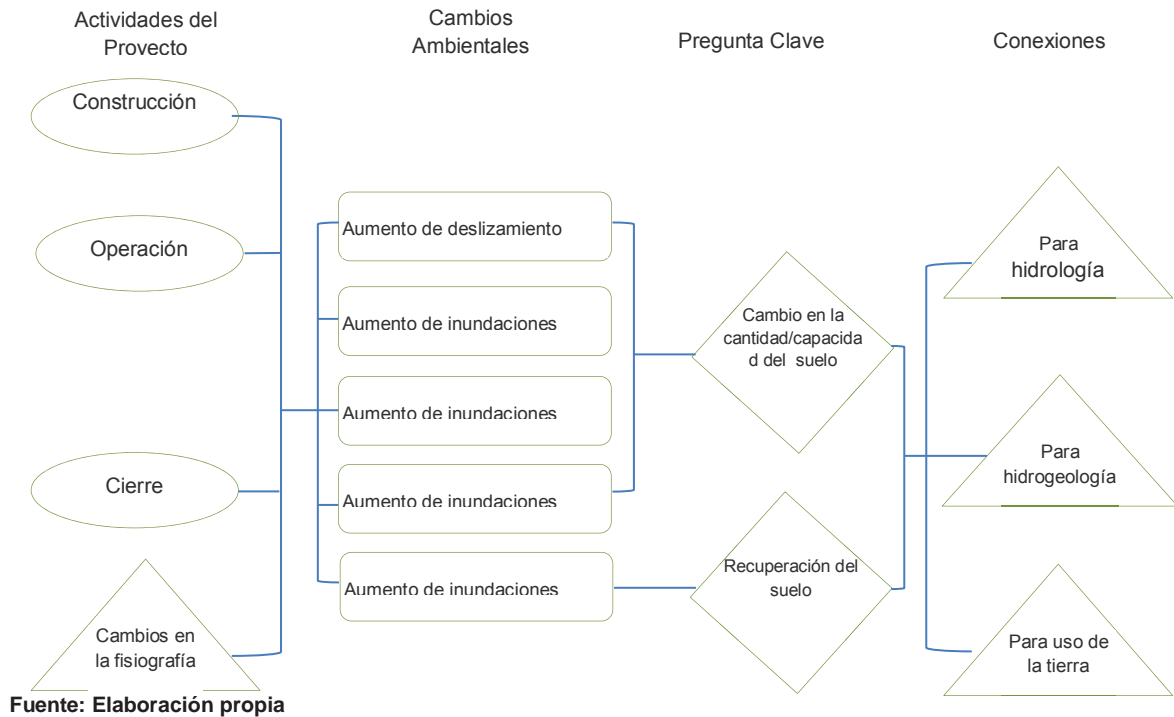
Pregunta Clave S-2: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en los suelos después del cierre?

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.



Diagrama C8-4 Diagrama de Enlace para los Suelos



6.3.2. PREGUNTA CLAVE S-1

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

6.3.2.1. EVALUACIÓN DEL ENLACE

Como se muestra en el diagrama de enlace (diagrama 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 (diagrama 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.
- 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 efectúe 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.

6.3.2.2. 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.

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

Fuente: Elaboración propia

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.

6.3.2.3. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

La evaluación de los impactos en los suelos utilizó los criterios de clasificación descritos en el ítem 1.3, 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.



6.3.2.4. 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. Se tomarán medidas para limitar los efectos de:

- La recuperación y almacenamiento del suelo superficial;
- La erosión.
- La compactación.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- Limpiar de inmediato todos los derrames y fugas.

6.3.2.5. 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 ^(a)
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	4 412
P3se	6 128	7	42 896
P3s	292	8	2 336
Total	11 082^(b)	-	52 535

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

(a) Índice de capacidad de uso = área de la subclase x factor de la capacidad de uso

(b) 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 (mapa 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 del Tipo 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
Total	52 535	4 151

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.6. 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?

- Dirección** : negativa
- Magnitud** : baja
- Extensión Geográfica** : local
- Duración** : mediano plazo
- Reversibilidad** : reversible
- Consecuencia Ambiental** : 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.

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.

6.3.2.7. 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.

6.3.3. PREGUNTA CLAVE S-2

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

6.3.3.1. 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, u 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.

6.3.3.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Los métodos fueron similares a los utilizados para la Pregunta Clave S-1 (ítem 6.3.2.2.).

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.



6.3.3.3. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

Los criterios de clasificación para evaluar los impactos son similares a los descritos para la Pregunta Clave S-1 (ítem 6.3.2.2.).

6.3.3.4. MITIGACIÓN

Las medidas de mitigación a ser implementadas en el Proyecto con relación a la Pregunta Clave S-2, 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 sulfuroso 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.

6.3.3.5. 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.

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

Instalación	Suelo superficial Necesaria (m ³)	Suelo superficial Disponible (m ³)
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
Total	1 118 400	1 580 000

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

(a) 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 ítem 6.3.3.4.

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 ($95 \times 1 = 95$ unidades del índice de capacidad de uso) y 55 ha de capacidad P3se ($55 \times 7 = 385$



unidades), haciendo un total de 480 unidades. Se pronostica 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.

6.3.3.6. 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?

Dirección	: negativa
Magnitud	: insignificante
Extensión Geográfica	: local
Duración	: largo plazo
Reversibilidad	: irreversible
Consecuencia Ambiental	: insignificante

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

Se pronostica 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).



6.4. VEGETACIÓN

6.4.1. INTRODUCCIÓN

En la presente Item del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Alto Chicama da a conocer la información sobre la evaluación de los impactos en la vegetación solicitada por el MEM. La información presentada incluye lo siguiente:

- Condiciones existentes en el Área de Estudio Local (AEL);
- Actividades relacionadas con el Proyecto que puedan afectar a las comunidades vegetales y a las especies clave.
- Inquietudes sobre la vegetación que tienen los grupos interesados y las entidades reguladoras.
- Enfoque de evaluación de los impactos y resultados para los temas clave de la vegetación.
- Monitoreo y medidas de mitigación para reducir los efectos del Proyecto en la vegetación.

Las inquietudes de los grupos interesados y de las entidades reguladoras son evaluadas en base a los efectos previstos del Proyecto con respecto a la vegetación y se toman en cuenta mediante las respuestas a la pregunta clave para este elemento. El análisis para los efectos potenciales del Proyecto en las predicciones sobre la vegetación y sus efectos se basó en los datos de línea de base sobre la vegetación (resumidos en la Sección 6.4.2). El análisis de los impactos supone la implementación de actividades de mitigación orientadas a reducir los efectos potenciales del Proyecto en las comunidades vegetales. Se recomiendan programas de monitoreo según sea conveniente para determinar la eficacia de las actividades de mitigación.

6.4.2. LÍNEA DE BASE

6.4.2.1. INTRODUCCIÓN

Las elevaciones en el AEL del Proyecto fluctúan entre los 3 500 y los 4 200 msnm. Las grandes precipitaciones y las numerosas lagunas andinas cerca del área del Proyecto ayudan a la formación de un medio ambiente húmedo. El área se extiende a ambos lados de la divisoria continental (Río Chuyuhual al este y Río



Perejil al oeste). El área se caracteriza por tener cerros ondulantes y montañas escarpadas, con terreno cortado por valles abruptos, que reflejan los patrones de erosión asociados a una geología de lecho rocoso. Predominan los afloramientos rocosos, los suelos someros y los pastos naturales.

El Área de Estudio Regional presenta elevaciones que fluctúan entre los 1 800 y los 4 300 m, y comprende una diversidad de biomas que oscilan desde estratos desérticos en las elevaciones más bajas hasta pajonales en las elevaciones más altas, con algunos estratos de vegetación mésica (es decir, matorrales húmedos y semi-húmedos) en medio de estos. Esta gradiente en la elevación afecta de manera significativa el clima y la vegetación de la región. Esta región es muy conocida por presentar climas estacionales extremos, una considerable variación diaria de la temperatura, así como su largo historial del uso de la tierra.

El pajonal es la vegetación predominante del AEL que está formado por manojos de gramíneas, plantas almohadilladas y arbustos de hojas diminutas. El pajonal, también conocido como “puna”, constituye la vegetación de mayor tamaño y complejidad de la Cordillera de los Andes.

Por miles de años la puna ha sido utilizada en tierras agrícolas y de pastoreo. Dentro del AEL gran parte del pajonal ha sido quemado reiteradamente para fomentar el crecimiento de la vegetación que se usa para la alimentación del ganado. Asimismo, algunas áreas han sido objeto de sobrepastoreo.

La información de línea de base sobre la vegetación, se recopiló durante dos épocas del estudio de campo, en los AER y AEL: época seca y época de lluvias.

6.4.2.1.1. OBJETIVOS

Los objetivos del estudio de línea de base de la vegetación son los siguientes:

- Producir una lista completa de las especies de plantas existentes o que probablemente existan a una escala tanto regional como local;
- Identificar aquellas especies que sean endémicas, raras o que presenten algún problema de conservación.
- Identificar los principales tipos de comunidades vegetales y los tipos de uso de tierra.



- Determinar la abundancia relativa y la diversidad de las especies por comunidad vegetal.
- Identificar las especies clave de acuerdo a sus características biológicas o por su importancia socio-económica.
- Identificar y mapear las áreas claves de vegetación.

6.4.2.1.2. ÁREAS DE ESTUDIO

Se establecieron AER y AEL comunes para todos los estudios de línea de base ambiental. Asimismo, se mapeó un área mayor que el AER con el fin de ubicar en el contexto al AER.

6.4.2.2. MÉTODOS

El estudio de línea de base para la vegetación incluyó la recopilación de información secundaria de herbarios e informes publicados; mapeo de los tipos de vegetación existentes en el AER y tierras aledañas así como en el AEL; de igual modo se realizó un inventario de las plantas vasculares existentes en los AER y AEL.

La información secundaria incluyó una revisión de las floras publicadas para el departamento de La Libertad (Sagástegui y Dillon, 1998; Sagástegui et al., 1999; Leiva, 1995, 1996; Sagástegui y Quipuscoa, 1998; Luteyn 1996; Sánchez et al., 1994; Weigend et al., 1998) y una revisión de los herbarios de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) en Lima y la Universidad de Trujillo. La información secundaria estuvo fundamentalmente restringida a un área que incluía al departamento de La Libertad, con excepción de las elevaciones que se encontraban por debajo de los 3 000 msnm en la vertiente occidental y de localidades ubicadas al oeste del Río Marañón.

El mapeo de la vegetación para el AER y zonas aledañas se realizó utilizando imágenes satelitales Landsat TM tomadas en los años 2010 y 2015. El mapeo para el AEL se basa en la interpretación de fotografías aéreas a colores a escala de 1:8 000, tomadas en el año 2015. Los tipos de vegetación fueron asignados de acuerdo a Huber and Riina (1997) y Ellenberg y Mueller-Dombois (1967).



El mapeo regional se realizó con el fin de colocar a la vegetación del AEL en un contexto regional. Debido a los diferentes métodos y escalas utilizados para los AER y AEL, no son equivalentes los tipos de vegetación mapeados en cada área.

Los estudios de campo se concluyeron en los meses de octubre del 2015 (época seca) y abril de 2016 (época de lluvias). El inventario de la vegetación en el AER se realizó mediante caminatas de 5 km a lo largo de las carreteras principales en Sanagorán, Capachique, Coina, Llaray y El Bado, registrando todos los arbustos, árboles y hierbas. El inventario en el AEL fue más detallado y se basó en el uso de métodos de muestreo cuantitativo (parcelas de 5 x 5 m) en tipos de vegetación representativa, distribuida a través de una gran variedad de características ecológicas, en elevaciones que fluctuaban entre los 3 570 y los 4 150 msnm. Especímenes de herbarios de plantas con estructuras reproductivas fueron recolectados, prensados y guardados y poder ser posteriormente identificados cuando fuera necesario. Los datos de campo fueron procesados posteriormente para obtener información estadística sobre la composición de las especies y abundancia relativa, porcentaje de cobertura, riqueza y diversidad de las especies.

La diversidad biológica en las diferentes áreas de estudio se midió utilizando la estadística ecológica convencional, fundamentalmente el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Krebs, 1999). Los detalles de la metodología correspondiente se incluyen en los informes de línea de base sobre vegetación, aves, mamíferos, anfibios y reptiles así como sobre peces y biología acuática.

El índice de Shannon-Wiener, también conocido como la función Shannon-Wiener, mide la diversidad de las especies a través del uso de la teoría de la información (Shannon, 1948). Este índice combina dos componentes de diversidad: el número de especies diferentes y la equidad en la uniformidad de distribución de los individuos entre las especies presentes. El componente de uniformidad se mide a través del cálculo de la proporción de cada especie en una muestra.

La fórmula del índice Shannon-Wiener (H') que se utilizó es la siguiente:

$$H' = S (p_i) (\log_{10} p_i)$$

Donde:



H' = contenido de información de una muestra (decits/individuo) = índice de diversidad de las especies

s = número de especies

p_i = proporción del número total de especies que pertenecen a las especies i

El índice Shannon-Wiener responde a la pregunta: ¿Cuán difícil sería predecir correctamente la especie del próximo individuo que se recolecte? El valor del índice es cero en aquellos casos en los que todos los individuos recolectados pertenecen a una sola especie (es decir, menor dificultad de predicción). El valor teórico máximo del índice ($\log_{10}(s)$) se logra en aquellos casos en donde el individuo pertenece a una especie diferente. En el muestreo biológico, el valor máximo de H' se encuentra alrededor de 5,0 decits/individuo (Washington, 1984).

A pesar que se ha criticado el uso de un índice en base a la teoría de la información (Hurlbert, 1971; Washington, 1984), el índice Shannon-Wiener continúa siendo ampliamente utilizado en el trabajo ecológico, lo cual facilita las comparaciones entre los estudios. Una ventaja adicional es que H' es más sensible a las especies raras (menos abundantes) que a las dominantes en la muestra de una comunidad; esta sensibilidad está de acuerdo con la importancia que se le da a las especies más raras en las evaluaciones ambientales.

Se seleccionaron especies clave de plantas en base a que se les consideró raras, específicas a un hábitat particular, único, sensible, ecológicamente importante o representativo de la región.

Se identificó y mapeó las áreas claves de vegetación, teniendo en cuenta su falta de alteración, diversidad y presencia de las especies clave.

Se utilizó una metodología de conveniencia del hábitat para evaluar la vegetación en el AEL y para predecir los efectos del Proyecto en éste. La metodología es una versión simplificada de los procedimientos de evaluación del hábitat del Servicio de los EE.UU. de Peces y Fauna Silvestre (U.S Fish and Wildlife Service, 1981) que utiliza modelos de índice de calidad del hábitat (ICH) para cuantificar el hábitat. Se utilizó un enfoque similar para las evaluaciones de fauna silvestre, y del hábitat acuático y peces.



Los modelos ICH son herramientas analíticas para determinar el potencial relativo de un área para proporcionar hábitat a las especies. El hábitat se define en los modelos de acuerdo a sus estructuras físicas, el área de terreno de las comunidades vegetales y a la distribución de estas comunidades en el paisaje. Una suposición efectuada durante el modelamiento de la conveniencia del hábitat, es que la cantidad total del hábitat está relacionada al potencial de la tierra para albergar individuos o poblaciones de una especie.

Asimismo se asume que las áreas de hábitat se pueden sumar dentro de un área de interés, con el fin de determinar el área total de hábitat, expresada como unidades de hábitat (HU) que se encuentran disponibles. Una vez que se han sumado las áreas de hábitat, éstas pueden ser utilizadas para cuantificar las pérdidas y ganancias del hábitat como resultado de los cambios en el uso de la tierra.

6.4.2.3. RESULTADOS

El estudio de línea de base de la vegetación proporcionó información importante sobre las comunidades vegetales, así como sobre las especies de árboles, arbustos y hierbas que se encuentran en las áreas de estudio del Proyecto, incluyendo especies y hábitats con problemas de conservación. Estos resultados cumplen con los requisitos necesarios para determinar las condiciones de línea de base para un EIA.

6.4.2.3.1. MAPEO

En el AER y áreas circundantes se han registrado nueve clases del uso de la tierra y tipos de vegetación (mapa D2-1). En el AER y en una región mayor, el tipo de vegetación predominante es el pajonal (57,6%), seguido de tierras agrícolas (14,5%) y tierras áridas (7,7%) (Tabla D2-1). En el AER, los pajonales ocupan un porcentaje mayor (68,7%) del paisaje mientras que las tierras agrícolas ocupan un 16,4%. Asimismo, el ganado se alimenta de gran parte del tipo de vegetación de los pajonales que se encuentran en el AER y en tierras aledañas.

El AER presenta tierras con menos bosques (2,3%) que en el área mayor (4,4%). De manera similar, en el AER existen menos carreteras y tierras para fines urbanos e industriales (1,2% frente a 3,8%). En el AER no se han mapeado las tierras áridas.



Tabla D2-1 Porcentaje de Cobertura por Tipo de Vegetación y Uso de la Tierra en el Área de Estudio Regional y Áreas Circundantes

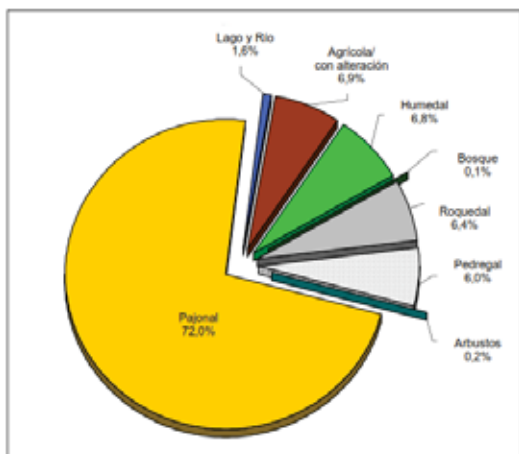
Tipo de Vegetación/Uso de la Tierra	AER y Áreas Circundantes		AER	
	ha	%	ha	%
vegetación xerófila	10 236	1,8	561	1,0
pajonal (puna)	332 571	57,6	38 234	68,7
ríos, lagunas y lagos	5 259	0,9	443	0,8
bosque	25 274	4,4	1 296	2,3
roquedal	31196	5,4	2 349	4,2
carreteras, tierras de uso urbano e industrial	22 220	3,8	681	1,2
agrícola	83 536	14,5	9 100	16,4
humedales	23 012	4,0	2 976	5,3
tierras áridas	44 442	7,7	0	0,0
Total	577 746	100	55 640	100

Para el AEL se han mapeado ocho tipos de vegetación y de usos de la tierra (denominados colectivamente tipos de vegetación) (mapa D2-2). Dentro de esta área de estudio, los pajonales ocupan la mayor parte con un 72% del total (Tabla D2-2). Debido a las diferencias en la escala, la clasificación del AER y AEL son diferentes.

Tabla D2-2 Porcentaje de Cobertura por Tipo de Vegetación en el Área de Estudio Local

Tipo de Vegetación/Uso de la Tierra	Área (ha)	Porcentaje de Cobertura
pajonal	7 923	72,0
arbustos	20	0,2
roquedal	707	6,4
pedregal	657	6,0
humedal	749	6,8
bosque	15	0,1
tierra agrícola o con alteración	760	6,9
laguna y río	173	1,6
Total	11 004	100

Figura D2-3 Abundancia Relativa de los Tipos de Vegetación en el Área de Estudio Local



Fuente: Elaboración propia



A continuación se ofrece una breve descripción de los ocho tipos de vegetación:

- **Pajonal** – Pajonal, también conocida como puna, tiene dominancia de gramíneas cortas y de hojas angostas. Carece de árboles o arbustos.
- **Arbustos** – Formaciones abiertas de arbustos con pocos árboles, compuesta por arbustos, geófitos, terófitas y otras formas de vida adaptadas para sobrevivir en ambientes fríos y en sequías prolongadas.
- **Roquedal** – Plantas con raíces en las fisuras de las rocas grandes, paredes o afloramientos rocosos.
- **Pedregal** – Plantas con raíces en las fisuras de rocas o de piedras. Algunas áreas presentan laderas empinadas de piedras más o menos inestables debajo de rocas meteorizadas.
- **Bofedal** – Formaciones abiertas con terrenos constantes o permanentes saturados de agua; puede o no presentar algunas plantas leñosas.
- **Bosque** – Relictos de bosques de *Polylepis* con numerosas epífitas.
- **Tierra Agrícola o con Alteración** – Tierras utilizadas con fines agrícolas que están alteradas por el uso residencial, por las actividades mineras o por otro tipo de uso.
- **Lagos y Ríos** – cuerpos de agua estacionales o permanentes.

6.4.2.3.2. RIQUEZA Y DIVERSIDAD

Se encontró que el AER y AEL albergan un total de 285 especies de plantas distribuidas entre 173 géneros y 61 familias. De éstas, 186 especies se encuentran presentes en el AEL. Los tipos de plantas más comunes incluyen gramas de la familia Poaceae y hierbas de la familia Asteraceae.

La riqueza y diversidad de las especies tienen una amplia variedad en los diferentes tipos de vegetación. La mayor riqueza de especies se ha registrado en el pajonal, con 112 especies, y la menor riqueza en los arbustos, con 9 especies (Tabla D2-3). La diversidad, medida de acuerdo al índice de diversidad de Shannon-Weiner, es mayor en el humedal y menor en las comunidades de arbustos (Tabla D2-3).



Tabla D2-3 Índices de Diversidad y Número de Especies por Tipo de Vegetación en el Área de Estudio Local

Tipo de Vegetación	Número de Especies	Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H')	Número de Parcelas
humedal	67	2,41	34
pedregal	78	1,86	21
pajonal	112	2,08	37
bosque	16	1,85	3
arbustos	9	1,52	4

Fuente: Elaboración propia

Se encontró que en todo el AEL hay gran influencia de la actividad humana. La actividad más notable es la quema controlada, que realizan los pobladores locales en todas las comunidades vegetales, especialmente en los pajonales y humedales, con el fin de mejorar la calidad del pasto. Es probable que antiguamente las áreas que se encuentran en el AEL y a altitudes menores que los 3 800 msnm hayan estado cubiertas por áreas arbustivas o bosques arbustivos. Como resultado, extensas áreas con restos de arbustos, bosques y otras comunidades de plantas relativamente sin alteración, se consideran como ecológicamente importantes. Estas incluyen bosques y arbustos residuales en los valles del Río Chuyuhual y del Río Negro, ubicadas fuera del área del Proyecto.

6.4.2.3.3. ESPECIES PROTEGIDAS

No se encontró en el AEL ninguna especie que está registrada como protegida de acuerdo a los criterios de conservación nacional o internacional. Sin embargo, en el área existen 19 especies de plantas endémicas, así como tres especies de orquídeas; todas ellas han sido consideradas sensibles debido a su distribución limitada.

6.4.2.3.4. ÁREAS Y ESPECIES CLAVE

En la Sección D5 se presenta y describe las áreas claves de vegetación. Las especies clave que se indican a continuación fueron seleccionadas para su posterior estudio.

- El árbol *Polylepis racemosa*.
- El árbol/arbusto *Gynoxys cf. Rugulosa*.
- Las orquídeas *Aa aff. mathewsii* y *Mirosmodes sp.*
- El cactus *Matucana aurantiaca* y *Opuntia floccosa*.



6.4.2.3.5. CALIDAD DE HÁBITAT

En la Tabla D2-4 se presenta un análisis de la calidad de hábitat para las especies clave por tipo de vegetación.

Tabla D2-4 Valores del Índice de Calidad de Hábitat para las Especies clave de Plantas en el AEL, por Tipo de Vegetación

Especies Clave	Tipo de Vegetación							
	Pajonal	Humedal	Roquedal	Pedregal	Arbustos	Bosque	Área Agrícola o con Alteración	Río/Lago
<i>Polylepis racemosa</i> (árbol/arbusto)	0	0	0,33	0,33	0,67	1	0	0
<i>Gynoxys cf. rugulosa</i> (árbol/arbusto)	0,33	0	0,33	0,33	1	1	0	0
<i>Aa aff. mathewsii</i> (orquídea)	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Mirosmodes</i> sp. (orquídea)	0,33	0	1	1	0	0,33	0	0
<i>Matucana aurantiaca</i> (cactus)	0,33	0	1	1	0	0	0	0
<i>Opuntia floccosa</i> (cactus)	0,33	0	1	1	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

Nota: La calidad de hábitat se basa en el siguiente sistema de puntuación: 0 = ninguna; 0,33 = baja; 0,67 = intermedia; 1,0 = alta.

6.4.3. EVALUACION DE IMPACTOS

6.4.3.1. DIAGNÓSTICO DE TEMAS

Mediante consultas con los grupos de interés y la revisión de evaluaciones ambientales anteriores para el desarrollo los recursos en el Perú, se identificaron los siguientes aspectos con respecto a los impactos potenciales del Proyecto en la vegetación:

- Pérdida o alteración de las comunidades vegetales debido al desbroce del sitio durante las etapas de construcción y operaciones, incluyendo las especies en situación especial.
- Efectos potenciales en la vegetación debido a los cambios en la calidad de los suelos o a la capacidad de uso de suelos causado por los cambios en la hidrología.
- Efectos potenciales en la vegetación debido a cambios en la calidad del agua.
- Alteración de las comunidades vegetales debido a los cambios en los caudales de agua superficial causados por los cambios en la hidrología.



- Mayor erosión causados por los cambios en la hidrología;
- Polvo.
- Introducción de especies de plantas exóticas (no nativas) en el equipo que ingrese al área o por los trabajadores.

6.4.3.2. PREGUNTA CLAVE V-1

La pregunta clave para la vegetación es la siguiente:

Pregunta Clave V-1: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en la vegetación?

El diagrama de enlace (mapa D2-5) muestra todos los efectos potenciales de las actividades de construcción, operaciones y cierre del Proyecto en las comunidades vegetales. Las actividades asociadas al Proyecto incluyen, desbroce del sitio, remediación y restauración, cambios en las propiedades de los suelos, así como cambios en el agua subterránea, la hidrología del agua superficial y a la calidad del agua. Se espera que los efectos derivados de estas actividades incluyan pérdidas directas o la alteración de las comunidades vegetales. Las pérdidas indirectas o la alteración de las comunidades vegetales pueden derivarse por el aumento en la cantidad de polvo durante las etapas de construcción y operaciones, así como por la introducción de especies no nativas.

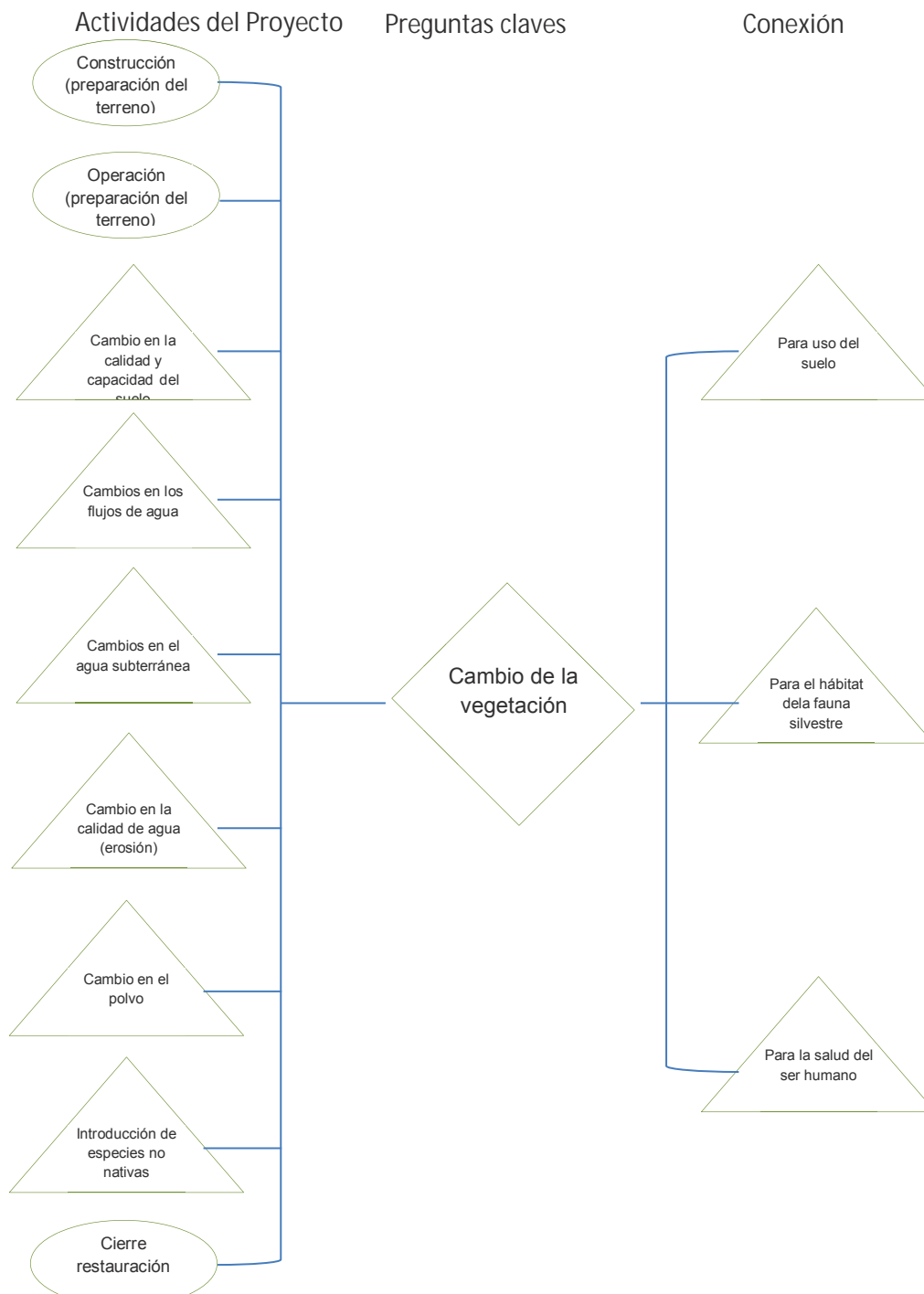
El diagrama de enlace detalla también las vías potenciales de cambio en otros recursos relacionados, como resultado de los efectos potenciales en la vegetación, incluyendo cambios en el uso de la tierra, en el hábitat de la fauna silvestre y en la salud del ser humano.

6.4.3.2.1. EVALUACIÓN DE ENLACES

El Proyecto requerirá la construcción de instalaciones de procesamiento e infraestructura asociada. El desarrollo del Proyecto tendrá como resultado actividades de construcción, operaciones y cierre (remediación) que podrían afectar a las comunidades vegetales, tal como se resume en el diagrama de enlace que se muestra en el diagrama D2-4.



Diagrama D2-4 Diagrama de Enlace de la Vegetación



Fuente: Elaboración propia

Las actividades se pueden identificar por tener efectos directos o indirectos en los tipos y distribución de las comunidades vegetales. Las pérdidas directas son el resultado de un desbroce del sitio asociado a la infraestructura, mientras que las



pérdidas indirectas pueden ser el resultado de cambios en la hidrología que provoquen cambios en las condiciones de humedad de los suelos, cambios en la calidad del agua que afecten a la salud de la vegetación y un aumento en los niveles de polvo que afecten a la salud de la vegetación.

El cierre también es considerado como parte del Proyecto y se incluye en el análisis de los impactos.

El grado de éxito de la remediación de las comunidades vegetales depende de los métodos de mitigación que se implementen para restablecer las comunidades vegetales. Las comunidades vegetales varían fundamentalmente en su sensibilidad y capacidad para restablecerse en áreas con alteración. El restablecimiento depende también de la capacidad de la semilla de la planta y del material rizomatoso para la planta, proveniente de los suelos recuperados. Los procedimientos adecuados de manejo de los suelos, por ejemplo, protegerán las propágulas del grupo de semillas naturales en el suelo, facilitando de esta manera el retorno de las áreas con alteración a condiciones que tuvieron previas al desarrollo.

El potencial del Proyecto para afectar las comunidades vegetales se evaluó por enlaces potenciales con:

- El desbroce del lugar.
- La calidad y capacidad del uso de los suelos.
- El agua subterránea.
- La hidrología.
- La calidad del agua.
- El polvo.
- La introducción de especies no nativas.

Desbroce del Área

El Proyecto implica el desbroce de un total de 797 ha (7% de las condiciones de línea de base) del AEL (véase Tabla D2-5 en la Sección D2.3.2.5). Dentro de estas 797 ha, 488 ha (6%) están conformadas por pajonales, 124 ha (17%) por humedales y 113 ha (17%) por pedregales. Cerca de cuatro hectáreas de áreas



previamente alteradas serán afectadas por el Proyecto. Por lo tanto, el Proyecto tendrá como resultado un nuevo desbroce de 793 ha (7%) en el AEL. Estas pérdidas de las comunidades vegetales del Proyecto resultan ser válidas en el presente enlace.

Calidad y Capacidad de los Suelos

Las descargas de agua que van desde el Proyecto hacia los cursos de agua aledaños tienen el potencial de alterar los caudales en los cursos receptores de agua. Un aumento en el caudal puede dar como resultado una mayor erosión de los suelos de las comunidades vegetales ubicadas cerca de estos cursos de agua. No se espera que se produzca un aumento significativo en los caudales de los cursos de agua que reciben agua del Proyecto (véase ítem 4.7). Existe un potencial de que se produzca una mayor sedimentación debido a la construcción del Proyecto, particularmente durante la época de lluvias. Sin embargo, se implementarán prácticas de manejo responsable para controlar la sedimentación tanto como fuera posible, y se espera que estos efectos no excedan los efectos naturales de sedimentación. Por lo tanto, no se producirán efectos en la vegetación debido a la erosión de los suelos asociados al Proyecto.

Cambios en el Agua Subterránea

La información que se presenta en el Cap. IV y en el ítem 4.7 muestra que no habrá un descenso del nivel de agua del acuífero superficial susceptible a ser medido, debido a las actividades de construcción del Proyecto y de operaciones. Por lo tanto, no es válido el enlace que vincula los efectos de los cambios en el agua subterránea sobre la vegetación.

Cambios en la Hidrología del Agua Superficial

No se pronostican cambios considerables en los cauces de agua superficial del Proyecto (ítem 4.7). Por lo tanto, no se espera que se produzcan cambios en la vegetación a partir de los aumentos o de la disminución de flujos, o de la desviación de flujos. Este enlace no es válido para el Proyecto.



Cambios en la Calidad del Agua

No se espera que durante las etapas de construcción y operaciones del Proyecto la calidad del agua superficial afecte a las comunidades vegetales (ítem 4.7). Las descargas de agua al ambiente de los alrededores cumplirán con todas las normas pertinentes relacionadas a la calidad del agua. Por lo tanto, no se producirá ningún efecto en las comunidades vegetales que se derive de cambios en la calidad del agua.

Polvo

Las fuentes de polvo del Proyecto incluyen la voladura, chancado, ubicación del mineral y desmonte, así como el tráfico vehicular. El polvo también puede ser transportado desde las superficies expuestas por el viento. Aunque las prácticas de manejo responsable mediante el regadío de carreteras y de una rápida revegetación de las superficies expuestas limitarán los impactos en el área cercana al Proyecto (Sección C3), se espera que se produzcan impactos residuales de polvo en la vegetación. Por lo tanto, se considera que el polvo generado por las actividades del Proyecto constituye un enlace válido para los recursos de vegetación sin alteración en las cercanías inmediatas al Proyecto.

Introducción de Especies No Nativas

En la etapa de remediación, al menos durante el inicio, es probable que se utilicen especies no nativas. En la etapa inicial de la remediación, se usan típicamente especies no nativas efímeras con el fin de cubrir rápidamente las superficies expuestas y evitar la erosión. Estas especies podrían extenderse potencialmente a otras áreas del AEL y por lo tanto este enlace se considera válido.

Resumen

En el análisis de impactos se utilizaron los siguientes enlaces:

- Desbroce del área.
- Emisiones de polvo.
- Introducción de especies exóticas.



6.4.3.2.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

La metodología de evaluación incluye análisis de los enlaces potenciales entre el Proyecto y la vegetación, el análisis de impactos, una descripción de los impactos residuales asociados a la pregunta clave y el monitoreo propuesto. El análisis implica lo siguiente:

- Recopilación de la información referente a las condiciones de línea de base relativas a la pregunta clave y al diagrama de enlace.
- Mapeo y cuantificación de las comunidades vegetales.
- Mapeo y cuantificación de las comunidades vegetales afectadas por el Proyecto.
- Determinación de las actividades adecuadas para mitigar los efectos.

Para poder atender eficazmente cada uno de los enlaces válidos, fue necesario adquirir información sobre las condiciones de la línea de base para describir las condiciones actuales. La evaluación de los impactos comprende una comparación de las condiciones ambientales actuales con las que se espera resulten de las actividades de desarrollo, operaciones, remediación y cierre del Proyecto. El nivel del impacto está determinado en base a un sistema de clasificación que incluye la dirección, magnitud, extensión geográfica, duración, reversibilidad y frecuencia del impacto (ítem 1.2). La ítem 6.4.3.2., tiene mayores detalles sobre el sistema de clasificación.

Desbroce del Área

Se mapeó las comunidades vegetales utilizando un Sistema de Información Geográfica (GIS), para poder comparar la abundancia relativa de las comunidades vegetales. Al superponer las áreas de desarrollo del Proyecto a los polígonos de vegetación existente, se cuantifica el área de cada comunidad vegetal afectada y se concluye la evaluación.

Se identificaron seis especies clave (ítem 6.4.2.3.4) para realizar una evaluación posterior de los efectos potenciales del Proyecto en la vegetación.

Se utilizó el modelamiento del Índice de Conveniencia del Hábitat (ICH) con el fin de evaluar la cantidad y calidad del hábitat de las especies seleccionadas (ítem



6.4.2.2). En cada comunidad vegetal se asignaron valores del índice de conveniencia del hábitat, para cada especie clave, en base a un criterio profesional. Esta información (Tabla D2-4) se utilizó para calcular las unidades potenciales de hábitat (HU) que se encontraban disponibles para cada especie clave, las pérdidas o alteraciones que se proyecta ocurran debido al Proyecto y la cantidad de hábitat recuperado después de la remediación al momento del cierre. Se determinó el efecto neto del Proyecto al comparar las HUs de post-cierre con las HUs de línea de base.

Emisiones de Polvo

Se evaluó los efectos relacionados con las emisiones de polvo utilizando un enfoque de ICH.

Se consideró que un área de 50 m en torno a la distribución de las instalaciones del Proyecto presenta una reducción en el potencial de hábitat del orden del 50%, debido a los efectos potenciales del polvo sobre la vegetación.

Las etapas de construcción y operaciones del Proyecto aumentará el nivel de polvo en el AEL.

Los mayores niveles de polvo pueden tener efectos en la vegetación. Grandes cantidades de polvo pueden ser perjudiciales para ciertas especies de plantas vasculares (Walker y Werbe, 1980; Spatt y Miller, 1981). Sin embargo, aunque la composición de las especies puede variar y la biomasa que se encuentra sobre el suelo puede disminuir debido al polvo, la cubierta del suelo se mantiene.

Los efectos perjudiciales del polvo están confinados generalmente al área adyacente y cercana a las calzadas (es decir, 50 m) (Walker y Everett, 1987; Everett, 1980). Meininger y Spatt (1980) encontraron que los efectos del polvo estaban confinados a los 300 m cercanos a las carreteras, con una reducción en el orden de magnitud en deposición que fluctuaba entre los 5 y 50 m y una posterior reducción del orden de magnitud que fluctuaba entre los 50 y 500 m. En base a esto, se evaluó las áreas potencialmente afectadas por el polvo en el AEL considerando 50 m alrededor de las de fuentes productoras de polvo (es decir: carreteras, minas), mediante el GIS.



Se determinó de manera conservadora el área potencial de impacto (es decir, todas las áreas dentro de 50 m a partir de los caminos e instalaciones) para estimar los impactos. Para esta evaluación se consideró a todas las áreas comprendidas a una distancia de 50 m a partir de los caminos e instalaciones como afectadas.

Introducción de Especies Exóticas

Se condujo una evaluación cualitativa de los efectos potenciales debido a la introducción de especies exóticas utilizando para ello el criterio profesional.

6.4.3.2.3. EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS

Criterios para la Descripción de los Impactos

Los impactos residuales en la vegetación son clasificados utilizando criterios de cuantificación con el fin de determinar las consecuencias ambientales. Primero, cada impacto se describe en función a los siguientes criterios: dirección, magnitud, extensión geográfica, duración, reversibilidad y frecuencia (Tabla D2-5).

Tabla D2-5 Criterios para la Descripción de los Impactos en la Vegetación

Dirección ^(a)	Magnitud ^(b)	Extensión Geográfica ^(c)	Duración ^(d)	Reversibilidad ^(e)	Frecuencia ^(f)
Positiva, Negativa o Neutral	Insignificante: sin efecto capaz de medirse en el hábitat Baja: cambio de <10% en el hábitat Moderada: cambio de 10 a 20% en el hábitat Alta: cambio de >20% en el hábitat	Local: efecto restringido al AEL Regional: el efecto se extiende más allá del AEL hacia el AER Fuera del área regional: el efecto se extiende más allá del AER	Corto plazo: <2 años Mediano plazo: de 2 a 15 años Largo plazo: >15 años	Reversible o Irreversible	Baja: ocurre una vez Media: ocurre en forma intermitente Alta: ocurre en forma continua

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

(a) Dirección: efecto positivo o negativo en los puntos finales de medición.

(b) Magnitud: grado de cambio.

(c) Extensión Geográfica: área afectada por el impacto.

(d) Duración: tiempo durante el cual ocurre el efecto ambiental.

(e) Reversibilidad: efecto en el recurso que puede o no ser revertido.

(f) Frecuencia: cuantas veces ocurre el efecto ambiental.

La dirección de un impacto puede ser positiva, neutral o negativa con respecto a la pregunta clave (por ejemplo, un aumento de la comunidad vegetal podría clasificarse como positiva, mientras que una pérdida podría ser negativa).

La magnitud es una medida del grado de cambio en los puntos finales de medición (por ejemplo, el área de una comunidad vegetal), y se clasifica en insignificante,



baja, moderada o alta. La categorización de la magnitud del impacto (por ejemplo, insignificante, baja, moderada o alta) está basada en una serie de criterios, conceptos ecológicos y al criterio y experiencia de los profesionales.

La extensión geográfica se refiere al área afectada por el impacto y se clasifica en local, regional o fuera del área regional. La definición de los impactos en el AEL o el AER, en función del porcentaje de cierta comunidad vegetal, está influenciada por el tamaño del AEL y del AER. Como tales, los valores cuantitativos de los impactos pueden ser atenuados con una metodología cualitativa integral, que considere los impactos de perturbación en lo referente a la viabilidad y diversidad total de las unidades ecológicas.

Consecuencia Ambiental

La consecuencia ambiental es el conjunto de una propiedad asociada a un impacto y está en función de la magnitud, duración y extensión geográfica (Sección D1.3).

Confianza en la Predicción

Se evaluó la confianza con la que se realizaron las predicciones de los impactos. El nivel de incertidumbre puede ser en algunos casos lo suficientemente alto, como para que no se pueda realizar un estimado de las consecuencias ambientales con un grado suficiente de confianza.

Los rangos no determinados están acompañados de recomendaciones para su monitoreo, con el fin de proporcionar más datos en el futuro.

6.4.3.2.4. MITIGACIÓN

Las siguientes medidas de mitigación están diseñadas para reducir la alteración en las comunidades vegetales, o para ayudar a restablecer los recursos, en la medida de lo posible, a la capacidad que tenían previa al desarrollo. Los objetivos finales del uso de la tierra, para efectos del presente EIA, son restablecer los tipos de vegetación que actualmente existen en el AEL.

Esto puede cambiar en caso los pobladores de la localidad indican durante la consulta, que desean otros objetivos para el uso de la tierra. Las medidas de mitigación incluyen lo siguiente:



- Evitar o reducir los efectos en las comunidades vegetales utilizando, en lo posible, áreas previamente con alteración (por ejemplo, corredores lineales).
- Limitar el área de las instalaciones del Proyecto mediante el planeamiento de mina y el diseño de las instalaciones.
- Desplazamiento de las especies clave de orquídeas y cactus a un hábitat adecuado en áreas que no sufrirán alteración.
- Uso de pozas de sedimentación para reducir las cargas de sedimentos hacia los cursos de agua y para atenuar los flujos.
- Control de la erosión utilizando prácticas de manejo responsables y mediante la revegetación de las áreas expuestas.
- Establecimiento de una cubierta vegetal sobre las pilas de los suelos;
- Implementación de medidas para el control de las emisiones de polvo (por ejemplo, regar las carreteras) con el fin de reducir la producción de polvo.
- Establecimiento de un programa de colección de semillas y de un vivero con el fin de proporcionar una variedad de especies nativas para la remediación.
- Puesta en práctica, de ser factible, de una remediación progresiva durante las operaciones.
- En la medida de lo posible colocación directa de suelo orgánico y material vegetal.
- Plantación de especies apropiadas y efímeras (no necesariamente nativas) en las superficies no recuperadas, mediante la colocación directa, para una rápida revegetación de la superficies expuestas;
- Plantación de una variedad de especies nativas en “islas” en las superficies recuperadas con el fin de poblarlas gradualmente con especies nativas y que estas últimas reemplacen a las especies efímeras que se plantaron inicialmente.



- Plantación de plántulas de *Polylepis* para restablecer esta especie en áreas apropiadas.
- Prevenir el pastoreo, la quema adicional en las tierras controladas; con la finalidad de promover los procesos naturales.
- Proporcionar entrenamiento a los agricultores, pastores sobre el uso sostenible de la tierra (es decir, técnicas de uso rural)

El objetivo de la restauración será restablecer las comunidades de vegetación nativa que existen actualmente en el AEL, a menos que la consulta a las comunidades locales determine otro uso más apropiado de la tierra.

Además, todas las medidas de mitigación detalladas en la evaluación de los suelos (ítem 6.0) están diseñadas para reducir los efectos de la erosión del suelo, su compactación, la mezcla de la capa de suelo orgánico con materiales menos fértiles y la contaminación. Estas medidas de mitigación mejorarán la humedad del suelo y la retención de nutrientes, lo que a su vez facilitará el restablecimiento de las comunidades vegetales en el paisaje recuperado.

6.4.3.2.5. RESULTADOS

Las pérdidas o alteración de los tipos de vegetación se deben principalmente al desbroce del área durante las fases de construcción y operación. El desbroce del área implica la remoción directa de las comunidades vegetales. La remediación implica el restablecimiento de las comunidades vegetales que seguirán gradualmente a los tipos de vegetación natural con el paso del tiempo. El mapa D2-5 muestra los tipos de vegetación que se pierde y gana durante la implementación del Proyecto. El escenario de remediación se basó en las comunidades vegetales seleccionadas para el paisaje de cierre. Las comunidades vegetales recuperadas se seleccionaron por ser similares a las comunidades que existen naturalmente en el AEL. La colocación de las comunidades vegetales recuperadas se basó en una serie de factores. Estos incluyen la relación espacial con las áreas sin alteración, la topografía del paisaje de cierre y la distribución relativa de las comunidades vegetales en el AEL.

En lo posible, las comunidades vegetales recuperadas serán ubicadas de modo tal que estén junto a las áreas sin alteración con un tipo de vegetación igual o similar



con el fin de proporcionar un hábitat de fauna silvestre contiguo. Asimismo, se usa el talud y el aspecto del paisaje de cierre para garantizar que las comunidades vegetales que se recuperan, sean colocadas en lugares con características topográficas similares a las de las comunidades que existen de manera natural.

Tipos de Vegetación

El AEL tiene una extensión de 11 004 ha. Las actividades de construcción y operación del Proyecto darán como resultado 793 ha (7%) de nuevo desbroce en el AEL (Tabla D2-6). Al cierre, los pajonales serán el tipo de vegetación predominante para las instalaciones que estén cubiertas con una capa de suelo orgánico de 30 cm. Esto incluye las áreas de desmonte este y oeste, pila de almacenamiento de mineral y áreas de relleno del tajo (Figura D2-5). La instalación de la pila lixiviación será revegetada con comunidades de arbustos y pajonales. El tipo de vegetación bosque no será afectada por el proyecto.

Luego de la remediación, la vegetación terrestre (tipos de vegetación de pajonal, bosque y arbustos) será de 8 155 ha (74%), representando un incremento de 197 ha (2%) sobre la línea de base. Los humedales ocuparán 672 ha (6%) al cierre, representando una disminución de 77 ha (-1%) de la línea de base. Las áreas sin vegetación, roquedales, pedregales, lagos y ríos ocupan 2 177 ha (20%) del AEL al cierre, representando una disminución de 20 ha (1%) sobre la línea de base. Se espera que el cambio neto para todos los tipos de vegetación en el post-cierre sea =1% (Tabla D2-6).

Tabla D2-6 Pérdidas Directas/Alteraciones de las Comunidades Vegetales en el Área de Estudio Local

Comunidad Vegetal	Caso de Línea de Base		Alteración/Pérdida Debido al Proyecto Alto Chicama		Cierre		Cambio Neto	
	Área (ha)	%	Área (ha)	% de línea de base	Área (ha)	%	Área (ha)	%
bosque	15	<1	0	0	15	<1	0	
arbustos	20	<1	0	0	106	<1	86	+<1
pajonal	7 923	72	488	6	8 034	73	111	+1
humedal	749	7	124	17	672	6	-77	<-1
pedregal	657	6	113	17	546	5	-111	-1
roquedal	707	6	50	7	660	6	-47	<-1
lagunas y ríos	173	2	18	10	215	2	42	+<1
agrícola/ con alteración	760	7	4	1	756	7	-4	<-1
Total	11 004	100	797	7	11 004	100	n/a	n/a

n/a = No se aplica

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM



Especies Clave

Para el cálculo de la cantidad de hábitat idóneo en el AEL para cada una de las especies se utilizó valores ICH (Tabla D2-4) y HUs (Tabla D2-7). Las pérdidas directas del hábitat debido al desbroce del sitio, construcción de las instalaciones e infraestructura fueron evaluadas superponiendo la distribución de las instalaciones del Proyecto sobre las condiciones de línea de base del AEL y resumiendo las HUs que serán eliminadas en el área de operaciones. El impacto total incluye pérdidas directas, así como una eficacia reducida del hábitat como consecuencia de las emisiones de polvo en una zona de amortiguación de 50 m alrededor del área de operaciones. Se pronostica que el alcance máximo de los impactos directos debido al desbroce del área puede fluctuar entre 1 y 11% y, debido a las emisiones de polvo, entre 1 y 12%.

Se espera que, luego de una exitosa remediación, el cambio neto para todas las especies clave tenga un aumento del 2% y una disminución del 13% (Tabla D2-7). Comparando las condiciones de línea base a las del cierre, las especies *Polylepis racemosa* y *Gynoxys df rugulosa* aumentarán al cierre. *Mirosmodes sp.*, *Matucana aurantiaca* y *Opuntia floccose* disminuirán en 3%, mientras que *Aa aff. Mathewsii* experimentará una disminución moderada del 13%. Estas disminuciones serán mitigadas en cierta manera mediante la reubicación de especies clave de cactus y orquídeas del área del Proyecto.

Tabla D2-7 Resumen de los Cambios en las Unidades de Hábitat, por Especies Clave dentro del Área de Estudio Local

Especies clave	Unidades de Hábitat de Línea Base		Pérdida Directa del Hábitat Debido al Desbroce del Área		Pérdida Indirecta del Hábitat debido al Polvo		Cierre %	Cambio Neto Debido a la Pérdida Directa del Hábitat	
	HU ^(a)	Porcentaje de Total Posible ^(b)	HUs	%	HUs	%	HUs	HUs	%
<i>Polylepis racemosa</i>	479	4	52	11	6	1	484	5	1
<i>Gynoxys df rugulosa</i>	3 100	28	204	7	35	1	3 171	71	2
<i>Aa aff. Mathewsii</i>	1 365	12	18	1	158	12	1 206	-159	-13
<i>Mirosmodes sp.</i>	3 984	36	310	8	47	1	3 862	-122	-3
<i>Matucana aurantiaca</i>	3 979	36	310	8	47	1	3 862	-121	-3
<i>Opuntia floccose</i>	3 979	36	310	8	47	1	3 862	-121	-3

(a) HUs = unidades de hábitat.

(b) Porcentaje del máximo de las HUs que estarían disponibles en el AEL si todas las puntuaciones del ICH fueran 1

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM



Efectos Indirectos

Polvo

Se asume que el polvo asociado al Proyecto para efectos de la presente evaluación estará limitado al AEL. Se asume que el aumento del polvo se deriva de una mayor actividad vehicular en torno a las carreteras, área del Proyecto e instalaciones. La Tabla D2-8 contiene las comunidades vegetales potencialmente afectadas en la línea de base, el Proyecto y el cierre.

En la línea base, todos los caminos públicos y los de exploración minera tienen el potencial de afectar 592 ha ó 5% del AEL. El área total afectada debido al Proyecto es de 811 ha (7%) lo cual representa desde la línea de base un aumento del orden de 219 ha (2%). Luego de la remediación del Proyecto, habrán 39 ha (<1%) menos afectadas por el polvo (Tabla D2-8) que en la línea de base.

En la Tabla D2-7 se presentan los efectos del polvo en las especies clave. Se prevé que los efectos se encuentren en un rango del 1 al 12% para estas especies. Del mismo modo, el análisis de impactos del aire examina los efectos potenciales del polvo en la calidad del aire.

Tabla D2-8 Comunidades Vegetales Potencialmente Afectadas por el Polvo en el Área de Estudio Local

Comunidad Vegetal	Línea Base		Proyecto		Cierre		Cambio Neto	
	(ha)	% de AEL	(ha)	% de AEL	(ha)	% de AEL	(ha)	%
bosque	0	0	0	0	0	0	0	0
arbustos	1,4	<1	1,4	<1	1,4	<1	0	0
pajonal	492,2	5	645,1	6	461,3	4	-30,9	-1
humedal	46,1	<1	69,0	1	41,0	<1	-5,1	<-1
pedregal	9,8	<1	23,7	<1	9,7	<1	-0,1	<-1
roquedal	3,3	<1	25,1	<1	3,2	<1	-0,1	<-1
lagos y ríos	11,2	<1	15,8	<1	9,2	<1	-2,0	<-1
agrícola/con alteración	28,1	<1	30,7	<1	27,8	<1	-0,3	<-1
Total	592,1	5	810,0	7	553,5	5	-38,6	<-1

Fuente: Datos- Estudios MBM

Las emisiones de polvo también se producen a lo largo de la carretera de acceso principal fuera del AEL. Esta carretera ha existido durante muchos años y predominan el polvo en los bordes de la carretera. No se espera que un mayor incremento del polvo debido al tráfico del Proyecto, aumente el grado del impacto que ya se ha producido en la vegetación que se encuentra en los bordes de la carretera.



Introducción de Especies Exóticas

Se espera que los efectos relacionados con la introducción de especies exóticas tengan una magnitud baja. Sin embargo, el uso inicial de una cubierta vegetal no nativa, si bien es esencial desde la perspectiva para el control de la erosión, puede tener efectos residuales prolongados. Será importante realizar una selección de las especies adecuadas. Las características de estas especies deberán incluir el ser efímeras, el tener una reducida capacidad de propagación, así como una reducida capacidad para extenderse a las zonas aledañas.

6.4.3.2.6. IMPACTOS RESIDUALES

La Tabla D2-9 contiene detalles sobre los efectos residuales del Proyecto en los componentes evaluados. De los 14 componentes directos e indirectos evaluados, siete experimentarán un aumento neto, o no experimentarán cambio alguno como consecuencia del Proyecto. Los siete componentes restantes experimentarán un cambio negativo, resultando en una puntuación baja en las consecuencias ambientales.

Desbroce del Área

Se pronostica que los impactos a los tipos de vegetación de los bosques van a ser neutrales debido a que ningún bosque será afectado con el Proyecto. Sin embargo, ya que se plantarán algunas plántulas de *Polylepis* durante la restauración, la consecuencia ambiental será baja y positiva.

Tabla D2-9 Clasificación de los Impactos Residuales por los Efectos en las Comunidades Vegetales y Especies clave en el Área de Estudio

Local

Criterios de los Componentes	Criterios de Evaluación						
	Dirección	Magnitud	Extensión Geográfica	Duración	Reversibilidad	Frecuencia	Consecuencia Ambiental
bosque	neutral	Baja	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Positiva Baja
arbustos	Positiva	Baja	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Positiva Baja
pajonal	Positiva	Baja	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Positiva Baja
humedal	Negativa	Baja	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Baja
pedregal	Negativa	Baja	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Baja
roquedal	Negativa	Baja	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Baja
<i>Polylepis racemosa</i>	Negativa	Baja	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Positiva Baja
<i>Gynoxys df rugulosa</i>	Positiva	Baja	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Positiva Baja
<i>Aa aff. Mathewsii</i>	Negativa	Moderada	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Baja
<i>Mirosmodes sp.</i>	Negativa	Baja	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Baja
<i>Matucana aurantiaca</i>	Negativa	Baja	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Baja
<i>Opuntia floccosa</i>	Negativa	Baja	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Baja
Polvo	Negativa	Insignificante	Local	Mediano plazo	reversible	Baja	Baja
Introducción de especies exóticas	Negativa	baja	local	Mediano plazo	reversible	Baja	Baja

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM



Se espera que algunos tipos de vegetación (arbustos, pajonal) experimenten un ligero aumento de área luego de la remediación y por lo tanto se les pronosticó una consecuencia ambiental positiva baja (Tabla D2-9). Se espera que los otros tipos de vegetación experimenten pequeñas pérdidas luego de la remediación y por lo tanto se les pronosticó una consecuencia ambiental negativa baja. La configuración final de las comunidades vegetales luego del cierre podría ser diferente si los pobladores de la localidad desean que el uso final de la tierra sea diferente. La consulta actual y futura ayudará a determinar la preferencia sobre el uso final de la tierra.

Tres de las seis especies clave experimentarán una reducción de =3% de HUs en dirección negativa y con una magnitud baja. Se considera que la consecuencia ambiental para estas especies es baja. Por el contrario, con una disminución del 13%, se considera que la consecuencia ambiental para Aa aff. Mathewsii es baja.

Polvo

Las emisiones de polvo tendrán un efecto bajo (7%) durante las operaciones y un efecto positivo durante el post-cierre (<1%) (Tabla D2-8). Por lo tanto, se pronostica que los impactos residuales al post-cierre tendrán una consecuencia ambiental insignificante.

Introducción de Especies Exóticas

Se espera que la plantación de especies exóticas para la revegetación inicial de las superficies expuestas tenga éxito si se seleccionan especies que reúnan cualidades idóneas, tales como la capacidad de una cosecha anual o semestral. Dado que muchas especies exóticas se han plantado en el AER, como muchas lo han sido en el AEL, se espera que la magnitud de este efecto potencial sea baja (Tabla D2-9). Del mismo modo, se ha pronosticado que la consecuencia ambiental general también será baja.

La confianza en las predicciones es moderada, debido a que es completamente factible la remediación de grandes áreas mineras en los Andes, dada la experiencia en elevaciones similares en Pierina y en otros lugares. Sin embargo, existe cierta incertidumbre en la capacidad de volver a plantar algunas especies nativas; algunas especies serán más adecuadas que otras para la colección de semillas y para su cultivo en un invernadero. Aunque se espera que ocurra eventualmente una



mezcla de especies predominantemente nativas en las superficies recuperadas, resulta incierto el tiempo que será necesario para que esto se lleve a cabo. El monitoreo ayudará a reducir esta incertidumbre.

6.4.3.2.7. MONITOREO

El monitoreo estará enfocado en la eficacia de las actividades de remediación que culminarán durante las operaciones y al cierre del Proyecto.

El monitoreo del restablecimiento de los suelos y vegetación, consistirá en un muestreo anual de los suelos, y evaluaciones de la cubierta vegetal en las áreas recuperadas anteriormente. Se espera que cada cinco años se realice una evaluación detallada y el muestreo de áreas más avanzadas en su recuperación. Se establecerán parcelas permanentes a lo largo de transectos tanto dentro de las áreas recuperadas como en las no disturbadas, que servirán como control. Las parcelas estarán estratégicamente colocadas con el fin de evaluar el avance de la remediación y lograr el objetivo de la comunidad vegetal deseada. La información que se obtendrá en cada parcela incluirá la descripción general del sitio, especies de plantas presentes, vigor y crecimiento. Esta información será ingresada en una base de datos GIS en donde se analizarán los datos, y los resultados serán utilizados por MBM como una herramienta de planificación para adecuar el manejo del desarrollo planeado de los suelos y de la vegetación en las áreas recuperadas.



CAPITULO VII

DESCRIPCION DEL PROYECTO

7.0. MINERIA Y RESERVAS EXPLOTABLES

7.1. GENERALIDADES

El 12 de febrero del 2016 MBM anunció, con base en las perforaciones de exploración realizadas en diciembre del 2015, la existencia de un recurso indicado y medido in-situ de 8.533 millones de onzas, y un recurso inferido de 1.045 millones de onzas de un total de 9.578 millones de onzas de recurso in-situ en las categorías inferido, indicado y medido (Tabla 2.5-1 y 2.5-2). Se debe notar que 1.442 millones de onzas del recurso mencionado son de naturaleza sulfurosa y/o carbonosa y no están siendo consideradas para el procesamiento.

MBM continúa con su programa de perforación de inyección este año 2016. Los resultados de la perforación de inyección podrían indicar finalmente más o menos toneladas in-situ con una mayor o menor ley. Aunque no se ha previsto, los cambios en el tonelaje y/o ley podrían dar como resultado una variación en el perfil de producción y/o alcance del proyecto.

- La generación de una capa de referencia del tajo abierto indicada, medida y optimizada con base en el modelo geológico usado en enero del 2016.
- La selección de cantidades y tamaños de equipos con base en la experiencia de las operaciones en Pierina.
- El estimado de los costos de operación y capital para la extracción a tajo abierto considerando el uso de equipo diesel.
- El diseño del botadero de roca de desmonte y la secuencia de apilamiento en la cancha de lixiviación.

A lo largo de ésta y otras Secciones, el uso del término “mineral” hará referencia al material mineralizado dentro de la porción del depósito cuya explotación es considerada rentable.

Este material en conjunto es considerado como la “porción explotable del recurso” o “reserva explotable” e implica una justificación económica para extraer el material.



La “roca de desmonte” es el material de valor sub-económico que debe ser excavado para tener acceso al mineral.

Tabla 2.5-1 Criterios para Clasificación de Recursos Minerales

Clasificación del recurso	Distancia al compuesto más cercano (metros)	
	Zonas mineralizadas	Zona periférica
Medido	El compuesto debe estar dentro del bloque 10x10x5	Ninguna
Indicado	Mínimo un compuesto dentro de una elipsis de búsqueda de 30x25x20 o dos compuestos dentro de una elipsis de búsqueda de 60x50x40	Ninguna
Inferido	Por lo menos un compuesto dentro de una elipsis de búsqueda de 90x90x60	Ninguna

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

Los recursos in-situ de la mineralización de oro en el área de Las Lagunas Norte de Alto Chicama al 31 de enero del 2015 se resumen en la Tabla 2.5-2.

Tabla 2.5-2 Recursos Minerales de Oro al 31 de Enero del 2015

Clasificación	Toneladas (miles)	Ley (g/t Au)	Onzas contenidas (miles)
Medido	4,150	1.78	237
Indicado	156,696	1.65	8,296
Sub-Total	160,846	1.65	8,533
Inferido	22,517	1.44	1,045

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

7.2. CRITERIOS DE DISEÑO DE MINA

Las reservas explotables y los estimados de los costos de operación y capital se basan en la información y en los criterios de diseño presentados en esta Sección.

7.2.1. DISTRIBUCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA MINA

El depósito contiene reservas de oro y plata de baja ley. El depósito aflora en un terreno montañoso y constituye un caso típico para la aplicación de métodos de extracción a tajo abierto.

La chancadora primaria está ubicada al sur del tajo abierto propuesto a una altura de 4,125 msnm y la chancadora secundaria está ubicada al sudoeste de la chancadora primaria. Al sur de las chancadoras secundarias se ubica una tolva de descarga para el mineral chancado a una altura de 4,125 msnm. La cancha de lixiviación está ubicada al sur de la tolva de descarga y los botaderos de roca de desmonte están ubicados al oeste y este del tajo propuesto. El taller de camiones, que comprende una zona de mantenimiento de la mina, almacén, oficinas, patio para lavado de camiones y centro de abastecimiento de combustible para equipos, está ubicado al oeste del compartimiento de descarga. La Figura 3.4-1 proporciona un plano del área y de distribución de las operaciones propuestas en Alto Chicama.



7.2.2. TOPOGRAFÍA

Se proporcionaron dos modelos topográficos para el área. El primero cubría un área limitada en el afloramiento del depósito y fue utilizado en el diseño y planificación de la mina. Un segundo modelo topográfico comprende el botadero de roca de desmonte y la cancha de lixiviación y se utilizó en la preparación de los mapas de status planificado anual para los botaderos de desmonte y la cancha de lixiviación.

7.2.3. EL PROYECTO EN GENERAL

En esta etapa se estima que la operación minera sea similar a la exitosa mina Pierina que MBM explota en Perú. Las similitudes abarcan el entorno socio-económico, altitud, clima y la maleabilidad del mineral para someterlo a métodos similares de procesamiento.

La tasa nominal de procesamiento mineral en la chancadora primaria y secundaria es 42,000 t/d por 365 días operativos anuales, lo que significa que el rendimiento nominal de la chancadora primaria será de 15.3 Mt/año. De acuerdo con la experiencia de Pierina, la explotación se ha planificado en bancos de 10 m, aunque aún se estudian bancos de 5 a 8 m de altura. Se ha planificado que las pilas en la cancha de lixiviación tendrán 10 m de altura.

7.2.4. PRECIOS DE METALES, COSTOS DE OPERACIÓN Y OTRA INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO DE LA MINA

Los precios de los metales empleados en el cálculo de las reservas explotables fueron establecidos por MBM tal como se indica en la Tabla 3.2-1

Tabla 3.2-1 Precios y Costos de Metales de Diseño

Metal	Precio
Au	US\$ 300/oz.
Ag	US\$ 5.00/oz.

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

La propiedad está sujeta a una regalía al producto de las ventas de minerales de 2.51% (Net Smelter Return-NSR) que se debe pagar a Centromin. Este criterio influye en las leyes de corte y ha sido por lo tanto tomado en cuenta al determinar los estimados de recursos explotables medidos e indicados.



El depósito contiene zonas de óxidos y sulfuros. La optimización del tajo abierto sólo consideró material óxido que será incluido en el procesamiento. El procesamiento del material de sulfuro está sujeto a más investigación y no ha sido considerado para los fines de esta Descripción de Proyecto. Los costos de operación utilizados están dentro de los parámetros internacionalmente aceptados para operaciones similares.

7.2.5. LEYES DE CORTE

La ley de corte se define como el valor de mineralización cero (punto de equilibrio) de un bloque de material, sin incluir los costos de extracción. La ley de corte del oro variará ligeramente con las variaciones en la ley de la plata y la escala de la operación.

7.2.6. ÁNGULOS DE PENDIENTE

Los criterios de diseño de pendientes con fines de optimización del tajo se fijaron después de un análisis preliminar del depósito y la roca encajante. Las pendientes oscilan entre 35 grados en la mayor parte del tajo y 45 grados en las pendientes que dan al sudeste y noroeste.

Considerando estos criterios y debido a la geometría del depósito, las paredes de 35 grados predominarán en el diseño del límite final del tajo.

Los botaderos para roca de desmonte se diseñaron con ángulos de pendientes finales de 2.5 a 1. Se asumió que el factor de esponjamiento del material sería de 56%, con densidades de material suelto que varían según el modelo.

7.2.7. CARRETERAS DE MINA

El ancho de la carretera de la mina se fijó en 28 metros y la inclinación de camino en 8%. Las carreteras de la mina han sido incorporadas en los ángulos de pendiente generales para la optimización del tajo. Se ha planificado la construcción de aproximadamente 10 km de carreteras antes de la operación.

Se requerirá carreteras adicionales conforme avancen los trabajos mineros.



7.3. DISEÑO DEL TAJO ABIERTO

7.3.1. LÍMITE DEL TAJO Y RECURSOS EXPLOTABLES

El límite final del tajo se obtuvo aplicando el algoritmo de optimización de tajo de Lerchs Grossman, con base en los criterios de diseño señalados en el ítem 7.2.

Se realizaron trabajos de diseño adicionales con base en los resultados de optimización de Lerchs Grossman con el fin de incorporar el sistema de rampas de acceso al tajo y asegurar que se pudiera realizar la extracción en fases. Debe señalarse que la forma, orientación y profundidad finales de este tajo propuesto podrían cambiar a medida que culmine el programa de perforación en marcha, se ajusten los parámetros del diseño de pendiente y los factores económicos involucrados cambien. No se prevé que ninguno de estos cambios sea sustancial respecto a la Descripción del Proyecto o EIA.

El tajo optimizado y nivelado, que aparece en la Figura 3.3- 1, contiene las reservas explotables resumidas en la Tabla 3.3- 1. Debe señalarse que estas reservas varían ligeramente respecto a aquellas reveladas en Febrero del 2014, como resultado de la disminución de la ley de corte debido a un cambio en la tasa de procesamiento de mineral planificada. Las reservas finales extraídas variarán debido a los factores señalados en el párrafo anterior.

El tajo propuesto tiene una extensión nominal de 1, 750 metros a lo largo del eje N – S y 1,050 metros de ancho sobre el eje E – O. La profundidad máxima de excavación se encuentra a 3,980 msnm o 255 metros por debajo de la elevación máxima de perturbación minera. La profundidad máxima por debajo de la elevación más baja de la topografía original es de 75 m. Se proyecta que la superficie total de perturbación para la excavación del tajo sea de 153 hectáreas.

Tabla 3.3-1 Reservas Explotables Medidas e Indicadas de Alto Chicama (Tasa de Procesamiento de 42,000 Tpd)

Item	Valor
Toneladas de mineral (Mt)	116
Ley de oro (g/t)	3.8
Ley de plata (g/t)	3.9
Oro contenido (Moz.)	6.6
Total de toneladas extraídas en el tajo (TM)	266
Relación de desbroce (roca de desmonte /mineral t/t)	1.3

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM



7.4. PLANIFICACIÓN DE LA MINA

7.4.1. RESUMEN DEL PLAN A LARGO PLAZO

El tajo abierto optimizado y nivelado fue dividido en varias fases de extracción para permitir una explotación ordenada y económica del mismo. Las fases de extracción fueron usadas como una guía en el desarrollo de los planes de extracción anuales teniendo como objetivo principal suministrar a la planta de procesamiento una cantidad especificada de mineral con leyes de oro convenientes. El suministro de mineral a la planta, a su vez, determinó la cantidad de roca de desmote que debía extraerse en un año determinado. Se realizó un esfuerzo considerable para asegurar el suministro continuo del mineral y la extracción de roca de desmote con el fin de minimizar las grandes fluctuaciones en la tasa de extracción total anual. En la Tabla 3.4-1 se incluye un resumen de las cantidades empleadas en el plan a largo plazo.

Tabla 3.4-1 Cantidades Usadas en el Plan a Largo Plazo

	Mineral extraído (millones de toneladas)	Roca de desmote extraída (millones de toneladas)	Total extraído (millones de toneladas)
Pre-producción	0.4	1.8	2.2
2007	3.5	4.7	8.2
2008	15.6	13.0	28.6
2009	15.8	13.4	29.2
2010	15.9	20.2	36.1
2011	15.6	20.6	36.3
2012	15.6	20.1	35.8
2013	14.6	20.8	35.5
2014	9.7	25.4	35.1
2015	8.7	10.2	19.0
Total	115.7	150.3*	266.1

*Incluye 144 Mt de roca de desmote y 6.2 de mineral de naturaleza sulfurosa y carbonosa que será apilado

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

7.4.2. CARRETERAS Y PREPRODUCCIÓN DE LA MINA

El depósito aflora a la superficie y es relativamente fácil de acceder, presentando un ligero buzamiento hacia el este. La explotación del tajo empezará en el lado este dado que la topografía hacia el oeste es bastante escarpada. Se estima que el volumen de desbroce será de 6.4 millones de toneladas antes de la producción, para asegurar que haya suficiente mineral expuesto en el arranque y que de esta manera se mantenga la tasa de producción propuesta.



Se mantiene una provisión de descarga dentro del tajo del 5% del total de mineral extraído anualmente para recubrimiento de caminos y preparación de terrazas en los afloramientos topográficos. Este material descargado en el tajo será finalmente trasladado a las áreas de roca de desmonte apropiadas a medida que la extracción avance. Estas disposiciones equivalen a volver a manipular los 2.5 m. superiores del área del tajo abierto durante toda la vida de la mina.

La explotación del depósito requerirá la construcción de una red de carreteras que proporcione acceso desde las áreas de operación hacia la chancadora primaria y hacia los botaderos de roca de desmonte así como al área de lixiviación en pila. En la Figura 3.4-1 se muestra la red de carreteras inicial planificada. Se deberá construir un total aproximado de 10 km de carreteras antes de iniciar la producción. Estas carreteras son adicionales a las requeridas para acceder al área y para las redes de carreteras de vehículos ligeros requeridos dentro y alrededor de la planta.

7.4.3. COLOCACIÓN DEL MINERAL EN LA CANCHA DE LIXIVIACIÓN

La zona de descarga propuesta de mineral chancado se ubica a una altura de 4,125 msnm, al sur del tajo propuesto y al norte del área de lixiviación en pila. El mineral chancado será transportado de la zona de descarga a la cancha de lixiviación. El mineral chancado será colocado sobre la cancha alcanzando una altura de 10 m. Se prevé que la cancha de lixiviación se formará en tres a cuatro fases, con una capacidad en la fase inicial equivalente a aproximadamente dos años de apilamiento. La programación de la siguiente fase de la cancha de lixiviación dependerá de las tasas anuales de producción de mineral y de la configuración de la topografía original del área de la pila de lixiviación propuesta final.

La Figura 3.4- 2 presenta un mapa del status de las operaciones de la mina al final de la vida de la mina. La figura muestra la cancha de lixiviación con relación al tajo abierto y las áreas de eliminación de roca de desmonte.

7.4.4. DISPOSICIÓN DE LA ROCA DE DESMONTE

Durante la vida del proyecto, se excavarán del tajo abierto aproximadamente 144 millones de toneladas (Mt) de roca de desmonte. Además, se excavarán más de seis millones de toneladas de mineral de naturaleza carbonosa y sulfurosa. Aunque



este mineral contiene oro en niveles similares al mineral colocado en la cancha de lixiviación, no se ha encontrado ninguna tecnología que pueda recuperar económicamente el oro. Es posible que se le procese para recuperar oro en un futuro, pero para los fines del presente informe, el mineral será almacenado permanentemente en un stockpile.

Un factor importante en la planificación de la eliminación de la roca de desmonte es su geoquímica y su comportamiento ambiental esperado a largo plazo (es decir, su potencial para generar drenaje ácido de roca [ARD] y/o realizar una lixiviación de metales [ML]).

Se seleccionaron zonas para eliminación de la roca de desmonte con el fin de minimizar el número de drenajes afectados y, dentro de esta limitación, principalmente teniendo en cuenta su proximidad al tajo.

Existen tres áreas principales para eliminación de la roca de desmonte:

- El Botadero Este (EWRF) tiene una capacidad de diseño de 58 Mt y bajo el plan de explotación actual recibirá aproximadamente 48 Mt. Esta área será empleada a lo largo de la vida de la mina y es el botadero primario para la colocación de roca de desmonte potencialmente generadora de ácido (PAG).
- El Botadero Oeste (OWRF) en el valle al oeste del tajo, es el botadero primario para la roca de desmonte no generadora de ácido (NAG). Tiene una capacidad de diseño de 71 Mt y bajo el plan de explotación actual recibirá aproximadamente 68 Mt de roca.
- Relleno de una porción del tajo abierto propuesto con aproximadamente 28 Mt de roca. El relleno del tajo requiere determinar el fondo del tajo final antes de comenzar el proceso. Por ello, el relleno del tajo generalmente se realiza durante la segunda mitad de vida propuesta del tajo abierto. El material que se utiliza para el relleno comprende tanto material no generador de ácido como roca de desmonte potencialmente generadora de ácido.

Las capacidades de los principales botaderos de roca de desmonte se resumen en la Tabla 3.4-2.



Tabla 3.4-2 Resumen de Botaderos de Roca de Desmorte

Botaderos de roca de desmorte	Elevaciones Principales (msnm)	Capacidad de Diseño (Mt)	Pendiente No interrumpida(m)
Botadero Este	4130	58	80
Botadero Oeste	411,5 4065, 4030	71	120
Relleno del tajo	4050	28	40

Fuente: Elaboración propia

El OWRF y EWRF ocupan un área aproximada de 90 hectáreas y 56 hectáreas respectivamente. Las capacidades proporcionadas en la tabla anterior indican el volumen de roca utilizada hacia el final de la vida de la mina. Se pueden obtener capacidades adicionales dentro de la misma área ampliando las instalaciones en términos de altura. La capacidad del botadero se estima empleando pendientes finales de 2.5 a 1 y un factor de esponjamiento del 56%, después del asentamiento y compactación.

Tal como se señaló anteriormente, se prevé que en el tajo abierto propuesto se extraerá roca de desmorte que sea tanto no generadora de ácido (NAG) como potencialmente generadora de ácido (PAG). A medida que estos tipos de material sean extraídos, las operaciones a tajo abierto segregarán la roca de desmorte en los tipos apropiados de material y conducirán la roca de desmorte a los botaderos designados para el tipo de material en particular.

La designación de los tipos de material se realizará a través de un análisis químico y cortes del último orificio con el fin de detectar el contenido total de azufre y la demarcación en el tajo abierto del material NAG y PAG. El material caracterizado como PAG será conducido al EWRF y/o a las áreas designadas de relleno de tajo. Los materiales caracterizados como NAG pueden ser conducidos al EWRF, WWRF y hacia las áreas de relleno de mina designados. El recorrido de los camiones de transporte que llevan la roca de desmorte (y mineral) será realizado por medio de un sistema manual o automatizado de despacho de camiones.

El acceso a los botaderos es mediante rampas de un ancho nominal de 28 m, que en parte son cortadas y/o llenadas en la topografía natural de los alrededores del tajo y son construidas con la roca de desmorte dentro de los botaderos.



7.5. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPO

7.5.1. SELECCIÓN DEL EQUIPO

La Tabla 3.5-1 incluye el equipo que actualmente se propone para cumplir con el cronograma de producción de la Tabla 3.4-1. Esta flota ha sido utilizada como base para los estimados de los costos de operación y capital proporcionados en la Sección 9. Los principales componentes del equipo son:

Barrenos de producción – Para perforar orificios de 6 a 12 pulgadas de diámetro generalmente. Se ha estimado que los equipos requerirán emplear unidades de perforación vertical de 75,000 libras. Para cumplir con los requerimientos de la producción se utilizaría del 50% al 60%. Se requerirán hasta tres unidades, dependiendo de la tasa de producción de la mina.

Cargadores Frontales – Para transferir las rocas dinamitadas a los camiones de carga. Se requerirán hasta cuatro cargadores (con tolvas de 20 m³) en el tajo para trasladar el material planificado.

Camiones de Carga - Para transportar el material del tajo hacia la chancadora primaria (mineral) o hacia el botadero apropiado (roca de desmonte). Los camiones de transporte también se emplean para transportar el mineral chancado desde la chancadora secundaria hacia el área de lixiviación en pilas. En Alto Chicama, se ha planificado usar una flota de camiones de carga Diesel de 190 toneladas. Se requerirán entre 9 y 18 camiones, dependiendo de la tasa de producción de la mina, la cual varía durante la vida de las operaciones (Tabla 3.4-1).

El proyecto también empleará una flota de equipos para dar soporte a la operación de la flota de camiones y excavadoras de pala. Esta flota consiste de tractores, niveladoras, camiones cisterna, retroexcavadoras y diversos tipos de equipo para servicio y mantenimiento.

A medida que el diseño de la mina evolucione, es posible que se realicen los cambios en la flota de equipos que se presenta en la Tabla 3.5-1. No se puede anticipar que alguno de esos cambios sea materialmente significativo en relación al EIA.



Tabla 3.5-1 Equipo de Mina Según Aplicación

Equipo	Capacidad	Tamaño de Flota nominal	Aplicación
Barreno de perforación	75,000 lb. Por carga	2-3	Perforación de producción
Cargador frontal	20 m ³	3-4	Carga y apoyo en producción/stockpile
Camión	190t	9-18	Transporte de producción
Niveladoras	275HP	3	Mantenimiento de carreteras/ bancos/ botadero y carretera de acceso
Tractor de oruga	570 HP	4-5	Áreas de exploración, carga y botaderos
Tractor de llantas de goma	800 HP	2	Botaderos y carreteras
Retroexcavadoras	4.0 m ³	2	Limpieza de cresta, rampas y apoyo general
Barreno secundario	100-1520mm	1	Exploración y rotura secundaria
Camión cisterna	76,000 L capacity	2	Supresión de polvo, transporte de agua y acciones contra incendios
Camión cisterna/ plataforma baja		1	Transporte del barreno&tractor, remolque
Grúa	54,4 & 70t	2	Mantenimiento de campo
Elevador de carga	15.8t	2	Mantenimiento de taller
Camión de 20 t	-	4	Flota de servicio general
Camión para combustible / lubricante	-	2	Mantenimiento de campo
Vehículos de servicio	Diversos	13-15	Mantenimiento de campo
Pickup	-	25	Transporte general de campo
Dispositivos para neumáticos		1	Mantenimiento de neumáticos
Luces portátiles	4 x 1,000 w	10	Iluminación de botadero

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

7.6. OPERACIONES MINERAS

La operación a tajo abierto de Alto Chicama comprenderá una mina estándar con camiones y cargadores. A continuación se describe algunas de las operaciones unitarias primarias y las funciones de apoyo en la operación a tajo abierto.

7.6.1. PERFORACIÓN

El departamento de ingeniería determina las áreas que serán perforadas y voladas y señala dichas áreas a los departamentos de operaciones mineras y de topografía. El departamento de operaciones mineras se asegura que las áreas de perforación designadas sean limpiadas y niveladas con los equipos de apoyo minero (palas y/o niveladoras). Los topógrafos elaboran entonces un patrón de voladuras de acuerdo con el diseño de los ingenieros. Los patrones de perforación dependen del tipo de material que va a ser extraído (mineral o roca de desmonte), la dureza del mineral y el grado de fractura natural presente en el mineral. Se dan las instrucciones de perforación al departamento de perforación para cada patrón. Los barrenos de perforación, como se describió anteriormente, perforan en secuencia a la profundidad del banco con unos 1.5 a 2.5 m (sub-grado) adicionales de perforación debajo de la altura del banco del fondo. La perforación de sub-grado y voladura permiten una fragmentación eficiente en el respaldo bajo.

Los diámetros de los orificios empleados para voladura son generalmente de 6 a 12 pulgadas y las brocas de los barrenos son de la variedad martillo o tricono



rotatorio. Se pueden emplear orificios más pequeños y patrones de perforación más ajustados cuando se trabajen las paredes finales del tajo.

7.6.2. VOLADURA

Después de la perforación, y con las instrucciones de los departamentos de ingeniería y voladuras, se cargan los orificios con agentes de voladura. Generalmente los agentes de voladura son el nitrato de amonio y el aceite combustible. El tipo de agente de voladura empleado en un patrón específico de voladura, puede depender de la dureza de la roca y la cantidad de agua presente en el orificio. La cantidad de agente de voladura aplicado a cada orificio es determinada por el espaciamiento del orificio, la dureza de la roca, el grado de fractura natural y el grado deseado de fragmentación de la roca. El volumen del orificio comprendido entre el inicio del orificio y la parte superior de la columna explosiva se rellena con un material llamado “taco”, que por lo general son los cortes de barreno o roca chancada extraída en la zona.

La voladura se propaga por la cuerda detonante (generalmente NONEL), que activa las cápsulas de voladura ubicadas en los detonadores que a su vez están empotrados en la columna explosiva en el orificio. Los orificios para voladura se activan, generalmente, como una serie de orificios con intervalos previamente establecidos (medidos en milisegundos) entre las hileras de orificios. Ello permite la fragmentación deseada y levantamiento (o movimiento) de la pila de roca expulsada. Antes de la voladura, se evacua al personal y equipo de las áreas adyacentes. Las pautas internas referentes a la distancia requerida de despeje de área por parte del personal son fijadas en cada operación minera.

Barrick y/o un contratista independiente de voladuras mantendrá y operará un depósito de explosivos en una zona segura ubicada aproximadamente a 600 m al noroeste del tanque de agua fresca (Laguna Pozo Hondo) y a 1,200 m oeste de la entrada de la carretera para transporte de carga al tajo. Esta instalación será desarrollada y operada de acuerdo con las regulaciones peruanas vigentes para las operaciones de dichas instalaciones.

7.6.3. CONTROL DE MINERAL

Luego de que se hayan perforado los orificios de acuerdo con el patrón de voladuras y antes de cargarlos con explosivos y agentes de voladuras, los



perforadores recogen muestras de los cortes de perforación producidas al perforar cada orificio. Las muestras son enviadas al laboratorio de ensayos de la mina y sometidas a pruebas para analizar metales y elementos. El propósito del muestreo y ensayo es determinar qué porciones del material que se extraerá es mineral y qué porción es roca de desmonte. Además se podrían requerir algunas muestras para determinar si la roca de desmonte es NAG o PAG. Entre los tipos de ensayo, se pueden mencionar el ensayo de tiro, la absorción atómica y el análisis ICP y LECO.

Después de los ensayos, se envían los resultados al departamento de ingeniería de la mina.

Entonces se determina qué porciones del patrón de perforaciones terminarán siendo mineral, NAG o PAG. Luego de realizarse las voladuras de acuerdo con el patrón de perforaciones, el departamento de topografía y los ingenieros de control de mineral designan las áreas separadas del material volado como mineral, NAG o PAG. Esto se hace generalmente colocando banderas, bandas de colores, letreros y/o anuncios a lo largo de las líneas de excavaciones en donde el cargador minero diferenciará la extracción de mineral de la roca de desmonte. Las cantidades de mineral y roca de desmonte son registradas en los sistemas de computadora de la mina y se les entrega a los operadores de carga los mapas de las áreas designadas de mineral y roca de desmonte.

7.6.4. CARGA

Como se señaló en la Sección 7.5, los cargadores frontales realizarán la carga de mineral y roca de desmonte en los camiones de acarreo. Los operadores de carga, utilizando las líneas de control de excavación de mineral como guía, cargarán el camión de transporte con mineral hasta que dicho camión se haya llenado hasta el tonelaje determinado por el departamento minero. Al finalizar la carga del camión de transporte, el operador de carga indicará ya sea visualmente, oralmente o electrónicamente al conductor del camión de transporte el destino del mineral. Este destino será por lo general la chancadora de mineral, el stockpile o los botaderos.

7.6.5. TRANSPORTE

El mineral y la roca de desmonte son transportados por el camión desde la mina hasta la chancadora o área de acopio de minerales o al botadero designado. Además, los camiones de carga son empleados para transportar el mineral



chancado desde el compartimiento de descarga de la chancadora secundaria a la cancha de lixiviación para que dicho material pueda ser colocado en el área de lixiviación designada. Cuando el operador de carga le informa al conductor del camión sobre el destino apropiado, el conductor emprende viaje empleando los caminos y rampas dentro del tajo la mina hasta llegar a la red de transporte de carga en la superficie y posteriormente a su destino final.

Si el camión es asignado a una chancadora primaria, el operador esperará una señal por parte del operador de la chancadora antes de descargar el material en el botadero. Si el camión de carga es asignado a un stockpile o un botadero, el operador descargará el material en una zona predesignada en dicha locación. Al completarse la descarga en la chancadora, stockpile o botadero, el operador del camión regresará al tajo dirigiéndose a una unidad de carga previamente asignada.

Los camiones asignados para transportar mineral chancado prosiguen hacia la tolva de descarga. Luego de recibir una carga completa, el conductor del camión se dirige hacia la cancha de lixiviación y descarga el mineral en la ubicación de lixiviación designada.

Ocasionalmente se les solicita a los camiones de transporte que transporten material de construcción y material de mantenimiento hacia el tajo para que puedan ser colocados en ubicaciones designadas.

7.6.6. FLOTA DE EQUIPOS DE APOYO A LA MINA

La mina empleará una flota de equipos que realizará las tareas dentro y alrededor de la mina para apoyar las operaciones. Dichas tareas incluyen generalmente el desbroce de los bancos para prepararlos para la perforación, la limpieza de roca esparcida alrededor de las áreas activas de carga, el mantenimiento de los bancos, el mantenimiento de las bermas en las carreteras y en los frentes de los botaderos, la construcción y mantenimiento general de las superficies de transporte de la mina y el control de polvo de las vías de transporte durante las temporadas sin lluvias. Por lo general, esta flota incluye tractores de oruga, tractores de llantas de goma, niveladoras, retroexcavadoras, pequeños cargadores frontales, compactadoras y camiones cisternas.



7.6.7. MANTENIMIENTO DE LA MINA

El departamento de mantenimiento de la mina es responsable del mantenimiento preventivo y reparación de la flota de equipo pesado usado en las operaciones mineras y de la flota de vehículos ligeros de todo el emplazamiento.

Las instalaciones principales de mantenimiento de la mina se ubicarán en el taller de camiones localizado al oeste de la chancadora secundaria. Las instalaciones del taller de camiones incluirán cinco patios: dos para reparaciones de camiones, una para soldaduras, una para reparación de equipos de servicio (tractores y cargadores, etc.), y un patio para lubricación y mantenimiento preventivo del equipo pesado. Los patios del taller de camiones estarán rodeados por una explanada de concreto, facilitando las reparaciones adicionales fuera del taller de camiones. También se incluirán dentro del taller de camiones, el almacén de la mina, el área de ambulancias, el área del camión de bomberos, la enfermería para primeros auxilios y un taller para vehículos ligeros de cuatro patios. En el taller de camiones se agregarán salones para cambio de vestuario y oficinas para el personal de mantenimiento.

Al costado del taller de camiones, se colocará una estación de combustible para equipos y el patio para lavado de camiones. Es una práctica industrial muy convencional lavar el equipo antes de realizar mantenimiento preventivo y de reparación. El lavado del equipo permite inspecciones más exhaustivas del equipo y optimiza la seguridad del personal encargado de trabajar con dicho equipo.

El departamento de mantenimiento de la mina operará igualmente una flota de equipo móvil de reparación para facilitar la reparación del equipo en el campo. Esta flota incluirá camiones de combustible y lubricantes, camiones de grúa pescante, transportadores de herramientas, camiones para soldaduras y camiones de servicio general. El mantenimiento de campo consiste en efectuar reparaciones menores en el equipo móvil o reparaciones más significativas en equipos menos móviles.

7.6.8. DRENAJE DEL TAJO

El área de Alto Chicama recibe lluvias estacionales significativas y por ello requerirá instalaciones para el drenaje del tajo. Las instalaciones de drenaje incluirán sumideros de aguas temporales establecidos en el fondo del tajo con bombas sumergibles conectadas a la red de tuberías que sale del tajo. La precipitación que



cae dentro del tajo correrá generalmente por las zanjas establecidas en el fondo del tajo y sobre los sistemas de rampas.

Esta agua fluirá hacia los sumideros y será bombeada fuera del tajo. El agua del tajo será dirigida hacia un área de almacenamiento, tratamiento o descarga adecuados ubicados fuera del tajo.

Se prevé que se requerirá algún esfuerzo para reducir el nivel freático a elevaciones menores por debajo de los niveles de trabajo del tajo. Esto se logrará perforando pozos tanto alrededor del perímetro final del tajo como en las áreas de extracción activas del tajo. Dicho bombeo se hará a una tasa suficiente que reduzca temporalmente la napa freática y luego mantengan la napa freática por debajo del fondo del tajo hasta que se haya concluido la extracción.

Durante las operaciones activas puede ser necesario drenar localmente las mesas de agua aisladas en las paredes altas del tajo propuesto. A menudo dicho drenaje es necesario para reducir el impacto sobre la estabilidad de pendiente del tajo en tanto las mesas de agua elevadas pueden ocasionar un incremento de la presión hidráulica y reducir la firmeza a lo largo de las zonas de falla localizadas. Las mesas de agua aisladas pueden ser manejadas con el uso de orificios de drenaje horizontales en la pared alta desde las terrazas activas. Se colocan collares en los orificios, y el agua fluye por efecto de la gravedad, y va por las tuberías a las instalaciones apropiadas para su almacenamiento o eliminación.

Además de los sumideros del tajo, el drenaje de los barrenos y drenaje horizontal, se realizarán todos los esfuerzos para minimizar la cantidad de agua dentro del tajo colocando canales de drenaje en el perímetro que dirijan el agua fuera del tajo. Estos canales superficiales serán integrados al plan de drenaje superficial y balance hídrico de la mina.

7.6.9. MATERIAL DEL STOCKPILE

Los lechos de carbón y lodolita carbonosa, algunos de los cuales contienen oro mineralizado, se encuentran esparcidos en toda la zona mineralizada. Es importante segregar este material de modo que no llegue a la cancha de lixiviación, ya que una cantidad relativamente pequeña de carbón en la pila puede causar problemas metalúrgicos (reduciendo la recuperación) al absorber el oro disuelto en la solución de lixiviación que se filtra en la pila. Durante las operaciones el material



será identificado a través de la planimetría de los tajos y a través de los procesos de control de mineral descritos anteriormente. Los operadores de carga, al cargar un camión con este material, dirigirán el camión al botadero o pila correspondiente.

Los stockpiles propuestos a largo plazo se ubican al sur del tajo abierto y al norte de las instalaciones de procesamiento.

No existe actualmente un procedimiento económico y factible para recuperar el oro de este material y en tanto esto se logra, se apila el material para el proceso factible en el futuro.

Una combinación de factores que podrían finalmente hacer factible el procesamiento de este recurso implica precios más elevados de metales, avances en las tecnologías de procesamiento y un incremento en las cantidades de estos materiales extraídos en el tajo.

Además de estos materiales, en el tajo posiblemente se encontrará mineral que contenga oro sulfuroso en la arenisca, lodolita de barro y litología volcánicos.

Generalmente los minerales sulfurosos no pueden ser tratados mediante un proceso de lixiviación en pilas y requieren procedimientos adicionales para lograr una recuperación aceptable y económica. En este momento, el tajo abierto propuesto no explota suficiente material sulfuroso como para justificar una planta dedicada al problema y por ello se propone apilar este material para consideraciones futuras.

Para los propósitos de planificación del cierre, el diseño del proyecto asume que los stockpiles de material carbonoso y sulfuroso serán dejados en el lugar, cercados y cubiertos nuevamente por vegetación para cuando la mina cierre.

7.7. MANEJO DE ROCA DE DESMONTE

Al planificar la eliminación de la roca de desmonte, el principal problema ambiental está representado por el comportamiento geoquímico de la roca a largo plazo. Es de particular interés el potencial de drenaje ácido de roca (ARD) y/o la lixiviación de metales (ML). El ARD es resultado de la oxidación de minerales sulfurados por acción de bacterias en presencia de agua, una reacción que puede liberar acidez en el agua que está en contacto con la roca. La ML consiste en la disolución de trazas de metales como el cobre y el zinc y puede estar directamente relacionada



con las reacciones de oxidación que causan el ARD o puede estar asociada con la disolución de minerales secundarios que contengan metales en una forma soluble. Ambos procesos requieren del agua y pueden producirse cada vez que las excavaciones o voladuras expongan al aire superficies de roca nueva.

A la roca con el potencial de generar ARD y/o desarrollar ML se le denomina roca potencialmente generadora de ácido (PAG). La roca que no genera ARD ni desarrolla ML es denominada roca no generadora de ácido (NAG). En Alto Chicama, la base para el manejo de roca de desmonte es separar la roca PAG de la roca NAG. La roca PAG será colocada principalmente en el EWRF y como relleno en el tajo abierto. Tal como se requiere para cumplir con los objetivos de calidad del agua corriente abajo, se recolectará el drenaje proveniente del EWRF y se le tratará para remover la acidez y las trazas de elementos metálicos antes de descargarlo al medio ambiente. El WWRF sólo recibirá roca NAG. El drenaje del WWRF fluirá hacia una laguna de sedimentación para la remoción de sólidos en suspensión, pero no será necesario un tratamiento químico. El principal beneficio de esta estrategia es que se concentrará en una laguna de drenaje (la de Chuyuhual) todo el drenaje que pueda requerir tratamiento químico (proveniente del EWRF y de los stockpile, tajos abiertos y su posterior cierre y de la pila de lixiviación). Esto simplifica la planificación del manejo de agua y contribuye al objetivo de MBM de limitar los requerimientos de atención y mantenimiento a largo plazo luego del cierre de la mina.

Los estudios de planificación de la mina han considerado el potencial de ARD/ML en la roca de desmonte. Dichos estudios han incluido:

- La caracterización geoquímica de muestras de roca para determinar su comportamiento ambiental en el largo plazo;
- El desarrollo de criterios geoquímicos para diferenciar entre roca PAG y roca NAG.
- La elaboración de un plan de explotación minera para separar las rocas enviándolas hacia diferentes ubicaciones sobre la base de su potencial para generar ARD/ML.
- El diseño del EWRF y del WWRF de tal manera que se garantice suficiente capacidad de almacenamiento para la roca de desmonte que generarán las excavaciones durante la vida útil de la mina.



- El diseño de instalaciones de manejo de agua para garantizar la recolección y tratamiento del agua afectada por ARD/ML antes de descargarla en el medio ambiente.
- La elaboración de planes para minimizar la necesidad de recolección y tratamiento a largo plazo de ARD/ML luego del cierre de mina.

Las siguientes Secciones resumen la geoquímica y segregación de la roca de desmonte y describen el plan de manejo de roca de desmonte y la construcción de EWRF y WWRF.

7.7.1. GEOQUÍMICA DE LA ROCA DE DESMONTTE

En el presente estudio se ha realizado extensos estudios geoquímicos para caracterizar la roca de desmonte con respecto a su comportamiento ambiental en el largo plazo. Dichos estudios han incluido pruebas estáticas (análisis completo de roca y pruebas de Conteo ácido-base (acid-base accounting - ABA), así como pruebas cinéticas (pruebas de lixiviación a corto plazo y celdas de humedad).

- La mayor parte de la roca de desmonte contiene poco carbonato disponible para neutralizar la acidez producida por el ARD. En consecuencia, el potencial de neutralización (NP) de la roca, según lo ha determinado la prueba ABA es insignificante para efectos de separar la roca NAG de la roca PAG.
- El análisis de contenido de azufre mediante el método LECO refleja el potencial de generación de ácido con mayor precisión que el análisis mediante digestión de agua regia e ICP.
- Si bien es improbable que la roca con un contenido menor a 0.3% de sulfuro de azufre genere ARD de manera sostenida, el bajo PN de la roca de desmonte de Alto Chicama sugiere que es justificable utilizar un enfoque conservador. Para efectos de la planificación y la evaluación de impactos, se ha usado un valor límite de 0.1% para el azufre total, con el fin de discriminar entre roca NAG (<0.1%) y roca PAG (\pm 0.1%).
- Parte de la roca de desmonte de Alto Chicama contiene metales potencialmente lixiviables, principalmente en la forma de minerales de



sulfato secundarios. El análisis de los datos de la prueba estática indica que la mayor parte de la roca con potencial de ML contiene azufre total por encima de 0.1%. Durante la operación minera, se separará esta roca como material PAG y se le manejará en concordancia con ello.

- La prueba cinética ha generado suficientes datos para brindar estimados preliminares de la calidad del agua del EWRF y del WWRF. Estos datos son necesarios para evaluar los impactos en la calidad del agua corriente abajo y, en el caso del EWRF, para brindar datos necesarios para el diseño de una planta de tratamiento de agua. El programa de pruebas cinéticas continuará con el fin de refinar estos estimados.
- La roca clasificada como mineral carbonosa y sulfuroso debe ser tratada como roca PAG.

El programa de pruebas geoquímicas continuará y se modificará según sea necesario para apoyar el desarrollo de procedimientos operativos para la segregación de roca de desmonte y para ajustar los estimados de calidad del agua de drenaje.

7.7.2. MODELACIÓN DE LA ROCA DE DESMONTE

Con el fin de apoyar el diseño de los botaderos, se construyó un modelo de bloques de la roca de desmonte para estimar las cantidades de roca de desmonte PAG y NAG sobre la base del criterio de contenido de azufre establecido en el programa de pruebas geoquímicas. Este modelo se construyó usando el modelo de recursos de oro-plata a fines del año 2015 y el tajo de reserva como la base para la estimación del tonelaje. Los tonelajes de desmonte se basan en las soluciones del modelo de bloques y posteriores diseños en fases del tajo, los cuales fueron desarrollados por Q’Pit Inc.

Datos analíticos

El énfasis principal de esta actividad de elaboración de modelos fue cuantificar el tonelaje y la ley con respecto al azufre total. Sin embargo, se estimaron otros metales para garantizar la correlación espacial con el azufre, así como para



confirmar que los metales lixiviables tendrán un impacto insignificante en la determinación de los tonelajes de roca NAG/PAG.

ALS Chemex de Lima ha analizado todos los intervalos de perforaciones usando métodos ICP-AES multi-elementos. De los 34 elementos analizados, As, Cu, Fe, Hg, Pb, S y Sb fueron seleccionados para la estimación de la ley en este modelo de desmonte. Además del conjunto de datos ICP, se tomó muestras para el análisis LECO con el fin de mejorar la determinación de azufre y el entendimiento de la naturaleza de la especiación y distribución del azufre. Las muestras LECO se seleccionaron aleatoriamente de manera transversal, solamente dentro del tajo de reserva, con base en las proporciones de desmonte en el modelo de reserva vigente según litología y tipo de mineral (óxido vs. sulfuro).

Se utilizaron los siguientes criterios para el proceso de selección de muestras:

- *Tipo de mineral: óxido: 94%; sulfuro; 6%*
- *Litología: arenisca: 69%; lodolita: 9%; lodolita carbonosa: 4%; carbón: 1%; roca volcánica: 17%.*

Estos porcentajes relativos se basan en los porcentajes de las diferentes unidades litológicas presentes en el modelo de bloques de la reserva, así como en el porcentaje de óxido vs. sulfuro. Como el énfasis de esta selección de muestras fue principalmente la elaboración de un modelo de desmonte, sólo 30% de las muestras se recolectaron en la forma de mineral.

Se seleccionaron muestras dentro de los límites ICP para la ley del azufre, centrándose en el rango ICP para la ley del azufre de 0 a 2%. Sólo se utilizó el azufre en sulfuro y el azufre total LECO para la estimación de la ley.

Validación de datos

Se examinaron todos los datos sin procesar de los ensayos, para ubicar la presencia de valores fuera de rango con alta ley o valores erráticos que pudieran afectar potencialmente la precisión del modelo de desmonte. Se identificaron estos valores fuera de rango mediante inspección visual de las distribuciones generales de ley y se establecieron valores tope para todos los datos utilizados en el proceso de estimación. En las Tablas 3.7-1 y 3.7- 2 se muestra un resumen de la estadística de los ensayos sin procesar y con valores tope.



Tabla 3.7-1 Estadística de Pruebas sin Procesar sin Tope

Variable/ Límite	Total en Metros	Mín.	Máx.	Media	Desviac. Estánd.	Valores Tope
As (ppm) / 1.0	131,367	1.0	43,600	91	435	4.80
Cu (ppm) / 1.0	131,367	1.0	138,000	180	1,161	6.46
Fe (%) / 0.01	131,308	0.01	15.00	2.25	1.9	0.83
Hg (ppb) / 1.00	125,518	10.00	100,000	1,541	5,504.8	3.57
Pb (ppm) / 1.00	131,367	1.0	9,790	33	140.7	4.30
ICP S (%) / 0.01	117,832	0.01	10.00	1.26	1.8	1.42
Sb (ppm) / 1.00	131,367	1.0	10,000	21.91	124	5.66
LECO S (%) / 0.01	4,450	0.005	28.8	0.89	2.4	2.69
LECO S= (%) / 0.01	2,995	0.005	20.3	0.050	1.4	2.81

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

Tabla 3.7-2 Estadística de Pruebas sin Procesar con Tope

Variable/ Límite	Total en Metros	Mín.	Máx.	Media	Desviac. Estánd.	Valores Tope
As (ppm) / 1.0	131,367	1.0	5,000	86	333.1	3.88
Cu (ppm) / 1.0	131,367	1.0	30,000	175	928.8	5.30
Fe (%) / 0.01	131,308	0.01	10.0	2.24	1.8	0.80
Hg (ppb) / 1.00	125,518	10.00	50,000	1,451	4,205.3	2.90
Pb (ppm) / 1.00	131,367	1.0	1,000	30	84.5	2.82
ICP S (%) / 0.01	117,832	0.01	10.00	1.26	1.8	1.42
Sb (ppm) / 1.00	131,367	1.0	2,000	20.96	88.7	4.23
LECO S (%) / 0.01	4,450	0.005	10.0	0.79	1.7	2.16
LECO S= (%) / 0.01	2,995	0.005	10.0	0.48	1.2	2.52

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

Estimación de la ley

Todos los datos con tope ICP se agregaron en intervalos de 5 metros de profundidad en el orificio y con base en ellos se realizaron los cálculos de variogramas direccionales y se elaboraron los modelos. Como el conjunto de datos ICP generalmente no se recolectó en intervalos continuos, los datos sin procesar con tope constituyeron la base para los variogramas direccionales. Debido a la escasez de datos LECO, los variogramas generados con base en ellos generalmente eran no interrumpibles, por lo que se tomó la decisión de utilizar variografía generada del conjunto de datos ICP del azufre para los rangos y direcciones de búsqueda de muestras de azufre en sulfuro y azufre total LECO.

En la Tabla 3.7-3 se brinda un resumen de los modelos de correlograma para todas las variables y en la Tabla 3.7- 4 se resumen las estrategias de búsqueda y la selección de muestras. Todas las variables se estimaron mediante la distancia inversa (ID^2) ponderada por la longitud de la muestra usando una estrategia de búsqueda de paso múltiple con el fin de reducir la difuminación de la ley y producir una distribución no suavizada de la ley similar a los datos de las muestras originales. La selección de muestras para la estimación en bloques se hizo por litología (sedimento vs. roca volcánica) y por tipo de mineral o zona mineralizada.



Tabla 3.7-3 Modelos de Correlograma para todas las Variables de desmonte

Variable	Rango del Eje (metros)			Orientación (az/buzamiento)		
	Mayor	Smayor	Menor	May(Y')	Smay(X')	Menor (Z')
<i>Arsénico –Total</i>	96	318	518	190/86	068/02	158/-03
<i>Cobre – Zona de Óxido</i>	181	74	39	331/11	41/-63	68/25
<i>Cobre –Zona de Sulfuro</i>	207	122	694	65/20	82/-69	157/06
<i>Hierro – Zona de Óxido</i>	491	272	148	317/-11	42/21	254/66
<i>Hierro – Zona de Sulfuro</i>	169	90	694	65/20	82/-69	157/06
<i>Mercurio – Total</i>	262	312	98	303/05	037/33	206/56
<i>Plomo – Zona de Óxido</i>	435	209	88	310/-01	40/14	222/76
<i>Plomo – Zona de Sulfuro</i>	136	79	49	358/86	47/-02	137/03
<i>ICP S - Óxido</i>	330	215	98	354/11	87/18	233/68
<i>ICP S - Sulfuro</i>	104	125	36	27/57	153/20	252/24
<i>LECO Azufre/Azufre como Sulfuro</i>	335	643	825	027/84	041/-06	131/02

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

Tabla 3.7-4 Estrategia de Búsqueda y Selección de Muestras

Paso para la Estimación	Distancia de búsqueda (% de rango total)			No. de muestras		
	Mayor	Smayor	Menor	Mín.	Máx.	Máx/DH
Datos Comp. ICP						
1	5m	5m	2.5m	1	99	N.A.
2	25%	25%	25%	2	3	3
3	50%	50%	50%	2	5	2
4	100%	100%	100%	1	3	1
Datos sin Procesar LECO						
1	5m	5m	2.5m	1	99	N.A.
2	40	80	100	2	3	3
3	80	150	200	2	5	2
4	355	500	500	1	3	1

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

Procesamiento post modelo

Se inspeccionó el modelo visualmente en vista de planta y transversal para garantizar que la interpolación de leyes se realice correctamente y se prepararon resúmenes estadísticos para cada variable. Q'Pit Inc. resumió los tonelajes del modelo en bloque dentro del tajo de reserva. Se excavará del tajo un total de 144 millones de toneladas (Mt) de roca de desmonte. Con base en un valor límite de 0.1% para el punto de quiebre del azufre total LECO entre roca de desmonte NAG (<0.1%) y PAG (\pm 0.1%), 78.5 Mt del total se clasificarán como NAG y 65.4 Mt como PAG.

Se está trabajando para refinar los estimados del tonelaje de roca PAG y NAG y se recolectarán muestras adicionales para el análisis LECO. Se realizarán



actualizaciones en el modelo dependiendo de la recopilación de nuevos datos y de un trabajo interpretativo geológico adicional.

7.7.3. DISEÑO DE LOS BOTADEROS Y DEL STOCKPILE

Esta sección describe el diseño de los botaderos y del stockpile. En la Figura 3.4- 1 se muestra el EWRF, el WWRF y los stockpiles.

Descripción general

EWRF

El EWRF está ubicado al este del tajo abierto sobre una amplia loma que define el límite superior de la Quebrada Quishuara Sur. El botadero limita al norte y al sur con lomas de lecho rocoso, al oeste con el tajo abierto y al este con un canal de derivación. Se espera que el EWRF contenga aproximadamente 42 Mt de roca de desmonte PAG y 3 Mt de roca de desmonte NAG. Estos materiales pueden consistir en arenisca, rocas volcánicas, lodolita carbonosa, carbón, depósitos coluviales y lodolita. La roca de desmonte se colocará en el botadero mediante camiones de transporte minero que descargarán la roca en el ángulo de reposo de la pendiente. Se formarán bancos entre una elevación y otra a lo largo de las pendientes externas para brindar una pendiente permanente de 2.5H a 1V con el fin de facilitar la recuperación luego del cierre. En la Figura 3.7- 1 se muestra la vista de planta del EWRF. La Figura 3.7- 2 presenta secciones transversales del EWRF.

El diseño del EWRF se ha basado en el siguiente cronograma de explotación minera:

Tabla 3.7-5 Cronograma de Explotación Minera – EWRF

AÑO	TONELADAS (Mt)
1	6.1
2	4.0
3	3.4
4	5.2
5	8.4
6	4.7
7	10.1
8	3.0
9	0
Total 9 años	45.0

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

El EWRF final cubrirá un área de aproximadamente 99 Ha y tendrá una altura máxima de aproximadamente 60 m sobre la superficie del suelo.



WWRF

El WWRF está ubicado dentro de una cuenca relativamente confinada tributaria de la cuenca del Río Negro. El lado este del botadero limita con el muro elevado del tajo abierto y el lado oeste con una loma de lecho rocoso de limolita que corre a lo largo de la cuenca superior. Se espera que el WWRF reciba aproximadamente 71 Mt de roca de desmonte NAG. Estos materiales NAG pueden consistir en arenisca, roca volcánica, lodolita carbonosa, carbón, depósitos coluviales y lodolita. El WWRF se construirá con una serie de bancos envolventes a lo largo de las pendientes externas, con el fin de brindar una pendiente general permanente de 2.5 H a 1V, facilitando de esa manera la recuperación luego del cierre. La Figura 3.7- 3 presenta una vista de planta del WWRF. En la Figura 3.7- 4 se presentan secciones transversales del botadero.

El diseño del WWRF se ha basado en el siguiente cronograma de explotación minera:

Tabla 3.7-6 Cronograma de Explotación Minera – WWRF

ANO	TONELADAS (Mt)
1	0
2	8.3
3	9.2
4	13.6
5	10.8
6	9.0
7	5.4
8	7.9
9	3.8
Total 9 años	68.0

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

El WWRF final cubrirá un área de aproximadamente 56 Ha y tendrá una altura máxima de aproximadamente 110 m por encima de la superficie del suelo.

Stockpile

El Stockpile está ubicado al sur del tajo abierto en una cuenca de la Quebrada Laguna Negra, adyacente al EWRF. Limita al norte con una loma de lecho rocoso. Se espera que el stockpile reciba aproximadamente 6 Mt de mineral PAG. Estos materiales pueden consistir en carbón, lodolita y mineral sulfurado. Los materiales de la Pila se colocarán en bancos formados entre el ángulo de reposo de las pendientes con el fin de brindar una pendiente exterior general de la Pila de 2.5H a 1V. La Figura 3.7- 5 presenta una vista de planta del Stockpile. La Figura 3.7- 6 muestra una sección transversal típica del Stockpile.



El Stockpile se ha diseñado de acuerdo con el siguiente plan de explotación minera:

Tabla 3.7-7 Cronograma de Explotación Minera – PILA

ANO	TONELADAS (Mt)
1	1
2	379
3	678
4	936
5	935
6	591
7	820
8	824
9	1,050
Total 9 años	6,213

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

El stockpile final cubrirá un área de aproximadamente 26 Ha y tendrá una altura máxima de 44 m sobre el nivel de la superficie del suelo.

Condiciones superficiales y subterráneas

EWRP

La ubicación del EWRP se caracteriza por ser una loma amplia con pendientes variables hacia el este. La gradiente dentro del área varía desde esencialmente plana en el extremo oeste hasta aproximadamente 10% a lo largo del límite este. Las altitudes dentro del área varían aproximadamente entre 4,000 m a 4,100 m cerca del tajo. Existen dos cuencas principales en el área que son cuencas de la Quebrada Quishuara Sur.

Existen numerosos afloramientos de lecho rocoso andesítico dentro del área del botadero.

Existe una prominente loma de lecho rocoso a lo largo del extremo oeste del área, lo que suministra buenos cimientos en términos de estabilidad y drenaje. También existen afloramientos de lecho rocoso en los límites norte y sureste del botadero.

Dentro del área del botadero, se realizaron pozos y perforaciones de exploración geotécnica con el fin de evaluar las condiciones subterráneas y obtener muestras de suelo para realizar pruebas. En total, se excavaron 19 pozos de exploración dentro del área del botadero. Los pozos de exploración se realizaron usando una excavadora con orugas CAT 330B. Cada pozo de exploración se excavó hasta una profundidad de 5 m o hasta encontrar lecho rocoso. Se realizaron cuatro perforaciones geotécnicas dentro del área del botadero usando un barreno Boart



Longyear BK50 montado en orugas. Las perforaciones geotécnicas se avanzaron hasta encontrar lecho rocoso.

En general, el fondo del EWRF contiene suelos poco profundos que descansan sobre un lecho rocoso andesítico intemperizado. Las unidades de suelo dentro del área consisten en capa vegetal, arcillas de plasticidad baja a moderada, gravas y arenas arcillosas. El espesor de las unidades de suelo encontradas varía considerablemente en el área, entre 0 y más de 4m. El espesor de la capa vegetal varía entre 0 y 2.4 m. La capa vegetal se removerá y apilará antes de construir el botadero.

La mayoría de suelos arcillosos encontrados en el botadero son suelos residuales generados a partir de la intemperización del lecho rocoso andesítico. Los materiales arcillosos tienen una plasticidad baja a moderada y pueden procesarse de tal manera que se produzca una fuente adecuada de suelo arcilloso para la capa de cierre. Las pruebas de laboratorio realizadas en muestras de suelo arcilloso remoldeado indican permeabilidades en el rango de 1×10^{-6} a 1×10^{-8} centímetros por segundo (cm/seg).

Las excavaciones de pozos de exploración indican que los suelos subterráneos son ligeramente húmedos a saturados. Durante las horas en las que los pozos de exploración estuvieron abiertos, la acumulación de agua subterránea en la excavación fue nula o escasa, lo que indica que el flujo de agua subterránea a través de los suelos del fondo es muy reducido.

WWRF

El lugar donde se ubica el WWRF se caracteriza por ser una cuenca relativamente estrecha confinada por el este y el oeste por lechos rocosos. La gradiente de la cuenca a lo largo de la base con pendiente descendente del botadero es relativamente constante con un valor aproximado de 4% al norte. La altitud dentro del botadero varía aproximadamente entre 3950 m y 4150 m cerca del tajo.

A lo largo del extremo este del botadero está expuesto un lecho rocoso de arenisca. Existe una prominente loma con lecho rocoso de limolita a lo largo del extremo oeste del botadero, lo que brinda una buena base en términos de estabilidad. A lo largo del centro de la cuenca existe vegetación, capa vegetal y suelos residuales.



Dentro del área del botadero, se realizaron pozos y perforaciones de exploración geotécnica con el fin de evaluar las condiciones subterráneas y obtener muestras de suelo para llevar a cabo pruebas. En total, se excavaron 13 pozos de exploración dentro del área del botadero.

Cada pozo de exploración se excavó hasta una profundidad de 5 m o hasta que fuera imposible excavar más. Se realizó una perforación geotécnica dentro del área del botadero.

Las perforaciones geotécnicas se avanzaron hasta encontrar lecho rocoso.

En general, el fondo del WWRF contiene unidades de suelos residuales que descansan sobre un lecho rocoso de limolita meteorizada. Las unidades de suelo dentro del área consisten en capa vegetal, turba y arcillas de baja plasticidad. El espesor de las unidades de suelo varía entre 0 y más de 8 m. El espesor de la capa vegetal varía entre 0 y 1 m. La capa vegetal y los materiales de la turba se removerán y apilarán antes de construir el botadero. Estos materiales se usarán para la cubierta de cierre y como materiales de recuperación.

Los suelos arcillosos encontrados en el botadero son suelos residuales generados a partir de la intemperización del lecho rocoso de limolita. Los materiales arcillosos tienen una plasticidad baja y contienen algunos materiales carbonosos. Estos suelos no se consideran adecuados como fuente de material prestado.

Al excavar los pozos de exploración, se encontró que los suelos subterráneos estaban casi saturados. Sin embargo, durante las horas en las que los pozos de exploración estuvieron abiertos, el agua subterránea acumulada en la excavación fue nula o escasa, lo que indica que el flujo de agua subterránea a través del cimientado es reducido.

Stockpile

El lugar donde se ubica el stockpile es una cuenca pequeña, amplia con pendientes variables hacia el sur este y una gradiente de cimientado promedio de aproximadamente 10%. La altitud dentro del área varía entre aproximadamente 4010 m hasta 4095 m cerca del tajo. Ésta es una pequeña cuenca de la Quebrada Laguna Negra.



Existen numerosos afloramientos de lecho rocoso andesítico dentro del área del stockpile. Existe una prominente loma de lecho rocoso a lo largo del extremo noroeste del stockpile, lo que brinda una base adecuada en términos de estabilidad y drenaje. También existen lechos rocosos a lo largo de los límites norte y sur del stockpile.

Dentro del área del stockpile, se realizaron pozos y perforaciones de exploración geotécnica con el fin de evaluar las condiciones subterráneas y obtener muestras de suelo para llevar a cabo pruebas. En total, se excavaron 11 pozos de exploración dentro del área del stockpile. Los pozos de exploración se realizaron usando una excavadora con orugas CAT 330B. Cada pozo de exploración se excavó hasta una profundidad de 5 m o hasta que fuera imposible excavar más. Se realizaron dos perforaciones geotécnicas dentro del área del stockpile usando un barreno Boart Longyear BK50 montado en orugas. Las perforaciones geotécnicas se avanzaron hasta encontrar lecho rocoso.

En general, el fondo del stockpile contiene suelos poco profundos que descansan sobre un lecho rocoso andesítico meteorizado. Las unidades de suelo dentro del área consisten en capa vegetal, arcillas de plasticidad baja a moderada y limos arenosos. El espesor de las unidades de suelo varía entre 0 y más de 3 m. El espesor de la capa vegetal varía entre 0 y 1.0 m. La capa vegetal se removerá y apilará antes de construir el stockpile.

La mayoría de suelos arcillosos encontrados en el stockpile son suelos residuales generados a partir de la intemperización del lecho rocoso andesítico. Los materiales arcillosos tienen una plasticidad baja a moderada y pueden procesarse de tal manera que se produzca una fuente adecuada de suelo arcilloso para la capa de cierre. Las pruebas de laboratorio realizadas en muestras de suelo arcilloso remoldeado indican permeabilidades en el rango de 1×10^{-6} a 1×10^{-8} centímetros por segundo.

Las excavaciones de pozos de exploración indican que los suelos subterráneos van de ligeramente húmedos a parcialmente saturados. Durante las horas en las que los pozos de exploración estuvieron abiertos, no se acumuló agua subterránea en la excavación.



Desviación de agua superficial

En general, el agua de escorrentía superficial en el área del proyecto puede clasificarse en dos categorías: agua "con contacto" y agua "sin contacto" (Sección 4.6)

El agua con contacto incluye agua superficial y subterránea que ha estado en contacto con los muros del tajo, la roca de desmonte, el material apilado, el material de lixiviación o áreas muy perturbadas como áreas previamente desbrozadas para la construcción de botaderos y el tajo.

El agua sin contacto incluye agua superficial y subterránea que no ha estado en contacto con los muros, la roca de desmonte, el material apilado, el material de lixiviación o áreas muy perturbadas. Cualquier agua sin contacto que se mezcle con agua con contacto se convertirá en agua con contacto.

EWR

La derivación de agua superficial en el caso del EWR consistirá en un canal excavado cerca de la base de los límites del botadero. El canal recolectará el agua con contacto del botadero y la derivarán hacia la laguna de sedimentación este.

Los canales de derivación de agua superficial se excavarán en suelos arcillosos del subsuelo.

Los canales tendrán dimensiones adecuadas para llevar con seguridad escorrentías producidas por la peor tormenta en 100 años durante 24 horas más una tolerancia adicional para un margen libre.

WWR

La forma del área del WWR da lugar a un valle natural, confinado, que brinda una ruta natural para transportar la escorrentía superficial. El sistema de derivación del WWR consiste en un canal excavado en el subsuelo a lo largo del alineamiento de la base del botadero final. La escorrentía superficial del frente del botadero y las aguas que se infiltren a través del mismo quedarán naturalmente confinadas dentro del drenaje. El agua superficial recolectada por el sistema de derivación será llevada a la laguna de sedimentación oeste.



Los canales de derivación de agua superficial se excavarán en suelos arcillosos del subsuelo.

Los canales tendrán dimensiones adecuadas para llevar con seguridad escorrentías producidas por la peor tormenta en 100 años durante 24 horas más un margen libre.

Stockpile

La derivación de agua superficial en el caso del stockpile consistirá en canales excavados cerca a la base de los límites de la pila. Los canales recolectarán agua con contacto del stockpile y la derivarán hacia la laguna de sedimentación este.

Los canales de derivación de agua superficial se excavarán en suelos arcillosos del subsuelo.

Los canales tendrán dimensiones adecuadas para llevar con seguridad escorrentías producidas por la peor tormenta en 100 años durante 24 horas más un margen libre.

Sistemas de drenaje subterráneo

EWRF

Si bien la información sobre el área indica que el flujo de agua subterránea a través del EWRF es muy reducido, se ha incluido un amplio sistema de drenaje subterráneo en el diseño para mejorar confiablemente el rendimiento del fondo y para recolectar cualquier filtración de drenaje ácido de roca que pudiera producirse durante las operaciones luego del cierre de la mina.

El concepto del sistema de drenaje subterráneo para el EWRF consiste en un drenaje trapezoidal excavado en los cimientos del EWRF. El drenaje estará revestido con un geotextil de 12 oz/yd y relleno con guijarros y grava de la zona. Las infiltraciones recolectadas por los drenajes subterráneos se podrán derivar a cualquier laguna de ARD o a la laguna de sedimentación este, dependiendo de la calidad del agua de la infiltración.

WWRF

El WWRF no incluirá un sistema de drenaje subterráneo. El WWRF tiene sus cimientos en un suelo residual. El botadero se irá construyendo mediante



descargas de los camiones transportadores. El proceso de construcción de este botadero dará como resultado que los materiales de desmonte se segreguen de manera natural, ubicándose el material más grueso en la base del frente del botadero. La segregación de estos materiales más gruesos formará un drenaje natural e impedirá el desarrollo de significativas presiones en los poros dentro de los materiales del botadero.

Stockpile

Se brindará un sistema de drenaje subterráneo para el stockpile, con el fin de mejorar el rendimiento de los cimientos y recolectar infiltración potencial de ARD proveniente de los materiales apilados.

El concepto del sistema de drenaje subterráneo para el Stockpile consiste en un drenaje trapezoidal excavado en la fundación. Las infiltraciones recolectadas por los drenajes subterráneos se derivarán a la laguna de ARD o a la laguna de sedimentación este, dependiendo de la calidad del agua de la infiltración.

Estabilidad operacional de los botaderos y el stockpile

El Anexo A muestra los análisis de estabilidad de pendientes aplicados a las pendientes del EWRF, del WWRF, y de la pila. Los resultados de los análisis muestran que los factores de seguridad establecidos en los criterios de diseño y en los lineamientos sobre riesgos indican que las pendientes serán estables a largo plazo y que no se anticipa ningún movimiento con respecto al EWRF y el stockpile.

Los factores de seguridad mínimos para la pendiente final del WWRF en cuanto a condiciones de estabilidad estática y pseudo-estática indican que el factor de seguridad estática supera el valor de los criterios de diseño, lo que pronostica pendientes estables. Sin embargo, el factor de seguridad pseudo-estática está dentro de las guías sobre riesgos. Esto sugiere que se podría producir algún movimiento de las pendientes durante el Máximo Sismo Creíble (MCE), aunque se anticipa que los movimientos serían pequeños.

Construcción de los botaderos y el stockpile

EWRF

El EWRF se construirá con una serie de bancos envolventes que irán avanzando a partir del extremo este del tajo abierto. Cada pendiente de banco se construirá



mediante la descarga de camiones de transporte minero en el ángulo de reposo de las pendientes, formándose los bancos de tal manera que brinden pendientes finales compuestas de 2.5H:1V. Esta geometría minimizará la necesidad de nivelación de la cubierta de recuperación luego del cierre.

Antes de la colocación del desmonte, se despejará el área del EWRF de suelos orgánicos y suelos inadecuados. Para minimizar la carga de sedimentos en el sistema de derivación, sólo se desbrozará el área del botadero cada año, no toda la zona.

Además del desbroce de los suelos orgánicos, se construirá el sistema de drenaje del EWRF.

El sistema de drenaje se ampliará con cada fase de desarrollo del botadero para brindar drenaje a los cimientos.

Tal como se indica en el Anexo B del presente informe, los suelos del fondo en el área del EWRF incluyen suelos orgánicos, arcillosos y de relleno estructural. El volumen estimado de capa vegetal orgánica disponible dentro del área del EWRF es aproximadamente 300,000 m³. Estos materiales se retirarán antes de la construcción y se apilarán para su uso en el cierre de la mina y la recuperación del área. Además de la capa vegetal, los suelos arcillosos y los materiales de relleno estructural presentes dentro del EWRF podrán usarse como fuente de materiales de construcción (ya sea durante el desarrollo o en el cierre). El volumen estimado de material prestado de arcilla dentro del EWRF es aproximadamente 400,000 m³. La cantidad estimada de materiales de relleno estructural dentro del EWRF es 550,000 m³.

WWRF

El WWRF se construirá con una serie de bancos envolventes que irán avanzando a partir del extremo oeste del tajo abierto. Cada banco se construirá mediante la descarga de camiones de transporte minero en el ángulo de reposo de las pendientes. Los bancos envolventes se usarán para obtener una pendiente compuesta general de 2.5H:1V que cumpla con los criterios de cierre del botadero y recuperación del área.



Antes de la colocación del desmonte, se despejará el área del WWRF de suelos orgánicos.

Para minimizar la carga de sedimentos en el sistema de derivación, sólo se desbrozará el área del botadero cada año, no toda la zona. Los resultados de la investigación geotécnica indican que los suelos tanto superficiales como subterráneos están saturados y tienen una baja resistencia al cizallamiento. No se anticipa la remoción de estos suelos antes de la colocación del desmonte; más bien, se anticipa que estos suelos serán desplazados por la colocación del material de desmonte.

Como se indica en el Anexo B del presente informe, el volumen estimado de materiales orgánicos recuperables de la capa vegetal del área del WWRF es 105,000 m³. Estos materiales se removerán antes de la construcción y se apilarán para su uso durante la recuperación del área. Otros materiales dentro de la zona del WWRF no se consideran adecuados para la construcción de instalaciones mineras.

Stockpile

El stockpile se construirá como una serie de bancos envolventes que irán avanzando a partir del extremo sur del tajo abierto. Cada elevación se construirá en el ángulo de reposo de las pendientes, utilizándose los bancos envolventes para obtener una pendiente compuesta general de 2.5H:1V con el fin de minimizar los requerimientos de nivelación para la colocación de la cubierta de recuperación tras el cierre de la mina.

Antes de la colocación del desmonte, se despejará el área del stockpile de suelos orgánicos y suelos inadecuados. Para minimizar la carga de sedimentos en el sistema de derivación, sólo se desbrozará el área del botadero cada año, no toda la zona. La carga de sedimentos y la erosión se minimizarán usando Buenas Prácticas de Manejo (BMP), como vallas de sedimentos, fardos de paja, etc.

Además del desbroce de los suelos orgánicos, las actividades de preparación del fondo incluirán la construcción del sistema de drenaje subterráneo del stockpile. El sistema de drenaje subterráneo se ampliará durante la operación para brindar suficiente drenaje al stockpile.



Tal como se indica en la sección geotécnica del presente informe, los suelos del fondo dentro del área de la pila incluyen suelos orgánicos, arcillosos y de relleno estructural. El volumen estimado de suelos orgánicos disponibles dentro del área del stockpile es aproximadamente 65,000 m³. Estos materiales se retirarán antes de la construcción y se apilarán para su uso en el cierre del stockpile. Además de la capa vegetal, se podrán usar los suelos arcillosos y los materiales de relleno estructural presentes dentro del área del stockpile como fuente de materiales de construcción (ya sea durante el desarrollo o en el cierre). El volumen estimado de material prestado de arcilla dentro del stockpile es 120,000 m³. La cantidad estimada de materiales de relleno estructural dentro del área del stockpile es 80,000 m³.

7.7.4. CONSIDERACIONES SOBRE EL RELLENO DEL TAJO

En el cierre, el tajo contendrá aproximadamente 28 Mt de roca de desmonte relleno. De esta cantidad, una cantidad pequeña (cerca de 4 Mt) será clasificada como NGA mientras que el resto será clasificado como PAG (es decir, tendrá un contenido total de azufre por encima o igual de 0.1%). En tanto se forma y alcanza el equilibrio el lago del tajo se predice que su elevación promedio a largo plazo será de 4.027 msnm y que fluctuará entre 4.022 msnm y 4.032 msnm, dependiendo de las variaciones de la precipitación año a año.

En tanto el lago se forma y alcanza su elevación de equilibrio, se formará una superficie freática en la masa de la roca rellena, con una elevación esencialmente igual a la del lago.

Así en el largo plazo, cualquier roca de desmonte rellena ubicada debajo de los 4,022 msnm siempre será inundada, la roca de desmonte ubicada entre los niveles 4,022 msnm y 4,032 msnm será expuesta a inundaciones periódicas mientras que la roca por encima de los 4,032 msnm será expuesta a las precipitaciones que se filtran a través de la cobertura vegetal que está sobrepuesta en la roca de relleno. Ya que la mayoría de roca de relleno será clasificada como PAG, ARD puede ser generado dentro de la porción de masa de roca que no se inunda siempre. En la Sección 8.2 se trata con más detalle el impacto de ARD generado en esta instalación.



CAPITULO VIII

PLAN DE CIERRE

8.0. INTRODUCCION

El presente documento contiene el Plan de Cierre (el Plan) que será propuesto para el Proyecto Alto Chicama (el Proyecto), desarrollado por Minera Barrick Misquichilca S.A. (MBM). El Proyecto se ubica en la parte central norte del Perú, en la divisoria continental de la Cordillera de los Andes. MBM es la sucursal peruana de la compañía Barrick Gold Corporation con sede en Toronto, Canadá.

Este Plan se elaboró como documento de apoyo al Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de Alto Chicama y se incluye como un anexo de ese estudio. .

Este Plan ha sido elaborado para cumplir con las normas Peruanas y de acuerdo con los estándares internacionalmente aceptados para la práctica y las guías aplicables del Banco Mundial (World Bank 1998). Este Plan se desarrolló conjuntamente con el planeamiento del Proyecto para garantizar un enfoque de “diseño para el cierre” en el desarrollo del Proyecto.

Este Plan abarca tanto la etapa de cierre como la de post-cierre del Proyecto. El cierre se refiere al periodo que sigue a la explotación minera activa, en el cual las principales actividades de construcción se desarrollan con el fin de alcanzar los criterios y objetivos de diseño para el cierre final. Estas actividades pueden continuar durante varios años luego del cese de la actividad minera. La etapa de post-cierre se refiere al periodo que sigue al término de las actividades de construcción y manejo de aguas para el cierre. Durante esta última fase, las actividades se limitan por lo general, al monitoreo e inspección, para verificar el cumplimiento de los objetivos del cierre.

A continuación se presenta una descripción del Plan que contiene el presente documento:

- La Sección 2 contiene una breve descripción de las instalaciones del Proyecto, tal como quedarán al término de la actividad minera.
- La Sección 3 contiene los objetivos y criterios del cierre.



- La Sección 4 enumera las estrategias alternativas de cierre consideradas durante el diseño y la planificación.
- La Sección 5 presenta una descripción detallada de las principales actividades de cierre.
- La Sección 6 describe el balance de agua durante el ciclo de vida del Proyecto.
- La Sección 7 describe los planes para el tratamiento de aguas y manejo de lodos.
- La Sección 8 describe los planes de monitoreo al cierre y post-cierre.
- La Sección 9 describe las consideraciones sociales para el cierre.
- La Sección 10 incluye un cronograma de implementación y la descripción de otros estudios cuyo objetivo será anticipar y optimizar el Plan de Cierre.

8.1. MARCO LEGAL

Los requerimientos legales que se aplican al cierre de mina se presentan en el Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero - Metalúrgica, aprobado mediante Decreto Supremo No. 016-93-EM el 28 de abril de 1993 y modificado mediante Decreto Supremo No. 059-93-EM el 10 de diciembre del mismo año. Este Reglamento contiene el esquema completo de protección ambiental en las actividades minero-metalúrgicas, reconociendo al Ministerio de Energía y Minas (MEM) como la “autoridad competente” (es decir, el organismo rector en temas mineros y de medio ambiente) y al titular del denuncia minero como la parte responsable del manejo de desechos y del control de las emisiones al aire y al agua.

Dicho reglamento define al Plan de Cierre como un plan que el titular del denuncia deberá adoptar antes de dar inicio al cierre de la operación, señalando las medidas que deberán llevarse a cabo durante esa etapa para prevenir impactos ambientales adversos resultantes de los desechos, líquidos o gases que pudieran existir o descargarse del área en el corto, mediano y largo plazo. El Plan debe incluir medidas que garanticen el cumplimiento de los requerimientos legales, a fin de



garantizar la estabilidad del terreno, implementar la revegetación (donde sea técnica y económicamente posible) y evitar la contaminación de los cuerpos de agua que se ubican aguas abajo de la zona del Proyecto. Con respecto al EIA de un proyecto, el Reglamento considera al Plan como uno de los aspectos que se debe tratar como parte del plan de manejo ambiental del Proyecto.

8.2. DESCRIPCION DEL PROYECTO

El estudio comprenderá una mina de tajo abierto y las instalaciones de procesamiento metalúrgico para la recuperación de oro, plata y mercurio, este último como un sub-producto.

Se emplearán operaciones convencionales de transporte con camiones y cargadores para extraer el mineral, y la roca de desmote será acarreada y acomodada en instalaciones diseñadas para su almacenamiento. El oro, la plata y el mercurio serán recuperados del mineral utilizando un proceso convencional de lixiviación en pilas con cianuro y una planta de procesamiento Merrill-Crowe. El ciclo de vida del Proyecto comprende 15 meses para la construcción y entre ocho y diez años para las operaciones, previéndose que la producción se iniciará a mediados del año 2016.

En la presente tesis se presenta una descripción detallada del Proyecto. A continuación, se hace una breve descripción del estado en el que se encontrará el Proyecto en la fase posterior a la explotación, anterior al cierre, la cual se muestra en forma esquemática en el plano PC2-1:

- Tajo Abierto: El tajo abierto estará seco y partes de éste se habrán rellenado con aproximadamente 28 Mt de roca de desmote. Las paredes del tajo y el desmote de relleno incluirán roca potencialmente generadora de ácido (PGA⁵) y roca no generadora de ácido (NGA⁶). El tajo abierto comprenderá un área de aproximadamente 150 ha, con taludes finales de las paredes de la excavación con ángulos de entre 35° y 45°.

⁵ Se define PGA como los materiales que tienen el potencial de presentar drenaje de ácido de roca (DAR) y/o el potencial significativo de lixiviación de metales (LM). Los materiales con contenido sulfuroso total mayor o igual a 0,1% por peso se clasifican como PGA.

⁶ Los materiales con contenido total de azufre menor a 0,1% por peso se clasifican como NGA.



- Botadero de Desmonte Oeste (BDO): El BDO comprenderá aproximadamente 68 Mt de desmonte NGA proveniente del tajo abierto y cubrirá un área de aproximadamente 68 ha.

La altura vertical máxima del BDO será de aproximadamente 110 m, con ángulos promedio de los taludes de aproximadamente 22° (2,5H:1V). La instalación se podrá rehabilitar parcialmente con un sistema de cubierta de suelo superficial con vegetación, que será instalada durante las operaciones como parte de las actividades de rehabilitación simultáneas.

- Botadero de Desmonte Este (BDE): El BDE comprenderá aproximadamente 48 Mt de desmonte NGA y PGA proveniente del tajo abierto y abarcará un área de aproximadamente 96 ha. La altura vertical máxima del BDE será de aproximadamente 60 m, con ángulos promedio de los taludes de aproximadamente 22° (2,5H:1V). La instalación comprenderá un sistema interno de colección de filtraciones, dividido en compartimientos. La instalación se podrá rehabilitar parcialmente con un sistema de cubierta de baja permeabilidad de suelo superficial, a ser instalado durante las operaciones como parte de las actividades de rehabilitación simultáneas.
- Pila de Mineral Sulfuroso y Carbonáceo: Esta pila de mineral contendrá aproximadamente 6,2 Mt de mineral sulfuroso, carbón y esquistos carbonáceos, y abarcará un área de aproximadamente 28 ha. La altura vertical máxima de la pila de mineral tendrá aproximadamente 25 m, con ángulos promedio de los taludes de aproximadamente 22° (2,5H:1V). La instalación se podrá rehabilitar parcialmente con un sistema de cubierta de baja permeabilidad con suelo superficial, que será instalado durante las operaciones como parte de las actividades de rehabilitación simultáneas.
- Pila de Lixiviación (PL): La PL contendrá hasta 130 Mt de mineral lixiviado y cubrirá un área de aproximadamente 111 ha. La altura vertical máxima de la PL será de aproximadamente 150 m, con un



ángulo de taludes de aproximadamente 22° (2,5H:1V). Las instalaciones auxiliares incluyen una poza externa de solución enriquecida de lixiviación (SEL) (con una capacidad aproximada de 110 000 m³) y una poza para eventos de rebose (con una capacidad aproximada de 420 000 m³). La PL y las pozas externas estarán revestidas con material sintético.

- Sistema de Manejo de Aguas: Los componentes del sistema de manejo de aguas incluyen:
 - Reservoirio de agua fresca: reservoirio sin revestimiento (Laguna Pozo Hondo) que será utilizado para recolectar y almacenar la escorrentía, a fin de satisfacer los requerimientos de agua fresca de reemplazo;
 - Laguna Negra: reservoirio sin revestimiento que se utilizará como una poza de limpieza para el agua de escorrentía sin contacto proveniente de la cuenca de Quebrada Laguna Negra. Ésta incluye las derivaciones de la pila de lixiviación y la escorrentía de las cubiertas de lluvia de la pila de lixiviación⁷. Laguna Negra podría ser usada además para aumentar la capacidad de almacenamiento de agua fresca;
 - Pozas de sedimentación este y oeste: pozas sin revestimiento que se utilizarán para el manejo de sedimentos en la escorrentía proveniente de las áreas perturbadas. La poza de sedimentación este se ubica en Quebrada Laguna Negra, debajo del BDE, y recoge la escorrentía de contacto de la parte este del área, debajo de Laguna Negra, incluyendo la escorrentía proveniente del tajo, y la derivada del tajo, de la pila de mineral, del BDE, y del área de la planta. La poza de sedimentación oeste se ubica en una zona adyacente al Río Negro, debajo del BDO, y recoge toda la escorrentía de contacto de la parte oeste del sitio, incluyendo la escorrentía

⁷ Las cubiertas de lluvia utilizadas en las operaciones de la pila de lixiviación consisten en extensas sábanas de material sintético, por lo general de polietileno expandido de alta densidad (HDPE), que se colocan sobre la superficie de la pila para limitar la infiltración, interceptando y vertiendo aguas pluviales.



proveniente del BDO, la derivada del BDO y la derivada del tajo;

- Poza de colección del Drenaje de Ácido de Roca (DAR): poza revestida que se ubica entre el BDE y la pila de mineral, gradiente arriba de la poza de sedimentación este. Todas las aguas potencialmente impactadas con DAR son conducidas a la poza de recolección de DAR;
- Planta de tratamiento de Drenaje de Ácido de Roca (DAR): se utilizará para tratar el DAR, en el caso que éste ocurra. El DAR se bombeará desde la poza de colección de DAR hacia la planta de tratamiento, donde se le tratará y descargará a la poza de limpieza;
- Poza de solución enriquecida de lixiviación (SEL): reservorio revestido que será utilizado para contener las soluciones de lixiviación de la PL hasta que éstas sean bombeadas hacia la planta Merrill-Crowe para la recuperación de los metales valiosos;
- Poza de rebose: poza externa de rebose, revestida, que se ubicará aguas abajo de la poza de SEL. Esta poza servirá para contener la totalidad del agua de proceso de la PL generada por la precipitación y el descenso del nivel de agua durante los eventos de tormentas o condiciones anómalas;
- Planta de destrucción de cianuro: instalación para el tratamiento de soluciones de lixiviación que será utilizada en caso se genere un exceso de solución en el circuito de la pila de lixiviación. La solución tratada será enviada a través de una tubería hacia el clarificador de la planta de DAR, y desde allí a la poza de limpieza;
- Poza de lodos: instalación revestida que se utilizará para la disposición de lodos que se generan en el clarificador de la planta de tratamiento de DAR. La solución decantada de las



pozas de lodos se bombeará hacia la planta de tratamiento de DAR;

- Poza de limpieza: instalación no revestida que se utilizará para la colección de diversas aguas, incluyendo la escorrentía proveniente del rebose del clarificador de la planta de tratamiento de DAR, así como los efluentes de la planta de tratamiento de aguas servidas y de la planta de destrucción de cianuro, antes de su descarga al ambiente.
- Infraestructura de Procesamiento del Mineral: la principal infraestructura para el procesamiento del mineral comprende las chancadoras primaria y secundaria y la planta para el procesamiento de oro Merrill-Crowe.
- Instalaciones Auxiliares del Proyecto: Las principales instalaciones auxiliares de la mina incluyen caminos internos y vías de acarreo, pilas de tierra superficial y canteras de material de préstamo, una pista de aterrizaje, edificaciones administrativas y de oficinas, laboratorios, almacenes, talleres de mantenimiento, instalaciones para la atención de emergencias, sistema de distribución de energía, torres de comunicación, tanques de combustible y reactivos, áreas para el almacenamiento de explosivos, plantas para el tratamiento de aguas servidas y un campamento para 600 trabajadores.

8.3. OBEJTIVOS Y CRITERIOS DE CIERRE

8.3.1. OBJETIVOS GENERALES DEL CIERRE

A continuación se señalan los objetivos generales de cierre que constituyen la base del Plan:

- Cumplir o superar los requerimientos legales peruanos.
- Proteger el ambiente, la seguridad y la salud pública mediante la rehabilitación de las superficies de terreno alteradas y los cursos de agua perturbados, devolviéndolos a una condición estable que sustente el uso futuro de la tierra y que sea compatible con las condiciones existentes antes del desarrollo de la mina.



- Revegetar la tierra, donde sea posible, hasta lograr que alcance una condición autosostenida, utilizando especies apropiadas de plantas.
- Devolver a los cursos de agua una condición estable que satisfaga los objetivos de calidad y cantidad de agua en el largo plazo.
- Eliminar los impactos adversos que pudieran haberse generado en la calidad del aire, como consecuencia del Proyecto.
- Minimizar la necesidad de efectuar el cuidado y mantenimiento activos del sitio en el largo plazo, luego del cierre.

Los escenarios de cierre que no requieren de actividades de operación, monitoreo o mantenimiento post-cierre, se denominan por lo general escenarios de abandono técnico. Estas condiciones se pueden lograr en instalaciones del Proyecto que pueden ser demolidas o desmovilizadas, como es el caso de los edificios, tuberías, carreteras y equipos. Sin embargo, para las instalaciones que permanecerán luego del periodo de post-cierre como son la PL, los botaderos de desmonte, la pila de mineral y el tajo abierto, se requerirá efectuar mantenimiento y cuidado de post-cierre hasta que se logre una estabilidad física y química. En la medida de lo posible, este Plan intenta maximizar el número de componentes del Proyecto en condiciones de abandono técnico durante la etapa de post-cierre.

8.3.2. OBJETIVOS DEL CIERRE DE LA INSTALACIÓN

BDE y Pila de Mineral: El objetivo principal de cierre del BDE y de la pila de mineral es el de estabilizar física y químicamente los materiales NGA y PGA almacenados en estas instalaciones. Para lograr este objetivo, se desarrollarán medidas de cierre para limitar la potencial generación de DAR y/o lixiviación de metales (LM), controlando la infiltración y el intercambio de oxígeno, proporcionando flexibilidad en el potencial manejo de DAR, limitando la extensión del área de los potenciales impactos de DAR y manteniendo la estabilidad física de los materiales y del sistema final de cubierta de suelos en el largo plazo.

BDO: El principal objetivo de cierre del BDO comprende también la estabilización física y química de la instalación. Sin embargo, el BDO contendrá material NGA y se prevé que no generará DAR. Por ello, para la estabilización de esta instalación se desarrollarán medidas de cierre que reduzcan la infiltración de la precipitación,



limitando la cantidad de agua de filtraciones que deberá ser manejada y manteniendo la estabilidad física de los materiales NGA y del sistema final de cubierta de suelo en el largo plazo.

Tajo abierto: Los objetivos de cierre del tajo abierto serán contener la escorrentía de baja calidad proveniente de las paredes del tajo y de la roca de desmonte, limitar la descarga e infiltración de agua de baja calidad desde el tajo, restringir el acceso público al tajo abierto durante los periodos de cierre y post-cierre, limitar la infiltración de la precipitación y el intercambio de oxígeno en el material de relleno para limitar el potencial de DAR y mantener la estabilidad física del material de relleno y del sistema final de cubierta de suelo en el largo plazo.

Pila de Lixiviación: El objetivo principal de cierre de la PL será la estabilización física y química de la instalación. Los objetivos específicos incluyen: una reducción eficiente del inventario de solución durante el cierre, la mitigación del potencial de DAR durante el periodo de post-cierre mediante la reducción de la infiltración y del ingreso de oxígeno, la limitación de la extensión del área de los potenciales impactos en la calidad del agua y el mantenimiento de la estabilidad física del mineral lixiviado y del sistema final de cubierta de suelo en el largo plazo.

Sistema de Manejo de Aguas: El objetivo principal del sistema de manejo de aguas, que comprende pozas, reservorios e instalaciones para el tratamiento de aguas, será manejar agua del sitio para satisfacer los objetivos de calidad del agua, para lo cual se utilizará el tratamiento de agua, tratamiento del DAR, sistema de tratamiento con cal dentro del tajo, y conducción y almacenamiento de las aguas en las pozas y a través de los sistemas de conducción.

Infraestructura de Procesamiento de Mineral e Instalaciones Auxiliares: El objetivo principal del cierre de la infraestructura para el procesamiento de mineral e instalaciones auxiliares consiste en demoler, retirar, o eliminar de algún modo, para luego rehabilitar todas las instalaciones y las áreas alteradas, devolviéndoles una condición estable que sustente el uso futuro de las tierras y que sea compatible con las condiciones existentes antes del desarrollo de la mina.

8.3.3. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE INGENIERIA

Se desarrollaron criterios para el diseño del cierre, tomando como base los estándares internacionalmente aceptados. El riesgo se maneja asignando criterios



más estrictos a eventos de mayor consecuencia/mayor probabilidad. En la mayoría de los casos, el enfoque de diseño para el cierre ha obligado a adoptar criterios operativos de diseño que resulten compatibles con los criterios empleados para el diseño del cierre.

A continuación se enumeran los criterios clave de diseño que afectan, o que son directamente aplicables, a las etapas de cierre y de post-cierre. Estos criterios se consideran conservadores y posiblemente serán optimizados para los objetivos de cierre, antes de desarrollar el diseño final para el cierre.

Manejo del Agua Superficial:

- Derivaciones para el cierre – se diseñarán o modificarán para cumplir los siguientes criterios:
 - tormenta de diseño para protección contra la erosión – evento de tormenta de 24 horas en 100 años, más un borde libre.
 - tormenta de diseño para la conducción del flujo – evento pico de tormenta de 24 horas en 1 000 años, con un borde libre mínimo.
- Ranura de rebose del tajo – excavada con una pendiente positiva orientada hacia el sudeste con:
 - taludes estables diseñados con un factor de seguridad pseudo-estático equivalente o mayor que 1,0 para el sismo máximo creíble (SMC).
 - capacidad para conducir la mitad de la avenida máxima probable (AMP) proveniente del tajo y de las cuencas tributarias, en caso se considere que la laguna del tajo, en su elevación normal origine un efecto de atenuación, o para el caudal pico generado por el evento de tormenta de 24 horas en 1 000 años, cuando la laguna se encuentra en nivel de decantación (el que resulte mayor).
- Dique del tajo en la rampa oeste, de ser necesario – se diseñará tomando en cuenta las siguientes consideraciones:



- borde libre suficiente para evitar el rebose debido a la cresta de la ola, definida como 1,5 veces la altura de la ola resultante de la máxima velocidad del viento registrada en el área;
 - taludes diseñados con un factor de seguridad pseudo-estático de 1,0 o más para el SMC.
 - la estructura será de tierra zonificada con núcleo de arcilla y capas de drenaje para asegurar la estabilidad en el largo plazo.
- Las pozas de retención utilizadas en las etapas de cierre y de post-cierre – se rediseñarán o modificarán para que cumplan los siguientes criterios:
 - aliviaderos – con capacidad de transportar en forma segura los flujos mayores o iguales a la mitad de la AMP durante el cierre y post-cierre;
 - calidad del agua de la poza de sedimentación – la descarga de las pozas de sedimentación, mediante una combinación de tiempo de retención y floculación, cumplirá los criterios de calidad del agua para flujos menores o iguales a los generados por un evento de tormenta de 24 horas en 10 años;
 - capacidad de la poza de SEL y de la poza de rebose – deberán ser capaces de contener, por lo menos, el caudal máximo previsto de 30 días en 100 años, desde la PL durante las condiciones post-cierre;
 - capacidad de la poza de colección de DAR – deberá ser capaz de contener, por lo menos, el caudal máximo previsto combinado de 30 días en 100 años, proveniente del BDE y de la pila de mineral sulfuroso durante el post-cierre.
 - todos los diques de las pozas que serán utilizados durante el cierre y post-cierre, se diseñarán con un factor de seguridad pseudo-estático de 1,0 o más para el SMC.



- Los sistemas de drenajes inferiores y los de agua fresca – serán diseñados con un factor de seguridad mínimo de 10, considerando los caudales previstos para el post-cierre.

Renivelación y Sistemas de Cubierta:

- Renivelación – todas las superficies de las instalaciones a ser rehabilitadas con tierra superficial y/o sistemas de cubierta de baja permeabilidad, serán reniveladas (antes de la colocación de la cubierta) hasta alcanzar taludes no mayores de 2,5H:1V y con no menos de 2% de pendiente positiva para evitar el encharcamiento.
- Protección temporal contra la erosión – se instalarán canales temporales de derivación diseñados para conducir el caudal pico generado por el evento de tormenta de 24 horas en dos años en todos los taludes renivelados, a intervalos verticales nominales, para controlar la erosión hasta que se haya establecido la vegetación.
- Tierra superficial – el material para la cubierta se obtendrá de las pilas de tierra superficial establecidas durante las operaciones de desbroce y remoción de raíces, las cuales se mejorarán según sea necesario para sustentar pajonales, a determinarse mediante pruebas de línea base o parcelas de prueba.
- Capas de arcilla – utilizadas para construir los sistemas de cubierta de baja permeabilidad, los cuales se construirán con arcilla local de préstamo, para asegurar una conductividad hidráulica máxima compactada y saturada de 1×10^{-6} cm/s.

Estabilidad de Taludes:

- PL – los taludes tendrán un factor de seguridad pseudo-estático mínimo de 1,1⁸ cuando se encuentren sujetos a la aceleración máxima estimada del terreno asociada al SMC.

⁸ Los taludes tendrán un factor de seguridad pseudo-estático de 1,1 para los materiales colocados sobre un revestimiento sintético, mientras que para todos los demás se usará un factor de seguridad de 1,0 por lo menos.



- BDE, BDO y pila de mineral sulfuroso – los taludes tendrán un factor de seguridad pseudoestático mínimo de 1,0 cuando se encuentren sujetos a la aceleración máxima del terreno asociada al SMC.
- Taludes del tajo y del desmante colocado dentro del tajo abierto – serán diseñados con el criterio de consecuencia de falla basado en riesgo para el SMC. Los sectores de taludes críticos del tajo que tuvieran una consecuencia de falla inaceptable (por ejemplo, debido a la seguridad o impactos en los componentes críticos de cierre/post-cierre) serán diseñados con desplazamientos aceptables para el SMC o serán mitigados con controles pasivos durante el cierre. Las medidas potenciales de mitigación para mejorar el margen de seguridad serán específicas para el sitio, y podrían incluir bermas de pie u otros elementos de control para lograr la estabilización (por ejemplo, drenes horizontales).

8.3.4. CRITERIOS NORMATIVOS SOBRE LA CALIDAD DE AGUA AL CIERRE

Existen dos criterios peruanos de calidad de agua que se usan como guía para la planificación del cierre. El primero es el de los Límites Máximos Permisibles para Descargas de las Actividades Mineras – Perú (Resolución Ministerial No. 011-96-EM/VMM), denominados límites máximos permisibles (LMP). Los LMP son las concentraciones con las que todo efluente líquido de una mina debe cumplir “a la salida de la tubería”, sin tener en cuenta el volumen de la descarga ni las condiciones del cuerpo receptor. En la Tabla 3-1 se consignan los LMP actualmente vigentes en el Perú.

El segundo criterio corresponde a los Estándares Ambientales de Calidad del Agua, que provienen de la Ley General de Aguas (Decreto Ley 17752), en adelante denominada Ley General de Aguas (LGA). La Ley General de Aguas establece los límites aceptables de las concentraciones de metales traza y otros componentes en el agua ambiental, en función del uso que se vaya a dar al agua. La Ley General de Aguas establece seis clases de agua, de las cuales las siguientes tres son aplicables a los cuerpos receptores en la zona de Alto Chicama:

- Uso I - Suministro para Uso Doméstico con Desinfección Simple.;



- Uso III - Ganadería y Agricultura.
- Uso VI - Protección de la Fauna Acuática y Agua para la Pesca Recreativa.

Tabla 3-1 Límites Máximos Permisibles para Descargas de las Actividades Mineras – Perú

Parámetro	Valor Máximo	Valor Medio Anual
pH	>6 y <9	>6 y <9
sólidos suspendidos (mg/l)	50	25
plomo (mg/l) ^(a)	0.4	0.2
cobre (mg/l) ^(a)	1.0	0.3
zinc (mg/l) ^(a)	3.0	1.0
hierro (mg/l) ^(a)	2.0	1.0
arsénico (mg/l) ^(a)	1.0	0.5
cianuro total (mg/l) ^(b)	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

(a) Valores disueltos.

(b) Cianuro Total equivalente a 0,1 mg/l de cianuro libre y 0,2 mg/l de cianuro WAD.

Tabla 3-2 Estándares y Valores Guía Ambientales de Calidad del Agua Aplicables a la Evaluación del Impacto en la Calidad del Agua

Parámetro	Unidad	Perú ^(a)			OMS	
		Uso I Uso doméstico con desinfección simple	Uso III Agua de regadío para consumo de vegetales crudos y aguas para el ganado	Uso VI Conservación de la fauna acuática y agua para la pesca comercial o recreativa	Agua Potable ^(b)	Agua Fresca
Parámetros Generales						
Sólidos totales en suspensión	ppm					
Iones Principales						
sulfatos	mg/l				250 ^(g) – 500 ^(h)	
Cianuro CN)	mg/l				0.07	
Cianuro (WAD)	mg/l	0.08	0.1			
Cianuro (libre)	mg/l			0.022		0.022
Metales						
aluminio	mg/l				0.2 ^(g)	
arsénico ^(k)	mg/l	0.1	0.2	0.05	0.01 ⁽ⁱ⁾	
cobre ^(k)	mg/l	1.0	0.5	0.025 ⁽ⁱ⁾	2 ^(j)	
hierro ^(k)	mg/l				0.3 ^(g)	
níquel ^(k)	mg/l	0.002	(Véase not c) ^(c)	0.025 ⁽ⁱ⁾	0.02 ⁽ⁱ⁾	
zinc ^(k)	mg/l	5.0	25.0	0.13 ^(e)	3 ^(g)	
Nutrientes						
nitratos (N)	mg/l	0.01	0.1		11.3 ^(j)	

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

(a) Normatividad Peruana - D.L. No 17752 Ley General de Aguas

(b) Organización Mundial de la Salud – Valores Guías para la Calidad del Agua Potable, 1996.

(c) No se determinaron los estándares. Si se sospechara su presencia, se aplicará provisionalmente los valores para el Uso V.

(d) Pruebas LC50 de 96 horas se multiplican por 0,1 (mina Antamina [Compañía Minera Antamina, 1996]).

(e) pruebas LC50 de 96 horas se multiplican por 0,02 (mina Antamina [Compañía Minera Antamina, 1996]).

(f) Basado en los criterios CCME de vida acuática en agua dulce (CCME, 1999).

(g) No existe valor guía basado en criterios de salud; sin embargo este nivel podría originar quejas por parte los consumidores.

(h) No existe valor guía basado en criterios de salud; sin embargo se recomienda notificar a las autoridades sanitarias cuando las concentraciones alcanzan este nivel.

(i) Valor guía provisional.

(j) El valor guía corresponde al Nitrato (como NO₃) como 50 mg/l (agudo).

(k) Valores totales.



Ninguno de los cuerpos de agua receptores cerca del Proyecto ha sido aún clasificado. Esto probablemente no ocurra hasta que la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) emita las licencias para los vertimientos, luego de la revisión normativa del EIA y antes de que la mina entre en operación. En consecuencia, para fines del EIA, los límites de Clase I, III y VI de la Ley General de Aguas se consideran como potencialmente aplicables y se utilizarán para fines de evaluación ambiental y de planeamiento de la mina. En la Tabla 3-2 se presentan estos límites.

De particular atención son los estándares establecidos en la Ley General de Aguas para el níquel y los nitratos (Tabla 3-2), por ser estos más rigurosos que los de otras jurisdicciones y entidades internacionales. Por ejemplo, el estándar de Uso I (uso doméstico) peruano para níquel es de 0,002 mg/l, mientras que el estándar de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el agua potable se encuentra en un orden de magnitud mayor, de 0,02 mg/l. El estándar peruano de Uso I (uso doméstico) para nitratos es 0,01 mg/l (expresado como nitrógeno), mientras que la norma de la OMS para el agua potable es mayor en tres órdenes de magnitud, 11,3 mg/l (expresado como nitrógeno).

Las normas peruanas estipulan que los estándares de Uso VI para el cobre, níquel y zinc se determinarán sobre la base de pruebas de toxicidad específica para el sitio (típicamente, una vez que se clasifica el uso de un cuerpo de agua receptor). Con fines referenciales, se utilizan los valores de Uso VI de la Mina Antamina para cobre y zinc, los cuales son de 0,025 mg/l y 0,13 mg/l respectivamente (Compañía Minera Antamina 1996). En la Mina Antamina no se determinó ningún valor guía para el níquel en agua dulce, de modo que se usó como referencia el valor más bajo aceptable para la vida acuática en agua fresca (0,025 mg/l) del Consejo Canadiense de Ministerios del Ambiente (CCME).

Los valores para el agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) se usan también para evaluar los impactos en la calidad de agua (Tabla 3-2). La Organización Mundial de la Salud establece valores guía para agua potable, aplicables a aguas tratadas y a estándares de agua dulce para cianuro libre (0,022 mg/l)



El Código Internacional de Cianuro (ICMI 2002), cuyos requerimientos se aplican al Proyecto Alto Chicama, estipula que la concentración de cianuro disociable en ácido débil (WAD) en los efluentes no deberá exceder los 0,5 mg/l. Asimismo, el Código estipula una concentración máxima de cianuro libre en agua ambiental de 0,022 mg/l (Tabla 3-2).

8.4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En el marco de este estudio se han considerado métodos y diseños alternativos para todos los componentes principales del Proyecto, mediante la realización de análisis de alternativas durante el desarrollo inicial de la configuración de las instalaciones y de los diseños preliminares. Estos análisis consideran todas las fases del ciclo de vida del Proyecto (inicio, operaciones, cierre y post-cierre). Los factores de ingeniería, costo, aspectos ambientales y sociales fueron considerados para seleccionar la alternativa recomendada. Los análisis de alternativas que afectan las fases de cierre y post-cierre del Proyecto se resumen a continuación:

- Cuenca hidrográfica (ubicación) de la mayoría de las instalaciones;
- Ubicación específica de los botaderos de desmonte;
- Tipos de residuos (por ejemplo, NGA, PGA) que se depositan en los botaderos de desmonte;
- Segregación del desmonte entre los botaderos de desmonte y al interior de éstos;
- División en compartimientos de las filtraciones desde el depósito de desmonte;
- Taludes operativos y finales de los botaderos de desmonte y de la pila de lixiviación;
- Ubicación y clasificación de la PL;
- Rellenado del tajo abierto y/o laguna del tajo;
- Ubicación y métodos para el tratamiento y manejo de las aguas; y
- Fuentes de material de préstamo para los sistemas finales de cubierta de suelo para los botaderos de desmonte y para la pila de lixiviación.



Para el cierre, las alternativas específicas consideradas para cada uno de los botaderos de desmonte, la PL y la pila de mineral sulfuroso incluyeron:

- Diversos sistemas finales de cubierta (tipos, materiales, componentes y espesores);
- Taludes finales durante las operaciones versus taludes finales en el periodo posterior al cierre;
- Esquemas para el manejo de las filtraciones;
- Segregación del desmonte.
- Manejo de las aguas superficiales y de los sedimentos para la etapa de transición desde la operación hasta el post-cierre.

Adicionalmente, las alternativas consideradas para la PL incluyeron la evaluación de diversos métodos para la reducción del inventario de solución, los mismos que incluyeron evaporación, enjuague, sistemas de cubierta de lluvias y sistemas de cubierta alternativos, combinados con tratamiento de cianuro, recirculación y mezcla con agua de escorrentía y/u otras fuentes de agua.

Se consideraron varias alternativas de cierre para el tajo abierto. Las principales alternativas consideradas fueron el relleno parcial del tajo para crear un tajo con drenaje libre (es decir, sin laguna en el tajo), la formación de una laguna en el tajo y el mantenimiento de un tajo seco mediante controles activos (por ejemplo, mediante bombeo). El relleno completo del tajo no resultó ser económicamente factible. Se evaluaron además, alternativas complementarias para cada alternativa principal, tales como:

- Rellenado del tajo – nivel del relleno parcial, elevación de la ranura de descarga, sistema de cubierta del material de relleno, derivación de las aguas superficiales al interior del tajo y segregación del DAR.
- Laguna del tajo – elevación de la ranura de rebose, derivación del agua hacia el interior del tajo (por ejemplo, desde el BDE) derivación del agua dentro del tajo y/o bombeo para atenuar las fluctuaciones del nivel de la laguna del tajo, configuración del relleno parcial y diversos escenarios para la cubierta, así como el tratamiento con cal al interior del tajo.



- Tajo seco – derivación del agua superficial alrededor del tajo y segregación del DAR, especificaciones del bombeo, configuración del relleno parcial y escenarios para la cubierta.

Las alternativas consideradas para la infraestructura de procesamiento de mineral y las instalaciones auxiliares con potencial de afectar los recursos hídricos se limitaron a la ubicación de las instalaciones en cuencas específicas. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las alternativas disponibles estuvieron limitadas a las áreas de la infraestructura y de las instalaciones, teniendo en cuenta el impacto potencial en la planificación para las etapas de cierre y post-cierre.

8.5. DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE CIERRE

En esta sección se describen los aspectos clave relacionados con el cierre, los componentes operacionales de las instalaciones que serán utilizados para el cierre y las medidas de cierre para cada una de las principales instalaciones del Proyecto.

8.5.1. BOTADERO DE DESMONTE ESTE

Los aspectos clave considerados para el diseño de cierre del BDE incluyeron:

- Impactos potenciales en la calidad del agua como resultado de la exposición a la intemperie (DAR/LM) y a la erosión/sedimentación;
- Estabilidad física del material y del sistema de cubierta con suelos;
- Potencial de filtraciones de agua de baja calidad hacia el agua subterránea.
- Conformidad entre el uso final del terreno luego de las actividades mineras y la topografía regional.

Los componentes operacionales de la instalación que se usarán para el cierre incluyen:

- Construcción de taludes laterales con una inclinación general de 2,5H:1V para garantizar una estabilidad física apropiada en el corto y largo plazo, minimizar la renivelación durante el cierre y facilitar la construcción de la cubierta;



- Un sistema de drenes inferiores dividido en compartimientos, en concordancia con la segregación anticipada de los desmontes, en función de su potencial de generación de DAR, para permitir flexibilidad en el manejo y el posible tratamiento de las filtraciones que pudieran ser afectadas durante el cierre y el post-cierre;
- Uso de los canales perimetrales de derivación existentes (este y oeste) para el control de la escorrentía durante la consolidación de la cubierta y posteriormente, el canal oeste a usarse en la derivación de las aguas superficiales (mapa 5-1);
- Uso de las pilas de tierra superficial y de la arcilla existentes en la zona, para la construcción de la cubierta;
- Uso de la poza de sedimentación este para el control de sedimentos, si fuera necesario;
- Uso de la poza de colección de DAR, planta de tratamiento DAR y poza de limpieza para el tratamiento de las aguas de filtración, si fuera necesario.
- Rehabilitación progresiva a ser efectuada concurrentemente con las operaciones.

Las medidas de cierre comprenden:

- Renivelación y contorneo de la superficie del BDE, retirando los bancos y conformando taludes de máximo 2,5H:1V con una pendiente mínima de 2% para obtener una superficie de drenaje nivelada positiva, a fin de garantizar la estabilidad geotécnica en el largo plazo, facilitar la colocación de la cubierta final y alcanzar formas del terreno aceptables para su uso luego del cese de la actividad minera. Los taludes renivelados incluirán canales de derivación temporales para proteger la cubierta, contruidos a intervalos regulares para controlar la erosión hasta que se logre el establecimiento de la vegetación.
- Construcción de un sistema de cubierta final con suelo de baja permeabilidad y vegetada, que incluirá aproximadamente 30 cm de suelo superficial sobre aproximadamente 30 cm de arcilla compactada



cuyo propósito será limitar la infiltración y el ingreso de oxígeno hacia los materiales PGA, fomentar la vegetación y limitar la erosión, prevenir el contacto de la roca de desmonte con la escorrentía y crear un terreno rehabilitado compatible con el terreno circundante. En la medida de lo posible, se utilizarán especies nativas para la rehabilitación, donde esto sea adecuado.

- Conversión del canal de derivación este que será utilizado durante las operaciones, en un dren francés que permita conducir por gravedad los flujos de agua provenientes de los drenes inferiores, hacia la poza de colección de DAR, tal como se ilustra en el mapa PC5-1. Monitorear y de ser necesario tratar las descargas provenientes de los drenes inferiores, incluyendo los flujos derivados de compartimientos específicos, en la poza de colección de DAR, la planta de tratamiento de DAR y la poza de limpieza.
- Manejo de la escorrentía superficial nivelando el canal de derivación oeste de ser necesario, para poder manejar en forma segura el caudal de diseño. La escorrentía del canal de derivación oeste del BDE, será descargada en la poza de sedimentación este durante el periodo de establecimiento de la cubierta vegetal final y posteriormente conducida a la poza de limpieza, luego de haberse logrado su establecimiento.

8.5.2. BOTADERO DE DESMONTE OESTE

Los aspectos clave de cierre que han sido considerados para el diseño del cierre del BDO incluyen:

- Estabilidad física del desmonte y del sistema de cubierta de suelo;
- Conformidad entre el uso final del terreno luego del cese de las actividades mineras y la topografía regional del terreno circundante; y
- Potenciales impactos en la calidad del agua, debido a los fenómenos de erosión y sedimentación.

Los componentes operacionales de la instalación que se espera utilizar para el cierre comprenden:



- Construcción de taludes laterales con una inclinación global de 2,5H:1V para proveer una adecuada estabilidad física, tanto en el corto como en el largo plazo, para minimizar la necesidad de renivelación al cierre y facilitar la construcción de la cubierta.
- Uso de los canales perimetrales de derivación existentes (oeste) para el control de la escorrentía durante el establecimiento de la cubierta.
- Uso de las pilas de suelo superficial existentes para la construcción de la cubierta al cierre.
- Uso de la poza de sedimentación oeste para el control de sedimentos durante el cierre y para la colección de filtraciones durante el cierre y el post-cierre, según se requiera (mapa 5-1).
- Rehabilitación progresiva a efectuarse durante las operaciones.

Las medidas de cierre comprenden:

- Renivelación y contorneo de la superficie del BDO mediante el retiro de los bancos y la conformación de taludes de máximo 2,5H:1V, con una pendiente mínima de 2% para establecer una superficie de drenaje nivelada con pendiente positiva, a fin de garantizar la estabilidad geotécnica en el largo plazo, facilitar la colocación de la cubierta final y lograr formas del terreno aceptables para su uso luego del cese de la actividad minera. Los taludes renivelados incluirán canales de derivación temporales para proteger la cubierta, que serán construidos a intervalos regulares para controlar la erosión hasta que se logre el establecimiento de la vegetación.
- Construcción de un sistema de cubierta vegetal final que incluirá aproximadamente 30 cm de suelo superficial para limitar la infiltración hacia cualquier material NGA, fomentar el crecimiento de la vegetación nativa y limitar la erosión para evitar el contacto del desmonte con el agua de escorrentía y para crear un terreno rehabilitado que resulte compatible con el terreno circundante.
- Manejo de la escorrentía superficial durante el cierre hasta que la cubierta vegetal se logre establecer y se hayan alcanzado los objetivos



de calidad del agua superficial. Derivar el agua de escorrentía, durante el cierre, hacia la poza de sedimentación oeste para el control de sedimentos durante el cierre, y al Río Negro luego del establecimiento de la cubierta final de vegetación.

- Colección, monitoreo y, de ser necesario, ajuste del pH de las filtraciones en la poza de sedimentación oeste. El agua, luego de este ajuste, será descargada al Río Negro, ya sea por bombeo o a través del aliviadero.

8.5.3. PILA DEL MINERAL SULFUROSO

Los aspectos clave considerados para el diseño del cierre de la pila de mineral sulfuroso incluyen:

- Los impactos potenciales sobre la calidad del agua debido a las reacciones ocurridas por la exposición a la intemperie (DAR/LM) y a la erosión/sedimentación.
- Estabilidad física de los materiales apilados y sistema de cubierta de suelos.
- Conformidad entre el uso final de la tierra luego de las actividades mineras con el relieve regional del terreno.

Los componentes operacionales de las instalaciones que se espera utilizar para el cierre comprenden:

- Construcción de taludes laterales con una inclinación general de 2,5H:1V para asegurar una estabilidad física adecuada en el corto y largo plazo, minimizar la renivelación al cierre y facilitar la construcción de la cubierta.
- Uso del sistema de drenes inferiores para recolectar la infiltración y conducirla a la poza de colección de DAR;
- Uso de los canales perimetrales de derivación existentes para el control de la escorrentía durante el establecimiento de la vegetación de cobertura y, posteriormente, para la derivación de las aguas superficiales (mapa 5-1).



- Uso de las pilas de suelo superficial y la arcilla existentes para la construcción de la cubierta al cierre.
- Uso de la poza de sedimentación este para el control de sedimentos durante el cierre;
- Uso de la poza de recolección de DAR, la planta de tratamiento de DAR y la poza de limpieza para el tratamiento del agua de infiltraciones, según sea necesario.
- Rehabilitación progresiva a ejecutarse simultáneamente con las operaciones.

Las medidas de cierre comprenden:

- Renivelación y contorneo de la superficie de la pila de mineral, retirando los bancos y conformando taludes de máximo 2,5H:1V con una pendiente mínima de 2% para establecer una superficie de drenaje nivelada, a fin de garantizar la estabilidad geotécnica en el largo plazo, facilitar la colocación de la cubierta final y lograr formas del terreno aceptables para su uso luego del cese la actividad minera. Los taludes renivelados incluirán canales de derivación temporales para proteger la cubierta, construidos a intervalos regulares para controlar la erosión, hasta el establecimiento de la vegetación.
- Construcción de un sistema de cubierta vegetal final con suelo de baja permeabilidad, que incluirá aproximadamente 30 cm de suelo superficial colocado sobre aproximadamente 30 cm de arcilla compactada para limitar la infiltración y el ingreso de oxígeno hacia los materiales PGA, fomentar la vegetación nativa y limitar la erosión, así como para prevenir el contacto de los materiales PGA con la escorrentía y crear un terreno rehabilitado que sea compatible con los terrenos circundantes.
- Manejo de la escorrentía superficial durante el cierre, hasta que la cubierta vegetal se consolide y se hayan alcanzado los objetivos de calidad de agua superficial. Esto se logrará mediante la derivación de la escorrentía, durante el cierre, hacia la poza de sedimentación este



para el control de sedimentos, seguida por la derivación hacia la Laguna Negra y/o la poza de limpieza durante el periodo posterior al cierre, una vez que la escorrentía que se descargue en la poza de sedimentación este, cumpla con los objetivos de calidad del agua de descarga.

- Monitoreo y, de ser necesario, tratamiento de los flujos provenientes de los drenes inferiores, incluyendo su derivación hacia la poza de colección de DAR, la planta de tratamiento de DAR y la poza de limpieza.

8.5.4. CIERRE DEL TAJO ABIERTO

Los aspectos clave considerados para el diseño del cierre del tajo abierto y el relleno del interior de éste comprenden:

- Potencial de generación de aguas de contacto desde las paredes del tajo, la escorrentía desde el material de relleno y las filtraciones de DAR desde el material de relleno.
- Estabilidad física del material de desmonte relleno y del sistema de cubierta de suelo.
- Potencial infiltración del agua de la laguna del tajo hacia las áreas circundantes;
- Posibles cambios en el caudal base de las cuencas vecinas;
- Riesgo potencial para la salud y la seguridad pública, asociado con el acceso al tajo.
- Conformidad entre el uso final de la tierra luego de las actividades mineras y el relieve regional del terreno.

Los componentes operacionales de la instalación que se espera utilizar para el cierre comprenden:

- Configuración final del tajo.
- Rehabilitación progresiva del material relleno, simultáneamente con las operaciones.



Las medidas de cierre comprenden:

- Formación de la laguna del tajo luego de las operaciones, para limitar los impactos potenciales en la calidad del agua que se infiltra, reducir los costos para el tratamiento de las aguas, inundar algunas partes de material PGA expuesto en el fondo del tajo, proporcionar un control efectivo de sedimentación en el largo plazo y proporcionar un espacio suficiente para la disposición y almacenamiento de los lodos.
- Derivación de los posibles flujos superficiales del tajo hacia el sudeste, en la cuenca de la Quebrada Laguna Negra, ya sea adecuando el plan de desarrollo del tajo para mantener intacta la masa rocosa en la zona prevista para la rampa oeste (la menor elevación del borde propuesto del tajo) o mediante la construcción de un dique para evitar la descarga superficial del agua del tajo hacia el oeste. Del mismo modo, se construirá una ranura de descarga al sureste con dirección hacia la cuenca de la Quebrada Laguna Negra. Aun cuando los cálculos del balance de agua no pronostican descargas a través de la ranura, bajo condiciones normales de precipitación, ésta será diseñada para la conducción del agua procedente del tajo, únicamente bajo condiciones de lluvias extremas. Durante las operaciones, se colocará el relleno para manejar los flujos durante el cierre y el post-cierre, con los materiales de relleno conformando un talud de 2H:1V, siendo la elevación de la ranura de 4 035 msnm. Al cierre, la ranura requerirá de la extensión del canal hacia el sudeste, cortando el terreno existente, hacia la poza de recolección de DAR
- Renivelación y contorneo de la superficie rellenada al interior del tajo, retirando los bancos para proporcionar una superficie de drenaje con pendiente positiva, a fin de garantizar la estabilidad geotécnica en el largo plazo, facilitar la colocación de la cubierta final y alcanzar formas del terreno que resulten aceptables para su uso luego del cese de la actividad minera.



Los taludes renivelados incluirán canales de derivación temporales para proteger la cubierta, construidos a intervalos nominales de 50 m, para controlar la erosión hasta el establecimiento de la vegetación.

- Construcción de un sistema de cubierta vegetal final, que incluirá aproximadamente 30 cm de suelo superficial para limitar la infiltración hacia cualquier material NGA, fomentar el establecimiento de la vegetación nativa y limitar la erosión, así como para evitar el contacto del desmonte con la escorrentía.
- Tratamiento del agua con cal al interior del tajo, si fuera necesario, para la mitigación del DAR, posiblemente bombeando cal apagada hacia un pontón ubicado en la laguna del tajo y mezclando la cal apagada con el agua de la laguna del tajo.
- Durante el cierre, derivación de la escorrentía de las áreas ubicadas fuera del tajo para acelerar el relleno inicial del tajo, en la medida en que esto sea práctico y beneficioso.
- Durante el post-cierre, derivación de la escorrentía hacia dentro o fuera del tajo (desde las áreas NGA expuestas) a niveles moderados del tajo durante el post-cierre, en la medida en que esto sea práctico y provechoso.
- Evitar el acceso al tajo mediante la construcción de bermas, barreras u otros medios, según convenga, sobre todo en las áreas de alto riesgo (por ejemplo, rampas, paredes) a lo largo del perímetro del tajo.

8.5.5. PILA DE LIXIVIACIÓN

Los aspectos clave considerados para el diseño del cierre de la PL incluyen:

- Inventario de la solución de lixiviación que contenga cianuro y otros componentes disueltos que requieran manejo y tratamiento al cierre;
- Infiltración de aguas pluviales en la PL durante el cierre y el post-cierre.
- Estabilidad del mineral lixiviado y del sistema de cubierta de suelo; y



- Conformidad entre el uso final de la tierra luego de las actividades mineras y el relieve regional del terreno.

Los componentes operacionales de la instalación que se espera utilizar para el cierre comprenden:

- Construcción de taludes laterales con una inclinación general de 2,5H:1V para garantizar una estabilidad física adecuada en el corto y largo plazo, minimizar la renivelación al cierre y facilitar la construcción de la cubierta.
- Uso del sistema de recubrimiento impermeable y las instalaciones de recolección y conducción de la solución de lixiviación;
- Uso de los canales perimetrales de derivación existentes para el control de la escorrentía y la derivación de las aguas durante el post-cierre.
- Uso de la Laguna Negra y del reservorio de agua fresca para controlar los excedentes de escorrentía durante el cierre y post-cierre;
- Uso de las fuentes existentes de arcilla y las pilas de tierra superficiales para la construcción de la cubierta al cierre; y
- Uso de la poza de SEL, poza de rebose, planta de destrucción de cianuro, planta de tratamiento de DAR y poza de limpieza para el tratamiento de aguas durante las etapas de cierre y post-cierre, según sea necesario.

Las medidas del cierre comprenden:

- Renivelación y contorneo de la superficie de la PL, retirando los bancos y conformando un talud máximo de 2,5H:1V, con una pendiente mínima de 2% para establecer una superficie de drenaje nivelada, a fin de garantizar la estabilidad geotécnica en el largo plazo, facilitar la colocación de la cubierta final y lograr formas del terreno aceptables para su uso luego del cese de la actividad minera. Los taludes renivelados incluirán canales de derivación temporales para proteger la cubierta, los mismos que serán construidos a intervalos



regulares para controlar la erosión, hasta el establecimiento de la vegetación.

- Reducción del inventario de agua contenida durante un periodo estimado de 2 a 3 años, según el siguiente plan:
 - Utilizar las cubiertas de lluvia durante la lixiviación secundaria⁹ (lixiviación durante 12 meses, luego de la carga del mineral) con poca o ninguna agua de reemplazo incorporada al circuito;
 - Luego de la lixiviación secundaria, se bombeará la descarga de la PL a la planta de destrucción de cianuro para su tratamiento y descarga en la poza de limpieza. La tasa de tratamiento variará, según sea necesario, para garantizar el cumplimiento de los objetivos de calidad de agua;
 - Recircular las descargas de la PL que excedan la capacidad de tratamiento/almacenamiento hacia la PL, utilizando el circuito primario (mediante la planta para el procesamiento de oro) y el circuito del agua en exceso (directamente a la PL).
 - Aplicar soluciones recirculadas a una porción no cubierta de la pila o, de requerirse o considerarse apropiado, mediante emisores enterrados dentro del mineral lixiviado, un metro o más por debajo de la cubierta final.
 - Construir la cubierta final de cierre al inicio de la siguiente temporada seca luego del término de la lixiviación secundaria, manteniendo sólo un área limitada sin cubierta para la aplicación de la solución recirculada.
 - Una vez que el inventario de solución en el circuito se reduzca a un nivel en el que las pozas de almacenamiento puedan almacenar de manera segura todo el volumen del inventario, se suspenderá la recirculación hacia la pila.

⁹ En este documento, la lixiviación secundaria se refiere a la re-lixiviación del mineral existente (no una nueva carga) utilizando solución de cianuro, constituyendo el proceso final de lixiviación. La lixiviación secundaria continuará luego de la colocación del último mineral en la PL, siempre que el costo de lixiviación se compense con el valor del oro y la plata recuperados



- Construcción de un sistema de cubierta vegetal con suelo de baja permeabilidad, que incluirá aproximadamente 30 cm de suelo superficial acomodado sobre aproximadamente 30 cm de arcilla compactada, para limitar la infiltración y el ingreso de oxígeno hacia el mineral lixiviado, fomentar la vegetación nativa y limitar la erosión, prevenir el contacto del mineral lixiviado con la escorrentía y crear un terreno rehabilitado que resulte compatible con el relieve del terreno circundante. De ser necesario, en el diseño de la cubierta final se incluirá una capa lateral de drenaje para promover el drenaje por debajo de la superficie y la consecuente disminución de infiltración. La capa lateral de drenaje será construida con un material grueso que cubra la capa de arcilla, y diseñada para evitar que la precipitación que se infiltre llegue hasta la capa de arcilla compactada.
- Manejo de la escorrentía superficial durante las actividades de cierre hasta el establecimiento de la cubierta vegetal y hasta que se hayan alcanzado los objetivos de calidad del agua superficial. Posteriormente, durante el post-cierre, se derivará la escorrentía de la instalación hacia la Laguna Negra y al reservorio de agua fresca.
- Monitoreo y, de ser necesario, tratamiento de los flujos provenientes de los drenes inferiores que, en el presente documento, se asume serán derivados a la planta de destrucción de cianuro y/o a la poza de colección de DAR, la planta de tratamiento de DAR, y la poza de limpieza, tanto durante el cierre como en el post-cierre.

8.5.6. INFRAESTRUCTURA DE PROCESAMIENTO DEL MINERAL

La infraestructura para el procesamiento de mineral comprende las chancadoras primaria y secundaria, el sistema para la descarga del mineral y las instalaciones de procesamiento Merrill-Crowe. Los aspectos clave considerados para el diseño del cierre de la infraestructura de procesamiento de mineral incluyen:

- Instalaciones contaminadas por soluciones de proceso, soluciones operacionales o materiales peligrosos;



- Eliminación, recuperación o reciclaje de materiales, equipos o instalaciones del sitio;
- Potencial amenaza crónica y aguda a la salud y a la seguridad, incluyendo las que ocurren durante las actividades de descontaminación y demolición.
- Áreas alteradas como resultado de la demolición y el retiro de las instalaciones auxiliares y de procesamiento.

Para el cierre, no se anticipa utilizar ninguno de los componentes operacionales de las instalaciones.

Las medidas de cierre comprenden:

- Auditoría de todos los suelos (incluyendo muestreo y pruebas de suelo), equipos y edificaciones potencialmente contaminadas, para determinar si se requiere hacer una descontaminación adicional. Los principales componentes de cuidado pueden incluir metales (mercurio, zinc), compuestos químicos (cianuro, cal apagada), reactivos de mezclado e hidrocarburos (combustible, aceites, grasas).
- Retiro de ciertas soluciones del sitio, mediante su venta, reciclaje o eliminación en un botadero designado. Las soluciones que estarían sujetas a estas medidas comprenden lubricantes, combustibles y productos químicos. Cualquier explosivo remanente será vendido o eliminado fuera del área, de acuerdo con los requerimientos normativos que sean aplicables.
- Cierre definitivo, descontaminación (de ser necesaria), desmontaje o demolición para volver a usar o eliminar definitivamente todas las instalaciones de procesamiento de mineral, incluyendo la planta de procesamiento Merrill-Crowe.
- Eliminación de los materiales contaminados, de conformidad con los reglamentos peruanos correspondientes, ya sea en un depósito en el sitio o en botaderos ubicados fuera del sitio, dependiendo de la clasificación de los materiales de desecho. Los materiales contaminados no serán dispuestos en el sitio, a menos que hayan sido



previamente descontaminados. Se deberá tener cuidado especial para el aislamiento de los materiales o áreas que hayan estado en contacto con soluciones o sustancias peligrosas. Estos materiales se limpiarán y el agua utilizada en el enjuague se envasará y enviará a las pozas para su evaporación o tratamiento. Las instalaciones para el manejo de desmonte del Proyecto podrán utilizarse para la eliminación de escombros de demolición no peligrosos y lodos de tratamiento, siempre que ésta se realice de acuerdo con el programa manejo de residuos del Proyecto y los volúmenes se encuentren dentro de los límites autorizados. Toda eliminación se someterá a las pautas que se incluyen en el programa de manejo de residuos y el programa de prevención y contingencia para derrames.

- Recuperación de equipos y materiales no contaminados para volver a usarlos/reciclarlos o revenderlos, cuando sea práctico hacerlo. Los escombros de demolición no peligrosos se eliminarán en el sitio, en un depósito para escombros de demolición o en un depósito para residuos sólidos. Los cimientos y las estructuras de concreto se enterrarán en el sitio o se demolerán y eliminarán en un depósito para escombros de demolición en el sitio. Las estructuras metálicas, plásticas o de madera se transportarán a una instalación fuera del sitio para volver a usarlas o eliminarlas en forma definitiva en áreas autorizadas. Se podrán eliminar también pequeñas cantidades de desechos de metal o plástico en el depósito para escombros de demolición y/o domésticos, manteniendo las cantidades dentro de los volúmenes aprobados por las autoridades. La madera podrá ser quemada en el sitio o de ser posible, donada a las comunidades locales.
- Escarificación, nivelación y rehabilitación de las áreas ocupadas por las instalaciones, para asegurar un drenaje positivo y condiciones adecuadas para el uso del terreno durante la etapa de post-cierre. Estas áreas serán revegetadas hasta hacerlas compatibles con los terrenos circundantes.



8.5.7. SISTEMA DE MANEJO DE AGUAS

Los componentes del sistema de manejo de aguas comprenden el reservorio de agua fresca, Laguna Negra, las pozas de sedimentación, instalaciones para el tratamiento de DAR y cianuro (con sus pozas correspondientes), tratamiento del agua del tajo, pozas para la disposición de lodos y la poza de limpieza. Los aspectos clave considerados para los diseños del cierre de estas instalaciones estarán de acuerdo con los requerimientos del manejo de aguas al cierre, los cuales incluyen el tratamiento de aguas, suministro de agua, tratamiento de DAR y el sistema de tratamiento con cal al interior del tajo.

Los componentes operacionales de las instalaciones que se espera utilizar para el cierre comprenden:

- La planta de tratamiento de DAR para tratar el DAR durante el cierre y post-cierre;
- La planta de destrucción de cianuro para tratar las descargas de la PL durante el cierre;
- Las siguientes pozas principales se utilizarán para el manejo de aguas durante la etapa de cierre:
 1. Poza de SEL – para la colección y el almacenamiento del drenaje de la pila de lixiviación;
 2. Poza para eventos de rebose – para el almacenamiento del drenaje de la pila de lixiviación;
 3. Poza de sedimentación este – para el control de los sedimentos de la escorrentía proveniente del BDE durante el establecimiento de la cubierta;
 4. Poza de sedimentación oeste – para el control de los sedimentos provenientes del BDO durante el establecimiento de la cubierta, así como para la colección de las filtraciones;
 5. Poza de colección de DAR – para recolectar los flujos provenientes de los compartimientos del sistema de drenaje inferior del BDE que presenten DAR (de ocurrir éste), recolectar el flujo proveniente de las filtraciones de la pila de mineral sulfuroso y alimentar a la planta de DAR;



6. Pozas para la disposición de lodos – para continuar la disposición de los lodos de la planta de tratamiento de DAR;
7. Laguna Negra – como poza para regular los excesos de escorrentía limpia provenientes de la PL y de la pila de mineral;
8. Poza de limpieza – como punto de colección final de los flujos provenientes de la planta de destrucción de cianuro o la planta de tratamiento de DAR, así como otros flujos antes de su descarga.
9. El reservorio de agua fresca – para el abastecimiento de agua y la colección de las aguas de tormentas.
 - Las pozas principales a ser utilizadas durante la etapa de post-cierre para el manejo de aguas incluyen:
 1. La poza de SEL – para la recolección y el almacenamiento del drenaje de la pila de lixiviación;
 2. La poza para eventos de rebose – para el eventual tratamiento pasivo de aguas, o como celda para la disposición de lodos.
 3. La poza de sedimentación este – se excavará una abertura para el cierre definitivo de la poza, sólo si se hubieran alcanzado los objetivos de calidad de agua superficial sin la necesidad de esta estructura¹⁰
 4. La poza de sedimentación oeste – para recolectar las filtraciones del BDO;
 5. La poza de colección de DAR – para recolectar los flujos provenientes de los compartimientos del sistema de drenaje inferior del BDE que presenten DAR (de presentarse éste), recolectar el flujo proveniente de las filtraciones de la pila de mineral sulfuroso y alimentar a la planta de DAR.
 6. Las pozas para la eliminación de lodos – para continuar con la disposición de los lodos de la planta de tratamiento de DAR.
 7. Laguna Negra – para regular los excesos de escorrentía limpia provenientes de la PL y de la pila de mineral.

¹⁰ La poza de sedimentación este puede ser conservada para propósitos de almacenamiento de agua o como poza para regular los excesos de escorrentía u otros flujos durante el post-cierre



8. La poza de limpieza – como punto de colección final de los flujos provenientes de la planta de tratamiento de DAR, así como otros flujos antes de su descarga; y
9. El reservorio de agua fresca – para la recolección de las aguas de tormentas.

Si se determinara que la Laguna Negra y el reservorio de agua fresca no son necesarios para las etapas de cierre o post-cierre, los diques en estas instalaciones serán abiertos, de manera que las lagunas puedan ser drenadas hasta alcanzar sus niveles originales previos a la alteración. Otra opción podría incluir que las comunidades locales se hagan cargo del manejo de dichas instalaciones. Se realizarán consultas con las comunidades para determinar el mejor uso que se podría dar a estas instalaciones en la etapa del post-cierre.

Las medidas de cierre comprenden:

- Operación continua y mantenimiento de las instalaciones descritas para los propósitos antes indicados;
- Renivelación y rehabilitación de las pozas de lodos al término de las actividades de tratamiento de aguas o una vez que estas pozas hayan alcanzado su capacidad máxima, lo cual incluirá la colocación de una cubierta final, mitigación de cualquier contaminación, renivelación y rehabilitación.
- Retiro del sitio de las soluciones asociadas a la planta de destrucción de cianuro, mediante su venta o reciclaje, eliminación en un botadero designado o eliminación mediante evaporación o tratamiento.
- Cierre definitivo, descontaminación (de ser necesario), desmantelamiento o demolición para volver a usar o disponer en forma definitiva la planta de destrucción de cianuro al término de las actividades de tratamiento de cianuro de la PL. La recuperación de los equipos y materiales no contaminados, para volver a usarlos/reciclarlos o para revenderlos, cuando sea práctico. Los escombros de demolición no peligrosos se dispondrán en el sitio, ya sea en un depósito para escombros de demolición o para residuos



sólidos. Los cimientos y las estructuras de concreto serán enterrados en el sitio o se demolerán y eliminarán en un depósito para escombros de demolición.

- Escarificación, nivelación y recuperación de las áreas de las instalaciones anteriormente ocupadas por la planta de destrucción de cianuro y cierre de las pozas de lodos a fin de proporcionar un drenaje positivo y condiciones orientadas a permitir el uso del terreno post-cierre. Esta área será revegetada para que sea compatible con el relieve circundante.
- Modificar las pozas para ser usadas en tratamientos pasivos al cese del tratamiento activo, a fin de alcanzar los objetivos del periodo post-cierre, lo cual podría incluir a la poza de SEL, la poza para rebose y la poza de DAR, según se requiera.

8.5.8. INSTALACIONES AUXILIARES DEL PROYECTO

Las instalaciones auxiliares del Proyecto incluyen las instalaciones de distribución de energía eléctrica, carreteras, ductos, pozos y bombas, instalaciones del campamento, oficinas administrativas, laboratorios e instalaciones para el secado, instalaciones para el tratamiento de aguas residuales, vertederos de desechos (domésticos e industriales), áreas de material de préstamo e instalaciones para el procesamiento de este material, áreas para el apilamiento de suelos superficiales y estructuras de tierra diversas, lavaderos de vehículos pesados, talleres de mantenimiento, almacén e instalaciones para el almacenamiento de material, instalación para el almacenamiento de combustible, caminos de la mina y el polvorín. Los aspectos clave considerados para los diseños del cierre de las instalaciones auxiliares incluyen:

- Contaminación de las instalaciones por soluciones de proceso, soluciones operativas o materiales peligrosos;
- Continuación del uso, eliminación, recuperación o reciclaje de materiales, equipos e infraestructura en el sitio;
- Potencial amenaza a la salud y a la seguridad pública debido al deterioro de la infraestructura;



- La necesidad de contar con instalaciones para las actividades de cierre o que puedan ser útiles para las comunidades locales, como sería el caso del tratamiento de aguas industriales y residuales, suministro de energía eléctrica, transportes y carreteras, comunicación, disposición de residuos, e instalaciones para vivienda y recreación, investigación o para las actividades de cierre; y
- Áreas alteradas como producto de la destrucción o el retiro de la infraestructura.

La infraestructura operacional a conservarse en las etapas de cierre y post-cierre, dependerá de los requerimientos que se identifiquen al momento del cierre. Se prevé que algunas edificaciones de apoyo se conservarán para diversos propósitos, algunas de las cuales podrán ser cedidas a las comunidades locales, dependiendo de sus necesidades e intereses.

Las medidas de cierre y post-cierre comprenden:

- Desmontaje de los tanques de almacenamiento de soluciones para su recuperación, reciclaje o eliminación. Los tanques para lubricantes y combustible ubicados en el taller para camiones de la mina se desmontarán durante las etapas iniciales del cierre, mientras que los tanques pequeños ubicados cerca del campamento continuarán en operación hasta la última etapa de cierre, a fin de satisfacer las necesidades de combustible o de transporte. Los tanques de almacenaje, vacíos y enjuagados, se desmontarán y se recuperarán, reciclarán o eliminarán del sitio como chatarra no peligrosa.
- Recuperación de los equipos y materiales no contaminados para volver a usarlos/reciclarlos o venderlos cuando resulte práctico. Las tuberías enterradas serán lavadas a presión y dejadas en el lugar, salvo que puedan ser recuperadas en forma rentable. Los materiales contaminados se dispondrán en conformidad con las normas Peruanas pertinentes, ya sea en un depósito de residuos ubicado en el sitio o fuera de éste, dependiendo de las características de los residuos. Los escombros de demolición no peligrosos se eliminarán en el sitio, ya sea en un depósito para escombros de demolición o



para residuos sólidos, con la condición de que la eliminación se efectúe de conformidad con el programa de manejo de residuos del Proyecto y que los volúmenes se encuentren dentro de los límites autorizados.

- Las actividades de rehabilitación de estas áreas incluirán la nivelación del sitio para el control del drenaje de las aguas superficiales y de la revegetación. Se colocará aproximadamente 0,3 m de suelo superficial en las áreas alteradas, las que serán luego revegetadas. Las áreas de material de préstamo y las pilas de material no adecuado ubicadas fuera de los límites de una instalación, serán rehabilitadas inmediatamente, al término de la excavación o alteración del área. Se utilizarán prácticas responsables de manejo (PRM) para controlar la escorrentía de aguas superficiales y los sedimentos. Estas PRM incluirán barreras de limo, cubierta orgánica, derivaciones para el control de ingreso de aguas pluviales y cuencas de sedimentación ubicadas aguas abajo.
- Conservación del suministro eléctrico que sea necesario y alguna infraestructura del sitio (construcciones, carreteras, tuberías) para el post-cierre. Algunas pozas y/o vertederos serán conservados para su uso en la disposición de los lodos resultantes del tratamiento de DAR durante la etapa de post-cierre. La necesidad de conservar estas instalaciones para el post-cierre será determinada al término del ciclo de vida de la mina. Sin embargo, cuando ya no se necesiten, estas instalaciones se cerrarán en forma definitiva y se rehabilitarán, en general, como se ha descrito anteriormente y en conformidad con las normas legales.
- Determinación del uso futuro del reservorio de agua fresca y de las instalaciones para la distribución de energía, efectuando consultas con la población local y con las autoridades regionales. En caso de no ser posible identificar algún uso futuro viable, estas instalaciones se cerrarán definitivamente en forma apropiada. Las líneas de transmisión de energía, torres y postes, junto con los transformadores, serán desmontadas y retiradas o se eliminarán en forma apropiada.



- Mantenimiento de un número mínimo de instalaciones para diversos propósitos. Esto incluye carreteras internas para efectos de monitoreo e inspección luego del cierre. Algunas carreteras seleccionadas e identificadas mediante la participación pública no serán cerradas, para ser cedidas a la administración pública al cierre. Los pozos de monitoreo y los pozos de producción podrán dejarse en el lugar, ya sea para efectos de monitoreo o para futuros estudios de agua subterránea. Durante el cierre y posiblemente durante el post-cierre, se requerirá de un depósito de combustible. Asimismo, de ser posible, algunas edificaciones se podrían ceder a las comunidades locales como parte del planeamiento final de uso de las tierras, luego del cierre.

8.5.9. RELIEVE DEL TERRENO AL CIERRE

Al término de las actividades mineras, varias instalaciones de la mina se incorporarán de manera permanente a la geografía física del área. La renivelación y revegetación del relieve del terreno y de las áreas alteradas reducirán los impactos ambientales y visuales en el área del Proyecto. Se devolverá al relieve de terreno del post-cierre una condición compatible con la topografía del entorno, la cual incluye cerros ondulantes y montañas accidentadas con valles de laderas empinadas y afloramientos del basamento. Las superficies onduladas se incluirán en la renivelación, cuando sea práctico, para evitar formas finales de terreno “en bloque”, y las rocas se colocarán en las superficies finales para crear micro hábitats de vida silvestre. Los cursos de agua se rehabilitarán hasta lograr que estos alcancen una condición auto-sostenida y estable de largo plazo.

El mapa PC5-1 muestra las secciones transversales generadas para las condiciones previas a la actividad minera, durante las operaciones y al post-cierre del área del Proyecto. Las secciones muestran los cambios en la superficie del terreno, desde antes del inicio de las actividades mineras hasta el final de las operaciones, así como el efecto general de la renivelación de diversas instalaciones durante el cierre. La distribución final de las instalaciones del Proyecto al cierre, se muestra en plano en el mapa PC5-2, junto con las derivaciones de aguas superficiales descritas en las secciones anteriores.



Las instalaciones más grandes que afectarán la geografía física se muestran en la mapa PC5-3, en una vista tridimensional del área del Proyecto, en la que se presenta una vista aérea del Proyecto, tal como se anticipa que quedará luego del cese de las operaciones mineras, junto con una vista del área luego de las actividades de cierre. En la figura se puede apreciar la PL, el tajo abierto, el BDE, el BDO y la pila de mineral sulfuroso. La rehabilitación (renivelación y revegetación) del relieve visible del terreno reducirá los impactos ambientales y estéticos. Estos impactos se muestran en el mapa 5-3, mediante la comparación del aspecto que se anticipa tendrá el área antes y después de las actividades de cierre.

8.6. BALANCE DE AGUA DE LA MINA

Se ha hecho una evaluación del balance de agua durante el ciclo de vida de la mina que incluye las etapas de operación, cierre y post-cierre. El balance de agua durante el ciclo de vida de la mina comprende el cálculo de todos los flujos significativos de agua, que ingresan o que salen del área de la mina, y de sus características químicas. El balance de agua hace un seguimiento de los diversos flujos y de sus características químicas, incluyendo precipitación, escorrentía, infiltración, soluciones del proceso, captaciones del agua subterránea, infiltraciones hacia el agua subterránea, flujos en las pozas e inventario de soluciones.

El balance de agua del área se desarrolló utilizando el paquete de software GoldSim, el mismo que permite modelar todos los flujos importantes que ingresan, salen o que están en tránsito dentro del Proyecto, desde el inicio de las operaciones hasta el cierre. El modelo usa parámetros probabilísticos de entrada (definidos como distribuciones estadísticas que representan un rango real de valores o la incertidumbre de un valor), lo cual permite que los escenarios del cierre y post-cierre sean evaluados de acuerdo a un amplio rango de condiciones. El modelo se utilizó para pronosticar las condiciones durante y al final de la vida del Proyecto. Tomando como base estas condiciones, se evaluaron varias alternativas con el propósito de identificar el caso base para la alternativa de cierre seleccionada para cada instalación, utilizando los parámetros químicos estimados del tratamiento de las aguas, los flujos y volúmenes de éstas.

Las tasas y volúmenes promedio anuales que se mencionan en esta sección fueron generados a partir del balance de agua, utilizando simulaciones probabilísticas que



incluyen variaciones de clima de baja frecuencia y alta magnitud (por ejemplo, eventos extremos). Las simulaciones probabilísticas reflejan las condiciones que tienen la mayor probabilidad de ocurrencia.

El comportamiento que se anticipa para la cubierta el cual incluye las tasas de infiltración previstas para los diversos diseños hipotéticos de cubierta final que han sido utilizados en el balance de agua. Se desarrolló un balance para el suelo superficial y para la arcilla, con el fin de determinar si existía suficiente material de préstamo adecuado para la construcción de las cubiertas y otros requerimientos de rehabilitación. En base a la información disponible de las posibles fuentes de material de préstamo y de los requerimientos anticipados de éste, se pudo comprobar que la cantidad de material de préstamo disponible supera los requerimientos.

Los detalles correspondientes al análisis del balance de agua utilizado en la planificación del cierre se presentan, para cada instalación en forma individual, en las secciones siguientes. El mapa PC5-2 muestra el plan final de derivación de aguas superficiales para el cierre.

8.6.1. BOTADERO DE DESMONTE ESTE

Para determinar la infiltración neta hacia el interior del BDE durante el cierre, el balance de agua asume que la cubierta final de cierre se coloca al inicio de la primera época seca luego del cese de las actividades mineras, y se requerirá de dos temporadas secas para completarse.

Luego del establecimiento de la cubierta, se asume que el canal perimetral revestido con arcilla será convertido en un dren francés para conducir por gravedad los flujos de los drenes inferiores hacia la poza de colección de DAR, según sea necesario. Luego de la construcción del dren, la superficie del mismo se rehabilitará y la escorrentía superficial descargará hacia la cuenca adyacente. En cuanto al balance de agua, se asume que todas las filtraciones serán conducidas a la poza de colección de DAR para su tratamiento. Asimismo, se ha asumido conservadoramente, que el agua subterránea gradiente arriba y la infiltración que entra en contacto con el desmonte requerirán tratamiento de DAR luego del cierre. Se asume que aproximadamente de 1 a 2 l/s de la infiltración total que pasa a través de la cubierta final ingresa al agua subterránea y por ende no será



recolectada en el sistema de drenes inferiores o en el dren francés. Sobre la base de los resultados del balance de agua, se estima que el volumen de infiltración recolectado que requiere tratamiento será, en promedio, de aproximadamente 367 000 m³ cada año durante el periodo de cierre y de 165 000 m³ cada año, durante el periodo de post-cierre.

Una vez establecida la cubierta vegetal, se asume que la calidad del agua de escorrentía cumplirá con los objetivos de descarga, lo que permitirá eliminar la mayor parte de los canales de derivación de aguas superficiales utilizados durante las operaciones, incluyendo el canal de derivación perimetral ubicado al este, y la escorrentía discurrirá desde la instalación hacia las zonas circundantes ubicadas aguas abajo. La escorrentía proveniente de los taludes finales del BDE discurrirá hacia la Quebrada Laguna Negra, Quebrada Quishuara Sur y Quebrada Quishuara Norte, según corresponda de acuerdo con la geometría de la instalación renivelada y las divisorias existentes de las cuencas. La plataforma del BDE tendrá una inclinación hacia el oeste, de manera que la escorrentía será dirigida hacia la derivación existente, a lo largo del contacto con el terreno, y con dirección hacia la Quebrada Laguna Negra. Durante el cierre, las aguas de tormentas serán dirigidas hacia la poza de sedimentación este, y posteriormente, directamente hacia la Quebrada Laguna Negra, luego del establecimiento de la cubierta (mapa PC5-2).

8.6.2. BOTADERO DE DESMONTE OESTE

Para determinar la infiltración neta hacia el interior del BDO durante el cierre, el balance de agua asume que la cubierta de cierre se colocará al inicio de la primera temporada seca luego del cese de las actividades mineras, y requerirá de dos épocas de estiaje para completarse. El balance de agua asume que las filtraciones del BDO serán recolectadas en la poza de sedimentación oeste. Se asume que se mantendrá la poza de sedimentación oeste en caso de que la infiltración del BDO requiera un ajuste del pH o control de sedimentos. En caso que no se requiera de este tratamiento durante el periodo de post-cierre, dicha poza será cerrada y rehabilitada.

Una vez establecida la cubierta vegetal, se asume que la calidad de la escorrentía cumplirá con los objetivos de descarga, por lo que se podrá eliminar el canal de



derivación oeste utilizado durante las operaciones, y la esorrentía será descargada directamente en el drenaje actual del Río Negro (mapa PC5-2).

8.6.3. PILA DE MINERAL SULFUROSO

Para determinar la infiltración neta hacia el interior de la pila de mineral durante el cierre, el balance de agua asume que la cubierta final de cierre se colocará al inicio de la primera temporada seca luego del cese de las actividades mineras, y que requiere de dos épocas de estiaje para completarse. Se asume, en forma conservadora, que todas las filtraciones serán recolectadas en la poza de recolección de DAR para su tratamiento. Sobre la base de los resultados del balance de agua, se estima que el volumen de infiltración que requiere tratamiento será, en promedio, de aproximadamente 130 000 m³ cada año durante el periodo de cierre, y de 60 000 m³ al año durante el periodo de post-cierre.

La esorrentía proveniente del área de la pila de mineral será dirigida hacia la poza de sedimentación este durante el establecimiento de la cubierta, y posteriormente hacia Laguna Negra (utilizada como poza para regular excesos) o a la poza de limpieza, en caso de ser necesario (mapa PC5-2).

8.6.4. CIERRE DEL TAJO ABIERTO

Al interior del tajo abierto se formará una laguna (quizás más de una, dependiendo de la configuración final del tajo y de la elevación de la laguna) luego del cese de las actividades mineras. El nivel del agua en la laguna del tajo estará controlado por la precipitación, evaporación, infiltración y la elevación más baja del tajo final. El balance ofrece un estimado de la cota hasta la cual se elevará el agua dentro del tajo al cierre, así como la distribución temporal para alcanzar dicha cota. También se estimaron las variaciones estacionales típicas en las tasas de descarga de las filtraciones y los niveles de las lagunas. El balance de agua post-cierre incluye la recarga por precipitación en el área del tajo, la evaporación desde las superficies de la laguna y las filtraciones de aguas subterráneas desde la laguna del tajo y/o el desmonte saturado. Se hizo una evaluación para condiciones promedio, condiciones lluviosas y secas de 1 en 20 años (intervalo de recurrencia). También se simuló las tasas de infiltración desde el área del tajo hacia las tres principales cuencas receptoras (Río Negro, Quebrada Laguna Negra y Quebrada Las Vizcachas) empleando un modelo numérico de flujo de aguas subterráneas. Las



tasas de infiltración hacia estas cuencas, luego del cese de la actividad minera, fueron comparadas con las tasas previas a ésta, para estimar el impacto del cierre de la mina en el caudal base de estos cursos de agua. En el Cap. IV, del EIA se presenta una descripción detallada de la hidrogeología y de la hidrología del tajo.

La tasa de infiltración desde la laguna del tajo fue estimada con el modelo, realizando simulaciones para niveles de laguna del tajo espaciados en incrementos de cinco metros, entre los 3 990 y los 4 035 msnm. Las simulaciones anticipadas incluyen la infiltración a través de un área de masa rocosa que actualmente se extiende a aproximadamente 20 m sobre la napa freática. Las características globales de esta masa rocosa pueden variar en forma significativa de la caracterización obtenida a partir las pruebas del acuífero en la masa rocosa saturada y del análisis de modelamiento, por lo que la proporción de la infiltración que ha sido pronosticada podría variar también en forma significativa.

No habrá rebose desde la laguna del tajo, a menos que las pérdidas por infiltración y por evaporación sean menores que la recarga por escorrentía y por precipitación. Sobre la base del balance de agua, se prevé que la laguna del tajo alcance aproximadamente la cota 4 024 msnm en tres años, y que alcance una cota nominal estimada en 4 027 msnm luego de casi diez años. Tomando como base las pérdidas estimadas de infiltración y las derivaciones de escorrentía, se anticipa que la laguna del tajo no se elevará significativamente por encima de esta cota, salvo durante los años de lluvias extremas. Esto influirá en la determinación de la elevación de la ranura de rebose una vez que se caracterice por completo la hidrología del tajo al cierre final.

Se anticipa que el espejo de agua de la laguna del tajo variará aproximadamente entre las cotas 4 025 y 4 028 m para un año promedio, entre 4 022 y 4 023 msnm durante un año seco y entre 4 030 y 4 032 m durante un año lluvioso. Considerando la ocurrencia sucesiva de años secos y/o lluviosos, se podría esperar una fluctuación en el nivel de la laguna del tajo de aproximadamente 10 m cuando se presenten estas fluctuaciones estacionales. El análisis realizado a la fecha no permite predecir la descarga a través de la ranura (elevación 4 035 msnm). Sin embargo, la ranura considerada en el Plan considera eventos extremos.



Al cierre, se colocará una cubierta final sobre el material de relleno del tajo. La cubierta del material de relleno, para efectos de las simulaciones del balance de agua, se considera un sistema de cubierta con suelo superficial (30 cm), que servirá para limitar la infiltración hacia el interior de la instalación, fomentar la revegetación, y producir una escorrentía de buena calidad.

La infiltración hacia el interior del relleno y la escorrentía desde la cubierta final descargarán, o interactuarán en la laguna del tajo, para fines del balance de agua.

Una vez que la laguna del tajo alcance su nivel de equilibrio, se anticipa que ésta fluctuará de acuerdo con las variaciones estacionales en la recarga, salvo que el nivel se encuentre controlado por la cota de la ranura de rebose. Las pérdidas por infiltración también variarán con el nivel de la laguna del tajo. Se estima que la recarga mensual total promedio en la laguna del tajo variará entre aproximadamente 1 y 100 l/s durante un año promedio, entre aproximadamente 0 y 75 l/s durante un año seco y entre aproximadamente 6 y 135 l/s durante un año lluvioso. Las pérdidas por infiltración variarán entre alrededor de 34 y 73 l/s, dependiendo del nivel del agua en la laguna (asumiendo que la cota de la laguna del tajo no esté controlada por la ranura de rebose). Se puede esperar que estas pérdidas de infiltración recarguen al agua subterránea de las cuencas adyacentes, las cuales incluyen la Quebrada Laguna Negra hacia el este y noreste y, en menor grado, el Río Negro hacia el oeste y la Quebrada Las Vizcachas al norte.

8.6.5. PILA DE LIXIVIACIÓN

Se instalarán dos sistemas para recircular las descargas provenientes de la pila: el circuito principal a través de la planta, a una tasa de 1 286 m³/h, y el circuito de excedentes, de retorno a la pila. Éste último se utilizará para manejar los ingresos excesivos de agua hacia la pila, principalmente durante la época de lluvias. Ambos se utilizan en la estrategia de cierre para la reducción del inventario en la PL, la cual incluye la recirculación interna de las soluciones. Se asume que la lixiviación secundaria ocurrirá durante aproximadamente un año luego del cese de la lixiviación primaria. Durante la lixiviación secundaria, se asume que se utilizarán las cubiertas de lluvia tanto como sea posible, para limitar la infiltración de estas aguas y que se incorporará poca o ninguna agua fresca adicional al sistema como agua de



reemplazo, reduciéndose así el volumen de agua en circulación, a medida que el agua se pierda por evaporación y se almacene en la PL.

El modelo de balance de aguas se utilizó para evaluar las estrategias para reducir el inventario de solución, una vez finalizada la lixiviación secundaria. El balance de agua estima la concentración de cianuro en el circuito de la pila, una vez se haya completado la lixiviación económica. El modelo asume que la concentración total de cianuro es de 130 mg/l al inicio del periodo de reducción del inventario y que la concentración del efluente de la planta de tratamiento es de 1,0 mg/l (total). En el caso base de la PL, el agua de la pila se descargará en la planta de destrucción de cianuro a una tasa que varía de acuerdo con la estación. Dado que la concentración de cianuro en el efluente de la planta de tratamiento es de 1,0 mg/l (total), la tasa de descarga será mayor durante la época de lluvias, para aprovechar la dilución y cumplir con los requerimientos de calidad de agua. Por consiguiente, habrá menos tratamiento durante la época seca. En cuanto al balance de agua durante la época seca, se asume que no ocurrirá destrucción de cianuro y sólo se utilizará la evaporación desde la superficie de la pila para reducir el inventario. El modelo de balance de agua predice que se requerirá aproximadamente de 2 a 2,5 años para reducir el inventario de solución a un nivel manejable en la poza de SEL y la poza para eventos de rebose, sin considerar recirculación alguna.

El análisis del drenaje asume que la recirculación de la solución cesa al término de la lixiviación secundaria, e indica que es de esperar que la pila de 150 m de altura requiera de un manejo activo por un periodo mínimo de aproximadamente siete años, antes de que el flujo de drenaje alcance su estado de equilibrio. Sin embargo, el análisis indicó que la mayor parte del drenaje ocurrirá durante los dos primeros años luego del cierre.

Las simulaciones del modelo asumen que la cubierta de cierre se coloca al inicio de la primera temporada seca, luego del cese de las actividades mineras, quedando descubierta sólo un área limitada para la aplicación de la solución recirculada. Para el balance de agua, se asume de manera conservadora que toda la infiltración existente al post-cierre será derivada a la poza de colección para su tratamiento. Se estima que en promedio, el volumen de las filtraciones que requerirá de un tratamiento activo o pasivo será de aproximadamente 49 000 m³ al año, durante el periodo de post-cierre.



Los modelos del drenaje de la pila y el balance de agua indican que si bien el inventario al cierre será de aproximadamente de 1,6 Mm³, la infiltración de la precipitación hacia el interior de la instalación, durante el cierre, incrementará la cantidad de agua a tratarse durante el periodo de drenaje a un estimado de 2,2 Mm³, asumiendo que no exista degradación natural ni biodegradación del cianuro en la pila. La cantidad de agua adicional será reducida mediante la rápida construcción de la cobertura y el uso de cubiertas de lluvia, sin las cuales el volumen a tratarse podría incrementarse hasta 7 Mm³. Por lo tanto, asumiendo que no existiera degradación natural o biodegradación del cianuro en la pila, al cierre será necesario tratar 2,2 Mm³ de agua de la pila.

Se desarrolló un balance de agua separado para simular la degradación natural y la biodegradación del cianuro en la pila. La degradación fue modelada utilizando datos históricos de una pila con recirculación activa en Norteamérica. El modelo indica que la vida media del cianuro en la pila es de aproximadamente 0,17 años. Cuando se utiliza la biodegradación con la destrucción activa del cianuro al término de la lixiviación económica, la cantidad de agua a ser tratada durante el cierre se reduce de 2,2 Mm³, asumiendo que no existiera degradación natural, hasta aproximadamente 1,0 Mm³ de agua, asumiendo que la degradación requerirá de un tratamiento antes de que los niveles de cianuro estén por debajo de 1,0 mg/l (total),

Aunque la mayor parte de la solución de la pila será drenada durante los dos primeros años luego del cese de la recirculación, una cantidad de solución excedente proveniente de la infiltración que se producirá a través de la cubierta continuará drenando durante la etapa de post-cierre, como resultado del agua descargada desde los materiales de grano más fino de la pila. En el Apéndice II se describe la tasa de drenaje estimada. La tasa de drenaje, dentro de los 10 años siguientes al cese de la lixiviación secundaria, se estima entre 42 200 y 59 700 m³ cada año y entre 20 200 y 24 100 m³ cada año, hasta los 20 años.

Se asume que el agua superficial será manejada durante las etapas de cierre y de post-cierre, utilizando las derivaciones construidas durante la operación, con modificaciones menores. Al cierre, la superficie de la PL será nivelada para permitir que la escorrentía discurra hacia los canales de derivación, alrededor del perímetro de la instalación. Los canales de derivación también recolectarán la escorrentía sin contacto proveniente de las áreas que se encuentran aguas arriba



de la pila. Los canales de derivación a lo largo de los lados sur, sureste, norte y noreste de la PL descargarán a la Quebrada Laguna Negra a través de la Laguna Negra (que será utilizada como poza de regulación) durante las etapas de cierre y de post-cierre.

8.7. TRATAMIENTO DE AGUAS Y DISPOSICIÓN DE LODOS EN LA ETAPA DE POST-CIERRE

La presente sección describe los tres tipos de instalaciones de tratamiento de aguas que se podrían requerir durante el post-cierre. Estas instalaciones tratarán el DAR y las soluciones de la PL y controlarán los sedimentos. También se presenta en esta sección una descripción de las instalaciones para el manejo de lodos.

8.7.1. TRATAMIENTO DEL DAR

Estas instalaciones de tratamiento continuarán operando, según sea necesario, hasta lograrse la estabilidad química en las instalaciones que contienen material PGA. También se podría requerir de tratamiento con cal al interior del tajo. No se prevé que la escorrentía proveniente del BDE, la PL, la pila de mineral o del material de relleno del tajo requieran tratamiento luego de la construcción de la cubierta, y el potencial de generación de filtraciones de DAR desde estas instalaciones disminuirá durante la etapa de post-cierre. Por lo tanto, se anticipa que los requerimientos de tratamiento de DAR, de existir estos, se reducirán con el tiempo.

Al cierre, la planta de tratamiento de DAR continuará recibiendo el flujo proveniente de los drenes inferiores del BDE y las filtraciones de la pila de mineral. Asimismo, el agua de la poza de sedimentación este se podría bombear hacia la poza de recolección de DAR o directamente a la poza de limpieza, dependiendo de la calidad del agua. Se espera que la alcalinidad residual en la PL amortigüe la infiltración durante un largo periodo de tiempo. Si la PL desarrollara DAR, el drenaje podrá ser bombeado a la poza de colección de DAR o conducido directamente a la planta de tratamiento de DAR.

La planta de tratamiento de DAR se basará en la tecnología convencional de tratamiento con cal y lodos de alta densidad (HDS). En el informe de Descripción del Proyecto (SNC 2003) se incluyen los detalles sobre esta planta.



A fin de ser conservadores en este Plan, para propósitos del planeamiento del post-cierre se ha asumido que en todas las instalaciones que contienen materiales PGA se generará DAR, incluyendo la PL. El balance de agua predice que los ingresos hacia la planta, durante los cuatro años de cierre, serán en promedio de 497 000 m³/año y para el periodo post-cierre, de 274 000 m³/año. Estos caudales proyectados son menores que la capacidad de diseño operativo de la planta de tratamiento (hasta 1 000 m³/h) y por consiguiente, no se requerirá de modificaciones para el cierre.

Los volúmenes de tratamiento de DAR se resumen en la Tabla 7-1

Tabla 7-1 Volúmenes Estimados de Tratamiento

Instalación	Tasa al Cierre (m ³ /año)	Tasa al Post-Cierre (m ³ /año)
BDE	367 000	165 000
Pila de mineral	130 000	60 000
PL	n/a	49 000
Total	497 000	274 000

Fuente: Elaboración propia con datos de MBM

n/a = No aplicable

Nota: Las tasas han sido ajustadas para tomar en cuenta la precipitación directa sobre las pozas de proceso y sobre la poza de recolección de DAR.

En la Tabla 7-1, la tasa estimada de tratamiento de DAR representa la infiltración neta a través de la cubierta final de cierre y cualquier precipitación directa que ocurra sobre las pozas de tratamiento. Sin embargo, el drenaje de la PL en el largo plazo, incrementará los requerimientos potenciales del tratamiento de DAR para la etapa de post-cierre. Utilizando las tasas de drenaje señaladas en la Sección 6.5, la tasa de tratamiento de DAR para el drenaje de PL al post-cierre fluctuará entre 91 242 y 108 675 m³/año durante los 10 años siguientes al cese de la lixiviación secundaria y entre 73 141 y 69 164 m³/año en los 20 años siguientes.

La tasa de drenaje continuará disminuyendo durante la etapa de post-cierre hasta alcanzar una tasa pronosticada de infiltración neta para la PL estimada en aproximadamente 49 000 m³/año.

Para el tratamiento del DAR, se considerarán sistemas de tratamiento pasivos y semi-pasivos durante el post-cierre. Las principales tecnologías pasivas a considerarse para el tratamiento del DAR en el Proyecto Alto Chicama incluyen:

- Construcción de pantanos (wetlands) aeróbicos para el tratamiento de ciertos metales móviles, demanda biológica de oxígeno, coliformes y para la clarificación/aireación final.



- Construcción de pantanos (wetlands) anaeróbicos o bio-reactores que utilizan diversas bacterias (típicamente bacteria reductora de sulfatos – BRS) para eliminar ciertos metales móviles, sulfatos y nitratos.
- Canales abiertos de caliza, que pueden incorporar alcalinidad al agua, a pesar del recubrimiento que experimentará la caliza con los precipitados de hidróxido de aluminio o hierro.

El tratamiento semi-pasivo incluye las tecnologías antes mencionadas, incrementadas con el procesamiento activo previo y/o posterior, utilizando métodos adicionales de tratamiento o la regeneración periódica de los componentes pasivos de tratamiento. La practicidad y eficacia del tratamiento pasivo y semi-pasivo será evaluada durante las operaciones y el cierre.

Como se ha señalado anteriormente, se anticipa la formación de una laguna dentro del tajo abierto, luego del cese de las operaciones. No se anticipa que la laguna rebose a la cota de 4 035 msnm propuesta para la ranura. Sin embargo, la laguna podría eventualmente generar filtraciones hacia fuera de los límites del tajo. Se anticipa que la calidad del agua del tajo se verá afectada por el DAR, debido a la escurrentía de contacto proveniente de las paredes del tajo y a las filtraciones provenientes del relleno de desmonte. El Plan para el tajo contempla el tratamiento del agua con cal al interior del tajo para el control de pH y de las concentraciones de los metales que se vean afectados por el pH, según se requiera, para lograr los objetivos de calidad del agua para las filtraciones.

El método propuesto para la aplicación del tratamiento con cal al interior del tajo, requerirá de la instalación de una bomba de agua neumática. Típicamente, este sistema requiere del bombeo de la cal apagada hacia un pontón ubicado en la laguna del tajo y el mezclado de la cal apagada con el agua de la laguna del tajo, utilizando para esto aire comprimido que se inyecta en el interior de una tubería corta, abierta en ambos extremos para generar flujo y turbulencia, siendo ésta una tecnología muy conocida.

8.7.2. SOLUCIONES DE LA PILA DE LIXIVIACIÓN

Se prevé que al término de la recuperación de metales preciosos con valor económico, las concentraciones de cianuro residual en el agua de proceso requerirán de un tratamiento para lograr la destrucción del cianuro y la reducción de



algunos metales móviles, antes de su descarga. El tratamiento activo del cianuro de la solución de la pila durante el periodo de cierre se llevará a cabo en la planta de destrucción de cianuro construida para la fase operativa del Proyecto. La planta propuesta para la destrucción de cianuro utilizará el proceso de aire SO_2 /INCO con SO_2 , que emplea bisulfito de amonio y pequeñas cantidades de sulfato de cobre como agente catalizador. La solución sometida a tratamiento será bombeada al clarificador de la planta de tratamiento de DAR y a la poza de limpieza antes de su descarga. Se anticipa que los estudios futuros para el cierre de la mina permitirán cuantificar el efecto de la estabilización biológica y evaluar el potencial económico del tratamiento pasivo o semi-pasivo para el cianuro o el DAR de las filtraciones de la pila, durante el periodo de post-cierre.

Tomando como base el modelo de balance de agua antes descrito, se estima que será necesaria alguna forma de recirculación de la solución hacia la pila durante un periodo de entre dos y tres años, así como la destrucción del cianuro, antes de que las soluciones provenientes del drenado de la pila puedan ser contenidas completamente en la poza de SEL y en la poza para eventos de rebose. Durante un periodo de dos a tres años, la solución tratada por cianuro será dirigida hacia el clarificador de la planta de tratamiento de DAR, y luego hacia la poza de limpieza, antes de su descarga al ambiente.

Para cumplir con los requerimientos de calidad del agua, se anticipa que la descarga de la solución tratada de la pila al ambiente, será como máximo de aproximadamente $200 \text{ m}^3/\text{h}$, la cual ocurrirá principalmente durante la época de lluvias y en menor cantidad, durante la época de estiaje (aproximadamente cuatro meses al año). Luego de este tiempo, se asume que la pila se habrá estabilizado químicamente hasta un nivel que cumplirá con los objetivos de calidad del agua para cianuro. Las filtraciones de la pila continuarán debido a la infiltración del agua de lluvia, las cuales podrían requerir de tratamiento del DAR, considerando que el sistema de ajuste del pH en la solución de la pila ya no estará disponible en ese momento.

Para fines del planeamiento del cierre, se estima que la cantidad total de agua que requerirá tratamiento será de $2,2 \text{ Mm}^3$ durante la etapa de cierre, es decir, durante aproximadamente tres años, lo que hace que la tasa de tratamiento promedio sea de $736 \text{ 000 m}^3/\text{año}$.



Se anticipa también que el nitrato, un producto de descomposición del cianuro y subproducto de los explosivos, se encuentre en niveles elevados en la PL durante la operación del Proyecto.

Para reducir la concentración del nitrato en el drenaje de la pila, se requerirá de un circuito de tratamiento, mezclado, tratamiento en suelo, o alguna combinación de los mismos. En esta etapa, no se especifica qué tipo de tratamiento se usará para el nitrato, debido a la incertidumbre de los requerimientos finales de tratamiento. No obstante, la remoción del nitrato del agua / agua residual se puede lograr mediante procesos biológicos y químicos. El tratamiento biológico del nitrato en agua, comúnmente conocido como desnitrificación biológica, se refiere por lo general a un proceso biológico anaeróbico en el cual el nitrato (NO_3) se reduce finalmente a nitrógeno atmosférico (N_2). Este proceso incrementa la alcalinidad debido al retiro del nitrato y el ion hidrógeno. Los procesos químicos para la eliminación de nitrato incluyen intercambio iónico, ósmosis inversa y otros.

8.7.3. CONTROL DE LA SEDIMENTACIÓN

Para el control de la sedimentación del agua de escorrentía se emplearán las pozas de sedimentación oeste y este. El método principal de sedimentación será la separación por gravedad durante la retención en la poza para cumplir con los objetivos de calidad del agua en lo que respecta a sólidos totales en suspensión (STS). La incorporación de floculantes podría ser necesaria, dependiendo de la efectividad de la sedimentación. La poza de sedimentación oeste será utilizada para el BDO y sus cuencas asociadas durante el establecimiento de la cubierta final de cierre, incluyendo cualquier filtración post-cierre desde el BDO. La poza de sedimentación será utilizada para el BDE, la pila de mineral y sus cuencas asociadas durante el establecimiento de la cubierta es posible que durante la etapa de post-cierre no se requiera de esta instalación, en cuyo caso se clausurará formalmente. No se anticipa la necesidad de contar con un sistema de control de sedimentación para la PL, debido al uso de cubiertas de lluvia, construcción de una cubierta final durante la época de estiaje y otras medidas. No se prevé la necesidad de controlar los sedimentos del agua de escorrentía durante el post-cierre.



8.7.4. MANEJO DE LODOS

Los precipitados químicos, sedimentos contaminados y lodos necesitarán de un manejo para el periodo de operación, según se describe aquí, en pozas revestidas con arcilla o con material geosintético, a fin de evitar la infiltración. El agua decantada en estas pozas, debido a la sedimentación y consolidación, será evaporada o tratada (de ser necesario) antes de su descarga.

Una vez que las pozas alcancen su capacidad de almacenamiento de sólidos, se cerrarán definitivamente, cubriendo el lugar.

Se ha programado utilizar inicialmente al máximo las pozas de lodos existentes durante las operaciones. Una vez colmatadas, se utilizarán las pozas de tratamiento o los depósitos de residuos para el almacenamiento de los lodos. Para la disposición de los lodos provenientes de la planta de tratamiento de DAR durante la etapa de post-cierre, se podrá utilizar la poza revestida de rebose de la PL, la cual tiene una capacidad de almacenamiento de 420 000 m³. Se podría también construir pozas adicionales de tratamiento, de ser necesario, para reemplazar las instalaciones que hubieran sido cerradas en forma definitiva, o utilizar la laguna del tajo para el almacenamiento de los lodos. Los lodos que se generen como consecuencia del tratamiento del agua almacenada al interior del tajo, permanecerán dentro de éste.

8.8. MONITOREO

8.8.1. MONITOREO DURANTE EL PERIODO DE CIERRE

Durante todo el periodo de cierre, las actividades de monitoreo documentarán el avance de las actividades previstas para el cierre/rehabilitación. Estas actividades incluirán el monitoreo periódico de las condiciones ambientales, como una continuación del programa de monitoreo conducido durante las operaciones del Proyecto. Los objetivos fundamentales del programa de monitoreo al cierre buscarán demostrar que se está dando cumplimiento a los requisitos y objetivos normativos, y que las medidas de cierre se han implementado de manera satisfactoria, así como proporcionar la información necesaria para el diseño, manejo y optimización del programa de cierre.



Pese a que la mayor parte de las actividades de cierre del Proyecto concluirán en un periodo de tiempo relativamente corto (Sección 10), el Plan asume que se requerirá continuar con el tratamiento de aguas para manejar el DAR procedente de diversas instalaciones (PL, BDE, pila de material, tajo abierto) hasta que se alcance la estabilidad química en estas instalaciones.

El programa de monitoreo aplicado durante la etapa operativa será actualizado conforme el Proyecto se vaya aproximando a la etapa de cierre, agregando o eliminando elementos en base a las tendencias de las condiciones ambientales y a los cambios en el estado de las instalaciones.

Durante la etapa de cierre, las actividades de monitoreo podrían incluir lo siguiente:

- Inspección de los botaderos de desmonte, la pila de mineral sulfuroso y las áreas niveladas para verificar su estabilidad, e inspección de las áreas rehabilitadas simultáneamente y aquellas rehabilitadas al cierre, con el fin de evaluar la necesidad de desarrollar actividades adicionales para concluir con la rehabilitación de las mismas;
- Muestreo para determinar la necesidad de rehabilitar los suelos una vez que se hayan desmantelado las instalaciones;
- Muestreo de agua y evaluación de las filtraciones dentro del tajo abierto, las filtraciones provenientes del tajo abierto, los botaderos de desmonte, la pila de mineral sulfuroso y la PL, con el fin de evaluar los requerimientos de tratamiento del agua y confirmar el avance de las medidas de estabilización fisicoquímica;
- Muestreo y evaluación del agua para verificar que se está cumpliendo con los objetivos de calidad del agua subterránea y de agua superficial;
- Monitoreo continuo del clima para evaluar la efectividad de las actividades de cierre propuestas (por ejemplo, el comportamiento de la cubierta);
- Inspecciones regulares, con el fin de verificar la efectividad de las instalaciones de contención.



- Inspecciones periódicas, con el fin de verificar la efectividad de las instalaciones de contención secundarias y la ausencia de contaminación en los suelos durante las actividades de cierre.

8.8.2. MONITOREO DURANTE EL PERIODO DE POST-CIERRE

Dependiendo de los resultados del monitoreo correspondientes al periodo de cierre, será necesario realizar inspecciones al post-cierre, durante un periodo inmediato al cierre, con el fin de verificar la permanencia de la estabilidad física y química de las estructuras de post-cierre y las áreas rehabilitadas, a menos que durante las actividades de cierre se logre alcanzar y demostrar que dicha estabilidad ya ha sido alcanzada. Resulta difícil determinar los tipos específicos de inspecciones y monitoreo post-cierre que se requerirán para ese momento, aunque las inspecciones potenciales podrían incluir lo siguiente:

- Seguridad general – para proporcionar seguridad al personal y al público en general, se asegurará el área del Proyecto mediante la colocación de señales en las instalaciones que requieren ser monitoreadas durante el periodo de post-cierre. Como parte del monitoreo de post-cierre, se realizarán periódicamente inspecciones generales de seguridad.
- Sistemas de drenaje y de control de sedimentos – se utilizarán sistemas de drenaje y de control de sedimentos para manejar el drenaje proveniente de diversas instalaciones del sitio en el largo plazo. Estos sistemas serán monitoreados como parte del monitoreo de post-cierre y del programa de control.
- Estabilidad de las superficies rehabilitadas – las principales instalaciones que serán monitoreadas incluyen los botaderos de desmonte, la pila de mineral sulfuroso y la PL. Se dejarán miradores, para poder inspeccionar y detectar cualquier falla que se produzca en los taludes. En caso de que se identifique cualquier deficiencia, se adoptarán las medidas de mitigación que resulten más adecuadas.
- Calidad y cantidad del agua subterránea y superficial – como parte del programa de monitoreo post-cierre, se medirán los niveles del agua



subterránea y los flujos del agua superficial. Se investigarán las tendencias generales y las lecturas anómalas con el fin de determinar las posibles causas y definir medidas adecuadas de mitigación. El programa de monitoreo del agua superficial documentará los cambios potenciales en la calidad y cantidad de agua en puntos clave ubicados alrededor del Proyecto. Cuando se recolecten muestras de agua superficial y agua subterránea, éstas serán analizadas luego de cada evento de monitoreo de post-cierre. En caso de que los resultados del monitoreo ambiental muestren variaciones en los parámetros medidos que excedan los rangos aceptables, se conducirá un monitoreo adicional de validación con el fin de verificar los datos e implementar medidas de rehabilitación o acciones correctivas, de ser necesario.

- Neutralización de los materiales de la pila de lixiviación – el programa de cierre y post-cierre puede incluir el monitoreo del drenaje, si lo hubiera, proveniente de la PL. Como parte de estas actividades, se monitorearía la calidad y el flujo de la descarga. Estos datos se utilizarán para verificar la efectividad de la estabilización química al cierre y de los controles de mitigación.
- Vegetación se conducirá periódicamente un monitoreo de la vegetación, con el fin de determinar el éxito del establecimiento de ésta y el control de la erosión en las superficies rehabilitadas.

8.9. CONSIDERACIONES SOCIALES

El presente Plan de cierre aborda principalmente los aspectos físicos del cierre. Sin embargo, el cierre de la mina tiene implicancias inevitables en el aspecto social del área local, principalmente con respecto a temas como la reducción del empleo y de las adquisiciones, la eliminación de las estructuras tangibles, el mantenimiento continuo de la carretera de acceso, la reducción de la distribución del Canon Minero entre los gobiernos locales y las iniciativas sociales de desarrollo sostenible implementadas por el Proyecto durante sus operaciones. Para poder abordar estos temas y garantizar que los beneficios totales generados por el Proyecto perduren luego del cierre, se ha establecido el Programa Social para el Cierre del Proyecto, el mismo que se combina con otros programas de gestión social.



A continuación se presenta una lista de las acciones consideradas en el Programa Social de Cierre. Estas acciones serán modificadas y mejor definidas durante la construcción, operación y cierre del Proyecto, y el Plan de Relaciones Comunitarias del Proyecto será actualizado según corresponda.

- MBM buscará el desarrollo de la comprensión y compromiso de la población con respecto a las restricciones impuestas sobre el uso de tierras en el periodo post-cierre, a causa de las consideraciones de salud y seguridad (por ejemplo, el acceso al tajo abierto). MBM asumirá esta labor como parte del Programa de Consulta y a través del Programa de Manejo para Dar a Conocer los Impactos a los Grupos de Interés.
- MBM incorporará a las actividades de consulta que se llevarán a cabo en cada fase del Proyecto, deliberaciones sobre la eliminación de las estructuras del Proyecto. Estas discusiones incluirán temas como la desmovilización de los activos del campamento y algunos equipos, las decisiones para el mejor manejo de la infraestructura de energía, servicios de agua y servicios de desagüe implementados por el Proyecto y el manejo futuro de los activos de tierra de propiedad del Proyecto.
- MBM evaluará, durante la consulta con los grupos de interés, la conveniencia o no de transferir la propiedad o de retirar los diques de Laguna Pozo Hondo y Laguna Negra. Asimismo, se evaluarán los requisitos de capacitación para la eventual transferencia de la propiedad.
- MBM comenzará a evaluar, durante las operaciones, la manera de apoyar las actividades de re-capacitación para los trabajadores involucrados en las operaciones y el cierre. Del mismo modo, se implementarán medidas destinadas a reducir el riesgo que afrontarán las familias de los trabajadores no especializados o semi-especializados del Proyecto al haber perdido contacto con las actividades agrícolas, de las cuales podrían depender nuevamente, con el fin de asegurar su subsistencia luego del cierre de la mina.



- MBM trabajará con los grupos de interés y los socios potenciales para garantizar que los programas de desarrollo social que puedan continuar después del cierre del Proyecto, incorporen las consideraciones del cierre en su diseño.
- MBM llevará a cabo consultas con los grupos de interés local para identificar si las carreteras adyacentes al área del Proyecto, de existir éstas, deben eliminarse o ser rehabilitadas de acuerdo con los estándares establecidos por ley.
- MBM dialogará con los proveedores locales para evaluar si sus actividades comerciales luego del cierre son sostenibles. Se espera que en el área de influencia directa, tanto el Programa de Adquisiciones Locales como el Programa de Desarrollo Social, contribuirán al mejoramiento de las actividades agrícolas y de producción, bases de la economía, de tal manera que se pueda continuar con las actividades de manera más efectiva y sostenible. En cuanto al área de influencia indirecta, el Programa de Adquisiciones y tal vez el Programa de Desarrollo Social, buscarán mejorar la calidad de los productos y desarrollar el capital social y humano requerido para mejorar la efectividad y el sostenimiento de sus actividades.
- MBM buscará involucrar y fortalecer la capacidad de los grupos de interés durante la etapa de post-cierre, comprometiéndolos, según lo planificado, en cada uno de los Programas de Manejo de Relaciones Comunitarias, buscando facilitar el contacto de los grupos de interés con potenciales socios o entidades de gobierno, tanto dentro como fuera del área de influencia.

8.10. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION Y ESTUDIOS ADICIONALES

En la presente sección se presenta un cronograma para las actividades clave del cierre y post-cierre, seguida por una descripción de los estudios adicionales importantes que deberán hacerse. El cronograma será definido y actualizado posteriormente durante las operaciones, con el fin de incorporar cualquier cambio



que se realice en el plan de la mina, la nueva información ambiental y socioeconómica y los requerimientos normativos.

8.10.1. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

En general, las actividades conjuntas de rehabilitación se realizarán durante las operaciones, a medida que ya no sean necesarias las instalaciones o partes de las mismas. Estas actividades podrán incluir la construcción de los sistemas de cobertura, revegetación de las áreas alteradas, y el abandono definitivo de la infraestructura.

Actualmente se prevé que el cierre de la mayor parte de las instalaciones del área podría concluirse dentro de los 24 meses posteriores a la culminación de las actividades mineras. Se podría requerir del tratamiento de DAR luego de la culminación de las actividades mineras en el área, hasta que se alcance la estabilidad química. Sin embargo, actualmente no se puede determinar la duración de este periodo. Se estima que la destrucción de cianuro se realizará durante un periodo de dos a tres años desde la culminación de las actividades mineras, luego de lo cual se podrá requerir de un tratamiento pasivo. Las actividades para el cierre de la PL son las que requerirán del periodo más prolongado durante el cierre, dependiendo de la necesidad de efectuar un manejo activo del agua para el control del inventario. A continuación se indica el cronograma tentativo preliminar que se ha desarrollado para este Plan:

- Marzo del 2019 – fin de la explotación minera;
- Mayo del 2020 – fin de la lixiviación;
- Setiembre del 2020 – culminación de la construcción de las cubiertas,
- 2019 - 2021 – fin del proceso de enjuague y recirculación, drenado constante.

8.10.2. ESTUDIOS ADICIONALES

La continuación de las investigaciones y estudios adicionales que se consideran necesarios para el desarrollo, optimización e implementación definitiva del Plan final, incluyen lo siguiente:



- Monitoreo operativo y evaluación tanto del mineral como del material de desmonte, para refinar posteriormente el análisis del potencial de DAR y las estrategias de mitigación para reducir los impactos del DAR;
- Evaluaciones del comportamiento de las cubiertas, con el fin de evaluar y optimizar los diseños alternativos de cubiertas en lo que respecta a la infiltración neta y al crecimiento sostenido de las plantas;
- Estudios de revegetación, con el fin de identificar y someter a prueba las distintas especies de plantas nativas y no nativas en lo que respecta a su sustento, prevención de la erosión y evapotranspiración desde la cubierta.
- Evaluación de alternativas de tratamiento pasivo y semi-pasivo para el post-cierre.
- Análisis de los requerimientos de tratamiento por nitrógeno para el efluente de la pila de lixiviación.
- Estudios técnicos de ingeniería sobre los planes finales de nivelación y controles del agua superficial para el cierre.

Se realizarán estudios adicionales para perfeccionar la estrategia de cierre de la PL. Dichos estudios estarán enfocados a mejorar las predicciones del drenado de la pila de lixiviación en respuesta a la lixiviación secundaria, y a refinar el balance de aguas de la PL durante los periodos de cierre y post-cierre. Asimismo, se llevarán a cabo estudios para evaluar otras opciones de manejo de soluciones y reducción del inventario de cianuro, incluyendo la evaporación, tratamiento en suelo, degradación del cianuro y técnicas de bio-estabilización. Estos estudios se llevarán a cabo durante las operaciones y por consiguiente, el plan de cierre de la PL será revisado de acuerdo con los resultados de dichos estudios.

Se realizarán estudios adicionales para perfeccionar la metodología para el cierre del tajo. A continuación se describen las bases y los posibles resultados de dichos estudios, en lo que respecta a las alternativas viables para el cierre del tajo.

Al cierre, el tajo contendrá aproximadamente 28 Mt de roca de desmonte, de las cuales, una pequeña cantidad (aproximadamente 4 Mt) se clasificará como NGA mientras que el resto se clasificará como PGA (es decir, tendrá un contenido total



de azufre superior a 0,1%). A medida que la laguna del tajo se desarrolle y alcance el equilibrio, se anticipa que la cota promedio del espejo de agua en el largo plazo será 4 027 msnm, pudiendo variar entre 4 022 y 4 032 msnm, dependiendo de las fluctuaciones en la precipitación anual.

A medida que se vaya formando la laguna del tajo y ésta alcance su elevación de equilibrio, se formará una superficie freática en la masa rocosa del relleno, cuya elevación será básicamente la misma que la laguna del tajo, de tal modo que en el largo plazo, el material de relleno ubicado por debajo de los 4 022 msnm se encontrará sumergido, el material que se ubica entre los 4 022 msnm y 4 032 msnm estará sometido a inundación periódica y el material que se ubica sobre los 4 032 msnm estará expuesto a la infiltración del agua de lluvia a través de la cubierta de suelo vegetal que cubre al relleno. Debido a que la mayor parte de la roca de relleno será clasificada como PGA, se generará DAR en la parte de masa rocosa que no se encuentre sumergida. Si se generara DAR, el tratamiento con cal dentro de la laguna del tajo propuesto no neutralizará de manera efectiva la acidez generada al interior del relleno rocoso.

Esto afectaría la calidad del agua que se infiltra desde el tajo durante el cierre que, en ausencia de una atenuación significativa a lo largo de la ruta del flujo del agua subterránea, podría ocasionar impactos adversos en la calidad del agua superficial. Tomando como base la comprensión de la hidrología del área, se espera que cualquier impacto adverso en la calidad del agua se produzca en parte alta del valle del Chuyuhual, ya que se espera que la mayor parte del agua que se infiltre desde el tajo fluya hacia el sudeste y aflore en la parte alta de la Quebrada Laguna Negra.

El riesgo de que se infiltre agua de mala calidad desde el tajo relleno será mitigado, en parte, por el uso propuesto, por parte de MBM, de emplear el 0,1% de azufre total para diferenciar la roca NGA de la roca PGA. El criterio elegido es conservador pues se basa en el contenido total de azufre y no toma en cuenta algunas rocas (principalmente de tipo volcánico) que tienen un importante potencial de neutralización. El uso de este criterio asegura que un volumen significativo de rocas con bajo contenido de sulfuro-azufre, el cual es relativamente benigno con respecto al potencial de generación de acidez, será clasificado como material PGA. Esta estrategia de clasificación es apropiada para la segregación de roca NGA, ya que es importante garantizar que el agua de drenaje del BDO sea baja en acidez y



en metales traza, pues esta agua será tratada únicamente para eliminación de sólidos en suspensión en la poza de sedimentación oeste, antes de ser descargada al ambiente. Sin embargo, es probable que el uso de este criterio conservador no sea necesariamente aplicable a la roca de relleno del tajo abierto, ya que el agua que se filtre sólo ingresará a las aguas superficiales luego de haber recorrido distancias considerables en condición de agua subterránea. Es inevitable exista algún nivel de atenuación de metales traza y acidez, antes de que el agua que se infiltra llegue al Chuyuhual. Sin embargo, éste es difícil de cuantificar en base a la información disponible.

Es probable que se identifique una sub-categoría de roca PGA que, no siendo apropiada para su eliminación en el BDO, posiblemente no generaría DAR si se usa para rellenar el tajo abierto. Probablemente estas rocas tengan un bajo contenido de sulfuro-azufre (por ejemplo, entre 0,1% y 0,5% como azufre total) conteniendo posiblemente un importante potencial de neutralización. MBM llevará a cabo estudios más avanzados de geoquímica y de planeamiento de la mina para confirmar si el material que contiene este rango de azufre, es realmente apropiado para el relleno del tajo, si hay suficiente cantidad de este material en el total a ser explotado (se necesitará alrededor de 20 Mt) y si se encontrará disponible para el relleno en el momento adecuado durante el desarrollo de la mina.

Si los estudios realizados indicaran que una parte del material clasificado como PGA, utilizando el criterio del 0,1% de azufre total, no fuera apropiado para el relleno del tajo, o si no existiera suficiente disponibilidad de material PGA con bajo contenido de azufre para sustituir roca con mayor contenido de azufre como relleno, MBM considerará la implementación de una o más de las siguientes estrategias alternativas para el cierre del tajo como medidas de mitigación.

- La cantidad de roca PGA que servirá de relleno podría reducirse de tal forma que todo el material PGA pueda colocarse por debajo de la cota 4 022 msnm. Esto garantizará que la roca PGA de relleno permanecerá inundada en todo momento, aislándose en forma efectiva del oxígeno atmosférico y limitando su capacidad de generar DAR. La roca NGA sería almacenada por encima de los 4 022 msnm, lo cual traerá como consecuencia la existencia de un mayor volumen de roca PGA que tendría que almacenarse en el BDE, donde



probablemente no haya suficiente capacidad adicional. Si se necesitara de capacidad adicional, se ampliará el BDE para incluir el área donde se propone el establecimiento de la pila de almacenamiento del mineral. El material con suficiente ley destinado a la pila de mineral, podría colocarse sobre las porciones que ya han sido lixiviadas de la PL, donde existirá capacidad suficiente para almacenar 6,2 Mt de roca apilada. Al término de la operación minera, la PL será renivelada, cubierta y cerrada, conteniendo el material de la pila de mineral. El material PGA adicional a colocarse en el BDE, tiene características geoquímicas similares al material a ser colocado en la pila de mineral. Además, el material de la pila se colocaría en la PL, que es una instalación revestida. En consecuencia, esta estrategia no involucrará cambios significativos en el diseño del Proyecto ni en el plan de manejo de aguas presentado en el EIA y no generará impactos ambientales adicionales ni diferentes de los ya evaluados.

- La derivación de agua dentro del tajo puede utilizarse para reducir los ingresos hacia la laguna del tajo. El agua no-ácida proveniente de la pared norte del tajo (cuyos niveles de sulfuros generadores de acidez se anticipan sean bajos) podría derivarse hacia las instalaciones de control de sedimentos, o el agua ácida de las paredes sudoeste y sudeste del tajo (cuyos niveles de sulfuros generadores de acidez se anticipan sean más altos) puede derivarse hacia la poza de recolección del DAR y a la planta de tratamiento de DAR. El efecto de la reducción de los ingresos hacia la laguna del lago sería una reducción del nivel y la carga hidráulica de la laguna del lago y en consecuencia, la reducción de las filtraciones hacia las áreas circundantes.
- El material de relleno PGA se puede aislar del oxígeno atmosférico mediante la instalación de cubiertas de baja permeabilidad, similares a las propuestas para el BDE, la pila de mineral sulfuros y la PL.
- Se podrán instalar pozos de agua subterránea en las cuencas este u oeste para capturar las potenciales filtraciones ácidas provenientes del



tajo. El agua bombeada será tratada antes de su descarga al ambiente.

Si estas estrategias no logran alcanzar el objetivo principal de cumplir con los objetivos de calidad de agua en el punto de cumplimiento, se podrá alcanzar un escenario seco del tajo a través del bombeo o mediante un relleno adicional. Se podría reducir el volumen de bombeo requerido, a través del relleno y cobertura de partes del tajo, para así crear una superficie de drenaje libre.

Asimismo, se llevarán a cabo estudios adicionales de caracterización hidrológica del tajo como: un análisis de balance de agua, análisis geoquímicos de la laguna del tajo e identificación de rutas de flujo y receptores potenciales y análisis adicionales de balance de masa y balance de aguas del área del Proyecto al momento del cierre, incluyendo los ingresos y descargas del tajo y la calidad del agua.

8.11. ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO

8.11.1. INTRODUCCIÓN

Esta sección del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto del Alto Chicama (el Proyecto) presenta un análisis de costo-beneficio del Proyecto para el Área de Estudio Local (AEL), el Área de Estudio Regional (AER) y el Área de Estudio Nacional (AEN). Este análisis se basa en los resultados de línea de base socio-económicos, los resultados de las entrevistas y las evaluaciones de impacto social ambiental.

Se utilizan los análisis de costo-beneficio para determinar los méritos relativos de inversión en los proyectos alternos, con el propósito de obtener una distribución eficiente de los recursos y de mejorar el bienestar socio-económico. En este caso, una de las alternativas del Proyecto es no tener un proyecto.

Para llevar a cabo un análisis de costo-beneficio, se identifican las actividades del Proyecto y asignan valores a las consecuencias de dichas actividades. Este análisis es útil cuando los resultados científicos se pueden reflejar en valores costo-beneficio y se pueden expresar en precio y en valor monetario con una exactitud razonable. Un análisis de este tipo involucra limitaciones significativas, ya que no consideran las decisiones tomadas de manera subjetiva, la incertidumbre y las



pérdidas sociales irreversibles. Así mismo, los objetivos políticos no son considerados en el análisis costo-beneficio.

Debido a la dificultad de asignar un valor monetario a los valores culturales, estéticos y éticos, así como a los recursos naturales no negociables o a los cambios en los recursos naturales, los análisis de costo-beneficio, para proyectos tales como el de Alto Chicama, son generalmente cualitativos más que cuantitativos.

8.11.2. MÉTODOS

En la presente evaluación, se evalúa cada componente físico, biológico y socio económico, potencialmente afectado por el Proyecto, en términos de la consecuencia ambiental o social del efecto potencial.

Los efectos están calificados como:

- Moderado a altamente positivo (+ +);
- Bajo positivo (+);
- Neutral (0);
- Bajo negativo (-); y
- Moderado a altamente negativo (- -).

Estos efectos se estiman para tres áreas de estudio (local, regional y nacional) para definir su extensión y consecuencia geográfica.

8.11.3. ANÁLISIS DE COSTO - BENEFICIO

La tabla B7-1 muestra el análisis de costo-beneficio del Proyecto. La tabla ha sido dividida en base a los distintos componentes del Proyecto (físico, biológico y socio-económico). La tabla muestra que los costos y beneficios están distribuidos de manera distinta, dependiendo del área.

Dentro del AEL, donde se espera que exista una combinación de efectos positivos y negativos, el costo del Proyecto será mayor. Dentro del AER, los efectos serán menores, con una proporción mayor de efectos positivos. Se espera que dentro del AEN, se espera que todos los efectos serán positivos. Esta distribución es típica de los proyectos de inversión de explotación de recursos naturales.



El análisis muestra que el efecto socio-económico global del Proyecto será positivo, lo cual concuerda con la percepción de las autoridades locales y regionales. Se considera al Proyecto, como el proyecto de inversión más importante del área en las últimas décadas. Esta oportunidad no sólo beneficiará a la población local, sino al desarrollo de toda la región.

Tabla B7-1 Análisis Cualitativo de Costo-Beneficio del Proyecto Alto Chicama

Componente o Actividad del Proyecto	Área de Estudio Local	Área de Estudio Regional	Área de Estudio Nacional
Componentes Físicos			
calidad del aire	-	0	0
ruido	-	-	0
cantidad de agua superficial	+	0	0
calidad de agua superficial	-	0	0
nivel del agua subterránea	-	0	0
calidad del agua subterránea	-	0	0
calidad del suelo	-	0	0
Componentes Biológicos			
vegetación	-	0	0
fauna silvestre	-	0	0
hábitat natural	-	0	0
hábitat acuático y peces	--	0	0
biodiversidad	-	0	0
Componentes Socio-Económicos			
reubicación	--	0	0
economía de las familias reubicadas	+	0	0
ingreso familiar	++	+	0
economía del área	++	+	+
empleo directo	++	+	0
empleo indirecto	+	++	+
incremento comercial	+	++	+
impuestos	++	++	+
desarrollo de la comunidad	++	++	0
planeamiento y organización participativa	++	++	0
capacitación	++	++	0
sistema de vías	+	++	+
comunicaciones	++	++	0
transporte	++	++	+
servicios básicos	++	+	0
uso de la tierra	-	0	0
uso del agua	0	0	0
educación	+	+	0
salud	++	+	0
seguridad ciudadana	-	-	0
restos arqueológicos	0	0	0

- Negativo (bajo); --negativo (moderado o alto)
- +positivo (bajo); ++positivo (moderado o alto)
- 0 cero neutra



CONCLUSIONES

Primero: Mediante el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Alto Chicama, se puede afirmar que se tiene la responsabilidad y compromiso de cumplir con la legislación peruana y por convicción con la sociedad, por lo tanto se concluye que dicho estudio influirá en la ejecución del Proyecto Minero Alto Chicama.

Segundo: Se logró proporcionar toda la información y las condiciones del recurso agua y suelo; con la finalidad de establecer las medidas de protección ante los impactos en la calidad del agua y la calidad del suelo; que puedan ser afectadas durante las actividades que se generen en el Proyecto Minero Alto Chicama.

Tercero: Por medio de la investigación en el sitio, condiciones de la línea de base, instalación de pozos, métodos de evaluación y monitoreo; se logró determinar la posible magnitud de impactos que se puedan presentar en los recursos agua y suelo, y en donde se planteó las medidas de prevención y mitigación de estos impactos para ser considerados durante las diferentes etapas que se proyectan realizar en la explotación del recurso mineral.



RECOMENDACIONES

Primero.- Tener conocimientos previos y conciencia acerca del impacto ambiental que generan los proyectos mineros, caracterizados en el ambiente físico, ambiente biológico y el ambiente socio económico de las áreas de influencia directas e indirectas.

Segundo.- Durante los procesos y etapas del proyecto se debe considerar tener una permanente comunicación e información con las áreas de influencia local (Población vulnerable), para generar un ambiente de convivencia responsable.

Tercero.- Los componentes ambientales considerados como: agua, suelo, flora y fauna, para las etapas de construcción, exploración, cierre y post cierre; deben ser sustentados mediante reportes de laboratorios certificados y fiables para tal fin.

Cuarto.- Recomendamos que esta tesis sirva como guía y/o referencia, para todo aquel que desee formular y ejecutar proyectos semejantes, bajo los conocimientos que se detallan en los ítems anteriores mencionados.



BIBLIOGRAFIA

1. Alabaster, J.S. y R. Lloyd. 1982. Criterio de Calidad de Agua Para Peces de Agua Fresca. 2 Edición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Butterworths, London. 361 pp. (citado en: CCME 1999).
2. INGEMET (Geología Cuadrángulo de Cajabamba).
3. Instituto Geológico del Perú. Cartas Topográficas.
4. F. Gaboury. Datos, estudios, resultados, cuadros cualitativos MBM.
5. Alva, J. y J. Castillo. 1993. Peligro Sísmico en el Perú. VII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones. Lima, Perú.
6. Málaga Santollana, Fermín (1906). Riquezas Minerales de la Provincia Santiago de Chuco. Lima: Tip. De Lucero.
7. Málaga Santollana, Fermín (1909). Estado Actual de la Minería de Quiruvilca. Lima: Litografía Carlos Fabri.
8. Baltazar, P. 2003. Comunicación Personal. Biólogo. FONDEPES, Ministerio de Pesquería. Lima, Perú.
9. CCME (Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente) 2001. Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. Tablas de Resumen. Junio, 2001. Winnipeg, MB.
10. E. Dunin Borkowski (1989). Posibilidades Mineras del área Alto Chicama.
11. Dinerstein, E., D. Olson, D. Graham, A. Webster, S. Primm, M. Bookbinder y G. Ledec. 1995. A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean. The World Bank and World Wildlife Federation (WWF). Washington, D.C. 129 pp.
12. Kovacs, T.G. y G. Leduc. 1982. Acute Toxicity of Cyanide to Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Acclimated at Different Temperatures. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 1426 – 1429 (citado en: CCME 1999).



13. Mittermeier, R.A., N. Myers, P.R. Robles y C. Goettsch. 1999. Hotspots. Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. CEMEX – Conservation International.



ANEXOS 01

CUADRO RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES PRINCIPALES Y SUS IMPACTOS MAS SIGNIFICATIVOS



CUADRO RESUMEN DE ACTIVIDADES PRINCIPALES Y SUS IMPACTOS MÁS SIGNIFICATIVOS

ITEM	FASES DEL PROYECTO	ACTIVIDADES	IMPACTOS	MEDIDAS DE MITIGACION
1	CONSTRUCCION	<p>Construcción de carreteras internas de acceso a la mina.</p> <p>Construcción de carreteras para el transporte de mineral, zonas de almacenamiento, zonas de procesamiento, accesos a los lugares de depósitos de desmonte y desechos.</p>	<p>Alteración al paisaje, desbroce, cambios en las formas del relieve - topografía - terreno.</p> <p>Cambios en la calidad del agua subterránea - superficial (modificaciones en los patrones de drenaje, escurrimiento superficial, infiltraciones, niveles del flujo, caudal de los ríos).</p> <p>Cambios en la calidad de los suelos (capacidad del uso del suelo, pérdida de recurso suelo, compactación, procesos de erosión, emisión de polvo, derrame de materiales peligrosos).</p> <p>Falla de taludes (Flujos, deslizamientos, caída de escombros, sismos).</p> <p>Daños a sitios importancia cultural – social</p>	<p>Criterios de diseños en los taludes de corte para asegurar la estabilidad de las paredes.</p> <p>Sistemas de canales de recolección de escorrentías.</p> <p>Los caminos de acceso serán alineados de manera que limiten la perturbación de las formas existentes (taludes existentes).</p> <p>Ubicación de áreas de posibles sitios arqueológicos</p>
		<p>Construcción de la infraestructura del procesamiento del mineral, instalaciones del campamento, instalaciones auxiliares.</p> <p>Preparación de las áreas de depósitos de desecho sólidos, áreas de</p>	<p>Desbroce, cambios en las formas del relieve - topografía - terreno.</p> <p>Cambios en la calidad del agua subterránea - superficial (modificaciones en los patrones de drenaje, escurrimiento superficial,</p>	<p>Criterios en el diseño de la infraestructura de las instalaciones.</p> <p>Sistemas de canales de colección de aguas de escorrentía.</p>



		<p>almacenamiento de la planta de producción, depósito de lixiviados.</p> <p>Preparación y construcción del área para la planta de tratamiento de aguas servidas.</p> <p>Instalación del campamento, oficinas, talleres, almacenes</p>	<p>infiltraciones, niveles del flujo, caudal de los ríos).</p> <p>Cambios en la calidad de los suelos (capacidad del uso del suelo, pérdida de recurso suelo, compactación, procesos de erosión, emisión de polvo, derrame de materiales peligrosos).</p>	
		<p>Remoción y almacenamiento de la capa superficial de suelos (top soil).</p> <p>Preparación del área para la pila de lixiviación.</p> <p>Preparación del área del tajo abierto.</p> <p>Preparación del área de los botaderos de desmonte este – oeste.</p> <p>Preparación del área de la pila de material sulfuroso- carbonaceo.</p> <p>Preparación del área de material de préstamo</p> <p>Preparación del área para disposición de desechos domésticos</p>	<p>Alteración al paisaje, desbroce, cambios en las formas del relieve - topografía - terreno.</p> <p>Cambios en la calidad del agua subterránea - superficial (modificaciones en los patrones de drenaje, escurrimiento superficial, infiltraciones, niveles del flujo, caudal de los ríos).</p> <p>Cambios en la calidad de los suelos (capacidad del uso del suelo, pérdida de recurso suelo, compactación, procesos de erosión, emisión de polvo, derrame de materiales peligrosos).</p> <p>Falla de taludes (Flujos, deslizamientos, caída de escombros, sismos).</p> <p>Daños a sitios importancia cultural – social.</p>	<p>Criterios de diseños en los taludes de corte para asegurar la estabilidad de las paredes.</p> <p>Sistemas de canales de recolección de escorrentías.</p> <p>Instalación de dren francés para las altas tasas de infiltración</p> <p>Los caminos de acceso serán alineados de manera que limiten la perturbación de las formas existentes (taludes existentes).</p> <p>Ubicación de áreas de posibles sitios arqueológicos.</p> <p>Construcción de bancos de material con ángulos finales en el talud de 2.5H:1V.</p> <p>Los botaderos y las pilas de mineral serán cubiertos con una capa de material de baja permeabilidad y tierra vegetal, para ser revegetados</p>



ANEXOS 02

Sección B4



B4 PASIVOS AMBIENTALES

B4.1 INTRODUCCIÓN

Esta sección del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para el Proyecto Alto Chicama (Proyecto) presenta un resumen de los pasivos ambientales existentes en el Área de Estudio Local (AEL). La información en esta sección incluye lo siguiente:

- una descripción de los pasivos ambientales existentes de origen minero; y
- una descripción de los deslizamientos y derrumbes.

En el marco del proceso de privatización de la concesión del Proyecto se llevó a cabo una evaluación ambiental para caracterizar las condiciones existentes en la concesión del Proyecto.

B4.2 PASIVOS AMBIENTALES DE ORIGEN MINERO

En el AEL se ha realizado actividad minera desde tiempos pre-hispánicos, tal como se infiere de los restos arqueológicos encontrados en el área (Sección E5). En los últimos 40 años la extracción de carbón ha constituido la actividad minera más importante del área.

Existen varias operaciones de extracción del carbón, tanto formales como informales, a escala artesanal y a escala industrial. Algunas de estas minas de carbón se encuentran abandonadas, mientras que otras se mantienen aún en operación. Además, se pueden observar también algunas pequeñas operaciones artesanales para la extracción de oro, así como algunas canteras de material para la construcción de carreteras.

La Figura B4-1 identifica la ubicación de los pasivos ambientales de origen minero en el AEL; mientras que la Tabla B4-1 resume esta información.



Tabla B4-1 Resumen de los Pasivos Ambientales de Origen Minero

Cuenca	Sector	Cantidad
Río Perejil	Callacuyán	9
	Tres Amigos	10
	Yanivilca	3
	La Victoria	4
<i>Sub-Total Cuenca Río Perejil</i>		26
Río Negro	Shulcahuanga	15
	San Pedro	12
	Yanahuanca	2
<i>Sub-Total Cuenca Río Negro</i>		29
Quebrada Las Vizcachas	Las Vizcachas	1
Quebrada Laguna Negra	Laguna Negra	3
Quebrada Caballo Moro	Lagunas Verdes	3
	Laguna Cruz Chica	1
Río Moche	Pampa Huacha	2
<i>Sub-Total Otras Cuencas</i>		10
Total Área de Estudio Local		65

B4.2.1 Cuenca del Río Perejil

B4.2.1.1 Mina Callacuyán

La mina Callacuyán fue la operación minera de mayor importancia en el AEL. Actualmente abandonada, esta mina presenta una serie de pasivos ambientales que afectan de una manera significativa la calidad de agua de la Laguna Callacuyán y el tramo superior del Río Perejil (Sección C9).

Esta mina fue desarrollada por la compañía Northern Perú Mining entre 1926 y 1931, y el carbón era transportado a Quiruvilca usando un cable carril. Posteriormente, entre 1972 y 1973, Minero Perú y la compañía polaca Kopex, llevaron a cabo estudios geológicos para evaluar el potencial del desarrollo del carbón de la mina Callacuyán. En base al análisis de un total de 50 galerías y 321 trincheras superficiales, se calculó una reserva de 270 millones de toneladas de carbón. Entre 1976 y 1978, Minero Perú hizo un total de 8 perforaciones diamantinas (2 151 m) para verificar los resultados de las exploraciones realizadas por Kopex. Sin embargo, nunca se volvió a explotar la mina Callacuyán.

En la zona permanecen aún: el campamento, varias bocaminas abiertas y áreas donde se ha depositado desmonte de la mina Callacuyán. Se aprecia evidencias de drenaje de ácido de roca desde las bocaminas abiertas, así como en el drenaje de las áreas de desmonte. La descarga de la bocamina principal de la mina Callacuyán varía entre 2 y 30 l/s y tiene un pH de 2 a 3



B4.2.1.2 Otras Áreas de Actividad Minera de Carbón

Alrededor de 1941 se inician en las cuencas de los ríos Perejil y Negro otras operaciones mineras para la extracción de carbón a pequeña escala como Tres Amigos, Julio César, La Victoria, Los Andes, Shulcahuanga, Yanahuanca y José Antonio. Desde entonces, mineros artesanales vienen operando estas minas antiguas. Los principales pasivos ambientales asociados con estas operaciones se describen en los siguientes párrafos.

En el área de Tres Amigos, situada aguas abajo de la mina Callacuyán, se encuentran cuatro áreas al este del Río Perejil, que han sido usadas para extraer carbón de zanjas superficiales y mediante trabajos subterráneos. Las descargas de las bocaminas abiertas y de las zanjas superficiales han desarrollado condiciones ácidas.

En el lado sur del Río Negro, al noreste del pueblo de San Pedro, existen varias minas subterráneas de carbón que se encuentran aún activas. Los desmontes de estas minas han sido acumulados en los taludes laterales del río. Debido a que las minas y el desmonte se encuentran cerca del Río Negro, las descargas de las bocaminas abiertas y las filtraciones de los desmontes son ácidas y tienen el potencial de afectar la calidad del agua.

Un sector importante para la minería de carbón en el AEL se encuentra en la divisoria continental, al norte del afloramiento Shulcahuanga. En esta área se encuentran varias minas subterráneas que han sido abandonadas, así como minas superficiales y acumulaciones de desmonte. Las descargas de las bocaminas han desarrollado condiciones de acidez que han afectado los bofedales naturales en el área.

La Victoria es otro sector importante en el AEL en cuanto a minería de carbón. En ella se ubican, en la ribera este del Río Perejil, dos áreas activas donde se explotan las reservas de carbón existentes y un área abandonada. La mayoría de las minas son subterráneas y las bocaminas han desarrollado drenajes que presentan condiciones ácidas. Adicionalmente, cerca del río se ha depositado desmonte en los taludes.

B4.2.2 Cuenca del Río Chuyuhual

En la cuenca del Río Chuyuhual, al sur de la Laguna Negra, se han identificado dos bocaminas abandonadas cerca de la divisoria con la cuenca Quebrada Caballo Moro. Estas bocaminas sirvieron para explotar minerales de oro, siguen abiertas y se ha dejado



desmante en el área. Una pequeña descarga de agua ácida fluye desde una de las bocaminas existentes.

B4.2.3 Cuenca Quebrada Caballo Moro

Existe una mina superficial abandonada cerca de las Lagunas Verdes. Se han identificado en el área tanto desmante como excavaciones abiertas. El agua en las excavaciones abiertas tiene un pH que muestra una acidez moderada de 4,6.

B4.2.4 Cuenca Río Moche

Cerca a la divisoria entre las cuencas del Río Moche y de la Quebrada Caballo Moro, inmediatamente al norte de la Laguna Cruz Chica, se excavaron dos canteras para la extracción de material de construcción. Las filtraciones de estas excavaciones y de los desmontes asociados descargan en el área de captación de la Laguna Los Ángeles y tienen un pH de 4,6. Cerca a estas canteras existe una pista de aterrizaje abandonada, la cual tiene una longitud aproximada de 1 300 m y un ancho promedio de 25 m.

B4.3 INVENTARIO DE DERRUMBES Y DESLIZAMIENTOS

En el AEL se realizó un inventario de derrumbes y deslizamientos. El concepto de deslizamiento y derrumbe es básicamente el mismo, diferenciándose sólo en la magnitud del fenómeno. Un deslizamiento puede abarcar zonas amplias (que podrían incluir el basamento rocoso), mientras que un derrumbe abarca un área más localizada. El deslizamiento es un movimiento gradual de la masa de suelo, mientras que el derrumbe es un desplome o caída repentina de material. Las causas de ambos incluyen: erosión, saturación del suelo debido a las intensas lluvias o la presencia de material inestable. La mayoría de los fenómenos documentados en el AEL han sido causados por la erosión de la escorrentía en la base de los taludes del canal, mientras que otros han sido causados por actividades antropogénicas (o desarrollados por el hombre.) La Figura B4-2 y la Tabla B4-2 presentan un resumen de los derrumbes y deslizamientos identificados en el AEL.

Tabla B4-2 Derrumbes y Deslizamientos por Cuenca



Cuenca	Deslizamientos	Derrumbes
Perejil	18	9
Negro	7	7
Chuyuhual	2	6
Laguna Negra	15	-
Quishuara Sur	8	-
Quishuara Norte	1	1
Las Vizcachas	14	5
Las Totoras	5	-
Total del Área de Estudio Local	70	28

Nota: - Indica que no se observó deslizamiento.



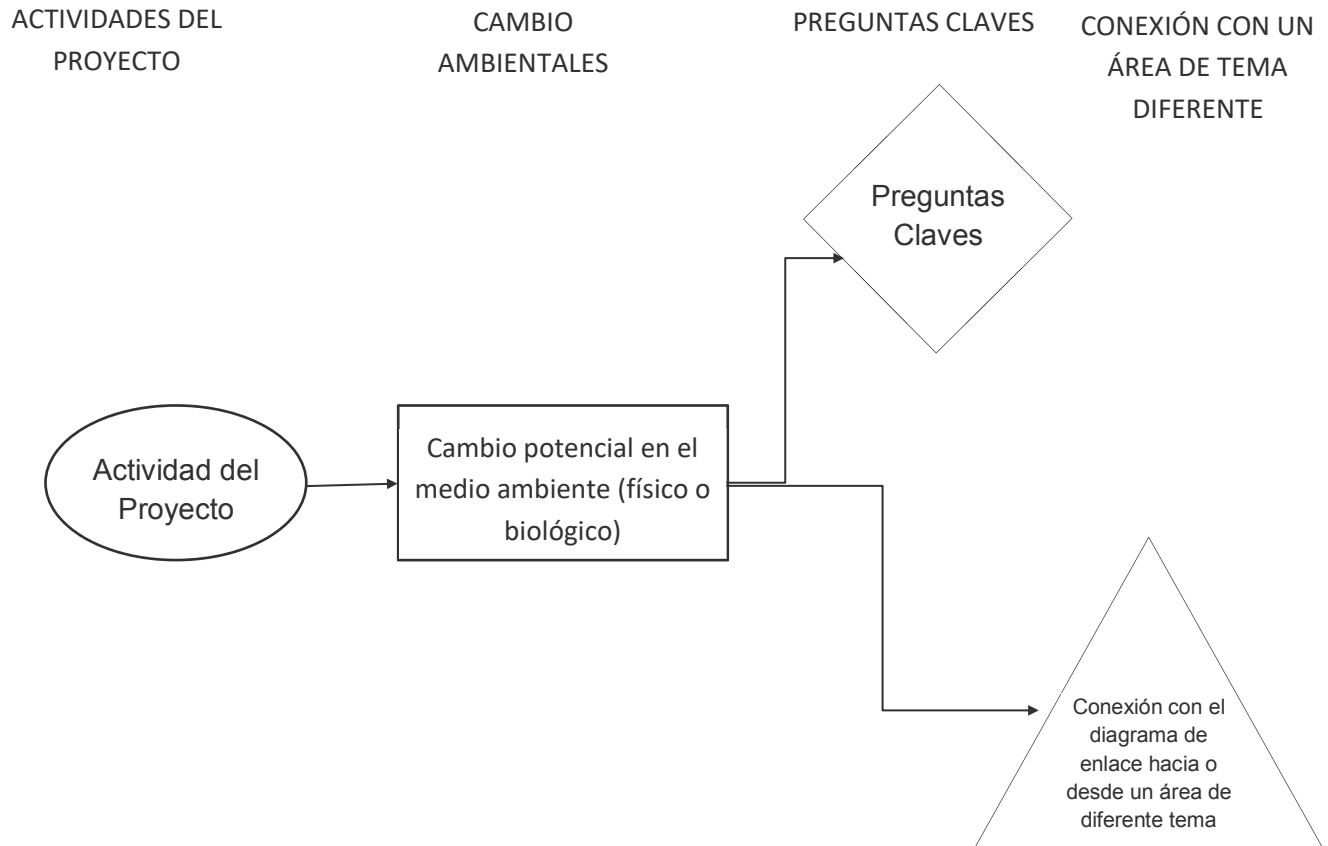
ANEXOS 03

SECCION A7.3

DIAGRAMA DE ENLACE



DIAGRAMA DE ENLACE



La preparación de los diagramas de enlace requiere los siguientes elementos clave:

- Identificar los componentes del Proyecto que puedan afectar un recurso ambiental (ilustrados por una elipse). Para algunos componentes esto se hizo por medio de una matriz de interacción que enumeraba todos los componentes del Proyecto.
- Predecir los cambios en el medio ambiente que puedan resultar del Proyecto (ilustrados por un rectángulo).
- Identificar claramente el tema que está siendo investigado. Éste es el propósito de la pregunta clave, que se identifica con un icono de diamante en el diagrama de enlace.
- Identificar otros componentes del medio ambiente, y por lo tanto el análisis de EIA, que estén interrelacionados. Un triángulo indica la información proveniente del análisis de una pregunta clave diferente, o que es usada para el análisis de otra pregunta clave.

Las conexiones entre los elementos del diagrama se entienden por evaluaciones de enlaces.



ANEXOS 04

SECCION A7.8



A7.8 DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO

Los impactos residuales sobre los componentes del medio ambiente se clasifican usando algunos criterios para determinar las consecuencias sobre el ambiente. Se describe cada impacto usando primero los siguientes criterios: dirección, magnitud, extensión geográfica, duración, reversibilidad y frecuencia (incluyendo efectos estacionales).

La **dirección** de un impacto puede ser positiva, neutral o negativa respecto a la pregunta clave (por ejemplo, la ganancia de un hábitat para una especie clave se clasificaría como positivo, mientras que la pérdida de un hábitat se consideraría negativa).

La **magnitud** es la medida del grado de cambio en una medida o análisis (por ejemplo, el área de pastoreo, o la concentración de un metal en el agua en comparación con el valor de la calidad del agua de los lineamientos para el metal), y se clasifica como insignificantes, baja, moderada o alta. La categorización de la magnitud del impacto (es decir, alta, moderada, baja o insignificante) se basa en una serie de criterios, conceptos ecológicos y/o juicios profesionales pertinentes a cada una de las disciplinas y las preguntas clave analizadas.

La **extensión geográfica** se refiere al área afectada por el impacto y se clasifica como proyecto, local, regional o más allá de lo regional. Los límites socio económicos en las extensiones regionales y más allá de los regionales serán diferentes de los límites ambientales. Un método para definir los impactos dentro de un área de estudio, en términos del porcentaje de un cierto recurso afectado, es influido por el tamaño del área de estudio. Como tales, los valores cuantitativos de los impactos deben ser atenuados con un enfoque cualitativo general que considere los impactos del Proyecto en la viabilidad y diversidad de las unidades ecológicas generales.

La **duración** se refiere al tiempo sobre el cual ocurre un impacto ambiental.

La **reversibilidad** es un indicador del potencial para la recuperación desde el impacto al punto final ecológico. En algunos casos, la reversibilidad puede ocurrir relativamente rápido (por ejemplo, en el caso de una pérdida temporal del hábitat). En otros casos, el efecto se puede extender por un tiempo más largo.

La **frecuencia** describe qué tan seguido ocurre el efecto dentro de un tiempo dado y se clasifica como de baja, mediana, y alta ocurrencia. Las consideraciones estacionales son analizadas cuando son importantes en la evaluación del impacto. La selección final



de los criterios de descripción de impactos se hizo para todos los componentes del Proyecto sobre la base del juicio profesional del equipo del EIA y las consideraciones de los temas que se identificaron como particularmente importantes para los grupos de interés. El propósito de identificar los criterios de impacto es hacer un análisis transparente, de modo que los lectores del EIA entiendan cómo se llegó a las conclusiones presentadas. Si los reguladores u otros grupos de interés difirieran en sus valores o puntos de vista en cuanto a cómo determinar los criterios de impacto, hay suficiente información en el EIA para permitirles desarrollar sus propios criterios y evaluar los efectos potenciales. El impacto residual general para cada efecto, consecuencia ambiental o social se clasificó como: insignificante, bajo, moderado, o alto evaluando la clasificación para la magnitud, la extensión geográfica y la duración (Tabla A7-2). Por ejemplo, un impacto con una magnitud moderada, extensión local y corta duración se clasificaría como de bajo impacto general. Este sistema transparente se usa para asegurar que la clasificación final sea consistente entre los componentes.

Tabla A7-2 Sistema de Filtrado de las Consecuencias Ambientales y Sociales

Magnitud (Severidad)	Extensión Geográfica	Duración	Consecuencias Ambientales
Insignificante	todas	Todas	Insignificante
bajo	Local	Corto Plazo	Insignificante
Bajo	Local	Mediano Plazo	Bajo
Bajo	Local	Largo Plazo	Bajo
Bajo	Regional	Corto Plazo	Bajo
Bajo	Regional	Mediano Plazo	Moderado
Bajo	Regional	Largo Plazo	Moderado
Bajo	Más allá de Regional	Corto Plazo	Bajo
Bajo	Más allá de Regional	Mediano Plazo	Moderado
Bajo	Más allá de Regional	Largo Plazo	Moderado
Moderado	Local	Corto Plazo	Bajo
Moderado	Local	Mediano Plazo	Bajo
Moderado	Local	Largo Plazo	Moderado
Moderado	Regional	Corto Plazo	Moderado
Moderado	Regional	Mediano Plazo	Moderado
Moderado	Regional	Largo Plazo	Alto
Moderado	Más allá de Regional	Corto Plazo	Moderado
Moderado	Más allá de Regional	Mediano Plazo	Alto
moderado	Más allá de Regional	Largo Plazo	Alto
Alto	Local	Corto Plazo	Moderado
Alto	Local	Mediano Plazo	Alto
Alto	Local	Largo Plazo	Alto
Alto	Regional	Corto Plazo	Moderado
Alto	Regional	Mediano Plazo	Alto
Alto	Regional	Largo Plazo	Alto
Alto	Más allá de Regional	Corto Plazo	Alto
Alto	Más allá de Regional	Mediano Plazo	Alto
Alto	Más allá de Regional	Largo Plazo	Alto

A7.8.1 Confianza en las Predicciones

A pesar de no estar explícitamente incluido en estos criterios de impacto, la incertidumbre respecto a los efectos descritos es inherente a la naturaleza predictiva del



proceso analítico. La certidumbre de un análisis de impacto depende de una serie de factores que incluyen:

- La comprensión de los procesos naturales y ecológicos en funcionamiento ahora y en el futuro.
- La comprensión de las propiedades presentes y futuras de los recursos potencialmente afectados.

El nivel de confianza de un análisis de impacto se discute cuando hay preguntas acerca de los factores revisados anteriormente. Donde el nivel de confianza en las predicciones es bajo, se hace una evaluación subjetiva sobre la base de la información disponible, la aplicabilidad de la información sobre sustitutos y sobre información profesional.

A7.9 CASOS DE EVALUACIÓN

Se consideraron cuatro casos, o escenarios para el EIA:

- Línea base;
- Proyecto;
- Carretera de acceso principal.
- Efecto acumulativo.

Cada uno de estos escenarios se discuten en esta sección.

A7.9.1 Línea Base

La línea base, como se define en este EIA, incluye las alteraciones existentes, incluyendo la agricultura y el pastoreo, casas de pastores y corrales, quemadas, minería artesanal e industrial, deslizamientos, pista de aterrizaje abandonadas, riberas formadas por la erosión, desviaciones de cursos de agua, canales, tuberías, represas y otras influencias producidas por el hombre como se describe en la Sección B3. Incluye el Campamento Callacuyán y las vías principales y de los alrededores, así como las internas existentes antes de que MBM adquiriera la propiedad.

No incluye las alteraciones causadas por MBM en sus trabajos de exploración (principalmente vías, senderos, trochas y perforaciones). Estos se consideran como parte del Proyecto y por lo tanto se evalúan en el EIA.

Las condiciones de línea base del Proyecto incluyen los datos de monitoreo recogidos hasta el final de mayo de 2014. Si bien el monitoreo ha continuado desde esa fecha, el



análisis de los datos más recientes no pudieron ser llevados a cabo a tiempo para ser incluidos en el EIA.

Desde el punto de vista de la reubicación, los casos de línea base son anteriores a la compra de tierra dentro del sitio del Proyecto por MBM. Por lo tanto, la reubicación se incluye como parte del Proyecto y se evalúa en el EIA (Sección E·). Un Plan de Acción de Reubicación formal se desarrollará después de completado el EIA.



ANEXOS 05

SECCION A7.9

A7.9.2 Proyecto

La descripción del Proyecto se presenta de acuerdo a SNC (2003), actualizada a julio de 2003, fecha en la que se iniciaron los análisis de EIA, y refleja lo siguiente:

- **Suposiciones conservadoras con respecto a los efectos potenciales del Proyecto**



Se usaron supuestos conservadores, en términos del tamaño del diseño, duración del Proyecto, dejando de lado la rehabilitación progresiva de las áreas alteradas, y una sobre estimación de las emisiones líquidas y gaseosas, para asegurar que los efectos no sean subestimados.

• **Consideraciones ambientales y sociales para reducir los impactos potenciales factibles**

El Proyecto está diseñado para mitigar los potenciales efectos negativos y reforzar los potenciales efectos positivos siempre que sea posible. Los afinamientos adicionales a la descripción del Proyecto ocurrirán a medida que se reciba información del público durante trabajo de diseño de ingeniería de detalle, durante el proceso de licitación del contrato, y durante la construcción y la puesta en marcha. Se han realizado todos los esfuerzos para ser conservadores en los supuestos usados en el EIA, de forma que cualquier afinamiento a la descripción del Proyecto resulte en un impacto potencial menor, y no mayor.

El EIA aborda todos los aspectos del Proyecto, con las siguientes excepciones:

- La línea de transmisión de 8 megawatts de 36 km, desde la red eléctrica principal en Motil al Proyecto que será objeto de un EIA separado.
- Los cambios que el uso de esta vía ha traído mediante el Proyecto serán abordados y discutidos en la Sección A7.9.3.
- Las actividades de exploración regional que MBM está llevando a cabo en el Departamento de La Libertad, bajo aprobaciones de permisos por separado.

A7.9.3 Carretera de Acceso Principal

La carretera principal de acceso de Trujillo a Otuzco está siendo mejorada por el gobierno. Las mejoras adicionales de la vía principal desde el desvío de Otuzco hacia el desvío de acceso al Proyecto fueron abordadas en un EIA separado que fuera preparado por Klohn Crippen por encargo de MBM. Ese EIA abordaba los impactos potenciales sobre el medio ambiente causados por la construcción y operación de la vía. Por esto, los efectos relacionados con su construcción están fuera del alcance de este EIA.



Sin embargo, el aumento progresivo del tránsito que ocurrirá en la carretera de acceso principal como resultados del Proyecto, los efectos de su paso alrededor de los pueblos, y los resultados del acceso mejorado se evalúan en este EIA.

Lo siguiente resume los temas cuyo alcance se ha analizado y que se relacionan con el aumento progresivo del tránsito proveniente del Proyecto:

- Aire – efecto sobre la calidad del aire local debido al polvo;
- Ruido – efecto del aumento del ruido sobre la gente.
- Acuático – efecto de los derrames accidentales sobre la vida y el hábitat acuáticos;
- Vegetación – efecto del polvo.
- Fauna silvestre – efecto de la mortalidad relacionada con las vías; y
- Socio-económico – efecto sobre la salud y la seguridad, efectos sobre el costo y la facilidad de transporte incluyendo mejoras en los tiempos de viaje, así como las potenciales congestiones en las áreas de los poblados; efecto de la reducción de la actividad económica en los centros comerciales que se eviten, y los efectos de la alineación de las vías sobre las viviendas y los centros poblados.

Estos temas se evalúan en cada una de las secciones correspondientes.

A7.9.4 Efectos acumulativos

Los efectos acumulativos del Proyecto y de otros proyectos existentes o alteraciones se limitan a una evaluación de aquellos efectos dentro del AER. Por lo tanto, las actividades de explotación de carbón antigua y actual, los impactos sobre la agricultura y el pastoreo, así como los efectos de la quema de las tierras de pastoreo se consideran en la evaluación. No se espera que las minas a escala industrial existentes (la mina PanAmerican Silver, ubicada a 11 km al suroeste, y la mina COMARSA, ubicada a 30 km al sureste) interactúen con el Proyecto de ninguna manera sinérgica. Esto es particularmente cierto ya que el Proyecto no descargará efluentes líquidos en las cuencas asociadas con estas otras minas. Desde una perspectiva socioeconómica, sin embargo, se considera la disponibilidad de una fuerza de trabajo minera entrenada dentro de la región y los potenciales efectos de un cambio en la fuerza de trabajo en la mina PanAmerican Silver.



No hay razón para prever nuevos proyectos industriales dentro del AER. Por lo tanto, y de acuerdo con los principios aceptados, no se requiere un análisis formal de efectos acumulativos. Bach.



ANEXOS 06

**SUB SECCIONES DE LAS
NACIENTES DE LA CUENCAS DE
LOS RIOS CHUYUHUAL**

FIGURA C6-2



Figura 1
Comparación de los Caudales Históricos con los Caudales Pronosticados en el Río Chuyuhual
(Área de Cuenca - 33 km²)

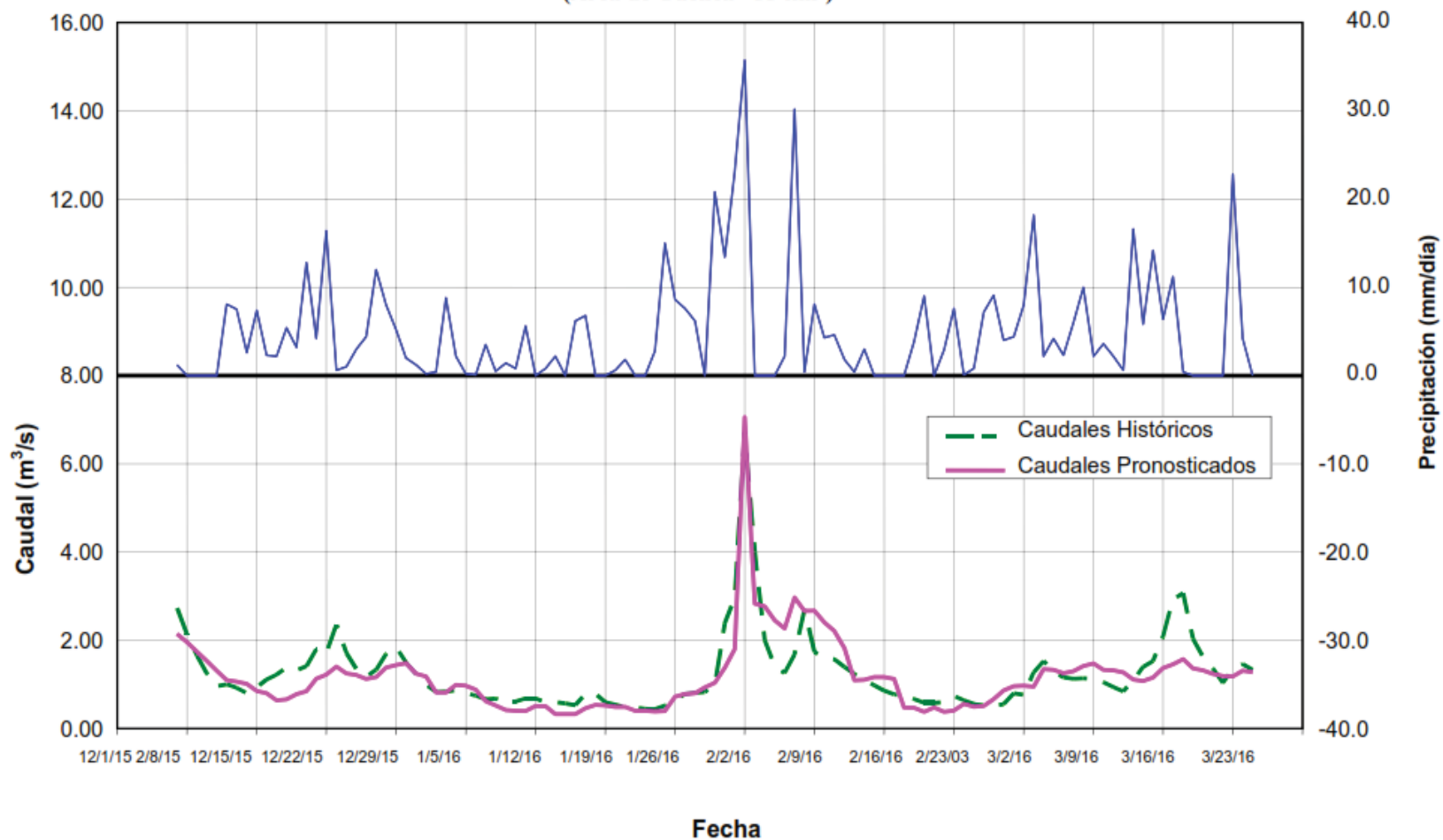




Figura 2

Comparación de los Volúmenes Históricos de Flujo con los Volúmenes Pronosticados de Flujo en el Río Chuyuhual (Área de la Cuenca - 33 km²)

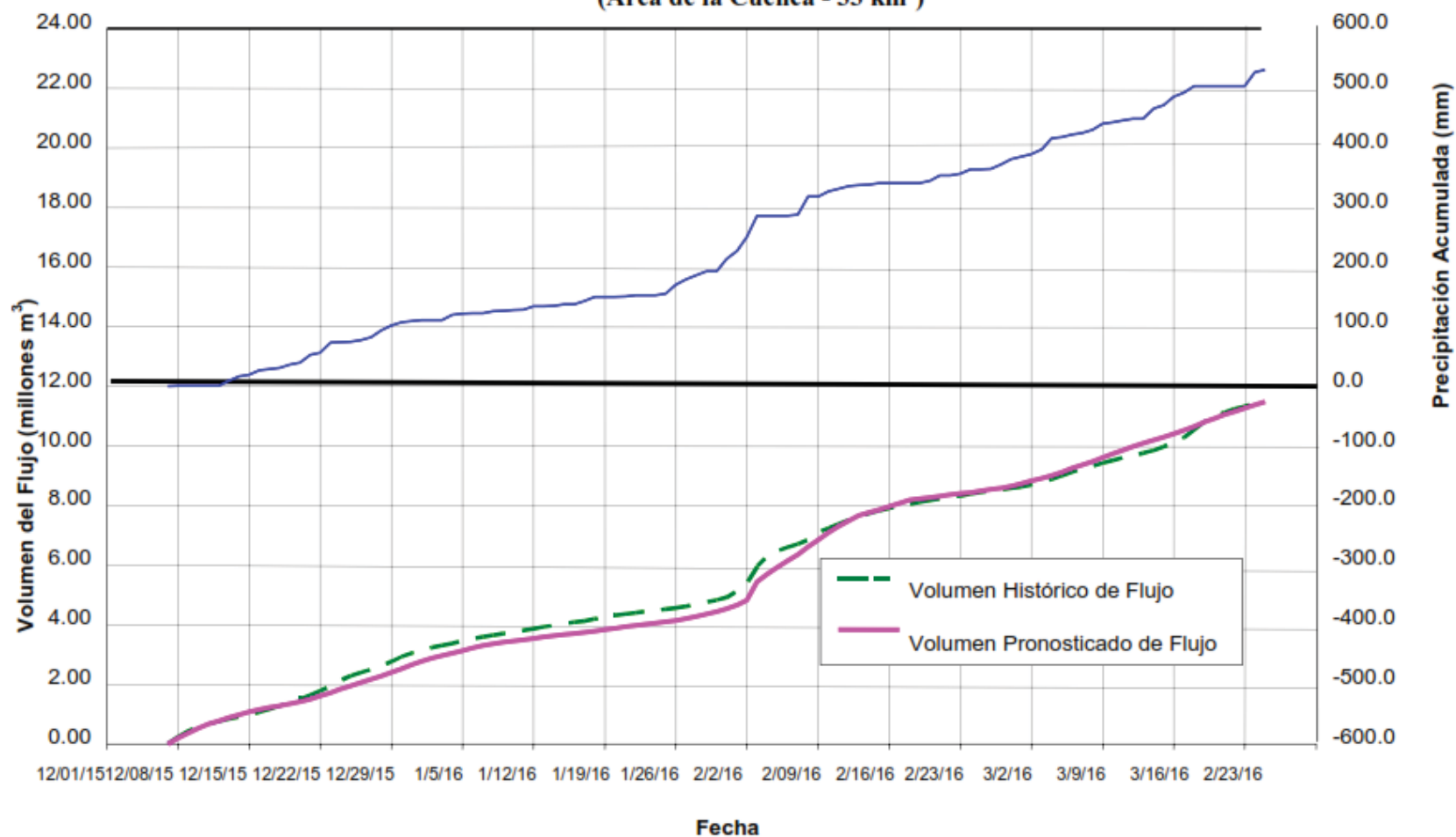
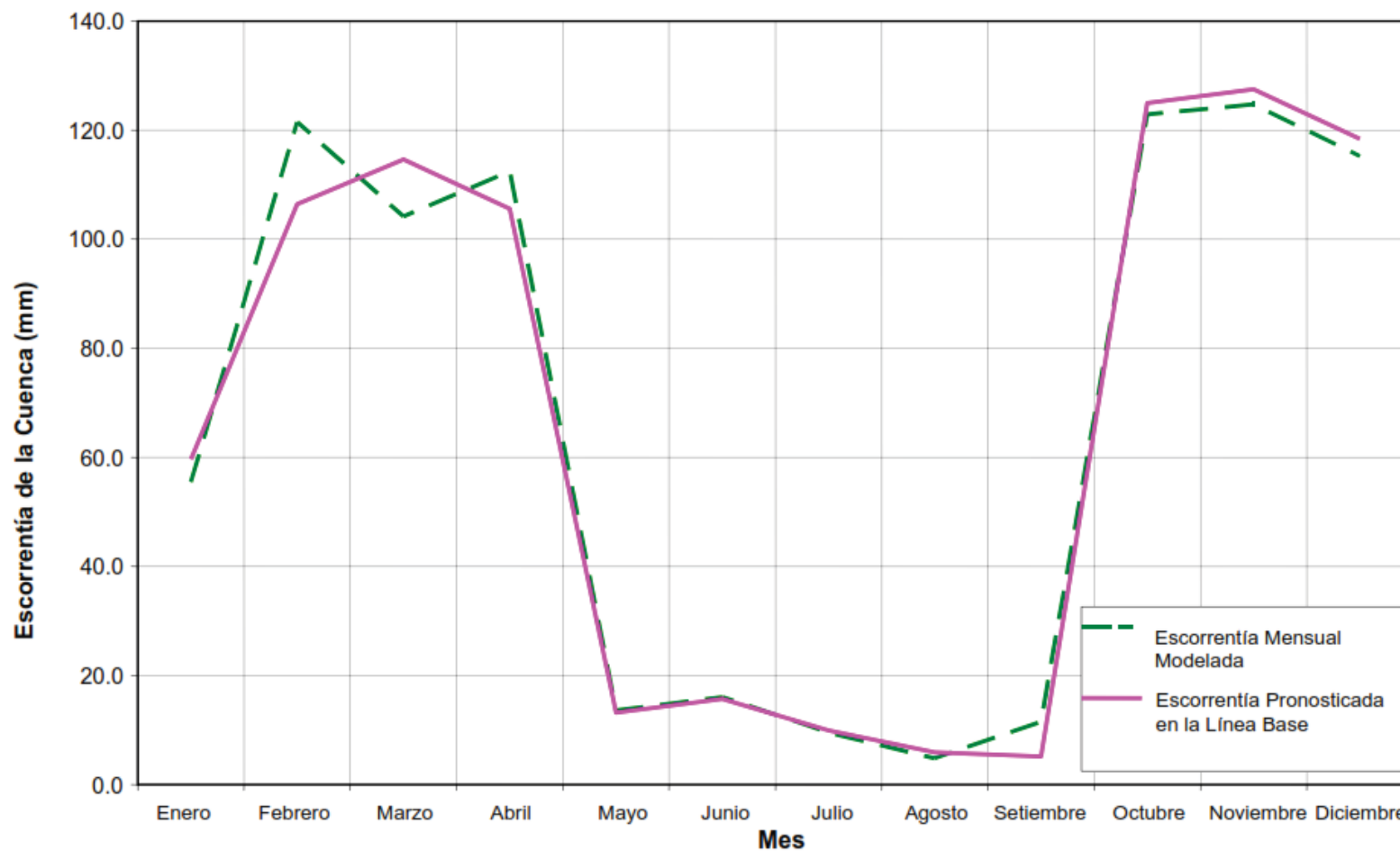




Figura 3
Comparación de la Escorrentía de la Línea Base con la Escorrentía Mensual Modelada en el Río Chuyuhual






ANEXOS 07

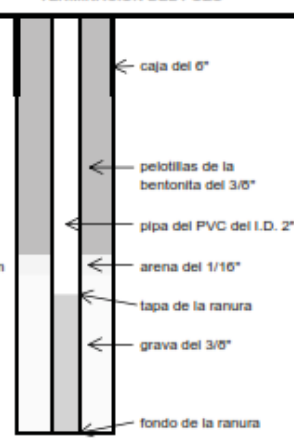


REGISTROS DE POZOS

“ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO – LA LIBERTAD”



	PITEAU ASSOCIATES GEOTECHNICAL & HYDROGEOLOGICAL CONSULTANTS VANCOUVER LIMA	PROYECTO ALTO CHICAMA EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL TAJO ABIERTO POZO: DW-1c
---	--	--

Coordenadas:	9120922.108 N	804432.304 E		
Elevación Terreno:	4065.360	msnm	Profundidad Perforada Total:	34.00 m
Elevación de Caja:	4065.640	msnm	Caja Sobre Superficie:	0.26 m
Elevación de PVC:	4065.71	msnm	PVC Sobre Superficie:	0.33 m
Nivel del Agua (terminación):	4057.01	msnm	Profundidad del Agua (terminación):	5.37 mbt

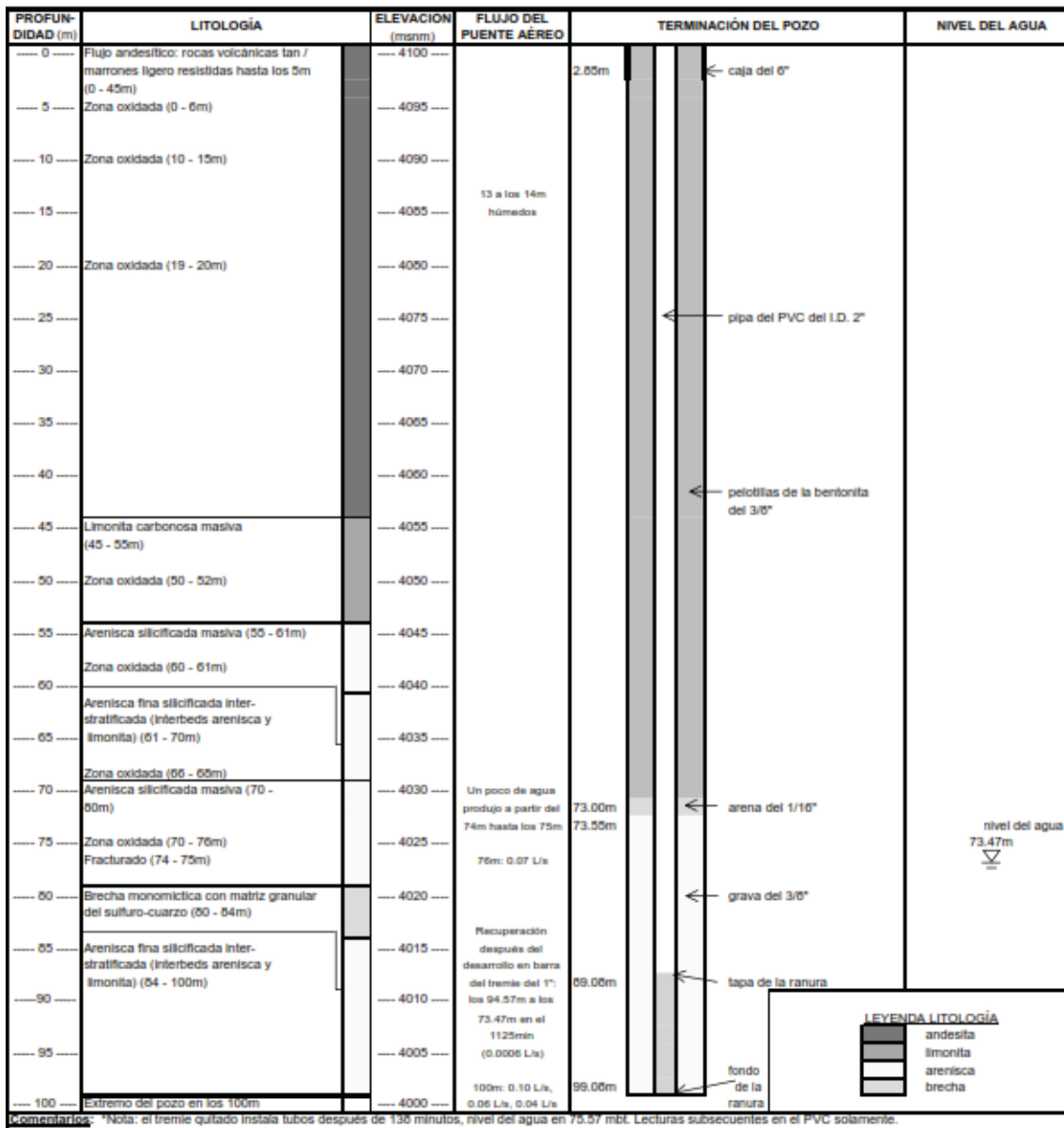
PROFUN-DIDAD (m)	LITOLOGÍA	ELEVACIÓN (msnm)	FLUJO DEL PUENTE AÉREO	TERMINACIÓN DEL POZO	NIVEL DEL AGUA				
0	Flujo andesítico: no-mineralizado, mineralización del poste (0 - 34m)	4065	Recuperación después del segundo desarrollo en barra del tremie del 1": los 29.15m a los 0m en el 253min* (- 0.003 L/s) Recuperación después del primera desarrollo en barra del tremie del 1": los 29.77m a los 22.75m en el 28min (- 0.005 L/s)		Nivel del agua en la terminación: 5.37m 				
5									
10									
15									
20									
25									
30									
35									
40									
45									
50	Extremo del pozo en los 34m	4030							
55									
60									
65									
70									
75									
80									
LEYENDA LITOLÓGICA  andesita									
Comentarios: La muestra colectada durante el desarrollo indicó los parámetros siguientes: la temperatura = 11.7°C, conductividad = 222 uS/cm, TDS = 0.193 mg/L, disolvieron O = 2.04 mg/L, pH = 6.3, presión = 466.0mm Hg. *Nota: el tremie quitado instala tubos después de 40 minutos, nivel del agua en 19.41 mbl. Lecturas subsiguientes en el PVC solamente. Pozo seco durante el desarrollo del aire.									

“ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO – LA LIBERTAD”



PITEAU ASSOCIATES GEOTECHNICAL & HYDROGEOLOGICAL CONSULTANTS VANCOUVER LIMA	PROYECTO ALTO CHICAMA EVALUACIÓN HIDROGEOLOGICA DEL TAJO ABIERTO POZO: DW-2a
--	--

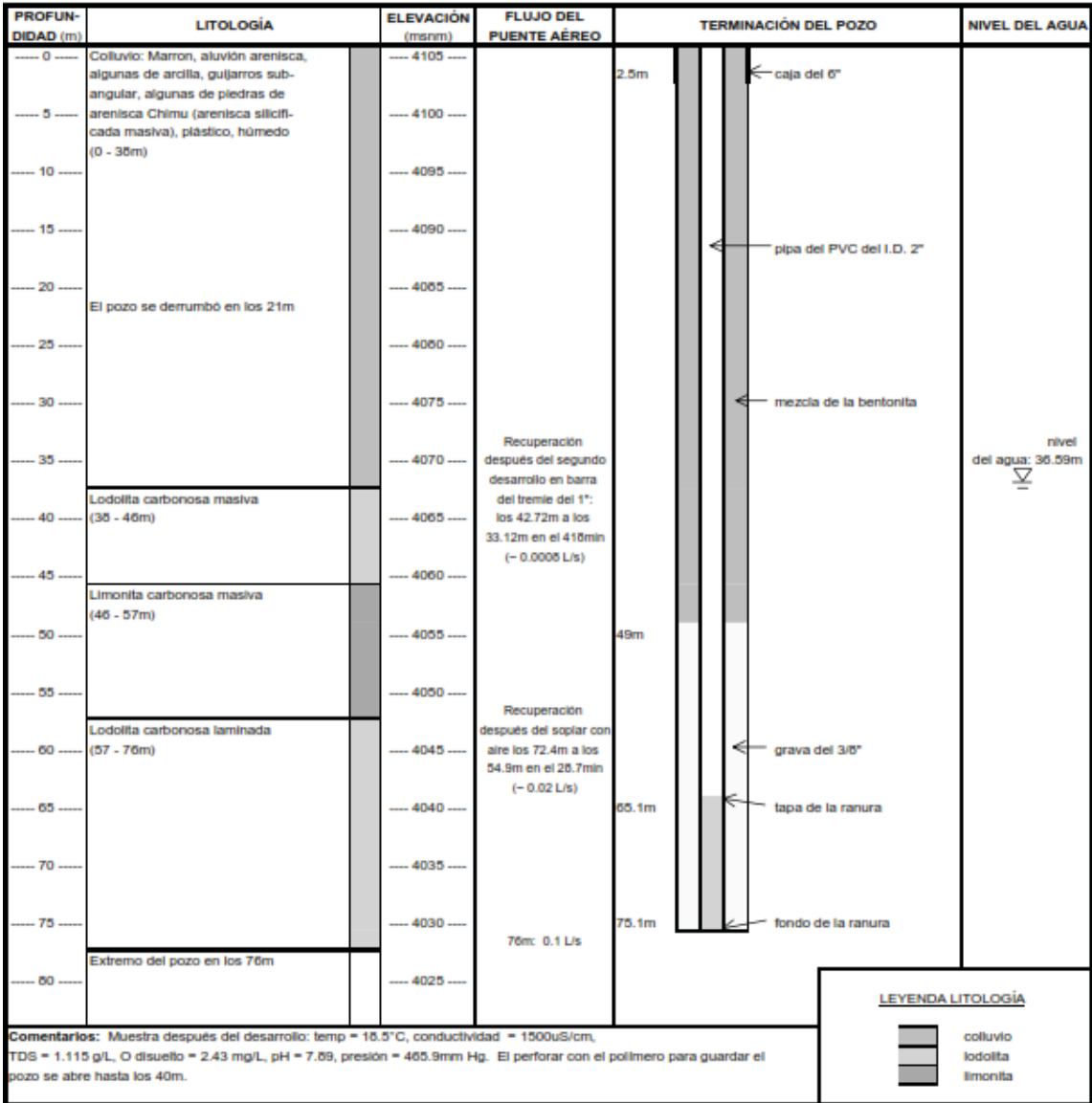
Coordenadas:	9121004.165 N	803376.133 E	
Elevación Terreno:	4099.52 msnm	Profundidad Perforada Total:	100.00 m
Elevación de Caja:	4100.120 msnm	Caja Sobre Superficie:	0.60 m
Elevación de PVC:	4100.12 msnm	PVC Sobre Superficie:	0.60 m
Nivel del Agua (terminación):	4026.05 msnm	Profundidad del Agua (terminación):	73.47 mbt





	PITEAU ASSOCIATES GEOTECHNICAL & HYDROGEOLOGICAL CONSULTANTS VANCOUVER LIMA	PROYECTO ALTO CHICAMA EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL TAJO ABIERTO POZO: DW-4a
--	--	--

Coordenadas:	9122026.501 N	803827.454 E	
Elevación Terreno:	4105.576 msnm	Profundidad Perforada Total:	76.00 m
Elevación de Caja:	4106.076 msnm	Caja Sobre Superficie:	0.50 m
Elevación de PVC:	4106.076 msnm	PVC Sobre Superficie:	0.50 m
Nivel del Agua (terminación):	4066.966 msnm	Profundidad del Agua (terminación):	36.59 mbt





PITEAU ASSOCIATES GEOTECHNICAL & HYDROGEOLOGICAL CONSULTANTS VANCOUVER LIMA	PROYECTO ALTO CHICAMA
	EVALUACION HIDROGEOLOGICA DEL TAJO ABIERTO
	POZO: DW-4b

Coordenadas:	9122025.646 N	803934.018 E
Elevación Terreno:	4105.456 msnm	Profundidad Perforada Total: 76.00 m
Elevación de Caja:	4105.936 msnm	Caja Sobre Superficie: 0.48 m
Elevación de PVC:	4105.936 msnm	PVC Sobre Superficie: 0.48 m
Nivel del Agua (terminación):	4062.466 msnm	Profundidad del Agua (terminación): 22.97 mbit

PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGÍA	ELEVACIÓN (msnm)	FLUJO DEL PUENTE AÉREO	TERMINACIÓN DEL POZO	NIVEL DEL AGUA			
0	Coluvio: Marrón, aluvión arenisca, algunas de arcilla, gujarros sub-angular, algunas de piedras de arenisca Chimu (arenisca silicificada masiva), plástico, húmedo (0 - 37m)	4105	Recuperación después del desarrollo en barra del tremie del 1": los 26.16m a los 25.55m en el 14min (- 0.001 L/s)	2.52m caja del 6" pelotillas de la bentonita del 3/8" pipa del PVC del I.D. 2" arena del 1/16" 16.5m 18m 22.65m tapa de la ranura grava del 3/8" 32.65m fondo de la ranura	Nivel del agua en la terminación: 22.97m			
5		4100						
10		4095						
15		4090						
20		4085						
25		4080						
30		4075						
35		4070						
40		Lodolita carbonosa masiva (37 - 42m)				4065	Recuperación después del soplar con aire los 63.9m a los 35.74m en el 16.5min (- 0.05 L/s)	Agua primero encontrada en el 52m
45		Limonita carbonosa masiva (42 - 55m)				4060		
50	4055	52m: 0.4 L/s						
55	Lodolita carbonosa masiva (57 - 76m)	4050	76m: 0.22 L/s, 0.24 L/s, 0.26 L/s	LEYENDA LITOLÓGICA 				
60	4045							
65	4040							
70	4035							
75	4030							
80	Extremo del pozo en los 76m	4025						
85		4020						

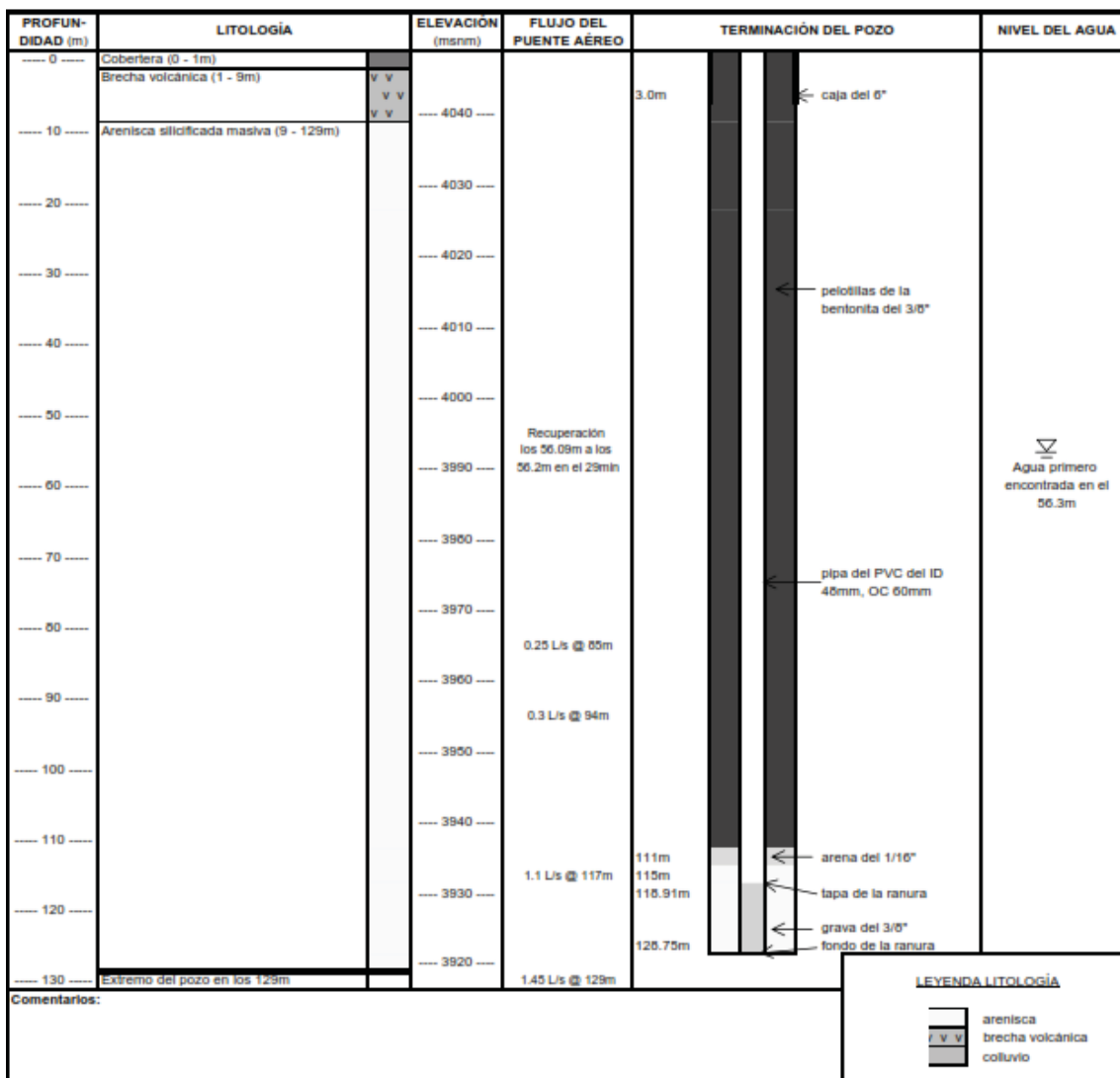
Comentarios: La muestra recogió cerca del final del desarrollo indicado: temperatura = 9.95°C, conductividad = 210 uS/cm, TDS = 0.188 g/L, O disuelto = 3.77 mg/L, pH = 7.33, presión = 464.88mm Hg.

“ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO – LA LIBERTAD”



<p>PITEAU ASSOCIATES GEOTECHNICAL & HYDROGEOLOGICAL CONSULTANTS VANCOUVER LIMA</p>	<p>PROYECTO ALTO CHICAMA EVALUATION HIDROGEOLOGICA DEL TAJO ABIERTO</p>
	<p>POZO: DW-6a</p>

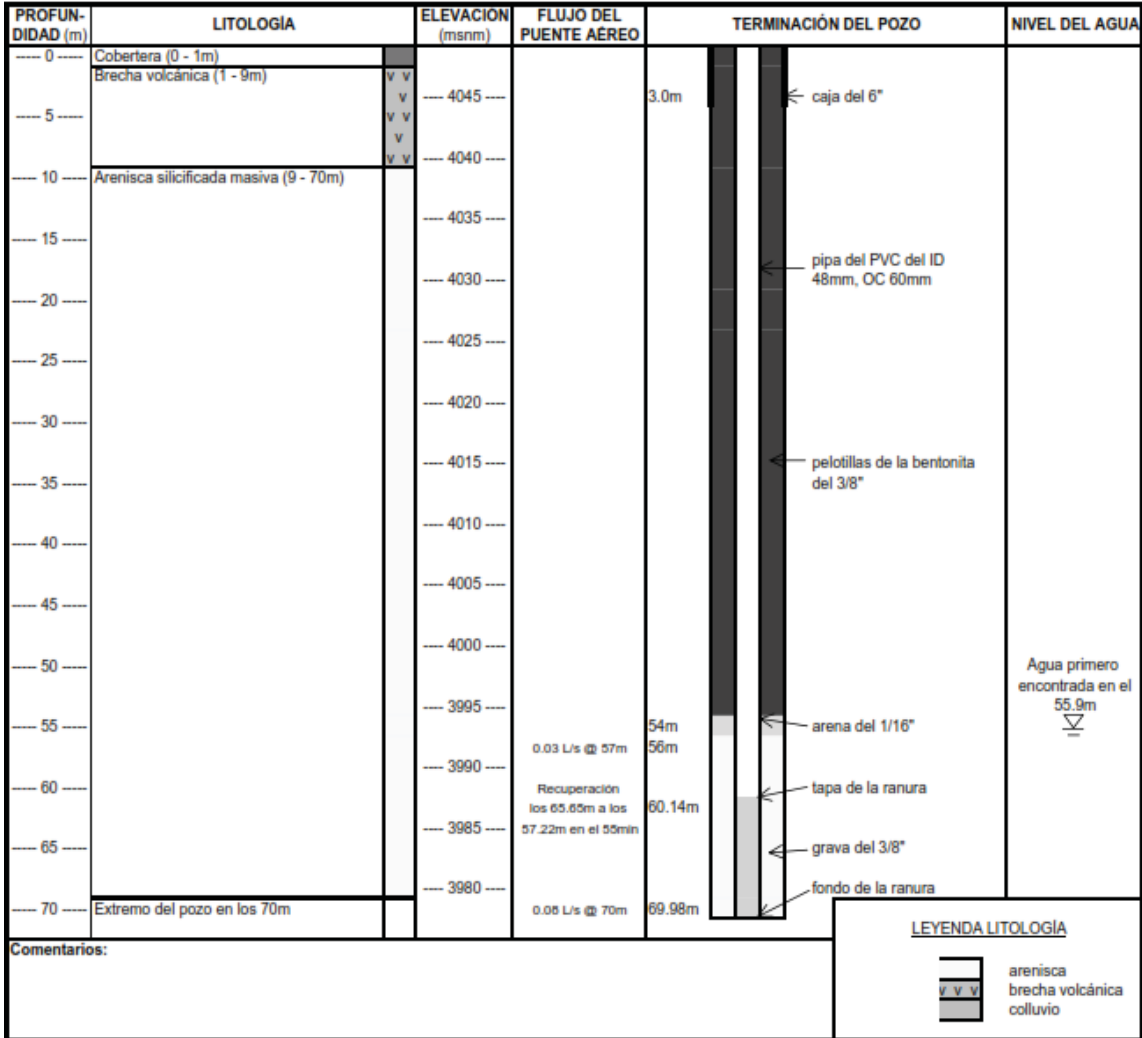
Coordenadas:	9121171.001 N	803327.129 E
Elevación Terreno:	4050.552 msnm	Profundidad Perforada Total: 129.0 m
Elevación de Caja:	4051.122 msnm	Caja Sobre Superficie: 0.57 m
Elevación de PVC:	4051.122 msnm	PVC Sobre Superficie: 0.57 m
Inclinación de Pozo:	-66.6 @ 015° Az	
Nivel del Agua (terminación):	3996.12 msnm	Profundidad del Agua (terminación): 56.24 mbt






	PITEAU ASSOCIATES GEOTECHNICAL & HYDROGEOLOGICAL CONSULTANTS VANCOUVER LIMA	PROYECTO ALTO CHICAMA EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL TAJO ABIERTO POZO: DW-6b
---	--	--

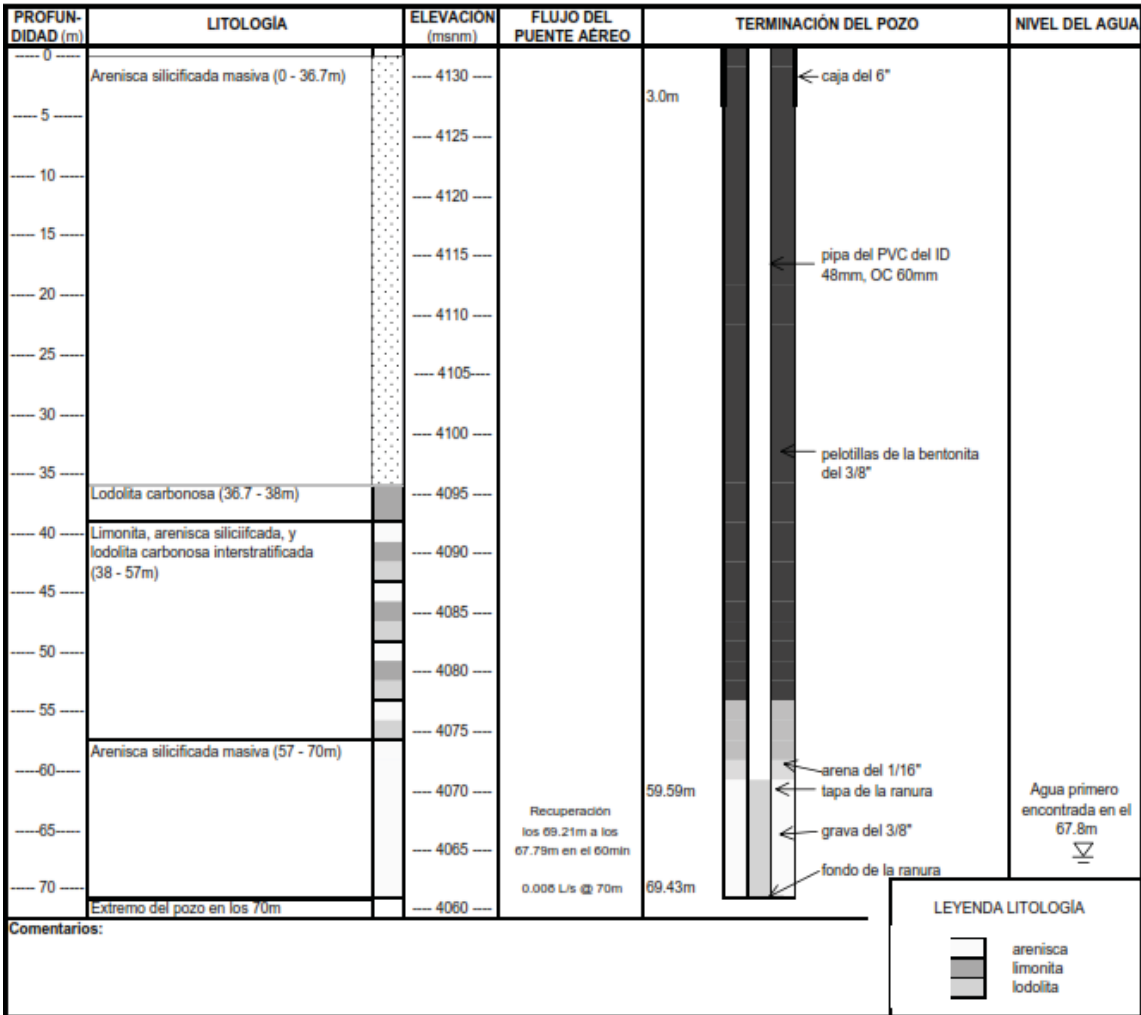
Coordinadas:	9121168.851 N	803327.931 E	
Elevación Terreno:	4050.547 msnm	Profundidad Perforada Total:	70.00 m
Elevación de Caja:	4051.217 msnm	Caja Sobre Superficie:	0.67 m
Elevación de PVC:	4051.217 msnm	PVC Sobre Superficie:	0.67 m
Inclinación de Pozo:	-70.0 @ 009° Az		
Nivel del Agua (terminación):	3998.02 msnm	Profundidad del Agua (terminación):	55.90 mbt





	PITEAU ASSOCIATES GEOTECHNICAL & HYDROGEOLOGICAL CONSULTANTS VANCOUVER LIMA	PROYECTO ALTO CHICAMA EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL TAJO ABIERTO POZO: DW-7b
---	--	--

Coordenadas:	9121908.457 N	803547.99 E	
Elevación Terreno:	4131.507 msnm	Profundidad Perforada Total:	70.00 m
Elevación de Caja:	4132.177 msnm	Caja Sobre Superficie:	0.67 m
Elevación de PVC:	4132.177 msnm	PVC Sobre Superficie:	0.67 m
Inclinación de Pozo:	-70.8 @ 195° Az		
Nivel del Agua (terminación):	4067.48 msnm	Profundidad del Agua (terminación):	67.80 mbt





<p>PITEAU ASSOCIATES GEOTECHNICAL & HYDROGEOLOGICAL CONSULTANTS VANCOUVER LIMA</p>	<p>PROYECTO ALTO CHICAMA EVALUATION HIDROGEOLOGICA DEL TAJO ABIERTO</p>
	<p>POZO: GWLN-13</p>

Coordenadas:	9118250.974 N	803658.171 E	
Elevación Terreno:	4169.09 msnm	Profundidad Perforada Total:	124 m
Elevación de Caja:	4169.59 msnm	Caja Sobre Superficie:	0.50 m
Elevación de PVC:	4169.59 msnm	PVC Sobre Superficie:	0.50 m
Nivel del Agua (terminación):	4052.19 msnm	Profundidad del Agua (terminación):	116.9 mbit

PROFUNDIDAD (m)	LITOLÓGIA	ELEVACIÓN (msnm)	FLUJO DEL PUENTE AÉREO	TERMINACIÓN DEL POZO	NIVEL DEL AGUA	
0	Pórfiro andesítico: no-mineralizado, mineralización del poste - gris, alterado, arcillado, cuarzo /plagioclase con pirita diseminada (0 - 124m)	4169	Zonas mojadas (2 - 5m)	3m		
5		4165				
10		4160				
15		4155				
20		4150				
25		4145				
30		4140				
35		4135				
40		4130				
45		4125				
50		4120				
55		4115				
60	4110					
65	4105					
70	4100		69.45m 69.5m			
75	4095					
80	4090					
85	4085		Zonas mojadas (82 - 82m)			
90	4080		Recuperación después del desarrollo en PVC los 121.84m a los 121.215m en el 218min			
95	4075					
100	4070					
105	4065					
110	4060		Zonas mojadas el 117m al extremo del pozo	113.75m		
115	4055					
120	4050		124m: 0.08 L/s, 0.05 L/s, 0.02 L/s	123.75m		
125	4045					
	Oxidado debajo del 123m Extremo del pozo en los 124m					

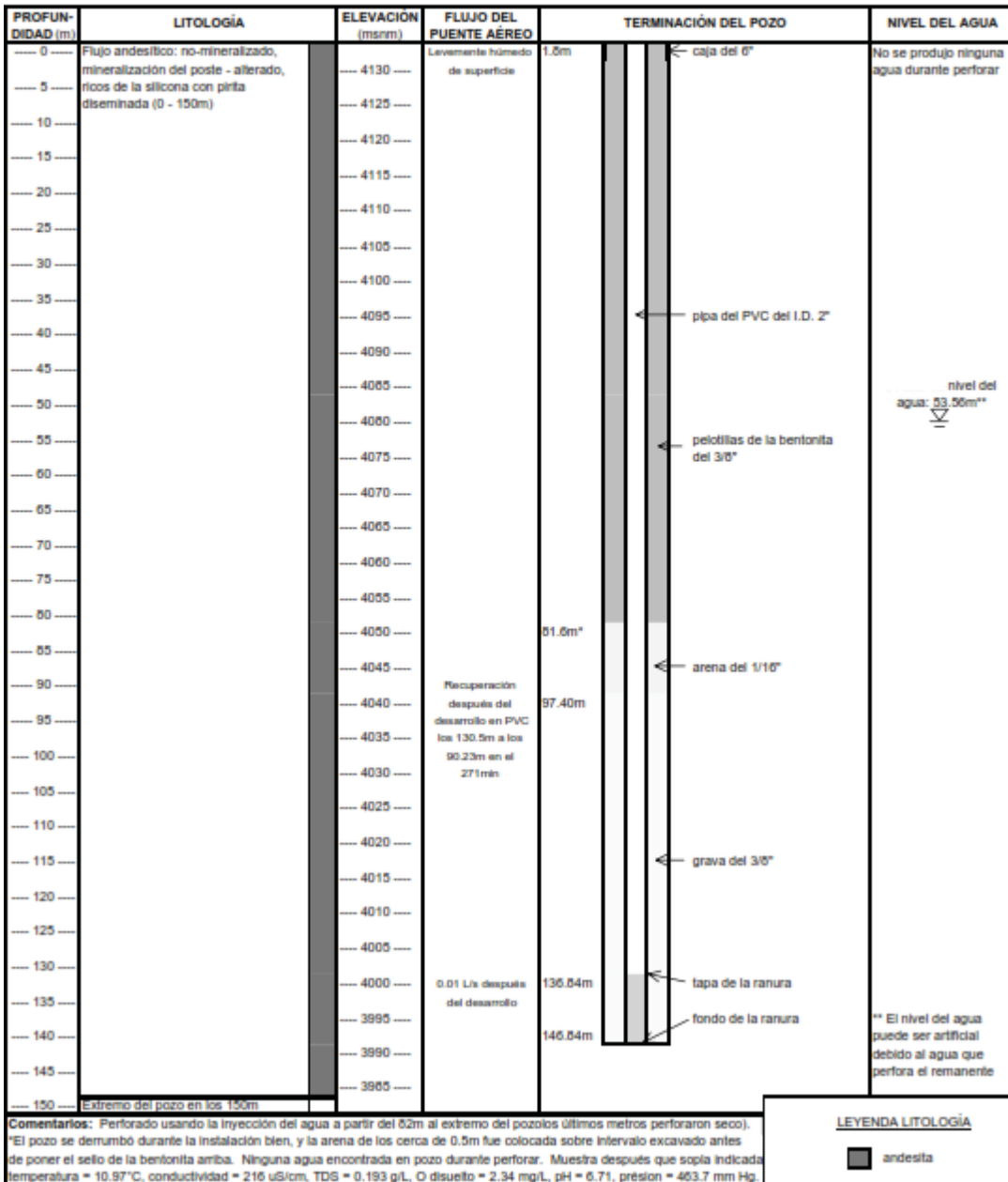
Comentarios: La muestra recogió después de que que sopaba indicada: temperatura = 14.72°C, conductividad = 143 uS/cm, TDS = 0.116 g/L, O disuelto = 0.99 mg/L, pH = 7.30, presión = 462.0 mm Hg.

LEYENDA LITOLÓGIA

andesita



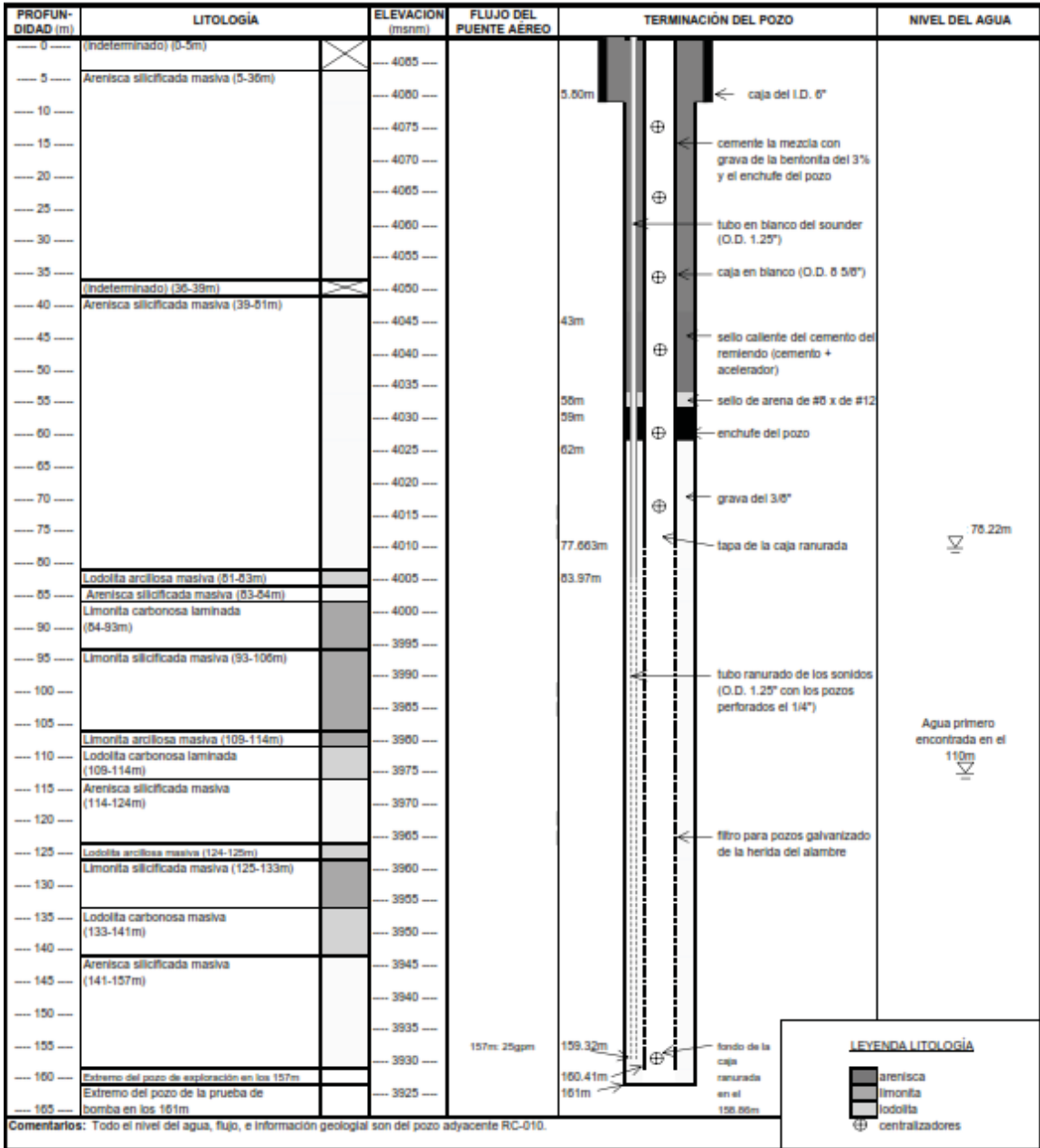
PITEAU ASSOCIATES GEOTECHNICAL & HYDROGEOLOGICAL CONSULTANTS VANCOUVER LIMA	PROYECTO ALTO CHICAMA EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL TAJO ABIERTO POZO: GWLN-14
	Coordinadas: 9116760.756 N 504126.954 E Elevación Terreno: 4133.86 msnm Profundidad Perforada Total: 150 m Elevación de Caja: 4134.46 msnm Caja Sobre Superficie: 0.60 m Elevación de PVC: 4134.46 msnm PVC Sobre Superficie: 0.60 m Nivel del Agua (terminación): 4060.30 msnm Profundidad del Agua (terminación): 53.56 mbl**





PITEAU ASSOCIATES GEOTECHNICAL & HYDROGEOLOGICAL CONSULTANTS VANCOUVER LIMA	PROYECTO ALTO CHICAMA EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL TAJO ABIERTO POZO DE BOMBEO: PWN-1
--	--

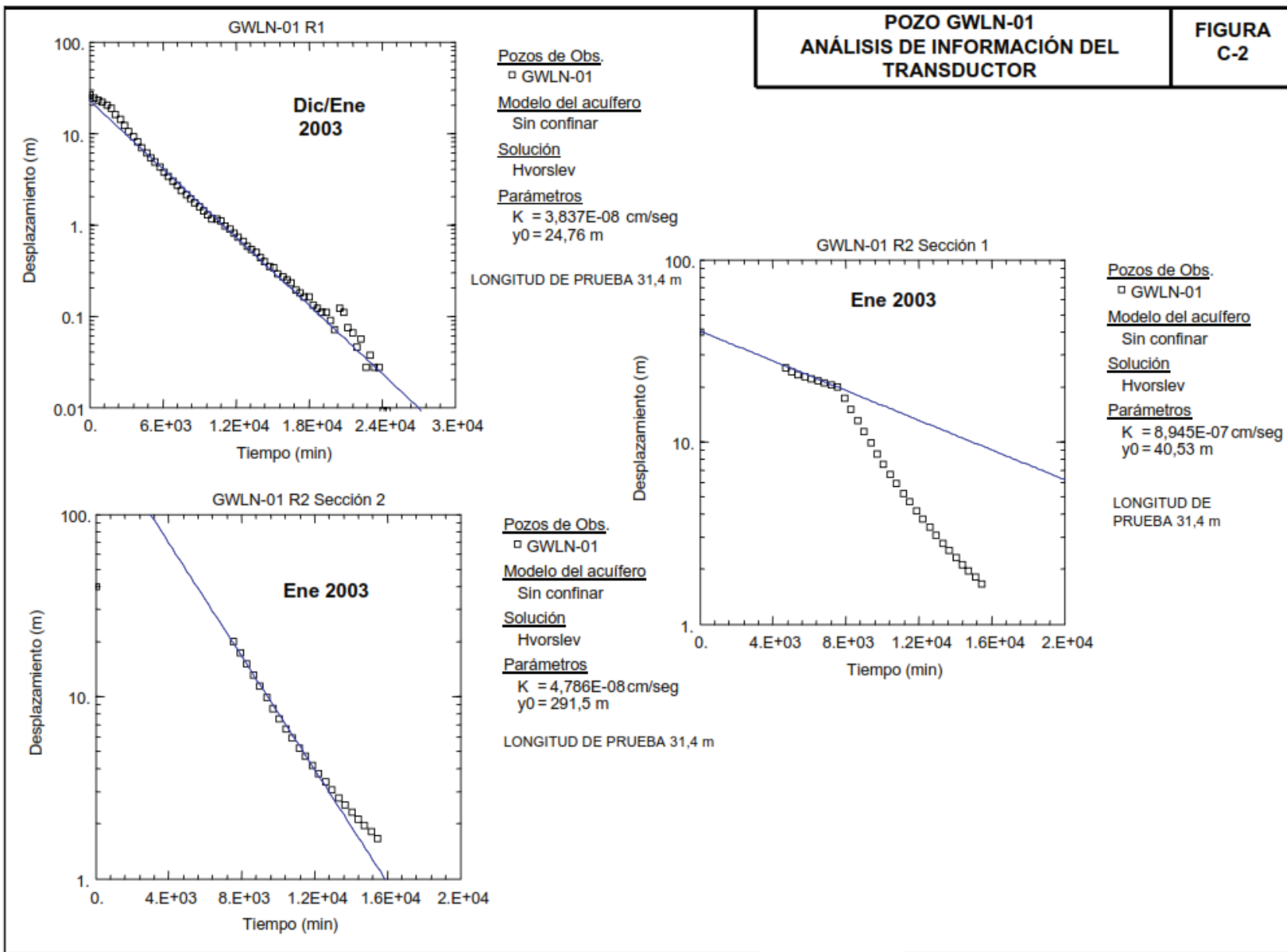
Coordenadas:	9121145.016 N	603949.786 E	
Elevación Terreno:	4056.05 msnm	Profundidad Perforada Total:	161 m
Elevación de Caja:	4056.76 msnm	Caja Sobre Superficie:	0.65 m
Elevación de PVC:	4056.76 msnm	Tubo del Sonido Sobre Superficie:	0.65 m
Nivel del Agua (terminación):	4007.56 msnm	Profundidad del Agua (terminación):	76.22 m





ANEXOS 08

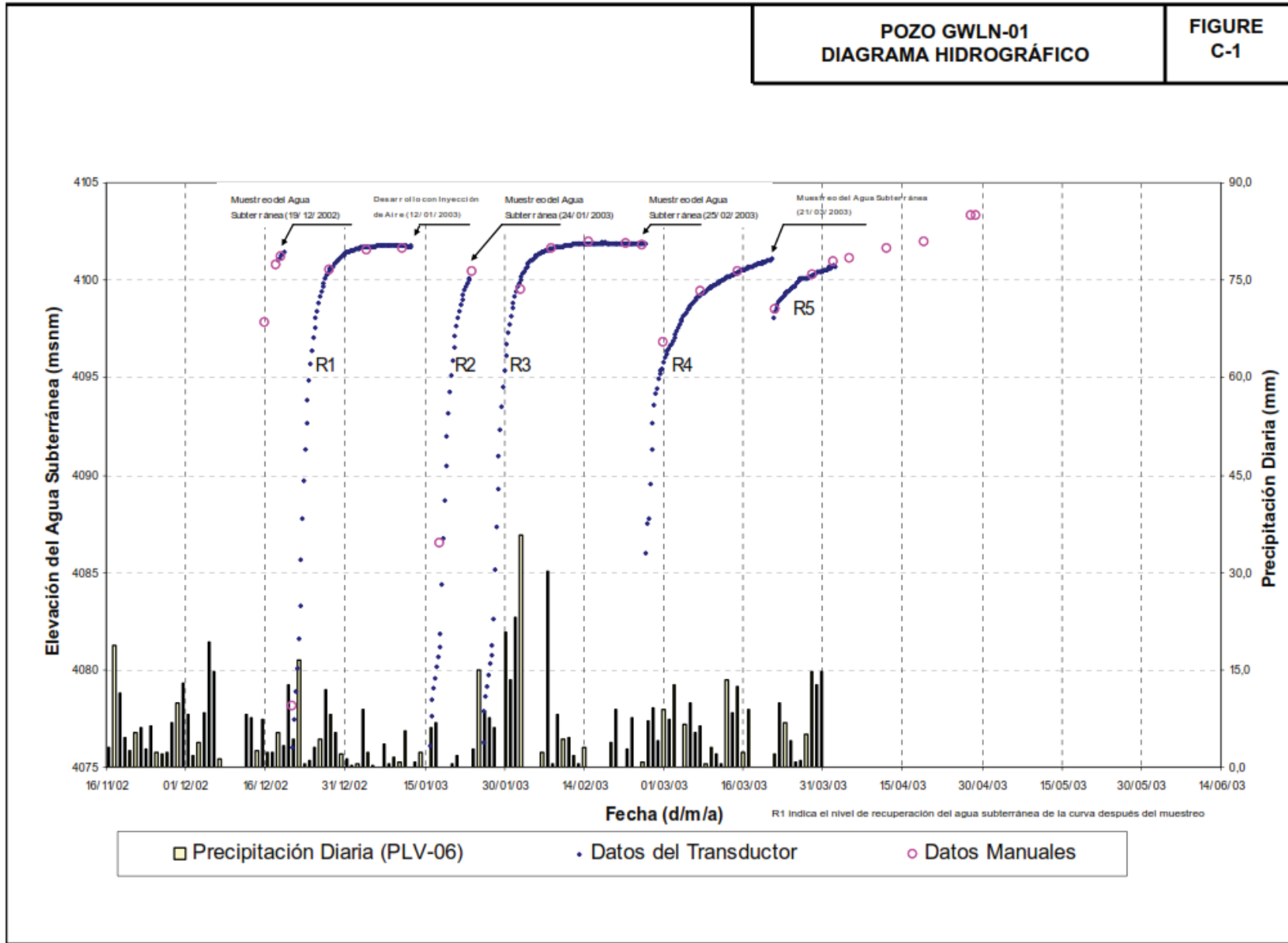
GRAFICOS DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

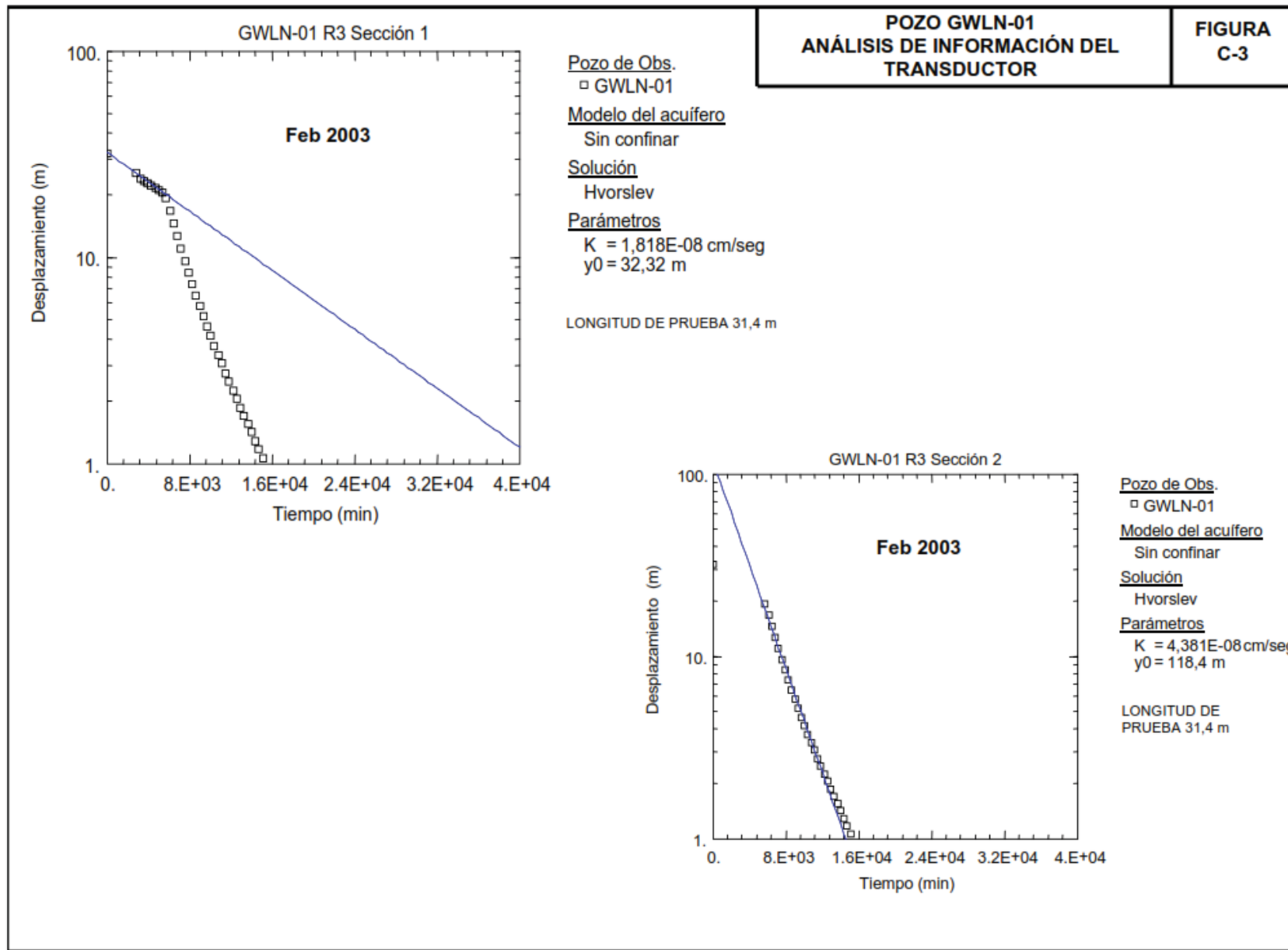


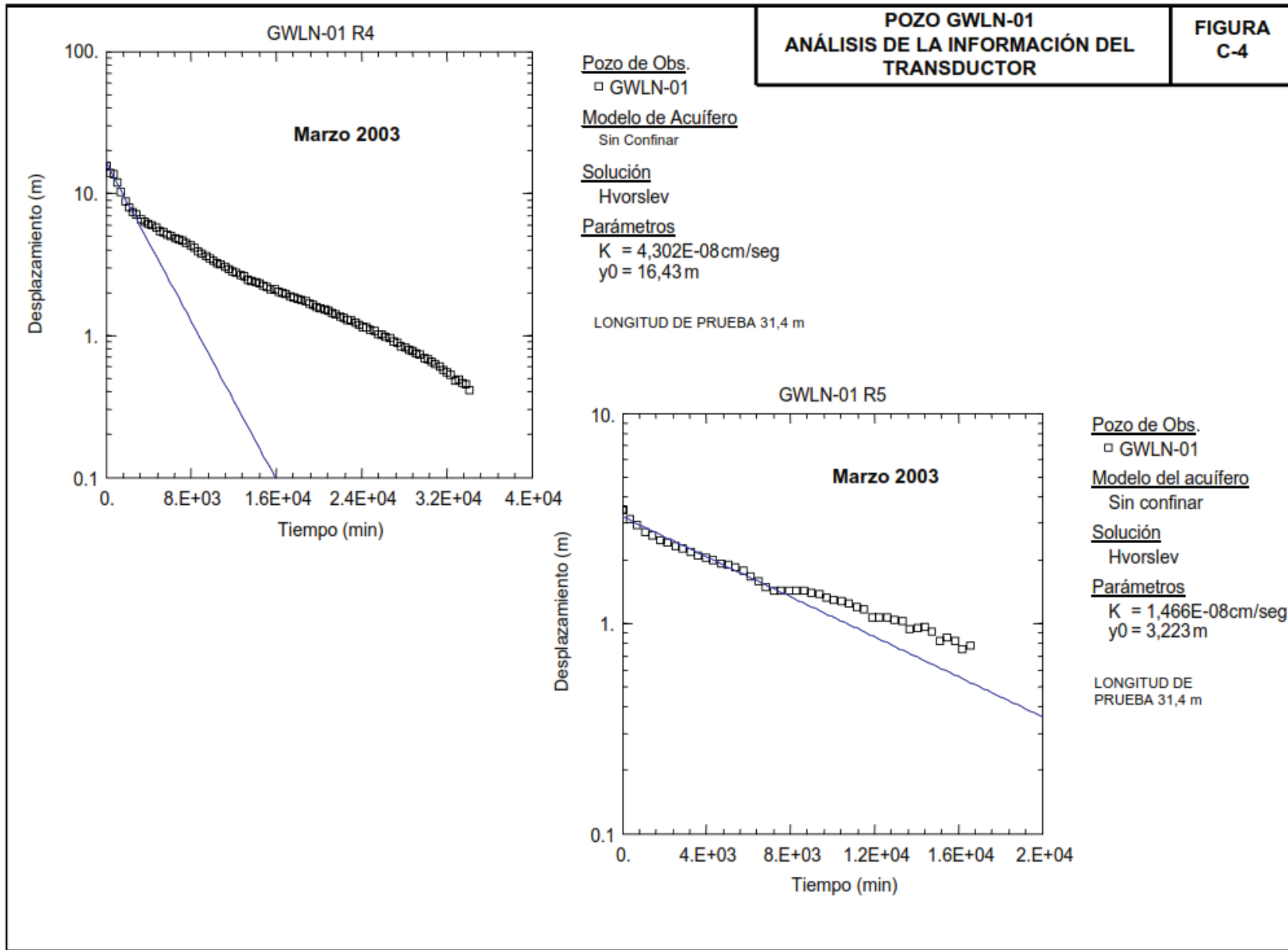


POZO GWLN-01
DIAGRAMA HIDROGRÁFICO

FIGURE
C-1









ANEXOS 09

LISTA DE ACRÓNIMOS



TÉRMINO	DEFINICIÓN
AAE	Áreas de Aves Endémicas
ABA	Conteo Ácido Base
ADRA	Adventist Development and Relief Agency
AEL	Área de Estudio Local
AEND	Área de Estudio Nacional y Departamental
AER	Área de Estudio Regional
AERS	Área de Estudio Regional Social
AMS	Aceleración Máxima del Suelo
ANP	Áreas Naturales Protegidas
ANPE	Área(s) Natural(es) Protegida(s) por el Estado
APA	Aporte Potencial de Ácido
APPS	Análisis Probabilístico del Peligro Sísmico
ATDR	Administración Técnica del Distrito de Riego
BD	Botadero de Desmonte
BDE	Botadero de Desmonte Este
BDO	Botadero de Desmonte Oeste
BM	Banco Mundial
CAE	Extracto de Columna de Carbón Activado con Alcohol
CALPUFF	Modelo de Dispersión "puff" de capas múltiples
CCE	Extracción de Columna de Carbón Activado con Cloroformo
CCME	Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente
CdC	Cadena de Custodia
CEDEPAS	Centro Económico de Desarrollo para la Acción Social
CEM	Convención sobre Especies Migratorias
CIF	Corporación Internacional de Finanzas
CIRA	Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos
CIS	Centro Internacional de Sismología
CITES	Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
CMARN	Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales
CN	Cianuro
COM	Certificado de Operación Minera
CONACS	Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos
CONAM	Consejo Nacional del Medio Ambiente
CP	Coefficiente de Perturbación
D.S.	Decreto Supremo
DAR	Drenaje de Ácido de Roca
DAR/LM	Drenaje de Ácido de Roca / Lixiviación de Metales
dB	Decibelios
dBA	Decibelios con Ponderación A
DBO o DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DESA	Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental
DGAA	Dirección General de Asuntos Ambientales
DGM	Dirección General de Minería
DGPA	Dirección General de Patrimonio Arqueológico
DICSCAMEC	Dirección de Control de Servicios de Seguridad, Control de Armas, Municiones y Explosivos de Uso Civil
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
DISA	Dirección (Regional) de Salud
DREM	Dirección Regional de Energía y Minas
DRIT	Dirección Regional de Industria del Ministerio de la Producción
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
EDAS	Enfermedades Diarreicas Agudas
EDMS	Sistema de Manejo de Datos Ambientales
EEM	Monitoreo de Efectos Ambientales
EHS	Ambiente, Salud y Seguridad
EHSMS	Sistema de Manejo de Salud, Seguridad y Medio Ambiente
EHSS	Ambiente, Salud y Seguridad Social
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
EIM	Especies Indicadoras de Manejo
EPS-RS	Empresas Prestadoras de Servicios – Residuos Sólidos
GESTA	Grupos de Estudio Técnico y Ambiental
HDPE	Polietileno de Alta Densidad
HDS	Lodos de Alta Densidad
Herpetología	El estudio de anfibios y reptiles
HP	Caballos de Fuerza
HU	Unidad de Hábitat
ICH	Índice de Calidad de Hábitat
ICMI	Instituto Internacional del Manejo del Cianuro
IDF	Intensidad-Duración-Frecuencia
IDH	Índice de Desarrollo Humano
IET	Instrucciones Específicas de Trabajo



IGN	Instituto Geográfico Nacional
IGP	Instituto Geofísico del Perú
INC	Instituto Nacional de Cultura
INEI	Instituto Nacional de Estadísticas e Informática
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agraria
INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturales, dependencia del Ministerio de Agricultura
IPEN	Instituto Peruano de Energía Nuclear
IRAS	Infecciones Respiratorias Agudas
ISC	Centro Sismológico Internacional
ISO	Organización Internacional de Normalización
L _{Aeq}	Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente con Ponderación A
LCRS	Sistema de Colección y Recuperación de Filtraciones
LECO	Leco Induction Furnace
LGA	Ley General de Aguas
LLDPE	Polietileno Lineal de Baja Densidad
LM	Lixiviación de Metales
LMP	Límite Máximo Permisible
mb	Magnitud de ondas internas. Escala usada para eventos intermedios y profundos de corta duración.
MBM	Minera Barrick Misquichilca S.A.
mdns	Metros debajo del nivel superficial
mbst	Metros por debajo de la superficie terrestre
MED	Modelo de Elevación Digital
MEF	Ministerio de Energía y Finanzas
MEH	Materiales Extraíbles con Hexano
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MINAG	Ministerio de Agricultura
NGA	No Generador(a) de Acidez
NMP	Número Más Probable
NOEC	Concentraciones de efecto no observadas.
NP	Neutralización Potencial
NSR	Retorno Neto de Fundición
OD	Oxígeno Disuelto
OLM	Método Limitante de Ozono
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización No Gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PBI	Producto Bruto Interno
PDR	Plan de Desarrollo Comunitario
PDS	Plan de Desarrollo Social
PETT	Programa Especial de Titulación de Tierras
PGA	Potencialmente Generador(a) de Acidez
PL	Pila de Lixiviación
PLS	Pila de Lixiviación Sur
PM ₁₀	Partículas en el aire con un diámetro medio menor de 10 µm (micrones)
PMA	Plan de Manejo Ambiental
PMR	Posición de Medición de Ruido
PNB	Producto Nacional Bruto
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
POE	Plan de Operaciones de Emergencia
PP	Polietileno Perforado
PPAC	Plan de Protección Ambiental durante la Construcción
PRC	Plan de Relaciones Comunitarias
PRM	Prácticas Responsables de Manejo
PRODUCE	Ministerio de la Producción
PSE	Poza de Sedimentación Este
PSO	Poza de Sedimentación Oeste
PT	Procedimientos Técnicos
PTS	Partículas Totales en Suspensión
QA/QC	Aseguramiento de la Calidad / Control de Calidad
RAF	Reservorio de Agua Fresca
REEA	Reglamentos para la Explotación y Excavación de Restos Arqueológicos
RIC	Recursos Indicadores Clave
RNP	Relación Neta de Potencial
ROM	Museo Real de Ontario
RPE	Reglamento Peruano de Edificaciones
SAAM	Sustancias Activas de Azul Metileno
SCA	Solicitud de Certificación Ambiental
SCG	Social Capital Group
SEIA	Sistema Nacional de Evaluación de Estudio de Impacto Ambiental
SEL	Solución Enriquecida de Lixiviación
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad Agraria



SGS	Société General du Surveilliance
SINANPE	Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas
SISRA	Sismicidad de la Región Andina
S _j	Índice de Jaccard
SMC	Sismo Máximo Creíble
SNC	SNC-Lavalin Engineers & Constructors Inc.
Solución pobre	Solución de la cual se le ha extraído el oro
SPCC	Plan de Medidas para el Control y la Prevención de Derrames
SPLP	Procedimiento de Lixiviación por Precipitación Sintética
S _s	Índice de Similaridad de Sorensen
STOL	Manejo de Sólido a Líquido
STS	Sólidos Totales en Suspensión
TLS	Tajo de Lixiviación Secundaria
TUPA	Texto Único de Procedimientos Administrativos
UB	Unidad de biodiversidad
UH	Unidad de Hábitat
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
VES	Encuestas Sobre Avistamientos
VNA	Valor Neto Actual
WAD	Disociables con Ácidos Débiles
WTS	Estaciones de Transferencias de Residuos
WWF	Word Wide Fauna
ZDI	Zona de influencia

Tabla A-1
Temperatura Promedio Diaria (°C)
Alto Chicama - Estación Meteorológica ESTM-01

	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	
1	La estación meteorológica fue instalada el 21 de marzo del 2014. No existen datos antes de esta fecha.	5,1	4,7	4,4	4,2	3,7	4,6	4,6	4,4	5,7	NA	5,1	5,1	
2		5,2	5,0	5,8	3,8	3,2	5,4	4,9	4,1	5,8	NA	4,7	5,4	
3		6,0	5,9	3,9	3,9	3,8	3,8	5,8	4,5	4,4	6,2	NA	5,1	5,5
4		5,1	5,1	3,8	4,8	5,7	4,7	5,0	4,7	6,2	NA	6,0	5,1	
5		5,7	4,8	4,5	4,2	5,3	4,7	5,3	4,0	6,2	NA	6,8	5,8	
6		5,4	5,2	4,9	4,1	4,2	5,3	5,6	2,4	5,7	NA	6,8	5,9	
7		4,3	5,1	5,2	4,7	4,7	4,5	4,8	3,1	5,4	NA	5,6	5,7	
8		3,9	5,6	5,1	4,1	4,9	4,8	5,2	4,9	5,0	NA	4,6	6,0	
9		3,7	5,4	4,5	4,3	4,6	4,0	5,8	5,1	6,3	NA	5,3	6,1	
10		4,3	5,4	4,3	4,1	4,5	4,9	4,6	4,1	6,8	NA	6,0	5,4	
11		3,8	5,3	4,8	4,5	4,9	4,6	3,9	4,6	6,7	NA	6,3	5,5	
12		3,4	5,8	4,3	4,0	3,3	5,3	4,6	4,4	5,8	NA	6,2	5,8	
13		3,8	5,4	4,6	3,8	3,5	5,3	4,6	3,2	5,9	NA	6,4	5,3	
14		4,4	5,7	4,2	3,8	4,1	5,4	4,4	5,3	5,7	NA	5,4	4,1	
15		4,4	5,2	3,8	4,3	3,9	5,1	4,4	4,6	5,0	NA	5,8	4,7	
16		5,1	5,0	4,2	4,2	3,5	5,3	4,3	4,9	3,5	NA	5,7	4,6	
17		5,2	5,3	5,1	4,3	3,9	6,0	4,4	4,3	3,8	NA	7,1	4,1	
18		4,9	5,2	4,8	4,3	3,6	6,8	4,0	4,8	4,8	NA	6,8	3,2	
19		4,9	5,3	3,7	3,4	4,0	5,4	4,9	4,8	4,8	NA	4,7	3,8	
20		4,6	5,6	4,1	4,2	4,6	5,5	4,9	4,6	4,5	2,1	4,7	5,8	
21	5,7	5,1	5,2	3,7	5,2	3,8	5,3	4,3	4,8	3,9	3,0	4,4	5,3	
22	5,2	4,7	4,5	3,0	5,4	4,6	4,9	4,0	3,6	4,6	3,5	4,9	4,8	
23	5,1	4,7	4,4	3,8	4,5	4,4	5,9	4,0	4,9	4,3	4,9	5,5	5,4	
24	5,1	3,9	3,6	4,0	4,4	4,1	5,3	5,1	5,2	4,5	5,1	5,7	5,4	
25	5,6	5,4	5,2	4,1	4,6	4,1	5,7	4,3	5,6	4,5	4,9	6,0	4,7	
26	6,0	5,4	5,2	4,2	3,4	4,9	4,1	4,4	5,9	4,4	5,5	5,6	4,2	
27	5,2	4,9	4,7	4,4	4,0	4,9	4,5	3,9	6,2	4,1	5,6	4,8	4,4	
28	5,2	4,3	4,4	4,0	3,6	4,5	4,8	4,5	6,0	4,1	5,6	4,7	4,8	
29	4,8	6,0	5,1	4,1	4,1	4,4	4,3	3,9	5,3	4,1	5,3		4,8	
30	5,7	5,1	4,9	4,4	3,2	4,7	4,2	3,6	5,8	4,3	5,3		4,8	
31	6,0		5,2		4,7	4,4		3,9		4,48	4,15		4,7	
Promedio		4,7	5,1	4,3	4,2	4,3	5,1	4,5	4,7	5,1	4,6	5,6	5,0	
Máximo	6,0	6,0	5,9	5,8	5,4	5,7	6,8	5,8	6,2	6,8	5,6	7,1	6,1	
Mínimo	4,8	3,4	3,6	3,0	3,2	3,2	4,0	3,6	2,4	3,5	2,1	4,4	3,2	

NA : Información no disponible (listada en el registro meteorológico electrónico como "none"), debido posiblemente a un mal funcionamiento del equipo.

Resumen del periodo de registro (21 de marzo del 2015 al 31 de marzo del 2016)

Promedio 4,8 °C, de todos los datos registrados
Máximo 7,1 °C, registrado el 23 de febrero del 2014
Mínimo 2,1 °C, registrado el 26 de enero del 2014

Tabla A-2
Lluvia Diaria (mm)
Alto Chicama - Estación Meteorológica ESTM-01

	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
1	La estación meteorológica fue instalada el 21 de marzo del 2014. No existen datos antes de esta fecha.	22,2	0,2	7,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	2,6	NA	17,2	9,2
2		4,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2	5,8	NA	25,4	4,2
3		1,6	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	2,8	NA	0,6	22,0
4		3,4	10,2	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	3,6	NA	0,0	1,0
5		4,6	0,2	4,4	0,6	0,0	0,2	0,0	13,4	13,8	NA	0,0	3,0
6		7,8	0,0	6,6	0,4	0,0	0,0	3,0	10,4	11,2	NA	2,0	1,4
7		11,6	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	10,0	NA	24,0	7,8
8		16,8	0,0	0,0	6,6	0,0	0,2	0,0	9,2	1,0	NA	2,4	9,2
9		5,6	0,0	5,6	2,2	0,0	0,0	6,6	0,6	0,0	NA	6,2	3,0
10		6,4	0,6	0,4	1,8	0,0	0,0	7,4	6,8	0,0	NA	6,4	2,4
11		1,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	11,4	6,4	0,0	NA	3,6	4,4
12		3,4	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	3,2	4,4	9,4	NA	1,0	0,6
13		4,6	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	5,0	20,4	0,6	NA	0,2	13,6
14		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	1,2	4,2	NA	1,6	7,6
15		10,2	0,0	0,0	0,0	0,4	2,6	3,6	1,0	5,6	NA	0,0	9,6
16		8,6	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	3,8	3,4	1,8	NA	0,0	6,4
17		5,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,8	5,8	16,4	1,0	NA	0,0	10,6
18		9,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	15,4	15,0	EM	NA	0,0	2,4
19		3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	2,0	1,6	NA	0,0	0,0
20		5,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	5,4	2,6	6,8	0,0	0,4	0,0
21	8,0	2,0	1,6	EM	0,2	0,0	1,6	5,4	0,8	4,0	2,0	7,2	0,0
22	1,6	25,4	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	4,4	0,0	0,2	2,6	0,2
23	8,2	3,6	2,4	0,0	0,0	0,0	0,4	16,4	5,4	13,0	0,0	5,4	16,8
24	3,0	1,8	4,4	0,0	0,2	0,0	0,2	7,2	37,4	0,0	0,0	0,0	8,6
25	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	12,8	0,0	3,0	11,8	2,0	0,2
26	3,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	8,6	16,6	6,0	1,0	9,0	0,2	0,2
27	23,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	7,0	4,6	5,0	8,6	4,6	7,0
28	6,4	3,6	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	1,6	0,8	5,0	6,0	4,8
29	4,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	4,4	17,4	0,0	0,2		12,8
30	3,4	1,2	0,0	0,0	0,2	0,0	2,6	8,6	14,8	0,0	8,8		16,4
31	5,6		3,4		0,0	0,0		0,0		0,0	21,0		15,0
Total		176,0	33,0	39,2	13,2	1,4	26,0	167,8	215,8	108,6	66,6	119,0	200,4
Máximo	23,6	25,4	10,2	7,2	6,6	0,4	8,6	16,6	37,4	13,8	21,0	25,4	22,0

Resumen del periodo de registro (21 de marzo del 2015 al 31 de marzo del 2016)

Total 1 234,6 mm
Máximo 37,4 mm

Notas:

EM : mal funcionamiento del equipo, el dato registrado fue mayor que el límite físico.

NA : Información no disponible (listada en el registro meteorológico electrónico como "none"), debido posiblemente a un mal funcionamiento del equipo.

Tabla A-3
Velocidad del Viento Promedio Diaria (m/s)
Alto Chicama - Estación Meteorológica ESTM-01

	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Ma
1	La estación meteorológica fue instalada el 21 de marzo del 2014. No existen datos antes de esta fecha.	3,7	5,4	2,6	10,8	4,1	4,5	4,8	4,9	4,8	NA	5,1	3,2
2		3,6	9,6	3,2	9,0	6,9	4,9	6,6	5,2	6,2	NA	3,6	3,9
3		4,9	5,2	4,6	5,0	5,7	4,5	6,3	6,6	5,5	NA	8,3	3,7
4		6,1	3,8	3,7	4,2	6,1	7,4	8,5	6,4	4,0	NA	8,8	5,1
5		4,0	4,9	2,1	4,1	7,4	5,1	6,5	3,7	3,2	NA	6,4	5,5
6		2,5	6,7	2,1	3,2	7,1	5,5	6,1	4,0	3,5	NA	6,7	6,0
7		2,2	4,5	3,4	4,0	7,3	7,8	4,0	5,9	3,3	NA	5,0	5,2
8		2,9	6,7	4,3	5,4	6,3	7,4	4,0	3,6	5,9	NA	4,3	4,1
9		3,0	6,2	3,7	7,2	9,5	4,7	5,2	4,9	4,9	NA	4,2	6,6
10		3,8	6,5	4,1	7,3	10,6	4,0	3,8	4,4	3,5	NA	3,9	5,0
11		2,9	9,3	4,6	4,2	8,8	3,8	4,1	3,2	3,7	NA	3,9	5,9
12		3,4	7,9	3,8	6,0	7,0	4,1	4,9	4,5	3,3	NA	4,5	6,3
13		3,2	7,0	2,6	7,3	8,0	3,7	4,6	3,1	4,4	NA	4,6	4,8
14		2,7	6,2	3,7	5,0	8,8	2,8	5,3	6,2	4,1	NA	4,3	4,5
15		4,0	5,3	6,1	4,7	9,1	2,9	4,5	7,5	4,1	NA	3,6	3,4
16		3,8	5,4	6,2	5,7	7,5	3,7	3,7	6,6	4,4	NA	3,6	3,6
17		3,1	2,9	4,8	6,0	7,2	3,7	3,6	4,8	4,4	NA	5,2	5,3
18		3,0	2,9	6,7	4,5	5,2	4,1	3,4	3,7	2,9	NA	4,2	6,6
19		2,5	2,4	8,7	3,4	4,0	3,3	4,3	3,7	3,7	NA	4,1	5,9
20		4,5	2,6	7,8	2,7	4,7	3,5	4,5	4,6	3,5	7,8	3,1	6,0
21	3,1	4,1	2,2	8,5	2,5	6,1	3,8	5,3	5,7	3,4	5,1	3,1	6,1
22	2,7	3,5	4,1	9,4	2,6	5,6	4,4	4,7	6,4	2,2	5,1	3,8	2,9
23	3,0	2,7	4,6	7,3	3,5	6,1	3,6	5,2	5,5	2,7	3,2	4,0	3,8
24	4,6	4,0	4,9	7,0	3,6	6,4	4,1	3,7	3,2	5,4	6,2	5,0	3,4
25	4,3	2,6	2,6	6,4	4,7	5,6	2,4	3,2	5,1	3,8	3,4	4,8	4,7
26	3,4	2,5	3,0	6,6	4,6	4,5	4,0	2,6	5,3	2,8	4,1	3,0	4,4
27	2,1	2,9	3,2	6,5	7,0	3,8	3,6	4,6	5,3	2,5	4,3	3,1	3,9
28	2,2	2,9	2,3	6,7	7,0	3,3	6,0	5,3	4,9	2,7	3,4	3,6	3,9
29	2,7	2,6	2,8	6,9	7,3	3,7	7,4	4,0	4,8	3,5	5,7		3,2
30	2,9	4,0	2,5	8,3	4,5	3,0	5,4	2,8	3,8	2,1	4,6		2,7
31	5,1		2,7		3,1	3,9		3,5		3,8	2,5		3,4
Promedio		3,4	4,7	5,4	5,2	6,2	4,5	4,6	4,9	3,8		4,6	4,6
Máximo	5,1	6,1	9,6	9,4	10,8	10,6	7,8	8,5	7,5	6,2	7,8	8,8	6,6

Resumen del periodo de registro (21 de marzo del 2015 al 31 de marzo del 2016)

Promedio 4,7 m/s
Máximo 10,8 m/s

Tabla A-4
Rosa de Viento para el Periodo del 21 de Marzo del 2015 al 31 de Diciembre del 2015
Alto Chicama - Estación Meteorológica ESTM-01

Rango de Velocidad del Viento:		<1 km/hr	1-5 km/hr	6-11 km/hr	12-19 km/hr	20-29 km/hr	>30 km/hr	Velocidad Mínima, km/hr	Velocidad Máxima, km/hr	Velocidad Promedio, km/hr
		Número de Horas								
Dirección del viento	N	1	27	109	179	212	33	2,2	37,1	18,1
	NNE	0	45	159	424	493	314	1,1	49,0	21,7
	NE	1	68	241	456	418	171	1,4	48,6	19,1
	ENE	0	66	236	412	243	172	1,1	48,2	18,5
	E	2	63	137	158	79	61	1,4	43,6	16,1
	ESE	0	47	167	90	23	5	1,1	43,9	11,3
	SE	1	39	167	112	20	2	1,1	37,4	11,5
	SSE	1	40	164	232	84	17	2,2	40,0	14,6
	S	1	25	91	123	58	31	1,8	45,0	16,2
	SSO	0	14	56	84	46	20	2,2	44,6	16,7
	SO	0	24	53	72	31	3	1,8	33,5	13,9
	OSO	0	19	66	73	20	3	1,4	34,2	13,1
	O	0	28	88	107	14	1	2,2	31,7	12,1
	ONO	0	21	93	178	33	0	2,2	24,5	13,9
	NO	0	28	78	109	22	1	1,1	51,1	13,0
NNO	0	19	87	111	22	0	1,4	27,0	13,0	

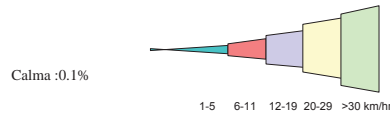
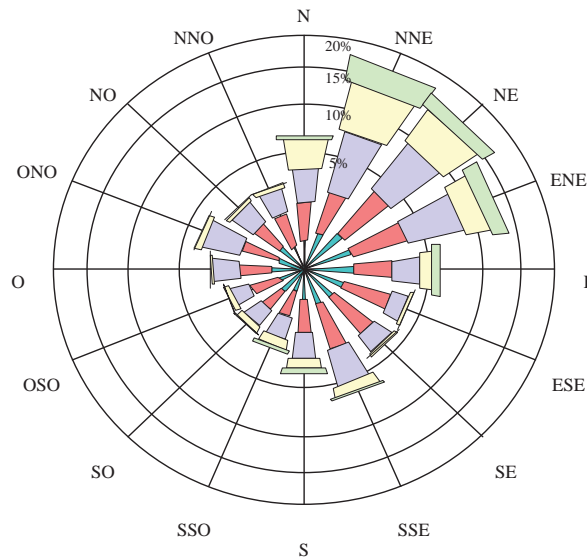


Tabla A-5
Humedad Relativa Promedio Diaria (%)
Alto Chicama - Estación Meteorológica ESTM-01

	Mar-15	Abr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Ago-15	Set-15	Oct-15	Nov-15	Dic-15	Ene-16	Feb-16	Mar-16
1	La estación meteorológica fue instalada el 21 de marzo del 2014. No existen datos antes de esta fecha.	88	83	84	75	70	73	85	64	89	NA	88	90
2		88	77	78	71	69	73	87	74	89	NA	90	89
3		83	77	89	74	65	78	81	65	88	NA	87	86
4		88	82	85	79	61	74	79	58	88	NA	84	91
5		81	85	84	82	56	69	73	85	88	NA	86	89
6		81	74	83	80	52	64	71	90	90	NA	86	90
7		91	81	76	86	54	63	82	87	91	NA	88	89
8		90	78	79	92	60	64	83	81	82	NA	89	89
9		92	79	77	90	46	80	81	88	65	NA	90	88
10		87	80	86	84	53	69	88	89	63	NA	89	91
11		87	74	73	84	39	78	87	87	76	NA	90	88
12		86	77	76	89	70	73	89	89	85	NA	82	85
13		81	81	74	82	76	74	89	90	88	NA	85	87
14		82	75	79	81	74	74	86	87	87	NA	85	89
15		91	79	83	78	78	79	85	90	85	NA	78	84
16		87	86	72	76	80	75	87	85	93	NA	69	90
17		88	85	64	75	80	71	83	85	89	NA	34	87
18		90	81	62	78	74	60	79	87	83	NA	30	81
19		90	79	67	84	68	73	87	88	93	NA	53	73
20		90	81	78	72	70	76	90	90	91	68	88	35
21	88	90	88	76	68	76	76	87	88	87	77	91	45
22	85	85	89	72	68	70	78	84	89	85	76	86	77
23	89	86	93	55	73	78	65	89	82	90	87	87	87
24	90	79	95	69	81	79	76	86	87	93	90	87	82
25	90	75	80	59	79	77	69	91	89	93	91	82	81
26	87	74	84	50	81	79	77	90	86	93	90	87	86
27	90	87	88	48	72	77	80	90	87	93	88	86	88
28	89	86	86	73	76	71	77	79	87	92	88	91	89
29	90	74	71	74	76	58	80	76	84	93	91		88
30	87	89	65	73	80	63	81	92	82	92	88		87
31	89		70		68	64		87		92,9	91,5		89
Promedio		86	81	73	78	67	73	85	84	87	86	81	84
Máximo	90	92	95	89	92	80	81	92	90	93	92	91	91
Mínimo	85	74	65	48	68	39	60	71	58	63	68	30	35

Resumen del periodo de registro (21 de marzo del 2015 al 31 de marzo del 2016)

Promedio 80% , de todos los datos registrados
Máximo 95% , registrado el 24 de mayo del 2015
Mínimo 30% , registrado el 18 de febrero del 2016

Tabla A-6

Temperatura Promedio Diaria (°C)
Alto Chicama - Estación Meteorológica ESTM-02

	Oct-15	Nov-15	Dic-15	Ene-03	Feb-03	Mar-03
1	5,6	5,8		7,4		6,5
2	4,5	5,5		7,8		6,8
3		6,1		7,5	7,0	6,8
4		6,3		7,4	7,6	6,4
5		5,6	10,3	7,8	8,1	7,0
6		4,0	7,1	6,9	8,2	7,4
7		4,8	7,1	7,8	7,0	7,0
8	6,6	6,2	6,7	8,3	6,0	7,4
9		6,6	4,4	7,8	6,6	7,4
10	4,7	6,2	8,2	7,4	7,4	6,7
11	4,8	6,2	8,3	7,8	7,5	6,9
12		6,0	6,9	8,5	7,7	7,2
13		4,6	7,4	8,3	7,9	6,9
14	4,6	6,5	7,3	7,6	7,4	5,4
15	6,1	5,8	6,3	7,3	7,3	6,3
16	6,0	6,2	5,0	7,0	7,5	5,8
17	5,7	5,7	5,4	7,8	7,9	6,0
18	5,5	6,2	6,7	8,5	7,5	5,0
19	6,5	6,2	6,4	6,7	5,7	5,5
20	6,3	5,9	6,1	4,2	4,6	7,0
21	6,2	5,5	5,8	5,1		5,9
22	5,7		6,9	4,6		6,2
23	5,3		7,0	6,7		6,7
24	6,4		7,2	6,5		6,9
25	5,8		6,7	6,2	8,1	5,9
26	5,9		6,6	6,9	7,4	5,4
27	5,3		6,6	7,5	6,9	6,0
28	5,7		6,9		6,1	6,0
29	5,1		7,1			6,0
30	5,2		7,8			6,1
31	5,4		7,7			6,1
Promedio	5,6	5,8	6,9	7,2	7,2	6,4
Máximo	6,6	6,6	10,3	8,5	8,2	7,4
Mínimo	4,5	4,0	4,4	4,2	4,6	5,0

Resumen del periodo de registro (2 de octubre del 2015 al 3 de marzo del 2016)

Promedio 6,5 °C
Máximo 10,3 °C
Mínimo 4,0 °C

Tabla A-7
Lluvia Diaria (mm)
Alto Chicama - Estación Meteorológica ESTM-02

	Oct-15	Nov-15	Dic-15	Ene-16	Feb-16	Mar-16
1	0,2	0,0		0,0		15,6
2	1,4	0,0		0,2		5,0
3		0,0		5,0	0,2	19,0
4		0,0		3,2	0,0	0,0
5		12,0	13,0	0,4	0,2	5,2
6		11,0	11,2	0,6	1,4	0,6
7		3,6	5,4	2,8	22,8	5,0
8	0,0	8,0	0,0	0,4	2,4	4,6
9	0,0	0,0	0,8	0,6	4,0	0,8
10	0,2	1,2	0,4	2,0	2,4	1,2
11	0,0	5,0	0,4	7,6	1,6	0,4
12	0,0	4,2	2,4	0,0	1,4	0,4
13	0,0	16,8	2,0	1,2	0,0	5,2
14	0,2	1,4	6,2	3,6	2,4	8,6
15	2,0	2,0	14,6	0,0	0,0	10,0
16	3,2	5,4	1,6	6,8	0,0	8,0
17	5,2	21,8	0,8	8,4	0,0	4,4
18	12,4	11,8	4,0	0,4	0,0	2,8
19	0,0	0,2	3,4	0,4	0,0	0,2
20	7,6	1,4	4,0	0,6	0,0	0,0
21	2,6	2,2	2,0	4,0		0,0
22	12,4		0,2	0,8		0,8
23	14,0		12,4	1,0		17,8
24	7,2		0,0	3,6		4,6
25	8,0		0,6	15,0	0,4	1,0
26	23,2		0,8	8,2	0,6	0,0
27	7,4		9,8	10,6	3,4	2,0
28	6,4		7,2		5,2	9,0
29	2,8		2,6			13,8
30	4,6		0,6			13,0
31	0,0		5,0			9,4
Total	121,0	108,0	111,4	87,4	48,4	168,4
Máximo	23,2	21,8	14,6	15,0	22,8	19,0

Resumen del periodo de registro (2 de octubre del 2015 al 3 de marzo del 2016)

Total 644,6 mm

Máximo 23,2 mm

Tabla A-8
Velocidad del Viento Promedio Diaria (m/s)
Alto Chicama - Estación Meteorológica ESTM-02

	Oct-15	Nov-15	Dic-15	Ene-16	Feb-16	Mar-16
1	2,8	3,9		3,7		2,4
2	4,1	4,5		4,2		2,9
3		5,5		3,9	4,9	3,0
4		3,5	0,5	3,4	5,3	3,5
5		3,0	2,3	4,0	4,8	3,5
6		3,4	3,2	4,3	4,9	4,4
7	4,2	5,0	4,2	4,4	3,6	3,6
8	3,5	3,6	5,6	5,0	2,9	2,7
9		4,7	5,3	4,3	2,5	4,7
10	3,0	3,9	3,3	4,2	2,8	3,6
11	2,2	2,6	4,3	4,7	3,2	3,7
12		3,6	2,5	3,8	3,8	4,0
13		2,2	3,6	4,1	4,4	3,4
14	2,8	4,9	4,2	4,1	4,1	2,4
15	3,7	5,7	4,0	4,2	3,4	2,9
16	3,7	4,1	3,4	2,3	4,7	2,6
17	3,4	3,5	2,9	3,9	5,8	4,3
18	3,3	2,7	2,9	3,5	4,2	3,7
19	2,9	2,7	3,3	5,7	3,7	5,1
20	3,7	3,0	3,0	6,4	1,8	5,4
21	4,2	2,7	2,3	4,2		4,2
22	3,9		2,0	5,3		2,4
23	4,2		2,7	2,6		2,8
24	2,1		4,4	4,2		2,6
25	2,5		3,5	2,6	4,2	3,0
26	2,3		3,0	3,0	3,0	3,6
27	3,6		2,9	3,6	3,6	3,2
28	3,2		3,3		2,7	2,8
29	2,3		3,1			1,7
30	2,4		3,2			1,9
31	3,7		3,8			2,0
Promedio	3,2	3,7	3,3	4,0	3,8	3,3
Máximo	4,2	5,7	5,6	6,4	5,8	5,4

Resumen del periodo de registro (2 de octubre del 2015 al 3 de marzo del 2016)

Promedio 3,6 m/s

Máximo 6,4 m/s

Tabla A-9
Rosa de Viento para el Periodo del 1 de Octubre del 2015 hasta el 31 de Marzo del 2016
Alto Chicama - Estación Meteorológica ESTM-02

Rango de Velocidad de Viento:		<1 km/hr	1-5 km/hr	6-11 km/hr	12-19 km/hr	20-29 km/hr	>30 km/hr	Velocidad Mínima, km/hr	Velocidad Máxima, km/hr	Velocidad Promedio, km/hr
Número de Horas										
Dirección del Viento	N	0	57	14	11	5	0	1,4	22,7	6,1
	NNE	0	67	46	40	7	0	1,4	27,0	8,4
	NE	0	84	167	259	235	18	1,4	35,6	16,0
	ENE	0	75	102	68	39	8	1,4	33,8	11,5
	E	0	58	48	24	7	0	1,4	25,6	8,3
	ESE	0	51	82	115	73	2	1,4	29,9	14,1
	SE	0	61	37	18	6	0	1,4	27,4	8,1
	SSE	0	36	32	6	0	0	1,4	15,1	6,2
	S	0	53	55	35	4	0	1,4	23,4	8,6
	SSO	0	71	74	91	38	6	1,4	45,4	12,3
	SO	0	49	76	56	36	3	1,4	31,3	12,2
	OSO	0	54	59	66	53	28	1,4	43,9	15,4
	O	0	52	56	69	52	37	1,4	49,0	16,3
	ONO	0	31	42	52	25	3	1,4	37,4	12,9
	NO	0	38	25	20	19	16	1,4	41,0	14,2
NNO	0	29	16	17	19	4	1,4	36,0	13,0	

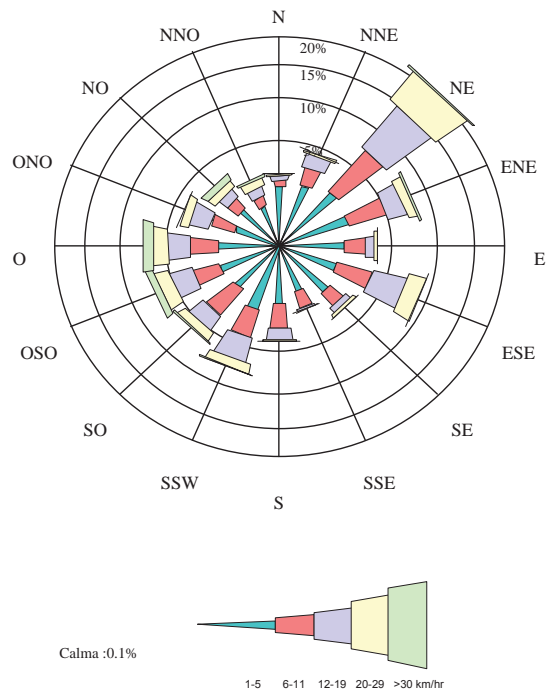


Tabla A-10
Humedad Relativa Promedio Diaria (%)
Alto Chicama - Estación Meteorológica ESTM-01

	Oct-15	Nov-15	Dic-15	Ene-16	Feb-16	Mar-16
1	85	65		84		90
2	92	71		83		88
3		63		83	86	83
4		57		85	83	91
5		83	75	79	86	89
6		87	90	87	85	89
7	78	83	90	80	87	89
8	76	78	78	79	87	88
9		86	72	80	90	87
10	86	83	61	87	87	91
11	90	86	72	82	90	88
12		88	84	83	79	83
13		90	89	85	81	86
14	79	86	82	80	78	90
15	82	90	82	80	74	83
16	84	84	92	87	64	92
17	83	82	84	79	41	83
18	78	87	84	77	33	78
19	84	87	92	81	52	71
20	88	88	88	69	90	37
21	83	85	84	70		50
22	81		83	73		73
23	88		83	82		87
24	85		86	89		82
25	89		90	91	76	81
26	88		89	89	83	85
27	90		89	85	82	88
28	79		86		90	90
29	80		86			88
30	92		84			87
31	84		84			89
Promedio	84	81	84	82	77	83
Máximo	92	90	92	91	90	92
Mínimo	76	57	61	69	33	37

Resumen del periodo de registro (2 de octubre del 2015 al 3 de marzo del 2016)

Promedio 82 %

Máximo 92 %

Mínimo 33 %

Nota: El valor de la humedad relativa mínima reportada es dudoso debido a que tanto el día anterior como el día posterior los valores registrados fueron mas altos. Además no se registraron cambios significativos en el clima (cambios en temperatura, lluvia, etc.) durante ese día.

Tabla A-11
Comparación de los Datos Meteorológicos Mensuales
Estación Meteorológica de Alto Chicama y Estación Meteorológica de Shorey

Mes	Temperatura Promedio del Aire, °C		Precipitación Total ^(a) , mm		Velocidad del Viento, m/s		Humedad Relativa, %	
	Shorey (2012-2015) ^(b)	Alto Chicama (2015-16) ^(c)	Promedio Shorey (1977- 2015) ^(d)	Alto Chicama (2015-16) ^(e)	Shorey (2012-2015) ^(b)	Alto Chicama (2015-16) ^(c)	Shorey (2012-2015) ^(b)	Alto Chicama (2015-16) ^(c)
Ene	7,0	4,6	167	122	3,0	4,3	78	84
Feb	6,9	5,6	208	139	3,0	4,6	79	81
Mar	6,9	5,0	230	205	2,6	4,6	83	84
Abr	7,4	4,7	174	176	3,8	3,4	78	86
May	7,6	5,1	89	33	4,1	4,7	73	81
Jun	7,4	4,3	37	39	6,1	5,4	65	73
Jul	7,0	4,2	20	13	9,7	5,2	64	78
Ago	7,4	4,3	31	0	8,1	6,2	56	67
Set	6,7	5,1	79	28	3,1	4,5	68	73
Oct	7,1	4,5	149	208	3,7	4,6	69	85
Nov	7,1	4,7	119	212	3,1	4,9	66	84
Dic	7,1	5,1	133	166	2,8	3,8	70	87
Anual	7,1	4,8	1439	1343	4,4	4,7	71	80%

^(a) Ver Sección 3 del Informe acerca de Precipitación, para un análisis detallado de la lluvia.

^(b) Basado en los registros disponibles de la estación meteorológica de Shorey para el periodo del 5 de abril de 2012 al 31 de enero del 2015.

^(c) Basado en los registros meteorológicos de la estación ESTM-01 del 1 de abril del 2015 al 31 de marzo del 2016. Los registros no disponibles de la estación ESTM-01 desde el 1 al 19 de enero del 2016 fueron reemplazados por los registros de la estación ESTM-02.

^(d) Basado en los datos registrados en el pluviómetro manual de Shorey (enero de 1977 a enero del 2015).

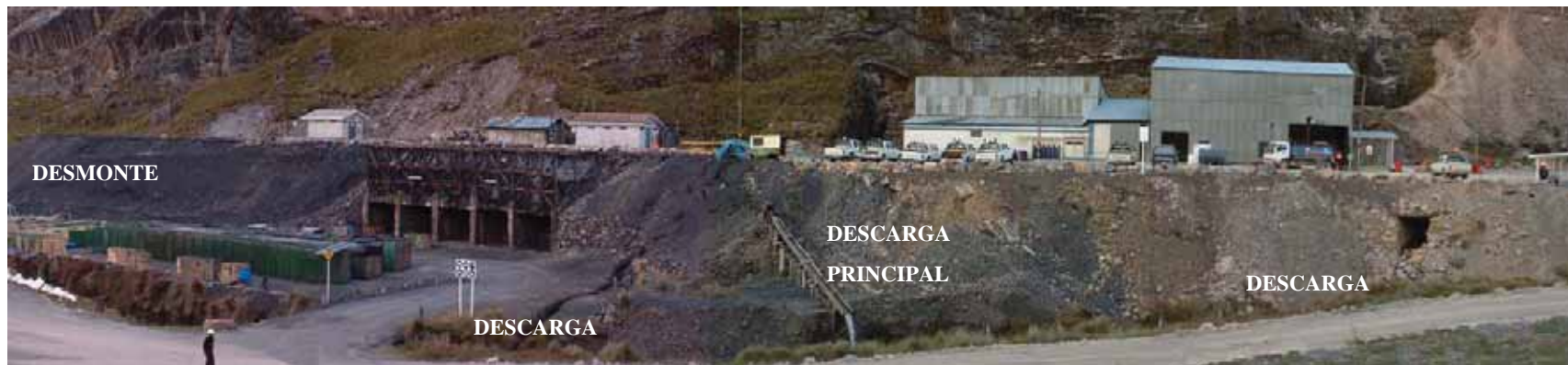
^(e) El promedio de lluvias para el área del Proyecto ha sido calculado en función de los datos registrados en la estación ESTM-01, ESTM-02 y siete pluviómetros manuales. Los detalles de este cálculo se describen en la Secciones 3 y 4.

**FICHA DE PASIVO AMBIENTAL PM-CC-01
CUENCA CALLACUYÁN**

SECTOR CALLACUYÁN

Coordenadas: 802 432 E / 9 118 372 N

Referencia: Frente al antiguo campamento de la mina Callacuyán.



Descripción

Vista general de los componentes de la mina Callacuyán ubicados en la cuenca del Río Perejil. Nótese en la parte izquierda de foto el desmonte acumulado, así como las descargas de la mina directamente sobre el río. En el punto de descarga a través del chute de madera, MBM ha establecido un punto de monitoreo de calidad de agua (SWCC-05). El caudal varía entre 3 y 29 l/s en la descarga principal, mientras que el pH medido es de 3,34. En las otras descargas los pH medidos fueron de 2,49 y 2,6.

Bocamina		Excavación Superficial		Desmonte	Descarga
Activa	Abandonada	Activa	Abandonada		
	•			•	•

**FICHA DE PASIVO AMBIENTAL PM-CC-02
CUENCA CALLACUYÁN**

SECTOR CALLACUYÁN

Coordenadas: 802 682 E / 9 118 454 N

Referencia: En el punto de rebose de la Laguna Callacuyán.



Descripción

Rebose de la Laguna Callacuyán hacia el Río Perejil. En este punto MBM ha establecido un punto de monitoreo de calidad de agua superficial (SWCC-03). El caudal varía entre 1 y 35 l/s y el pH entre 3,4 y 4,3. Nótese en la parte posterior de la vista el desmonte acumulado en los alrededores de la laguna el cual influye directamente en el valor del pH.

Bocamina		Excavación Superficial		Desmonte	Descarga
Activa	Abandonada	Activa	Abandonada		
				•	•

**FICHA DE PASIVO AMBIENTAL PM-CC-03
CUENCA CALLACUYÁN**

SECTOR CALLACUYÁN

Coordenadas: 802 928 E / 9 118 342 N

Referencia: En la parte sur de la cuenca de la Laguna Callacuyán.



Descripción:

Izquierda: Bocamina abandonada. No presenta descargas. Se pueden apreciar filtraciones ácidas de las paredes de la bocamina con un pH de 3,8 y un curso de drenaje bien definido.

Derecha: Vista del desmonte acumulado en uno de los lados de la bocamina, el cual genera acidez al entrar en contacto con agua.

Bocamina		Excavación Superficial		Desmonte	Descarga
Activa	Abandonada	Activa	Abandonada		
	•			•	

**FICHA DE PASIVO AMBIENTAL PM-CC-04
CUENCA CALLACUYÁN**

SECTOR CALLACUYÁN

Coordenadas: 803 085 E / 9 118 146 N

Referencia: En la parte sur de la cuenca de la Laguna Callacuyán, aguas arriba de la Bocamina PM.CC-04.



Descripción

Bocamina abandonada que presenta una descarga a la superficie de 0,2 l/s con un pH de 4,21. Nótese el desmonte acumulado en todo el frente a la entrada el cual genera acidez al entrar en contacto con agua.

Bocamina		Excavación Superficial		Desmonte	Descarga
Activa	Abandonada	Activa	Abandonada		
	•			•	•

**FICHA DE PASIVO AMBIENTAL PM-CC-05
CUENCA CALLACUYÁN**

SECTOR CALLACUYÁN

Coordenadas: 803 085 E / 9 118 146 N

Referencia: En la parte este de la cuenca de la Laguna Callacuyán.



CURSO DE DRENAJE

Descripción

Bocamina abandonada con el acceso restringido. No presenta descargas a superficie, pero se nota un curso de drenaje bien definido, el cual descarga eventualmente en la Laguna Callacuyán.

Bocamina		Excavación Superficial		Desmonte	Descarga
Activa	Abandonada	Activa	Abandonada		
	•			•	

FICHA DE PASIVO AMBIENTAL PM-CC-06
CUENCA CALLACUYÁN

SECTOR CALLACUYÁN

Coordenadas: 802 893 E / 9 118 522 N

Referencia: En el lado este de la Laguna Callacuyán.



Descripción

Bocaminas abandonadas con acceso restringido, las cuales muestran cursos de drenaje que alcanzan la Laguna Callacuyán. Se puede apreciar desmontes acumulados en los alrededores, los cuales están generando acidez. En la parte posterior de la vista, se aprecian algunos hornos inactivos se debe mencionar que a unos metros hacia el norte existen dos chimeneas de acceso a esta labor las cuales se encuentran actualmente clausuradas.

Bocamina		Excavación Superficial		Desmonte	Descarga
Activa	Abandonada	Activa	Abandonada		
	•			•	

FICHA DE PASIVO AMBIENTAL PM-CC-07
CUENCA CALLACUYÁN

SECTOR CALLACUYÁN

Coordenadas: 802 867 E / 9 118 556 N

Referencia: En el lado este de la Laguna Callacuyán.



Descripción

Izquierda: Bocamina abandonada con acceso restringido que presenta una descarga hacia la Laguna Callacuyán de 0,18 l/s con un pH de 2,95. Se puede apreciar también el desmonte acumulado en toda el área alrededor de la bocamina el cual genera acidez.

Derecha y Abajo: Chimeneas de acceso a la labor, se ubican en la parte superior de la bocamina unos metros hacia el este. Actualmente se encuentran clausuradas.

Bocamina		Excavación Superficial		Desmonte	Descarga
Activa	Abandonada	Activa	Abandonada		
	•			•	•

FICHA DE PASIVO AMBIENTAL PM-CC-08
CUENCA CALLACUYÁN

SECTOR CALLACUYÁN

Coordenadas: 802 885 E / 9 118 614 N

Referencia: En el lado este de la Laguna Callacuyán.



Descripción

Izquierda: Chimenea de acceso a la parte inferior de la mina Callacuyán, se encuentran actualmente clausurada.

Derecha: Antiguas pozas de almacenamiento de carbón. En estas pozas se ha acumulado el agua de escorrentía, la cual ha desarrollado condiciones ácidas, el pH es de 4,56. Estas aguas descargan eventualmente hacia la Laguna Callacuyán. Nótese en la foto el material de desmonte acumulado en los alrededores.

Bocamina		Excavación Superficial		Desmonte	Descarga
Activa	Abandonada	Activa	Abandonada		
			•	•	•

**FICHA DE PASIVO AMBIENTAL PM-CC-09
CUENCA CALLACUYÁN**

SECTOR CALLACUYÁN

Coordenadas: 802 749 E / 9 118 724 N

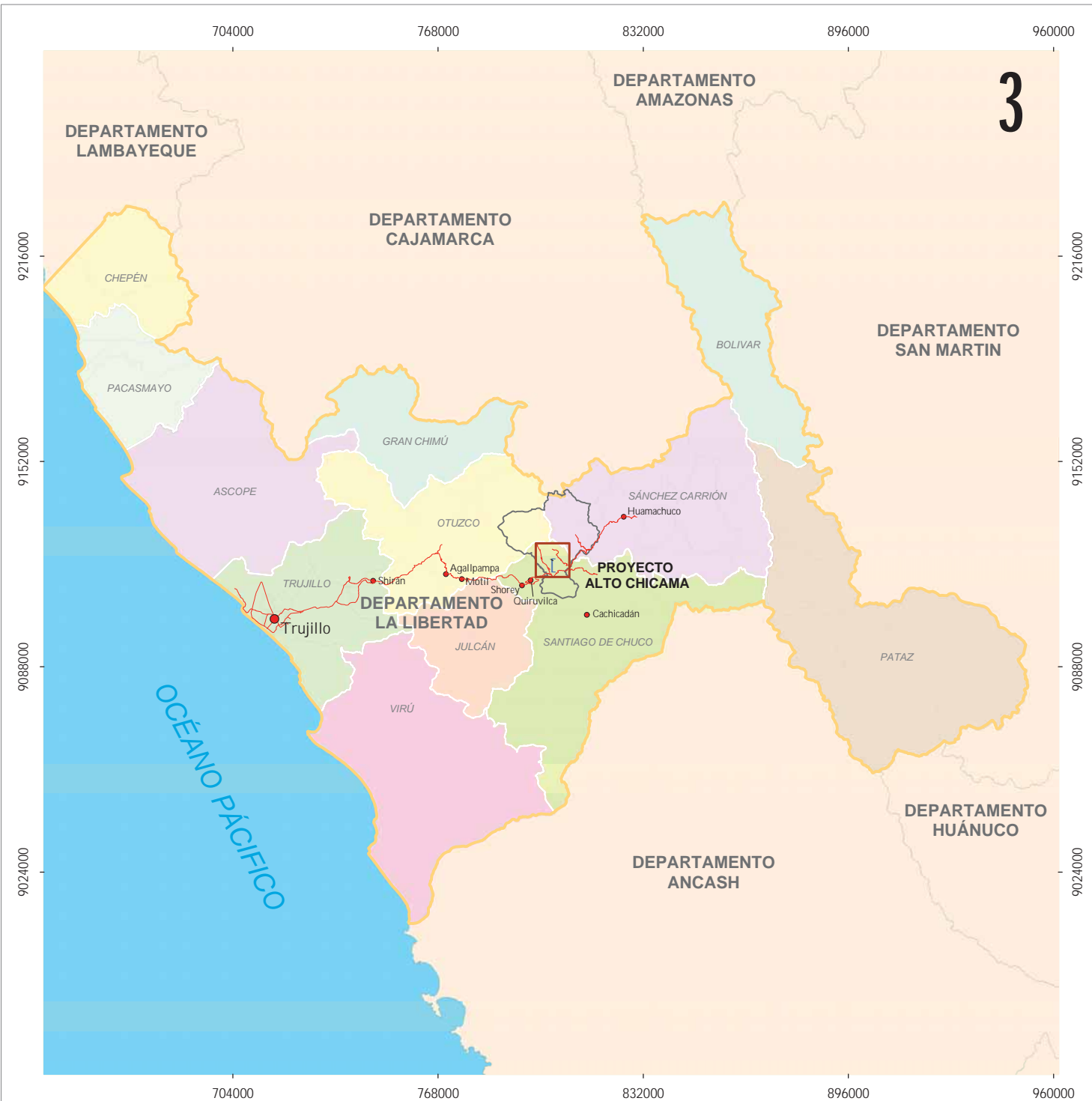
Referencia: En el lado Este de la Laguna Callacuyán.



Descripción

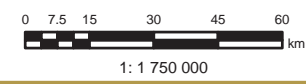
Trincheras de explotación superficial inactivas. Nótese el desmonte acumulado en los alrededores producto de la excavación el cual presenta indicios de estar generando acidez. Se debe mencionar que el agua ácida acumulada en las excavaciones descarga con dirección hacia la Laguna Callacuyán con un caudal de un 1,0 l/s y un pH de 3,21.

Bocamina		Excavación Superficial		Desmonte	Descarga
Activa	Abandonada	Activa	Abandonada		
			•	•	•



LEYENDA / LEGEND

- ÁREA DE ESTUDIO LOCAL / LOCAL STUDY AREA
- ÁREA DE ESTUDIO REGIONAL / REGIONAL STUDY AREA
- ÁREA DE ESTUDIO DEPARTAMENTAL / DEPARTMENTAL STUDY AREA
- VÍAS / ROADS
- CIUDADES Y POBLADOS / CITIES AND VILLAGES
- PROYECTO ALTO CHICAMA / ALTO CHICAMA PROJECT



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

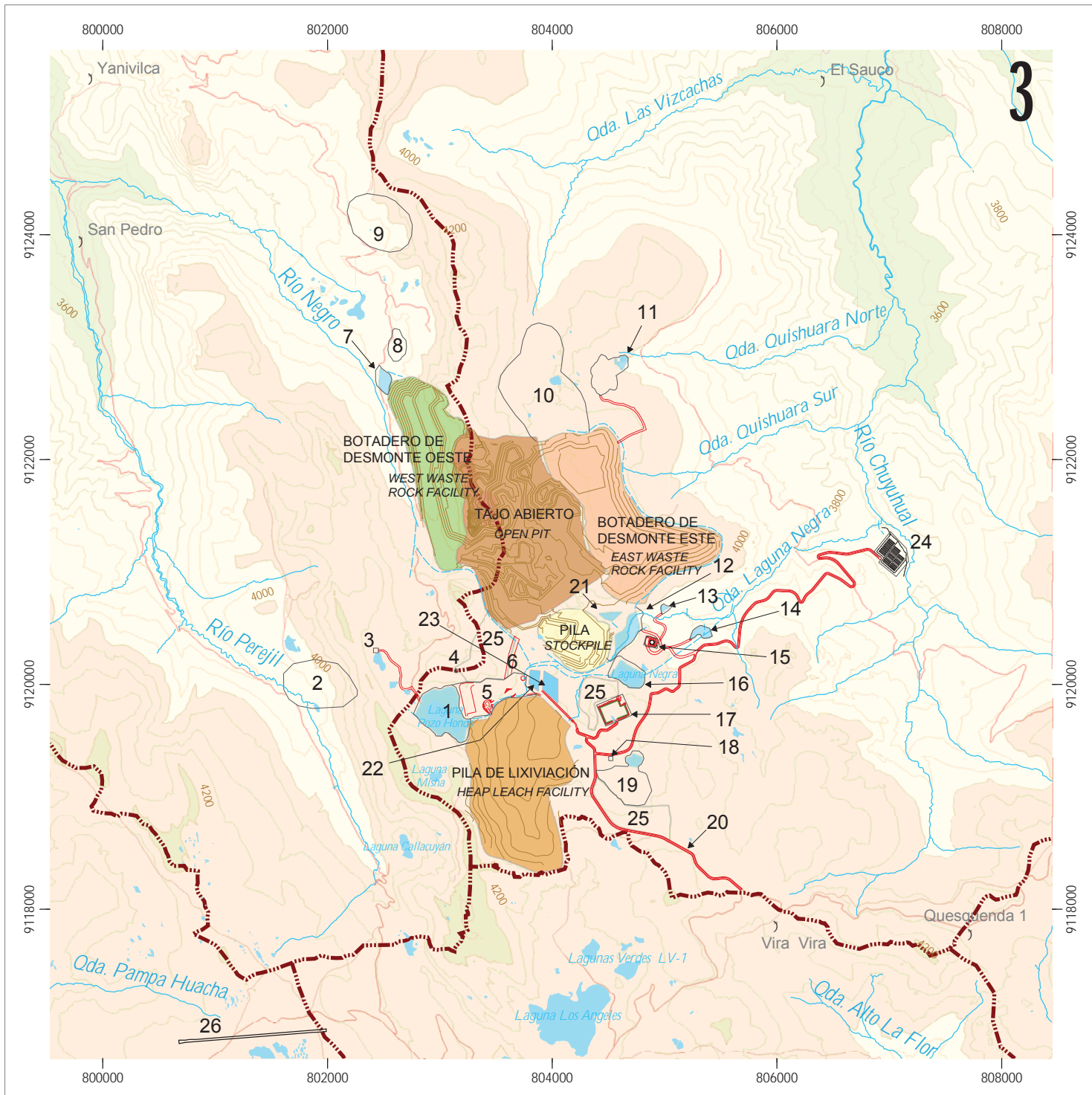
ELABORADO POR: BASH ALAIN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:750 000

PLANO

UBICACION GENERAL DEL PROYECTO
GENERAL PROJECT LOCATION

FUENTE: Información Base Cartografica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC.
 Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JOP Peru SAC.

FIGURA **C1-1**



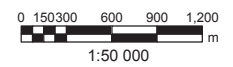
LEYENDA / LEGEND

- 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
- CANAL DE DRENAJE / DRAINAGE CANAL
- VÍAS / ROADS
- INSTALACIONES / FACILITIES

INSTALACIONES	FACILITIES
1	RESERVOIRIO DE AGUA / FRESH WATER RESERVOIR
2	ÁREA POTENCIAL DE PRESTAMO / POTENTIAL BORROW SOURCE AREA
3	ALMACEN DE EXPLOSIVOS / EXPLOSIVE MAGAZINE
4	TANQUE DE AGUA PARA CONTROL DE POLVO / DUST CONTROL TANK
5	ÁREA DE MANTENIMIENTO Y CHANCADORA / MINE MAINTENANCE AND CRUSHER AREA
6	CAMINO DE TRANSITO DE CARGA / HAUL ROAD
7	POZA DE SEDIMENTACIÓN OESTE / WEST SEDIMENTATION POND
8	PILA DE SUELO SUPERFICIAL OESTE / WEST TOPSOIL STOCKPILE
9	ÁREA POTENCIAL DE MATERIAL DE PRESTAMO DE MORRENAS / POTENTIAL MORAINES BORROW LOCATION
10	ÁREA POTENCIAL DE PRESTAMO / POTENTIAL BORROW SOURCE AREA
11	PILA DE SUELO SUPERFICIAL ESTE Y POZA DE SEDIMENTACIÓN / EAST TOPSOIL STOCKPILE AND SEDIMENTATION POND
12	POZA DE SEDIMENTACIÓN ESTE / EAST SEDIMENTATION POND
13	POZA DE LODOS / SLUDGE POND
14	POZA DE LIMPIEZA / POLISHING POND
15	PLANTA DE TRATAMIENTO ARD / ARD TREATMENT PLANT
16	LAGUNA NEGRA / LAGUNA NEGRA
17	PLANTA DE PROCESAMIENTO / PROCESS PLANT
18	INCINERADOR / ÁREA DE COLECCIÓN DE MATERIAL RECICLABLE / INCINERATOR / RECYCLE COLLECTION AREA
19	PILA DE SUELO SUPERFICIAL SUR Y POZA DE SEDIMENTACIÓN / SOUTH TOPSOIL STOCKPILE AND SEDIMENTATION POND

ALTITUDES (msnm) / ELEVATIONS (masl)

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



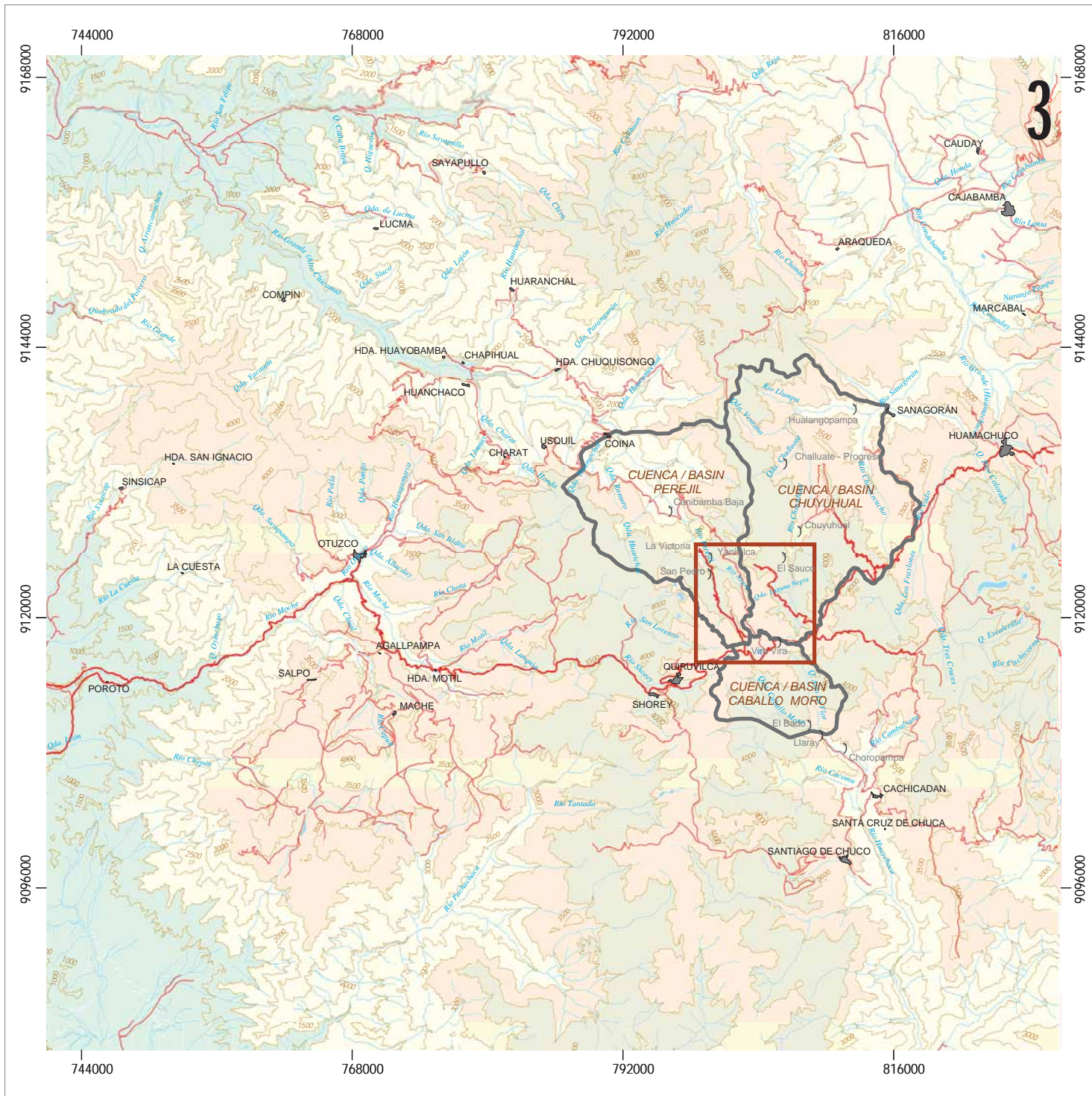
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:50 000

PLANO
DISTRIBUCION DE LAS INSTALACIONES DEL PROYECTO ALTO CHICAMA
ALTO CHICAMA PROJECT LAYOUT

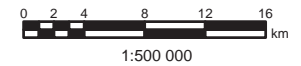
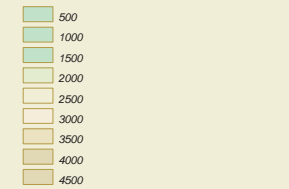
FUENTE: Información Base Cartografica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama, Actualización de Información por JGP Perú SAC. FIGURA **C1-2**



LEYENDA / LEGEND

- ÁREA DE ESTUDIO LOCAL / LOCAL STUDY AREA
- ÁREA DE ESTUDIO REGIONAL / REGIONAL STUDY AREA
- RÍOS / STREAMS
- LAGUNAS / LAKES
- POBLADOS / VILLAGES
- VÍAS / ROADS
- CURVAS DE NIVEL (500 m) / CONTOURS (500 m)

ALTITUDES (msnm) / ELEVATIONS (masl)



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

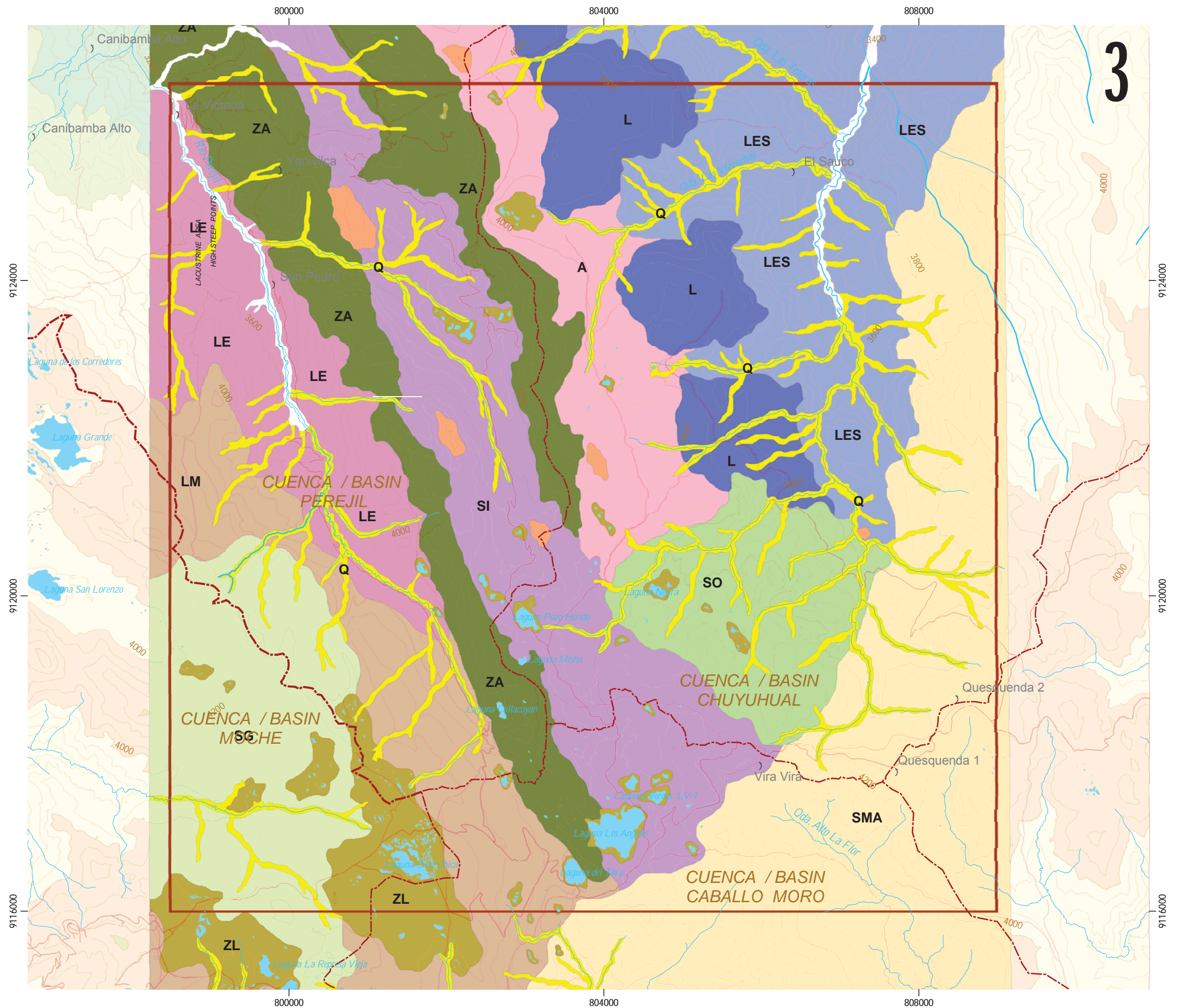
TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:50 000

PLANO
AREAS DE ESTUDIO AMBIENTAL LOCAL Y REGIONAL
REGIONAL AND LOCAL STUDY AREAS - ENVIRONMENTAL

FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Peru SAC.

FIGURA
C1-3



LEYENDA / LEGEND

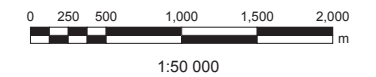
- ÁREA DE ESTUDIO LOCAL / LOCAL STUDY AREA
- LAGUNAS / LAKES
- POBLADOS / VILLAGES
- LÍMITE DE CUENCAS / WATERSHED DIVIDE
- CURVAS DE NIVEL (200 m) / CONTOURS (200 m)
- CURVAS DE NIVEL (50 m) / CONTOURS (50 m)
- RÍOS / STREAMS
- VÍAS / ROADS

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 / UNULATED SURFACE
- LE LADERAS EMPINADAS / STEEP SLOPES
- LM LADERAS MODERADAS / MODERATE SLOPES
- LES LADERAS ESCARPADAS / SCARPED SLOPES
- ZL ZONA LACUSTRINA /
- PE PUNTONES EMPINADOS /



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

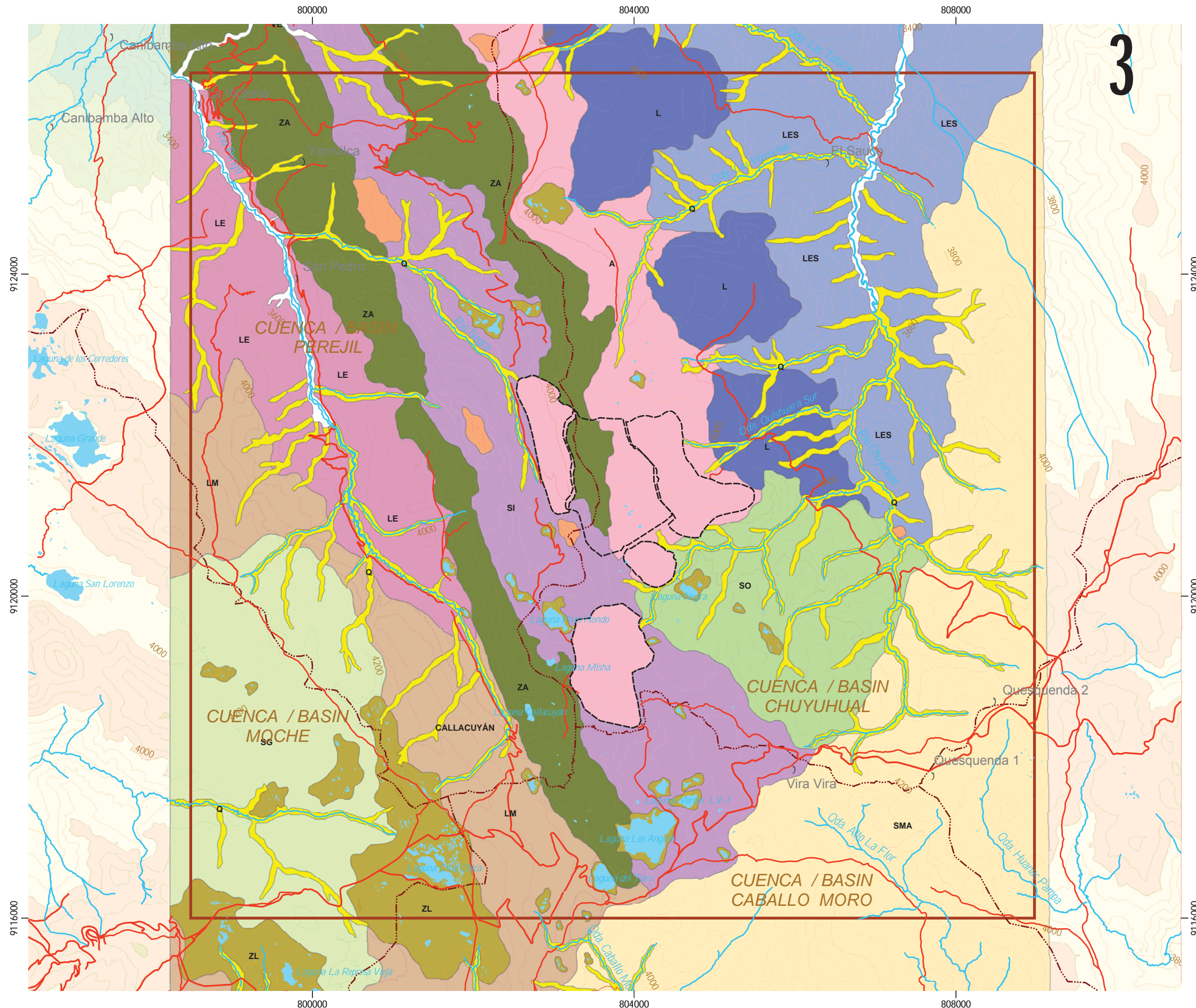
"ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUWILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIAÑA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:50 000

PLANO
**MAPA GEOMORFOLOGICO DEL
 ÁREA DE ESTUDIO LOCAL**
**PHYSIOGRAPHIC MAP OF THE
 LOCAL STUDY AREA**

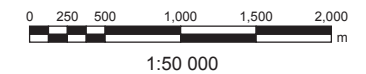
FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC.
 Información complementaria Mina Alto Chicama
 Actualización de Información por JGP Perú SAC.

FIGURA
C2-1



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 FISIOGRAFICA / 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 MODERAMENTE AGRESTE / MODERATELY AGRESTIC SURFACE |
| | SG | SUPERFICIES GLACIARES / GLACIAL SURFACES |
| | SI | SUPERFICIE INTRACORDILLERANA / INTRACORDILLERAN SURFACE |
| | A | ALTIPLANICIA / 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 |



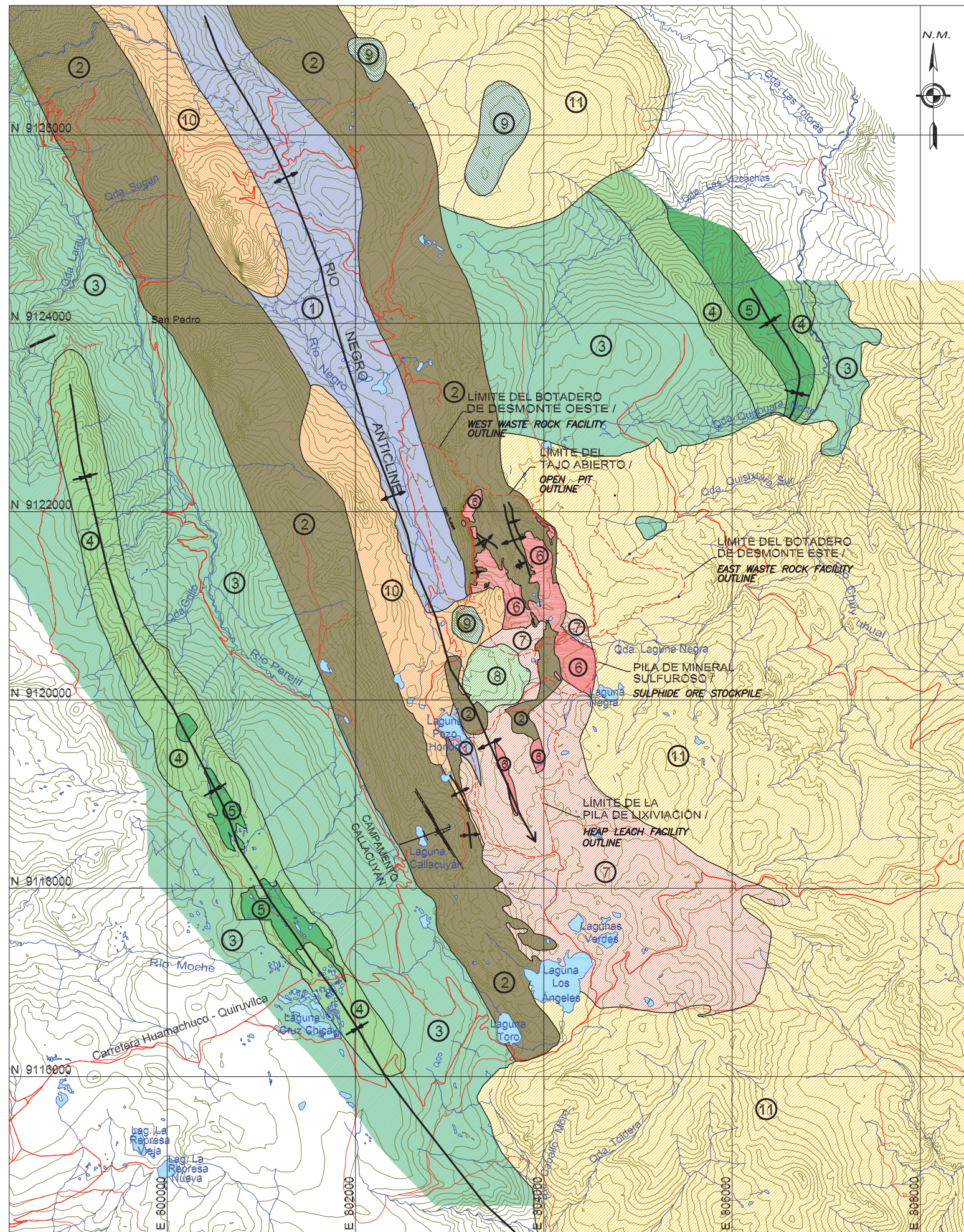
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIAÑA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:50 000

PLANO
**MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLOGICO
 DESPUES DEL CIERRE
 POST CLOSURE
 PHYSIOGRAPHY UNITS MAP**

FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Perú SAC. FIGURA **C2-3**



SIMBOLOGÍA / SYMBOLS

- UBICACIÓN DE LAS PRINCIPALES INSTALACIONES DEL PROYECTO / MAIN PROJECT FACILITY LOCATIONS
- CONTACTO GEOLÓGICO DEFINIDO / DEFINED GEOLOGICAL CONTACT
- ANTICLINAL / ANTICLINE
- SINCLINAL / SYNCLINE
- GALERÍAS DE LA MINA DE CARBÓN CALLACUYÁN / CALLACUYÁN COAL MINE UNDERGROUND WORKINGS

NOTAS / NOTES

GEOLÓGIA BASE / GEOLOGICAL BASE:

- 2.- MAPA GEOLÓGICO DEL CUADRÁNGULO DE CAJABAMBA (HOJA 16-G, BOLETÍN N° 31) INGEMMET
- 2.- GEOLOGIC MAP OF CAJABAMBA (SHEET 16-G, PUBLICATION N°31)

LEYENDA GEOLÓGICA - BASAMENTO / GEOLOGICAL LEGEND - BEDROCK

TERCIARIO INFERIOR / LOWER TERTIARY

Fm. Calipuy / Calipuy Formation

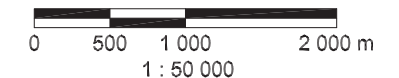
- Tufos andesíticos y flujos, Fase tardía, capa gruesa a masiva / Andesitic Tuffs and Flows Late stage, thickly to massive bedded
- Tufos y flujos andesíticos Shulchahuanga capa gruesa a masiva / Shulchahuanga Andesitic Tuffs and Flows, thickly to massive bedded
- Domos andesíticos Shulchahuanga, andesita porfirítica / Shulchahuanga Andesitic Domes, porphyritic andesite
- Domo andesítico, andesita porfirítica / Andesitic Dome, porphyritic andesite
- Tufos y Flujos andesíticos, capa gruesa a masiva, mineralizados con sulfuro diseminado (pirita) / Andesitic Tuffs and Flows, thickly to massive bedded, mineralized with disseminated sulfide (pyrite)
- Tufos andesíticos a dacíticos, Brechas, domos / Andesitic to Dacitic Tuffs, Breccias, Domes

CRETÁCEO INFERIOR / LOWER CRETACEOUS

- Fm. Inca, Areniscas y lodolitas calcáreas rojas a ferroginosas / Inca Formation Red calcareous to ferruginous sandstone and mudstone
- Fm. Farrat, Arenisca gris clara, limolitas / Farrat Formation light grey sandstone, siltstone
- Fm. Carhuaz, Intercalaciones de arenisca marrón, limolitas, lodolitas carbonosas / Carhuaz Formation, Interbedded brown sandstone, siltstone, carbonaceous mudstone
- Fm. Chimú, Quarcita, gris clara, capa gruesa a masiva, con intercalaciones menores de lodolitas carbonosas y carbón antracítico / Chimu Formation, Quartzite, light grey, thickly to massive bedded, with minor interbedded carbonaceous mudstone and anthracite coal

JURÁSICO SUPERIOR / UPPER JURASIC

- Fm. Chicama, Lodolita, negra, carbonosa, capa delgada / Chicama Formation, Mudstone, black, carbonaceous, thinly bedded



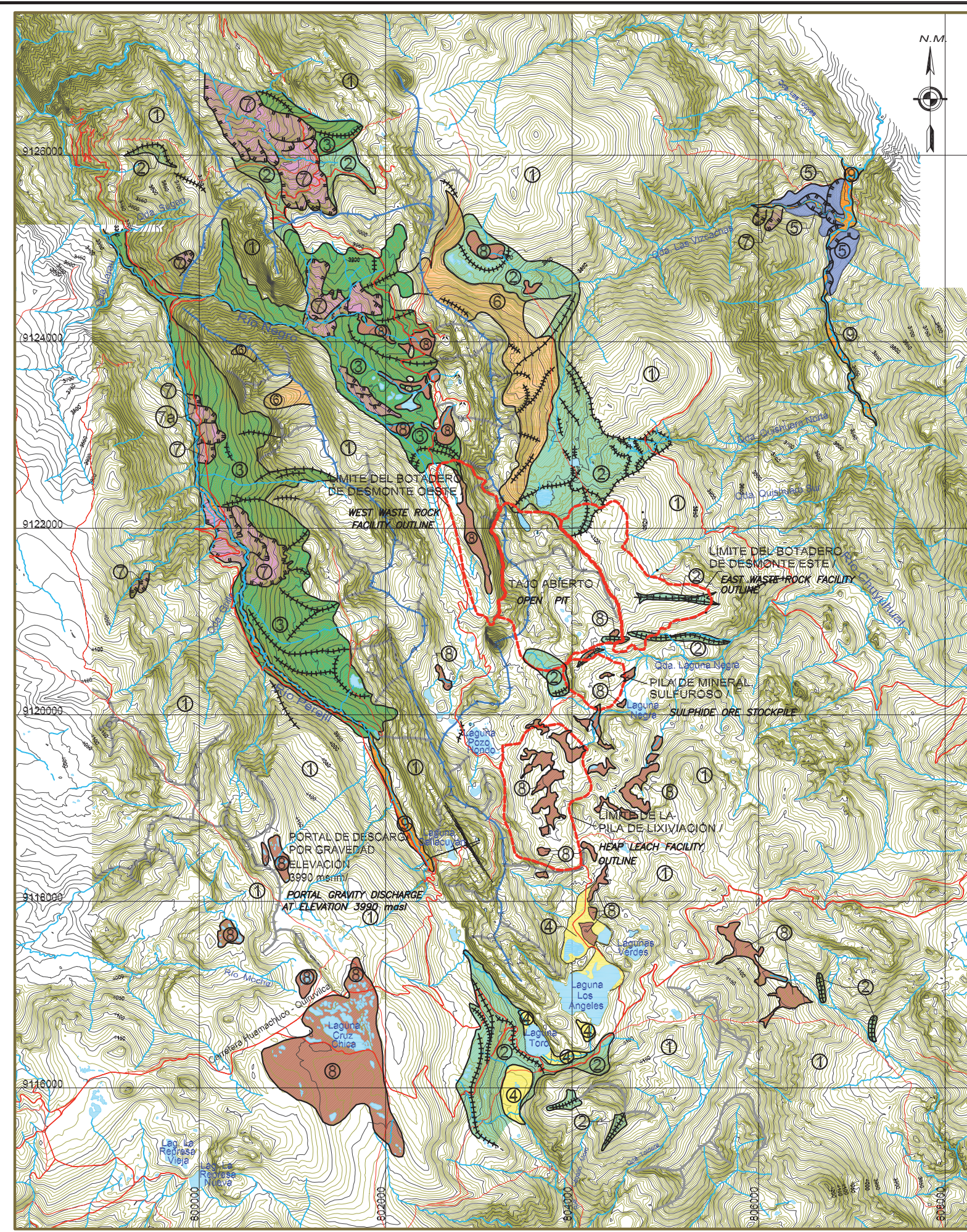
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:50 000

PLANO
PLANO GEOLÓGICO LOCAL DEL BASAMENTO ROCOSO
LOCAL AND SITE BEDROCK GEOLOGY PLAN

FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Perú SAC. FIGURA **C6-5**



SIMBOLOGÍA / SYMBOLS

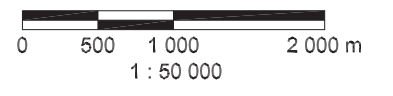
- DIVISORIA PRINCIPAL DE LA CUENCA GLACIAL, INCLUYENDO LAS CABECERAS DE LOS CIRCOS GLACIARES / MAJOR GLACIAL BASIN DIVIDE INCLUDING HEADWALLS OF GLACIAL CIRQUE BOWLS
- DIVISORIA DEL CIRCO GLACIAL / GLACIAL CIRQUE BOWL DIVIDE
- CRESTA DE LA MORRENA GLACIAL, INCLUYENDO LAS MORRENAS LATERALES, MEDIAS Y TERMINALES / GLACIAL MORaine CREST, INCLUDING LATERAL, MEDIAL AND TERMINAL MORAINES
- ESCARPAS DE DESLIZAMIENTOS / LANDSLIDE SCARPS
- CURVAS DE NIVEL (CADA 25 m) / CONTOURS (25 m INTERVAL)
- CURVAS DE NIVEL (CADA 5 m) / CONTOURS (5 m INTERVAL)
- UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES PRINCIPALES DEL PROYECTO / MAIN PROJECT FACILITY LOCATIONS
- GALERÍAS DE LA MINA DE CARBÓN CALLACUYÁN / CALLACUYAN COAL MINE UNDERGROUND WORKINGS
- PANTANOS / BOGS

NOTAS / NOTES

- 1.- LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA A LAS COORDENADAS UTM PSAD-56 /
- 1.-THE GRID IS IN THE PSAD-56 UTM COORDINATE SYSTEM

LEYENDA / LEGEND

- 9 Material aluvial reciente compuesto por arena, grava y piedras de canto rodado / Modern stream alluvium comprised of sand, gravel and boulders
- 8 Pantanos de suelos orgánicos / Bog deposits of organic soils
- 7 Deslizamientos provenientes de taludes fallados en material morrénico. 7a representa deslizamiento reciente / Landslide deposits developed from slope failures in glacial till moraine. 7a represents recent landslide
- 6 Talud de roca desarrollado de la roca madre sobresaliente. Talud sobreyacente en la roca madre ó de morrenas glaciares. / Rock talus developed from overhanging bedrock ridges. Talus may overlie bedrock or glacial till moraine
- 5 Depósitos de terrazas lacustrinas compuestas de intercalaciones de limos y arcilla (Rio Chuyuhual) / Lacustrine Terrace deposits comprised of laminated silt and clay (Rio Chuyuhual)
- 4 Depósitos glaciofluviales de arena ó arena y grava / Glaciofluvial deposits of sand or sand and gravel
- 3 Áreas de depósitos morrénicos glaciares, incluyendo morrenas laterales y terminales variando en su composición desde arcilloso limoso con piedras de canto rodado a limoso arenoso y grava / Areas of thick glacial moraine deposits including lateral and terminal moraines varying in composition from clayey silt with boulders to silty sand and gravel
- 2 Áreas de material morrénico glacial de delgado a moderadamente gruesas, incluyendo morrenas laterales y terminales y morrenas tipo KAME variando en su composición desde limo arcilloso con piedras grandes, y arena con gravas, con áreas de afloramientos de roca madre / Areas of thin to moderately thick glacial moraine including lateral and terminal till moraine and kame moraine varying in composition from clayey silt with boulders to sand and gravel with local areas of bedrock outcrop
- 1 Áreas con afloramientos rocosos con cantidades variables de depósitos de suelo superficial, incluyendo venas de "till", suelo meteorizado y material orgánico / Areas dominated by bedrock outcrop with varying amounts of surficial soil deposits including till venier, weathered soil in place and organic soils



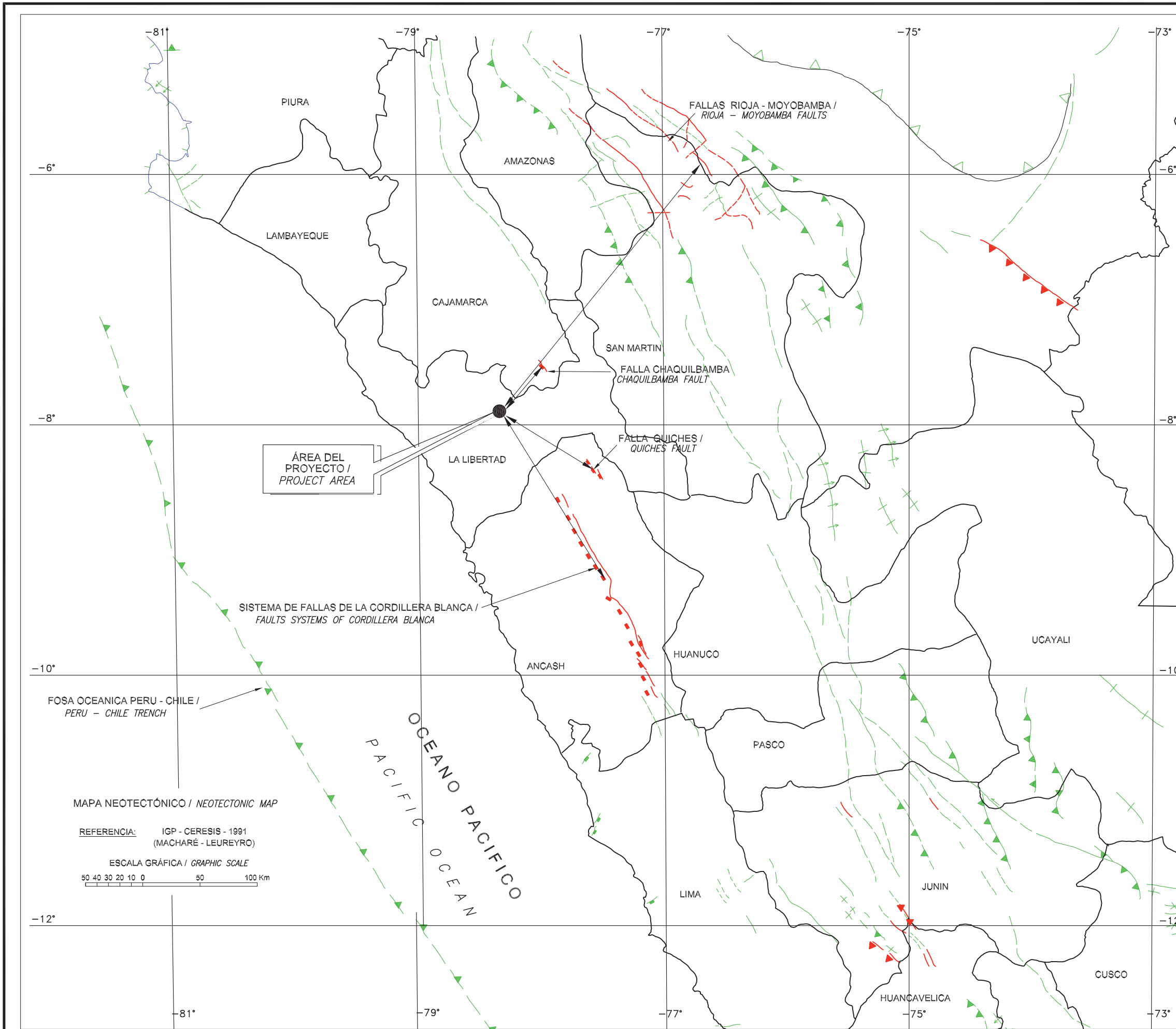
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIAÑA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:50 000

PLANO
PLANO LOCAL DE LA GEOLOGIA SUPERFICIAL
LOCAL SURFICIAL GEOLOGY PLAN

FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Perú SAC. FIGURA **C6-6**



FALLA / FAULT	ACTIVAS / ACTIVE	CUATERNARIAS (NO ACTIVAS) / QUATERNARY (NOT ACTIVE)
Falla Normal / Normal Fault		
Falla Inversa / Reverse Fault		
Falla Transcurrente / Transverse Fault		
Falla con sentido de deslizamiento desconocido / Unknown Direction Slide Fault		
Falla Normal Probable / Likely Normal Fault		
Falla Inversa Probable / Likely Reverse Fault		
Falla Probable "En general" / Likely Fault "In general"		

Fallas conocidas por Métodos Indirectos / Faults Known by Indirect Methods	En superficie / Shallow	Profundas / Deep

Plegamientos / Foldinas	Flexural / Flexure	Anticlinal / Anticline	Sinclinal / Syncline
Activas / Active			
Cuaternarias (No Activas) / Quaternary (Not Active)			

MOVIMIENTOS VERTICALES / VERTICAL MOVEMENT				
		Velocidad (V) / Velocity (V)	Levantamiento / Uprising	Subsidencia / Subsidence
En Líneas / In Lines	Debil / Weak	$V \leq 0.3 \text{ mm/año}$		
De Costa / Coastal	Moderado / Moderate	$0.3 < V \leq 0.6$		
	Fuerte / Strong	$V > 0.6 \text{ mm/año}$		
En Continente / In Continent				

FALLA / FAULT	DISTANCIA AL PROYECTO (Km) / DISTANCE FROM THE PROJECT (Km)
FALLA CHAQUILBAMBA / CHAQUILBAMBA FAULT	50 Km
FALLA QUICHES / QUICHES FAULT	90 Km
SISTEMA DE FALLAS DE LA CORDILLERA BLANCA / FAULTS SYSTEMS OF CORDILLERA BLANCA	170 Km
FALLAS RIOJA - MOYOBAMBA / RIOJA - MOYOBAMBA FAULTS	275 Km

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIAÑA ROMERO SIG: CGS ESCALA: S/E FECHA: OCTUBRE 2017

PLANO

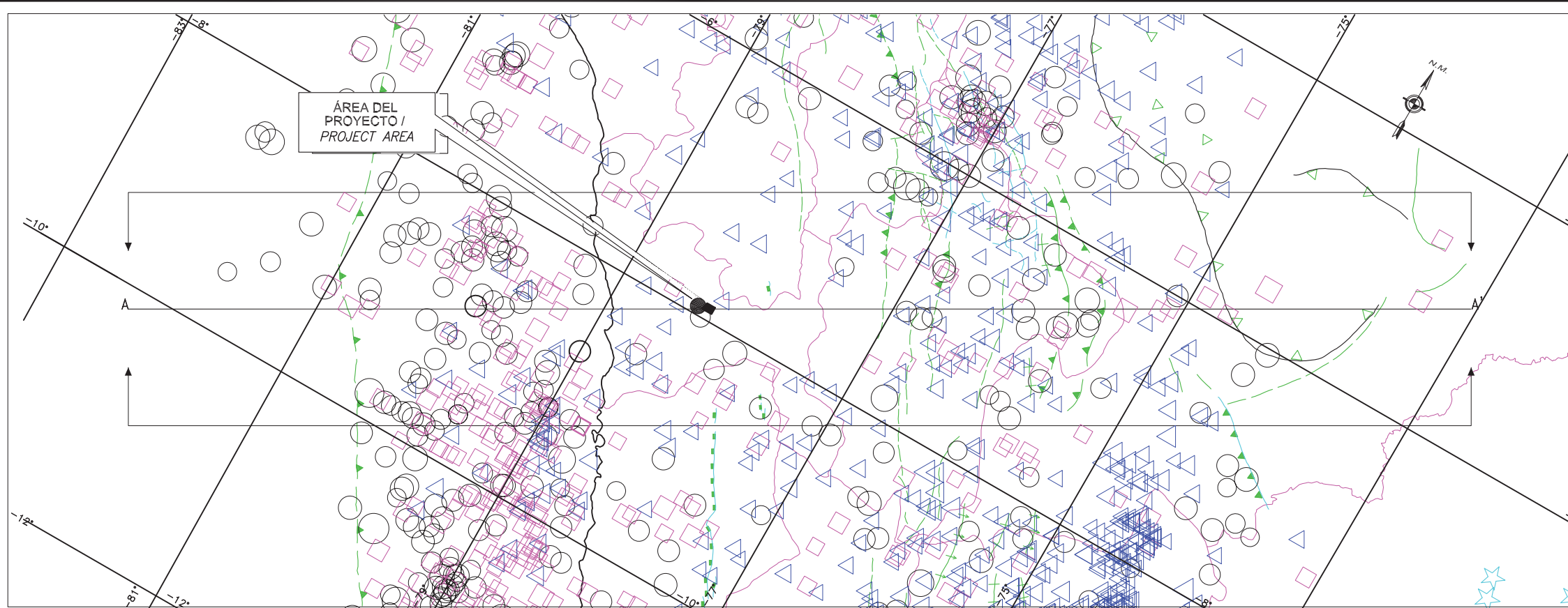
MAPA NEOTECTONICO
NEOTECTONIC MAP

FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Minas Alto Chicama Actualización de Información por JGP Perú SAC.

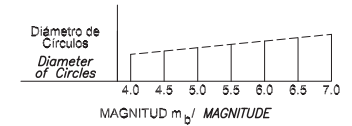
FIGURA **C7-1**

MAPA NEOTECTÓNICO / NEOTECTONIC MAP

REFERENCIA: IGP - CERESIS - 1991 (MACHARÉ - LEUREYRO)
 ESCALA GRÁFICA / GRAPHIC SCALE
 50 40 30 20 10 0 50 100 Km

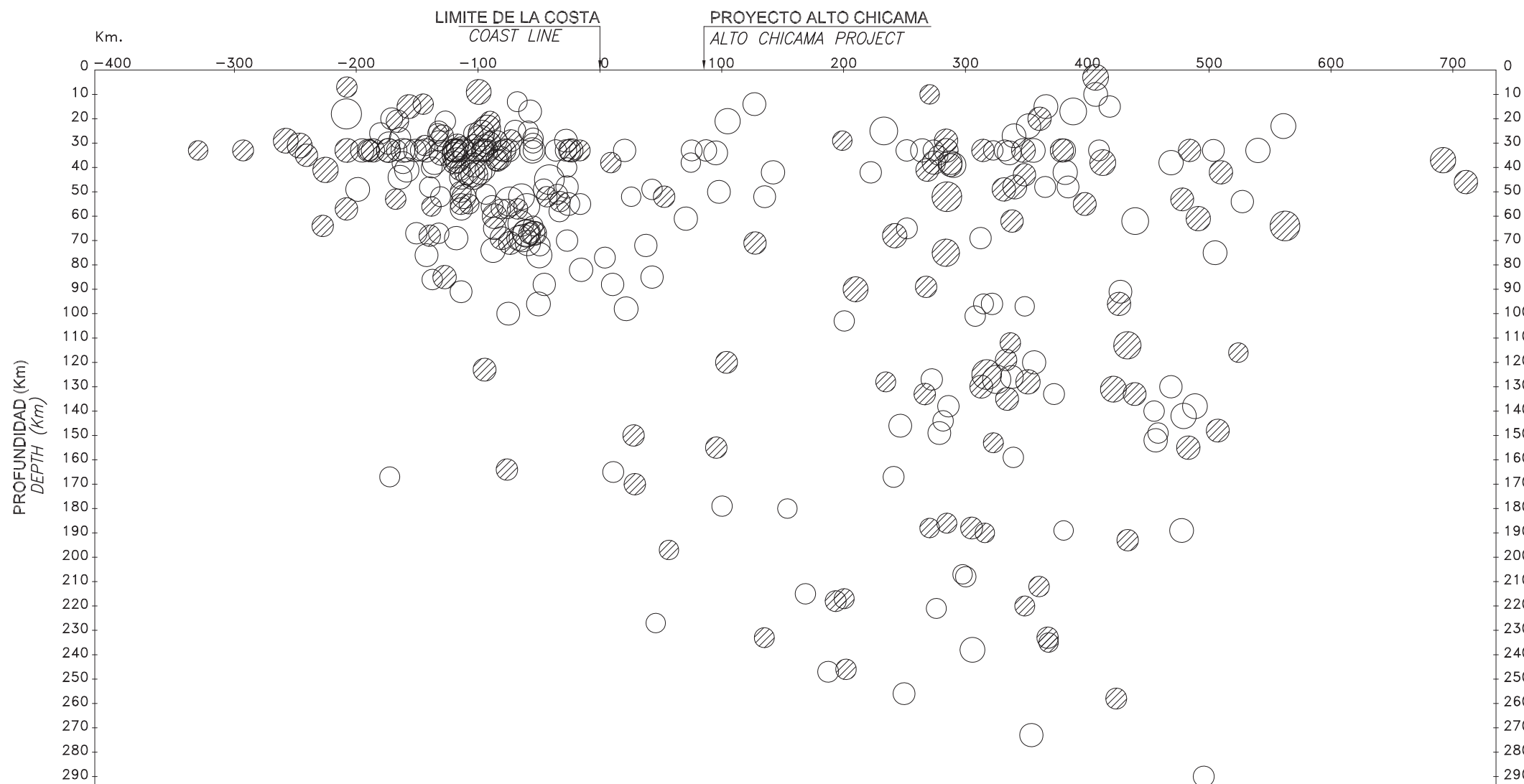


LEYENDA / LEGEND



PROFUNDIDAD / DEPTH

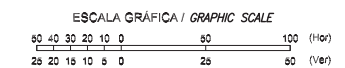
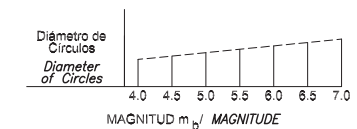
- De 0 a 33 Km
- △ De 71 a 300 Km INTERMEDIOS / INTERMEDIATE
- De 34 a 70 Km
- De 301 a 700 Km PROFUNDOS / DEEP



PERFIL A-A' / SECTION A-A'

- PROYECCION DE SISMOS 100 Km DE LA PARTE SUPERIOR DE LA LINEA DE EJE / EARTHQUAKES IN BAND NORTH OF AXIS (100 Km WIDE)
- PROYECCION DE SISMOS 100 Km DE LA PARTE INFERIOR DE LA LINEA DE EJE / EARTHQUAKES IN BAND SOUTH OF AXIS (100 Km WIDE)

LEYENDA / LEGEND



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

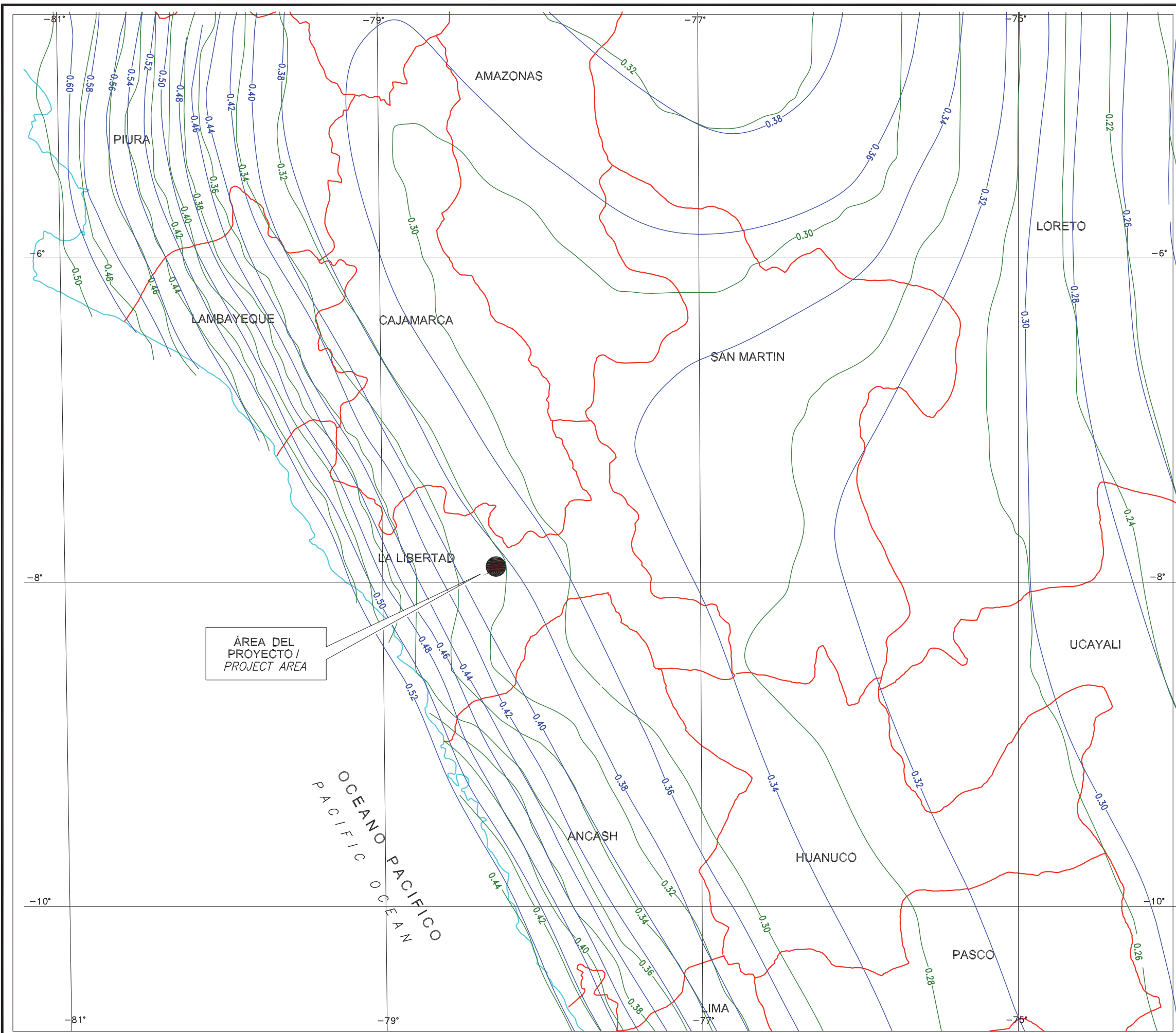
TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CGS ESCALA: S/E FECHA: OCTUBRE 2017

PLANO
MAPA DE EPICENTROS DE EVENTOS SISMICOS HISTORICOS
MAP OF HISTORIC SEISMIC EVENTS EPICENTER

FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Perú SAC.

FIGURA
C7-2



LEYENDA / LEGEND

- 100 AÑOS / 100 YEARS
- 50 AÑOS / 50 YEARS

NOTA:

LAS ACELERACIONES ESTAN EXPRESADAS EN FUNCIÓN DE LA ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD (g)

NOTE:

THE GROUND ACCELERATIONS ARE EXPRESSED AS A FUNCTION OF THE GRAVITY ACCELERATION (g)

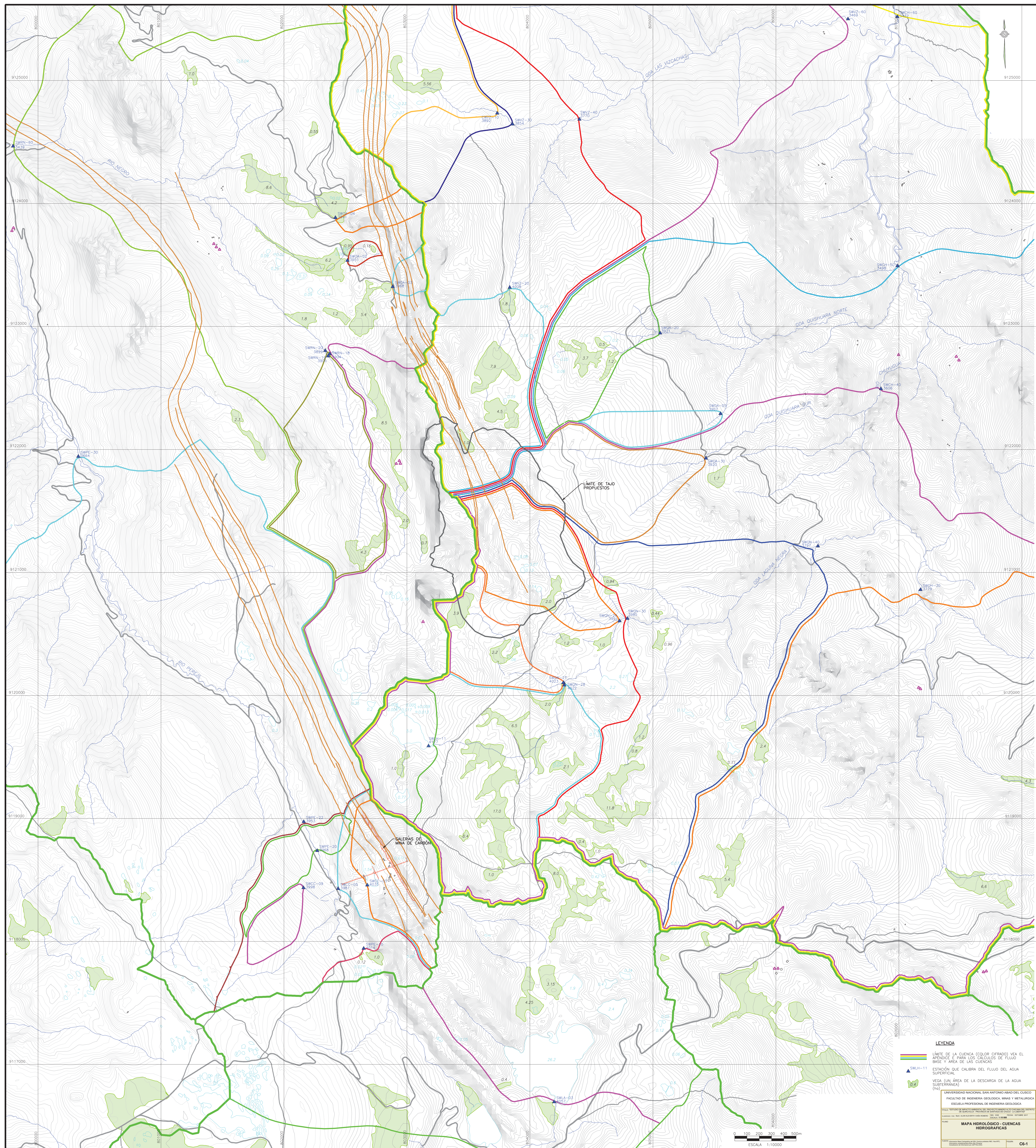
REFERENCIA / REFERENCE:

JORGE ALVA y JORGE CASTILLO, 1993

ESCALA GRÁFICA / GRAPHIC SCALE



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"		
ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIANA ROMERO	SIG: CGS	FECHA: OCTUBRE 2017
ESCALA: S/E		
PLANO		
MAPA DE PELIGROS SISMICOS - ACELERACIONES MAXIMAS CON 10% DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA EN 50 Y 100 AÑOS		
SEISMIC HAZARD MAP - PEAK GROUND ACCELERATION WITH 10% CHANCE OF EXCEDANCE IN 50 AND 100 YEARS		
FUENTE: Información Base Cartografica del IGN, Centros poblados INEI, Vias MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Perú SAC.		FIGURA C7-3



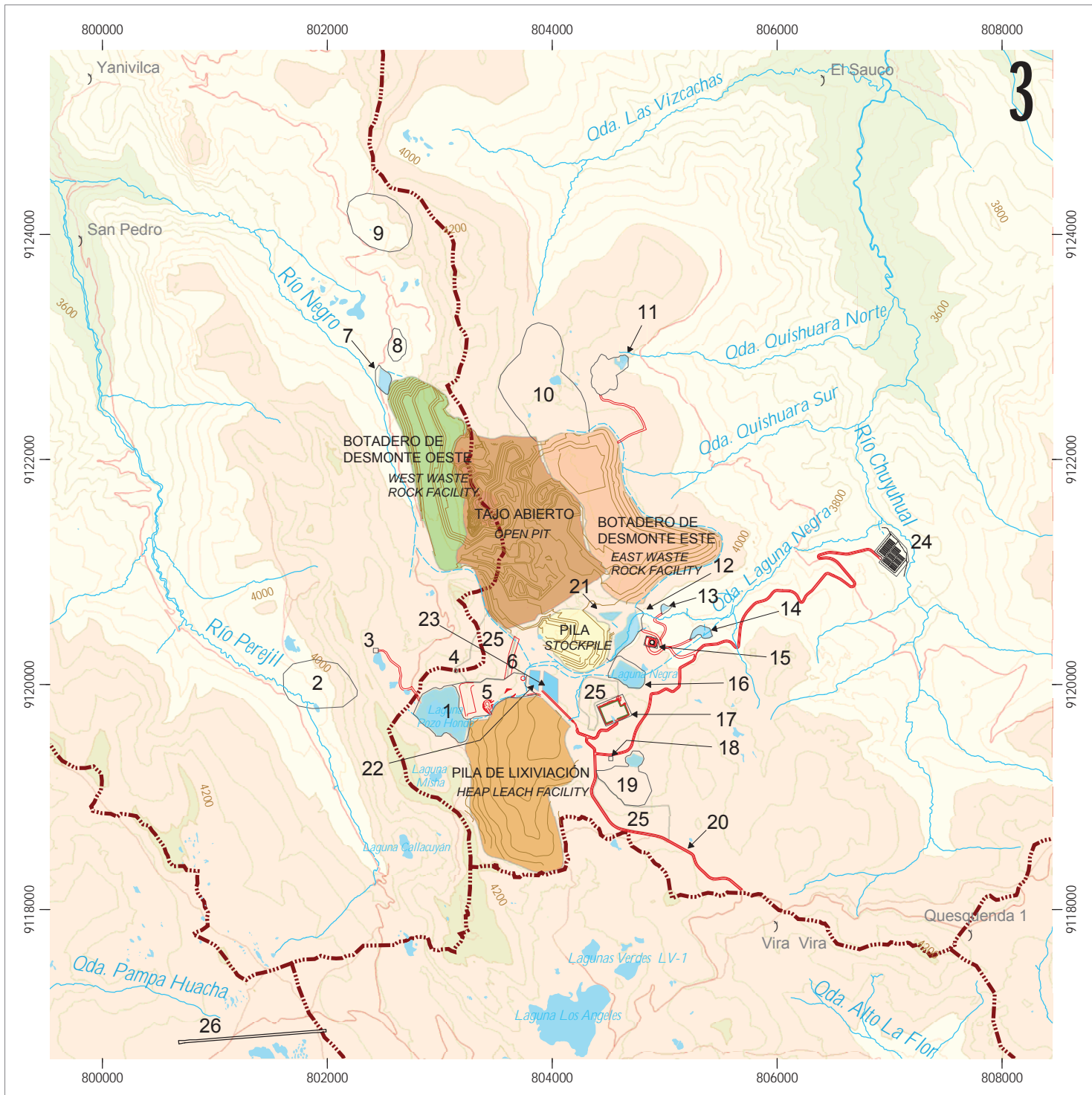
LEYENDA

- LÍMITE DE LA CUENTA (COLOR CÍFRADO) VEA EL APÉNDICE 1 PARA LOS CÁLCULOS DE FLUJO BASE Y ÁREA DE LAS CUENCAS
- ▲ SWH-11 ESTACION QUE CALIBRA DEL FLUJO DEL AGUA SUPERFICIAL
- VEDA (UN ÁREA DE LA DESCARGA DEL FLUJO DE LA AGUA SUBTERRÁNEA)

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
 TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
 DE GRADUACIÓN: PROMOCIÓN 2018-1
 PLAN: MAPA HIDROLÓGICO-CUENCAS
 HIDROGRÁFICAS

ESCALA 1:10000

C6-1



LEYENDA / LEGEND

- 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
- CANAL DE DRENAJE / DRAINAGE CANAL
- VÍAS / ROADS
- INSTALACIONES / FACILITIES

INSTALACIONES	FACILITIES
1	RESERVIORIO DE AGUA / FRESH WATER RESERVOIR
2	ÁREA POTENCIAL DE PRESTAMO / POTENTIAL BORROW SOURCE AREA
3	ALMACEN DE EXPLOSIVOS / EXPLOSIVE MAGAZINE
4	TANQUE DE AGUA PARA CONTROL DE POLVO / DUST CONTROL TANK
5	ÁREA DE MANTENIMIENTO Y CHANCADORA / MINE MAINTENANCE AND CRUSHER AREA
6	CAMINO DE TRANSITO DE CARGA / HAUL ROAD
7	POZA DE SEDIMENTACIÓN OESTE / WEST SEDIMENTATION POND
8	PILA DE SUELO SUPERFICIAL OESTE / WEST TOPSOIL STOCKPILE
9	ÁREA POTENCIAL DE MATERIAL DE MORRENAS / POTENTIAL MORAINES BORROW LOCATION
10	ÁREA POTENCIAL DE PRESTAMO / POTENTIAL BORROW SOURCE AREA
11	PILA DE SUELO SUPERFICIAL ESTE Y POZA DE SEDIMENTACIÓN / EAST TOPSOIL STOCKPILE AND SEDIMENTATION POND
12	POZA DE SEDIMENTACIÓN ESTE / EAST SEDIMENTATION POND
13	POZA DE LODOS / SLUDGE POND
14	POZA DE LIMPIEZA / POLISHING POND
15	PLANTA DE TRATAMIENTO ARD / ARD TREATMENT PLANT
16	LAGUNA NEGRA / LAGUNA NEGRA
17	PLANTA DE PROCESAMIENTO / PROCESS PLANT
18	INCINERADOR / AREA DE COLECCION DE MATERIAL RECLICABLE / INCINERATOR / RECYCLE COLLECTION AREA
19	PILA DE SUELO SUPERFICIAL SUR Y POZA DE SEDIMENTACIÓN / SOUTH TOPSOIL STOCKPILE AND SEDIMENTATION POND

ALTITUDES (msnm) / ELEVATIONS (masl)

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

REFERENCIA / REFERENCE
 Fecha del Mapa Base: Eaglemapping / Fecha Distribución de Instalaciones: - Project Layout Data
 Mapa Base Datos: Eaglemapping
 Datum: SAD 56 Projection: UTM Zone 17



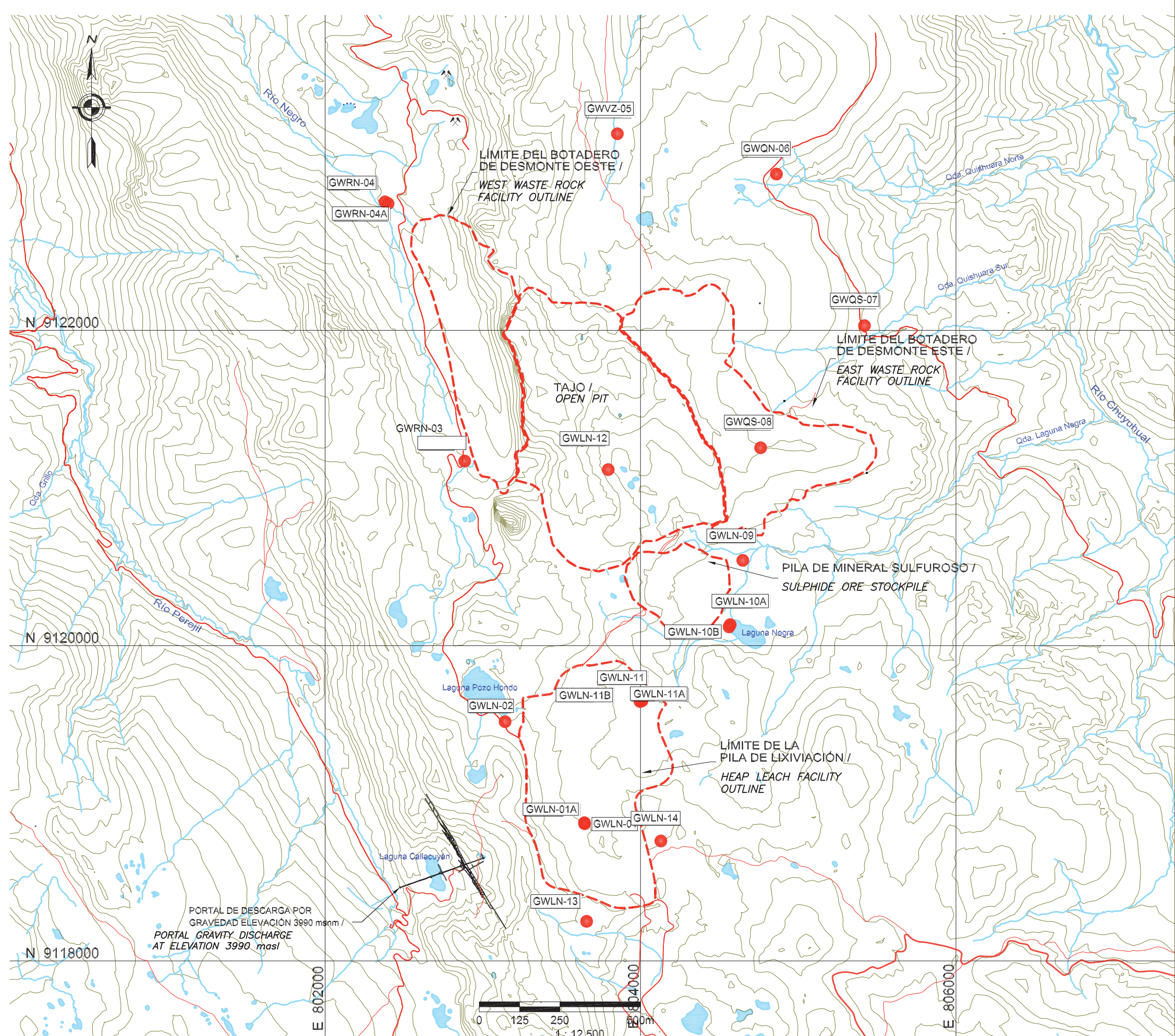
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DELCUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUJO - LA LIBERTAD"







ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIANA ROMERO / SIG: CGS / FECHA: OCTUBRE 2017 / ESCALA: 1:50 000

PLANO **DISTRIBUCION DE LAS INSTALACIONES DEL PROYECTO ALTO CHICAMA ALTO CHICAMA PROJECT LAYOUT**

FUENTE: Información Base Cartografica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por GIP Peru SAC. / FIGURA **C6-2**

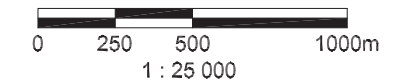


LEYENDA / LEGEND

-  CURVAS DE NIVEL (CADA 25 m) /
CONTOURS (25 m INTERVAL)
-  CARRETERAS /
ROADS
-  RÍOS /
RIVERS
-  GWRN-03 POZOS DE MONITOREO /
GROUNDWATER MONITORING WELL
-  UBICACIÓN DE LAS PRINCIPALES
INSTALACIONES DEL PROYECTO /
MAIN PROJECT FACILITY LOCATIONS
-  GALERÍAS DE LA MINA DE
CARBÓN CALLACUYÁN /
CALLACUYÁN COAL MINE
UNDERGROUND WORKINGS

NOTA / NOTE

- 1.- LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA A LAS COORDENADAS UTM PSAD-56 /
- 1.- THE GRID IS IN THE PSAD-56 UTM COORDINATE SYSTEM
- 2.- TOPOGRAFÍA PROPORCIONADA POR EAGLE MAPPING PERU
- 2.- LAND SURVEY WAS PROVIDED BY EAGLE MAPPING PERU



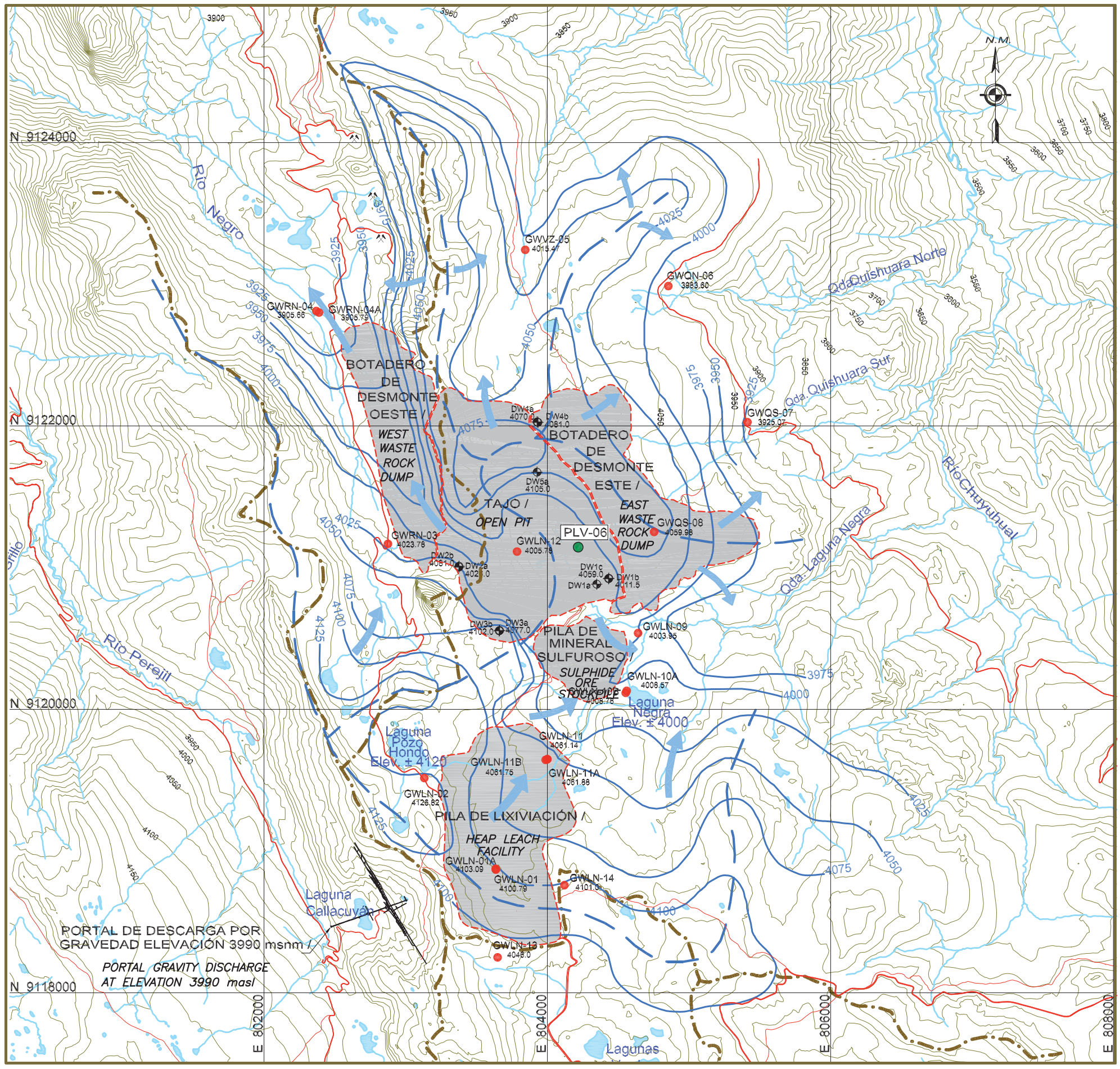
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

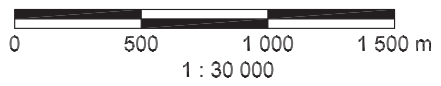
ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIAÑA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:25 000

PLANO **UBICACION DE LOS POZOS DE MONITOREO DE LINEA BASE**
BASELINE MONITORING WELL LOCATIONS

FUENTE: Información Base Cartografica del IGN, Centros poblados INEI, Vias MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Perú SAC. FIGURA **C6-3**



PORTAL DE DESCARGA POR GRAVEDAD ELEVACIÓN 3990 msnm /
PORTAL GRAVITY DISCHARGE AT ELEVATION 3990 masl



LEYENDA / LEGEND

-  CURVAS DE NIVEL (CADA 25 m) /
CONTOURS (25 m INTERVAL)
-  CURVA DE NIVEL INFERIDO DEL AGUA SUBTERRÁNEA (msnm) CADA 25 m /
INFERRED GROUNDWATER LEVEL ELEVATION CONTOUR (masl) 25 m INTERVAL
-  DIVISORIA INFERIDA DEL FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA /
INFERRED GROUNDWATER FLOW DIVIDE
-  DIRECCIÓN INFERIDA DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA /
INFERRED DIRECTION OF BEDROCK GROUNDWATER FLOW
-  RÍOS /
RIVERS
-  GWQS-08 POZOS DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA /
GROUNDWATER MONITORING WELL
-  4059.98 NIVEL DE AGUA (msnm) /
WATER LEVEL (masl)
-  POZOS DE MONITOREO /
DEWATERING MONITORING WELL
-  PLV-06 PLUVIÓMETRO /
RAIN GAUGE
-  UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES PRINCIPALES DEL PROYECTO /
MAIN PROJECT FACILITY LOCATIONS
-  CARRETERAS /
ROADS
-  LÍMITE DE CUENCA /
WATERSHED DIVIDE
-  GALERÍAS DE LA MINA DE CARBÓN CALLACUYÁN /
CALLACUYÁN COAL MINE UNDERGROUND WORKINGS

NOTA / NOTE

- 1.- LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA A LAS COORDENADAS UTM PSAD-56 /
- 1.- THE GRID IS IN THE PSAD-56 UTM COORDINATE SYSTEM

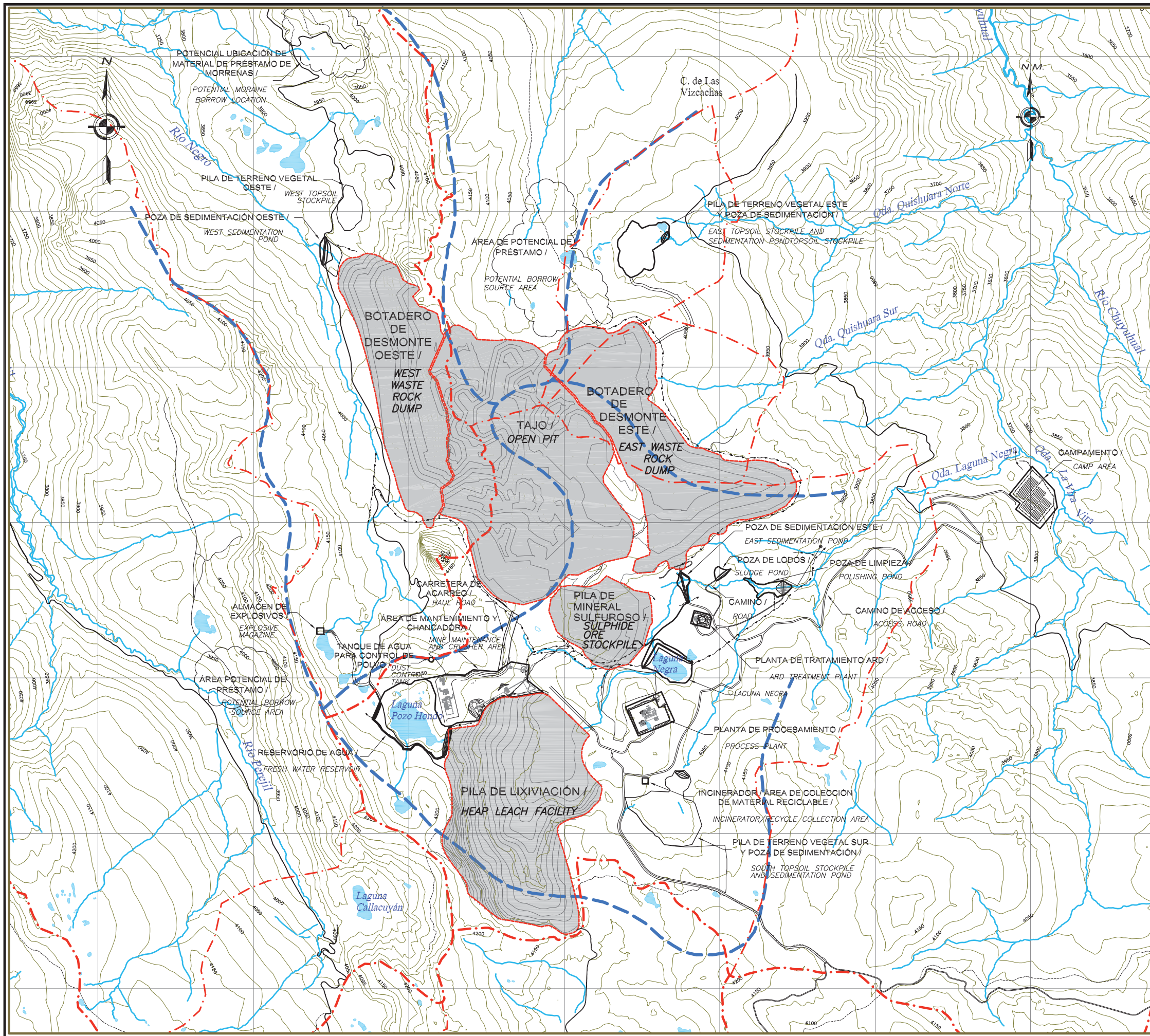
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE CHUCO - LA LIBERTAD"


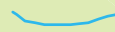




ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
ESCALA: 1:30 000

PLANO **PLANO DE NIVELES INFERIDOS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y DIRECCIONES DE FLUJO EN EL BASAMENTO ROCOSO**
INFERRED BEDROCK GROUNDWATER LEVEL ELEVATION AND FLOW DIRECTION PLAN

FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Perú SAC. FIGURA **C6-7**

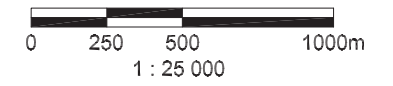


LEYENDA / LEGEND

-  CURVAS DE NIVEL / CONTOURS
-  RÍOS / RIVERS
-  LÍMITE DE CUENCAS PRINCIPALES / MAIN WATERSHED BOUNDARY
-  LÍMITE DE SUBCUENCAS / SUB-WATERSHED BOUNDARY ON-SITE
-  CONTORNO INFERIDO DEL FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA / INFERRED GROUNDWATER FLOW DIVIDE
-  INSTALACIONES DEL PROYECTO DE SIGNIFICANCIA HIDROGEOLÓGICA / PROJECT FACILITIES OF HYDROGEOLOGICAL SIGNIFICANCE

NOTA / NOTE

- 1.- LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA A LAS COORDENADAS UTM PSAD-56 /
- 1.- THE GRID IS IN THE PSAD-56 UTM COORDINATE SYSTEM



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

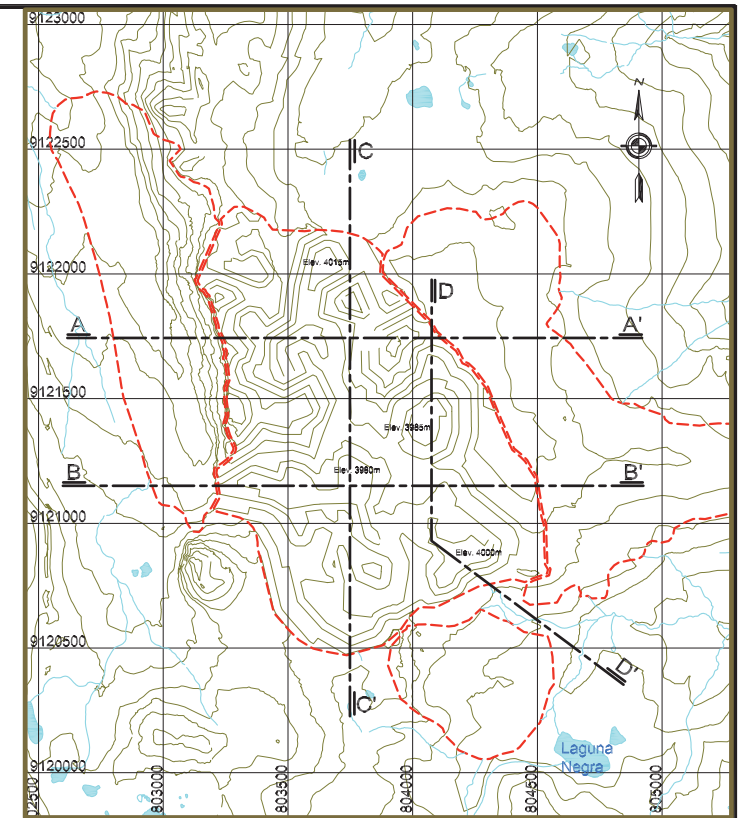
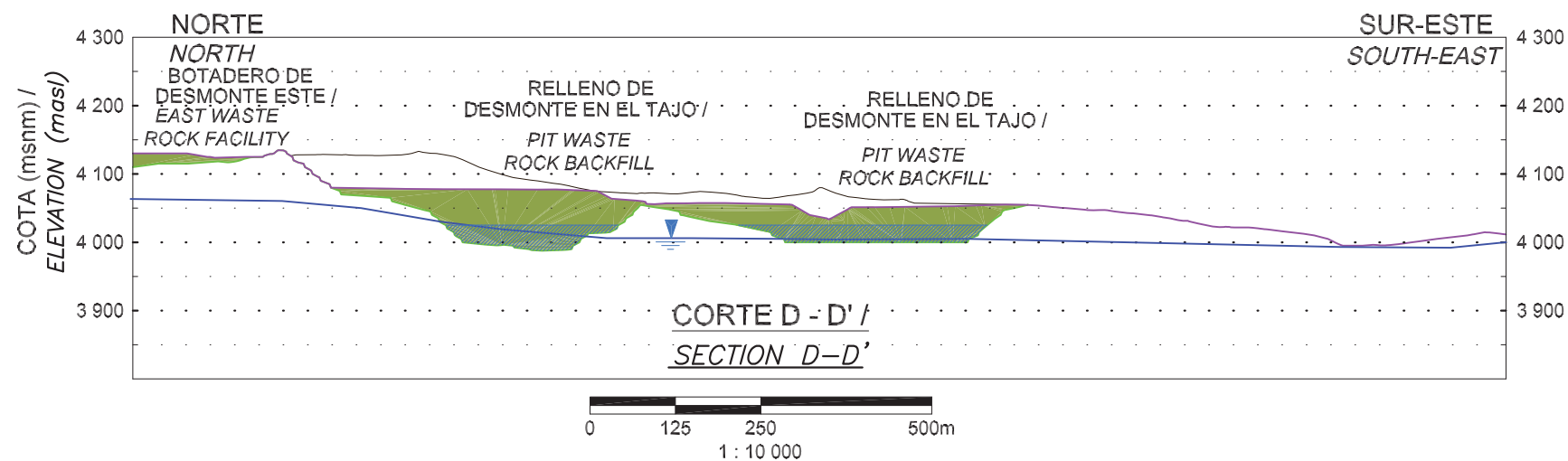
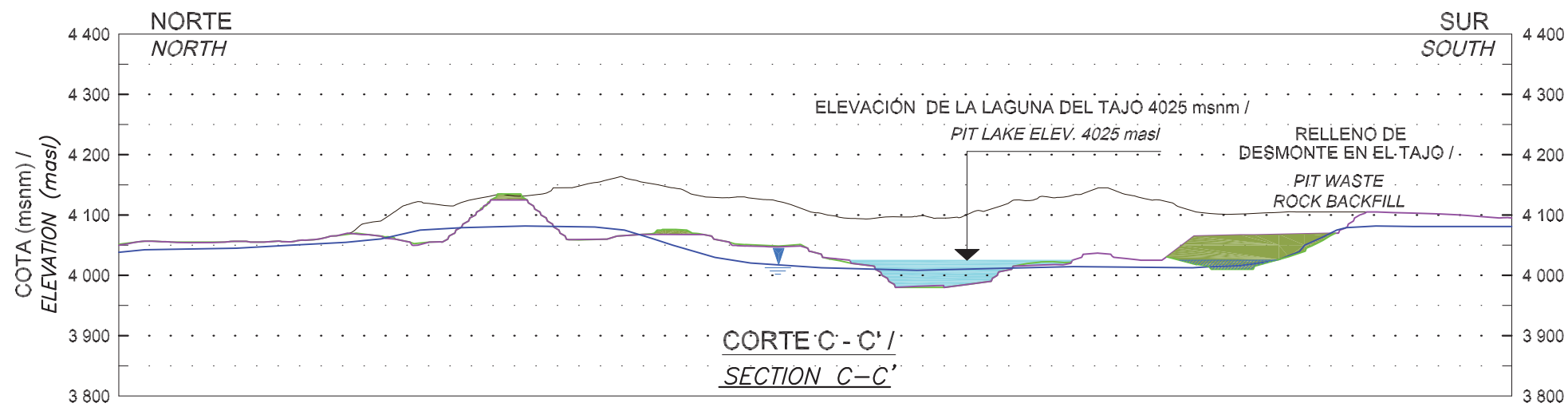
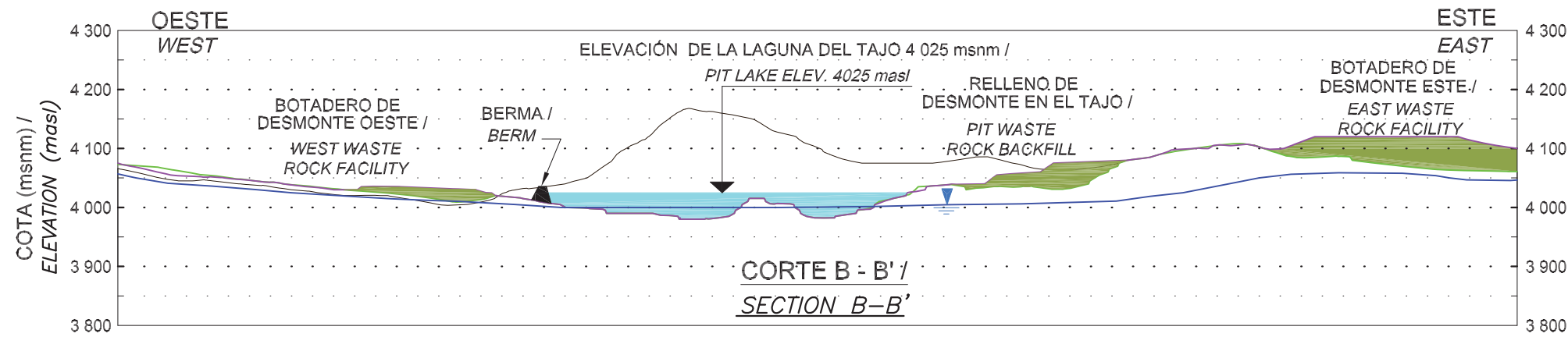
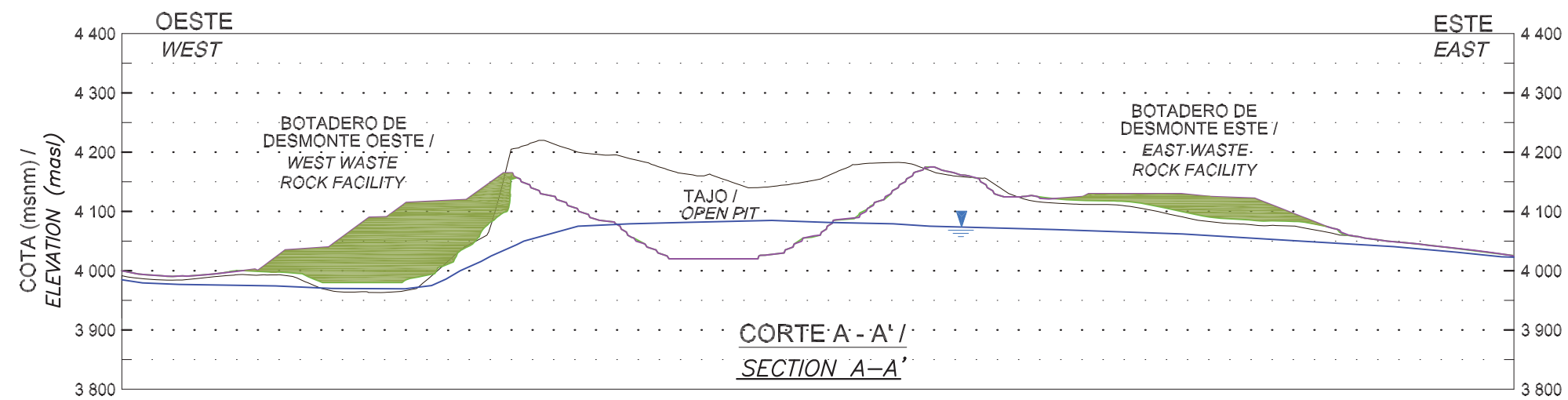
TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIAÑA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 Información complementaria Mina Alto Chicama ESCALA: 1:25 000

PLANO

INSTALACIONES DEL PROYECTO CON IMPORTANCIA HIDROGEOLÓGICA
PROJECT FACILITIES OF HYDROGEOLOGICAL SIGNIFICANCE

FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Actualización de Información por JGP Perú SAC. FIGURA **C6-9**



PLANTA CON SECCIONES / SECTION KEY PLAN

0 250 500 1000m

1 : 30 000

LEYENDA / LEGEND

- SUPERFICIE TERRENO ORIGINAL / ORIGINAL GROUND SURFACE
- TOPOGRAFÍA FINAL DEL TAJÓ / ULTIMATE PIT TOPOGRAPHY
- CIERRE DEL TAJÓ / PIT CLOSURE
- ▼ NIVEL INFERIDO DE AGUA SUBTERRÁNEA / INFERRED EXISTING GROUNDWATER LEVEL ELEVATION
- RELLENO DE DESMONTE / WASTE ROCK BACKFILL
- RELLENO SATURADO DE DESMONTE / SATURATED WASTE ROCK BACKFILL

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

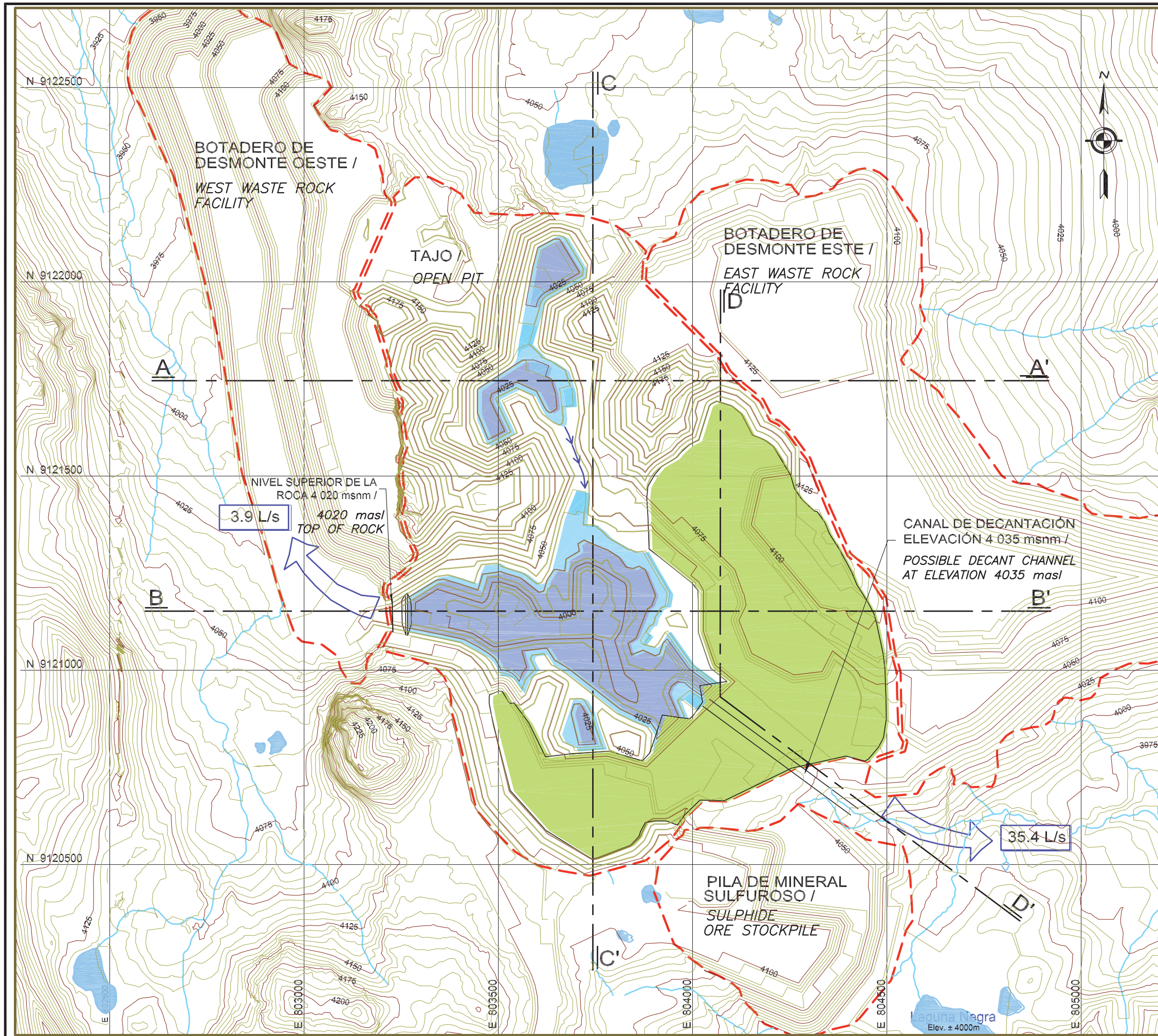
TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIAÑA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
ESCALA: INDICADA

PLANO
**SECCIONES TRANSVERSALES DEL DESARROLLO DEL TAJÓ ABIERTO
OPEN PIT DEVELOPMENT CROSS SECTIONS**

FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Peru SAC.

FIGURA
C6-10



NIVELES DE INUNDACIÓN PROYECTADOS EN LA LAGUNA DEL TAJO / PROJECTED PIT LAKE FLOOD LEVELS

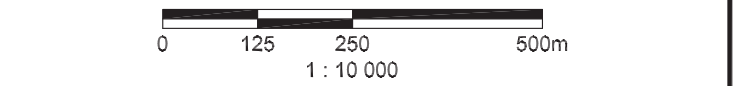
	COTA 4035 msnm / ELEV. 4035 masl
	COTA 4030 msnm / ELEV. 4030 masl
	COTA 4025 msnm / ELEV. 4025 masl
	COTA 4020 msnm / ELEV. 4020 masl

LEYENDA / LEGEND

	RELLENO DE ROCA DESMONTE EN EL TAJO / IN PIT WASTE ROCK BACKFILL
	CURVAS DE NIVEL (CADA 25 m) / CONTOURS (25 m INTERVAL)
	CURVAS DE NIVEL (CADA 5 m) / CONTOURS (5 m INTERVAL)
	UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES PRINCIPALES DEL PROYECTO / MAIN PROJECT FACILITY LOCATIONS
	AUMENTO DEL FLUJO BASE DEL RÍO EN EPOCA DE ESTIAJE PARA Elev. 4025m EN LAGUNA DEL TAJO / DRY SEASON STREAM BASEFLOW AUGMENTATION FOR PIT LAKE ELEVATION 4025 masl

NOTA / NOTE

1.- LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA A LAS COORDENADAS UTM PSAD-56 /
 1.- THE GRID IS IN THE PSAD-56 UTM COORDINATE SYSTEM



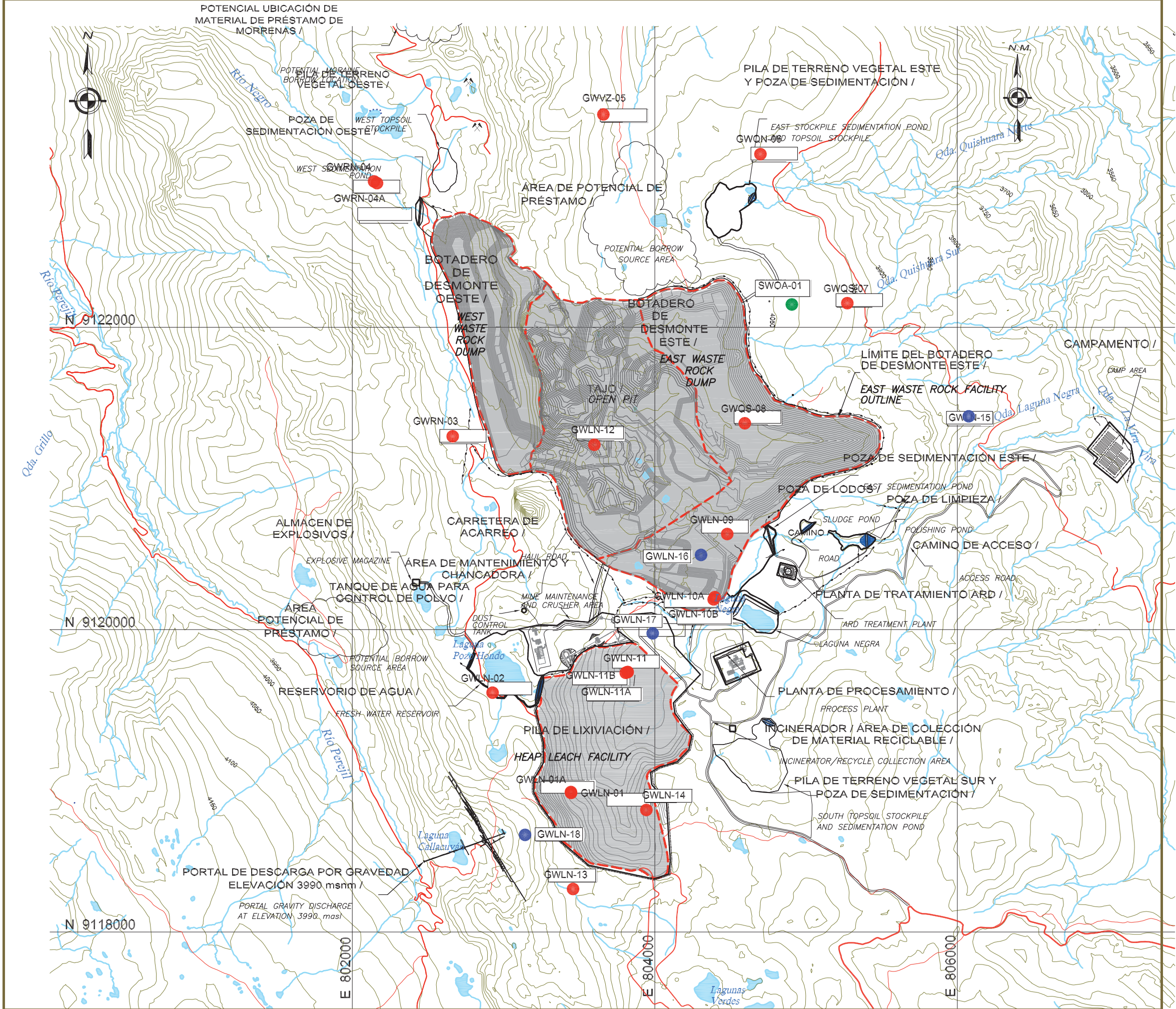
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIAÑA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:10 000

PLANO
CONDICIONES DEL TAJO ABIERTO LUEGO DEL POST CIERRE
POST - CLOSTURE OPEN PIT CONDITIONS

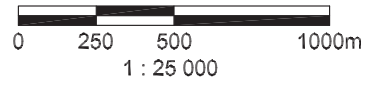
FUENTE: Información Base Cartografica del IGN, Centros poblados INEI, Vias MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Peru SAC. FIGURA **C6-11**



LEYENDA / LEGEND

- CURVAS DE NIVEL (CADA 25 m) / CONTOURS (25 m INTERVAL)
- CARRETERAS / ROADS
- RÍOS / RIVERS
- GWRN-03 POZOS DE MONITOREO / GROUNDWATER MONITORING WELL
- GWRN-17 POZOS DE MONITOREO PROPUESTOS / PROPOSED GROUNDWATER MONITORING WELL
- SWOA-01 MANANTIAL / SPRING
- UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES PRINCIPALES DEL PROYECTO / MAIN PROJECT FACILITY LOCATIONS
- GALERÍAS DE LA MINA DE CARBÓN CALLACUYÁN / CALLACUYAN COAL MINE UNDERGROUND WORKINGS

- NOTA / NOTE**
- 1.- LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA A LAS COORDENADAS UTM PSAD-56 /
 - 1.- THE GRID IS IN THE PSAD-56 UTM COORDINATE SYSTEM
 - 2.- TOPOGRAFÍA PROPORCIONADA POR EAGLE MAPPING PERU
 - 2.- LAND SURVEY WAS PROVIDED BY EAGLE MAPPING PERU (2002)



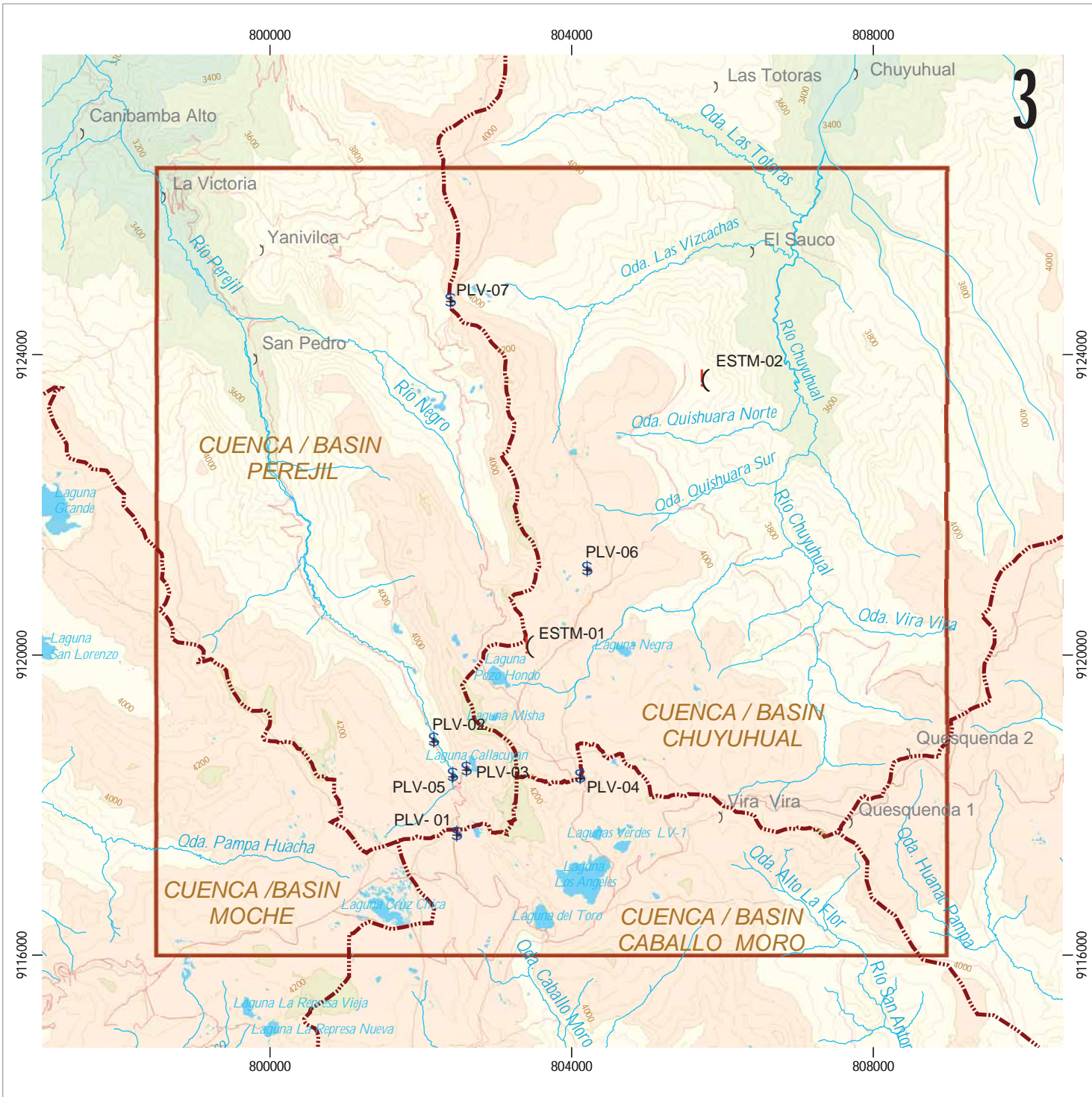
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIAÑA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:25 000

PLANO **PLAN PROPUESTO PARA LA UBICACION DE POZOS DE MONITOREO**
PROPOSED MONITORING WELL LOCATION PLAN

FUENTE: Información Base Cartografica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Perú SAC. FIGURA **C6-12**



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
-) ESTACIONES METEOROLÓGICAS / METEOROLOGICAL STATIONS
- \$ ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS / RAIN GAUGES

ALTITUDES (msnm) / ELEVATIONS (masl)

	3000
	3200
	3400
	3600
	3800
	4000
	4200



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

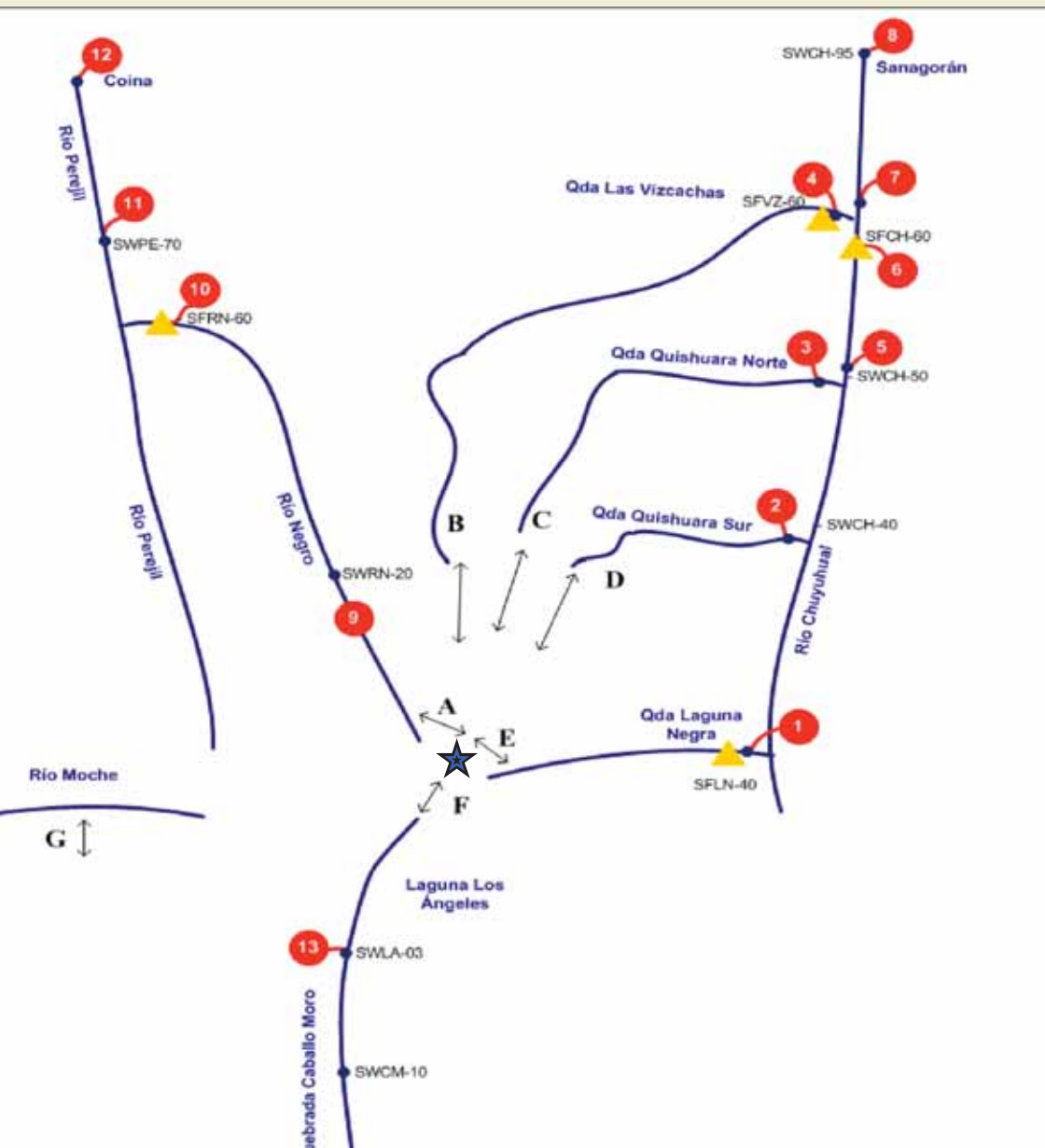
TÍTULO: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD
ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
ESCALA: 1:75 000

PLANO
ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y PLUVIOMÉTRICAS

ON-SITE METEOROLOGICAL STATIONS AND RAIN GAUGES

FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros topográficos INEL, Viam MTC, Información complementaria Miva Alto Chicama, Actualización de Información por GDF Para SAC.

FIGURA **C9-1**



LEYENDA / LEGEND

- ★ PROYECTO ALTO CHICAMA / ALTO CHICAMA PROJECT
- ▲ ESTACIONES DE FLUJO / FLOW STATIONS
- ESTACIONES DE CALIDAD / QUALITY STATIONS
- ① PUNTOS DE EVALUACIÓN / ASSESSMENT LOCATION
- ↔ INTERACCIÓN POTENCIAL DEL PROYECTO / POTENTIAL PROJECT INTERACTION



LEYENDA / LEGEND

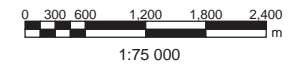
- ÁREA DE ESTUDIO LOCAL / LOCAL STUDY AREA
- LAGUNAS / LAKES
- POBLADOS / VILLAGES
- LÍMITE DE CUENCAS / WATERSHEDS
- CURVAS DE NIVEL (200 m) / CONTOURS (200 m)
- CURVAS DE NIVEL (50 m) / CONTOURS (50 m)
- RÍOS / STREAMS
- VÍAS / ROADS

PUNTOS DE MONITOREO DEL AGUA SUPERFICIAL / SURFACE WATER MONITORING LOCATIONS

- RÍOS O QUEBRADAS / RIVER OR CREEK
- MANANTIAL O LAGUNA / SPRING / SEEP OR POND
- LAGOS / LAKES
- BOCAMINAS / ADIT
- ⊘ VERTEDEROS / WEIRS

ALTITUDES (msnm) / ELEVATIONS (masl)

3000
3200
3400
3600
3800
4000
4200



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

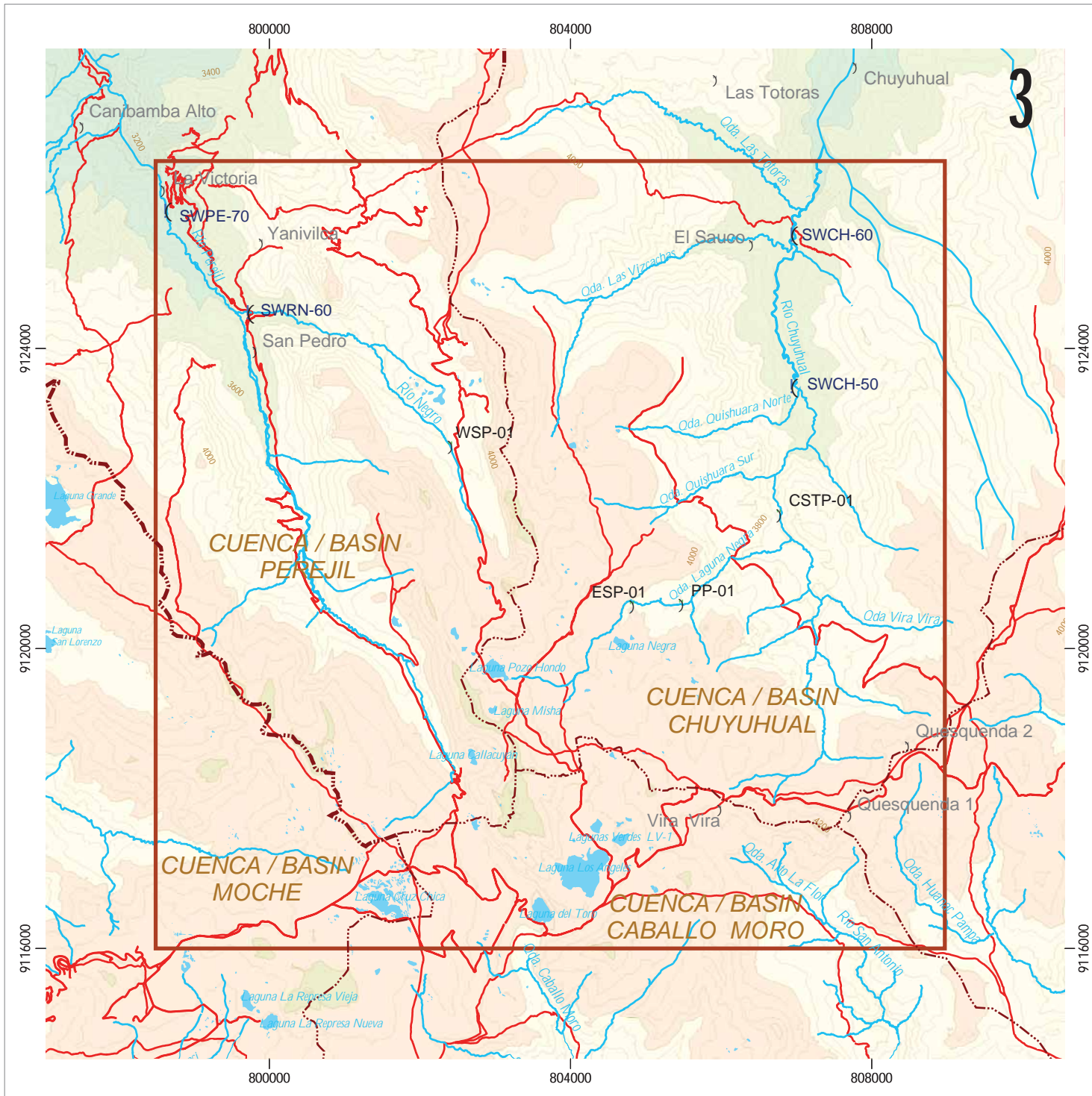
TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTHER VIANA ROMERO SIG: C/S FECHA: OCTUBRE 2017
ESCALA: 1:75 000

PLANO
UBICACION DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DEL AGUA SUPERFICIAL EN EL AREA DE ESTUDIO LOCAL
LOCAL STUDY AREA SURFACE WATER MONITORING LOCATIONS

FUENTE: Información Base Cartografica del IGN, Centros poblados INEL Vías MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Peru S.A.C.

FIGURA
C9-4



LEYENDA / LEGEND

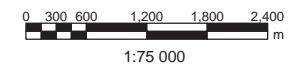
- ÁREA DE ESTUDIO LOCAL / LOCAL STUDY AREA
- LAGUNAS / LAKES
-) POBLADOS / VILLAGES
- LÍMITE DE CUENCAS / WATERSHEDS
- CURVAS DE NIVEL (200 m) / CONTOURS (200 m)
- CURVAS DE NIVEL (50 m) / CONTOURS (50 m)
- RÍOS / STREAMS
- VÍAS / ROADS

UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO / MONITORING STATIONS LOCATIONS

-) CALIDAD DE AGUA / WATER QUALITY
- (CALIDAD Y FLUJO DE AGUA / WATER FLOW AND QUALITY

ALTITUDES (msnm) / ELEVATIONS (masl)

3000
3200
3400
3600
3800
4000
4200



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

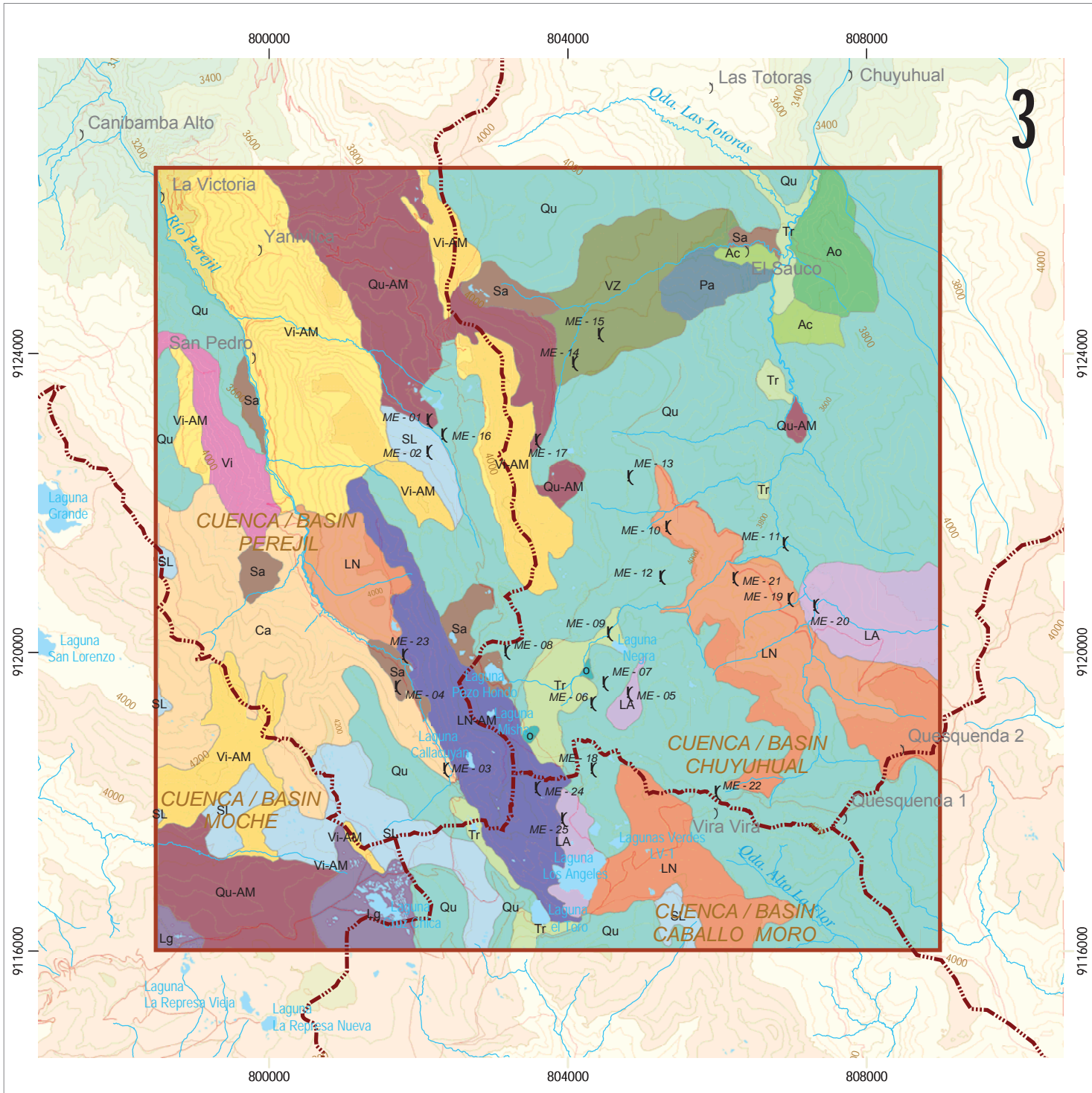
TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUWILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: BAZZ, ALAIN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:75 000

PLANO
UBICACION DE LOS PUNTOS DE EVALUACION DEL AGUA SUPERFICIAL
 WATER ASSECCMENT LOCATIONS

FUENTE: Información Base Cartografica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC.
 Información complementaria: Misa Abo Chicama Actualización de Información por JGP Peru SAC.

FIGURA **C9-7**

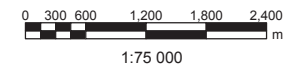


LEYENDA / LEGEND

- 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)



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

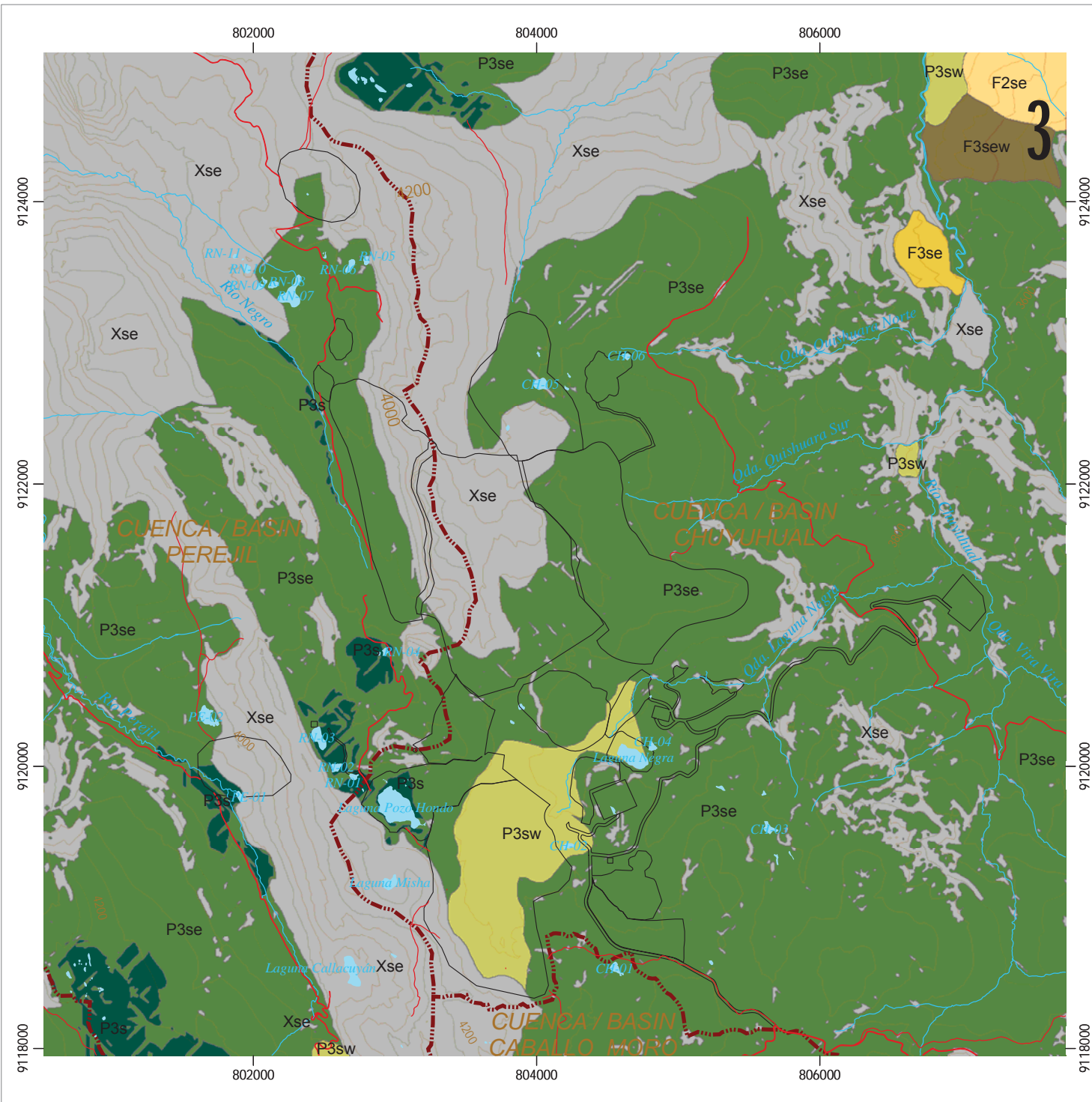
TÍTULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VÍAS ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 75 000

PLANO
PUNTOS DE MUESTREO DE SUELOS PARA ANÁLISIS DE METALES
SOIL SAMPLING POINTS FOR METAL CONTENT ANALYSIS

FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Mina Alto Chicama Actualización de Información por JGP Piro SAC.

FIGURA
C8-2

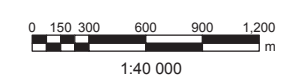


LEYENDA / LEGEND

- 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)
- RIOS / STREAMS
- VIAS / ROADS

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

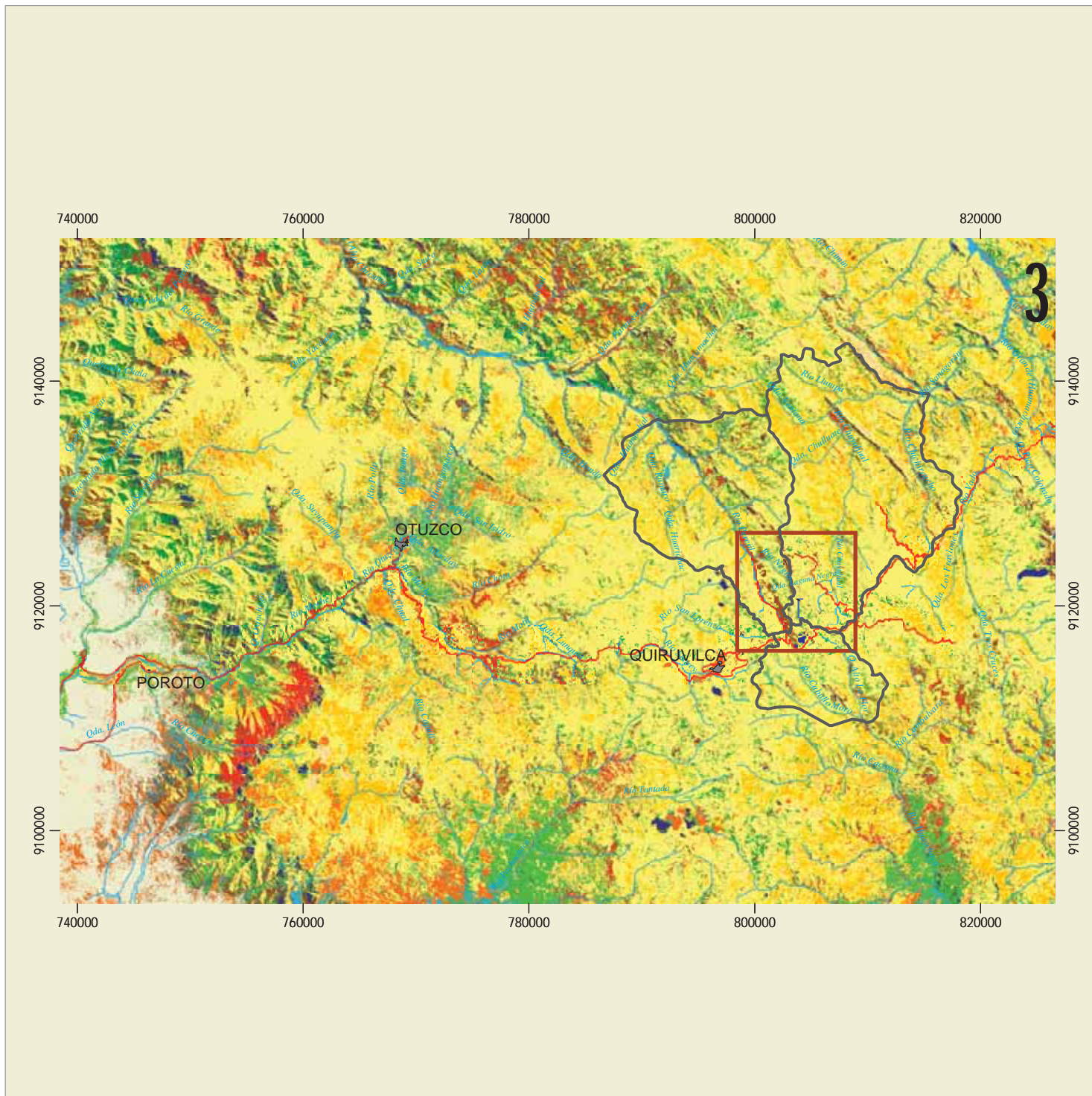
TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: Bach. ALAN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CIGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:40 000

PLANO
CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA AFECTADA POR LAS INSTALACIONES DEL PROYECTO
LAND USE CAPABILITY AFFECTED BY THE PROJECT LAYOUT

FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC.
 Información complementaria: Minedu, Misa Alto Chicama
 Actualización de Información por JGP Perú SAC.

FIGURA **C8-5**

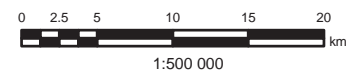


LEYENDA / LEGEND

- ÁREA DE ESTUDIO REGIONAL / REGIONAL STUDY AREA
- ÁREA DE ESTUDIO LOCAL / LOCAL STUDY AREA
- └┘ PROYECTO ALTO CHICAMA / ALTO CHICAMA PROJECT
- VÍAS / ROADS
- RÍOS / RIVERS

CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION

- PAJONAL / GRASSLAND
- ROQUEDAL / ROCKLAND
- BOFEDAL / WETLANDS
- BOSQUE / FOREST
- CULTIVOS Y ÁREA USADA / AGRICULTURE
- CARRETERAS, OTROS / ROADS, URBAN AND INDUSTRIAL
- VEGETACIÓN XEROFÍTICA / XEROPHITIC VEGETATION
- TIERRAS ÁRIDAS / ARID LANDS
- RÍOS, LAGOS / RIVERS, LAKES



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

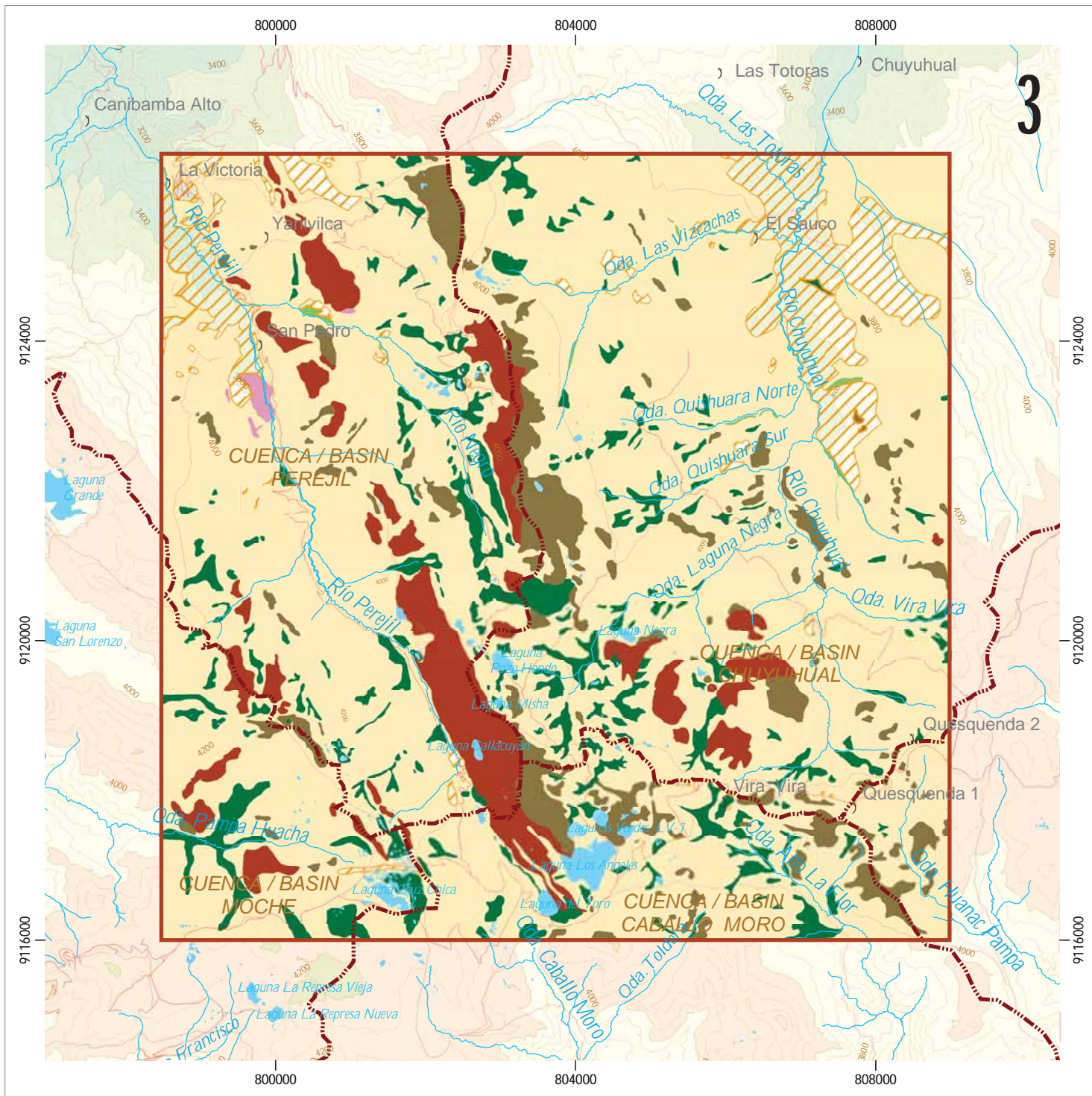
ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:500 000

PLANO
MAPA DE VEGETACION REGIONAL
 REGIONAL VEGETATION MAP

FUENTE: Información Base Cartografica del IGN, Centros poblados INEI, Vías MTC, Información complementaria Mesa Alto Chicama Actualización de Información por JGP Pesi, SAC.

FIGURA

D2-1

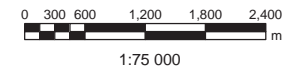


LEYENDA / LEGEND

- 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**

MAPA DE VEGETACIÓN / VEGETATION MAP

- AGRICULTURA CON ALTERACIÓN / AGRICULTURAL OR DISTURBED**
- BOSQUE / FOREST**
- PAJONAL / GRASSLAND**
- LAGOS Y RÍOS / LAKES AND RIVERS**
- ROQUEDAL / ROCKLAND**
- BOFEDAL / WETLAND**
- ARBUSTO / SHRUBLAND**
- PEDREGAL / STONE FIELD**



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

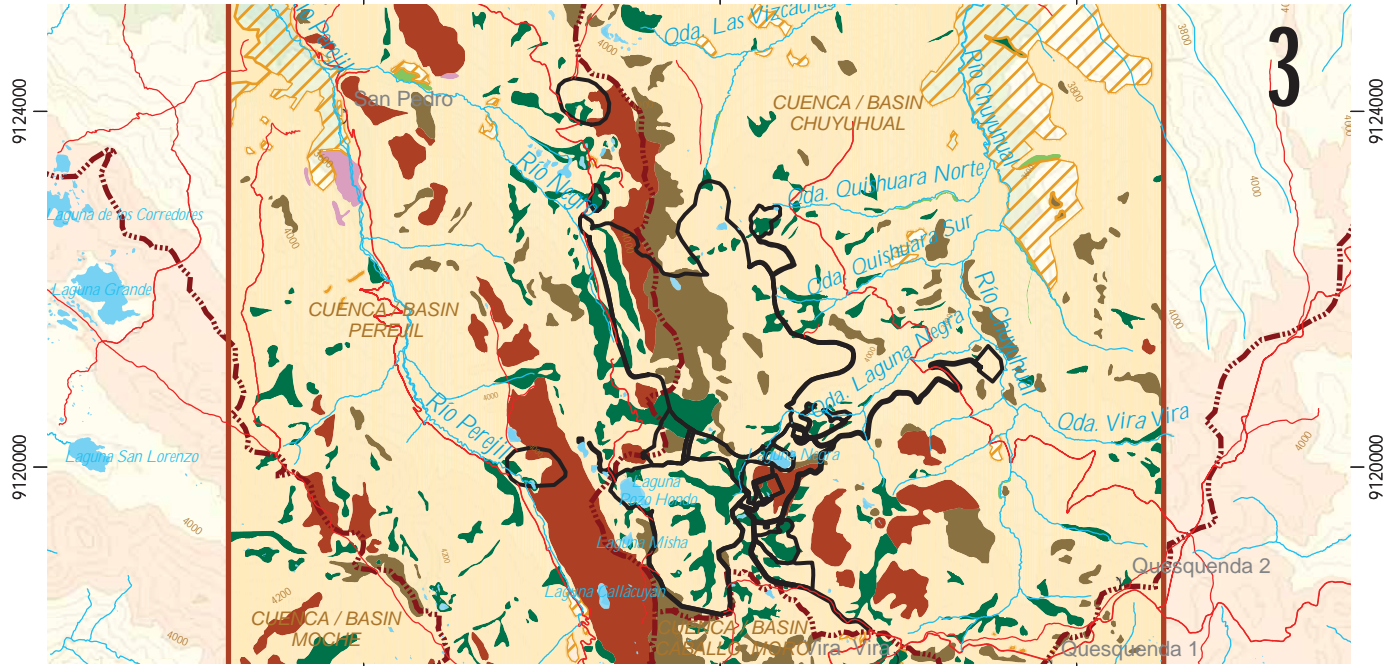
ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:75 000

PLANO
MAPA DE VEGETACION LOCAL
LOCAL VEGETATION MAP

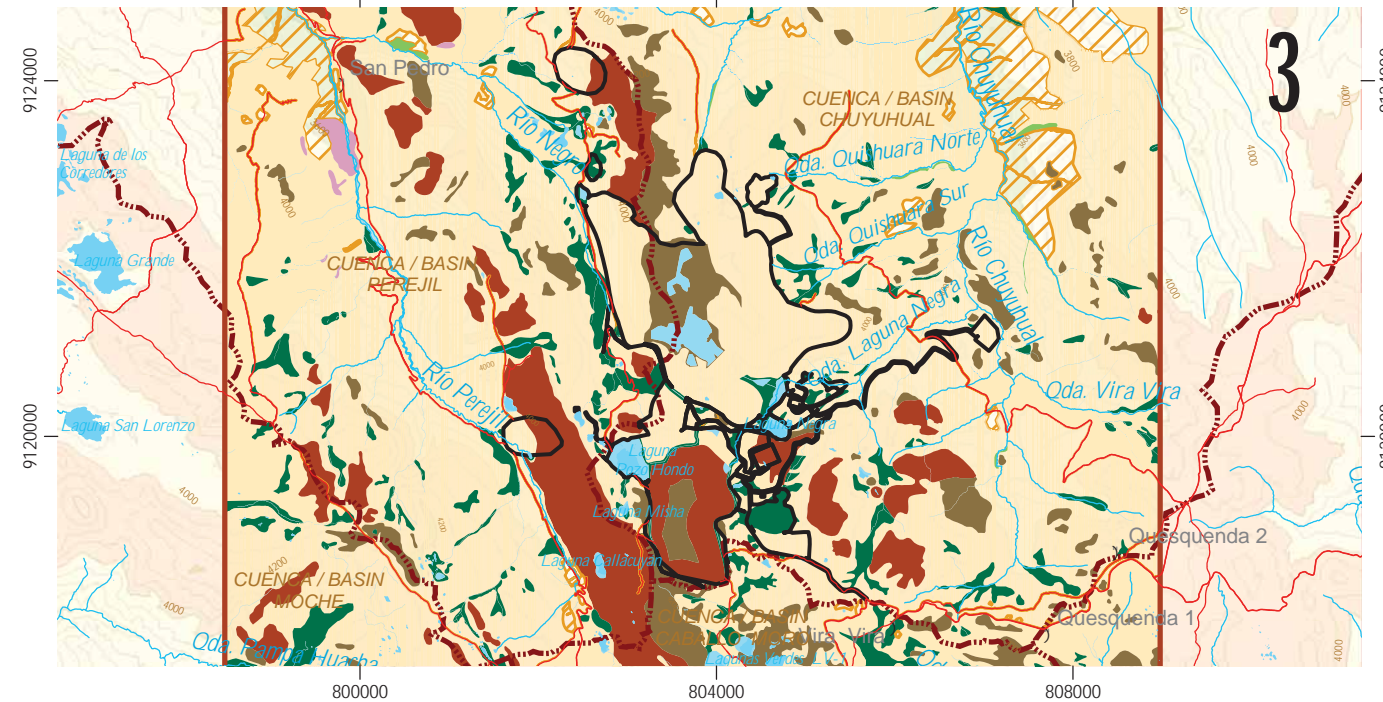
FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Centros poblados INEI Vias MTC.
 Información complementaria Misa Alto Chicama
 Actualización de Información por JGP Peru SAC.

FIGURA
D2-2

BASELINE

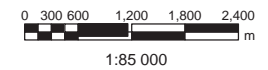


CLOSURE



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 / FACILITIES
- MAPA DE VEGETACIÓN / VEGETATION MAP**
- AGRICULTURA CON ALTERACIÓN / AGRICULTURAL OR DISTURBED
 - BOSQUE / FOREST
 - PAJONAL / GRASSLAND
 - LAGOS Y RÍOS / LAKES AND RIVERS
 - ROQUEDAL / ROCKLAND
 - BOFEDAL / WETLAND
 - ARBUSTO / SHRUBLAND
 - PEDREGAL / STONE FIELD

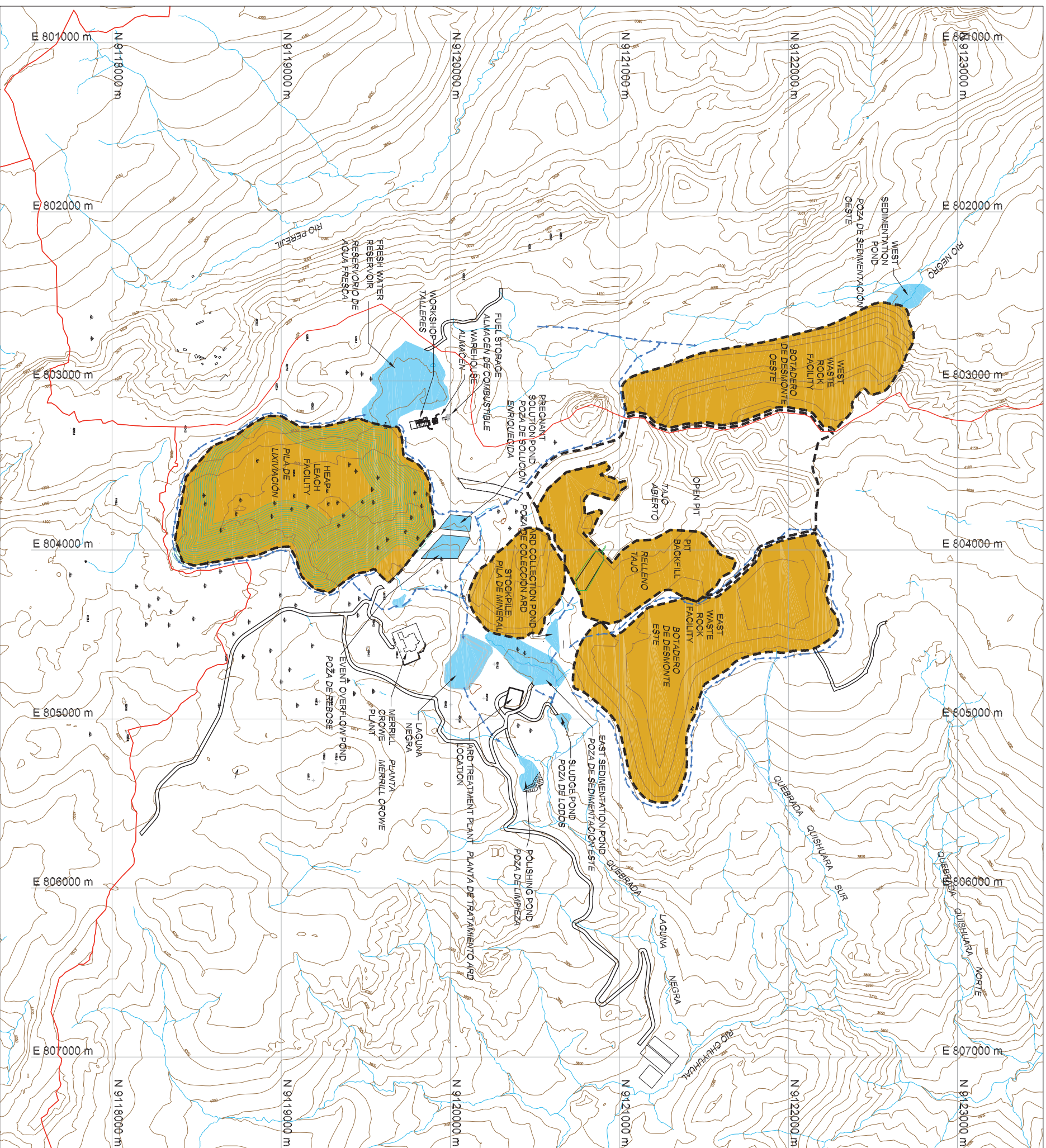


UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUIRUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"
 ELABORADO POR: Bach. ALAIN KLEVERTH VIANA ROMERO (SIG, CGS) FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:85 000

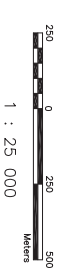
PLANO
**TIPOS DE VEGETACION LINEA
 BASE Y CIERRA
 VEGETATION TYPES
 BASELINE AND CLOSURE**

FUENTE: Información Base Cartografica del IGN, Centros poblados INEL Vías MTC.
 Información complementaria Mina Alto Chicama
 Actualización de Información por JSP Perú S.A.C. FIGURA **D2-5**



LEGEND
LEYENDA

- EXISTING GROUND CONTOUR (25 m) CONTOURNO EXISTENTE (25 m)
- APPROXIMATE FACILITY FOOTPRINTS TRAZA APROXIMADA DE INSTALACIONES
- PRE-MINING WATERSHED BOUNDARIES LIMITES DE CUENCAS ANTES DE LA EXPLOTACION
- WATER DIVERSION CHANNEL CANAL DE DERIVACION PARA CIERRE
- WASTE ROCK, STOCKPILE HEAP LEACH, BACKFILL FACILITIES BOTADERO DE DESMONTES PILA DE LAVIVACION, RELLENO DE TAJOS
- ACCESS ROADS CAMINOS DE ACCESO



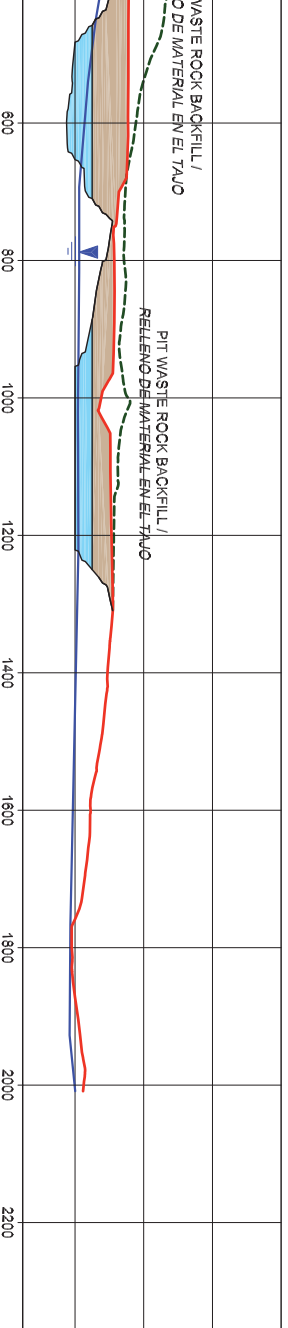
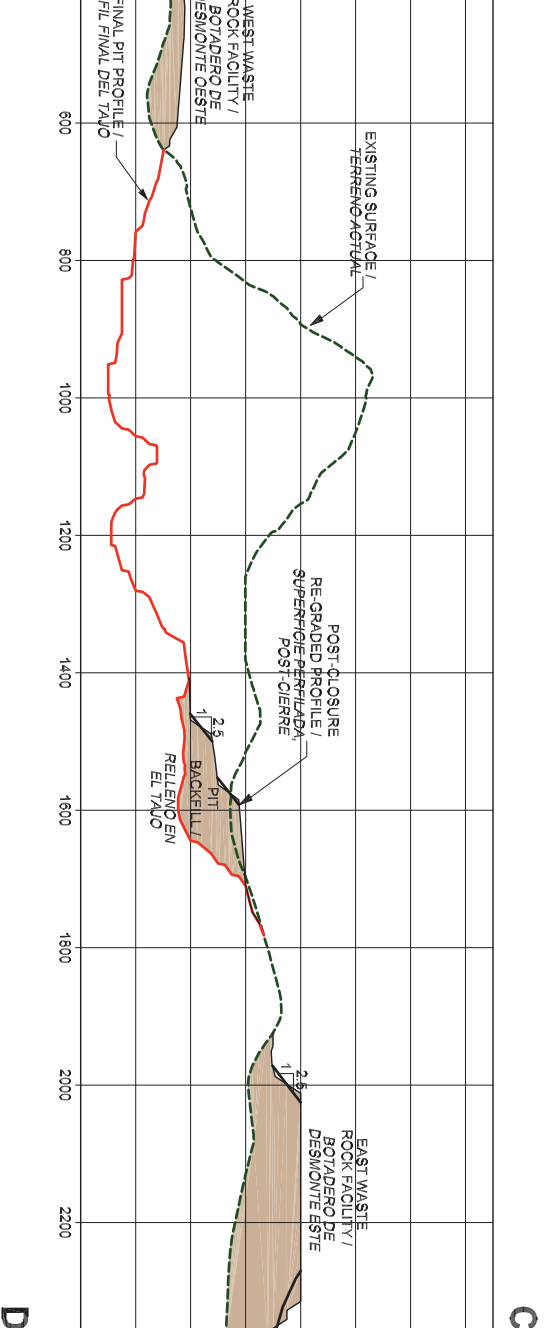
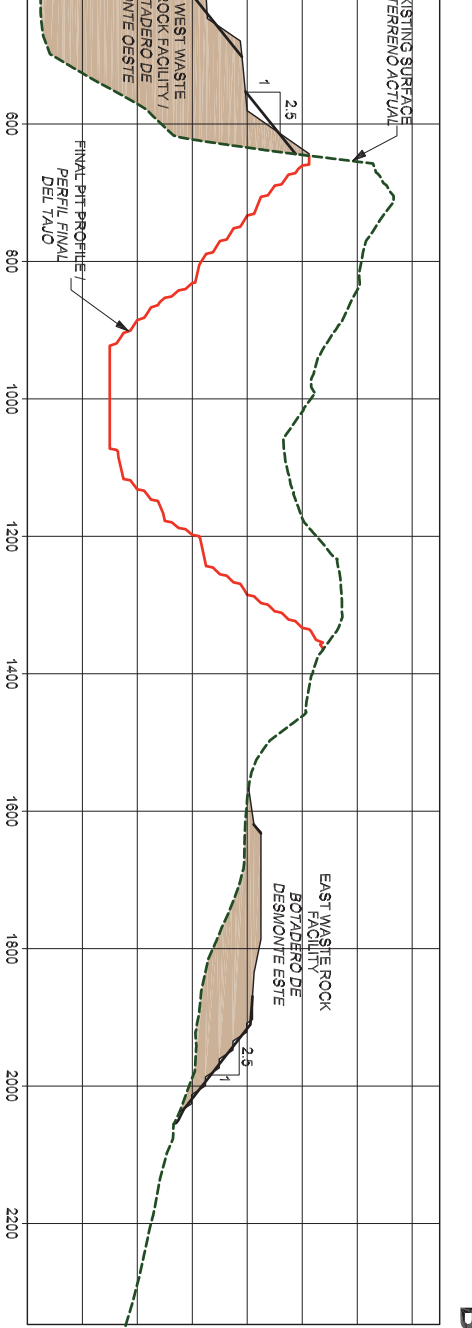
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSUCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QURUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCCO - LA LIBERTAD"
 ELABORADO POR: BARRON, ALVIN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CDS FECHA: OCTUBRE 2017
 ESCALA: 1:500 000

PLANO
MAPA PLAN DE DESVIO DE AGUAS SUPERFICIALES PARA OPERACIONES
SITE - WIDE PLAN PRIOR TO CLOSURE ACTIVITIES

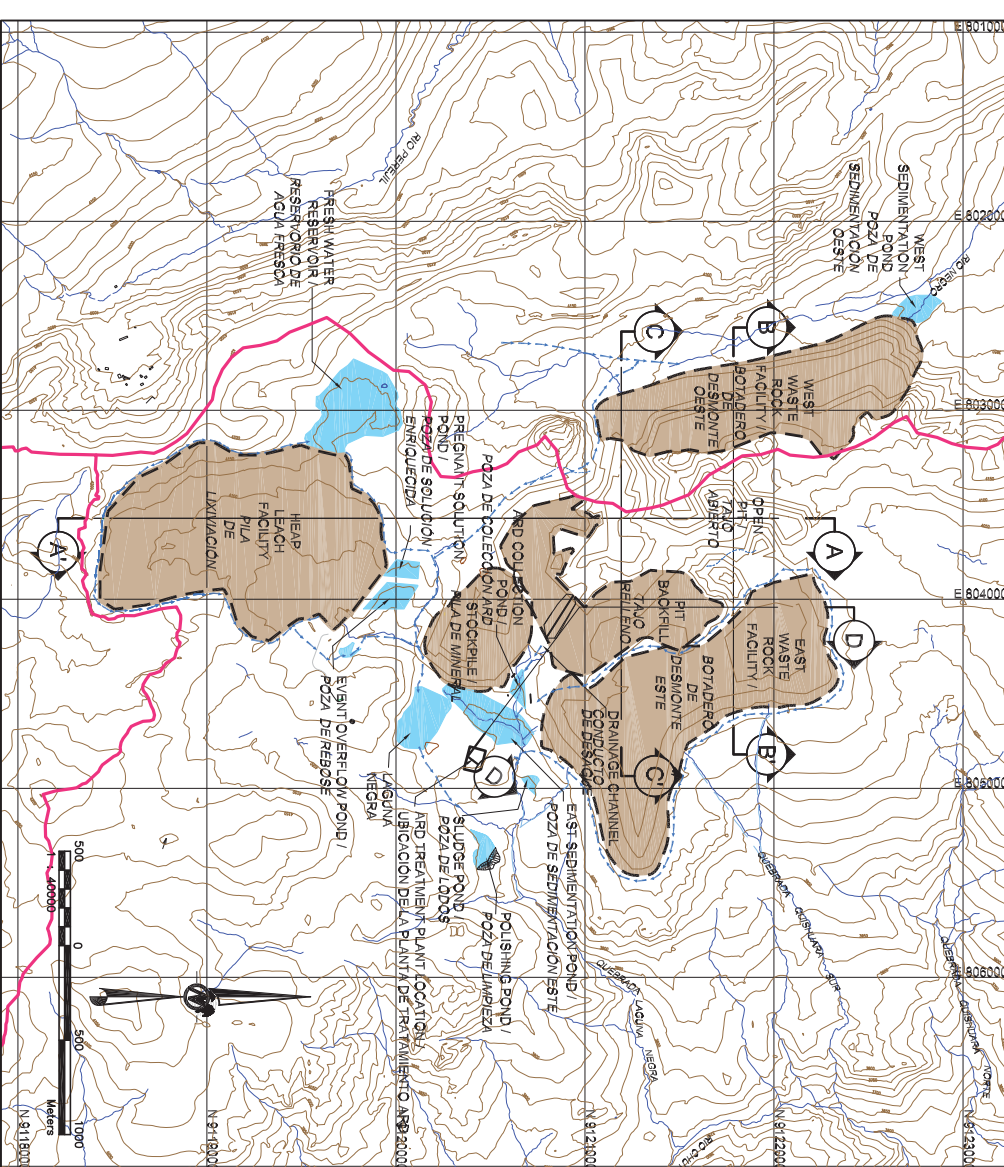
FUENTE: Informacion Base Cartografica del IGN, Centros poblados INEI, Vias MTC.
 Informacion complementaria Minas Alto Chisama
 Actualizacion de informacion por JGP Piedra SAC.

FIGURA
PC2-1



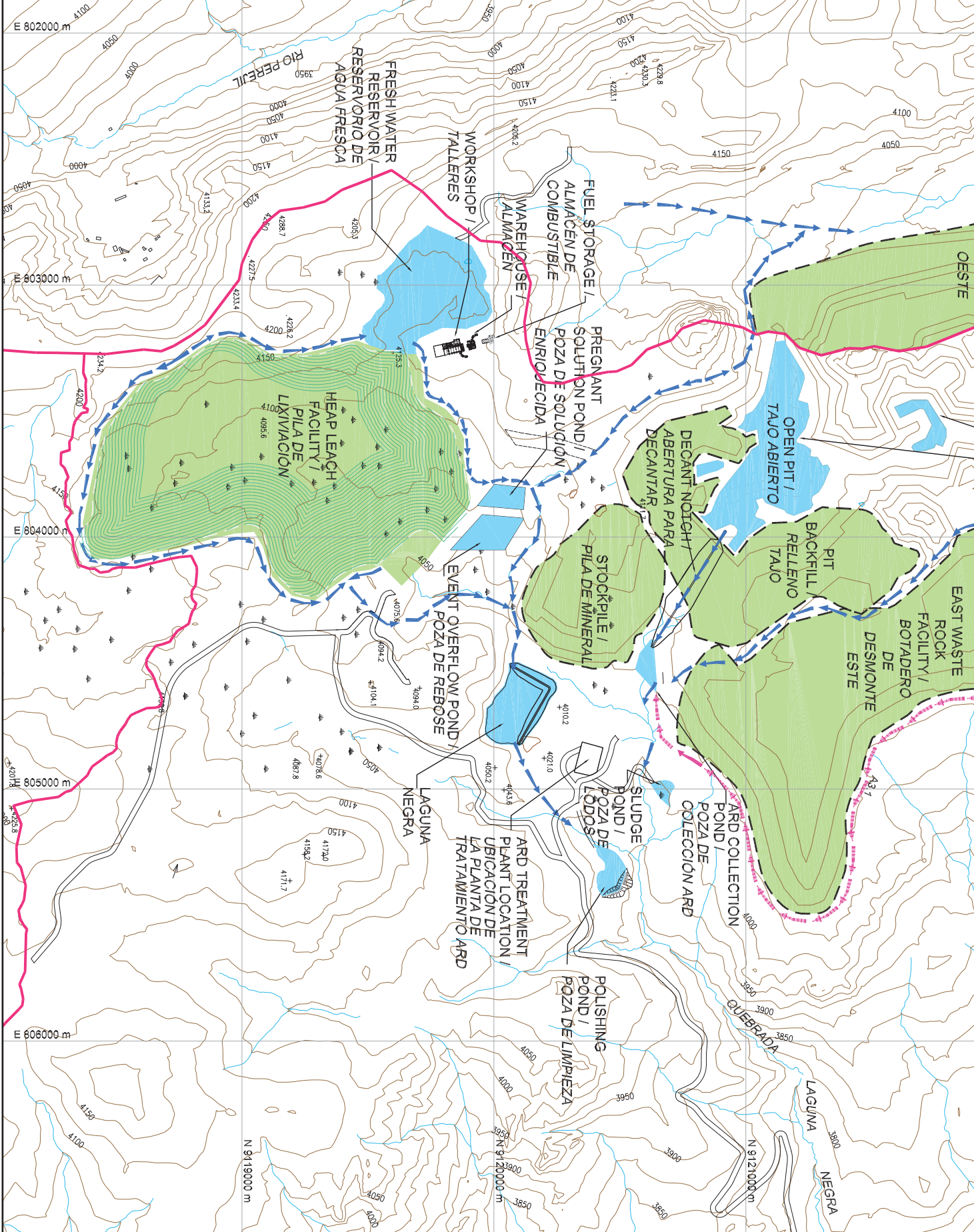
REFERENCES / REFERENCIAS
 1. BASE TOPOGRAPHY WAS PROVIDED BY BARRICK GOLD CORPORATION.
 1. BASE TOPOGRAFICA PROPORCIONADA POR BGC.

- WASTE ROCK STOCKPILE / BOTADERO DE DESMONTAJE / PILA DE LIXIVIACION, RELLENADO EN EL TAJAO
- SATURATED WASTE ROCK BACKFILL / RELLENADO DE DESMONTAJE SATURADO EN EL TAJAO



- LEGEND / LEYENDA**
- EXISTING GROUND CONTOUR (25 m) / CURVAS DE NIVEL DEL TERRENO ACTUAL (25 m)
 - APPROXIMATE FACILITY FOOTPRINTS / AREA APROXIMADA DE LAS INSTALACIONES
 - PRE-MINING WATERSHED BOUNDARIES / LIMITES DE LAS CUENCAS ANTES DE LA EXPLOTACION
 - WATER DIVERSION CHANNEL FOR CLOSURE / POST-CLOSURE CANAL DE DESVIACION PARA CIERRE / POST-CIERRE
 - EXISTING SURFACE PROFILE / PERFIL TERRENO ACTUAL
 - PIT PROFILE / PERFIL DEL TAJAO
 - END OF MINING PROFILE / PERFIL FINAL DE LA EXPLOTACION
 - POST-CLOSURE REGRADED PROFILE / PERFIL DEL POST-CIERRE
 - INFERRED EXISTING GROUNDWATER LEVEL ELEVATION / NIVEL ACTUAL INFERIDO DEL AGUA SUBTERRANEA

NIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
ESUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
TITULO: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QUINTAVILA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD Elaborado por: BASH, ALAN KLEVERTH VIANA ROMERO SIG: CSS FECHA: OCTUBRE 2017	
SECCIONES TRANSVERSALES DE PRE-MINADO Y POST-CIERRE CROSS SECTIONS SHOWING PRE-MINING OPERATIONS AND POST CLOSURE CONDITIONS	FUENTE: Información Base Computarizada del IGN, Contorno poblesados (Nivel), Vías MTG, Información complementaria Mapa Alto Chicama Actualización de Información por JSP Perúv. S.A.C.
PLANO	FIGURA
PC5-1	



CON RE-VEGETACION
 ACCESS ROADS /
 CAMINOS DE ACCESO



NIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCUO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

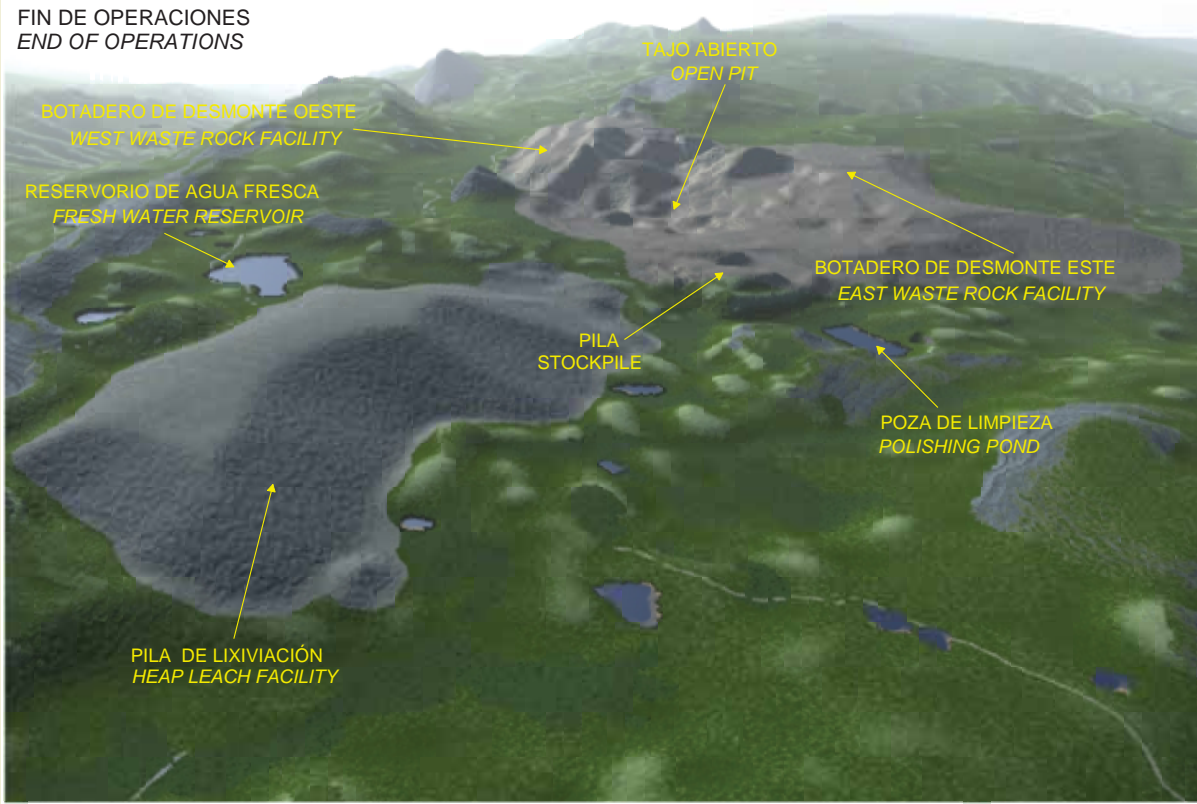
TITULO: "ESTUDIO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE QURUVILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD"

ELABORADO POR: BACH. ALAIN KLEVERTH VIAÑA ROMERO SIG: CGS FECHA: OCTUBRE 2017

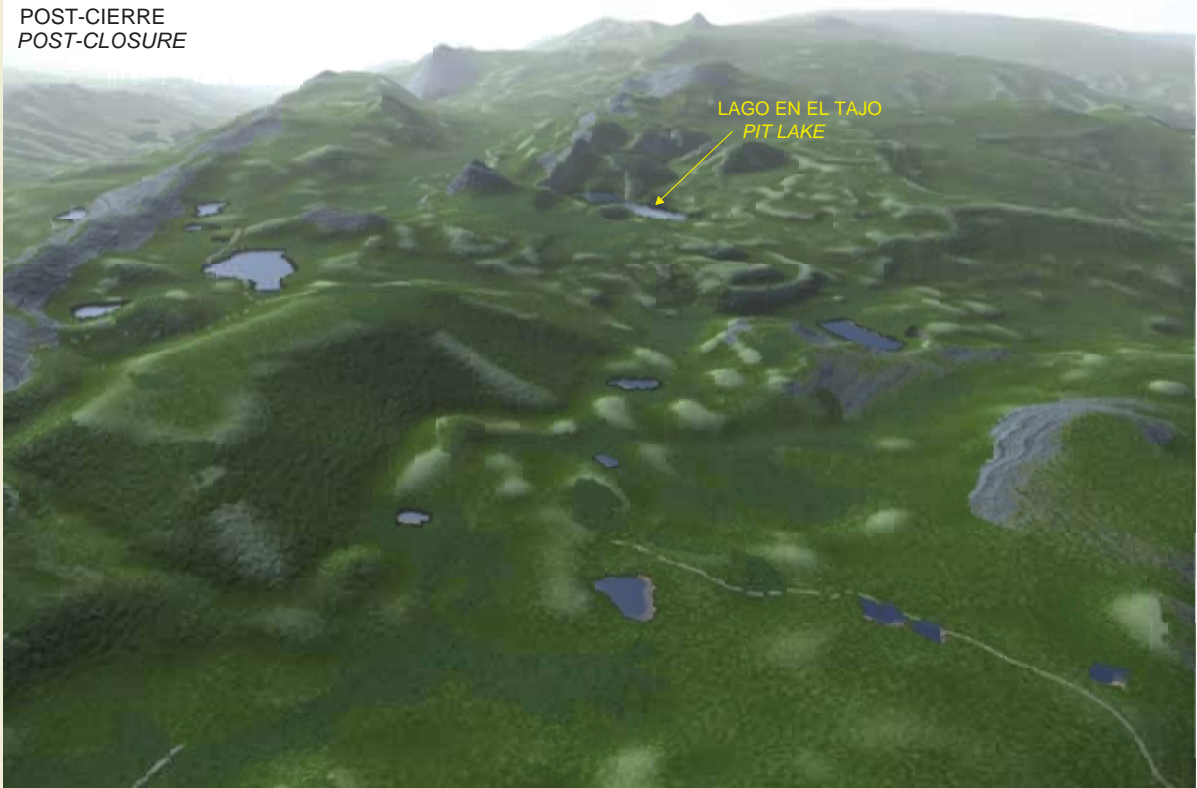
PLANO
SISTEMA DE DERIVACION DEL AGUA SUPERFICIAL DEL PROYECTO AL CIERRE
 SITE - WIDE SURFACE WATER DIVERSION
 PLAN FOR CLOSURE

FUENTE: Información Base Cartografía del IGN, Centros poblados INEI, Vias MTC.
 Información complementaria al Mapa Alto Chicama Actualización de información por JGP Perú SAC. FIGURA **PC5-2**

**FIN DE OPERACIONES
END OF OPERATIONS**



**POST-CIERRE
POST-CLOSURE**



Map Base Date: Eaglemapping,
Datum: SAD 56 Projection: UTM Zone 17

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TITULO: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO ALTO CHICAMA DEL DISTRITO DE OJURUWILCA - PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO - LA LIBERTAD			
ELABORADO POR: BASH ALAIN KLEVERTH VASUA ROMERO	SIG: CGS	FECHA: OCTUBRE 2017	
	ESCALA: 1:85 000		
PLANO	VISTAS DE LAS CONDICIONES AL TERMINO DE LAS OPERACIONES Y DEL POST-CIERRE VIEWS OF THE END OF OPERATIONS AND POST-CLOSURE CONDITIONS		
FUENTE: Información Base Cartográfica del IGN, Censos poblados INEL Vías MTC, Información complementaria Minas Abta Chicama, Actualización de Información por JSP Perú S.A.C.	FIGURA	PC5-3	