

# DICTAMEN PERICIAL INTERNACIONAL. COMPONENTE HÍDRICO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO CONGA (CAJAMARCA - PERÚ)

Lima, 17 de Abril de 2012

Este Dictamen no se podrá reproducir parcialmente  
sin autorización escrita de sus autores

Elaborado para  
Presidencia del Consejo de Ministros  
Perú



Elaborado conjuntamente por:  
Prof. Dr. Ingeniero de Minas D. Rafael Fernández Rubio  
Catedrático Emérito de Hidrogeología. Universidad Politécnica de Madrid (España)

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos D. Luís Lopez García  
Consultor en Recursos Hidráulicos

Prof. Dr. en Geociencias D. José Martins Carvalho  
Profesor de Hidrogeología. Instituto Superior de Engenharia do Porto (Portugal)

Archivo:  
Proyecto Conga\_Dictamen Pericial Internacional\_Componente Hídrico del EIA\_17-04-2012.doc

**Dictamen Pericial Internacional. Componente Hídrico del  
Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Conga  
(Cajamarca - Perú)**

Lima, 17 de Abril de 2012

**Elaborado para  
Presidencia del Consejo de Ministros  
Perú**

Equipo de trabajo:

Prof. Dr. Ingeniero de Minas D. Rafael Fernández Rubio  
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos D. Luis López García  
Prof. Dr. en Geociencias D. José Martins Carvalho



Rafael Fernández Rubio



Luis López García



José Martins Carvalho

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>1 RESUMEN EJECUTIVO Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Resumen .....	1
1.1.1 Aguas superficiales .....	1
1.1.2 Aguas subterráneas .....	5
1.1.3 Calidad de las aguas .....	6
1.1.3.1 Aguas superficiales en el estado pre-mina .....	6
1.1.3.2 Aguas subterráneas en el estado pre-mina .....	7
1.1.3.3 Aguas de contacto en la etapa mina y post-mina .....	8
1.2 Recomendaciones .....	9
1.2.1 Propuestas de infraestructuras a revisar .....	9
1.2.2 Comité de Acompañamiento .....	10
1.2.3 Creación de una Cátedra – Empresa de Hidrología Minera y Ambiental .....	10
<b>2 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
2.1 Marco del Dictamen Pericial .....	11
2.2 Autoría del Dictamen Pericial .....	12
2.3 Ubicación del proyecto minero Conga .....	15
2.4 Historia del proyecto minero Conga .....	18
2.5 Procedimiento de evaluación del Estudio de Impacto Ambiental .....	19
2.6 Peritaje Internacional .....	21
<b>3 INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURAS DEL PROYECTO CONGA .....</b>	<b>22</b>
3.1 Componentes generales .....	22
3.2 Instalaciones e infraestructuras mineras .....	23
3.2.1 Tajos Perol y Chailhuagón .....	23
3.2.2 Depósitos de suelo orgánico .....	26
3.2.3 Depósitos de desmonte Perol y Chailhuagón .....	26
3.2.3.1 Depósito de desmonte Perol .....	27
3.2.3.2 Depósito de desmonte Chailhuagón .....	29
3.3 Instalaciones de procesamiento .....	30
3.4 Depósito de relaves .....	31
3.5 Instalaciones hidráulicas auxiliares .....	35
3.6 Manejo y gestión de aguas .....	36
3.7 Análisis de alternativas de instalaciones e infraestructuras .....	39
3.7.1 Planteamiento .....	39
3.7.2 Valoración de alternativas .....	39
<b>4 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO CONGA.....</b>	<b>42</b>
4.1 Observaciones previas al EIA .....	42
4.2 Encuadramiento general .....	43
4.3 Hidroclimatología .....	44
4.4 Geología .....	46
4.5 Aguas superficiales .....	48
4.5.1 Área estudiada .....	48
4.5.2 Cantidad .....	53
4.5.3 Calidad .....	55
4.6 Aguas subterráneas .....	58
4.6.1 Área estudiada .....	58
4.6.2 Cantidad .....	60
4.6.3 Calidad .....	64

<b>5</b>	<b>IMPACTOS HIDROLÓGICO-AMBIENTALES .....</b>	<b>67</b>
5.1	Encuadramiento general .....	67
5.2	Análisis de impactos.....	70
5.2.1	Aguas superficiales .....	70
5.2.2	Aguas subterráneas.....	70
5.2.3	Vida acuática.....	70
5.3	Medidas de prevención, control y mitigación .....	70
5.3.1	Planteamiento .....	70
5.3.2	Mitigación de impactos - Aguas superficiales.....	71
5.3.2.1	Planteamiento.....	71
5.3.2.2	Medidas por modificación de red de drenaje y variación de capacidad de regulación .....	71
5.3.2.3	Medidas por variación de calidad del agua superficial .....	73
5.3.2.4	Medidas por variación de cantidad de agua superficial .....	74
5.3.3	Mitigación de impactos - Aguas subterráneas.....	75
5.3.3.1	Medidas por alteración de flujos subterráneos .....	75
5.3.3.2	Medidas por variación de calidad del agua subterránea .....	75
5.3.4	Mitigación de impactos – Bofedales .....	77
5.3.5	Mitigación de impactos – Revegetación .....	78
<b>6</b>	<b>PROGRAMA DE CONTROL AMBIENTAL .....</b>	<b>80</b>
6.1	Planteamiento .....	80
6.2	Objetivos y alcances .....	80
6.3	Componentes hídricos a evaluar .....	81
<b>7</b>	<b>PLAN DE CIERRE CONCEPTUAL .....</b>	<b>84</b>
7.1	Punto de partida .....	84
7.2	Cierre progresivo.....	84
7.3	Cierre final .....	85
7.3.1	Desmantelamiento.....	85
7.3.2	Demolición, salvamento y disposición .....	85
7.3.3	Estabilidad física .....	85
7.3.3.1	Tajo Perol.....	85
7.3.3.2	Tajo Chailhuagón .....	85
7.3.3.3	Depósito de desmonte Perol.....	85
7.3.3.4	Depósito de desmonte Chailhuagón .....	86
7.3.3.5	Depósito de relaves.....	86
7.3.4	Estabilidad química.....	86
7.3.4.1	Tajo Perol .....	86
7.3.4.2	Tajo Chailhuagón .....	87
7.3.4.3	Depósito de desmonte Perol.....	87
7.3.4.4	Depósito de desmonte Chailhuagón .....	87
7.3.4.5	Depósito de relaves.....	87
7.4	Condiciones post-cierre.....	88
7.4.1	Aguas superficiales.....	88
7.4.2	Aguas subterráneas.....	89
7.4.3	Hidrobiología.....	89
7.4.4	Humedales.....	89
<b>8</b>	<b>HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE .....</b>	<b>90</b>
8.1	Aspectos analizados en este capítulo.....	90
8.2	Capítulos y anexos del EIA consultados.....	90
8.3	Resumen de la hidrología de la zona del proyecto en el marco regional.....	91
8.4	Análisis técnico del tratamiento del componente hídrico superficial en el EIA.....	93
8.4.1	Datos necesarios .....	93

8.4.1.1	Cartográficos .....	93
8.4.1.2	Meteorológicos .....	96
8.4.1.3	Hidrométricos .....	98
8.4.1.4	Infraestructuras .....	102
8.4.1.5	Usos y demandas de agua .....	103
8.4.1.6	Conclusiones .....	104
8.4.2	Estudios hidrológicos .....	104
8.4.2.1	Precipitación y evaporación .....	104
8.4.2.2	Caudales en ríos y quebradas en situación actual y durante la explotación y cierre de la mina .....	106
8.4.2.3	Modificaciones de la red de drenaje .....	115
8.4.2.4	Conclusiones .....	122
8.4.3	Balance hídrico de los reservorios .....	125
8.4.3.1	Planteamiento del análisis .....	125
8.4.3.2	Evolución de las reservas en los reservorios .....	129
8.4.3.3	Conclusiones .....	131
8.4.4	Mitigación de impactos sobre el agua superficial .....	132
8.4.5	Áreas de influencia directa e indirecta .....	134
8.4.6	Estudios de factibilidad de los reservorios .....	137
8.5	Conclusiones sobre la afección al componente hídrico superficial .....	137
8.6	Recomendaciones .....	141
<b>9</b>	<b>HIDROGEOLOGÍA .....</b>	<b>144</b>
9.1	Geomorfología y geología regional .....	145
9.1.1	Depósitos sedimentarios del Cuaternario .....	146
9.1.2	Rocas volcánicas: Grupo Calipuy .....	146
9.1.3	Rocas sedimentarias del Cretácico .....	146
9.1.4	Rocas intrusivas .....	149
9.1.5	Estructuras .....	150
9.2	Hidrogeología a escala regional .....	152
9.3	Recarga .....	156
9.4	Hidrogeología a escala local (tajos, depósito de relaves y botaderos) .....	158
9.4.1	Unidades litológicas y estructura geológica .....	158
9.4.2	Caracterización hidrodinámica .....	162
9.4.3	Inventario hidrogeológico .....	170
9.4.4	Caracterización hidroquímica .....	171
9.4.5	Vulnerabilidad y riesgo de contaminación .....	177
9.5	Modelo hidrogeológico conceptual .....	180
9.5.1	Tipología y estructura de los acuíferos .....	180
9.5.2	Recarga, zonas de descarga, modelo de circulación y relaciones aguas subterráneas/aguas superficiales .....	182
9.6	Impactos y medidas de mitigación asociados a las aguas subterráneas .....	183
9.6.1	Medidas de mitigación sugeridas en el EIA .....	183
9.6.2	Medidas adicionales de mitigación .....	184
9.6.3	Control ambiental .....	184
9.7	Conclusiones .....	186
<b>10</b>	<b>CALIDAD DE LAS AGUAS .....</b>	<b>188</b>
10.1	Etapa pre-mina: calidad de las aguas superficiales .....	188
10.1.1	Planteamiento .....	188
10.1.2	Metodología de trabajo .....	189
10.1.2.1	Plan de control .....	189
10.1.2.2	Revisión y procesamiento de información existente .....	192
10.1.2.3	Trabajos de campo .....	192
10.1.2.4	Análisis de laboratorio .....	193

10.1.2.5 Evaluación de resultados .....	193
10.1.3 Resultados pormenorizados .....	194
10.1.3.1 Microcuenca de la quebrada Toromacho.....	194
10.1.3.2 Microcuenca del río Alto Jadibamba .....	195
10.1.3.3 Microcuenca de la quebrada Alto Chugurmayo.....	200
10.1.3.4 Microcuenca de la quebrada Alto Chirimayo .....	201
10.1.3.5 Microcuenca del río Chailhuagón.....	206
10.1.4 Conclusiones.....	210
10.2 Etapa pre-mina: calidad de las aguas subterráneas.....	212
10.2.1 Planteamiento.....	212
10.2.2 Metodología de trabajo .....	213
10.2.2.1 Plan de control.....	213
10.2.2.2 Análisis de laboratorio .....	214
10.2.2.3 Evaluación de resultados .....	214
10.2.3 Resultados pormenorizados .....	215
10.2.3.1 Microcuenca de la quebrada Toromacho.....	215
10.2.3.2 Microcuenca del río Alto Jadibamba .....	216
10.2.3.3 Microcuenca de la quebrada Alto Chirimayo .....	217
10.2.3.4 Microcuenca del río Chailhuagón.....	217
10.2.4 Fuentes de los parámetros en excedencia de los ECA.....	218
10.3 Etapa mina y post-mina: aguas de contacto .....	219
10.3.1 Litología del tajo Perol .....	219
10.3.2 Litología del tajo Chailhuagón.....	219
10.3.3 Litología de la mineralización.....	220
10.3.4 Materiales de desmonte.....	220
10.3.4.1 Información de partida.....	220
10.3.4.2 Caracterización litológica y alterabilidad.....	220
10.3.4.3 Metodología del muestreo.....	221
10.3.4.4 Ensayos geoquímicos.....	221
10.3.4.5 Resultados.....	224
10.3.5 Relaves .....	226
10.3.5.1 Procedencia de las muestras.....	226
10.3.5.2 Balance ácido base .....	227
10.3.5.3 Lixiviación de solutos .....	227
10.3.5.4 Conclusiones.....	231
10.3.6 Tratamiento del mineral .....	232
10.4 Deposición y almacenamiento de relaves .....	232
10.4.1 Sistema de disposición .....	233
10.4.2 Ubicación .....	234
10.5 Descargas de agua desde la zona de actuación minero-metalúrgica.....	236
<b>11 PROPUESTAS DE INFRAESTRUCTURAS A REVISAR.....</b>	<b>237</b>
11.1 Planteamiento .....	237
11.2 Depósitos de suelo orgánico.....	237
11.3 Depósito de bofedales.....	237
11.4 Depósito de desmonte Perol.....	238
11.5 Rechazos de la planta de tratamiento de aguas ácidas .....	239
11.6 Tratamientos pasivos de aguas ácidas.....	240
11.7 Aumento de la capacidad de los reservorios .....	241
<b>12 DOCUMENTACIÓN DE BASE .....</b>	<b>243</b>
12.1 Bibliografía referenciada .....	243
12.2 Otros documentos considerados .....	246
12.3 Fotografías .....	247
<b>13 AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>248</b>

14 FINAL DICTAMEN ..... 250

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del proyecto Conga. ....	15
Figura 2. Delimitación administrativa de la concesión minera del proyecto Conga. ....	16
Figura 3. Disposición de los elementos principales del proyecto Conga. ....	17
Figura 4. Principales instalaciones e infraestructuras del proyecto Conga. ....	22
Figura 5. Localización de las principales infraestructuras mineras. ....	23
Figura 6. Plan de alimentación de la planta concentradora por tajos, a lo largo de la fase de operación minera. ....	24
Figura 7. Escenario proyectado para el sector del tajo y depósito de desmonte Perol. ....	25
Figura 8. Escenario proyectado para el sector del tajo Chailhuagón. ....	25
Figura 9. Depósitos de desmonte de Perol y Chailhuagón. ....	26
Figura 10. Mapa geológico del sector donde se ubicaría el depósito de desmonte Perol. ....	27
Figura 11. Localización del depósito de desmonte Perol. ....	28
Figura 12. Corte geológico del substrato del depósito de desmonte Perol. ....	28
Figura 13. Mapa geológico del sector donde se ubicaría el depósito de desmonte Chailhuagón. ....	29
Figura 14. Instalaciones de procesamiento del mineral. ....	30
Figura 15. Escenario proyectado del sector del depósito de relaves e infraestructuras adyacentes. ....	31
Figura 16. Depósito de relaves e instalaciones anejas. ....	32
Figura 17. Sistema de captación de posibles filtraciones al pie de la presa Toromacho. ....	33
Figura 18. Localización de la poza colectora de filtraciones del depósito de relaves, y de la planta de tratamiento de aguas ácidas. ....	34
Figura 19. Doble presa para filtrado de relaves y retención de infiltraciones. ....	34
Figura 20. Esquema de planta de tratamiento de aguas ácidas. ....	35
Figura 21. Instalaciones hidráulicas auxiliares. ....	36
Figura 22. Balance de aguas en toda el área del proyecto. ....	38
Figura 23. Localización de estaciones meteorológicas en el entorno del proyecto Conga. ....	45
Figura 24. Mapa geológico del entorno del proyecto Conga. ....	47
Figura 25. Mapa fisiográfico del entorno del proyecto Conga. ....	48
Figura 26. Huella del proyecto y microcuencas en el contexto regional departamental. ....	49
Figura 27. Sistema hidrográfico general en el entorno de las microcuencas. ....	50
Figura 28. Distribución de la "huella del proyecto" entre las cinco microcuencas. ....	51

Figura 29. Distribución de la "huella del proyecto" por microcuencas. ....	52
Figura 30. Caudales de años seleccionados de la serie 1964-2008, en el río Alto Jadibamba, aguas abajo de la quebrada Lluspioc (MC-11). ....	54
Figura 31. Evolución de reservas embalsadas en el reservorio Perol durante la operación y cierre, en términos de probabilidad. ....	55
Figura 32. Estaciones de control de calidad de las aguas superficiales en el entorno del proyecto Conga. ....	57
Figura 33. Mapa hidrogeológico con niveles freáticos. ....	59
Figura 34. Piezometría estimada del sistema cutáneo. ....	60
Figura 35. Localización de los reservorios de regulación proyectados. ....	74
Figura 36. Cobertura a aplicar al depósito de desmonte Perol. ....	77
Figura 37. Lagunas y áreas de cultivo en un amplio entorno al proyecto Conga. ....	79
Figura 38. Caudales medios mensuales en estaciones de aforo cercanas al área del proyecto. ....	92
Figura 39. Red hidrográfica regional. ....	94
Figura 40. Isoyetas medias. ....	95
Figura 41. Localización de estaciones meteorológicas usadas en los estudios pluviométricos del proyecto Conga. ....	96
Figura 42. Ejemplo de distribución anual y mensual de lluvias en la estación Old Minas Conga situada en la zona del proyecto. ....	97
Figura 43. Estaciones de control de caudal. ....	100
Figura 44. Ubicación de canales y puntos de aforo cercanos. ....	101
Figura 45. Serie estimada de precipitación en Old Minas Conga 1965-2006 (precipitación anual y precipitación mensual). ....	105
Figura 46. Caudales de cada año de la serie 1964-2008 estimada en MC-11 (Alto Jadibamba, aguas abajo de la quebrada Lluspioc). ....	107
Figura 47. Control continuo de caudales en las estaciones MCPCH y MCLCH. ....	108
Figura 48. Resultados del modelo ajustado en la estación MCPCH. ....	109
Figura 49. Detalles del modelo ajustado en la estación MCPCH: ajuste de caudales en épocas secas y de volúmenes en la serie completa y en épocas secas. ....	111
Figura 50. Lagunas afectadas por el proyecto. ....	116
Figura 51. Relación precipitación vs. altitud en 391 estaciones pluviométricas de la cuenca amazónica de los países andinos. ....	119
Figura 52. Relación precipitación vs. altura en el periodo 1970-2004 en las cuencas Pacífica, Titicaca y Amazonas. ....	120
Figura 53. Relación precipitación vs. altura, zonas 5+6. ....	121
Figura 54. Relación precipitación vs. altura, zonas 1+2+3+4+5 (norte de 6° latitud Sur). ....	121
Figura 55. Isoyetas medias en la región. ....	124
Figura 56. Flujos de agua en relación con el proyecto. ....	125
Figura 57. Resultados del modelo ajustado en la estación MCPCH con HFAM y Goldsim: caudales. ....	128



Figura 58. Resultados del modelo ajustado en la estación MCPCH con HFAM y Goldsim: volúmenes acumulados.....	129
Figura 59. Previsiones de reservas embalsadas en los reservorios en términos de probabilidad.....	130
Figura 60. AID y AII de la cantidad y calidad del agua superficial, en la etapa de construcción y extensión relativa del área de proyecto, en relación con las cuencas de aguas abajo.....	135
Figura 61. Propuesta de inclusión de beneficiarios del agua regulada en los reservorios en las microcuencas del Alto Jadibamba, Chailhuagón y Alto Chirimayo: detalle.....	136
Figura 62. Propuesta de inclusión de beneficiarios del agua regulada en los reservorios en las microcuencas del Alto Jadibamba, Chailhuagón y Alto Chirimayo: planta general.....	139
Figura 63. Esbozo geológico de la zona de Conga.....	148
Figura 64. Plano geológico de la zona de Conga.....	151
Figura 65. Sección estructural de la zona del proyecto Conga mostrando la falla Punre y el anticlinal de El Galeno, así como las zonas de El Perol y Chailhuagón.....	152
Figura 66. Esbozo hidrogeológico de la zona de Conga.....	153
Figura 67. Columna estratigráfica regional y local de la zona de Conga y alrededores.....	154
Figura 68. Diagrama de Piper de aguas de sondeos en el proyecto Conga.....	173
Figura 69. Diagramas de Stiff de aguas de sondeos ubicados en aluviones / rocas volcánicas.....	174
Figura 70. Diagramas de Stiff de aguas de sondeos ubicados en calizas.....	174
Figura 71. Diagramas de Stiff de aguas de sondeos ubicados en mármoles / skarn.....	174
Figura 72. Diagramas de Stiff de las aguas de sondeos ubicados en rocas intrusivas.....	175
Figura 73. Diagramas de Stiff de aguas de sondeos ubicados en rocas volcánicas.....	176
Figura 74. Diagramas de Stiff de aguas de sondeos ubicados en rocas volcánicas / calizas.....	176
Figura 75. Puntos de muestreo de calidad de las aguas superficiales (estado pre-mina).....	190
Figura 76. Puntos de control de calidad de las aguas superficiales en la microcuenca de la quebrada de Toromacho.....	194
Figura 77. Puntos de control de calidad de las aguas superficiales en la microcuenca del río Alto Jadibamba.....	196
Figura 78. Puntos de control de calidad de las aguas superficiales en la microcuenca de la quebrada Chugurmayo.....	200
Figura 79. Puntos de control de calidad de las aguas superficiales en la microcuenca de la quebrada Alto Chirimayo.....	202
Figura 80. Puntos de control de calidad de las aguas superficiales en la microcuenca del río Chailhuagón.....	207
Figura 81. Ubicación de puntos de aguas subterráneas para control de calidad.....	213
Figura 82. Esquema de celdas de humedad.....	223
Figura 86. Alternativas para ubicación del depósito de relaves.....	235
Figura 83. Corte vertical del depósito de desmonte Perol.....	237
Figura 84. Posición relativa de los tajos Perol y Chailhuagón.....	238
Figura 85. Posible emplazamiento complementario para el depósito de desmonte Perol (Alternativa 7 y/o Alternativa 6).....	239

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Distribución por microcuencas del área afectada por el proyecto. ....	51
Tabla 2. Estaciones de control de aguas superficiales en el entorno del proyecto. ....	65
Tabla 3. Matriz de evaluación de impactos ambientales - etapa de construcción, en lo relativo a aspectos hidrológicos en sentido amplio. ....	68
Tabla 4. Matriz de evaluación de impactos ambientales - etapa de operación, en lo relativo a aspectos hidrológicos en sentido amplio. ....	69
Tabla 5. Capacidades de almacenamiento, actuales y futuras, de los cuerpos de agua lénticos como consecuencia de la implantación del proyecto Conga. ....	73
Tabla 6. Resumen del Programa de Control Ambiental. ....	83
Tabla 7. Caudal promedio mensual registrado en estaciones de aforo en la región. ....	92
Tabla 8. Estaciones de aforo existentes en la región. ....	98
Tabla 9. Capacidad de los reservorios propuestos. ....	103
Tabla 10. Caudales bajos en situación actual (línea de base). ....	113
Tabla 11. Caudales mínimos de pre-minado y minado en puntos clave. ....	114
Tabla 12. Caudales de mitigación del modelo de balance de agua. ....	126
Tabla 13. Compensación del volumen de agua perdido por la eliminación de las lagunas. ....	132
Tabla 14. Unidades litoestratigráficas regionales. ....	149
Tabla 15. Unidades litológicas y litoestratigráficas regionales y su aptitud hidrogeológica. ....	155
Tabla 16. Evaluación de la recarga y del Índice de Recarga en el área del proyecto Conga. ....	157
Tabla 17. Conductividad hidráulica de las principales unidades hidrogeológicas. ....	163
Tabla 18. Conductividades hidráulicas mínimas, máximas, promedio y medianas de cerca de 80 sondeos ubicados en la área del proyecto Conga. ....	164
Tabla 19. Tabla de las conductividades hidráulicas recogida en el EIA e SWS, 2012. ....	167
Tabla 20. Confrontación de las conductividades hidráulicas máximas y mínimas de los ensayos Lugeon y Lefranc por litologías (máximo rango encontrado). ....	168
Tabla 21. Confrontación de las conductividades hidráulicas medianas (máximas y mínimas) por litologías. ....	168
Tabla 22. Valores de conductividades hidráulicas esperables en las diferentes estructuras del proyecto Conga. ....	169
Tabla 23. Conductividades hidráulicas a considerar en nueva exploración del modelo numérico. ....	169
Tabla 24. Distribución de los manantiales y caudales por micro-cuencas. ....	170
Tabla 25. Magnitud de los caudales de los manantiales. ....	170
Tabla 26. Características generales de los manantiales más productivos. ....	171

Tabla 27. Resultados medios de los análisis químicos para los iones principales por litologías (Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> y SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ).....	172
Tabla 28. Características químicas medianas de las aguas por litologías.....	176
Tabla 29. Factores de ponderación para los parámetros usados en el método DRASTIC.....	177
Tabla 30. Clases de vulnerabilidad del índice DRASTIC.....	178
Tabla 31. Clases del índice de vulnerabilidad GOD.....	178
Tabla 32. Índice DRASTIC: Modelo físico, índice de ponderación y valor para cada parámetro.....	179
Tabla 33. Cálculo final del índice DRASTIC.....	179
Tabla 34. Cálculo del Índice GOD para las tres ubicaciones.....	179
Tabla 35. Resultados de los índices de vulnerabilidad en el depósito de relaves.....	180
Tabla 36. Parámetros registrados en la red de control del EIA.....	184
Tabla 37. Coordenadas y ubicación de los piezómetros de control.....	185
Tabla 38. Constitución de la red de control de los recursos hídricos subterráneos propuesta.....	186
Tabla 39. Microcuencas hidrográficas en el entorno del proyecto.....	188
Tabla 40. Estaciones de control de la calidad de las aguas superficiales, por microcuencas.....	191
Tabla 41. Caracterización del agua en la laguna de Mamacocha (LMAM).....	195
Tabla 42. Caracterización del agua en la quebrada Toromacho.....	195
Tabla 43. Caracterización del agua en la laguna Azul.....	197
Tabla 44. Caracterización del agua en la Laguna Chica.....	197
Tabla 45. Caracterización del agua en el río Alto Jadibamba.....	198
Tabla 46. Caracterización del agua en el canal Reynaldo Jambo.....	198
Tabla 47. Caracterización del agua en el canal El Perolito.....	199
Tabla 48. Caracterización del agua en el canal El Bado.....	199
Tabla 49. Caracterización del agua en el canal La Chilca.....	200
Tabla 50. Caracterización del agua en la quebrada de Chugurmayo.....	201
Tabla 51. Caracterización del agua en la quebrada Alto Chirimayo.....	202
Tabla 52. Caracterización del agua en el bofedal Perol.....	203
Tabla 53. Caracterización del agua en la laguna Perol.....	203
Tabla 54. Caracterización del agua en la laguna Huashwas.....	204
Tabla 55. Caracterización del agua en el canal E. Perolito.....	205
Tabla 56. Caracterización del agua en los canales Villanueva Chávez / Villanueva Atalaya y Chugur.....	205
Tabla 57. Caracterización del agua en los canales Chirimayo y Lozano Izquierdo.....	206
Tabla 58. Caracterización del agua en la laguna Mala.....	208
Tabla 59. Caracterización del agua en el río Chailhuagón.....	208
Tabla 60. Caracterización del agua en la laguna Chailhuagón.....	210
Tabla 61. Caracterización del agua subterránea en pozos de la quebrada Toromacho.....	215

Tabla 62. Criterios de evaluación de las pruebas de balance ácido-base.....	222
Tabla 63. Concentración de metales de importancia ambiental en análisis SPLP. Relaves del tajo Perol.....	228
Tabla 64. Concentración de metales de importancia ambiental en análisis SPLP: Relaves del tajo Chailhuagón.....	229
Tabla 65. Concentración de metales de importancia ambiental en análisis por celdas de humedad: relaves del tajo Perol.....	230
Tabla 66. Concentración de metales de importancia ambiental en análisis por celdas de humedad: relaves del tajo Chailhuagón.....	231
Tabla 67. Consumo de reactivos durante el procesamiento del mineral.....	232
Tabla 68. Producción de relaves durante la vida de la mina.....	233
Tabla 69. Caudales aproximados de descarga regulada, aportados en meses de estiaje desde los reservorios de acumulación proyectados.....	236

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Página
Fotografía 1. Localización del proyecto Conga en imagen satelital.....	15
Fotografía 2. Densa cobertura nubosa sobre el área del proyecto Conga.....	46
Fotografía 3. Paisaje montañoso en el entorno próximo al proyecto Conga.....	48
Fotografía 4. Paisaje de planicie fluvio-glacial, en el entorno próximo al proyecto Conga.....	48
Fotografía 5. Micro-reservorios de la zona próxima al proyecto.....	54
Fotografía 6. Detalle de micro-reservorios de la zona.....	54
Fotografía 7. Ganado sin estabular pastando en los alrededores del área del proyecto Conga.....	56
Fotografía 8. Concentración de viviendas en las proximidades del proyecto Conga.....	56
Fotografía 9. Control de pH, conductividad y temperatura en el agua de bofedales.....	58
Fotografía 10. Suelo húmico, con espesor de apenas 20 a 30 cm sobre roca inalterada.....	61
Fotografía 11. Afloramiento de rocas carbonatadas localmente permeables, en estructura colgada, en forma de mesa.....	61
Fotografía 12. Afloramiento de calizas marmóreas plegadas, fracturadas y karstificadas superficialmente.....	62
Fotografía 13. Suelo húmico sobre depósito morrénico de matriz limo-arcillosa de baja permeabilidad.....	62
Fotografía 14. Morrena glaciar frontal cementada con matriz impermeable y diseccionada por erosión fluvial.....	63
Fotografía 15. Laguna permanente de Chailhuagón (con piscifactoría instalada).....	63
Fotografía 16. Interestratificaciones de sedimentos de diferente permeabilidad, que hace disminuir la permeabilidad del conjunto.....	64

Fotografía 17. Piscifactoría en la laguna de Mamacocha, en la que se ha introducido trucha arco iris no autóctona. ....	66
Fotografía 18. Captación y tramo inicial del canal Chailhuagón Yerbabuena. ....	102
Fotografía 19. Tramos intermedios del canal Chailhuagón Yerbabuena. ....	102
Fotografía 20. Laguna Chailhuagón y cauce de descarga. ....	116
Fotografía 21. Bofedales: vista desde helicóptero y detalle. ....	117
Fotografía 22. Depósitos cuaternarios en el río Alto Jadibamba. ....	158
Fotografía 23. Rocas volcánicas del Grupo Calipuy en el Alto Jadibamba. ....	159
Fotografía 24. Calizas Pulluicanas cerca de la laguna Chailhuagón (pormenor). ....	159
Fotografía 25. Calizas Pulluicanas cerca de la laguna Chailhuagón. ....	160
Fotografía 26. Rocas intrusivas (tajo Chailhuagón). ....	161
Fotografía 27. Pormenor de las rocas intrusivas (tajo Chailhuagón). ....	161
Fotografía 28. Celdas cilíndricas conectadas en serie. ....	223
Fotografía 29. Thypha (totora) empleada para el tratamiento de bioremediación de aguas ácidas de mina (minas de uranio, España). ....	240
Fotografía 30. Pantanal de totora plantado a pie de depósito de desmonte (Minas de carbón de Andorra, España) ....	241

## 1 RESUMEN EJECUTIVO Y RECOMENDACIONES

### 1.1 Resumen

#### 1.1.1 Aguas superficiales

Los estudios incluidos en el EIA del proyecto Conga analizan, con detalle suficiente, todos los aspectos que pueden afectar al componente hídrico superficial. Los datos empleados son correctos, con algunas deficiencias, habituales en zonas aisladas y de pequeño tamaño como las de Conga. Los métodos usados son correctos, aunque se han detectado algunas leves divergencias, respecto a procedimientos o resultados, que no modificarán la esencia de las conclusiones, pero que deberán considerarse en las actualizaciones anuales sistemáticas de la componente hídrica.

La afección al componente hídrico superficial está bien valorada, y las medidas de mitigación propuestas son correctas. Las actuaciones previstas, son, fundamentalmente, la construcción de tres reservorios, para uso exclusivo de reposición de caudales afectados, y un cuarto reservorio de uso compartido con la mina, que pasaría a ser de uso exclusivo de reposición de caudales tras el cierre. Las reservas embalsadas en estos reservorios, en las épocas húmedas, garantizan sobradamente que los caudales circulantes aguas abajo en la época seca sean, como mínimo, los actuales. La afección en la época húmeda no produce daños ambientales ni perjudica a los usuarios, porque hay exceso de agua en el sistema.

Los reservorios propuestos pueden mejorar la gestión del agua en las microcuencas, más allá de la mera reposición de caudales afectados. Una gestión participativa de los reservorios permitirá desembalsar los caudales requeridos, en cada momento, por los usuarios del agua, incluso con una dotación objetivo sensiblemente mayor que la actual, que aumentará su producción agrícola.

Para que la gestión de estos reservorios sea correcta, habría que acotar sin lugar a dudas el conjunto de usuarios que se beneficiarían del agua regulada, como se indica en los párrafos siguientes. Es indudable que los que están lejos del área del proyecto no serán afectados significativamente en los caudales disponibles y, por otra parte, los reservorios no tienen capacidad, ni reciben aportación suficiente, para regular los caudales requeridos para atender a cuencas muy amplias.

El EIA no discute estos aspectos porque la normativa sólo le obliga a garantizar los caudales de mitigación de sus afecciones. Este peritaje, sin embargo, propone dicha mejora.

La pérdida de cuatro lagunas y 103 ha de bofedales, desde la óptica de la cantidad de aguas superficiales, disminuyen los caudales generados en el área del proyecto en proporción a la superficie restada, que es pequeña, por lo que su impacto es poco significativo, y ha sido considerado correctamente por el EIA. En modo alguno se pueden considerar como fuentes singulares de agua.

La afección a la cantidad de agua producida en las cabeceras de cuenca es prácticamente proporcional al área afectada por el proyecto. No se perderá el principal aporte de aguas de las microcuencas, como podría deducirse de una interpretación "literaria" del Artículo 75 de la Ley de Recursos Hídricos del Perú. Las cabeceras son el origen de las aguas en sentido geográfico, no en el de los caudales producidos en ellas.

El EIA declara como Áreas de Influencia Directa e Indirecta (AID y AIi), a efectos de cantidad y calidad del agua superficial, el área ocupada por las instalaciones del proyecto. Es un criterio válido desde el punto de vista legal, ya que cumple las especificaciones del Reglamento sobre Protección el Medio Ambiente (Minem, 2003),

Sin embargo, sería conveniente, por razones de buena vecindad con la población del entorno de la mina, incluir entre los beneficiarios futuros del agua regulada en los reservorios al

máximo número posible de usuarios, para mejorar los impactos positivos del proyecto. Por ello, se recomienda que, en el futuro, los reservorios atiendan las demandas de usuarios que captan agua más allá de los límites del AII declarada en el EIA, si los estudios de regulación garantizaran los caudales necesarios. En el Alto Jadibamba se podría llegar hasta el canal Jerez Jadibamba que riega 687 ha de 280 usuarios, en el Chailhuagón hasta el Dos Tingos y en el Alto Chirimayo hasta el Lozano Izquierdo. Lo que no es razonable es pretender incluir cuencas tan amplias como la de los alrededores de Cajamarca o la del Sendamal, que verán afectados sus caudales, pero, por su gran superficie de cuenca vertiente, en magnitud insignificante, aproximadamente en el 0,3 y 3,8%, respectivamente.

El EIA no hace referencia al posible impacto del cambio climático sobre las precipitaciones y caudales futuros. En el momento actual, no se dispone de previsiones precisas sobre el impacto del cambio climático, suficientes para aplicarlas al nivel de estudios hidrológicos de detalle. Cabe realizar alguna estimación de su posible afección a los caudales y a la recarga de los sistemas hidrogeológicos de la zona y hacer algunas reflexiones, aunque fueran especulativas, sobre el riesgo de disminución natural de caudales futuros. La actualización anual de los estudios hidrológicos deberá considerar esta posibilidad.

Las recomendaciones referentes a la cantidad de agua superficial proponen la mejora progresiva de las estimaciones de caudales del EIA y del conocimiento hidrológico del área, en la línea de los trabajos planteados por este peritaje, que se deben enmarcar en las actualizaciones sistemáticas del proyecto a realizar por la empresa minera. Además, plantean la necesidad del control y seguimiento detallado de las actuaciones propuestas en el EIA, particularmente las de mitigación de afecciones al caudal de los ríos.

La mejora progresiva de las estimaciones del EIA contribuirá a mejorar la definición de los caudales bajos y del balance hídrico. En cuanto a los caudales, se recomienda afinar el ajuste del modelo precipitación – escorrentía, en los tramos de recesión del hidrograma, ya que tiende a sobreestimar los caudales bajos, base de todos los análisis posteriores. Aunque esta sobreestimación beneficiará a los usuarios de aguas abajo, ya que recibirían unos caudales de mitigación mayores, es conveniente refinar los resultados. Una vez reajustado el modelo, se debería verificar con los caudales registrados en el Chailhuagón, descartados en el EIA por tener huecos en periodos secos, para comprobar la validez de la trasposición de los parámetros ajustados en el Alto Chirimayo a esta cuenca, aunque fuera de forma aproximada.

Es recomendable recalcular los caudales bajos representativos de cada sub-cuenca, clasificándolos en rangos de percentiles – método habitual en la estimación de caudales ecológicos –. Es un método más transparente que el usado en el EIA – que, en cualquier caso, es un procedimiento aceptable -, en el que se estima la probabilidad de presentación de caudales medios de 7 días.

El balance hídrico presentado en el EIA, en una primera aproximación, se realizó con una estimación anterior de los caudales de mitigación, por lo que aplicó valores algo distintos de los finalmente adoptados. Sin embargo, aún en el caso de que los caudales aplicados fueran menores, la hipótesis del balance es conservadora, ya que los mantiene durante 8 meses, y a su obligado desembalse se suman los vertidos por llenado de los reservorios. Las actualizaciones del balance hídrico considerarán la mejor información disponible en cada momento.

Las recomendaciones referentes al control y seguimiento de las actuaciones propuestas, tienen varios objetivos. El primario, permitir a los Ministerios con competencias sobre el proceso asegurar que se cumplen las previsiones y propuestas del EIA, y así aplicar las medidas correctoras pertinentes cuando sea preciso. El secundario, no menos importante, dar información transparente a la población potencialmente afectada. El tercero sería registrar sistemáticamente, y desde el primer momento, toda la información hidrometeorológica posible, con el fin de aumentar el conocimiento de la hidrología de las cuencas.

El control y seguimiento se apoya necesariamente en el establecimiento de una red de registro de datos hidrometeorológicos, más completa que la actual, y la definición de los protocolos de análisis de datos y edición de informes de seguimiento.

Los datos meteorológicos que se recogen actualmente, son suficientes para definir la precipitación en un área tan pequeña. El déficit de información está en los datos de caudales, porque las tres estaciones de control continuo instaladas en 2004 fueron destruidas en actos vandálicos (2007 o antes), perdiéndose el registro de datos vitales para mejorar el conocimiento hidrológico de la zona.

Por ello, se recomienda instalar, cuanto antes, nuevos puntos de control continuo de caudales, en los puntos de salida del área del proyecto, en las cinco microcuencas, lo que permitiría ajustar modelos precipitación - escorrentía, independientes para cada una, y analizar si su comportamiento hidrológico es similar. Es imprescindible resolver el problema de seguridad de estas instalaciones.

Como complemento a esos controles sería conveniente añadir algún punto aguas abajo, particularmente en el Alto Jadibamba (por ejemplo antes de la captación del canal Jerez Jadibamba), y en el Chailhuagón (antes del canal Dos Tingos), por ser estas cuencas las más afectadas por el proyecto, sin descartar la posibilidad de controlar también la del Alto Chirimayo. De este modo se adquirirá un conocimiento hidrológico muy valioso sobre el funcionamiento de cuencas más amplias.

Además, sería interesante registrar los caudales en un punto de alguna cuenca no afectada, por ejemplo del Chugurmayo, que se usaría como punto de control de los cambios naturales del régimen hidrológico, producidos de forma simultánea pero independiente de la afección del proyecto.

Es esencial conseguir que estos controles sean participativos, mediante protocolos de comprobación de registros o a través de controles manuales complementarios, que involucren a las comunidades de la zona, en cuyo diseño deben participar sociólogos, con buen conocimiento del problema. Por otra parte, la confianza de las comunidades en los resultados del control aumentará con el acceso a los datos en tiempo real, lo que les permitirá compararlos con sus observaciones informales del caudal circulante por los puntos de captación de los canales.

Además de las comunidades, deben intervenir en el control y seguimiento Universidades o grupos técnicos reconocidos de Cajamarca, participando a un nivel técnico superior. Por ejemplo, evaluando sistemáticamente la hidrología de las microcuencas, mediante estudios basados en la información acumulada en el control continuo de variables hidrometeorológicas propuesto. Así se detectará a tiempo cualquier anomalía respecto a las previsiones o posibles errores en la gestión de los reservorios.

No hay que olvidar que la simple acumulación de datos no consigue por sí misma los objetivos deseados. Hay que complementarla con protocolos de tratamiento sistemático de la información recibida. Hay que definir la frecuencia y contenido de los análisis a realizar y los informes pertinentes, los umbrales de alerta y emergencia ante la ocurrencia de situaciones anómalas (relativas a fallos en los datos, a valores inusuales o a incumplimiento de las expectativas del EIA), las acciones a tomar en caso de superarlos, y los mecanismos de diseminación de la información, con salidas gráficas, para realizar el control y seguimiento con la máxima transparencia.

Una recomendación, importante, es la de definir los procedimientos de gestión de los tres reservorios, destinados a uso exclusivo de los caudales de mitigación y, tras el cierre, también el del reservorio Superior. Esta actuación tiene dos vertientes: la financiera, para asegurar la disponibilidad de fondos suficientes para realizar una gestión adecuada de los reservorios, que se deben comprometer en el Plan de Cierre final, y la operativa, definiendo el organigrama de gestión del agua y toma de decisiones para su explotación.

En cuanto a la vertiente financiera se recomienda que la propiedad de los reservorios siga siendo de la empresa minera, que de esta forma se responsabilizará de su mantenimiento, por lo que sólo habría que definir y asegurar la disponibilidad de los recursos económicos necesarios para el funcionamiento de los organismos de gestión del agua que se implementen.

La vertiente operativa tiene que definir la estructura de los organismos de gestión. Lo más conveniente es que la máxima responsabilidad la ostente la Autoridad Nacional del Agua. Por debajo de ella se debe implementar algún procedimiento, bien de los seguidos por ANA, que haya dado buenos resultados en casos precedentes, o un modelo parecido al de las Comisiones de Desembalse



de las Confederaciones Hidrográficas de España. Es imprescindible que, en cualquier modalidad que se elija, participen los agentes sociales implicados en la gestión del agua y, especialmente, los usuarios de agua para riego, que son los mayores consumidores de la zona. También deben participar los caseríos y núcleos de población que podrían abastecerse de estos ríos en el futuro. Se recomienda construir captaciones de agua para abastecimiento de los caseríos que actualmente toman de los manantiales fluyentes en época seca, que de esta forma se beneficiarán de la garantía de disponibilidad de agua producida por los reservorios y compensarían la afección a sus manantiales.

Hay que recordar que la gestión futura de los reservorios no debe hacerse para desembalsar los caudales de mitigación (que es el objetivo obligado del EIA), sino para atender en lo posible las demandas de los usuarios del agua, aprovechando su buena capacidad de regulación. Por lo tanto, la finalidad de los organismos de gestión es definir los caudales a desembalsar, en cada reservorio, en el periodo inmediato, que podría ser un mes, teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios y la situación de las reservas embalsadas, así como las restricciones impuestas por la ANA, por ejemplo las relativas a caudales ecológicos.

Una gestión correcta asegurará que los usuarios del agua no sólo no se verán afectados por el proyecto, sino que mejorarán notablemente su situación, porque los reservorios podrían garantizar caudales de estiaje mayores que los actuales, aumentando las dotaciones de riego disponibles y la producción agrícola. Esta afirmación, aparentemente muy optimista, se basa en el hecho, comprobado universalmente, de la gran eficacia de las primeras obras de regulación construidas en cualquier zona, caso de la zona de Conga, puesto que la relación capacidad de regulación / volumen de embalse es muy alta.

En todo caso hay que actuar en un marco realista, y no de falsas expectativas que se pudieran derivar de quienes piensen que el proyecto debe paliar un déficit estructural de agua, en épocas de estiaje, ajeno a la implantación de la operación minera.

La mejora de las propuestas del EIA, en materia de cantidad de agua superficial, se basa en la construcción de reservorios de mayor capacidad que darían lugar a la disponibilidad de mayores caudales regulados.

El EIA estima que los reservorios estarán casi siempre llenos en el periodo de operación y cierre de la mina. Esto indica que están subdimensionados en su capacidad de regulación de los caudales naturales, porque éste no es el objetivo de un EIA. Así, cualquier incremento de capacidad – que sea viable, técnica y económicamente –, redundará en un aumento notable de los caudales regulados y, consecuentemente, del impacto positivo del proyecto. Las propuestas planteadas aquí son meras ideas, cuya viabilidad se tendrá que confirmar con datos topográficos, geotécnicos y económicos no disponibles en el momento de la redacción del Dictamen.

La primera posibilidad es el recrecimiento del reservorio Inferior, ampliando en lo posible su volumen para maximizar la capacidad de regulación de caudales para la microcuenca del Alto Jadibamba, dentro de la viabilidad técnica y económica de la obra.

Se desconoce si los usuarios del Alto Chirimayo, aguas abajo del reservorio Perol, tienen necesidad de caudales suplementarios, ya que los canales inventariados en esta cuenca son pequeños. Si fuera así, cabría considerar la posibilidad de aumentar la capacidad de dicho reservorio.

La ampliación del reservorio Chailhuagón parece difícil, dados los condicionantes topográficos impuestos que limitan la posibilidad de recrecimiento de esta laguna. Aún así, si fuera posible beneficiaría a muchos usuarios de aguas abajo, por lo que sería conveniente explorar dicha posibilidad.

No sería necesario ampliar el reservorio Superior, que es el único que tiene dificultades para llenarse, dada su elevada capacidad. Sin embargo, tras el cierre de la mina (transcurridos más de veinte años), se podrían implementar instalaciones de bombeo, para poder enviar agua al reservorio Inferior como solución complementaria o alternativa a la eventual ampliación de su capacidad.

Los reservorios propuestos en el EIA - y su posible ampliación – son el primer paso para el desarrollo de un sistema de regulación en las microcuencas. La Autoridad Nacional del Agua,

considerará – en el marco de sus planes de mejora de la gestión de agua en el Perú - si las demandas de abastecimiento y riego de la zona se atienden correctamente con estos reservorios o se justifica la construcción de otras aguas abajo del proyecto.

### 1.1.2 Aguas subterráneas

Tras el estudio hidrogeológico presentado en Marzo de 2012, consideramos que existe un modelo conceptual hidrogeológico y el consecuente modelo numérico. Este modelo debería ser recalibrado y validado, cada cuatro años, incluyendo los nuevos escenarios de conductividad hidráulica, sugeridos en este Dictamen, y los datos aportados por el control hidrogeológico, permitiendo así la gestión adaptativa de los recursos hídricos subterráneos.

Así sería posible prever con mayor rigor los impactos del proyecto, cualitativos y cuantitativos, en las microcuencas involucradas, y redefinir las dimensiones de las áreas afectadas en calidad y cantidad.

Es recomendable un esfuerzo de síntesis respecto al inventario hidrogeológico, incorporando todas las campañas, mejorando la calidad de las fichas de campo (y la georeferenciación), y contemplando esta actividad como una componente importante de los estudios hidrogeológicos a integrar en la futura red de control.

Esta red de control integraría los seis sondeos previstos, aguas abajo de las principales estructuras potencialmente contaminantes; los manantiales cercanos seleccionados para este efecto; y, adicionalmente, sondeos complementarios en puntos considerados críticos. Dos o tres puntos de control deberían ser instalados en cuencas reconocidamente distantes de las áreas potencialmente afectadas por el proyecto.

Los datos analizados permiten concluir que las aguas subterráneas, en el área de estudio, están presentes en los sistemas cutáneos no confinados, en materiales aluviales y fluvioglaciares y que su circulación tiene lugar a pequeña profundidad y en cortos periodos tras las lluvias.

Es marginal la circulación en rocas del substrato volcánico eruptivo y en calizas, por su comportamiento de acuitardo. No se ha reconocido la presencia de acuíferos kársticos o fisurados profundos.

En sectores muy restringidos es posible la existencias de sistemas hidrogeológicos fisurados, semi-confinados, confinados o pseudo-confinados, de pequeña magnitud, que podrían permitir la propagación de influencias, y el transporte de masa a distancia, en régimen influenciado como sería el caso de los tajos en la etapa de cierre.

La conexión hidráulica entre los diversos subsistemas hidrogeológicos apenas existe o se presenta de manera no significativa.

Las aguas subterráneas cutáneas son responsables de la alimentación de quebradas y ríos y, conjuntamente con las aguas superficiales, son responsables de la alimentación temporal de las lagunas y bofedales, característicos de los ecosistemas de esta región andina. La recarga de agua subterránea es de, aproximadamente, 34 mm, lo que supone el 3% de la precipitación.

Además de las medidas de prevención, mitigación y compensación, propuestas en el EIA, sugerimos se elabore una cartografía de vulnerabilidad a la contaminación, para optimizar las actuaciones de protección y mitigación, previstas bajo botaderos y deposito de relaves.

Asimismo, deberían ser definidos perímetros de protección de las captaciones para uso humano, en las zonas de impacto potencial, para mejor aplicación de las medidas de mitigación.

El modelo numérico debería ser utilizado como modelo de gestión, incorporando simulaciones del funcionamiento de las infraestructuras principales del proyecto. En la fase de extracción, los tajos Perol y Chailhuagón extraerían el agua aportada localmente por el acuífero somero cutáneo, y podrían causar afecciones cuantitativas en captaciones próximas, localizadas en zonas más fracturadas, que deberán incluirse en los programas de control.

Para evitar la ocurrencia de posibles afecciones cualitativas (durante y después de la fase de explotación en los tajos), en las principales quebradas y ríos, es posible que se requiera realizar de cortinas de impermeabilización, y/o pozos de bombeo, en el subsistema hidrogeológico somero.

Las afecciones en sistemas hidrogeológicos discontinuos de las rocas del substrato volcánico eruptivo y en calizas son consideradas marginales, por el comportamiento de acuitardo de estas formaciones geológicas.

El plan de intervención, para cada situación, debería ser previamente establecido, con base en el inventario de puntos de agua, que debería ser objeto de actualización permanente.

Las aguas subterráneas, dada su escasez, no ofrecen disponibilidad para generar alternativas sistemáticas; además los principales recursos hídricos subterráneos están relacionados con los acuíferos someros, y su gestión tendría que ser realizada en la perspectiva de utilización de las aguas superficiales.

Para las medidas de prevención, mitigación y compensación, además de los pequeños reservorios previstos, de ser posible, deberían considerarse alternativas de captación, basadas en la realización de sondeos o otras captaciones sub horizontales, que emularían a los actuales manantiales, pudiendo ser buenas alternativas, socialmente aceptadas.

### 1.1.3 Calidad de las aguas

En el EIA aparece amplia información, correspondiente a la calidad de las aguas, aportados por laboratorios acreditados oficialmente, de Cajamarca, Lima y Ontario (Canadá), utilizando los procesos habituales de control y aseguramiento de la calidad.

#### 1.1.3.1 Aguas superficiales en el estado pre-mina

La calidad de las aguas superficiales, en la etapa pre-mina, incluyendo lagunas, quebradas, ríos y canales, aparece estudiada en el EIA para las cinco microcuencas ubicadas en el entorno del proyecto: quebrada Toromacho, río Alto Jadibamba, quebrada Chugurmayo, quebrada Alto Chirimayo y río Chailhuagón.

La investigación realizada parte de la información histórica, procedente de diversos estudios, elaborados para el proyecto Conga, además de los controles periódicos efectuados por MYSRL. En este sentido, desde el 2003 se vienen efectuando estudios de calidad de las aguas en el área del proyecto, que han sido revisados para su comparación con los datos más recientes (periodo 2007 a 2009), que se consideran más adecuados, por incluir mayor volumen de datos, y por contar con informes de laboratorios homologados.

Este peritaje considera adecuada la caracterización general conseguida, referente a la composición de las aguas superficiales, en la situación pre-mina, si bien deberá extenderse a mayor número de puntos de control, antes de iniciar las operaciones mineras, para que se pueda realizar un adecuado seguimiento espacio-temporal de la calidad, durante la operación. Igualmente deberían seleccionarse puntos de referencia de zonas no afectadas por las actividades mineras propuestas.

En el EIA los datos analíticos aparecen comparados con los *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua* (ECA), establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) y, de manera concreta, con los de Categoría 3, correspondiente a riego de vegetales de tallo alto y tallo bajo y bebida de animales, por ser el principal uso de estas aguas superficiales.

Los aspectos más significativos encontrados, referentes a la calidad de las aguas superficiales, en el estado pre-mina, son los siguientes:

- ↳ La facies química de la mayoría de las aguas analizadas es bicarbonatada cálcica, como corresponde a aguas de baja salinidad; algunas de las muestras son bicarbonatadas-sulfatadas cálcicas en el río Chailhuagón; sulfatadas cálcicas en Laguna Azul y en escorrentías superficiales del Alto Chirimayo; y claramente sulfatadas cálcicas en el bofedal Perol.

- ↳ El pH medido en campo, para la mayoría de las muestras, es superior a 7, llegando incluso a 9. Ocasionalmente hay muestras que bajan a valores entre 6,5 y 7 (algunos análisis de la laguna Azul, y de escorrentías superficiales del río Alto Jadibamba y de la quebrada Alto Chirimayo). En el bofedal Perol los pH son muy bajos (de 3,0 a 6,4, con valores medios de 3,1 a 4,2).
- ↳ El total de sólidos disueltos muestra valores que van desde menos de 3 mg/L hasta 302 (el mayor valor determinado corresponde a la Laguna Mala); valores bajos, como corresponde a aguas predominantemente bicarbonatadas cálcicas, y que evidencian la reducida solubilidad de los materiales litológicos sobre los que discurren estas aguas.
- ↳ Los valores mínimos de alcalinidad se han registrado en el bofedal Perol (<1,0 a 12 CaCO<sub>3</sub>/L, con media de 1,3), lo que manifiesta la mala calidad de esta agua. En el resto de los análisis se observan valores muy variables, llegando a superar los 202 equivalentes de CaCO<sub>3</sub>/L. Con valores inferiores a 20 se encuentran todas las muestras de la laguna Azul y la laguna Chica, reflejando su inadecuada calidad para el desarrollo de vida animal. Registros inferiores a 20 se encuentran, también en aguas de la quebrada de Toromacho, la quebrada Chirimayo y agua de algunos canales.
- ↳ El contenido en sulfatos se puede considerar bajo (entre <0,5 y 42,9 mg/L), a pesar de la presencia de piritita (especialmente en los materiales mineralizados), lo que confirma su no reactividad como consecuencia de encontrarse bajo agua y, por tanto, sin presencia de oxígeno, necesario para su oxidación. Se han identificado puntos de muestreo con concentraciones crecientes en la temporada seca (también en el total de sólidos disueltos), mientras otras estaciones no muestran efecto de estacionalidad.
- ↳ En relación con metales pesados (Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb y Zn), y al objeto de tener un patrón de comparación con situaciones futuras, durante la vida de la mina, destaca que, en general, las concentraciones registradas han sido bajas (incluso muchas veces por debajo de los límites de detección), sin registrarse concentraciones que excedan los ECA de la Categoría 3, si bien en algunos análisis, por no haberse realizado el oportuno ultrafiltrado en la toma de muestras (tipo *millipore*), se han observado contenidos relativamente elevados procedentes de la presencia de materiales particulados, en suspensión o sedimentados.
- ↳ Con relación a la calidad biológica los contenidos en coliformes fecales y totales frecuentemente exceden a los valores límites fijados por la ECA para la Categoría 3, especialmente en ríos, pero también en canales; siendo muy frecuentes los casos en los que se superaron los límites de estos patógenos en aguas para consumo humano, tanto en temporada seca como húmeda. Todo ello es fruto de afecciones por ganadería y antrópicas.

### 1.1.3.2 Aguas subterráneas en el estado pre-mina

En el EIA se aborda la composición y calidad de las aguas subterráneas, en las microcuencas más afectadas en torno al proyecto: quebrada Toromacho, río Alto Jadibamba, quebrada Alto Chirimayo y río Chailhuagón.

Para dicho estudio se parte de los análisis periódicos realizados por MYSRL, y diversas empresas consultoras, en el marco de estudios ambientales en el área, desde el año 2009 (datos que se incluyen en Anexos del EIA).

Puesto que estas aguas tienen uso para consumo humano, su calidad se ha evaluado en forma referencial aplicando los *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua* (ECA), establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2008) para la Categoría 1 - subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con simple desinfección).

Los resultados se han procesado mediante técnicas estadísticas y representaciones gráficas, empleando también programas de modelación geoquímica habituales. Esto para el

comportamiento global de cada parámetro, así como para sus variaciones entre concentraciones máximas, mínimas y medias.

A pesar de que algunos valores obtenidos presentan discrepancias con las concentraciones naturales esperadas, los resultados aportan una buena contribución al conocimiento de las características, composición y comportamiento general de la calidad de las aguas subterráneas.

Entre los aspectos a destacar se pueden resaltar los siguientes:

- ☞ Las facies químicas mayoritarias son bicarbonatadas cálcicas, aunque las hay cálcicas sodo-potásicas, y otras.
- ☞ Los pH en general son de neutro a alcalino, aunque hay valores muy elevados, que llegan a más de 11, posiblemente por aditivos empleados en la perforación o por el empleo de cemento (estos pozos necesitarían una labor de limpieza y desarrollo, puesto que sus aguas no son aptas para consumo humano).
- ☞ El total de sólidos disueltos suele ser de muy bajo a bajo, pero también hay valores que superan a los 4.000 mg/l.
- ☞ La mayoría de los metales reglamentados para los ECA para la Categoría 1 - subcategoría A1, se han mostrado por debajo de los valores máximos establecidos; sin embargo en una serie de muestras de agua de pozos se han excedido los contenidos en Al, As, Fe, Hg, Pb y Mn en diferentes campañas de muestreo, situación no atribuible a la explotación minera, puesto que aún no se ha producido.

Esto puede corresponder a un fondo regional de mineralización, de una zona geológica que ha recibido fluidos mineralizadores profundos. Sin embargo se manifiestan inconsistencias analíticas, como la diferencia reportada entre concentraciones de metales disueltos y concentraciones de metales totales, que parece indicar que las muestras muchas veces no se filtraron adecuadamente, con lo que en las determinaciones pueden aparecer valores mayores, aportados por sólidos en suspensión. Por ello se requiere utilizar en los muestreos *in situ* adecuados filtrados, para eliminar la parte sólida presente.

Por otra parte, parece observarse una correlación de equilibrio entre los valores de pH registrados en aguas subterráneas, del área de estudio (pH casi neutral o ligeramente alcalino, entre 7,5 y 8,2), y las concentraciones de metales disueltos Al, Cu, Pb y Fe, que se encuentran en el rango desde microgramos por litro a decenas de microgramos por litro.

- ☞ Los coliformes totales y fecales generalmente han sido bajos; sin embargo, se han obtenido frecuentemente excedencias del ECA de coliformes fecales, en algunos puntos de aguas subterráneas, que ponen en evidencia la ya indicada influencia antropogénica o animal, identificada también en las aguas superficiales.
- ☞ El oxígeno disuelto, DBO y DQO si bien presentan muchas veces valores normales, otras no cumplen los ECA en los pozos muestreados.

### 1.1.3.3 Aguas de contacto en la etapa mina y post-mina

La previsión de la calidad del agua que podría ser drenada en una operación minera, como la que nos ocupa, siempre tiene un grado de incertidumbre, especialmente para las aguas en contacto con rocas reactivas (presencia de piritita y oxígeno).

Para tener una aproximación se han realizado una serie de estudios y tests hidrogeoquímicos de lixiviación (incluyendo test en celdas de humedad), para pronosticar la calidad futura de las aguas, que aparecen reflejados en el EIA y sus anexos. Situándose del lado de la seguridad, en el EIA se ha previsto someter a tratamiento a todas las aguas potencialmente afectadas en su calidad. Estas afecciones se prevén mayores en las aguas de contacto con materiales de desmonte procedentes del tajo Perol, que presentan minerales sulfurados (pirita y marcasita), los

cuales, al quedar expuestos al ambiente, serían la principal fuente de generación de acidez, disponiendo de poco material para neutralización natural.

La disolución de carbonato cálcico en el tajo Chailhuagón podría aportar un factor de neutralización frente a la generación de agua ácida.

Con respecto a la reactividad de los relaves, en presencia de agua y oxígeno, y teniendo en cuenta su pequeño tamaño de grano, no cabe duda de que son materiales generadores de acidez, y todo el cotejo de afecciones que acompañan. Los metales de importancia ambiental, identificados en los relaves incluyen: As, Cu, Mo, Sb y Zn. Es por ello que se ha planificado la operación de la planta de tratamiento de aguas ácidas a muy largo plazo.

La planta de proceso, para el tratamiento del mineral, no utilizaría ni cianuro ni mercurio, y los reactivos utilizados, para conseguir la flotación diferencial de los metales objeto de beneficio serían en parte recuperados y reutilizados en el proceso, en circuito cerrado; otra parte quedaría incorporada a los concentrados, destinados a la exportación y transportados a la costa mediante camiones; y una tercera fracción permanecería retenida en los relaves, que saldrían de la planta de procesos espesados hasta 62% en sólidos, a través de tuberías hasta el depósito de relaves, que no debe producir efluentes a la red hidrográfica.

En el EIA se retiene, como única alternativa para almacenamiento de relaves, la de disposición subaérea, en el correspondiente depósito de relaves proyectado. Para evitar la necesidad de un tratamiento muy prolongado, de las aguas ácidas, en el sector minero existen alternativas tales el almacenamiento subacuático de los relaves, evitando así la generación de aguas ácidas, y reduciendo drásticamente la necesidad de su tratamiento, pero reconociendo a su vez que demandan agua y reducen el volumen de almacenamiento, lo que implicaría tener una segunda área para la disposición de los mismos.

## 1.2 Recomendaciones

### 1.2.1 Propuestas de infraestructuras a revisar

El EIA, al considerar que reúne todas las condiciones técnicas exigibles, fue aprobado el 27 de Octubre 2010. No obstante, y en el marco de mejoras continuas, que se vienen produciendo en el proyecto, este peritaje propone analizar, durante la etapa de construcción, algunas posibles actuaciones, relacionadas con infraestructuras planificadas, al objeto de introducir progresivamente las mejoras que fuesen recomendables, tras sus correspondientes estudios detallados. Con ellas entendemos se reducirían impactos negativos identificados en el EIA, y se podrían incrementar los activos positivos de actuaciones hidrológico-ambientales.

Al mismo tiempo debemos destacar las oportunidades que puede brindar el proyecto, para mejorar el conocimiento de los sistemas hidrológicos andinos de alta montaña, e implantar las mejores prácticas de gestión, relacionadas con el agua y el medio ambiente.

En este sentido, los peritos responsables de este Dictamen plantean la conveniencia de abordar, durante la fase de ejecución del proyecto, y tan pronto como sea posible, el análisis de aspectos que podrían mejorar ambientalmente algunas infraestructuras diseñadas.

Fundamentalmente se trataría (Capítulo 11) de:

1. Optimizar las condiciones de conservación de los suelos orgánicos, procedentes de diferentes desmontes, en los previstos depósitos de almacenamiento, para mejor preservación de su banco de semillas.
2. Conservar adecuadamente los materiales húmicos procedentes del desmonte del bofedal Perol, para su posterior empleo en labores de rehabilitación internas o externas.
3. Evaluar técnica y económicamente alternativas de reubicación o desplazamiento de los desmontes del tajo Perol, para tratar de evitar que recubran a las lagunas Azul y Chica,

cuales, al quedar expuestos al ambiente, serían la principal fuente de generación de acidez, disponiendo de poco material para neutralización natural.

La disolución de carbonato cálcico en el tajo Chailhuagón podría aportar un factor de neutralización frente a la generación de agua ácida.

Con respecto a la reactividad de los relaves, en presencia de agua y oxígeno, y teniendo en cuenta su pequeño tamaño de grano, no cabe duda de que son materiales generadores de acidez, y todo el cotejo de afecciones que acompañan. Los metales de importancia ambiental, identificados en los relaves incluyen: As, Cu, Mo, Sb y Zn. Es por ello que se ha planificado la operación de la planta de tratamiento de aguas ácidas a muy largo plazo.

La planta de proceso, para el tratamiento del mineral, no utilizaría ni cianuro ni mercurio, y los reactivos utilizados, para conseguir la flotación diferencial de los metales objeto de beneficio serían en parte recuperados y reutilizados en el proceso, en circuito cerrado; otra parte quedaría incorporada a los concentrados, destinados a la exportación y transportados a la costa mediante camiones; y una tercera fracción permanecería retenida en los relaves, que saldrían de la planta de procesos espesados hasta 62% en sólidos, a través de tuberías hasta el depósito de relaves, que no debe producir efluentes a la red hidrográfica.

En el EIA se retiene, como única alternativa para almacenamiento de relaves, la de disposición subaérea, en el correspondiente depósito de relaves proyectado. Para evitar la necesidad de un tratamiento muy prolongado, de las aguas ácidas, en el sector minero existen alternativas tales el almacenamiento subacuático de los relaves, evitando así la generación de aguas ácidas, y reduciendo drásticamente la necesidad de su tratamiento, pero reconociendo a su vez que demandan agua y reducen el volumen de almacenamiento, lo que implicaría tener una segunda área para la disposición de los mismos.

## 1.2 Recomendaciones

### 1.2.1 Propuestas de infraestructuras a revisar

El EIA, al considerar que reúne todas las condiciones técnicas exigibles, fue aprobado el 27 de Octubre 2010. No obstante, y en el marco de mejoras continuas, que se vienen produciendo en el proyecto, este peritaje propone analizar, durante la etapa de construcción, algunas posibles actuaciones, relacionadas con infraestructuras planificadas, al objeto de introducir progresivamente las mejoras que fuesen recomendables, tras sus correspondientes estudios detallados. Con ellas entendemos se reducirían impactos negativos identificados en el EIA, y se podrían incrementar los activos positivos de actuaciones hidrológico-ambientales.

Al mismo tiempo debemos destacar las oportunidades que puede brindar el proyecto, para mejorar el conocimiento de los sistemas hidrológicos andinos de alta montaña, e implantar las mejores prácticas de gestión, relacionadas con el agua y el medio ambiente.

En este sentido, los peritos responsables de este Dictamen plantean la conveniencia de abordar, durante la fase de ejecución del proyecto, y tan pronto como sea posible, el análisis de aspectos que podrían mejorar ambientalmente algunas infraestructuras diseñadas.

Fundamentalmente se trataría (Capítulo 11) de:

1. Optimizar las condiciones de conservación de los suelos orgánicos, procedentes de diferentes desmontes, en los previstos depósitos de almacenamiento, para mejor preservación de su banco de semillas.
2. Conservar adecuadamente los materiales húmicos procedentes del desmonte del bofedal Perol, para su posterior empleo en labores de rehabilitación internas o externas.
3. Evaluar técnica y económicamente alternativas de reubicación o desplazamiento de los desmontes del tajo Perol, para tratar de evitar que recubran a las lagunas Azul y Chica, dada su importancia, sin excluir otras alternativas de compensación hidrológica y

ambiental, que pudieran presentarse y evaluarse durante la ejecución del proyecto, que sean técnica, económica, social y ambientalmente aceptables, diferentes a las aquí expuestas.

4. Mejorar la disponibilidad de agua, mediante la regulación a través de reservorios.
5. Estudiar la posibilidad de encapsular los rechazos de la planta de tratamiento de aguas ácidas, en un depósito de seguridad.
6. Analizar la conveniencia de emplear las técnicas de tratamiento y refinado de aguas ácidas, mediante métodos pasivos (humedales con plantación de totora).
7. Estudiar la conveniencia de ampliar la capacidad de los reservorios para optimizar la gestión del agua generada fuente del área del proyecto.

### 1.2.2 Comité de Acompañamiento

La implementación de este proyecto, tenidas en consideración las recomendaciones de este peritaje, entendemos debe aportar una serie de beneficios muy diversos a este entorno. Sin embargo, entendemos que es condición imprescindible la creación de un Comité de Acompañamiento (con la denominación que se considere más conveniente), responsable de la supervisión y control de las operaciones con incidencia en los aspectos referentes al agua.

Este Comité podría estar adscrito a una Institución de prestigio fiable, actitud transparente y honesta, y con neutralidad real y percibida, para hacer frente a las inevitables suspicacias, que se suscitarán. Su misión sería controlar el cumplimiento de las recomendaciones propuestas, y dar fe de su implantación y resultados; todo ello sin excluir el componente de fiscalización del proyecto, de acuerdo con la normativa vigente.

Esta Institución podría ser el Centro de Análisis y Resolución de Conflictos, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, u otra institución que pudiese actuar con plena transparencia y fiabilidad, especialmente porque los gastos inherentes al funcionamiento de dicho Comité de Acompañamiento deberían ser aportados por el operador minero.

Los Peritos Internacionales, autores de este Dictamen Pericial, se ponen a disposición para supervisar las actuaciones e informes mensuales del Comité de Acompañamiento, certificando en su caso la idoneidad de las mismas, o proponiendo las modificaciones más convenientes, en un informe semestral.

### 1.2.3 Creación de una Cátedra – Empresa de Hidrología Minera y Ambiental

En el Departamento de Cajamarca, existe una actividad minera importante, y proyectos en planteamiento de gran envergadura.

Estas actuaciones requieren de la disponibilidad de técnicos en las diferentes ramas implicadas en el desarrollo de las operaciones mineras y, en el caso que nos ocupa, en el mejor manejo y gestión de los recursos hídricos, en el contexto del desarrollo sostenible.

En este sentido se recomienda la creación de una Cátedra – Empresa de Agua y Medio Ambiente en Minería, que podría estar adscrita a alguna de las Universidades existentes en Cajamarca, y que sería un excelente vivero de profesionales para las empresas. A ella podría estar adscrito un Laboratorio cajamarquino para análisis de las muestras de aguas tomadas en las campañas participativas.

El apoyo de esta Cátedra – Empresa debería implicar a todas las empresas importantes de minería a nivel regional, no sólo con la aportación económica requerida, sino también con la prestación de sus técnicos y consultores en las tareas docentes, y la posibilidad de empleo de sus instalaciones para la realización de Prácticas de Empresa.



## 2 INTRODUCCIÓN

### 2.1 Marco del Dictamen Pericial

El presente Dictamen Pericial responde al *Contrato del Servicio de Peritaje Internacional que evaluará el Componente Hídrico del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Conga*, celebrado de una parte por la Presidencia del Consejo de Ministros de Perú, y de otra parte por el Doctor Ingeniero de Minas Rafael Fernández Rubio, de nacionalidad española, el Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Luis López García, de nacionalidad española, y el Dr. en Geociencias José Martins Carvalho, de nacionalidad portuguesa.

De acuerdo con la documentación contractual, y en lo referente a Alcance del Peritaje, se señala textualmente que *"El peritaje estará centrado exclusivamente en el tema referente a la afectación de las lagunas, la gestión del agua y las mitigaciones de los impactos ambientales y sociales en el ámbito de influencia del Proyecto, consignado tres tareas a realizar, como sigue:*

#### TAREA UNO: Análisis de la información existente

Esta tarea incluye procesar y proveer opinión sobre los alcances consignados en el EIA, en los modelos hidrogeológicos numéricos utilizados, los cuales han sido empleados para analizar el potencial impacto del Proyecto en los flujos en la cuenca baja hasta la confluencia del Río Sendamal, Río Grande y Pomagón. Además, evaluar el impacto, el balance hídrico y disponibilidad de agua en las microcuencas de Alto Jadibamba, Churugmayo, Chirimayo, ÑunÑun y Grande.

#### TAREA DOS: Evaluación de medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas.

En el plan de manejo ambiental, incluido en el capítulo 6 del EIA, se ha propuesto una serie de medidas de análisis de impactos relacionados con el agua subterránea y superficial. El peritaje deberá evaluar las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en el EIA para determinar si estas son adecuadas y suficientes para manejar los impactos que se generarían. Específicamente, esto incluye evaluar si los reservorios Chaihuagón, Perol e Inferior representan alternativas viables para asegurar el balance hídrico y mitigar el impacto sobre las fuentes de agua, servicios ambientales y biodiversidad que actualmente proveen las cuatro lagunas impactadas (Azul, Chica, Mala y Perol).

#### TAREA TRES: Alternativas para generar mayor disponibilidad de agua

Con la información colectada en la Tarea Dos, el peritaje deberá proponer alternativas técnica y económicamente factibles, a nivel conceptual, que permitan asegurar la efectividad de las medidas de prevención, mitigación y compensación del EIA, así como incrementar la disponibilidad de agua en las microcuencas donde se encuentra el proyecto Conga y, de esa manera, buscar mejorar las medidas de mitigación propuestas en el EIA.

A mayor abundamiento, en la documentación contractual se indica lo siguiente:

En el marco del proceso de diálogo que se viene llevando a cargo entre autoridades del Gobierno Nacional y de los Gobiernos Subnacionales, se ha acordado llevar a cabo un Peritaje Internacional sobre aspectos relacionados con el manejo del agua y los recursos hídricos considerados en el antes mencionado Estudio de Impacto Ambiental.

Finalmente, es conveniente indicar que las especialidades a cubrir, en el contexto del "componente hídrico", fueron divididas en tres ítems:

- ↳ Ítem 01. A cargo del Dr. Luis López García. *Estudio de las aguas superficiales y embalses.*
- ↳ Ítem 02. A cargo del Dr. José Martins Carvalho. *Aguas subterráneas.*
- ↳ Ítem 03. A cargo del Dr. Rafael Fernández Rubio. *Estudio de la calidad de aguas e impacto ambiental.*

Estos contenidos se integran en este Dictamen Pericial, consensuado y suscrito por los tres Peritos.

## 2.2 Autoría del Dictamen Pericial

Rafael Fernández Rubio. Dr. Ingeniero de Minas. Catedrático-Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid. Premio Rey Jaime I a la Protección del Medio Ambiente

Primer Catedrático de Hidrogeología de la Universidad española, inicialmente en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada (1971), y posteriormente en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid (1983).

Reconocimientos: Premio Rey Jaime I a la Protección del Medio Ambiente (entregado por la Reina de España en 2006).

Dr. Honoris Causa por la Universidad de Lisboa. Primer Premio Magna Contributio Recognita Est, del instituto de la Ingeniería de España (elegido por unanimidad entre más de 110.000 ingenieros). Medalla del Colegio de Ingenieros de Perú (Consejo Departamental de Lima). Medalla de Honor al Mérito del Honorable Consejo Provincial de Trujillo (Perú). Elegido Millenium Hydrogeologist por la International Association of Hydrogeologists (África del Sur). Premio Biosfera (Brasil). Embajador Científico del Año Internacional del Planeta Tierra (UNESCO). Premio Gullón (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas) al mejor Proyecto Fin de Carrera. Premio Carlos Ruiz Celáa (Asociación Nacional de Ingenieros de Minas). Medalla de Plata del Instituto de la Ingeniería de España. Medalla de la Universidad de Lisboa (Portugal); Medalla del Club Español del Medio Ambiente. Hijo Adoptivo de los municipios de Huétor Santillán (Granada) y Encinas Reales (Córdoba). Aguacate de Oro del municipio de Almuñécar (Granada). Estalacita de Plata otorgada por la Asociación de Cuevas Turísticas de España. Outstanding Services Award otorgado por la International Mine Water Association (IMWA). Nominado para el Premio Príncipe de Asturias a la Cooperación Internacional 2008.

Es: Presidente del Club Español del Medio Ambiente. Miembro de Honor de la Environmental European Press (EEP). Presidente Emérito de la Internacional Mine Water Association. Presidente del Patronato de la Fundación Instituto Madrileño de Estudios Avanzados del Agua



(IMDEA Agua). Miembro de Honor de la Asociación Española de Ingenieros de Minas; Miembro de Honor y Presidente de Honor Vitalicio de la Asociación Iberoamericana de Enseñanza Superior de la Minería; Asesor Vitalicio del Alto Consejo Consultivo de la Generalitat Valenciana. Vocal del Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible, del Instituto de la Ingeniería de España, en representación de la Asociación Nacional de Ingenieros de Minas. Fundador de: International Mine Water Association; de la Asociación Iberoamericana de Enseñanza Superior de la Minería; del Club Español del Medio Ambiente y del Club del Agua Subterránea.

**Ha sido:** Fundador y Presidente de la Internacional Mine Water Association (IMWA), Presidente del Club del Agua Subterránea (CAS); del Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos; del Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible, del Instituto de la Ingeniería de España; de la Asociación Iberoamericana de Enseñanza Superior de la Minería (AIESMIN); del Comité de Medio Ambiente del Club Español de Industria, Tecnología y Minería. Co-Fundador de los SIAGA (Simposium del Agua en Andalucía) y TIAC (Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros). Experto de UNESCO, UNEP y UNIDO en numerosos proyectos internacionales. Profesor invitado en cincuenta y ocho universidades de veintitrés países. Asesor de Relaciones Internacionales de la Dirección de la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid. Vicedecano de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. Miembro del Jurado de los premios: Príncipe de Asturias de Ciencia y Tecnología; Severo Ochoa y Excelencia Medioambiental Empresarial (Ministerio de Industria).

**Ha realizado** más de 850 misiones internacionales en Minería, Ingeniería Ambiental e Hidrogeología, en cincuenta y cinco países de los cinco continentes: África del Sur, Alemania, Andorra, Argelia, Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Bolivia, Bosnia-Herzegovina, Brasil, Canadá, Chile, China, Costa Rica, Croacia, Cuba, Ecuador, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Emirato de Qatar, Francia, Grecia, Guinea Ecuatorial, Holanda, Honduras, Hungría, Indonesia, Irak, Italia, Kuwait, Libano, Malasia, México, Panamá, Perú, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República Dominicana, Rusia, São Tomé e Príncipe, Serbia, Suiza, Tailandia, Turquía, Ucrania, USA, Venezuela, Zambia y Zimbabue.

#### **Especialidades:**

**Minería:** Clausura de labores mineras; rehabilitación de espacios mineros; drenaje y desagüe de minas; bio-remediación de aguas ácidas; estudios de impacto ambiental; gestión de residuos mineros e industriales;...

**Ingeniería Ambiental:** Tratamiento de aguas de mina; almacenamiento y control de residuos urbanos, industriales y radiactivos; estudios de base ambiental; estudios de impacto ambiental; activos ambientales de la minería;...

**Hidrogeología:** Estudios hidrogeológicos aplicados a la minería y las obras públicas; tratamientos biotecnológicos de aguas; protección de acuíferos; hidrogeología kárstica; acuíferos costeros; aguas minerales y termales;...

**Luis López García. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, MSc Civil Colorado State University, EE. UU.**

Ingeniero consultor en hidrología, hidráulica e hidrogeología. Profesor asociado de Recursos Hidráulicos en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid entre 1972 y 2010.

**Especialidad:** Desarrollo y aplicación de modelos matemáticos en la planificación y gestión de recursos hidráulicos.



**Consultorías destacadas:** Entre las más de 300 consultorías realizadas personalmente hay que destacar ser asesor permanente en materia de planificación y gestión de recursos hidráulicos de la Confederación Hidrográfica del Ebro (80.000 km<sup>2</sup> y más de 200 embalses) desde 1986; del Consejo Insular de Aguas de Tenerife (gestión de unos 150 hm<sup>3</sup>/año de extracciones de agua subterránea) desde 1982; y de la Agencia Catalana del Agua (incluido el abastecimiento al Área Metropolitana de Barcelona con 4 millones de habitantes) desde 2000. Desarrollo del subsistema de control de embalses en avenidas, para el Sistema de Ayuda a la Decisión para el control y alerta de avenidas, en tiempo real, de la Cuenca del Ebro (2000-03).

**José Martins Carvalho.** Licenciado en Ciencias Geológicas (Universidad de Oporto), Doctor en Geociencias (Universidad de Aveiro), Profesor Coordinador en el Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Consultor en hidrogeología y recursos geotérmicos con actividad docente hace más de 30 años en las Universidades de Oporto (FCUP), Évora y Lisboa (FCUP). Elegido *Millenium Hydrogeologist* por la International Association of Hydrogeologists (África del Sur).



Es: Miembro del Panel de Especialistas (Hidrogeología) de la FEG (Federación Europea de Geólogos) y miembro del Vetting Committee de la APG (Associação Portuguesa de Geólogos)

Ha sido: Presidente de la APG (Associação Portuguesa de Geólogos). Vice-Presidente de la Federación Europea de Geólogos. Miembro del Vetting Committee de la Federación Europea de Geólogos.

Ha realizado: Muchas decenas de misiones profesionales en países extra-europeos, como Brasil, Guiné-Bissau, Angola, Mozambique, Nigeria, Malawi, África del Sur, Marruecos, Israel y Macao (Sur de China).

**Especialidades:** Recursos hídricos subterráneos en rocas fracturadas; aguas minerales naturales y recursos geotérmicos; grandes obras de ingeniería; aguas subterráneas e impactos medio-ambientales.

**Consultorías destacadas:** De las centenas de consultorías realizadas personalmente hay que destacar las realizadas para las grandes envasadoras de agua mineral y baños termales portugueses; para la EDP (Electricidade de Portugal), a propósito de las aguas subterráneas en las grandes obras hidráulicas; para la EDA (Electricidade dos Açores), en el dominio de la geotermia y para empresas del grupo AdP (Águas de Portugal) en la planificación hidráulica (aguas subterráneas).

Hemos de destacar que, en la elaboración de este Dictamen, hemos contado con aportaciones valiosas, de nuestros respectivos equipos de colaboradores especialistas y, de manera especial, en trabajos de campo y de gabinete, de:

- ↳ **David Lorca Fernández**, Ingeniero Técnico de Minas, Jefe de Proyectos de FRASA Ingenieros Consultores (España).
- ↳ **Tiago Carvalho**, Maestría en Ingeniería Ambiental, Asistente de Producción en TARH – Terra, Ambiente e Recursos Hídricos, Lda.

### 2.3 Ubicación del proyecto minero Conga

De acuerdo con la información incluida en el que nos ha sido suministrada, el proyecto Conga se localiza aproximadamente a 73 km al Noreste de la ciudad de Cajamarca, y al Este de la actual Mina Yanacocha (Fotografía 1).



Fuente: Google Earth; fecha: 22/04/2011.

Fotografía 1. Localización del proyecto Conga en imagen satelital.



Fuente: Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010.

Figura 1. Ubicación del proyecto Conga.

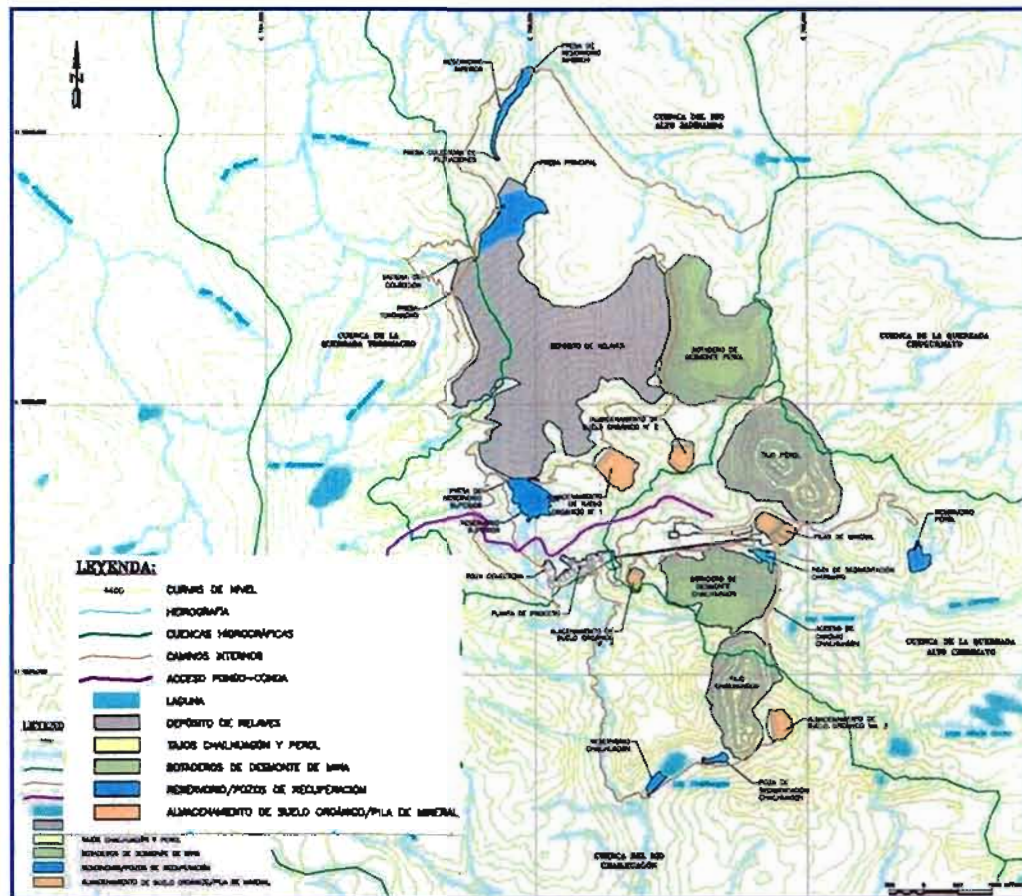


- ↳ **Tajo Chailhuagón**, cuyo minado se iniciaría desde el primer año de operación del proyecto, y tendría una duración de aproximadamente 14 años, en los cuales se procesarían 160 millones de toneladas (Mt) de mineral.
- ↳ **Tajo Perol**, cuyo minado se extendería a toda la vida útil del proyecto, y tendría una duración de minado de aproximadamente 19 años, en los que se procesarán 344 Mt de mineral.

Estos depósitos se explotarian por tajo abierto, mediante proceso convencional de chancado, molienda y flotación, en una planta con capacidad nominal para 92.000 toneladas/día, que procesaría el mineral a partir del segundo año del proyecto, durante los 17 años siguientes. El concentrado obtenido se transportaría en camiones, a un puerto de la costa norte peruana, para su despacho al mercado internacional.

Además de los mencionados tajos, las infraestructuras incluirían: depósitos de desmonte (Perol y Chailhuagón), comprometiendo a las lagunas Azul y Chica; depósitos de suelo orgánico; instalaciones de procesamiento del mineral; instalaciones de manejo de relaves; reservorios de agua; depósitos de material de préstamo; así como otras infraestructuras menores. Con un área total de ocupación de, aproximadamente, 2.000 ha (Figura 3).

El acceso principal, para el desarrollo de las actividades de construcción y operación del proyecto, se construiría sobre el mismo trazado utilizado para el desarrollo de las actividades de exploración minera.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 3. Disposición de los elementos principales del proyecto Conga.

## 2.4 Historia del proyecto minero Conga

Las actividades iniciales de exploración se iniciaron en 1991, dando como resultado el descubrimiento por CEDIMIN (Compañía de Exploraciones, Desarrollo e Inversiones Mineras) de los dos yacimientos (Chailhuagón y Perol), situados a 25 km al Noreste del complejo Yanacocha.

Entre el 1994 y el 2000, CEDIMIN realizó investigaciones geoquímicas de rocas y suelos, cartografía, geofísica y perforaciones diamantinas (38.395 m en 104 perforaciones en ambos depósitos).

En el 2000, CEDIMIN investigó ambos depósitos y, a partir del 2001, MYSRL desarrolló la planificación de los estudios de geotecnia e hidrogeología, y la gestión de adquisición de tierras y permisos (incluyendo el uso de agua), para el inicio de una amplia campaña de exploraciones.

Las actividades de exploración se iniciaron en el 2004, con 37.925 m de perforaciones en 128 sondeos, distribuidos entre ambos yacimientos y, de acuerdo con los resultados alcanzados, se decidió acometer el proyecto Conga.

Del 2005 al 2007 se realizó el Estudio de Base Ambiental y, a partir de 2008, se inició el desarrollo de la ingeniería de proyecto, mientras se continuaría con actividades de perforación durante el 2009.

En el 2008 se aprobó el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIASd) (Resolución Directoral N° 243-2008-MEM/AAM), el cual contemplaba la ejecución de 171 plataformas de exploración minera.

En abril de 2009 se aprobó la Primera Modificación del EIASd del Proyecto de Exploración Conga (Resolución Directoral N° 081-2009-MEM/AAM), a través de la cual se autorizó a MYSRL a reubicar 32 plataformas de perforación.

En noviembre de 2009, para complementar y consolidar los estudios de exploración efectuados, y realizar perforaciones para estudios de geotecnia requeridos para las ingenierías básicas y de detalle, después de aprobado el EIA, MYSRL presentó una Segunda Modificación del EIASd del Proyecto de Exploración Conga. En ésta se solicitó poder realizar 348 perforaciones adicionales y 754 calicatas.

Con el objetivo de complementar y consolidar los estudios de exploración, efectuados con anterioridad, y realizar perforaciones para estudios de geotecnia, requeridos para las ingenierías básicas y de detalle, necesarias para la construcción y operación del proyecto, MYSRL realizó tres modificaciones al Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIASd) del año 2004, siendo la última de éstas presentada a las autoridades competentes en el año 2010, y aprobada en enero de 2011 mediante la R.D. N° 025-2011-MEM/AAM.

Como parte de desarrollo del proyecto Conga, y de manera consecuente con los procedimientos ambientales, en febrero del 2010 se presentó el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto, a nivel detallado.

Mediante Resolución Directoral N° 351-2010-MEM-AAM (27 de octubre de 2010) sustentada en el Informe N° 1028-2010-AAM/MLI/CAG/CMC/PRR/RST/WAL/JCV/RBC/MAA, se aprobó el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto CONGA de MYSRL, a desarrollar en los distritos de Huasmin, Sorochuco y La Encañada, de las provincias de Celendín y Cajamarca, del departamento de Cajamarca.

El 21 de diciembre de 2010, MYSRL, presentó la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Conga, elaborado por Knight Piésold Consulting, consultora inscrita en el Registro de Entidades Autorizadas para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental, en el sector Energía y Minas.



## 2.5 Procedimiento de evaluación del Estudio de Impacto Ambiental

La Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM), del Ministerio de Energía y Minas, mediante Auto Directoral N° 011-2011-MEM-AAM, de 07 de enero de 2011, sustentado en el Informe N° 019-2011-MEM/AAM/CAG/MLI, requirió a MYSRL para cumplir con absolver las observaciones formuladas al Plan de Participación Ciudadana (PPC) y Resumen Ejecutivo (RE), de la Modificación del EIA del proyecto Conga.

La Dirección General de Asuntos Ambientales, del Ministerio de Agricultura, mediante escrito N° 2059639, de 14 de enero de 2011, hizo entrega a la DGAAM, de su Opinión Técnica N° 010-11-AG-DVM-DGAA-DGA.

MYSRL, a través del escrito N° 2036148, de 27 de enero de 2011, presentó a la DGAAM el levantamiento de observaciones, respecto al Informe N° 019-2011-MEM/AAM/CAG/MLI.

MYSRL, con escrito N° 2065006, de 03 de febrero de 2011, presentó a la DGAAM información complementaria, respecto al levantamiento de observaciones formuladas en el Informe N° 019-2011-MEM/AAM/CAG/MLI.

MYSR, mediante escrito N° 2069535, de 16 de febrero de 2011, presentó a la DGAAM información complementaria adicional, respecto al levantamiento de observaciones formuladas en el Informe N° 019-2011-MEM/AAM/CAG/MLI.

La DGAAM, mediante Auto Directoral N° 108-2011-MEM-AAM, de 24 de febrero de 2011, sustentado en el Informe N° 206-2011-MEM/AAM/CAG/MLI, dio conformidad al Plan de Participación Ciudadana (PPC) y al Resumen Ejecutivo (RE) de la Modificación del EIA del proyecto Conga.

MYSRL, con escrito N° 2073503, de 07 de marzo de 2011, presentó a la DGAAM, los cargos de presentación de la modificación del EIA Conga a las autoridades regionales en Cajamarca.

La DGAAM, mediante Auto Directoral N° 194-2011-MEM-AAM, de 13 de abril de 2011, alcanzó al titular minero, el Informe con las observaciones encontradas, luego del proceso de evaluación del EIA respectivo.

La DREM Cajamarca, a través del escrito N° 2084462, de 13 de abril de 2011, alcanzó a la DGHAAM, el pedido del Caserío de Totoracocha, a ser incluidos como área de influencia del proyecto Conga.

El consultor externo de la DGAAM, Economista Carlos Orihuela Romero, con escrito N° 2085163, de 18 de abril de 2011, alcanzó su informe de evaluación de la parte de Valoración Económica Ambiental del EIA.

La Municipalidad Distrital de La Encañada, mediante escrito N° 2086345, de 25 de abril de 2011, alcanzó a la DGAAM un informe de observaciones sobre el EIA presentado.

MYSRL, mediante escrito N° 2096399, de 02 de junio de 2011, presentó a la DGAAM el informe de levantamiento de observaciones que fueran comunicadas con el Auto Directoral N° 194-2011-MEM-AAM.

MYSRL, con escrito N° 2101023, de 15 de junio de 2011, presentó a la DGAAM, el cargo de recepción a las autoridades locales y regionales, del informe de levantamiento de observaciones que fueran comunicadas con el Auto Directoral N° 194-2011-MEM-AAM.

La DGAAM, mediante Auto Directoral N° 307-2011-MEM-AAM, de 24 de junio de 2011, alcanzó al titular minero, el Informe con las observaciones pendientes a ser levantadas luego del proceso de evaluación del documento de levantamiento de observaciones sobre el EIA.

MYSRL, con escrito N° 2112900, de 14 de julio de 2011, presentó a la DGAAM, el documento de levantamiento de observaciones en segunda ronda, y que fuera comunicada con el Auto Directoral N° 307-2011-MEM-AAM.

La Dirección General de Asuntos Ambientales, del Ministerio de Agricultura, a través del escrito N° 2114824, de 25 de julio de 2011, presentó a la DGAAM, las observaciones pendientes de

ser levantadas por el titular minero, sustentadas en la Opinión Técnica N° 180-11-AG-DVM-DGAA-DGA.

MYSRL, mediante escrito N° 2114876, de 25 de julio de 2011, presentó a la DGAAM, los cargos de recepción del documento de levantamiento de observaciones, presentado a las autoridades regionales y locales de Cajamarca.

La Autoridad Nacional del Agua, con escrito N° 2115110, de 26 de julio de 2011, presentó a la DGAAM, su opinión técnica favorable, donde no se incluyen observaciones adicionales o pendientes, y se sustenta en el Informe Técnico N° 0745-2011-ANA-DGCRH/SFA/HTV.

La Municipalidad Distrital de La Encañada, mediante escrito N° 2116128, de 02 de agosto de 2011, alcanzó a la DGAAM su opinión sobre el levantamiento realizado por el titular minero a sus observaciones, encontradas durante la evaluación del EIA presentado.

La Dirección General de Asuntos Ambientales, del Ministerio de Agricultura, con el escrito N° 2119709, de 11 de agosto de 2011, hace entrega a la DGAAM de un Informe del Coordinador Regional Agrario Lambayeque-Cajamarca, donde indica que el proyecto Conga traería graves consecuencias para el equilibrio ambiental, que repercutiría a las poblaciones locales. Al respecto, dicho informe carece de un análisis técnico de los aspectos tratados por el mismo.

El Alcalde de la Municipalidad Distrital de Sorochuco, Sr. Eber Abanto Zelada, mediante escrito N° 2127504, de 13 de setiembre de 2011, dirigido al señor Ministro de Energía y Minas, manifiesta que, la Municipalidad Provincial de Celendín, en concordancia con la Municipalidad Distrital de Sorochuco, emitieron la Resolución de Alcaldía N° 020-2004-MPC/A, de 13 de octubre de 2004; mediante la cual se resolvió declarar: Área de Conservación Ambiental, Zona Intangible, reserva Ecológica las Jurisdicciones de Azul, Conga, Laguna El Perol, Laguna Cortada, Laguna Alforjacocho, Laguna de Milpo y las microcuencas del río Sendamal, río Chugur y río Chugurmayo, dichas áreas tienen relación con el proyecto minero Conga; por lo que solicita una inspección de una comisión de Alto Nivel a las lagunas El Perol, Milpo y Alforjacocho, entre otras, del distrito de Sorochuco, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, a fin de evitar futuros conflictos sociales.

La Dirección General de Asuntos Ambientales, del Ministerio de Agricultura, a través del Oficio N° 996-11-AG-DVM-DGAA/agf-82421-10, con Registro de Ingreso N° 2128910, de 20 de setiembre de 2011, hace entrega a la DGAAM de la Opinión Técnica N° 216-11-AG-DVM-DGAA-DGA, respecto a la evaluación del levantamiento de observaciones de la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Conga, donde se indica que no tienen observaciones adicionales.

MYSRL, mediante escrito N° 2134224, de 10 de octubre de 2011, dirigido al señor Ministro de Energía y Minas, puso en conocimiento del envío de una carta aclaratoria al Congresista de la República Mesías Guevara Amasifuén, por las declaraciones aparecidas en el diario "El Clarín", de Cajamarca, que "Minas Conga ya inició Operaciones Extractivas", afirmación incorrecta, toda vez que el proyecto Conga se encuentra en fase de proyecto y las operaciones se iniciarían recién en el año 2015.

MYSRL, con escrito N° 2137154, de 20 de octubre de 2011, presentó a la DGAAM copia del descargo del 20 de octubre de 2011, dirigido a la Dirección General de Asuntos Ambientales, del Ministerio de Agricultura, respecto al informe del Coordinador Regional Agrario de Lambayeque.

La Municipalidad Distrital de La Encañada, mediante Oficio N° 078-2011/MDLE/GM, con Registro de Ingreso N° 2131648, de 03 de octubre del 2011, solicita a la DGAAM la aclaración respecto al Informe N° 019-2011-RMHC/SG-RR.NN, presentado con escrito N° 2116128, de 02 de agosto de 2011, también sobre las medidas de manejo de fauna doméstica y silvestre en el Corredor Pongo - Conga, el estudio a nivel de factibilidad sobre la creación de nuevos bofedales para minimizar los impactos ambientales y, finalmente, pide se les proporcionen los resultados respecto del monitoreo y actualización de Línea Base de Flora y Fauna, en el ámbito de Influencia del proyecto Conga.

El Director Regional de Energía y Minas de Cajamarca, con escrito N° 2135810, del 14 de octubre de 2011, remitió el Memorial presentado por las Autoridades, dirigentes y pobladores de los

Caseríos El Progreso y Maraypampa, por el cual reclaman no haber sido considerados dentro del área de influencia directa ni indirecta del proyecto minero Conga.

MYSRL, el 17 de febrero del 2012, presentó informe de monitoreo de la calidad de agua y del aire, en la etapa de preconstrucción - segundo semestre 2011.

MYSRL presentó, el 22 de marzo del 2012, la Actualización del Estudio Hidrogeológico del proyecto Conga, periodo 2010-2011, con referencia a la R.D. N° 351-2010-MEM/AAM que aprobó el EIA Conga.

## 2.6 Peritaje Internacional

El 20 de enero de 2012, se aprobó, mediante Resolución Ministerial N° 024-2012-PCM, la exoneración del proceso de Adjudicación Directa Pública, teniendo como objeto la contratación de tres Expertos para el *SERVICIO DE PERITAJE INTERNACIONAL PARA LA EVALUACIÓN DEL COMPONENTE HÍDRICO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO CONGA*; por el causal de Servicios Personalísimos, prevista en el literal f) del Artículo 20° del Decreto Legislativo N° 1017 – Ley de Contrataciones del Estado Peruano.

El 1 de febrero de 2012, suscriben contrato con el Estado Peruano el Dr. Rafael Fernández Rubio y el Dr. Luis López García, ambos de nacionalidad española, para su integración en el equipo de Expertos para efectuar el Peritaje del EIA Conga, responsables de evaluar la Calidad del Agua e Impacto Ambiental, y Aguas Superficiales y Embalses, respectivamente.

El 15 de febrero de 2012, el Dr. José Martins Carvalho, de nacionalidad portuguesa, suscribió el respectivo contrato como el tercer Experto del equipo, para realizar el Peritaje del EIA Conga – Componente Recurso Hídrico, para evaluar las Aguas Subterráneas.

En el periodo comprendido entre los días 27 de febrero al 5 de marzo de 2012, los Doctores Rafael Fernández Rubio, Luis López García, y José Martins Carvalho, luego de su presentación oficial, iniciaron la recopilación de información, el trabajo de campo, así como diferentes reuniones con técnicos de instituciones públicas y privadas, en la ciudad de Cajamarca, como parte de las actividades previstas en el Peritaje Internacional EIA Conga – Recurso Hídrico.

Entre los días 13 al 18 de marzo de 2012, el Perito Dr. José Martins Carvalho efectuó, en el marco del Peritaje, diversas actividades en la ciudad de Lima, incluyendo entre otras, reuniones de trabajo técnico con el Instituto Nacional Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), y con la Autoridad Nacional del Agua (ANA), de los Ministerios de Energía y Minas y de Agricultura, respectivamente.

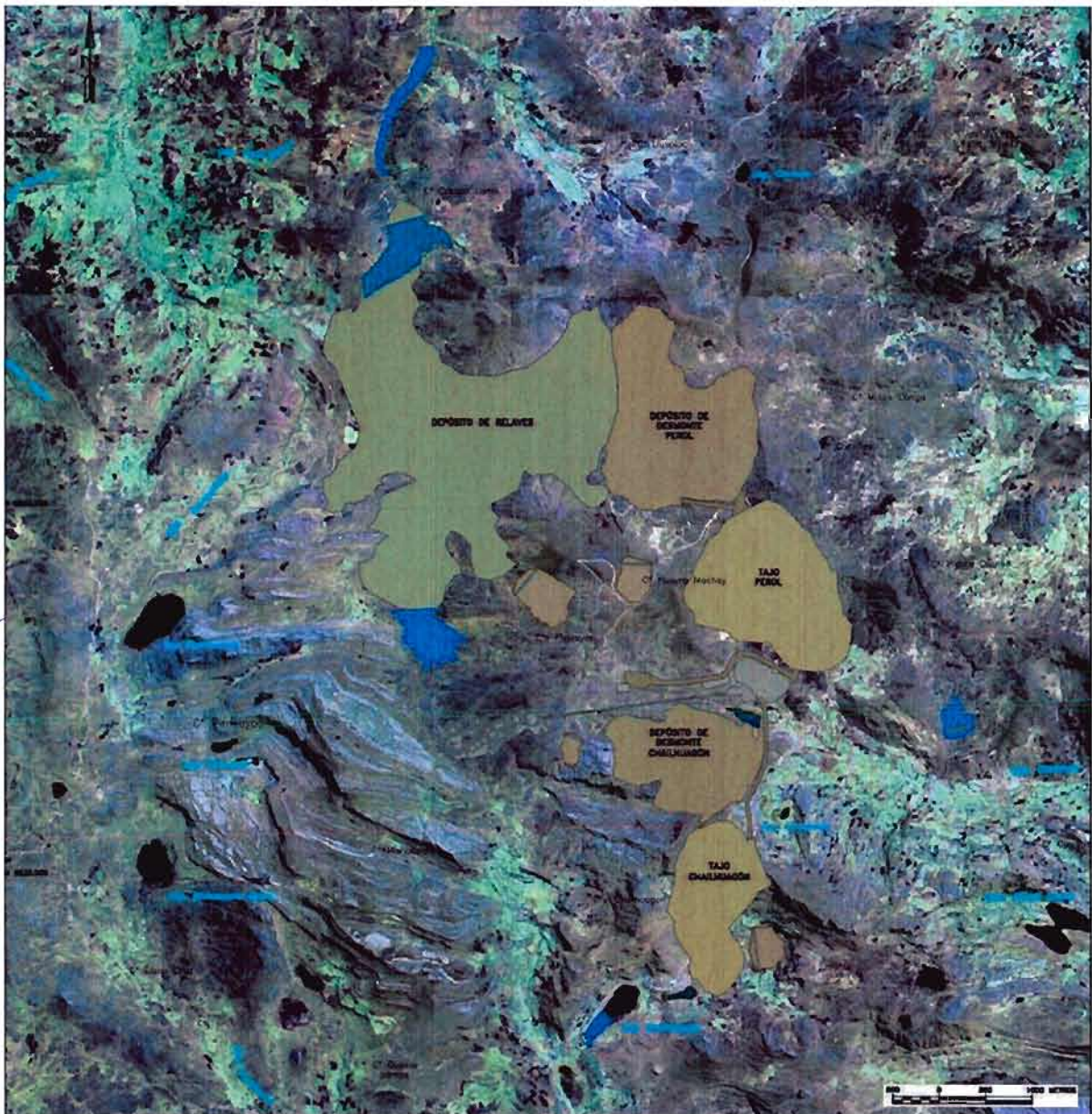
Entre los días 19 al 22 de marzo de 2012, el Perito Dr. Luis López García, realizó varias actividades inherentes a su especialidad, habiendo sostenido reuniones técnicas de trabajo en la ANA y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

El día 7 de abril de 2012, Sábado de Gloria, al cumplirse los 40 días de trabajo, estos peritos concluían el Dictamen Pericial, realizado conjuntamente, a través de un permanente contacto virtual por Internet y telefónico, y el día 8 de abril Domingo de Resurrección llegaban a Perú, para hacer entrega del mismo. No obstante, estos peritos solicitaron disponer del tiempo necesario para realizar la revisión y edición final e, incluso, para efectuar alguna consulta complementaria. De esta manera el 13 de abril de 2012 fue rubricado y entregado este Dictamen Pericial que consta de 250 páginas de texto, más las carátulas iniciales (2 páginas) e Índices (11 páginas).

### 3 INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURAS DEL PROYECTO CONGA

#### 3.1 Componentes generales

El proyecto Conga incluye una serie de instalaciones e infraestructuras específicas, que se extienden sobre una superficie de menos de 2.000 ha (Figura 4).



Fuente: Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010.

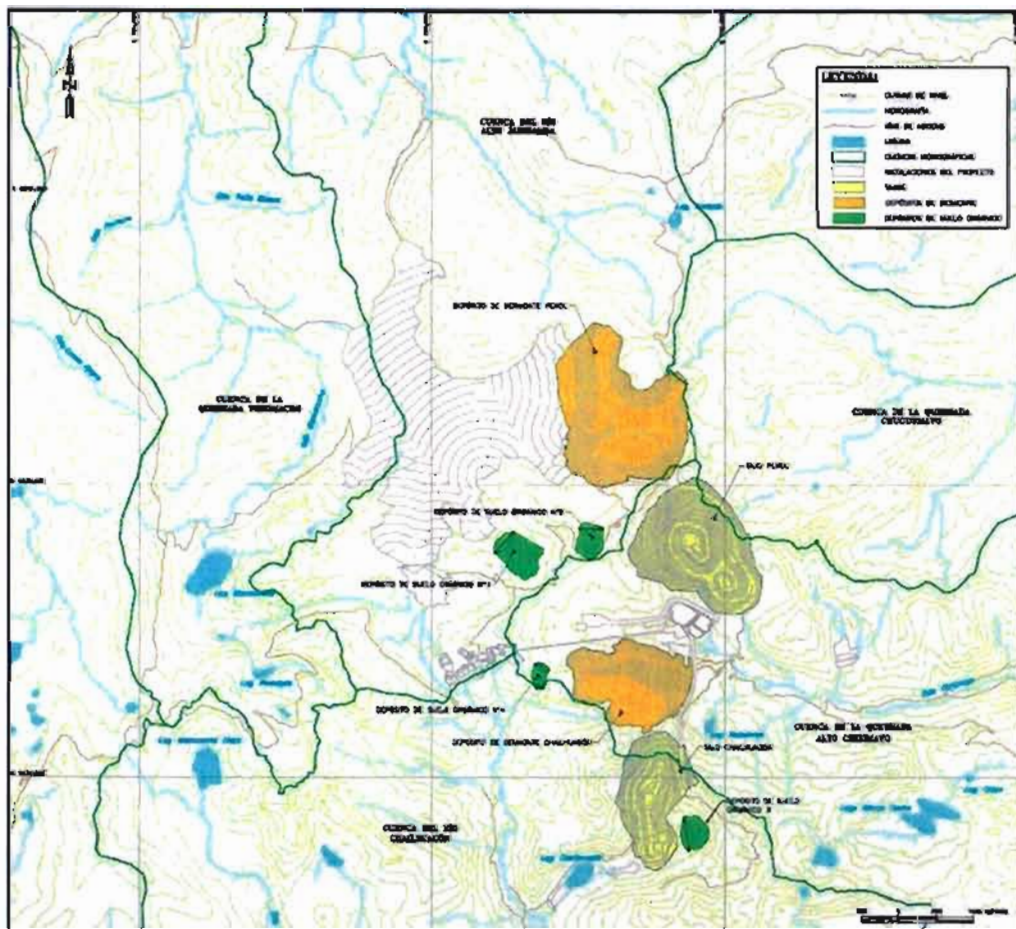
Figura 4. Principales instalaciones e infraestructuras del proyecto Conga.

De ellas se pueden destacar las siguientes: dos tajos (explotaciones mineras a cielo abierto); dos depósitos de materiales de desmonte procedentes de los tajos; varios depósitos de suelo orgánico, para su posterior empleo en labores de rehabilitación; instalaciones de procesamiento y beneficio del mineral; instalaciones de manejo y almacenamiento controlado de relaves; reservorios para agua requerida por el proyecto y para atender compensaciones externas; instalaciones para tratamiento de las "aguas de contacto"<sup>1</sup>; y depósitos de material de préstamo.

## 3.2 Instalaciones e infraestructuras mineras

### 3.2.1 Tajos Perol y Chailhuagón

De acuerdo con lo expuesto, en el EIA, la operación del proyecto Conga implicaría la extracción de aproximadamente 504 Mt de mineral y 581 Mt de mineral de baja ley y desmonte estéril, lo que totaliza 1.085 Mt de roca, en dos tajos (Figura 5)

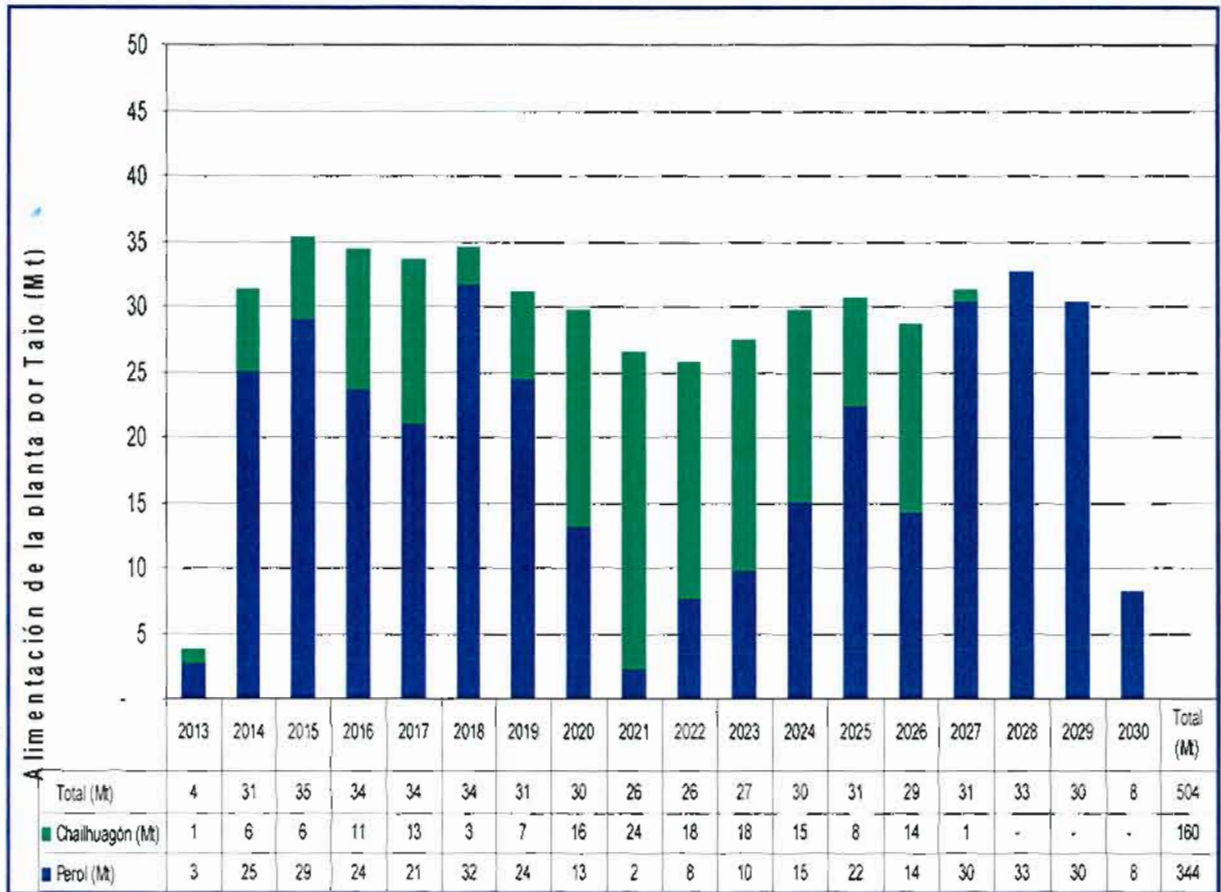


Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 5. Localización de las principales infraestructuras mineras.

<sup>1</sup> Aguas de contacto: son aguas de origen natural que entran en contacto con las materiales mineros reactivos, lo que puede afectar a su calidad natural.

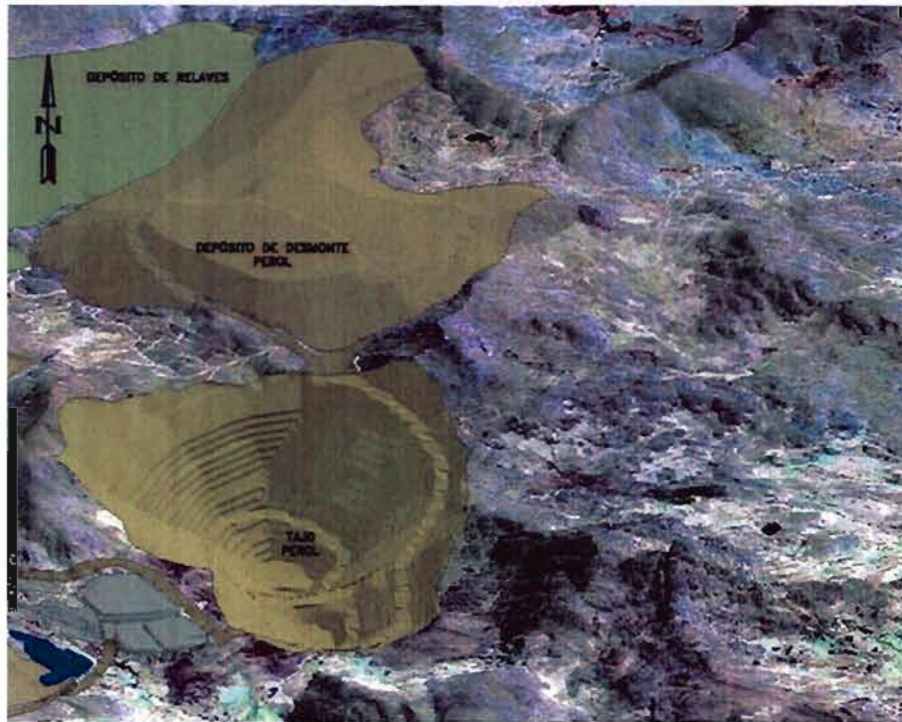
Los ritmos de producción previstos, para ambas explotaciones a cielo abierto, se reflejan en la Figura 6.



Fuente: figura elaborada en base al Plan de Explotación, 2012

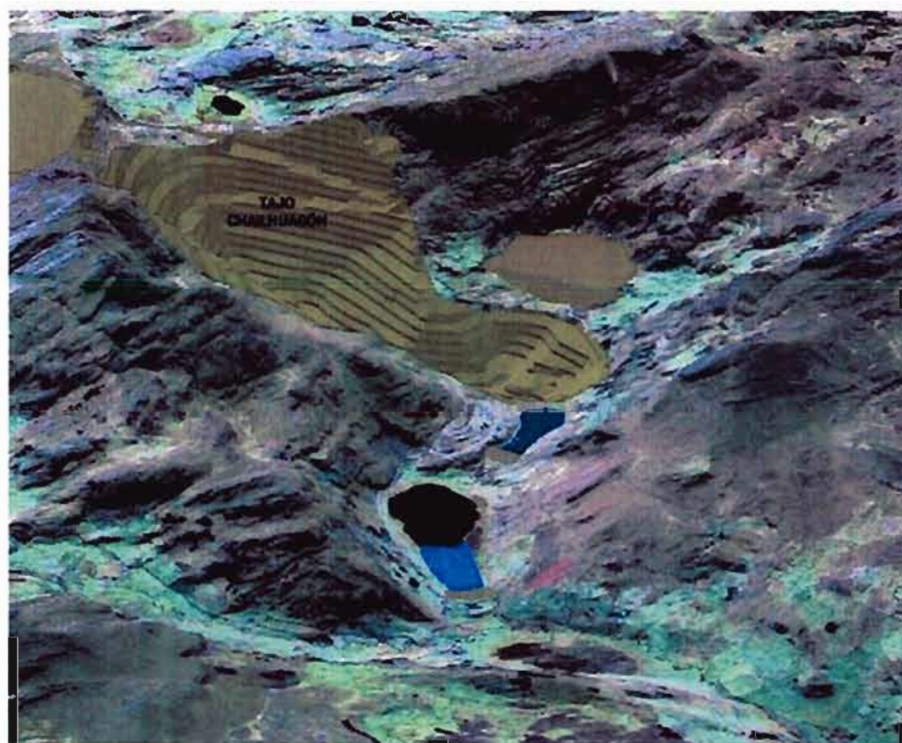
Figura 6. Plan de alimentación de la planta concentradora por tajos, a lo largo de la fase de operación minera.

- ↳ El **tajo Perol** se explotaría durante toda la vida útil del proyecto, con una duración de minado de aproximadamente 19 años. En su excavación final tendría la morfología de tajo abierto representada en la Figura 5 y la Figura 7, con dos senos más profundos, donde la mineralización se presenta a mayor profundidad. Al finalizar la explotación, este tajo ocuparía un área de aproximadamente 224 ha, con forma elíptica y eje mayor de 1.950 m de largo, orientado N 45° W. La máxima profundidad del tajo se situaría a la cota 3.432 m s.n.m.
- ↳ El **tajo Chailhuagón**, se iniciaría desde el primer año de operación del proyecto, y se operaría durante aproximadamente 14 años (Figura 6). En su excavación final tendría la morfología representada en la Figura 5 y la Figura 8, con un estrechamiento en la parte central. Al finalizar la explotación este tajo ocuparía un área de aproximadamente 143 ha, de forma alargada, con eje mayor de 1.800 m de largo, en dirección N – S. La máxima profundidad del tajo se situaría a la cota 3.588 m s.n.m.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010

Figura 7. Escenario proyectado para el sector del tajo y depósito de desmorte Perol.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

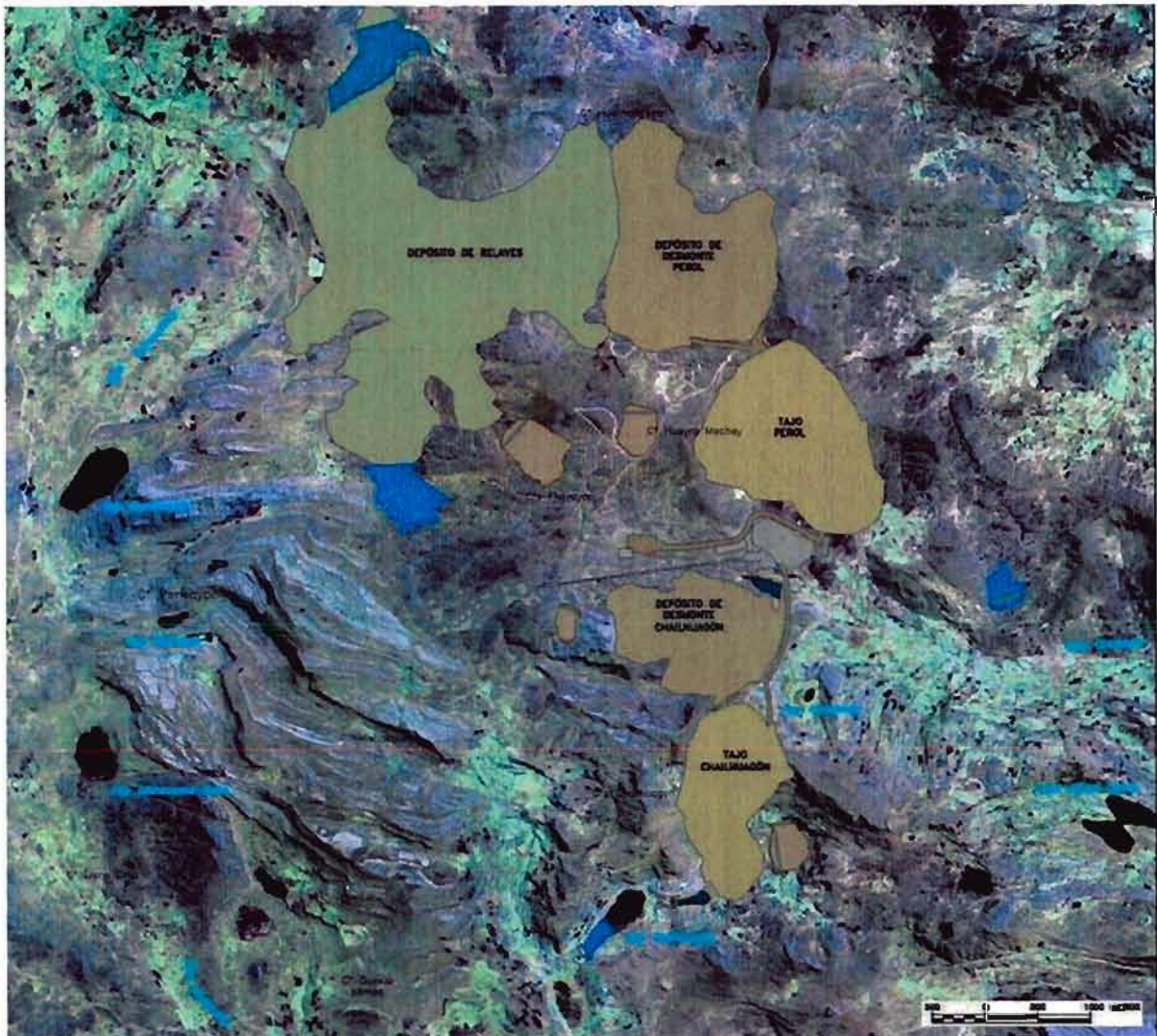
Figura 8. Escenario proyectado para el sector del tajo Chailhuagón.

### 3.2.2 Depósitos de suelo orgánico

Previamente a la explotación de ambos tajos se retiraría y apilaría el suelo orgánico vegetal, en varios depósitos (Figura 5), para ser empleado posteriormente en las tareas de rehabilitación de áreas afectadas por las actividades mineras e industriales.

### 3.2.3 Depósitos de desmonte Perol y Chailhuagón

De acuerdo con el EIA está previsto que el estéril y el mineral de baja ley (económicamente no aprovechable), extraídos de los mencionados tajos, se apilarían y almacenarían en sendos depósitos de desmonte, situados en las proximidades de los respectivos tajos (Figura 9). Sumados ambos depósitos se prevé la disposición de 581 Mt de desmonte.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

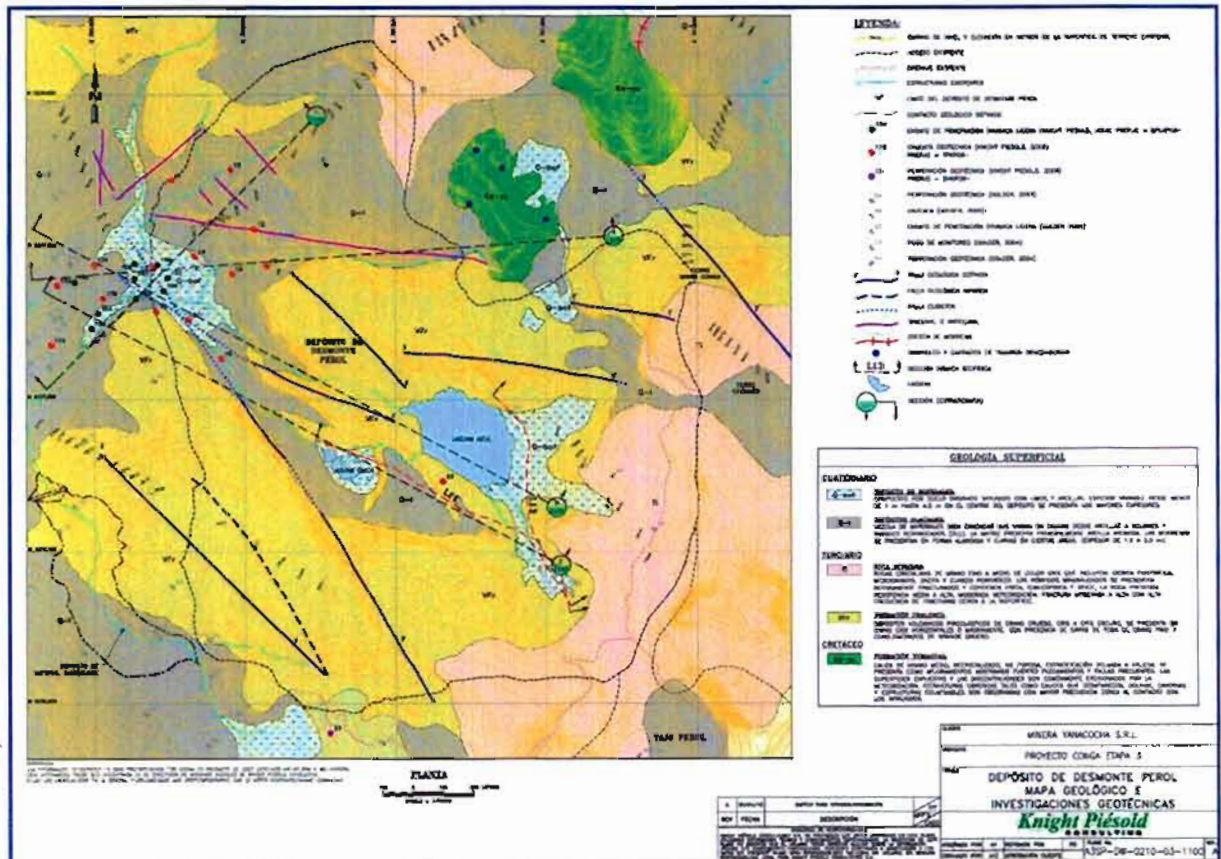
Figura 9. Depósitos de desmonte de Perol y Chailhuagón.



### 3.2.3.1 Depósito de desmonte Perol

De acuerdo con el EIA, este depósito tendría una capacidad final de 480 Mt, ocupando una superficie de 289 ha (Figura 9). Este depósito recibiría el material de desmonte de roca del tajo Perol (407 Mt), material del bofedal (6 Mt) y material LoM<sup>2</sup> asociado al tajo Perol (67 Mt).

Se ha proyectado predominante sobre materiales de permeabilidad relativamente baja (andesitas no fracturadas, de dureza débil a mediana, y ligera a moderadamente meteorizadas). Se han identificado varias fallas (Figura 10), que no parecen ser recientes o activas, que entendemos serán tenidas en consideración en el diseño de deposición de materiales de desmonte.

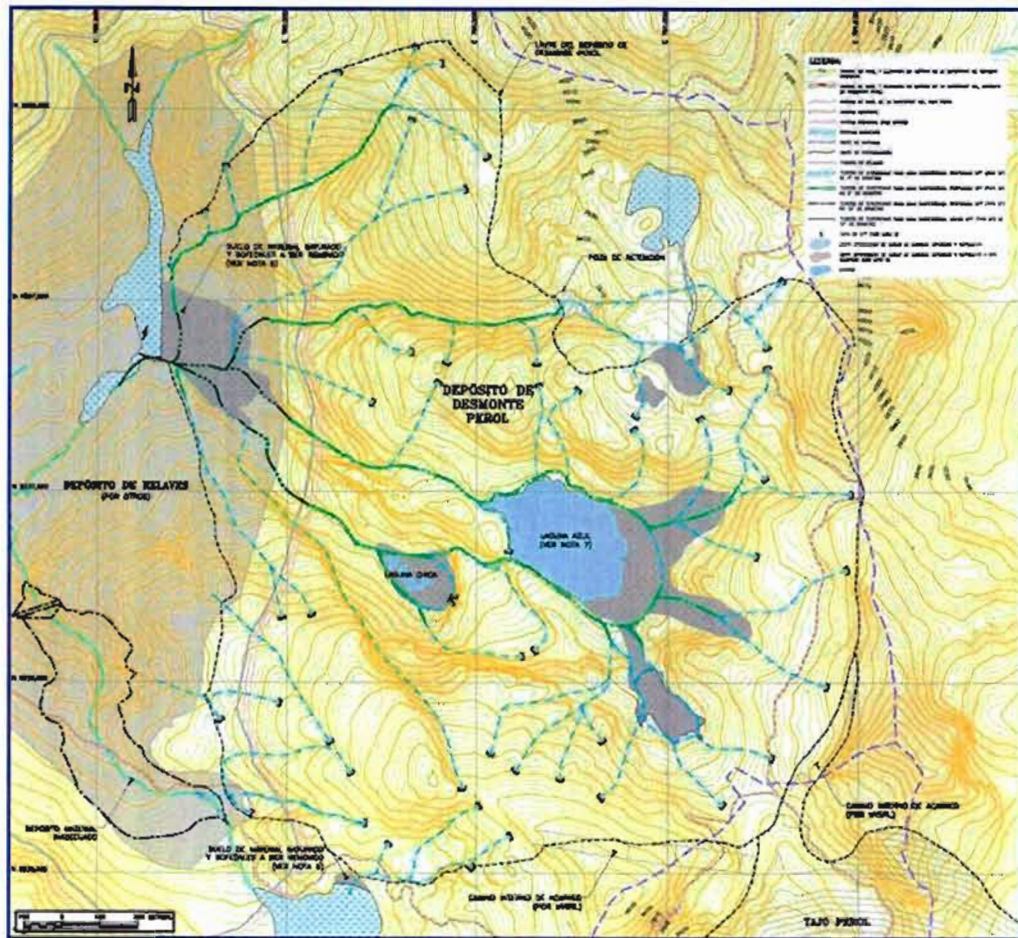


Fuente: Knight Piésold. Diciembre 2009.

Figura 10. Mapa geológico del sector donde se ubicaría el depósito de desmonte Perol.

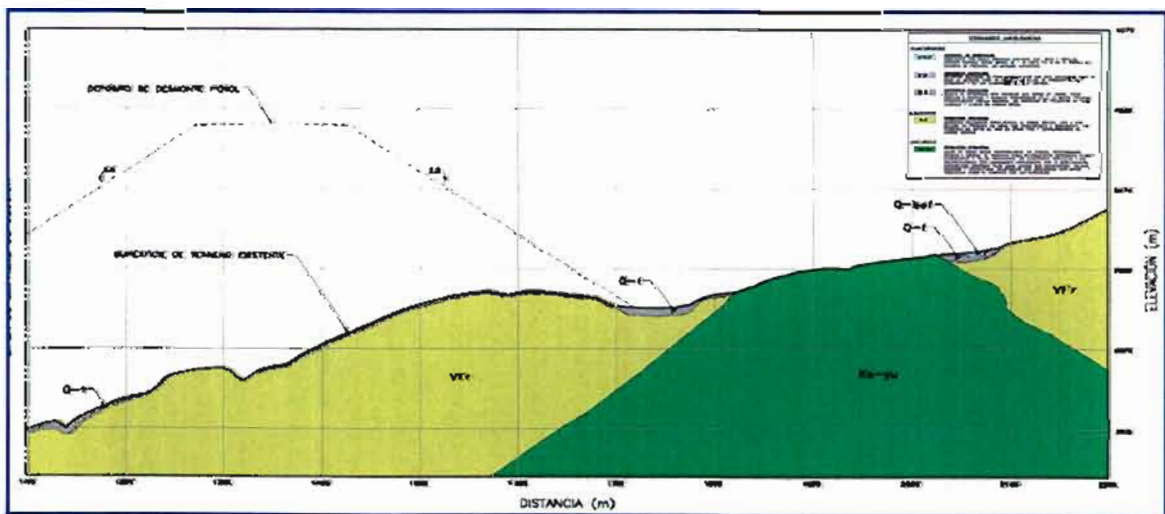
Puesto que en el límite Noreste del depósito de desmonte Perol, aproximadamente a cien metros, afloran rocas calizas (Figura 10), que pudieran estar conectadas hidráulicamente hacia el Este, se ha previsto un sistema de interceptación y colecta de aguas (Figura 11), para su bombeo hacia la zona del depósito, o modificar los límites en detalle en dicha zona Noreste del depósito (Figura 12), o realizar trabajos de impermeabilización si fuesen necesarios en ese sector. En estas condiciones se considera que el agua que se infiltre en el depósito no percolaría por el substrato.

<sup>2</sup> LoM: depósito de almacenamiento de material de baja ley.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 11. Localización del depósito de desmorte Perol.



Fuente: Knight Piésold. Diciembre 2009.

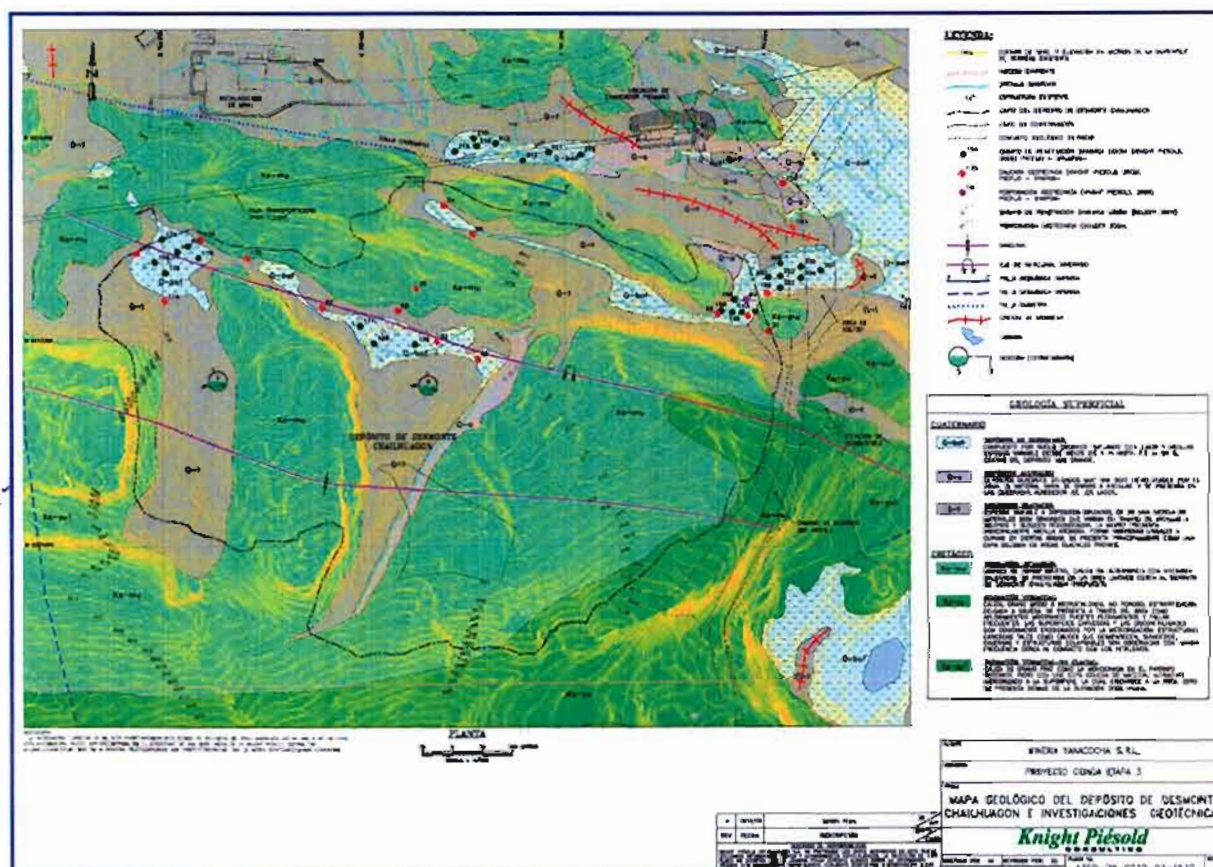
Figura 12. Corte geológico del sustrato del depósito de desmorte Perol.

Al ser el depósito de desmote Perol generador potencial de aguas ácidas, sus efluentes pasarían por escorrentía natural al depósito de relaves, y de ahí por bombeo a la planta de tratamiento de aguas ácidas.

### 3.2.3.2 Depósito de desmote Chailhuagón

Tendría una capacidad de 174 Mt de material de desmote y ocuparía un área de 160 ha, siendo de uso exclusivo para material de desmote del tajo Chailhuagón. Unido este material al acumulado en el depósito de desmote Perol totalizarían 581 Mt de material de desmote de roca.

Según los estudios realizados, en el marco del EIA, se espera que este depósito no sea productor de acidez y, en estas condiciones, se ha proyectado que su drenaje sea liberado tras pasar por las instalaciones de control y decantación de sedimentos. Este depósito de desmote se localizaría sobre roca caliza, alta a intensamente fracturada y muy débil en resistencia, con meteorización alta a extrema, y con sectores pequeños de roca de mayor resistencia y menor meteorización (Figura 13). La caliza se encuentra cubierta, localmente, con depósitos de lodo glacial y suelo orgánico superficial.

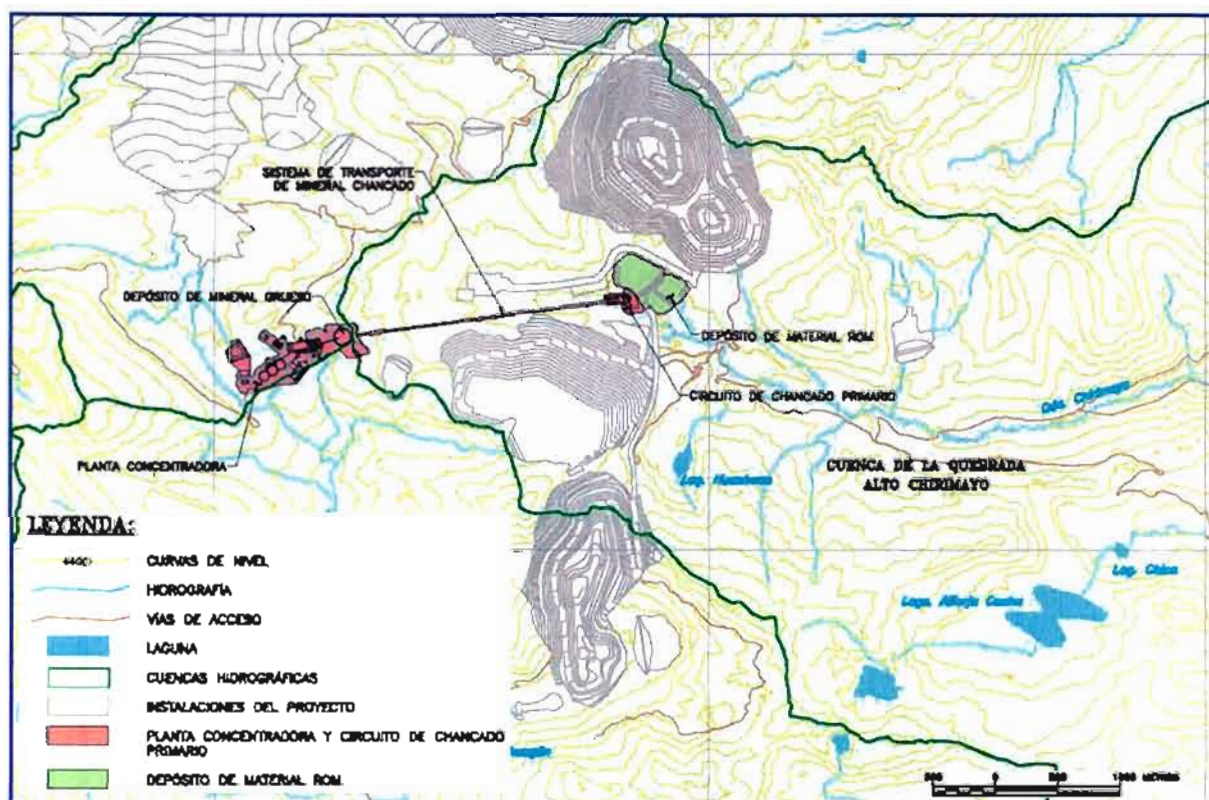


Fuente: Knight Piésold, Diciembre 2009

Figura 13. Mapa geológico del sector donde se ubicaría el depósito de desmote Chailhuagón.

### 3.3 Instalaciones de procesamiento

A partir del depósito de material RoM<sup>3</sup>, el mineral a procesar se trasladaría mediante camiones a la chancadora primaria (Figura 14). El material chancado se transportaría mediante faja transportadora, de aproximadamente 2.400 m de longitud, a la pila de acopio de material grueso, desde donde pasaría a alimentar a la planta concentradora.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010

Figura 14. Instalaciones de procesamiento del mineral.

El proceso en la planta concentradora se iniciaría con un molino SAG, siguiendo el circuito por un molino de bolas, para alcanzar el tamaño de liberación del mineral. Este material fino alimentaría a dos circuitos en paralelo, de molinos de bolas, para seguir a las celdas de flotación diferencial, terminando en:

- Un espesador de concentrados de cobre con contenido de oro y plata, seguido de filtro prensa, con piscina de agua recuperada y acopio de concentrado, para su transporte por camiones a un puerto de la costa.
- Un espesador de relaves, con piscina de agua recuperada y conducción hidráulica de los relaves mediante tubería al correspondiente depósito de relaves.

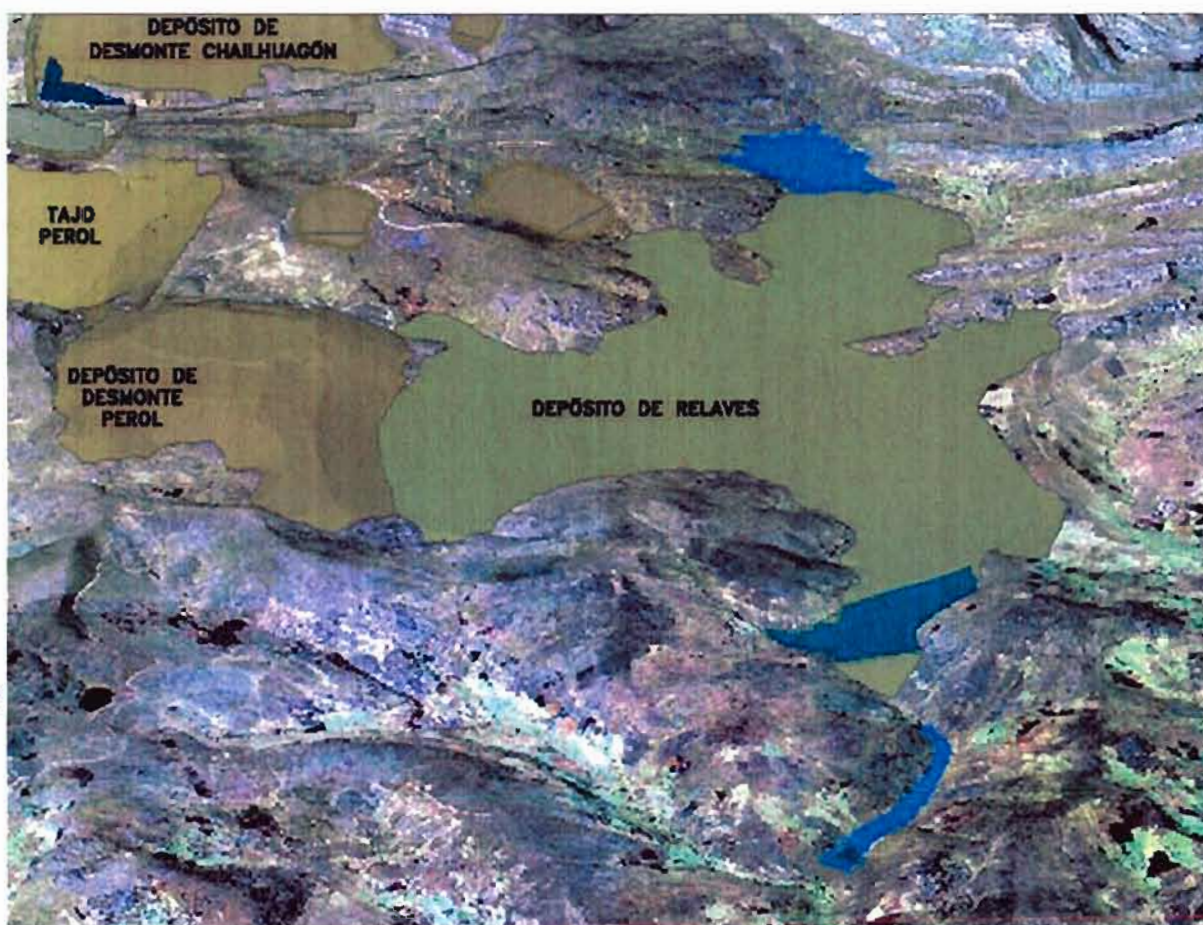
La capacidad de procesamiento de la planta concentradora sería de 92.000 Tm/día. El agua potable y el agua fresca, necesarias para los procesos, provendrían del reservorio Superior, situado al Sur del depósito de relaves.

<sup>3</sup> RoM: "Run of mine" Material extraído de una mina que no ha sido machacado ni clasificado por tamaños.

En el proceso de tratamiento del mineral no se utiliza ni mercurio ni cianuros, como falsamente se ha indicado en informaciones aparecidas en informes de terceros y en medios de comunicación.

### 3.4 Depósito de relaves

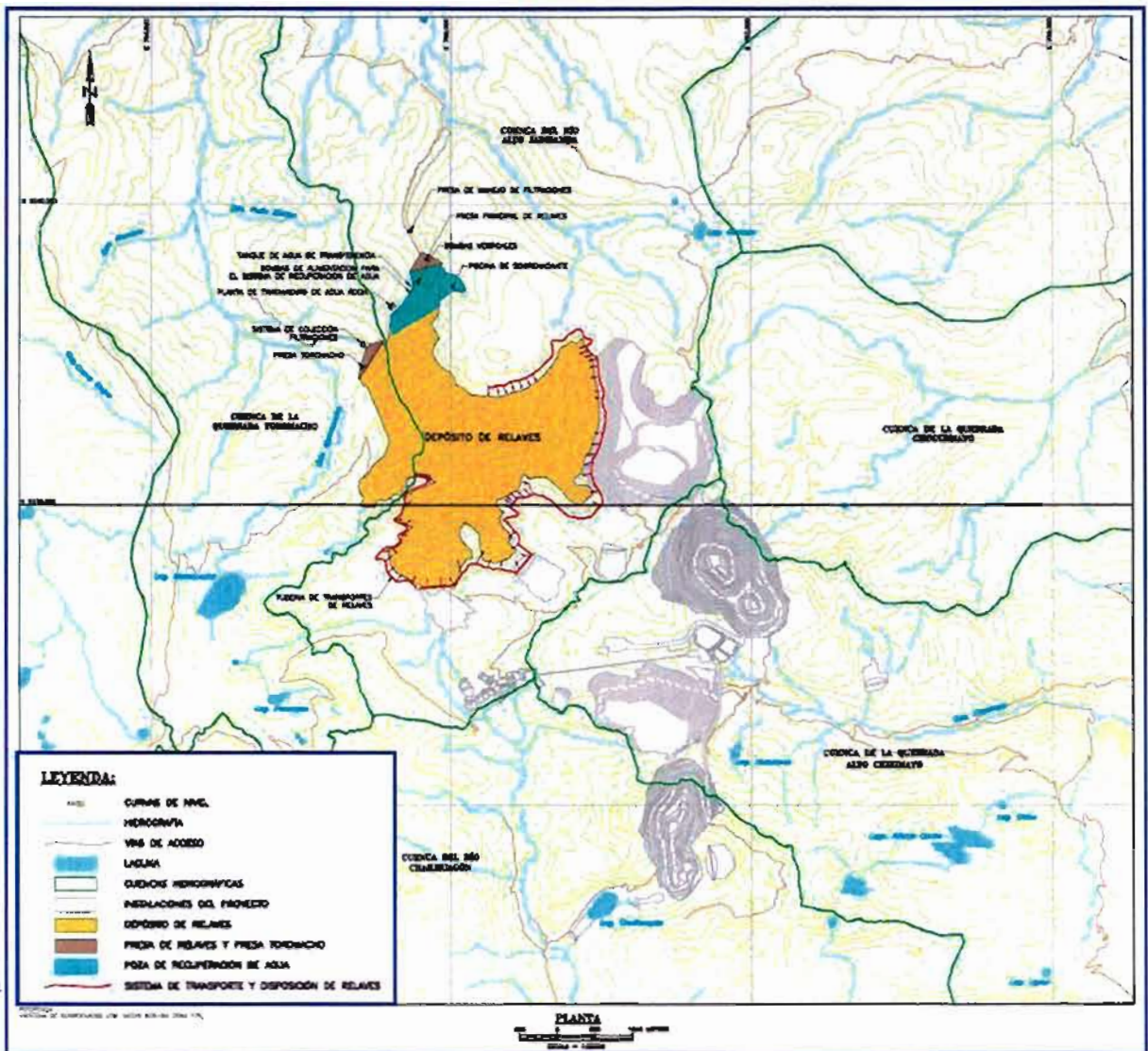
Los relaves, producidos en la planta concentradora, se espesarían a niveles de 62 a 65% (masa de sólido respecto a masa total), para ser transportados, depositados y almacenados en condiciones subaéreas en el depósito de relaves (Figura 15), proyectado en las microcuencas del río Alto Jadibamba y de la quebrada Toromacho (Figura 16).



Fuente: Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010.

Figura 15. Escenario proyectado del sector del depósito de relaves e infraestructuras adyacentes.

En el EIA se estima que, al término de la operación, el depósito de relaves ocuparía un área de aproximadamente 700 ha, y albergaría 504 Mt que, a una densidad seca prevista de  $1,6 \text{ Tm/m}^3$ , equivaldrían aproximadamente a  $315 \text{ Mm}^3$ .



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

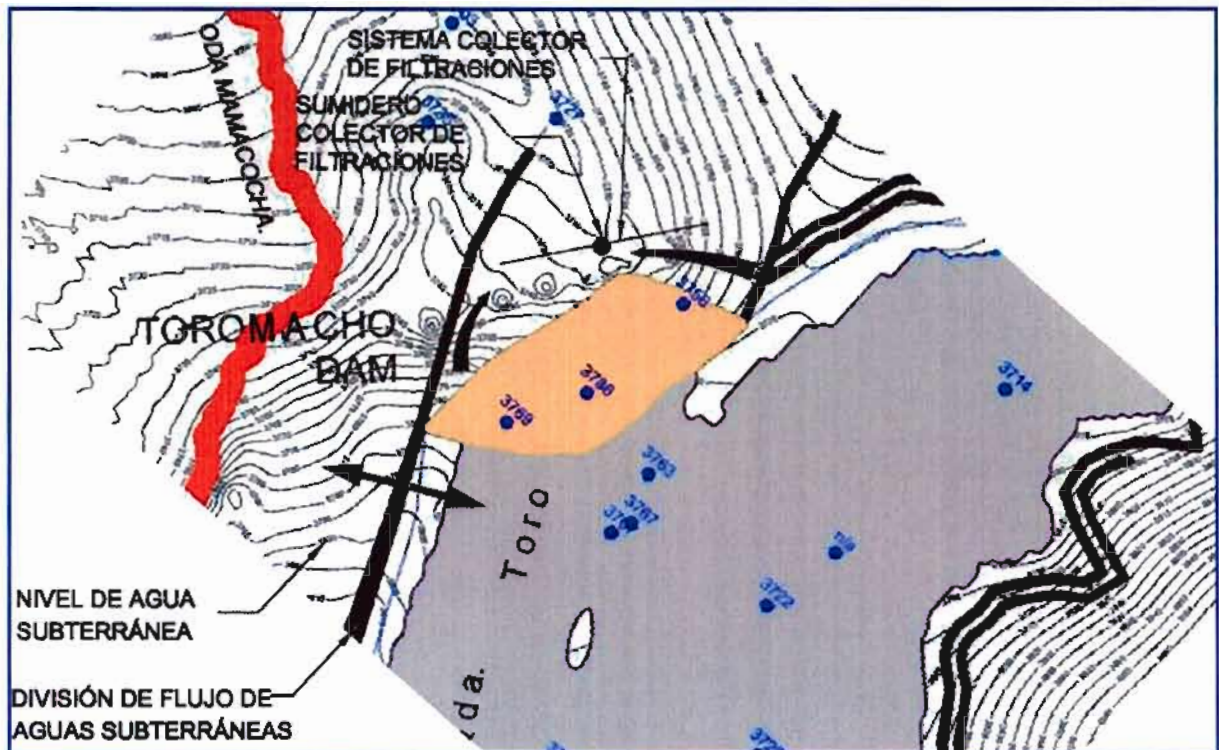
Figura 16. Depósito de relaves e instalaciones anejas.

La infraestructura para el depósito de relaves incluiría: la presa Principal, la presa Toromacho, el sistema de transporte y disposición de relaves, el sistema de colección de filtraciones (aguas abajo de ambas presas), y el sistema de recuperación del agua liberada.

Las presas indicadas se elevarían progresivamente, a lo largo de la etapa de operación del proyecto, según lo fuese requiriendo la capacidad de almacenamiento:

- ↳ La *presa Principal* se construiría en tres etapas, hasta alcanzar una cota final de coronación de 3.796,5 m, requiriendo para ello un volumen de relleno de aproximadamente 4,3 Mm<sup>3</sup>.
- ↳ La *presa Toromacho* también se construiría por etapas, y alcanzaría la misma cota final de coronación, demandando para ello un volumen de relleno de aproximadamente 2,8 Mm<sup>3</sup>.

Al pie de la presa de Toromacho se excavaría un sistema colector de posibles filtraciones (Figura 17), consistente en una tubería colectora de drenaje, instalada a 2 m por debajo del nivel freático, vertiente a un pozo colector prefabricado, con bomba de impulsión hasta la planta de tratamiento de aguas ácidas.



Fuente: Golder Associates Diciembre de 2009

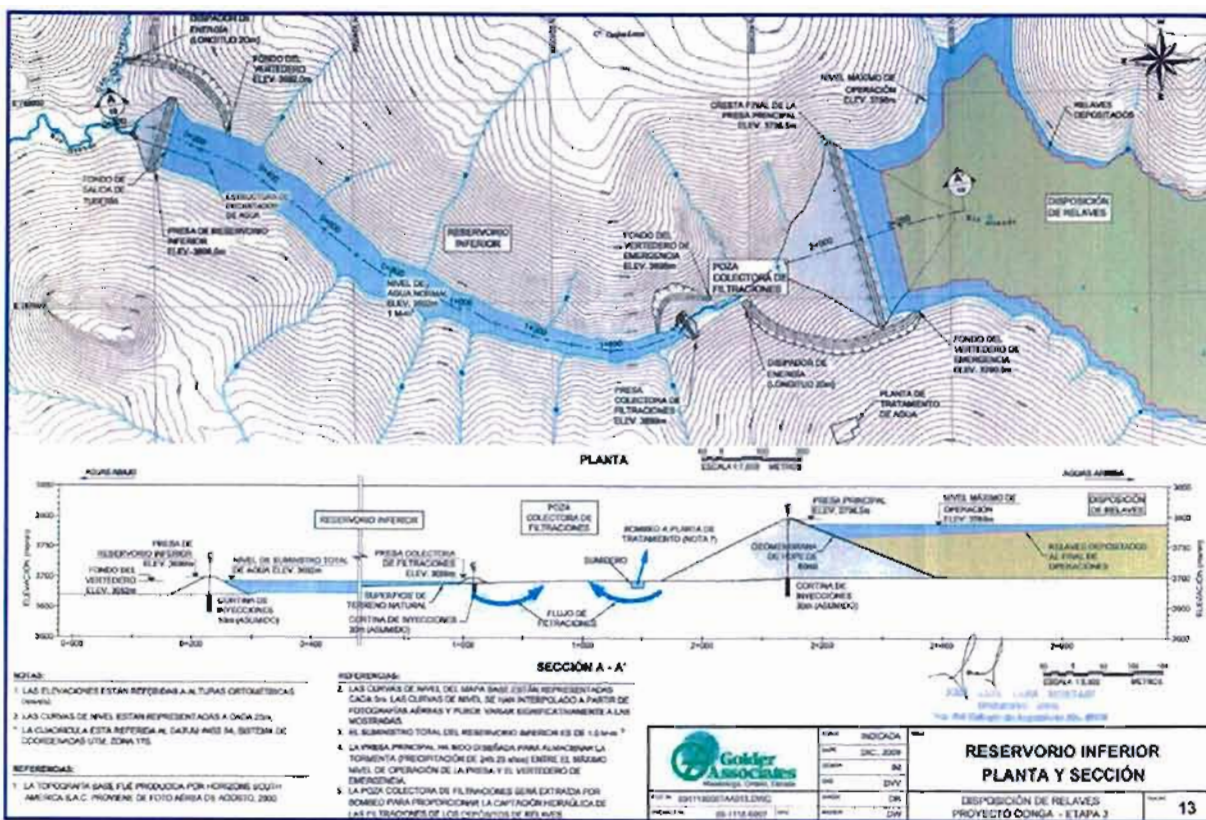
Figura 17. Sistema de captación de posibles filtraciones al pie de la presa Toromacho.

Igualmente, al pie del depósito de relaves, e inmediatamente aguas arriba de una pequeña presa de retención, se construiría una poza colectora de filtraciones, cuyas aguas captadas pasarían también a la mencionada planta de tratamiento de aguas ácidas, situada en la margen izquierda del río Alto Jadibamba (Figura 18).

En el Anexo 4.6 (Diseño del depósito de relaves), del EIA, se presenta un esquema diferente (Figura 19), con dos presas en el río Alto Jadibamba: la de aguas arriba (ataguía de la presa de relaves Principal), sería permeable para retener los relaves sólidos, y dejar filtrar el agua, y la de aguas abajo, que sería la presa de relaves Principal, con una altura máxima de 101,5 m, de núcleo impermeable y espaldones de escollera, que serviría para retener las aguas en una poza de recogida, que se revestiría con geomembrana de HDPE, sobre una superficie de 116 ha (para evitar filtraciones de mala calidad). Desde esa poza el agua se bombearía a la planta de tratamiento de aguas ácidas, por medio de bombas montadas sobre barcasas.

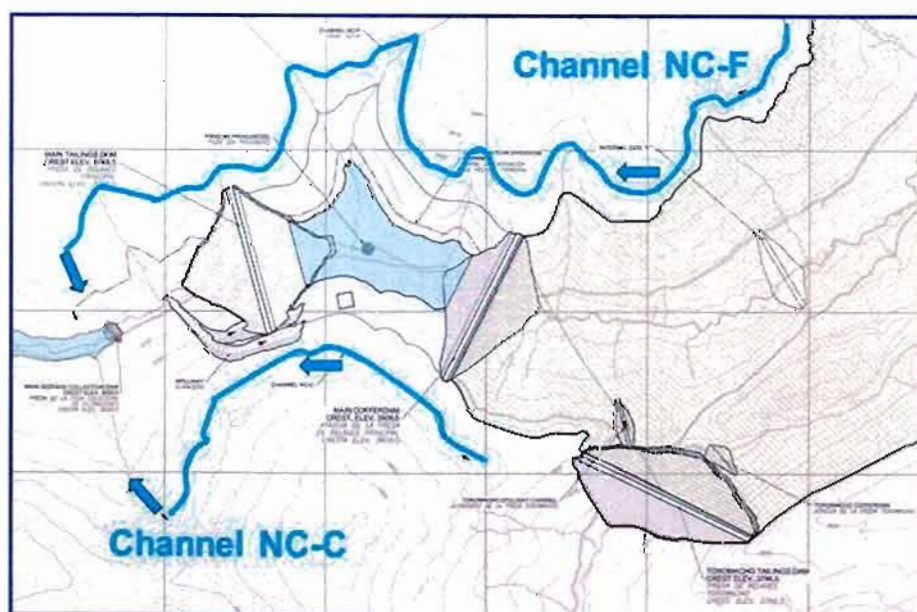
En el mencionado Anexo 4.6 se indica que el espaldón, aguas abajo de la presa de relaves Principal, sería de coluvio<sup>4</sup>, o de roca de mina extraída de la cantera, no generadora de acidez, y esto es absolutamente necesario, para evitar problemas de calidad de aguas en el reservorio Inferior.

<sup>4</sup> Coluvio: mezcla de material meteorizado desplazado por gravedad y depositado al pie de una ladera.



Fuente: Golder Associates, Diciembre 2009.

Figura 18. Localización de la poza colectora de filtraciones del depósito de relaves, y de la planta de tratamiento de aguas ácidas.



Fuente: Golder Associates. Febrero 2012.

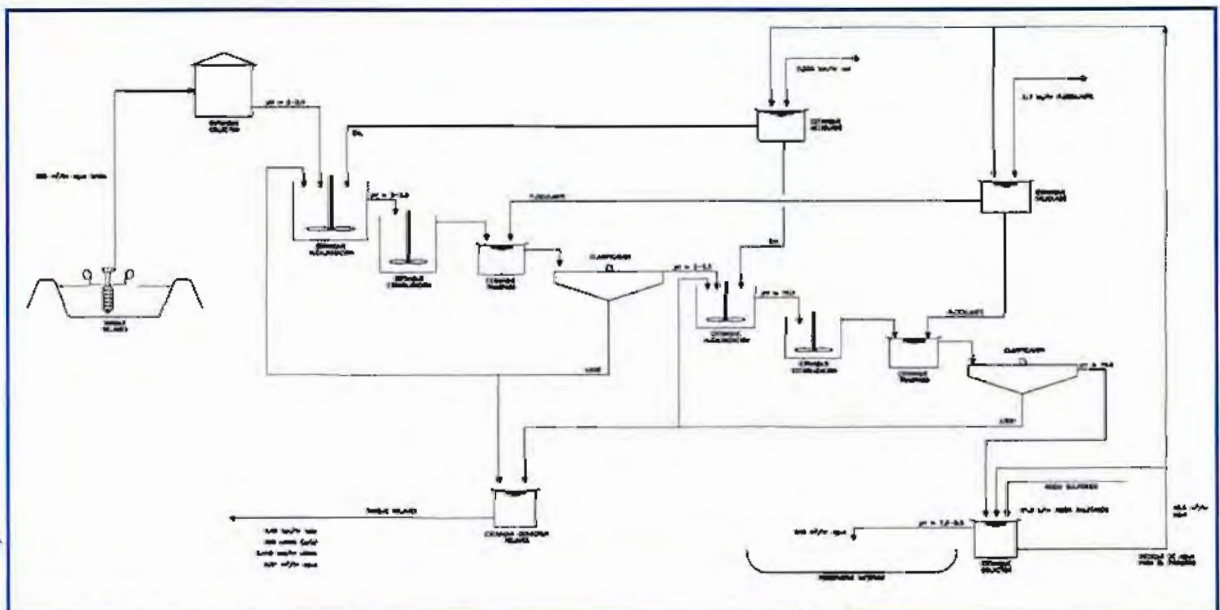
Figura 19. Doble presa para filtrado de relaves y retención de infiltraciones.



En el EIA se esquematiza un tratamiento físico-químico clásico, para estas aguas ácidas (Figura 20), diseñado para un caudal de 850 m<sup>3</sup>/h, en el que al agua ácida se le adicionaría cal, para obtener un agua alcalina, y los correspondientes coagulantes y floculantes. Tras la precipitación de óxidos e hidróxidos metálicos, así como de yeso, se corregiría el pH mediante acidificación, para tener pH de 7,5, antes de la descarga al reservorio Inferior. En las presentaciones realizadas por los Consultores, en Cajamarca, se nos mencionó que se está estudiando un posible tratamiento por ósmosis inversa.

Igualmente, en dichas presentaciones, se nos indicó la intención de almacenar los rechazos de este tratamiento en el depósito de relaves (4,45 Tm/h de lodo).

Las aguas procedentes de la planta de tratamiento de aguas ácidas, al tener buena calidad, se aportarían al reservorio Inferior, para atender a la demanda de usuarios afectados, o al caudal de base de los meses de estiaje, en el río Alto Jadibamba.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

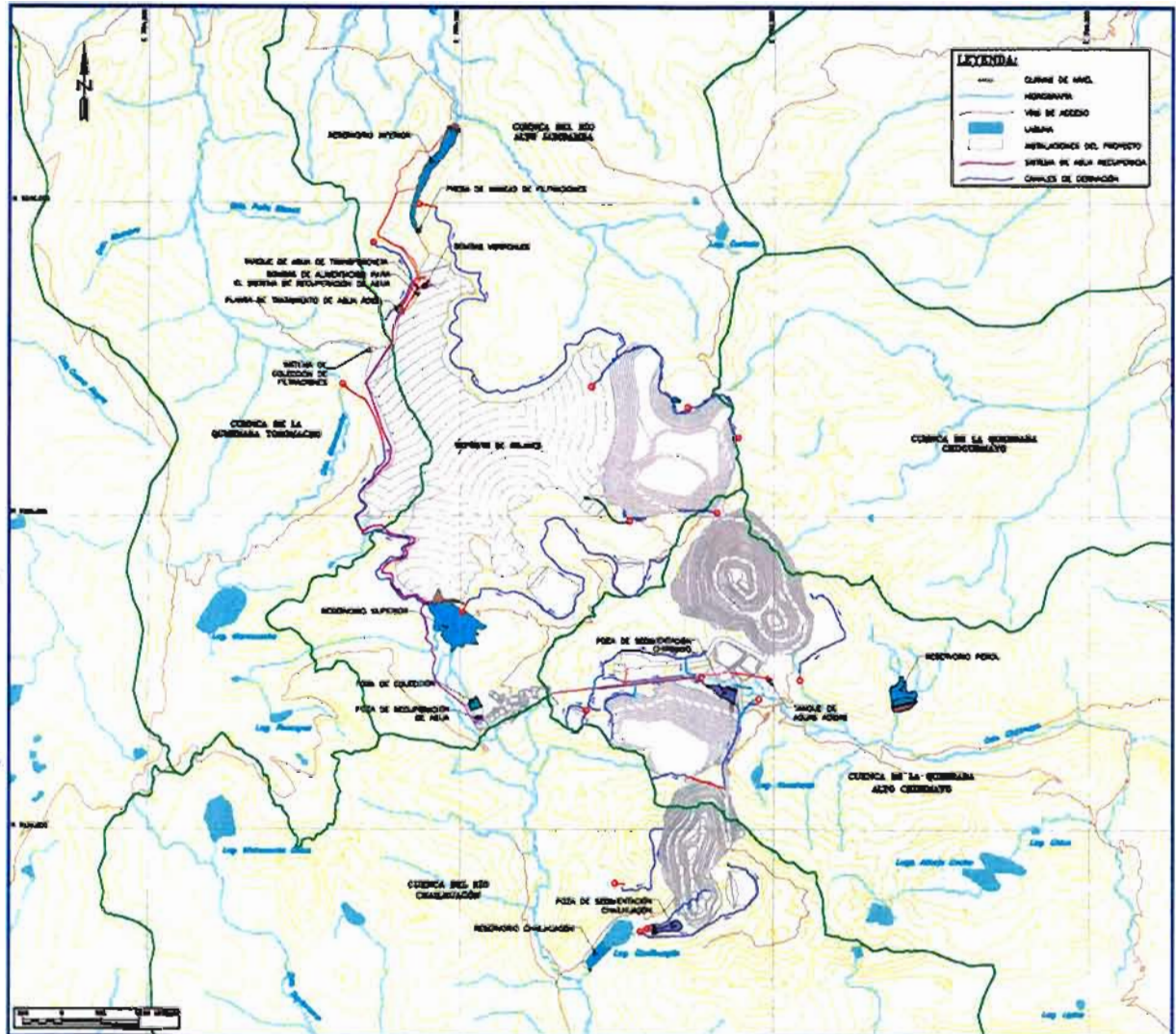
Figura 20. Esquema de planta de tratamiento de aguas ácidas.

### 3.5 Instalaciones hidráulicas auxiliares

En el EIA se ha proyectado la implantación de un conjunto de reservorios: Inferior, Superior, Perol y Chailhuagón (Figura 21). De ellos sólo el reservorio Superior sería utilizado como fuente de agua para suministro al proyecto, mientras que los otros tres se utilizarían para mitigar posibles impactos hídricos, ocasionados por el proyecto, en las microcuencas de su entorno.

Adicionalmente, durante la etapa de operación, el proyecto contaría, entre otras, con instalaciones auxiliares de manejo de agua, incluyendo: estructuras de derivación de agua de no contacto; tanques de agua de proceso y agua cruda; sistemas de manejo de agua de contacto y no contacto; plantas de tratamiento de agua cruda, fresca y potable; pozas de sedimentación; tuberías de distribución de agua; etc.

Las pozas de sedimentación Chailhuagón y Chirimayo, recogerían aguas de diferente procedencia: depósito de desmonte Chailhuagón, camino de acarreo Chailhuagón, superficies excavadas dentro del tajo Chailhuagón, área de la chancadora primaria, depósitos de suelo orgánico, trabajos de construcción en las cuencas Chirimayo y Chailhuagón, etc... por ello se tienen que diseñar de manera adecuada, que favorezca la decantación de sólidos en arrastre, saltación y suspensión, y para poder efectuar su limpieza periódica.



Fuente: Knight Piésold Consulting Febrero de 2010.

Figura 21. Instalaciones hidráulicas auxiliares.

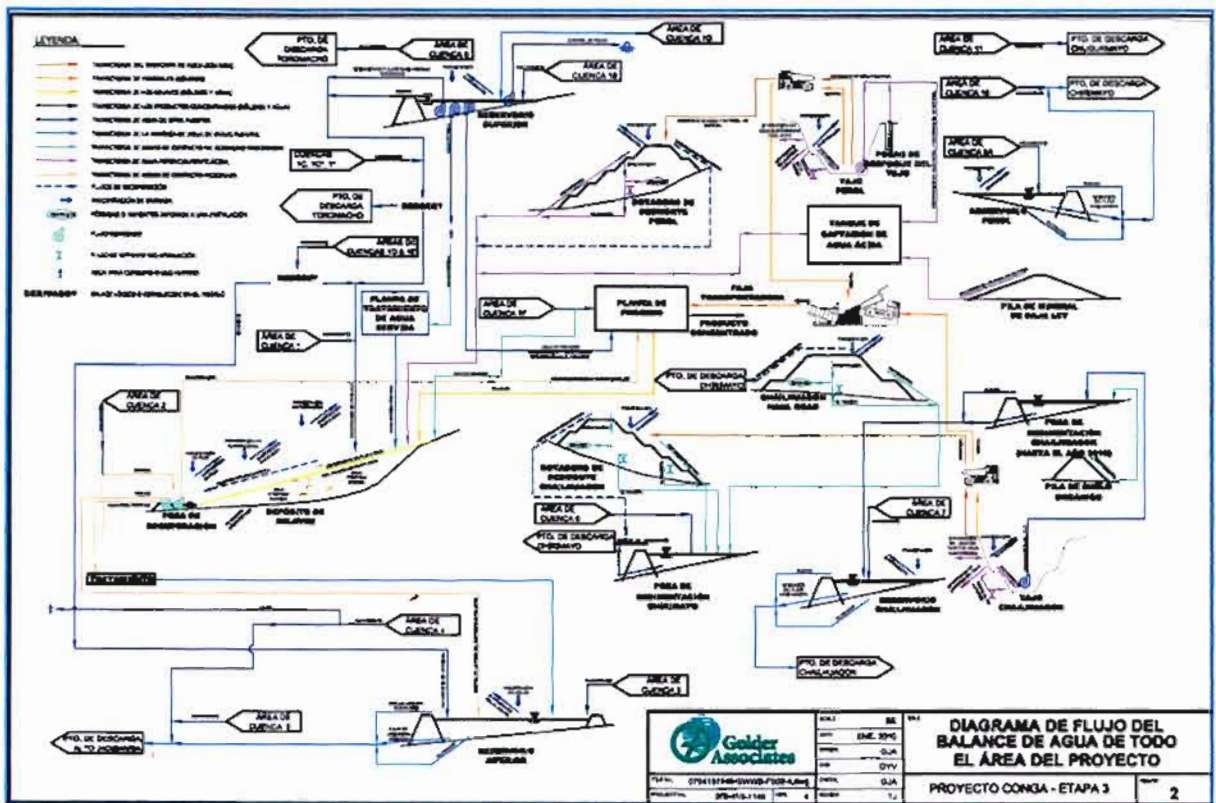
### 3.6 Manejo y gestión de aguas

En el entorno del proyecto se producirían una serie de flujos de agua, asociados a las instalaciones principales, que reciben o generan agua, tales como: tajos, depósitos de desmonte, planta concentradora, reservorios, depósito de relaves,... También se producirían escorrentías naturales en las distintas vertientes.

En este contexto se tendrían en cuenta las siguientes partidas de agua:

- ↳ Flujos procedentes de escorrentía y sondeos de drenaje del tajo Perol, bombeados al tanque de colección de aguas ácidas.
- ↳ Escorrentías del tajo Chailhuagón enviadas a la poza de sedimentación Chailhuagón, que descargarían directamente en el reservorio Chailhuagón.
- ↳ Filtraciones y escorrentías del depósito de desmonte Perol, depósito LoM y material del bofedal Perol removido, que discurrirían hacia el depósito de relaves.
- ↳ Filtraciones y escorrentías del depósito de desmonte Chailhuagón, que se dirigirían a la poza de sedimentación Chirimayo.
- ↳ Agua que discurriría por el área del circuito de chancado, que también se dirigiría a la poza de sedimentación Chirimayo.
- ↳ Agua procedente del sobrenadante del depósito de relaves y del reservorio Superior, que pasaría a la planta de procesos.
- ↳ Escorrentías de aguas de no contacto, en cuencas aledañas, incluyendo la descarga de los canales periféricos de desvío, y las aguas tratadas en la planta de tratamiento de aguas ácidas, que alimentarían al reservorio Inferior. Este reservorio se utilizaría, prioritariamente para mitigar posibles impactos del proyecto en la cuenca del río Alto Jadibamba, en el estiaje, y para reemplazar la pérdida de las lagunas como hábitat.
- ↳ Escorrentías de áreas aledañas al depósito de relaves, aguas arriba, dentro de la cuenca del río Alto Jadibamba, con excepción de la subcuenca de la planta de procesamiento, que se almacenarían en el reservorio Superior. Este reservorio sería la fuente principal de agua fresca para los procesos, agua potable para el proyecto y agua para mitigación de posibles impactos del proyecto en la microcuenca de la quebrada Toromacho.
- ↳ Escorrentías de parte de la cuenca de la quebrada Alto Chirimayo, que recibiría el reservorio Perol, desde el que se proporcionarían flujos de mitigación de posibles impactos del proyecto, en la cuenca de la quebrada Alto Chirimayo. Este reservorio jugaría, también un papel de reemplazo por la pérdida de hábitats asociados a lagunas y bofedales.
- ↳ Aguas de la poza de sedimentación Chailhuagón, y de los canales periféricos de desvío, de agua sin contacto, del entorno de este tajo, que se aportarían al reservorio Chailhuagón, incrementando la capacidad de la actual laguna, a fin de proporcionar los aportes necesarios para mitigar posibles impactos del proyecto, en esta microcuenca. En general, al igual que en el caso del reservorio Perol, los flujos de mitigación se suponen como aportes constantes durante el estiaje. Esta laguna ampliada permitiría, también, mejorar el hábitat para la zona, e incrementar las oportunidades para creación o mejora de bofedales.
- ↳ Sobrenadante procedente del depósito de relaves, que sería almacenado en la piscina de agua decantada, junto con las precipitaciones y las escorrentías generadas en los alrededores. Este sobrenadante se bombearía a la planta de tratamiento de aguas ácidas, y el agua de calidad obtenida se descargaría al reservorio Inferior o Superior.
- ↳ Agua recolectada de las siguientes instalaciones (en prioridad decreciente): tanque de colección de agua ácida, piscina de sobrenadantes y reservorio Superior, que se aportarían a la planta concentradora.
- ↳ Agua recuperada de la deshidratación parcial de los relaves, que sería enviada al proceso de molienda, para su reutilización. Los relaves depositados contendrían entre 35% a 38% de agua en su masa, parte de la cual se separaría de los relaves almacenados por drenaje natural, y se acumularía en la piscina del agua sobrenadante.

Estos flujos, se presentan esquematizados en la Figura 22 mientras que los caudales asociados, para los diversos escenarios, se muestran en las tablas del Anexo 4.14, del EIA.



Fuente. Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010

Figura 22. Balance de aguas en toda el área del proyecto.

En el manejo de aguas de no contacto, antes de su descarga al medio, durante la operación minera, en el EIA se destaca el papel de las estructuras de derivación y de control de sedimentos (Secciones 4.3.4.4 y 4.3.4.5, respectivamente), para conseguir su disminución, antes de la descarga al medio. El diseño de esas estructuras es muy importante, para que trabajen con toda eficiencia.

De esta manera, la poza de sedimentación Chirimayo, con capacidad para 263.400 m<sup>3</sup>, facilitaría el manejo adecuado de escorrentía y filtraciones, procedentes del depósito de desmonte Chailhuagón y, parcialmente, del camino de acarreo Chailhuagón, así como de la escorrentía superficial del área del chancador primario, y del área de captación asociada al complejo de las instalaciones mineras.

En el caso de la poza de sedimentación Chailhuagón, que contaría con una capacidad de 471.292 m<sup>3</sup>, se controlarían los sedimentos de la escorrentía superficial, generada en el área de captación asociada al tajo Chailhuagón, durante los primeros años, incluyendo los flujos desde el depósito de material orgánico, ubicado en las cercanías del tajo. El control de sedimentos, al inicio de operaciones del tajo Chailhuagón, se completaría por estructuras temporales, localizadas aguas arriba. Cuando el tajo se desarrolle en áreas aledañas a la poza de sedimentación, el control de sedimentos se completaría dentro del tajo y, de manera indirecta, por la acción de la laguna Chailhuagón extendida.

Los flujos que presenten niveles de pH bajos, y/o contenido de metales por encima de niveles aceptables, debido a su contacto con rocas reactivas, serían enviados a la planta de tratamiento de aguas ácidas, para lograr la calidad adecuada, ya sea para descarga o para reuso.

De esta manera, las aguas procedentes del sobrenadante del depósito de relaves, tajo Perol y área correspondiente al depósito de desmonte Perol, se enviarían a la planta de tratamiento de aguas ácidas, para obtener un agua de calidad adecuada para su descarga o reutilización (diseño en el Anexo 4.7 del EIA).

El agua que llegue a la planta de tratamiento de aguas ácidas se almacenaría en un tanque de recolección, con un pH estimado de 3. Luego pasaría al tanque alcalinizador, con adición de cal y ultrafiltrado, y sería recirculada.

Una vez termine el proceso de alcalinización, el agua pasaría al tanque de pretratamiento, siguiendo el circuito por el tanque de estabilización y, finalmente, se descargaría a un tanque de alimentación, donde se añadirían floculantes, previamente a pasar al reactor de clarificación. Este circuito se repetiría, para alcanzar la calidad deseada, pasando nuevamente por el reactor de clarificación, antes de descargar a un tanque de recolección, desde donde el agua se bombearía al reservorio inferior, tras pasar por un filtro de arena.

El agua residual podría ser utilizada para los procesos mineros, o bombeada de nuevo a la piscina de sobrenadantes del depósito de relaves. La anteriormente incluida Figura 20 muestra el diagrama de flujo de la planta de tratamiento de aguas ácidas.

### **3.7 Análisis de alternativas de instalaciones e infraestructuras**

#### **3.7.1 Planteamiento**

En el capítulo 8, del EIA se abordan las alternativas planteadas, para algunas de las infraestructuras citadas, y la justificación de las retenidas, como es normal en todo EIA, donde el análisis de alternativas es pieza de fundamental importancia, ya que permite comparar opciones que podrían ser factibles, en el marco de un conjunto de criterios económicos, sociales y ambientales, que son los soportes del desarrollo sostenible. Este análisis ponderado es clave para la elección de las alternativas más adecuadas para el proyecto, y para la adopción de decisiones con gran incidencia en sus impactos.

En el caso del proyecto Conga, entre los aspectos considerados, se tiene que destacar la necesidad de seleccionar emplazamientos adecuados para almacenar el material de desmonte, procesar el mineral y disponer los residuos del proceso, además de otros aspectos referentes al almacenamiento y gestión del agua.

#### **3.7.2 Valoración de alternativas**

La selección de criterios a aplicar, para ponderar las diferentes alternativas, como no puede ser de otra manera, tiene siempre una componente subjetiva, como la tiene la ponderación de objetivos e implicaciones ambientales, sociales, técnicas y económicas.

Para tratar de obviar esta subjetividad se emplean procesos semi-cuantitativos, mediante ponderación matemática, que buscan ser eclécticos en la selección de la mejor opción; pero esta también tiene que ser oportunista, ya que, ante determinados hechos o reacciones puede ser aconsejable revisar los criterios de valoración.

En todo caso, tras un análisis espacial de las posibles alternativas preliminares, se hace necesaria su comparación, para tratar de elegir la mejor desde el punto de vista ambiental, social, técnico y económico.

Para ello se suele acudir al establecimiento de una lista de criterios y valoraciones, como se ha realizado en el proyecto Conga, en el que, de acuerdo con lo indicado en el EIA, se ha utilizado

una versión modificada del proceso denominado *Matriz de Conteo Múltiple* (MCM) (Kerr et. al., 2003), metodología estándar utilizada y admitida habitualmente. Este método considera una serie de *conteos* (criterios principales), cada uno de los cuales tiene asignado un valor de ponderación. Cada conteo está dividido a su vez en *subconteos* (subcriterios), debido a que puede tener factores que lo influyen; cada subconteo tiene también un valor de ponderación. Dentro de cada subconteo hay *indicadores* de los factores determinantes, cada uno de los cuales tiene a su vez, un valor de ponderación...

De esta forma se pretende, en el análisis de alternativas, dar mayor o menor importancia a los diferentes factores, lo que añade subjetividad, dado que las escalas de las ponderaciones, son establecidas de acuerdo a la experiencia y criterio del evaluador. Y las circunstancias pueden presentar modificaciones en las percepciones, que aconsejen modificar las escalas de ponderación.

De acuerdo con el EIA, en el estudio de alternativas del proyecto Conga se han utilizado las siguientes escalas:

Para los niveles de *conteo* y *subconteo*:

- 0,2 = valor bajo
- 0,4 = valor moderadamente bajo
- 0,6 = valor moderado
- 0,8 = valor moderadamente alto
- 1,0 = valor alto

Para el nivel de *indicador*:

- 1 = valor bajo
- 2 = valor medio-bajo
- 3 = valor medio
- 4 = valor medio-alto
- 5 = valor alto

Para el análisis de alternativas se ha considerado una escala de valores que pondera los efectos positivos y negativos, para las diferentes alternativas. La escala empleada ha sido la siguiente:

- 3 = opción positiva
- 2 = opción moderadamente positiva
- 1 = opción ligeramente positiva
- 0 = opción neutra
- 1 = opción ligeramente negativa
- 2 = opción moderadamente negativa
- 3 = opción negativa

Tras establecer los valores para los conteos, subconteos e indicadores, se multiplican los valores de los conteos por las ponderaciones, con el fin de obtener un valor total; a continuación se suman los valores obtenidos para cada indicador, y el mayor valor resultante se considera como la mejor alternativa. Para cada indicador, y su correspondiente valoración, se incluye una breve descripción.

En el segundo caso, se presentan las opciones factibles y luego se describen las características que favorecen, limitan o reducen la elegibilidad de alguna de las alternativas. Procedimiento que se repite hasta que finalmente, bajo una justificación adecuada, las opciones

quedan reducidas a una. Este caso es aplicable cuando las decisiones responden a un análisis más cualitativo ya que, por la naturaleza de las opciones, los cálculos asociados pueden resultar redundantes.



## 4 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO CONGA

### 4.1 Observaciones previas al EIA

El EIA del proyecto Conga (Knight Piésold Consulting, febrero de 2010), sobre el que nos corresponde realizar un Dictamen Pericial en su componente hidrológica, es un documento cuya lectura supone un reto, incluso para técnicos especializados. Esto como consecuencia de que se remite al lector de unos documentos a otros, y de que es difícil la localización de datos, gráficos y figuras, en sus XVII densos tomos, principalmente debido al formato (por ejemplo, separación de textos, tablas, gráficos, figuras y anexos), forma de redacción, ubicación de la información y contenido técnico del mismo. Todo ello en un contexto de 20.467 páginas que, sumadas a las 6.919 del Levantamiento de Observaciones (Knight Piésold Consulting, agosto de 2010), superan las 27.000 páginas, sin olvidar la necesidad de acudir a la revisión de muchos documentos de apoyo.

En estas condiciones, incluso, no es de extrañar que profesionales para los que el español no les es familiar, encuentren graves dificultades en su entendimiento, y emitan informes que no respondan a la realidad de su contenido, lo que incluso puede extenderse a los hispanoparlantes, que no han tenido la oportunidad de revisar esta prolija información, en forma digital y en forma escrita.

Además, se echa en falta el que no se haya realizado un esfuerzo para homogeneizar datos, y dar al conjunto una estructura de fácil lectura y comprensión.

Todo esto ha originado, frecuentemente, en los lectores de este documento, una situación de dudas, que ha podido llevar a terceras personas a posiciones de rechazo, ante el esfuerzo requerido para profundizar en el denso contenido del documento.

Este peritaje gracias a una intensa y fructífera labor de consultas, especialmente a muchos de los que han participado en la elaboración del EIA, y de los documentos de base que lo sustentan, en diferentes temas y momentos, a través de estudios pormenorizados, que integran información de base fundamental para el EIA. También estas consultas se han realizado a diferentes instituciones, como INGEMMET, ANA, ALA, SENAMHI, entre otros, en cuyos técnicos hemos encontrado una colaboración total, muy de agradecer, de la que se ha enriquecido sin duda este Dictamen Pericial. Todo ello con la valoración indudable de cuantos han aportado información en numerosas reuniones mantenidas, especialmente, en Cajamarca.

Podemos tener la seguridad de que esta labor, que ha supuesto muchos centenares de horas de intensa dedicación, contando con todos los medios necesarios, no ha sido realizada por cuantos han emitido informes u opiniones sobre este EIA, desde diferentes plataformas.

Con estas sólidas bases estos peritos han podido, cuando lo han considerado necesario, adicionar textos y figuras y reelaborar textos, antes de pronunciarse en aspectos trascendentes. Esto ha traído como consecuencia la necesidad, no deseada, de que este Dictamen sea más extenso de lo previsto, a pesar de haberlo sometido a una intensa labor de poda.

Lo que si podemos también añadir es que las complejidades encontradas en la lectura del EIA, han dado lugar, sin duda, a muchas de las Observaciones que ha recibido, por parte del Ministerio de Minas y Energía (Knight Piésold Consulting, agosto de 2010), que suman 219 en la primera ronda, y 22 en la segunda.

A este respecto hay que destacar que el "Levantamiento" de estas Observaciones ha supuesto la elaboración de un total de XV densos tomos más, en los que se encuentra documentación útil que complementa a muchos aspectos del EIA, pero que, al aparecer ahora dispersa en las respuestas a cada Observación, no facilita la visión ordenada de los obligados componentes del EIA.



Por otra parte es evidente que diversos escritos, emitidos en relación con el EIA, y que han tenido amplia difusión en los medios de comunicación, no cuentan con el fundamento de un análisis en profundidad y minucioso de toda la información acumulada entre el EIA y el Levantamiento de las Observaciones. Incluso es evidente que algunas opiniones ponen de manifiesto que responden a un análisis somero de la documentación, ceñida principalmente al Resumen Ejecutivo, ignorando el contenido de esas más de 27.000 páginas, y todo ello a pesar de que en la página 8, del Resumen Ejecutivo (1.461 páginas), se indican los lugares en los que podría consultarse la documentación:

- ☞ Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas (DGAAM - MEM), ubicada en Av. Las Artes N° 260, San Borja - Lima.
- ☞ Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Agricultura (MINAG), ubicada en Calle Diecisiete N° 355, San Isidro - Lima.
- ☞ Dirección Regional de Energía y Minas de Cajamarca (DREM - Cajamarca), ubicada en Jr. Miguel Gonzáles Lt. 5, 3er piso, Urbanización Horacio Zevallos - Cajamarca.
- ☞ Gobierno Regional de Cajamarca, ubicado en Jr. Santa Teresa de Journet N° 351, Urbanización La Alameda - Cajamarca.
- ☞ Municipalidad Provincial de Cajamarca, ubicada en Jr. Cruz de Piedra N° 613, Cajamarca - Cajamarca.
- ☞ Municipalidad Provincial de Celendín, ubicada en Jr. José Gálvez N° 614, Celendín - Cajamarca.
- ☞ Municipalidad Distrital de La Encañada, ubicada en Jr. Jorge Villanueva N° 1740, La Encañada - Cajamarca.
- ☞ Municipalidad Distrital de Sorochuco, ubicada en Jr. Amazonas s/n, Plaza de Armas, Sorochuco - Cajamarca.
- ☞ Municipalidad Distrital de Huasmin, ubicada en Jr. Arequipa N° 047, Plaza de Armas, Celendín - Cajamarca
- ☞ Sede de la Comunidad Campesina de Huangashanga.
- ☞ Centro de Información y Cultura de Minera Yanacocha, ubicado en Jr. El Comercio N° 251, Cajamarca - Cajamarca.

En otras ocasiones en estos informes, incluso, se llega más lejos atribuyendo, por ejemplo, procesos de tratamiento del mineral, con cianuro o mercurio, que no se producirían en esta operación minera, y otras inexactitudes que quitan credibilidad a documentos, más populistas que técnicos, que han tenido amplia difusión en determinados medios.

## 4.2 Encuadramiento general

Tal como es práctica universal, el EIA que nos ocupa ha sido realizado por una empresa consultora, en este caso Knight Piésold Consulting, a través de sus oficinas de Cajamarca y Lima. Esto responde plenamente a la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (Ley N° 27.446) que, en su Artículo 10, apartado 10.2, dice textualmente: "El estudio de impacto ambiental deberá ser elaborado por entidades autorizadas que cuenten con equipos de profesionales de diferentes especialidades con experiencia en aspectos de manejo ambiental, cuya elección es de exclusiva responsabilidad del titular o proponente de la acción, quien elaborará el costo de su elaboración y tramitación" (el subrayado es nuestro). Esta norma reforma lo que venía siendo una exigencia legal desde el año 1990, con el Código del Medio Ambiente, actualmente derogado, y desde 1993 con el Reglamento Ambiental Minero vigente.

Para garantía de la "participación ciudadana", en su Artículo 14, apartado c, se dice "Estos estudios se pondrán a disposición del público, para observaciones y comentarios, en la sede regional del sector respectivo" Para ello "La convocatoria se hará por los medios de prensa de mayor difusión, mediante la publicación de un aviso de acuerdo con el formato aprobado por el Reglamento de la presente Ley". Incluyéndose también "La audiencia pública, como medio parte de la revisión del estudio de impacto ambiental detallado...."

Es bueno recordar que el Estudio de Impacto Ambiental de un proyecto, público o privado, responde a un principio básico de la política ambiental, como es el de prevención, con el que se busca evitar, reducir y/o compensar los efectos desfavorables de una actividad (minera en nuestro caso).

Por comparación, y si tomamos como referencia la Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo (2011), que posiblemente sea la legislación a este respecto más moderna publicada (28/01/2012), con menos de un mes de vigencia al inicio de este Peritaje, y de obligado cumplimiento para todos los países de la Unión Europea, en su Artículo 5, apartado 3, se especifica que:

*“La información a proporcionar por el promotor de conformidad con el apartado 1 contendrá, al menos:*

- a) una descripción del proyecto que incluya información sobre su emplazamiento, diseño y tamaño;*
- b) una descripción de las medidas previstas para evitar, reducir, y, si fuera posible, compensar, los efectos adversos significativos;*
- c) los datos requeridos para identificar y evaluar los principales efectos que el proyecto pueda tener en el medio ambiente;*
- d) una exposición de las principales alternativas estudiadas por el promotor y una indicación de las principales razones de su elección, teniendo en cuenta los efectos medioambientales.*
- e) un resumen no técnico de la información contemplada en las letras a) a d).”*

Todo ello se cumple en el caso de la legislación peruana. A mayor abundamiento, la legislación europea añade, en su Artículo 6, apartado 4, que:

*“El público interesado tendrá la posibilidad real de participar desde una fase temprana en los procedimientos de toma de decisiones medioambientales contemplados...y, a tal efecto, tendrá derecho a expresar observaciones y opiniones, cuando estén abiertas todas las opciones, a la autoridad o a las autoridades competentes antes de que se adopte una decisión sobre la solicitud de autorización del proyecto.”*

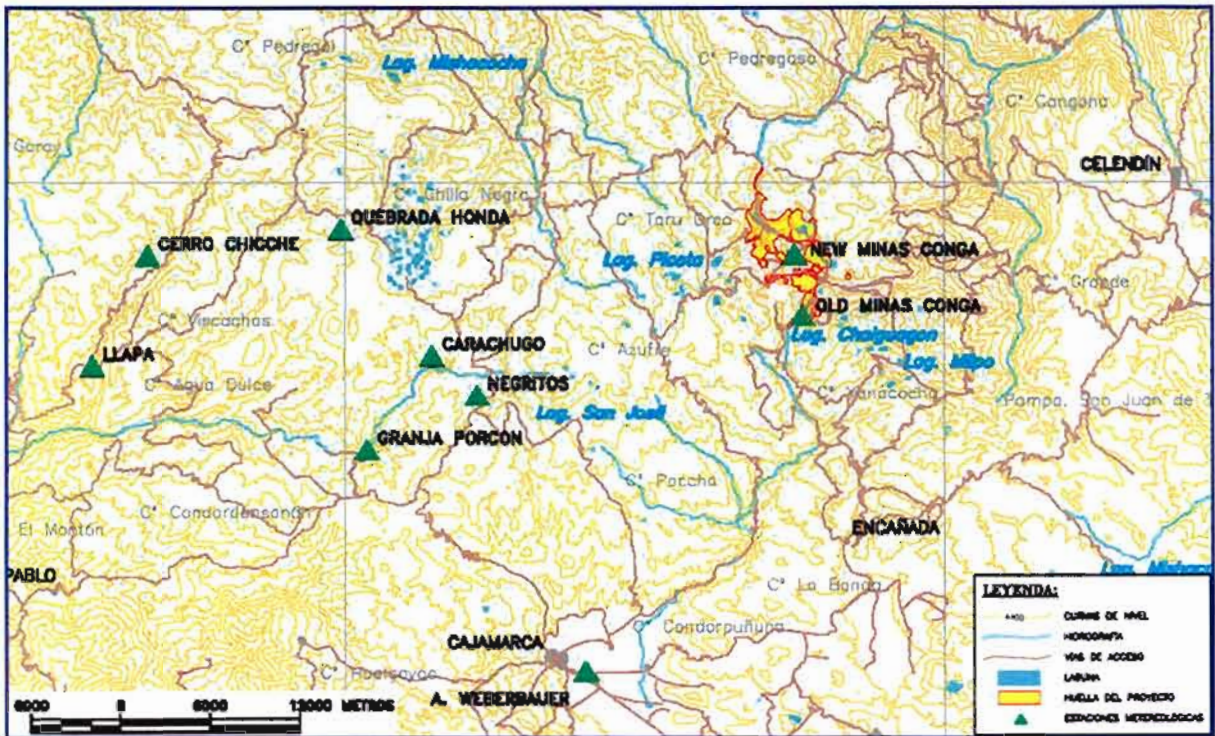
Y, al igual que en la legislación peruana, los Estudios de Impacto Ambiental, cuyo costo global en un caso como el que nos ocupa es muy elevado, son realizados por Consultorías acreditadas y, lo que es más importante, resaltando la participación de especialistas de reconocido prestigio, en los diferentes campos que conlleva un EIA. Por supuesto, estos EIA son pagados siempre por el Promotor, y sometidos a evaluación por la Autoridad competente, dentro de un proceso, en el que se incluye la necesaria información pública. Extraña, por consiguiente, el que, en determinados comentarios e informes de parte, se haya querido presentar como anómalo el hecho de que el EIA haya sido pagado por MYSRL.

En este sentido en el Considerando 16, de la Directiva del Parlamento Europeo, se dice textualmente *“La participación real del público en la adopción de esas decisiones le permite expresar opiniones e inquietudes que pueden ser pertinentes y que las autoridades decisorias pueden tener en cuenta, favoreciendo de esta manera la responsabilidad y la transparencia del proceso decisorio, y contribuyendo a la toma de conciencia por parte de los ciudadanos sobre los problemas medioambientales y al respaldo público de las decisiones adoptadas.”*

Queremos resaltar, finalmente, que, además de esta tramitación oficial administrativa, los EIA, de proyectos de esta envergadura, se ven sometidos a un análisis aun mucho más riguroso, realizado por los asesores de los inversionistas económicos, que lo “miran con lupa”, ya que de su correcta ejecución dependerá el riesgo de su inversión.

### 4.3 Hidroclimatología

Para la caracterización climática del sector, en el EIA se parte de la información incluida en el *Análisis de datos climatológicos del proyecto Conga* (Knight Piésold, 2008), que utiliza estaciones meteorológicas regionales, operadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), así como estaciones meteorológicas operadas por MYSRL (Figura 23).



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 23. Localización de estaciones meteorológicas en el entorno del proyecto Conga.

La *temperatura del aire* máxima, promedio mensual, varía entre 10,1 °C y 13,1 °C. La temperatura mínima, muestra un promedio mensual entre 2,5 °C y 3,6 °C. En la zona del proyecto los meses más fríos corresponden a la temporada seca (mayo a setiembre), y las temperaturas más elevadas a la temporada húmeda (octubre a abril).

La *humedad atmosférica* (Fotografía 2) en la zona de estudio presenta valores promedio anuales entre 77,2% y 93,0%, en las estaciones meteorológicas consideradas.

Para el cálculo de precipitaciones mensuales del área del proyecto, los registros pluviométricos se ampliaron mediante análisis de regresión - correlación, con datos de otras estaciones cercanas, con periodos de registro más extensos. Así, el promedio anual de precipitación se estimó aproximadamente entre 1.126,2 mm y 1.143,4 mm, con un mínimo entre 736,4 mm y 736,7 mm, y un máximo anual entre 1.699,4 mm y 1.865,4 mm.

Durante la temporada húmeda, la precipitación promedio se estimó entre 893,5 mm y 916,0 mm, y durante la seca entre 230,8 mm y 240,7 mm.

En el EIA se incluye un análisis específico del fenómeno *El Niño*, en relación a la variabilidad de la precipitación en el área del proyecto. Para determinar los episodios de variabilidad se utilizó el Índice Oceánico para El Niño (*Oceanic Niño Index, ONI*), de la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos de América (NOAA por sus siglas en inglés). En general, se observa que, durante episodios cálidos del ENSO (*Niño Southern Oscillation*), no se presentaron altos valores de precipitación. Al comparar la precipitación para meses ENSO y NO-ENSO, son pocos los casos donde la precipitación promedio en meses ENSO supera a la de meses NO-ENSO.



Fotografía 2. Densa cobertura nubosa sobre el área del proyecto Conga.

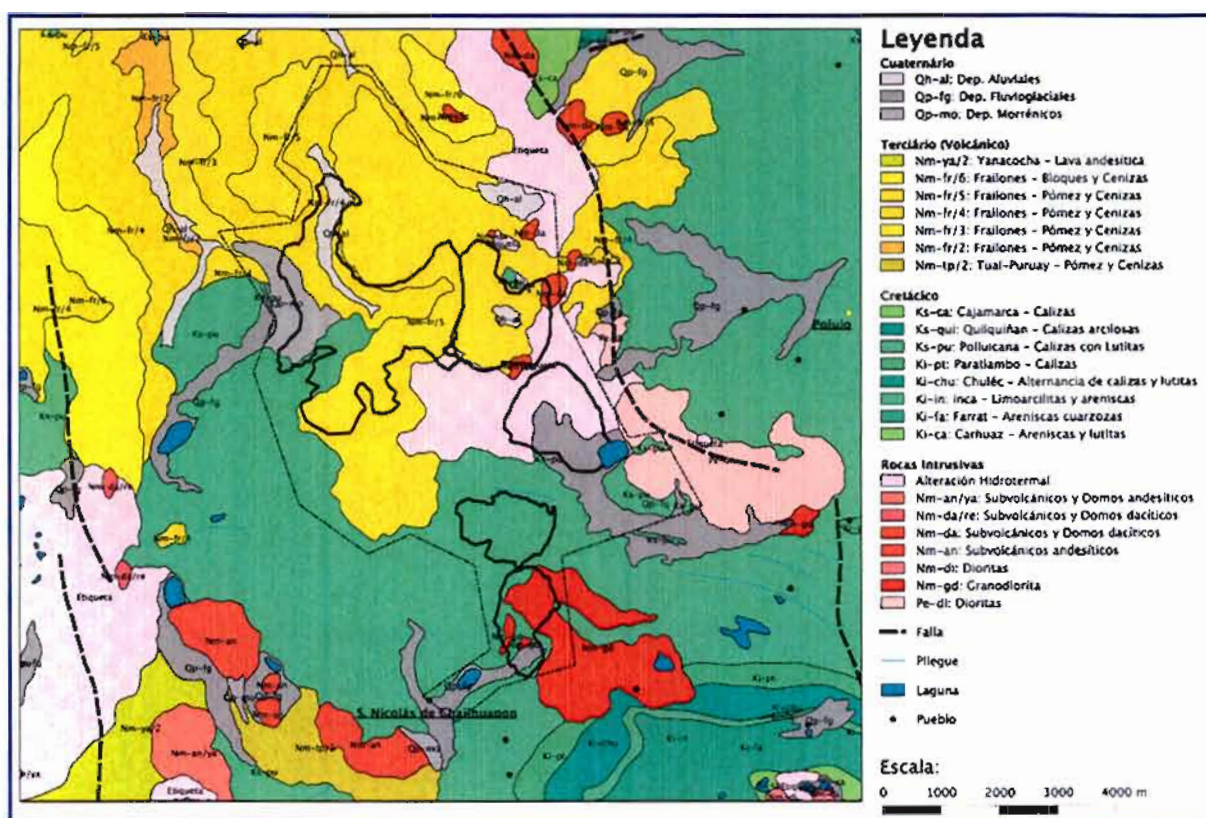
Para el obtener la **evaporación potencial anual**, y puesto que los registros de las estaciones operadas por MYSRL no cuentan con un periodo suficientemente extenso, se utilizó el método de Hargreaves y Samani (1982), que sólo requiere datos de precipitación, temperatura y radiación solar. Así, la evaporación potencial en la estación New Mina Conga se estimó en 1.110 mm y en Old Mina Conga en 1.211 mm, cifras que prácticamente se equilibran con la precipitación media, con lo que en los años secos predomina la evaporación sobre la pluviometría, y al revés en los años húmedos.

En cuanto a la **evaporación mensual** los mayores niveles se presentarían en los meses de septiembre a enero, con valores superiores a 98 mm, mientras que el mes con menor evaporación sería junio, con 78,6 mm.

#### 4.4 Geología

Los materiales geológicos presentes en el área de actuación del proyecto (Figura 24), están integrados por rocas sedimentarias del Cretáceo, rocas volcánicas del Mioceno, y rocas intrusivas del Eoceno/Mioceno. También hay que señalar la presencia adicional de formaciones detríticas del Cuaternario (aluviales, depósitos fluvio-glaciares y depósitos morrénicos).

De manera más específica, en el área del proyecto se encuentran las formaciones Grupo Goyllarisquizga (formación Carhuaz y Farrat, Inca, Chúlec, Pariatambo), Grupo Pullucana, Grupo Quilquiñan y Cajamarca del Cretáceo; las formaciones Volcánico Porculla y Volcánico Grupo Calipuy del Terciario; así como rocas intrusivas subvolcánicas y plutónicas del Stock Dacítico. Cubriendo al basamento rocoso se presentan depósitos del Cuaternario (aluvial, fluvio-glacial y morrenas).

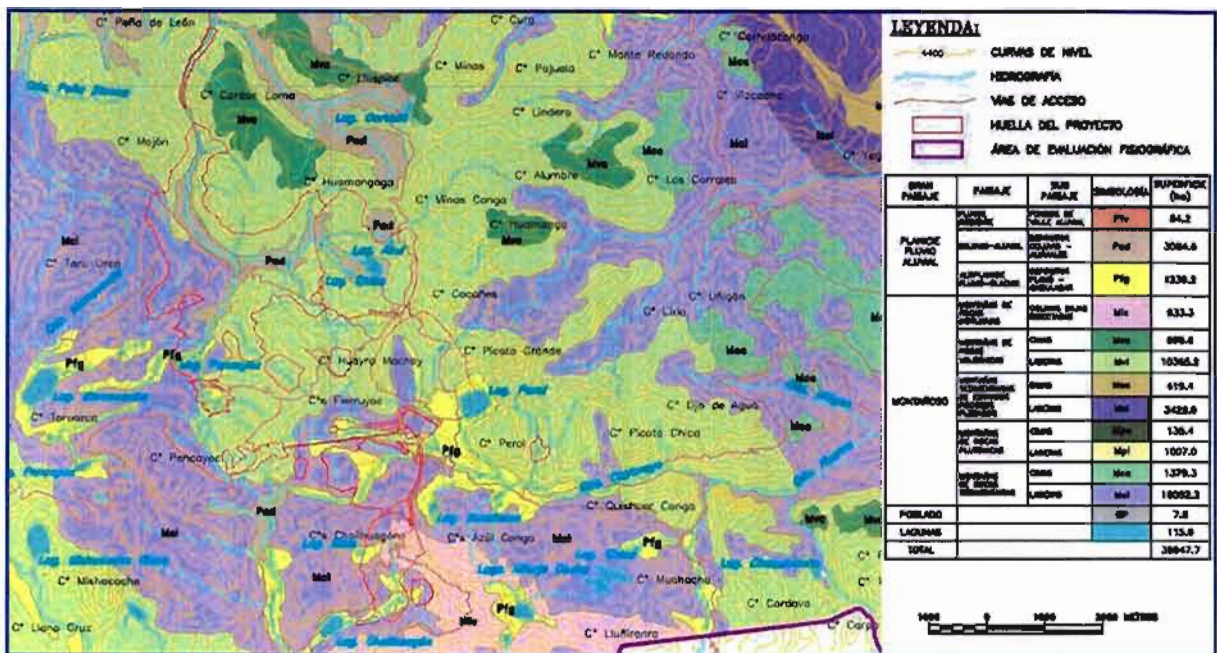


Fuente: Carlotto Caillaux y Peña Laureano (2012). INGEMMET, Lima. Escala original 1:50.000

Figura 24. Mapa geológico del entorno del proyecto Conga.

Desde el punto de vista de relieve o fisiográfico (Figura 25), el área de estudio se corresponde a las vertientes montañosas interandinas; identificándose en el EIA, dos unidades, cuyos rasgos geomorfológicos son resultado de una larga evolución, condicionada por factores tectónicos, y procesos erosivos y deposicionales, que han modelado el relieve hasta su estado actual. Se trata de:

- ↳ **Paisaje montañoso** (Fotografía 3), que comprende geformas de aspecto accidentado, comprendiendo paisajes de montañas de rocas plutónicas, intrusivas, volcánicas y sedimentarias replegadas. Son relieves accidentados, con pendientes superiores al 50% y frecuentes escarpes.
- ↳ **Paisaje planicie fluvio aluvial** (Fotografía 4), conformado por planicies de origen aluvial del Cuaternario reciente (fluvial y coluvio-aluvial), en formación constante por los aportes de materiales de los principales ríos y quebradas, formando los fondos de valle o pequeñas terrazas, inundables en épocas de avenida, que ocupan pequeñas pero numerosas superficies de paisaje fluvial reciente, coluvio-aluvial y altiplanicie fluvio glacial, que soportan la mayor parte de la agricultura andina.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 25. Mapa fisiográfico del entorno del proyecto Conga.



Fotografía 3. Paisaje montañoso en el entorno próximo al proyecto Conga.

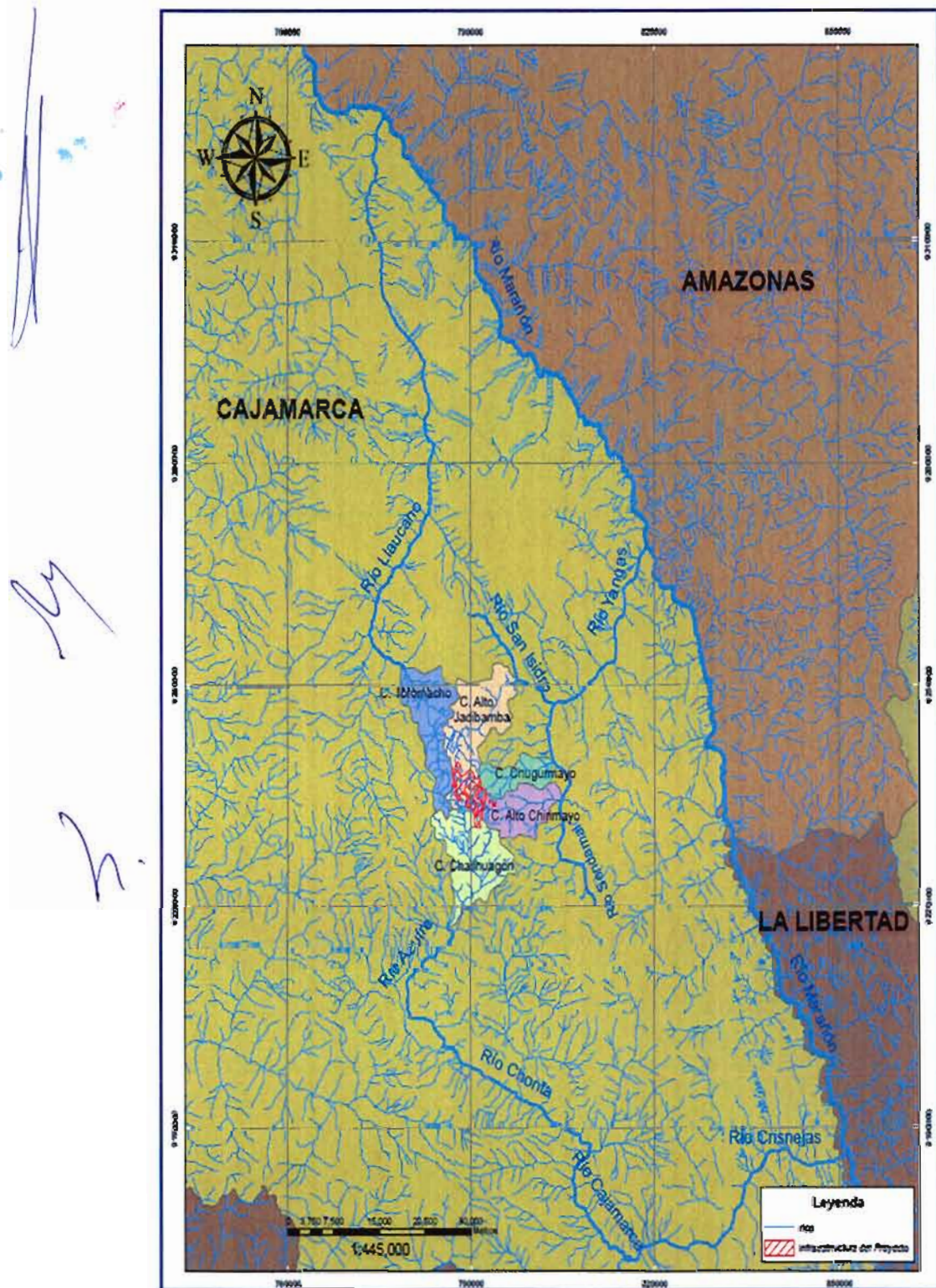


Fotografía 4. Paisaje de planicie fluvio-glacial, en el entorno próximo al proyecto Conga.

## 4.5 Aguas superficiales

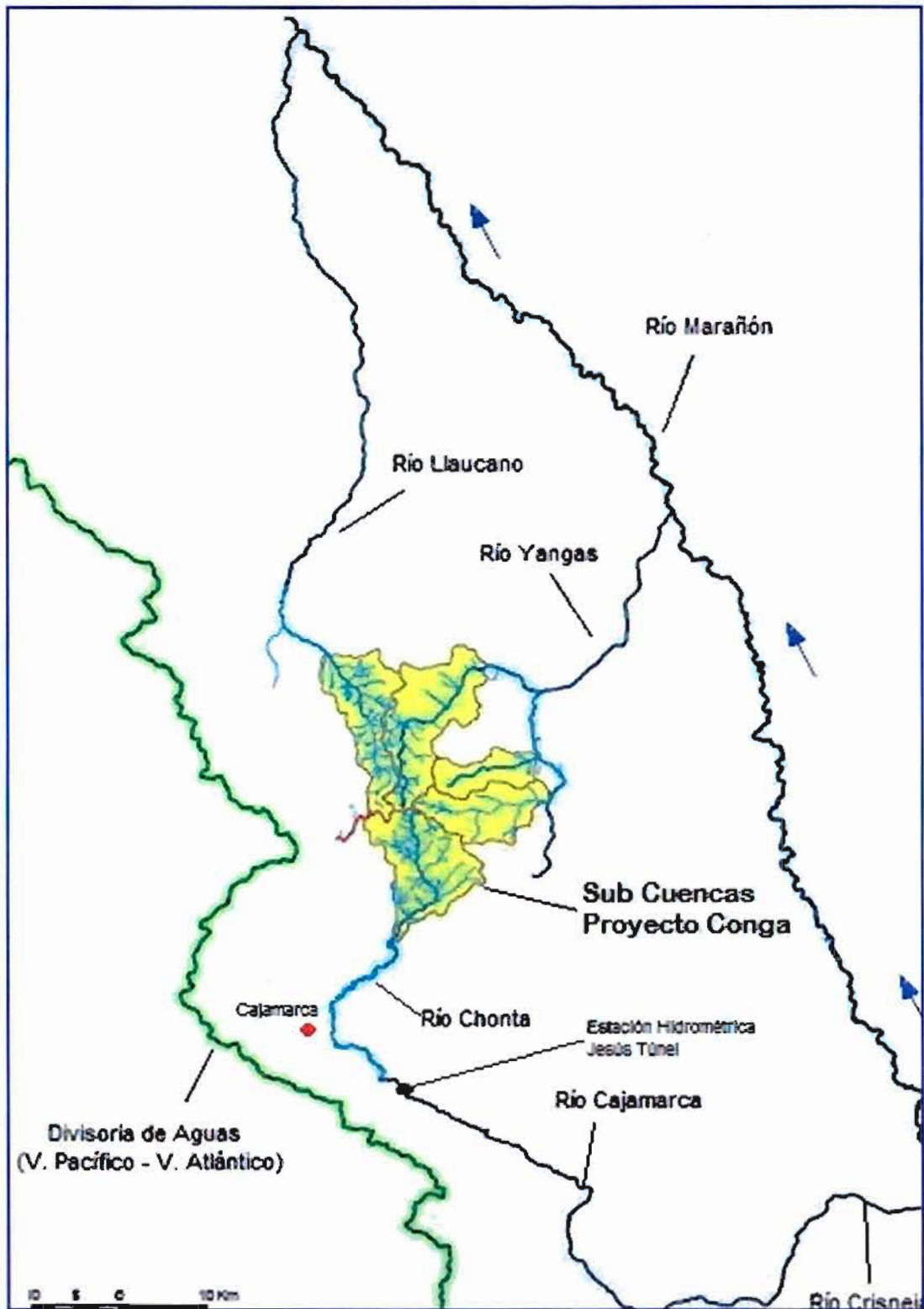
### 4.5.1 Área estudiada

La superficie definida como "huella del proyecto" se distribuye entre cinco microcuencas, existentes en su alrededor (Figura 26). Las microcuencas hidrológicas (Chailhuagón, Alto Chirimayo, Chugurmayo y Alto Jadibamba) se han delimitado hasta su confluencia con cursos de área tributaria de igual o mayor magnitud. La del río Toromacho, dado que la huella del proyecto en ella es pequeña, en comparación con las restantes, se delimitó hasta un punto arbitrario, cuya área vertiente tenía una superficie similar a las otras microcuencas.



Fuente: Perú Hydraulics, 2012.

Figura 26. Huella del proyecto y microcuencas en el contexto regional departamental.



Fuente: Knight Piésold, 2012.

Figura 27. Sistema hidrográfico general en el entorno de las microcuencas.

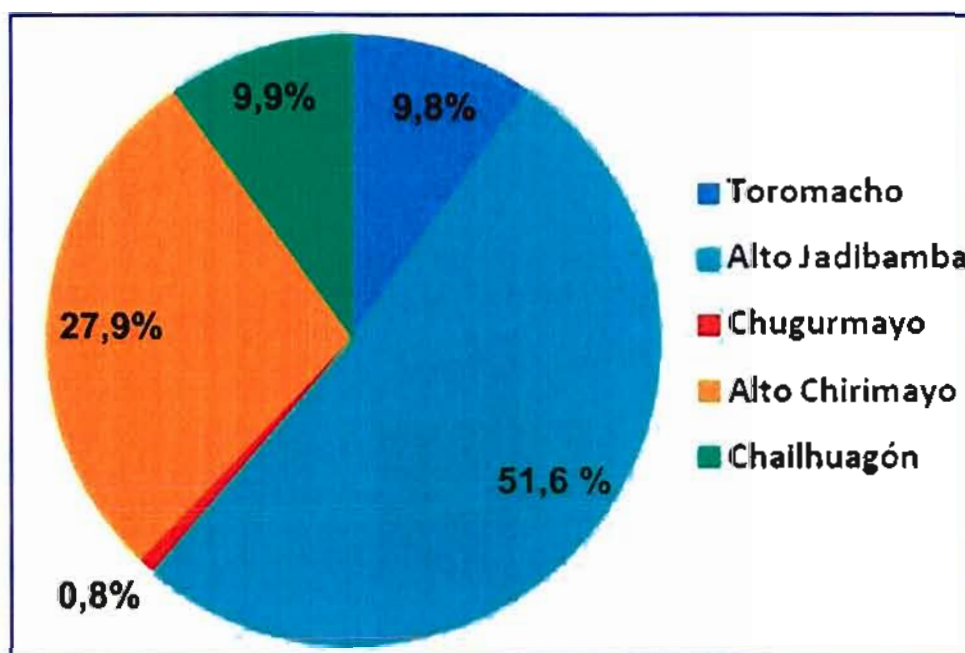


La distribución de esta "huella" entre estas cinco microcuencas es muy variable, según se refleja en la Tabla 1 y en la Figura 28. La máxima superficie corresponde a la microcuenca del río Alto Jadibamba (51,6 %), y la mínima a la microcuenca de la quebrada del Chugurmayo (0,8 %).

Microcuenca	Total Ha	Superficie "huella del proyecto"	
		Ha	%
Toromacho	16.300	193,2	9,8
Alto Jadibamba	23.000	1.014,4	51,6
Chugurmayo	4.100	15,8	0,8
Alto Chirimayo	7.200	548,6	27,9
Chailhuagón	2.400	195,2	9,9
Total	53.000	1.967,3	100,0

Fuente: Knight Piésold Consulting Agosto de 2010.

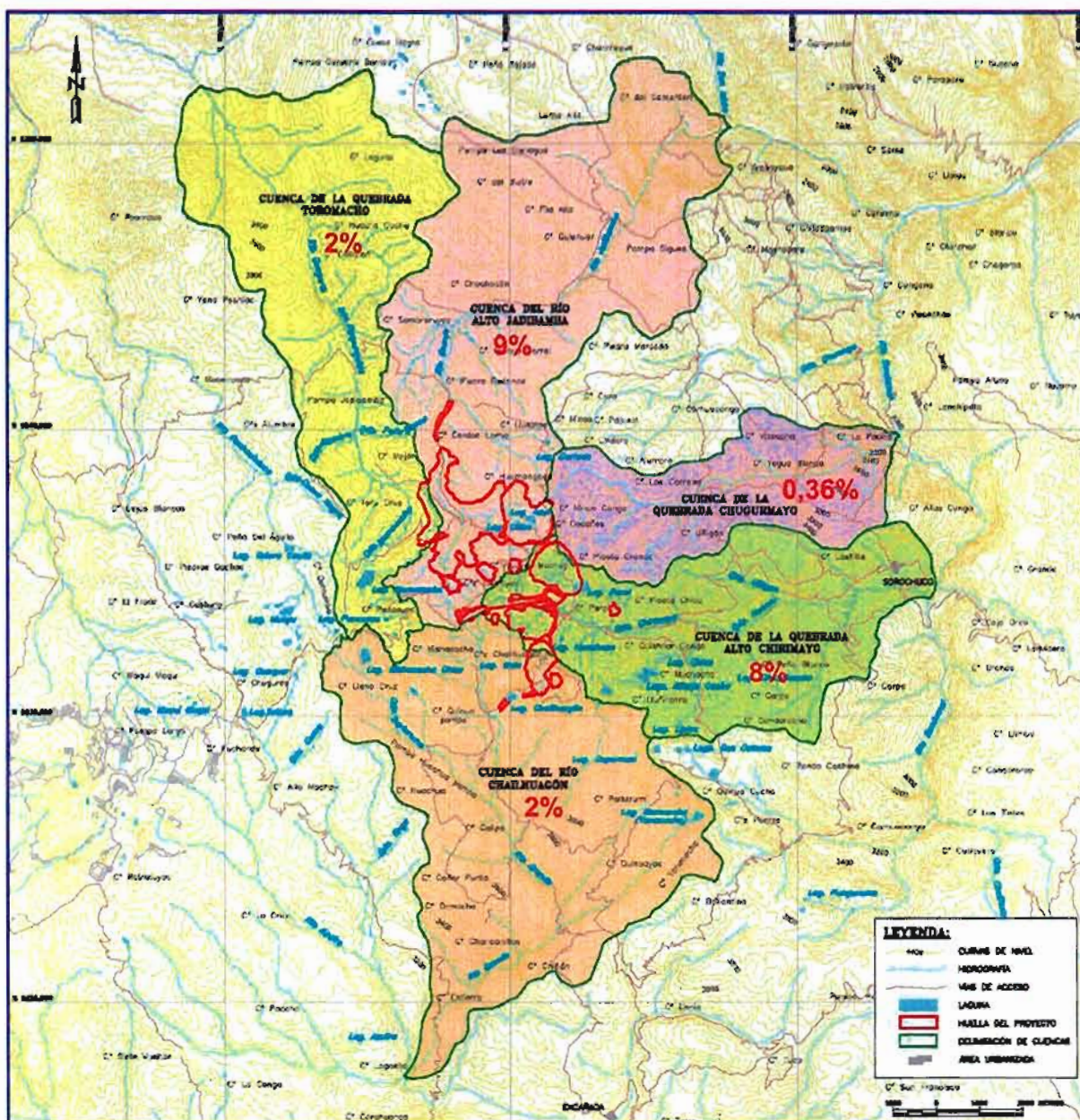
Tabla 1. Distribución por microcuencas del área afectada por el proyecto.



Fuente: Knight Piésold Consulting Agosto de 2010. Elaboración propia.

Figura 28. Distribución de la "huella del proyecto" entre las cinco microcuencas.

Pero, más significativo aún es considerar el porcentaje que la huella representa, respecto a la superficie total de la respectiva microcuenca, lo que se refleja en la Figura 29.



Fuente: INSIDEO. Febrero 2012.

Figura 29. Distribución de la "huella del proyecto" por microcuencas.

De ellas cuatro afluyen a la cuenca del Alto Marañón (quebrada Toromacho – en las nacientes del río Llaucano -, río Alto Jadibamba, quebrada Chugurmuyo y quebrada Alto Chirimayo – las tres en las nacientes del río Las Yangas) a través de la intercuenca Alto Marañón IV, de la que el área del proyecto representa sólo el 0,12 %. La quinta microcuenca la del río Chailhuagón (en las nacientes del río Azufre, tributario del río Chonta-Cajamarca, que vierte a la cuenca del Crisnejas), afluente igualmente del río Marañón, de la que el área del proyecto representa el 0,04 %.

Estos ríos Llaucano, Las Yangas y Crisnejas son tributarios del río Marañón, por su margen izquierda.

En esta comparativa también puede ser de interés destacar que la "huella del proyecto" supone sólo el 0,06 % de la superficie del Departamento de Cajamarca. Finalmente, y como fácil es comprender, esta superficie afectable es mínima si la comparamos con la dedicada a la agricultura, que es la actividad que produce la mayor afección negativa a la biodiversidad.

#### 4.5.2 Cantidad

De acuerdo con el análisis de caudales, registrados en las estaciones de aforo de las distintas microcuencas, en el área del proyecto, los aportes de agua superficial son, en general, muy variables, dependiendo principalmente de la precipitación, y presentando variaciones estacionales muy amplias. Inclusive, en la temporada seca, la variación de caudales es especialmente sensible a los eventos de precipitación puntuales (en junio y septiembre), que pueden generar grandes incrementos en los caudales, como consecuencia del escaso poder regulador de los materiales litológicos aflorantes. En esta época ni las lagunas, que una vez que bajan de su nivel de rebose no aportan agua a los cauces, ni los bofedales, que pueden aportar algo de agua a los cauces pero en escasa proporción, frente a las pérdidas por evapotranspiración, pueden paliar la ausencia de precipitaciones.

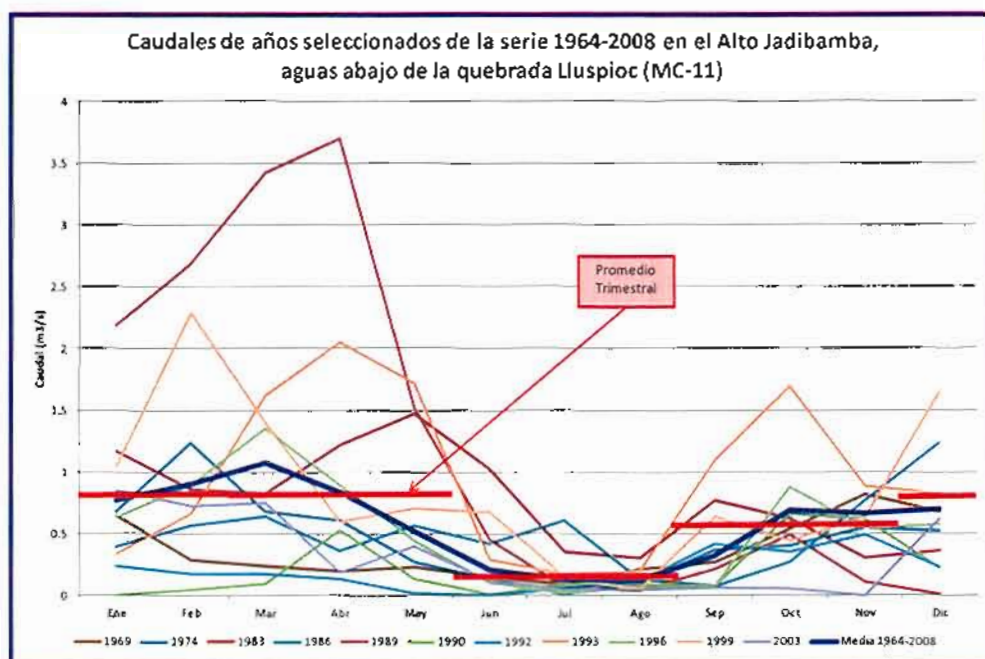
El caudal de base, asociado principalmente a descargas de agua subterránea cutánea, ha sido definido como el valor promedio en julio y agosto, meses en los que en la mayoría de los días la precipitación no tiene influencia significativa en el flujo superficial.

Por tanto, en términos de afección a los usuarios del agua en la zona, se plantea el mismo problema que en la mayor parte de las cuencas del Perú: déficit habitual de agua en la estación seca en la que, por falta de precipitaciones, los caudales circulantes son muy bajos. Sin embargo, hay un fuerte superávit en la estación húmeda, que no se aprovecha por falta de capacidad de regulación.

La Figura 30, en la que se representan años seleccionados para ilustrar situaciones hidrológicas diversas, refleja bien esta situación. Hay que resaltar el bajo caudal en los meses de la estación seca (junio - agosto), aún en el caso de años con valores altos en los meses anteriores, debidos a precipitaciones intensas.

Los caudales medios trimestrales (Figura 30) resumen el funcionamiento hidrológico de la cuenca: la media de junio a agosto es un tercio de la media anual, mientras que la de septiembre - diciembre coincide con ella, y diciembre - febrero y marzo - mayo, con medias trimestrales similares, constituyen los trimestres más húmedos, con caudales un 40% mayores que la media anual.

Este régimen hidrológico, muy sensible a la precipitación, que escasea en los meses de junio a agosto, da lugar a que la preocupación de los usuarios de agua de la zona, en relación con la posibilidad de afección producida por el proyecto Conga, se centre en la potencial disminución de los caudales disponibles en la época seca, teniendo en cuenta que, ya en la actualidad, sufren frecuentes déficits. Prueba de ello es el elevado número de micro-reservorios construidos, para cubrir sus necesidades (Fotografía 5 y Fotografía 6).



Fuente: elaboración propia con datos de Knight Piésold Consulting, 2012.

Figura 30. Caudales de años seleccionados de la serie 1964-2008, en el río Alto Jadibamba, aguas abajo de la quebrada Lluspioc (MC-11).



Fotografía 5. Micro-reservorios de la zona próxima al proyecto.



Fotografía 6. Detalle de micro-reservorios de la zona.

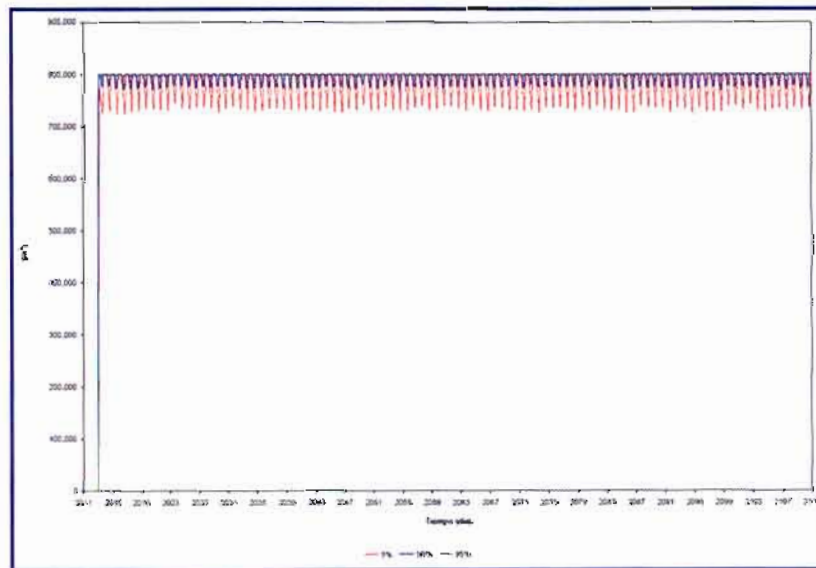
Todo ello justifica el hecho de que los estudios hidrológicos, del EIA, hayan dado la máxima importancia a la determinación de los llamados caudales bajos – los mínimos esperables con el 50% de probabilidad en 7 días consecutivos – y a la disminución que experimentarían con la implantación del proyecto minero.

Una vez definida esa afección, se propone su mitigación mediante la construcción de tres reservorios, que garantizarían el mantenimiento de un caudal mínimo igual a los caudales bajos de la situación actual. Esta conclusión se ha alcanzado con el modelo de balance hídrico del EIA, en la hipótesis de que los reservorios liberan el caudal de mitigación (pero no más) durante 8 meses. Sin

embargo, los reservorios permanecen casi llenos, como indica la Figura 29, que representa la evolución esperada de las reservas embalsadas en el reservorio Perol, el que presentaría mayores oscilaciones de nivel.

Por otra parte, los análisis del EIA se han encaminado – de acuerdo con la normativa - a proponer medidas de mitigación de la afección. Si los cálculos de balance se hicieran en términos de gestión del agua, es decir que los reservorios desembalsaran el caudal necesario para atender las demandas en cada momento, incluido un eventual caudal ecológico del río, los usuarios de la zona no sólo no se verían afectados en su actividad sino que mejorarían mucho su situación futura respecto a la actual, tanto más si, tras el cierre de la mina, pasaran a usar también el reservorio Superior, para regulación adicional, situación no prevista por el EIA para la mitigación, por ser de uso compartido con la mina durante su explotación.

Por tanto, con el planteamiento realizado en el EIA, la indudable afección que sufrirían los caudales superficiales salientes, del área de proyecto, no sólo sería mitigada sino que se mejoraría la situación actual de los usuarios.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 31. Evolución de reservas embalsadas en el reservorio Perol durante la operación y cierre, en términos de probabilidad.

#### 4.5.3 Calidad

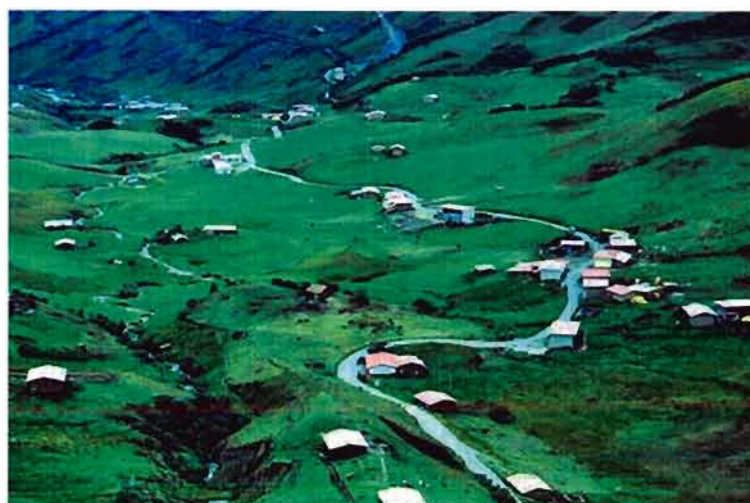
El agua superficial en las microcuencas del área de estudio, presenta calidad química aceptable y relativamente uniforme, consecuencia de que su procedencia es mayoritariamente de precipitación directa, y de que la mayoría de las rocas son poco solubles, incidiendo en ello también la baja temperatura de las aguas.

Cosa muy diferente ocurre con la calidad bacteriológica de estas aguas, ya que frecuentemente, no cumplen con los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA), para aguas en la Categoría 1 (poblacional y recreacional), no siendo así aptas para consumo humano. Esto es consecuencia, fundamentalmente, de la contaminación provocada por el ganado caballar, bovino y ovino (Fotografía 7), que es parte importante de la economía agropecuaria familiar. Es así que este problema bacteriológico provoca frecuentes problemas sanitarios, por infecciones intestinales, principalmente en la población infantil.



Fotografía 7. Ganado sin estabular pastando en los alrededores del área del proyecto Conga.

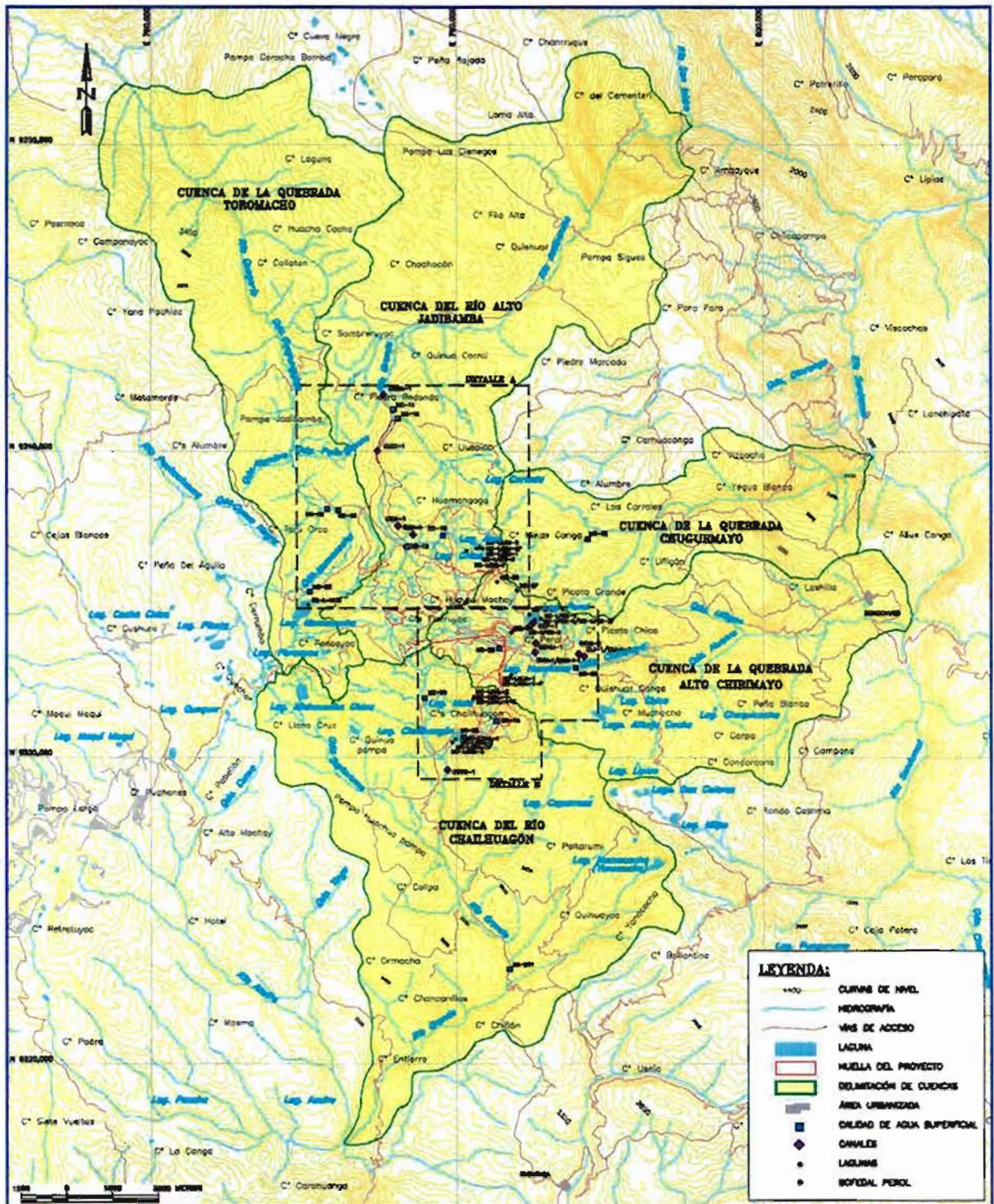
A esto hay que sumar que son numerosas las viviendas que se concentran en algunos sectores próximos al proyecto (Fotografía 8), donde las aguas residuales urbanas no están sometidas a tratamiento de depuración.



Fotografía 8. Concentración de viviendas en las proximidades del proyecto Conga.

Con todo ello, y tras los análisis realizados en una serie de puntos de control (Figura 32), las determinaciones analíticas muestran frecuentemente agentes patógenos (coliformes, enterococos, *Escherichia coli*,...), especialmente en la cuenca del río Alto Jadibamba, sobrepasando los límites sanitariamente admisibles para el consumo humano<sup>5</sup>. Inclusive, con motivo de la concentración de miles de personas, en una reivindicación ambiental, realizada alrededor de la laguna Perol, a finales del 2011, hay que lamentar el descuido en dejar innecesariamente basuras y desperdicios sin recoger.

<sup>5</sup> El consumo de agua con presencia de estos organismos puede producir enfermedades gastrointestinales en la población.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 32. Estaciones de control de calidad de las aguas superficiales en el entorno del proyecto Conga.

Pero también, a mayor abundamiento, el pH del agua de bofedales (Fotografía 9), se muestra frecuentemente muy por debajo de 6,5, que es límite mínimo requerido para el agua de consumo humano.



Fotografía 9. Control de pH, conductividad y temperatura en el agua de bofedales.

En estas condiciones, podemos decir que, en general, las aguas superficiales, en el entorno del proyecto Conga, sólo deben ser utilizadas en la Categoría 3, riego de vegetales (especialmente de tallo alto y, con mayores restricciones, para los de tallo bajo), y para bebidas de animales, y esto sin olvidar que hay aguas superficiales que exceden a la normativa para estos consumos. Añadir, también, que la frecuente utilización actual, de esta agua, para consumo humano está fuera de las normas reglamentarias, y con lleva riesgos sanitarios que afectan fundamentalmente a la población infantil.

## 4.6 Aguas subterráneas

### 4.6.1 Área estudiada

Más difícil que en el caso de las aguas superficiales, es delimitar la posible área de afección de las actividades mineras, con respecto a las aguas subterráneas, existentes alrededor del área de proyecto. Y esto es consecuencia de la compleja litología y tectónica del área que nos ocupa.

El modelo hidrogeológico conceptual del área, a la luz del EIA, de los documentos complementarios y de nuestras propias observaciones, sugiere que existen solamente sistemas hidrogeológicos de ciclo corto en los depósitos cuaternarios (rocas de porosidad intersticial) y en la parte superior de las formaciones rocosas subyacentes (porosidad fisural predominante, con efectos de gelifracción<sup>6</sup>).

La infiltración se produce en los puntos de mayor elevación, en las cumbres del altiplano, y mayoritariamente en las formaciones cuaternarias, a través de las cuales el agua subterránea discurre, en trayectos cortos y por cortos periodos de tiempo, siendo devuelta rápidamente a la red

<sup>6</sup> La gelifracción o gelivación es el proceso consistente en la fragmentación de las rocas, debido a las tensiones producidas al congelarse agua contenida en sus grietas, fracturas y poros



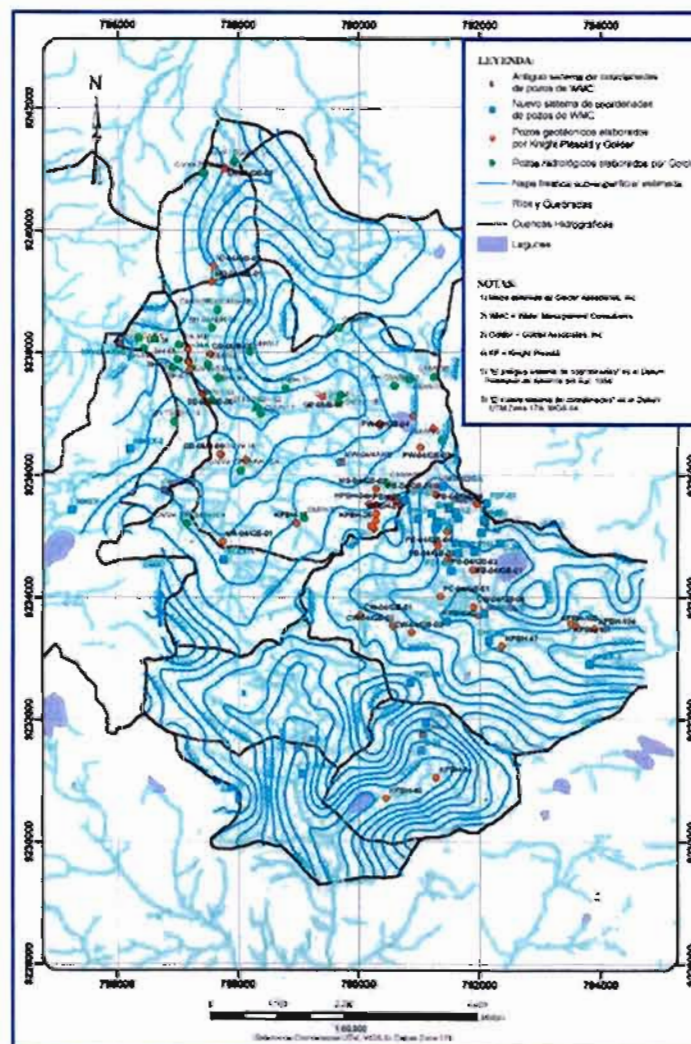


Se puede observar cómo las curvas isopiezas descienden desde las cumbres del altiplano a los valles fluviales, que constituyen los ejes de drenaje del sistema acuífero cutáneo.

La infiltración profunda es muy reducida, porque la permeabilidad disminuye rápidamente en profundidad, y los gradientes son generalmente muy elevados, típicos de zonas montañosas. Por su parte, las descargas del agua subterránea se localizan en los puntos donde la superficie piezométrica intercepta a la topografía y, en algunos casos, bajo control de fallas y fracturas u otras discontinuidades.

#### 4.6.2 Cantidad

Las aguas subterráneas, en el área del proyecto, están asociadas con la infiltración, que a su vez depende básicamente de la precipitación. Existen datos disponibles de 96 sondeos, empleados para realizar la interpretación piezométrica (Figura 34) y definir las direcciones de flujo, así como para estimar la permeabilidad de los diferentes materiales.



Fuente: Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010.

Figura 34. Piezometría estimada del sistema cutáneo.

Ha sido posible, también, a la luz de los inventarios del EIA, y de informaciones complementarias, confirmar el registro de 683 manantiales, siempre de caudales muy bajos (valores medianos del orden de 0,01 L/s y medios de 0,16 L/s), apareciendo registros de caudales de apenas 0,0001 L/s.

El substrato del depósito de relaves previsto, así como gran parte del correspondiente al depósito del desmonte Perol, está formado en general por suelos húmicos, de baja permeabilidad, directamente desarrollados sobre los diferentes materiales litológicos sub-aflorantes (Fotografía 10).



Fotografía 10. Suelo húmico, con espesor de apenas 20 a 30 cm sobre roca inalterada.

Pero existen otras áreas con materiales permeables (al menos en la franja superior), que corresponden a rocas carbonatadas karstificadas (Fotografía 11 y Fotografía 12), y a determinados materiales volcánicos, así como a aluviales, en fondos de valle.



Fotografía 11. Afloramiento de rocas carbonatadas localmente permeables, en estructura colgada, en forma de mesa.



Fotografía 12. Afloramiento de calizas marmóreas plegadas, fracturadas y karstificadas superficialmente.

Por su parte, los depósitos morrénicos, a pesar de englobar bloques, cantos y arenas de diferente granulometría, presentan muy baja permeabilidad por la presencia de material muy fino, procedente de la abrasión glaciaria, que constituye su matriz (Fotografía 13 y Fotografía 14).



Fotografía 13. Suelo húmico sobre depósito morrénico de matriz limo-arcillosa de baja permeabilidad.



Fotografía 14. Morrena glaciaria frontal cementada con matriz impermeable y diseccionada por erosión fluvial.

Destacar, también, que materiales de naturaleza arcillosa, procedentes de esa abrasión glaciaria<sup>7</sup>, tapizan el fondo de las depresiones cerradas, en las que se acumula agua, hasta que la evaporación (y la reducida infiltración) la llegan a eliminar en el estiaje, excepto para las lagunas con mayor capacidad de almacenamiento (Fotografía 15).



Fotografía 15. Laguna permanente de Chailhuagón (con piscifactoría instalada).

Por otra parte, es frecuente la interstratificación de materiales de diferente permeabilidad y, especialmente, de rocas competentes e incompetentes, que hace disminuir la permeabilidad vertical del conjunto (Fotografía 16).

<sup>7</sup> Abrasión glaciaria: erosión del lecho de un glaciar por los materiales sólidos arrastrados por el hielo (e incluso por él mismo). Los productos originados por ese pulimento se llaman "harina glaciaria", y tienen muy baja permeabilidad.



Fotografía 16. Interestratificaciones de sedimentos de diferente permeabilidad, que hace disminuir la permeabilidad del conjunto.

Las aguas subterráneas se encuentran, en general, a muy escasa profundidad (frecuentemente inferior a dos metros por debajo de la superficie del terreno), dando lugar a un acuífero-acuitardo<sup>8</sup> cutáneo o hipodérmico, ligado a un suelo saturado con mal drenaje (bien visible en las calicatas realizadas), predominantemente húmedo en la época de lluvias, para desecarse en el estiaje. En ese sistema cutáneo las curvas isopiezas descienden desde las cumbres del altiplano a los valles fluviales (Figura 34)

De manera general, los materiales litológicos infrayacentes, en la zona de emplazamiento previsto para el proyecto, presentan conductividad hidráulica secundaria, no muy elevada, relacionada con fallas, fracturas y fisuras, que disminuye en profundidad por el propio peso de los materiales (isostasia<sup>9</sup>), lo que supone una capacidad de almacenamiento de agua subterránea relativamente reducida.

#### 4.6.3 Calidad

Durante los últimos años, en el marco de los estudios realizados, se han efectuado controles hidroquímicos periódicos, de las aguas subterráneas, en diferentes campañas de muestreo (2003 al 2009). En general, los puntos de agua controlados, en las microcuencas de los ríos Alto Jadibamba y Chailhuagón, y en las microcuencas de las quebradas Toromacho y Alto Chirimayo (Tabla 2), presentan características similares.

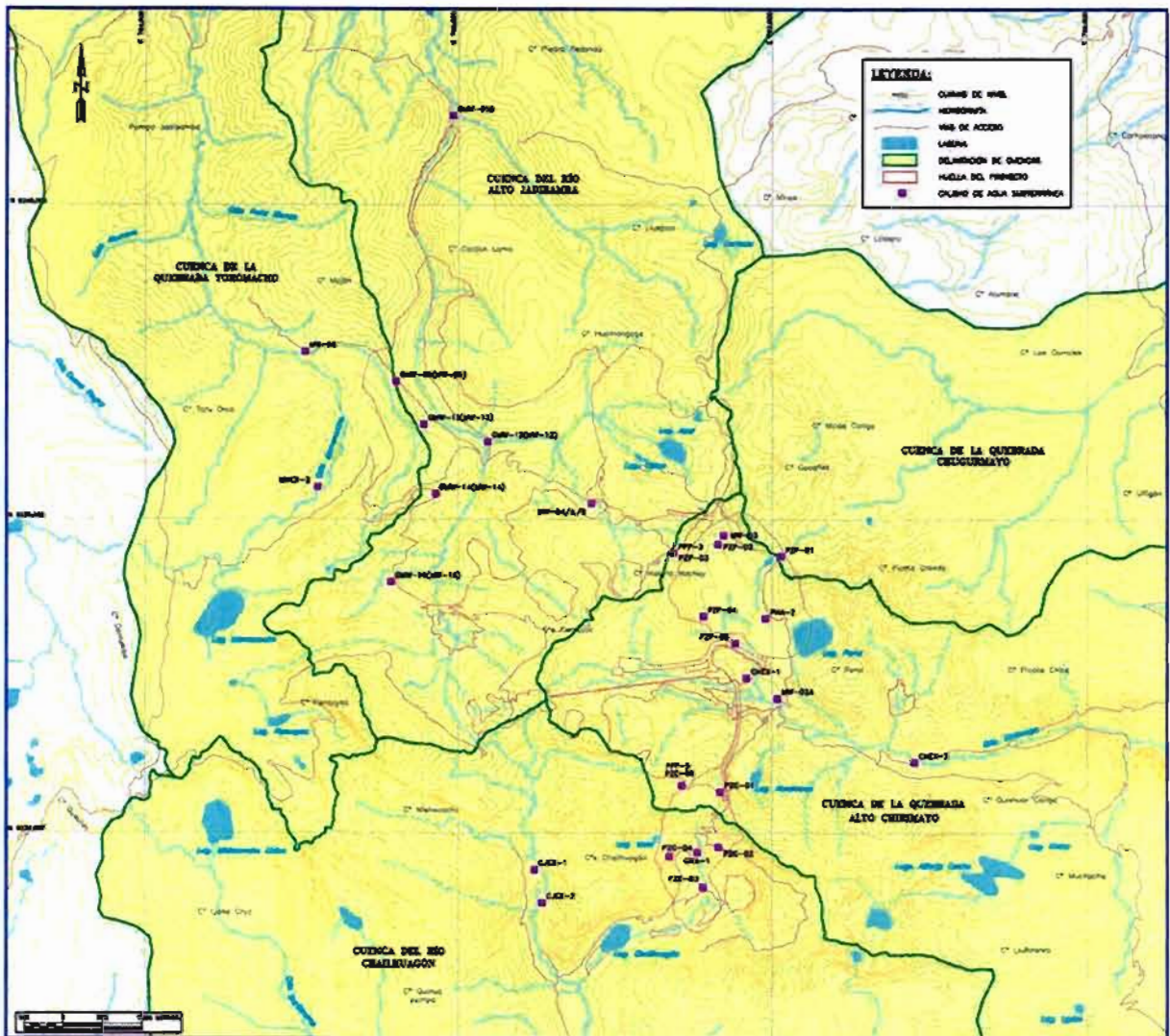
De acuerdo con el EIA, en condiciones pre-mina, se pueden destacar los siguientes hechos:

- ↳ La concentración de metales pesados presenta valores por encima de los ECAs<sup>10</sup> para consumo humano en Al, As, Fe, Pb y Mn. Las muestras de agua de la microcuenca del río Chailhuagón presentan, además, valores superiores a los ECAs en concentraciones de Hg.
- ↳ Las concentraciones de coliformes también se encuentran sobre dichos ECAs, en buena parte de los muestreos realizados.

<sup>8</sup> Acuitardo: formación capaz de almacenar agua, pero que la transmite muy lentamente.

<sup>9</sup> Isostasia: condición de equilibrio ideal a la que tiende la Tierra debido a la fuerza de la gravedad.

<sup>10</sup> ECA: Estándares de Calidad Ambiental.



Fuente: Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010.

Tabla 2. Estaciones de control de aguas superficiales en el entorno del proyecto.

De acuerdo con el EIA, en condiciones pre-mina, se pueden destacar los siguientes hechos:

- ↪ La concentración de metales pesados presenta ocasionalmente valores por encima de los ECAs<sup>11</sup> para consumo humano en algunos metales.
- ↪ Las concentraciones de coliformes también se encuentran sobre dichos ECAs, en buena parte de los muestreos realizados.
- ↪ Los rangos de pH son similares, presentando condiciones entre aguas neutras a alcalinas, con pH variando entre 6,3 y 8,5.

Con respecto a calidad de las aguas, cabría resaltar que, como consecuencia de que se parte de un diseño de proyecto con "vertido cero" de aguas no tratadas, hacia las microcuencas

<sup>11</sup> ECA: Estándares de Calidad Ambiental.

aledañas, sólo se afectaría en cambios asociados a modificaciones en las cantidades de agua de escorrentía: Esto sería sensible en épocas de estiaje, si no se realizasen las compensaciones previstas, de aportes de agua a partir de los reservorios a construir.

En referencia a las modificaciones, por afección a flujos de agua, debido al drenaje en los dos tajos mineros, se puede destacar que el área de influencia corresponderá, en general, a un entorno reducido relacionado con el área de influencia directa, asociada al conoide de depresión provocado por dicho drenaje minero que, excepto en corredores de fallas, sería muy reducido.

En relación a afecciones a la calidad de las aguas subterráneas, por reequilibrios químicos significativos, ésta sería muy reducida, dada la naturaleza poco soluble de las rocas predominantes, excepto donde la presencia de materiales piriticos pueda dar lugar a drenaje ácido. Acidez que se vería, en parte, compensada por el efecto tampón de las rocas carbonatadas existentes (especialmente en el tajo Chailhuagón).

Al analizar la evaluación, de base biológica, de afección a los bofedales, lo primero a destacar es el hecho de que ocupan sólo el 0,9% de la superficie correspondiente a las cinco microcuencas hidrográficas de la zona (aproximadamente 29.490 ha). Por otra parte, para quienes lo desconozcan, hay que resaltar que, en comparación con las demás formaciones vegetales, los bofedales del área afectada por el proyecto presentan una diversidad de flora bastante baja, al tiempo de que se encuentran degradados debido al sobre pastoreo.

En los aspectos biológicos se puede también señalar que para evaluar la fauna piscícola, según el EIA, se establecieron estaciones de evaluación en 6 lagunas y 11 quebradas, cercanas a las previstas instalaciones mineras, habiéndose registrado la presencia en 10 quebradas sólo de dos especies de peces: trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y bagre (*Astroblepus sp.*). Entre todas las quebradas evaluadas se registró un total de 61 truchas y 291 bagres; valores que se consideran bajos, dado el número de quebradas evaluadas. Las quebradas presentaron abundancias distintas, siendo las quebradas ubicadas en Chailhuagón y Toromacho las que presentaron mayor abundancia. No podemos olvidar que estas quebradas, cercanas a cabeceras de cuenca, en general tienen escaso caudal, lo que afecta sin duda a la presencia piscícola.

En las lagunas evaluadas se encontró únicamente trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en las lagunas Perol, Chailhuagón y Huashwas, siendo esta última la que registró mayor abundancia. Aquí se debe destacar que la trucha arco iris es un salmónido originario de Norte América, no autóctono, sembrado en diferentes cuerpos de agua andinos (Fotografía 17).



Fotografía 17. Piscifactoría en la laguna de Mamacocha, en la que se ha introducido trucha arco iris no autóctona.



## 5 IMPACTOS HIDROLÓGICO-AMBIENTALES

### 5.1 Encuadramiento general

Del EIA, y en cuanto se refiere al análisis de los impactos del proyecto Conga, nos corresponde analizar los impactos hidrológico - ambientales y, especialmente, las medidas de mitigación y control previstas.

En este sentido podemos indicar que en el EIA se incluye el análisis semi-cuantitativo, para las actividades propuestas, en las etapas de construcción y de operación del proyecto, aplicando la metodología clásica de evaluación sistémica mediante matrices. También indicar que, en la evaluación de impactos, en el EIA se ha asumido la implantación de medidas de mitigación, control y/o compensación, diseñadas para el proyecto, por lo cual los impactos que se consideran son los "residuales", tras su implantación.

Los resultados del análisis de impactos hidrológicos residuales, se presentan en el EIA en sendas tablas, de las que presentamos aquí los aspectos referentes a "Agua superficial", "Agua subterránea" y "Vida acuática", tanto para la etapa de construcción (Tabla 3), como para la etapa de operación (Tabla 4), desarrolladas a nivel de factibilidad (ya que las medidas adoptadas buscan disminuir o compensar los efectos de los impactos residuales).

Hay que añadir que, para la etapa de cierre, las medidas se desarrollan a nivel conceptual, con un estudio cualitativo, incluido en el Capítulo 10 del EIA.

Llegados a este punto creemos muy importante reseñar que, en la legislación peruana, la aprobación del Plan de Cierre conlleva la constitución de garantías (artículo 5º del *Reglamento para el Cierre de Minas*), mediante las cuales se asegure que el titular de la actividad minera cumpla las obligaciones derivadas de dicho Plan de Cierre de Mina, de acuerdo con las normas de protección ambiental, o que, dado el caso, el Ministerio de Minas y Energía las pueda ejecutar, para llevar a cabo las labores de cierre, ante su eventual incumplimiento.

En el caso de los fondos económicos, necesarios para el cumplimiento de las medidas de cierre planteadas, éstos tienen que ser constituidos en la forma de garantías liquidables por las empresas responsables.

**Dictamen Pericial Internacional. Componente Hídrico del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Conga (Cajamarca - Perú).**

Subcomponente	Estructura y variables	Agentes de Impacto ambiental que afectan las condiciones ambientales	Instalación	Receptor (R)									Significancia del efecto					Significancia del receptor (R)					
				T	Ma	Ex	Mo	D	R	A	P	Sn	Sl	O	Cr	Ic	Obj	Obj	Obj	Obj			
Agua superficial	Mediciones de la red de niveles (Transferencia de agua de distribución y en la red de abastecimiento)	Disponibilidad de agua por Distribución (Red) de suelos orgánicos/Monitoreo de bombas/Obras constructivas de abastecimiento/Operación de bombas/Obras de agua	Instalaciones varias	Cuencas de la quebrada Torontal	1	5	2	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	10	Muy baja significancia	-20,0	Impacto negativo de significancia muy baja
				Cuencas del río Alto Jachiguay	1	8	2	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - significancia moderada	0	0	0	2	4	10	Baja significancia	129,0	Impacto negativo de significancia moderada
				Cuencas de la quebrada Chiguayán	1	5	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	-30,0	Impacto negativo de significancia muy baja
				Cuencas de la quebrada Alto Chiguayán	1	4	2	4	4	2	1	4	41	Efecto negativo - baja significancia	0	4	4	2	4	10	Significancia moderada	-63,0	Impacto negativo de significancia moderada
				Cuencas de la quebrada Alto Chiguayán - pagana - pagana	1	2	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	0	4	4	2	1	10	Baja significancia	-34,5	Impacto negativo de significancia moderada
	Depósito de desmonte Perú	Transferencia directa por Transferencia de agua	Todas las instalaciones	Cuencas de la quebrada Alto Chiguayán - pagana - pagana	1	4	1	4	4	2	1	4	44	Efecto negativo - muy significancia	0	1	0	1	4	15	Alta significancia	-119,0	Impacto negativo de significancia moderada
				Cuencas de la quebrada Chiguayán - pagana - pagana	1	0	1	4	4	2	1	4	44	Efecto negativo - baja significancia	0	0	0	1	2	15	Baja significancia	-51,0	Impacto negativo de significancia moderada
				Cuencas del río Alto Jachiguay	1	4	1	4	4	2	1	4	44	Efecto negativo - baja significancia	0	0	0	2	3	2,5	Significancia moderada	-85,0	Impacto negativo de significancia moderada
				Cuencas de la quebrada Chiguayán - pagana - pagana	1	1	1	4	4	2	1	4	44	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	-13,0	Impacto negativo de significancia muy baja
				Cuencas de la quebrada Chiguayán - pagana - pagana	1	1	1	4	4	2	1	4	44	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	-13,0	Impacto negativo de significancia muy baja
Agua superficial	Mediciones de la calidad de agua superficial	Integración del proyecto por Instalación y Monitoreo de abastecimiento/Monitoreo de las ODS en las ODS en las ODS de Instalación/Operación de material/uso de agua	Instalaciones varias	Cuencas de la quebrada Torontal	1	1	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	-13,0	Impacto negativo de significancia muy baja
				Cuencas de la quebrada Chiguayán	1	1	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	2	4	10	Significancia moderada	-39,0	Impacto negativo de significancia moderada
				Cuencas de la quebrada Alto Chiguayán	1	1	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	2	4	10	Significancia moderada	-39,0	Impacto negativo de significancia moderada
				Cuencas de la quebrada Chiguayán - pagana - pagana	1	1	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	2	5	Baja significancia	15,5	Impacto negativo de significancia muy baja
				Cuencas de la quebrada Chiguayán - pagana - pagana	1	1	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	-10,0	Impacto negativo de significancia muy baja
	Transferencia de agua superficial (Transferencia de agua superficial)	Transferencia y abastecimiento de agua del proyecto por Transferencia de agua/Retro de botanización de agua	Todas las instalaciones	Cuencas de la quebrada Torontal	1	1	1	4	4	2	1	4	44	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	14,0	Impacto negativo de significancia muy baja
				Cuencas de la quebrada Alto Chiguayán	1	1	1	4	4	2	1	4	44	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	14,0	Impacto negativo de significancia muy baja
				Cuencas de la quebrada Chiguayán - pagana - pagana	0	1	1	4	4	2	1	4	40	No impacta	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	0,0	No hay impacto
				Cuencas de la quebrada Alto Chiguayán	1	1	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	2	4	10	Significancia moderada	-42,0	Impacto negativo de significancia moderada
				Cuencas de la quebrada Chiguayán - pagana - pagana	1	1	1	4	4	2	1	4	44	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	-21,0	Impacto negativo de significancia muy baja
Agua subterránea	Mediciones de la calidad de agua subterránea (Medición de agua de captación)	Disponibilidad de agua por Distribución (Red) de suelos orgánicos/Monitoreo de bombas/Obras constructivas de abastecimiento/Operación de bombas/Obras de agua/Transferencia de agua/Transferencia de agua	Instalaciones varias	Cuencas de la quebrada Torontal	1	1	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	-30,0	Impacto negativo de significancia moderada
				Cuencas de la quebrada Alto Chiguayán	1	8	4	2	1	1	4	42	Efecto negativo - significancia moderada	0	0	0	2	2	10	Baja significancia	-84,0	Impacto negativo de significancia moderada	
				Cuencas de la quebrada Chiguayán	1	5	1	2	2	1	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	2	2	10	Baja significancia	-30,0	Impacto negativo de significancia moderada
				Cuencas de la quebrada Alto Chiguayán	1	4	4	2	2	1	1	4	40	Efecto negativo - baja significancia	0	0	0	2	2	10	Baja significancia	-60,0	Impacto negativo de significancia moderada
				Cuencas de la quebrada Chiguayán - pagana - pagana	1	2	1	2	2	1	1	4	40	Efecto negativo - baja significancia	0	0	0	2	2	10	Baja significancia	-60,0	Impacto negativo de significancia moderada
	Mediciones de la calidad de agua subterránea	Transferencia directa por Distribución (Red) de suelos orgánicos/Monitoreo de bombas/Obras constructivas de abastecimiento/Operación de bombas/Obras de agua/Transferencia de agua/Transferencia de agua	Todas las instalaciones	Cuencas de la quebrada Torontal	1	1	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	2	2	0	2	2	15	Baja significancia	-20,8	Impacto negativo de significancia muy baja
				Cuencas de la quebrada Alto Chiguayán	1	1	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	2	2	0	2	2	15	Baja significancia	-20,8	Impacto negativo de significancia muy baja
				Cuencas de la quebrada Chiguayán - pagana - pagana	0	0	0	0	0	0	0	0	40	No impacta	0	2	0	2	2	15	Baja significancia	0,0	No hay impacto
				Cuencas de la quebrada Alto Chiguayán	1	1	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	1	2	0	2	2	15	Baja significancia	-20,8	Impacto negativo de significancia moderada
				Cuencas de la quebrada Chiguayán - pagana - pagana	1	1	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	1	1	0	2	2	15	Baja significancia	-20,8	Impacto negativo de significancia moderada
Mediciones de la calidad de agua subterránea	Transferencia directa por Distribución (Red) de suelos orgánicos/Monitoreo de bombas/Obras constructivas de abastecimiento/Operación de bombas/Obras de agua/Transferencia de agua/Transferencia de agua	Todas las instalaciones	Cuencas de la quebrada Torontal	1	1	1	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - muy baja significancia	1	1	0	2	2	15	Baja significancia	11,5	Impacto negativo de significancia moderada	
			Cuencas de la quebrada Alto Chiguayán	1	8	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - significancia moderada	0	2	0	2	2	15	Baja significancia	14,0	Impacto negativo de significancia moderada		
			Cuencas de la quebrada Chiguayán - pagana - pagana	0	0	0	0	0	0	0	0	40	No impacta	1	1	0	2	2	15	Baja significancia	0,0	No hay impacto	
			Cuencas de la quebrada Alto Chiguayán	1	8	2	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - significancia moderada	2	2	0	2	2	15	Baja significancia	-64,0	Impacto negativo de significancia moderada	
			Cuencas de la quebrada Chiguayán - pagana - pagana	1	8	2	4	4	2	1	4	40	Efecto negativo - significancia moderada	1	2	0	2	2	15	Baja significancia	-64,0	Impacto negativo de significancia moderada	

Notas: ±: carácter; Ma: magnitud; Ex: extensión; Mo: momento; D: duración; R: reversibilidad; A: acumulación; P: periodicidad; / Sn: rareza relativa del receptor a nivel nacional, Sl: rareza relativa del receptor a nivel local, O: objetivos locales, nacionales o internacionales de conservación o preservación, Cr: calidad basal del receptor o componente ambiental, Ic: importancia relativa del componente, en función de los otros componentes.  
Fuente: Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010.

**Tabla 3. Matriz de evaluación de impactos ambientales - etapa de construcción, en lo relativo a aspectos hidrológicos en sentido amplio.**

**Dictamen Pericial Internacional. Componente Hídrico del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto  
Minero Conga (Cajamarca - Perú)**

Categoría	Actividad	Agentes de riesgo generados por actividades significativas	Instalación	Receptor Rec							Significancia del efecto	Significancia del receptor Rec					Significancia del impacto Rec								
				S	M	Ex	Mo	D	R	A		P	Sn	Sl	O	Cr		lc							
Agua superficial	Modificación de la red de drenaje	Ocupación directa por disposición de escombros Disposición de escombros Ocupación de la planta de tratamiento de aguas Cargas de proyecto por disposición de material Operación de las plantas de tratamiento Operación de las instalaciones de almacenamiento	Instalaciones varias	Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	-05	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	2	4	12	Significancia moderada	-20,0			
				Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	-13	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	10	Muy baja significancia	-10,0		
				Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	-13	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	2	4	3,0	Significancia moderada	-30,0		
				Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	-13	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	2	4	3,0	Significancia moderada	-30,0		
				Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	-13	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	2	1,8	Baja significancia	-18,0		
	Variación de la calidad de agua superficial	Instalaciones varias	Institución de agua de proyecto por disposición de escombros Operación de las instalaciones de almacenamiento Operación de las plantas de tratamiento Operación de las instalaciones de almacenamiento	Instalaciones varias	Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	-16	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	1,8	Muy baja significancia	-18,0		
					Cuenca del río Abto Chichayaco	1	2	2	4	4	1	1	1	1	21	Efecto positivo - muy baja significancia	0	0	0	4	3,8	Significancia moderada	38,0		
					Cuenca del río Abto Chichayaco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					Cuenca del río Abto Chichayaco	1	1	1	4	4	1	1	1	1	16	Efecto positivo - muy baja significancia	0	0	0	1	1	1,8	Muy baja significancia	18,0	
					Cuenca del río Abto Chichayaco	1	1	1	4	4	1	1	1	1	16	Efecto positivo - muy baja significancia	0	0	0	2	4	3,8	Significancia moderada	38,0	
Agua subterránea	Alteración de las napas subterráneas	Ocupación directa por disposición de escombros Ocupación directa por disposición de escombros Ocupación directa por disposición de escombros	Tajo Perol Tajo Chichayaco Desvío de desmonte Perol Desvío de desmonte Chichayaco Desvío de desmonte Chichayaco	Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	-8	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	4	2	1,8	Baja significancia	-18,0			
				Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	4	-46	Efecto negativo - significancia moderada	0	0	0	2	2	2,0	Baja significancia	-20,0		
				Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	4	-19	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	2	2	2,0	Baja significancia	-20,0		
				Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	4	-46	Efecto negativo - significancia moderada	0	0	0	2	2	2,0	Baja significancia	-20,0		
				Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	4	-34	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	2	2	2,0	Baja significancia	-20,0		
	Variación de la calidad de agua subterránea	Filtraciones estimadas por Extracción de mineral Filtraciones estimadas por Disposición de escombros Filtraciones estimadas por Disposición de escombros	Tajo Perol Tajo Chichayaco Desvío de desmonte Perol Desvío de desmonte Chichayaco Desvío de desmonte Chichayaco	Tajo Perol Tajo Chichayaco Desvío de desmonte Perol Desvío de desmonte Chichayaco Desvío de desmonte Chichayaco	Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	2	4	4	1	1	4	21	Efecto positivo - muy baja significancia	0	0	0	2	1	2,0	Baja significancia	20,0		
					Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	2	4	4	1	1	4	42	Efecto positivo - significancia moderada	0	0	0	2	2	2,0	Baja significancia	20,0		
					Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	2	2	2	2	1	2	1	4	-20	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	3	2	3,8	Significancia moderada	38,0	
					Cuenca del río Abto Chichayaco	1	2	2	2	2	1	2	1	4	-18	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	3	2	3,5	Significancia moderada	35,0	
					Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	2	2	2	2	1	2	1	4	-20	Efecto negativo - muy baja significancia	0	0	0	3	2	3,5	Significancia moderada	35,0	
Vida acuática	Variación en la disponibilidad y calidad hídrica	Ocupación directa por extracción de mineral Operación de las plantas de tratamiento Operación de las plantas de tratamiento Operación de las plantas de tratamiento Operación de las plantas de tratamiento	Todas las instalaciones	Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	-15	Efecto negativo - muy baja significancia	1	1	0	1	1	1	1	Muy baja significancia	-10,0		
				Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	-13	Efecto negativo - muy baja significancia	2	2	0	2	2	1,8	Baja significancia	-18,0		
				Cuenca del río Abto Chichayaco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	13	Efecto negativo - muy baja significancia	2	2	0	2	2	1,8	Baja significancia	-18,0		
				Cuenca del río Abto Chichayaco	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	-13	Efecto negativo - muy baja significancia	2	2	0	2	2	1,8	Baja significancia	-18,0		

Notas: ±: carácter; Ma: magnitud; Ex: extensión; Mo: momento; D: duración; R: reversibilidad; A: acumulación; P: periodicidad.  
 Sn: rareza relativa del receptor a nivel nacional; Sl: rareza relativa del receptor a nivel local; O: objetivos locales, nacionales o internacionales de conservación o preservación; Cr: calidad basal del receptor o componente ambiental; lc: importancia relativa del componente, en función de los otros componentes.  
 Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

**Tabla 4. Matriz de evaluación de impactos ambientales - etapa de operación, en lo relativo a aspectos hidrológicos en sentido amplio**

## 5.2 Análisis de impactos

### 5.2.1 Aguas superficiales

Como consecuencia de la implantación del proyecto, y de las modificaciones de la red de drenaje superficial que conlleva, se producirían impactos en cuatro lagunas y en cabeceras de las cinco microcuencas. Estos impactos, en lo que al agua se refieren, afectarían tanto a la cantidad como a la calidad (esta última por incremento de sólidos en suspensión y sedimentos, y por generación de aguas ácidas, en ciertas áreas). Para eliminar y/o reducir estos problemas, en el EIA se abordan una serie de actuaciones, que han sido tenidas en cuenta en la evaluación del impacto residual.

Considerando esta situación, las medidas de mitigación incluyen el aporte de caudales base, en las quebradas impactadas, mediante manejo adecuado de tres reservorios específicamente diseñados para esta finalidad, y el tratamiento de las aguas para alcanzar niveles de calidad aceptables, antes de cualquier descarga. En este último caso recomendamos se estudien y experimenten en el futuro, las posibilidades de implantación de métodos pasivos, mediante biotecnologías (creación de *wetlands* o pantanales, tipo lago Titicaca).

### 5.2.2 Aguas subterráneas

El proyecto tendría un potencial para generar impactos en las aguas subterráneas, relacionados principalmente con la variación en los volúmenes de agua infiltrada y/o drenada, y con la modificación de flujos subterráneos, provocados por los conoides de drenaje hacia los tajos excavados, la interceptación de flujos cutáneos por la construcción de presas, y posibilidad de infiltraciones de aguas de mala calidad.

Para conseguir una protección adecuada de las aguas subterráneas, en el entorno, el proyecto contempla medidas de mitigación, que incluyen: liberación de caudales de compensación desde los tres reservorios diseñados para esta finalidad; contención efectiva de filtraciones de aguas de mala calidad (mediante implantación de medidas de ingeniería adecuadas, como las de colocación de geomembranas y la instalación de pozas para colecta de efluentes); tratamiento de las aguas que lo requieran; y gestión adecuada del agua superficial y subterránea, especialmente dentro de los límites del proyecto.

### 5.2.3 Vida acuática

En la etapa de construcción, se anticipa la ocurrencia de impactos sobre la vida acuática, tanto en la calidad como en la disponibilidad de su hábitat. Esto debido, principalmente, a: presencia de material sólido en suspensión y saltación (que pudiera sedimentarse en las quebradas), reducción de bofedales, y transferencia de agua de las lagunas.

En la etapa de operación, el impacto derivaría principalmente de descargas del proyecto y su efecto en las quebradas cercanas. Por ello se ha previsto un plan de manejo, que incluye la gestión planificada de los reservorios construidos, con el objetivo de mitigar los impactos, creando ambientes adecuados para desarrollo de la vida acuática, y aportando los caudales de base necesarios en las quebradas potencialmente impactadas, durante el periodo de estiaje.

## 5.3 Medidas de prevención, control y mitigación

### 5.3.1 Planteamiento

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) del proyecto Conga incluye las medidas de prevención, control y mitigación de impactos, a ser implementadas, frente a los impactos negativos que puedan

ocasionarse, de acuerdo con un programa cuyo principal objetivo es reducir los impactos negativos y maximizar los positivos. Para ello aparecen formulados, en el EIA, cinco planes interrelacionados:

- ↳ **Programa de Prevención y Mitigación**, para evitar o disminuir los impactos ambientales negativos, identificados a partir de la evaluación de impacto ambiental; comprende acciones y recomendaciones para reducir o evitar el efecto adverso de una obra o actividad, sobre algún elemento medioambiental.
- ↳ **Programa de Monitoreo Ambiental**, para el seguimiento en el tiempo, de manera sistemática, de determinados parámetros indicadores del estado medioambiental en el área de influencia del proyecto.
- ↳ **Plan de Respuesta a Emergencias y Contingencias**, para acciones concretas a tomar, en el eventual caso de que se produzca una emergencia, conducentes a reducir los daños al ambiente, comunidades e instalaciones.
- ↳ **Plan de Manejo de Residuos Sólidos**, para un tratamiento integral de residuos, que asegure su adecuada gestión, de acuerdo con los principios de reducción, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud pública, conformes a lo establecido en la legislación vigente.
- ↳ **Plan Conceptual de Control de Erosión y Sedimentos**, para diseñar pautas que eviten o reduzcan la exposición innecesaria de suelos sin protección, mediante las técnicas adecuadas.

### 5.3.2 Mitigación de impactos - Aguas superficiales

#### 5.3.2.1 Planteamiento

Los posibles impactos provocados por la ejecución del proyecto, sobre el agua superficial, se refieren a:

- ↳ Modificación de la red de drenaje y variación de la capacidad de almacenamiento.
- ↳ Variación de la calidad del agua.
- ↳ Variación de la cantidad del agua.

Para ello, en el EIA, se proponen medidas de mitigación, orientadas a la recuperación de los comportamientos ambientales, referidos al ecosistema constituido por lagunas, bofedales y quebradas, incluyendo:

- ↳ Capacidad de almacenamiento y regulación de los nuevos cuerpos de agua lénticos<sup>12</sup>.
- ↳ Control de sedimentos por la vegetación hidromórfica del bofedal.
- ↳ Regulación de flujos de agua del bofedal.

Por otro lado, se destaca que, al mitigar los impactos en términos de cantidad y calidad de agua, desde una perspectiva ambiental, se mitigarían a su vez impactos sociales asociados.

#### 5.3.2.2 Medidas por modificación de red de drenaje y variación de capacidad de regulación

De acuerdo con los planes de manejo, considerados en el EIA, los objetivos de estas medidas serían:

<sup>12</sup> Ambientes lénticos son cuerpos de agua cerrados, en los que no corre ni fluye el agua; por lo general tienen poca profundidad y poca variación de temperatura.

- ↳ Reducir la cantidad de agua de contacto (que es la que requiere tratamiento específico), interceptando y desviando las aguas superficiales sin contacto, antes de su ingreso al área de influencia, o de su mezcla con agua de contacto.
- ↳ Reducir la generación de sedimentos en sus fuentes, implementando las mejores prácticas disponibles, durante las etapas de construcción y operación, y recuperando activamente el área del proyecto durante la etapa de operación y en la de cierre.
- ↳ Colectar y manejar el agua de contacto, canalizando la escorrentía y drenaje procedente de instalaciones del proyecto, y derivándola a la planta de tratamiento de aguas ácidas o a las instalaciones del proyecto que puedan utilizar estas aguas.
- ↳ Colectar y manejar el agua de no contacto, para su aporte a los reservorios de regulación proyectados.

Para ello el proyecto incluye:

- ↳ Estructuras de derivación de aguas. Mediante derivaciones, para evitar que las aguas de contacto (las que entran en contacto con rocas reactivas) se mezclen con las aguas naturales no afectadas en su calidad.
- ↳ Reservorios para acumulación y suministro de agua. El agua temporalmente almacenada en estas infraestructuras serviría para compensar afecciones a suministros de agua, y al caudal de base en el estiaje.

Teniendo en cuenta la importancia socioeconómica que tiene el agua en la zona, en el EIA se indica que uno de los objetivos, en el diseño de reservorios para almacenamiento de agua, ha sido el mitigar, de manera eficiente, los potenciales impactos hidrológico-ambientales negativos del proyecto. En todo caso, añadimos, se hace necesario establecer de manera fehaciente las afecciones reales, evitando las expectativas despertadas de "agua para todos", afectados o no afectados, que ni son lógicas ni son posibles.

Para ello, se construirían reservorios, para compensar la pérdida de las lagunas Perol, Mala, Azul y Chica y la parte correspondiente a aportaciones a la escorrentía superficial, en el estiaje, que es cuando realmente se plantea el problema de escasez de agua.

La capacidad de almacenamiento estimada de las lagunas afectadas por el proyecto, y la capacidad de almacenamiento estimada en los reservorios a construir, así como las estrategias de gestión hídrica de estos reservorios se expresa en la Tabla 5. La idea es acumular agua durante la temporada húmeda, para disponer de ella en la temporada seca, de forma que se asegure el aprovisionamiento de agua necesaria para reponer caudales de base perdidos (estiaje), y compensar afecciones constatadas a usuarios, como consecuencia de las actuaciones ligadas al proyecto. Lo que sería una utopía es pensar que, con estas estructuras, se podría suministrar agua a todos los que acusen el estiaje natural, sin relación con afecciones motivadas por el proyecto.

Esta disponibilidad, para compensaciones, realmente se centra en los reservorios Perol, Chailhuagón e Inferior, que suman una capacidad de 3.230.000 m<sup>3</sup> (Tabla 5), frente a la capacidad actual de las lagunas Perol, Chica, Mala y Chailhuagón, con 2.600.000 m<sup>3</sup>, capacidades que realmente no están disponibles, ya que su disponibilidad actual supondría bombear agua desde las lagunas.

El reservorio Superior (7.600.000 m<sup>3</sup>), constituiría la principal fuente de agua para atender a las necesidades del proyecto pero, al final de su vida, quedaría disponible, y podría contribuir a regular las aportaciones a la red hidrográfica, atendiendo a los usos más convenientes, de acuerdo a las necesidades futuras en el área.

Laguna original	Capacidad (m <sup>3</sup> ) <sup>13</sup>	Reservorio	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Tipo de modificación
Perol	800.000	Perol	800.000	Transferencia
Chica	100.000 <sup>14</sup>	Superior	7.600.000	Transferencia
Azul	400.000			Transferencia
Mala	100.000	Chailhuagón	1.430.000	Transferencia / Incremento de capacidad
Chailhuagón	1.200.000			
		Inferior	1.000.000	Embalse de escorrentías
Total	2.600.000		10.830.000	

Fuente: Knight Piesold Consulting. Febrero de 2010

Tabla 5. Capacidades de almacenamiento, actuales y futuras, de los cuerpos de agua lénticos como consecuencia de la implantación del proyecto Conga.

### 5.3.2.3 Medidas por variación de calidad del agua superficial

En el EIA se indica que, para prevenir las afecciones a la calidad del agua superficial, se prevén una serie de medidas integradas en el proyecto, orientadas a:

- ↳ Construcción de infraestructuras de tratamiento de las aguas, de acuerdo a los requerimientos (se trata fundamentalmente de una planta de tratamiento de aguas ácidas).
- ↳ Tratamiento de escorrentías para reducir el contenido de sólidos en suspensión.

Estas medidas, para cada una de las microcuencas involucradas, serían las siguientes:

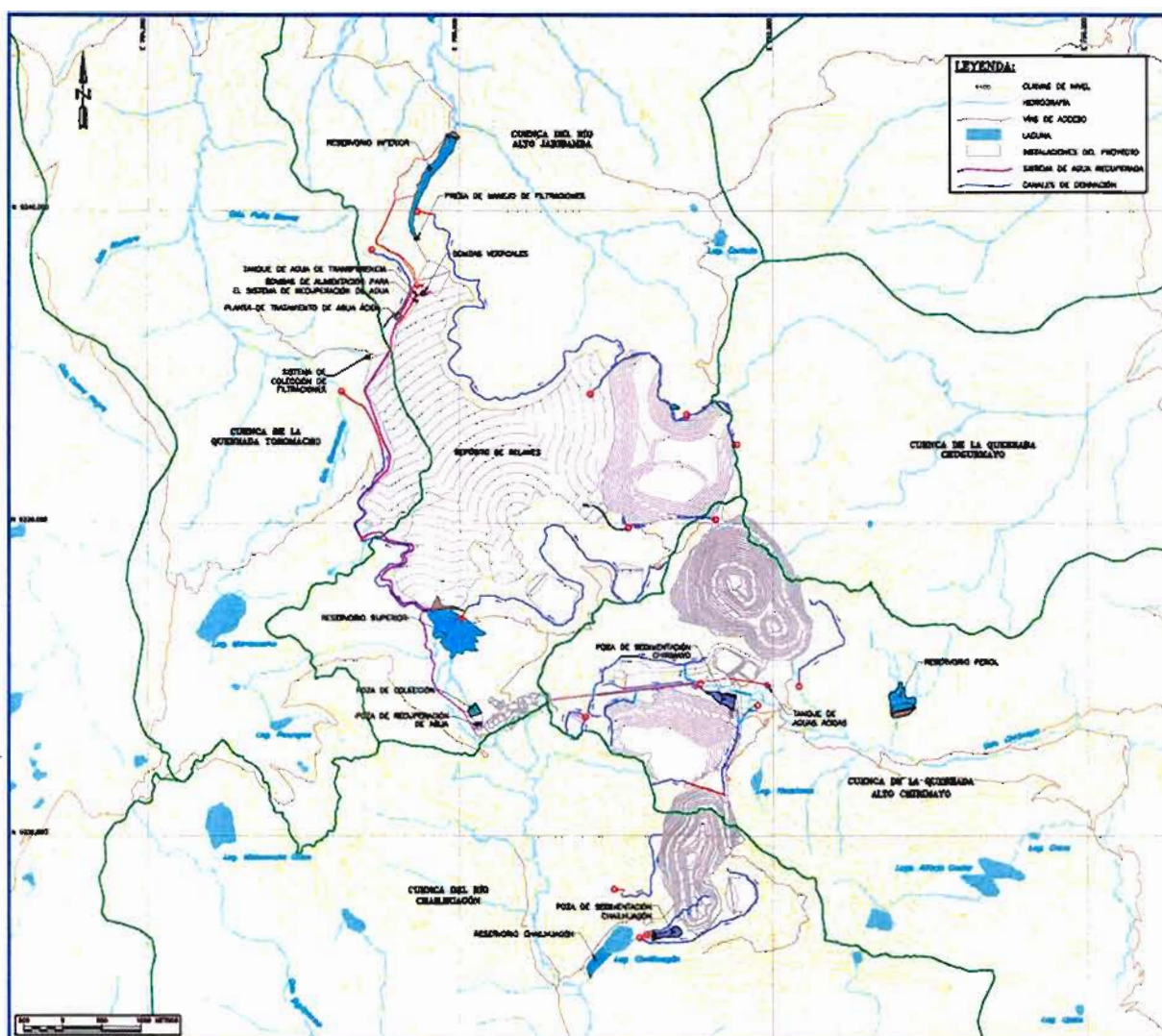
- ↳ Plan de manejo de sedimentos en las cuencas del río Alto Jadibamba y de la quebrada Toromacho. Los sedimentos serían retenidos en el depósito de relaves, o almacenados en la presa Principal de relaves, o en la presa Toromacho.
- ↳ Plan de manejo de sedimentos en la cuenca de la quebrada Alto Chirimayo. Los sedimentos en esta cuenca serían retenidos principalmente en la poza de sedimentación Chirimayo.
- ↳ Plan de manejo de sedimentos en la cuenca del río Chailhuagón. Los sedimentos en esta cuenca serían retenidos principalmente en la poza de sedimentación Chailhuagón.
- ↳ Planta de tratamiento de aguas ácidas. Las características del agua almacenada en el depósito de relaves (agua de contacto con material del depósito de desmonte Perol y del depósito de relaves), no permitirían una descarga de esta agua a la escorrentía superficial, por lo que en el proyecto se contempla la construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas ácidas, que seguiría activa el tiempo que fuese necesario, hasta que se restituya la calidad de estas escorrentías (entendemos que debería analizarse la deposición subacuática de los relaves, y la implantación de tratamientos pasivos para estas aguas, evitando así los problemas a largo plazo, de manera autosustentable).

<sup>13</sup> Se indica que son valores estimados, y que la capacidad de almacenamiento podría ser algo menor, debido a fluctuaciones derivadas de la variabilidad de precipitaciones y descargas.

<sup>14</sup> Se indica que se ha considerado un volumen de 100.000 m<sup>3</sup>, para las lagunas Mala y Chica, que representaría una estimación conservadora.

### 5.3.2.4 Medidas por variación de cantidad de agua superficial

Como consecuencia del emplazamiento y operación del proyecto Conga, se producirían cambios asociados a variaciones de la cantidad de agua superficial disponible. Para mitigar estos efectos en el EIA se menciona un conjunto de medidas, asociadas a reservorios a construir (Figura 35).



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 35. Localización de los reservorios de regulación proyectados.

- ↳ Reservorio Inferior (capacidad de almacenamiento de  $1,0 \text{ Mm}^3$ ). Su agua se destinaría exclusivamente a mitigar impactos potenciales en los caudales de base de la microcuenca (época de estiaje), y a compensar a usuarios actuales que pudieran verse afectados.
- ↳ Reservorio Perol (capacidad de almacenamiento de  $0,8 \text{ Mm}^3$ ). Su agua se utilizaría exclusivamente para mitigar impactos potenciales en los caudales de base de la microcuenca, y para compensar a usuarios actuales que pudieran verse afectados.



- ↳ Reservoirio Chailhuagón (capacidad de almacenamiento de 1,43 Mm<sup>3</sup>). Su agua se utilizaría exclusivamente para mitigar impactos potenciales en los caudales de base de la microcuenca, y para compensar a usuarios actuales que pudieran verse afectados.
- ↳ Reservoirio Superior (capacidad de almacenamiento de 7,6 Mm<sup>3</sup>) Se ubicaría en la parte superior de la microcuenca del río Alto Jadibamba, y aunque su función principal sería la de aportar agua fresca a las instalaciones de procesamiento y agua potable para la mina y la planta, atendería también a mitigar impactos potenciales en los caudales de base de la microcuenca de la quebrada Toromacho, y a compensar a usuarios actuales que pudieran verse afectados.

En cuanto a los caudales a descargar, de cada uno de estos reservorios, para mitigar impactos potenciales referentes a variación en la cantidad de agua, éstos han sido establecidos en función a la reducción de los correspondientes caudales de base, en las diferentes microcuencas del ámbito de influencia, durante el estiaje. Estimación que se ha efectuado mediante el modelo HFAM, calibrado con los resultados del control, y validado mediante el modelo hidrogeológico MODFLOW. Este aspecto es analizando a fondo en el capítulo 8 de este Dictamen.

### **5.3.3 Mitigación de impactos - Aguas subterráneas**

#### **5.3.3.1 Medidas por alteración de flujos subterráneos**

La componente de aguas subterráneas, en el área de estudio, es muy limitada, especialmente en el estiaje, cuando los suelos húmicos y los bofedales pierden su humedad por evapotranspiración, y el sistema acuífero cutáneo se deseca.

En estas condiciones los flujos acuíferos afectados se concentran en las estrechas bandas aluviales superficiales; por ello, en el EIA, la estrategia en la mitigación de impactos, a este subcomponente, se integra en el esquema de manejo de impactos al agua superficial, a través de las medidas compensatorias descritas, basadas en el manejo de los cuatro reservorios a construir.

Localmente este peritaje recomienda la posibilidad de implantar sistemas de "siembra y cosecha de aguas", mediante amunas, nacidas de la experiencia popular, de las que se tiene buena experiencia en Perú y, por supuesto, en muchos regadíos de montaña, en diferentes países del mundo.

#### **5.3.3.2 Medidas por variación de calidad del agua subterránea**

Las actuaciones e infraestructuras del proyecto han sido concebido para que, mediante un adecuado manejo del agua superficial, se reduzca la posibilidad de afección a la calidad de las aguas subterráneas, impermeabilizando la base del depósito de relaves, mediante la correspondiente colocación de geomembrana (que, añadimos, deberá estar acompañada del correspondiente geotextil de protección), y reduciendo la cantidad de aguas de contacto, que serán dirigidas a la planta de tratamiento de aguas ácidas.

De esta manera se minimiza y/o evita el riesgo de que las aguas de contacto afecten a los recursos hídricos subterráneos.

Estos compromisos tienen que quedar perfectamente asumidos y controlados, con el diseño de adecuados circuitos de recogida y tratamiento, mantenidos tanto tiempo como se considere necesario.

De manera específica, en el EIA se reseñan una serie de actuaciones, que vamos a resumir y, en su caso, a completar.

##### ***Depósito de relaves (presa Principal y presa Toromacho)***

Para reducir posibles fugas o filtraciones se implementarían las siguientes actuaciones, para un control adecuado de las filtraciones:

- ↳ Construcción de las presas con núcleo central de arcilla, con el adecuado coeficiente de permeabilidad, y un tratamiento complementario de inyecciones, en el lecho de roca subyacente, para el cuerpo de la presa Principal y la presa Toromacho.
- ↳ Colocación de una capa de suelo con conductividad hidráulica de  $1 \times 10^{-6}$  cm/s o menor, y espesor adecuado, con sistema de drenaje (para inhibir la carga hidráulica de los relaves), sobre la que se depositarán los relaves.
- ↳ Disposición de capa de arcilla, geotextil y geomembrana, como base del depósito de relaves, en los lugares en los que se localicen fallas, que pudieran constituir vías privilegiadas de flujos subterráneos hacia el exterior.
- ↳ Implantación del adecuado sistema de colección de filtraciones, para las dos presas proyectadas, ya que, si bien se han diseñado para reducir las filtraciones, la probabilidad de que éstas existan no es nula, por lo que se complementaría con un sistema de intercepción y bombeo a la planta de tratamiento de aguas ácidas, durante el tiempo que se considere necesario.

#### *Depósito de desmonte Perol*

En el caso particular del depósito de desmonte Perol proyectado, se dispondrían tuberías de subdrenaje, antes de iniciar la colocación del desmonte, para captar las filtraciones y conducir las hacia el depósito de relaves (y específicamente a la piscina de sobrenadantes), por flujo gravitatorio.

Dada la naturaleza carbonatada de las rocas que se encuentran al Noreste de esta instalación, se han propuesto las siguientes actuaciones:

- ↳ Pozos colectores de filtraciones colocados en el sector Noreste del depósito de desmonte Perol.
- ↳ Recubrimiento impermeabilizante del área que presente posibilidad de filtraciones.
- ↳ Configuraciones de drenaje alternativas, que desvíen las infiltraciones que se dirigen hacia el Este del depósito de desmonte Perol

Pero lo más importante, a destacar, es la incorporación reciente de una actuación de mejora del recubrimiento de la pila de desmonte, que forma parte del diseño contemplado en el Plan de Cierre final, elaborado por SVS Ingenieros, y entregado al MINEM en octubre del 2011, y del cual extraemos la siguiente información, referente a esa cobertura.

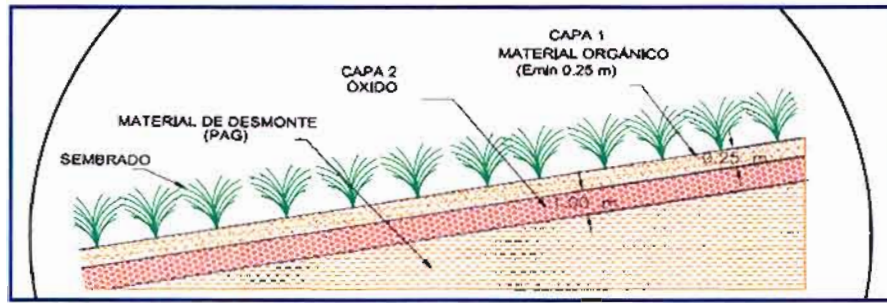
Como el depósito de desmonte Perol sería generador de drenaje ácido, para el cierre se ha considerado la instalación de una cobertura de suelo y revegetación, para reducir la infiltración y, por tanto, la generación de aguas ácidas (aguas de contacto). Todo ello sin obviar la captación de las filtraciones y la escorrentía superficial, y su conducción hacia la poza de recuperación del depósito de relaves, para su posterior pase a la planta de tratamiento de aguas ácidas, previamente a su descarga al ambiente.

Para abordar el tema de la reducción de las tasas de infiltración se ha realizado un modelo, aplicando el software Visual HELP, desarrollado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los EEUU), ampliamente aceptado para este tipo de aplicaciones. Y, para realizar análisis comparativos, se ha simulado una cobertura de suelo sobre él, cuyo análisis fue desarrollado por Knight Piésold (2010), en el diseño de este depósito de desmonte.

La cobertura analizada consta de las siguientes capas (Figura 36):

- ↳ Capa 1: estrato superior conformado por suelo orgánico, para el sembrado de las especies a revegetar, con un espesor mínimo de 0,30 m.
- ↳ Capa 2: estrato intermedio formado por material granular inerte, con espesor mínimo de 1 m, depositado sobre el material de desmonte.

El resultado alcanzado con el modelo, como consecuencia de utilizar esta cobertura, sobre el depósito de desmonte Perol, daría lugar a una reducción de la infiltración del orden del 20%, respecto al escenario de no considerar dicha cobertura.



Fuente: SVS, 2011.

Figura 36. Cobertura a aplicar al depósito de desmonte Perol.

La revegetación de la cobertura, de este depósito de desmonte Perol, aportaría otra serie de beneficios, en los que el agua no es ajena, y de los que se pueden destacar los siguientes:

- ↳ Rehabilitación de pastizales utilizados por el ganado local.
- ↳ Minimización de fuentes de erosión en sectores en los que se produzca alguna afección.
- ↳ Rehabilitación de sectores afectados mediante la siembra de especies arbustivas y herbáceas nativas, de crecimiento rápido.

Para ello se requeriría naturalizar y perfilar el terreno, colocando a continuación una capa de material granular inerte, y sobre ella la capa de suelo orgánico, para terminar con la siembra y trasplante de las especies elegidas.

En esta etapa final sería necesario combinar la siembra con una o más prácticas de estabilización del suelo, para asegurar su adecuada protección contra la erosión hídrica y eólica, durante los primeros estadios de crecimiento. La estabilización del suelo debe estar precedida por una labor de perfilado y naturalización, con apoyo de vegetación adecuada y de fertilizantes idóneos, de acuerdo con los resultados de la caracterización de suelos y del Plan de Manejo Ambiental.

#### Depósito de desmonte Chailhuagón

En el EIA se indica que, considerando las características geoquímicas de los materiales litológicos de este depósito (con abundancia de rocas carbonatadas, que podrían actuar con un efecto tampón), no se espera que las filtraciones del mismo comprometan la calidad de las aguas subterráneas. Igualmente se indica que no se espera que el agua drenada del tajo Chailhuagón presente características químicas que supongan un riesgo para las aguas subterráneas. En todo caso entendemos que esta previsión no excluye en absoluto la posibilidad de formación de aguas ácidas, neutralizadas por los carbonatos, que requerirían instalaciones para su tratamiento, entre las que aquí podrían tener cabida los métodos pasivos, mediante pantanales (*wetlands*).

Se indica que, no obstante estas circunstancias favorables, para el manejo de aguas, se colocarían tuberías de subdrenaje, para captar las filtraciones y descargarlas a la poza de sedimentación Chailhuagón.

### 5.3.4 Mitigación de impactos – Bofedales

Aunque en el EIA los bofedales se integran en el capítulo de flora y vegetación, estos sectores desempeñan también una función hídrica, por su estrecha relación con el sistema temporal de aguas cutáneas (o hipodérmicas), que requiere ser tenida en consideración. Por supuesto quedan fuera de nuestras consideraciones las consideraciones no estrictamente hídricas.

En el EIA se indica que, debido a la implantación del proyecto, se perderían aproximadamente 103 ha de bofedales que, en su función hídrica, y como receptores de sedimentos, requieren poner en práctica medidas compensatorias en el contexto de las aguas superficiales.

Igualmente se indica, en el EIA, que la pérdida de bofedales sería compensada mediante el establecimiento de un humedal, en el área de emplazamiento del depósito de relaves, en la etapa de cierre. Nosotros proponemos que se estudie la posibilidad de deposición subacuática de los relaves, que proporcionaría un humedal y la posibilidad de creación de bofedales en su periferia, además de muchos otros beneficios ambientales.

Por otra parte, el adecuado manejo de la deposición subacuática permitiría conseguir un agua sobrenadante de calidad adecuada, para la implantación de un humedal, con sus ventajas asociadas, evitando la reactividad de los relaves. Por otra parte el humedal permitiría reducir, de forma sensible, el costo ambiental del depósito de relaves, y acortaría el periodo de tratamiento de efluentes y filtraciones. En todo caso este humedal debe diseñarse con las tecnologías adecuadas, para obtener todos los beneficios derivados, especialmente los referidos a la calidad de las aguas.

Adicionalmente, el agua del reservorio Superior podría ser utilizada, si fuese necesario, durante la temporada de estiaje, para mantener los relaves bajo agua en la situación de post-cierre.

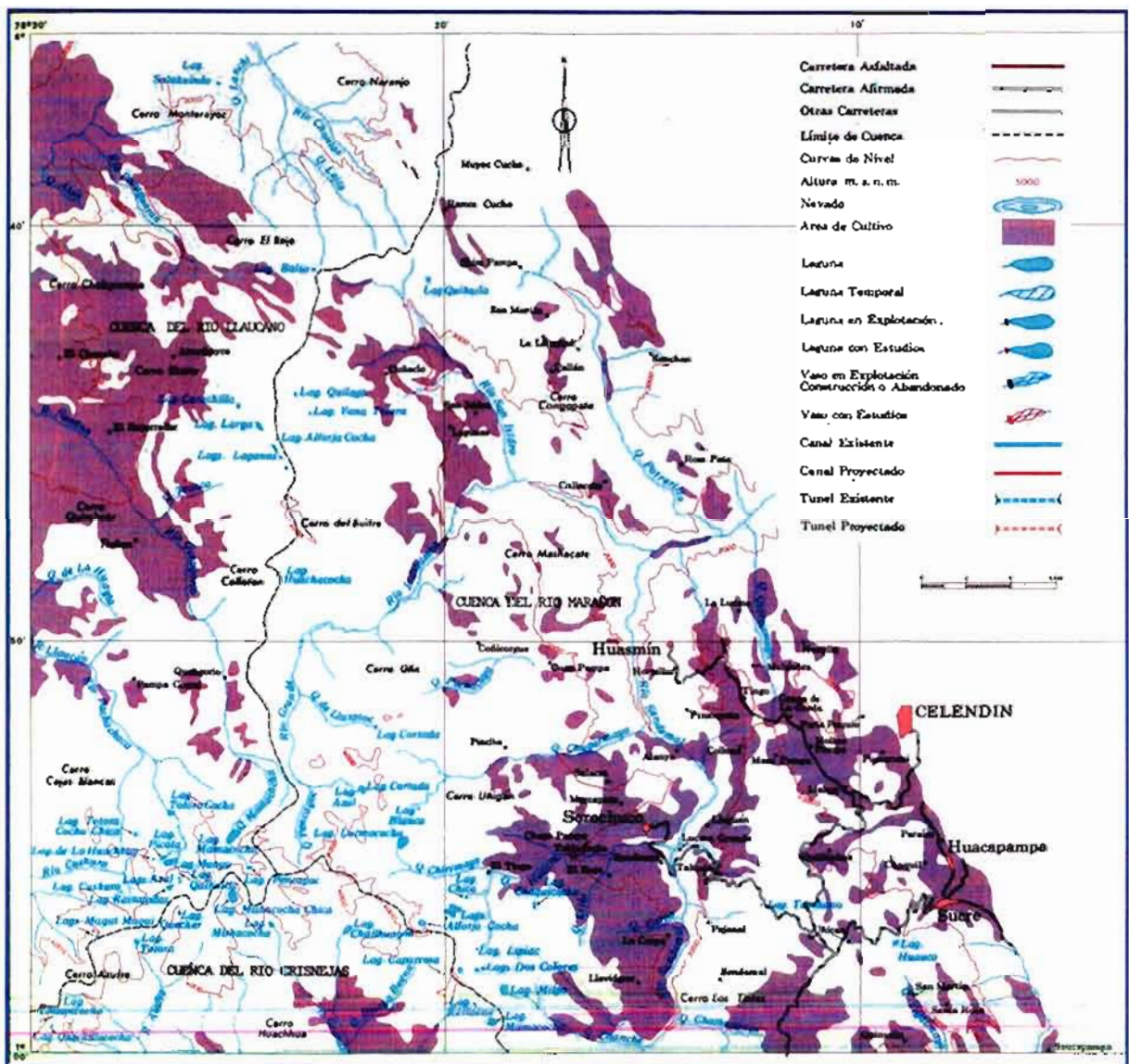
Finalmente proponemos que se desarrolle una política de estudio de los bofedales, en áreas próximas, para poner a punto, en ellos, las mejores prácticas conservacionistas y de recuperación de los mismos. En este sentido el proyecto debería generar una investigación aplicada que proporcionase información valiosa, aplicable a los muy numerosos bofedales y lagunas del entorno (Figura 37), y en general de los Andes peruanos.

### 5.3.5 Mitigación de impactos – Revegetación

En la etapa de cierre final, y con el fin de recuperar las tierras, en las áreas perturbadas, está previsto restablecer la vegetación, a excepción de los caminos que permanecerían operativos durante el post-cierre, y los taludes de los tajos Perol y Chailhuagón. Estas actividades de revegetación requerirían de la preparación de la tierra, para que pueda albergar la vegetación de la manera más adecuada y, de manera concreta, incluirían:

- ↳ Nivelación, para proporcionar una superficie estable que resista la erosión, a lo que añadiríamos "naturalización morfológica", acorde con el entorno natural.
- ↳ Escarificado de caminos y zonas de tráfico, para descompactar los suelos.
- ↳ Colocación de un estrato intermedio de material inerte y alta permeabilidad, formado por material granular con espesor no menor de 1 m.
- ↳ Colocación de suelo orgánico, con espesor no menor de 0,30 m, para el sembrado de las especies a revegetar.
- ↳ Siembra de una mezcla de semillas de plantas que se adapten a las condiciones edáficas y climáticas de la zona, sean auto-sostenibles y sean autóctonas. En el EIA se prevé utilizar una mezcla de siembra manual de pastos nativos y trasplante de arbustos (ichu nativo (*Calamagrostis sp.*) y queñuales (*Polylepisracemosa*)).

Aquí tendrían utilización los suelos orgánicos y, por supuesto, los materiales húmicos procedentes del bofedal próximo al tajo Perol.



Fuente: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Inventario Nacional de Lagunas y Represamientos Hoja Celendin 14g.

Figura 37. Lagunas y áreas de cultivo en un amplio entorno al proyecto Conga.

## 6 PROGRAMA DE CONTROL AMBIENTAL

### 6.1 Planteamiento

En el EIA se incluye un *Programa de Control Ambiental*, para el proyecto, que sería ejecutado antes y durante la etapa de construcción, así como durante las etapas de operación y cierre del proyecto. El control post-cierre, se presenta en el *Plan de Cierre Conceptual*.

El propósito de este programa es realizar el seguimiento de los parámetros identificados como potencialmente afectables, por las actividades inherentes al proyecto. Es así que los resultados de este programa se utilizarían para medir la efectividad del *Plan de Manejo Ambiental*, el cual se implantaría en un proceso adaptativo, apoyado en la evaluación periódica, en el que se aplicarían las modificaciones necesarias para incrementar su efectividad, y para tener en consideración posibles cambios en la legislación, y en la sensibilidad ambiental de los parámetros.

La implantación del Programa de Control Ambiental proporcionaría, igualmente, información requerida para disponer de una base de datos ambientales, de las actividades de desarrollo del proyecto. Base que sería herramienta fundamental para organizar y sistematizar la información obtenida, así como para elaborar informes a ser presentados a las autoridades y a otras instancias. En este sentido, tras la colecta de datos, se realizaría su análisis, y se generaría la información adecuada, básica para aplicar las modificaciones aconsejables, y apoyo valioso para la gestión ambiental del proyecto, e hídrica en el caso que nos ocupa.

En el EIA se indica que este programa estaría estrechamente incardinado a un Centro de Interpretación, responsable de generar la base de datos, realizar su sistematización y proporcionar información destinada a la toma de decisiones.

Debido a que el programa se ha concebido antes del inicio del proyecto, es indudable que se requerirán actualizaciones periódicas, para incluir modificaciones que pueden referirse a: ubicación de estaciones de control, selección de parámetros a registrar, frecuencias de muestreo a aplicar, protocolos a elaborar, manejo de información a difundir, etc.

### 6.2 Objetivos y alcances

En el EIA se indican, como objetivos del Programa de Control Ambiental, los siguientes:

- ↳ Conocer los efectos reales, a escala espacial y temporal, ocasionados por las actividades del proyecto, a través de mediciones de parámetros ambientales relevantes.
- ↳ Verificar la efectividad de las medidas de prevención, mitigación y control propuestas.
- ↳ Verificar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables y de los compromisos asumidos por la empresa.
- ↳ Detectar de manera temprana cualquier efecto no previsto y no deseado, de modo que sea posible controlarlo, adoptando medidas o acciones apropiadas.

En lo que se refiere a la componente hídrica, destacaríamos, del programa de control, los aspectos relativos a:

- ↳ Meteorología.
- ↳ Agua superficial.
- ↳ Agua subterránea.
- ↳ Vida acuática.

Para cada uno de estos componentes, el Programa de Control Ambiental incluye los siguientes alcances:

- ↳ **Aspectos:** proporcionan información del subcomponente, en relación a su importancia para el proyecto.
- ↳ **Parámetros:** en temas hídricos corresponden a variables físicas, químicas o biológicas, medidas y registradas para caracterizar el estado y evolución de los subcomponentes ambientales.
- ↳ **Normas ambientales o criterios:** indican los límites y estándares establecidos, en las normas técnicas, guías ambientales o protocolos correspondientes, que se utilizarían para comparar con los resultados del control. De no existir regulaciones nacionales, se aplicarían criterios que tengan como referencia los estudios de base del proyecto, o los criterios internacionales que se consideren necesarios.
- ↳ **Estaciones de control:** corresponden a los lugares de medición y control de los diferentes parámetros seleccionados, para cada subcomponente ambiental.
- ↳ **Metodología:** se refiere a la metodología de medición, recolección de datos y análisis de la información.
- ↳ **Frecuencia:** se refiere a la periodicidad con que se efectuarían las mediciones, se recolectarían las muestras y/o se analizaría cada parámetro.
- ↳ **Manejo de la información e informes:** se refiere a la metodología y frecuencia con la que se prepararían los informes.

### 6.3 Componentes hídricos a evaluar

En la Tabla 6 se identifican los componentes hídricos ambientales a evaluar, y se detallan los parámetros a registrar, así como la ubicación de los puntos de control.

En el EIA se resalta que, mediante la restitución de los caudales o volúmenes de agua afectados, a partir del agua almacenada en los reservorios a construir, se mitigarían los impactos provocados por el proyecto en los componentes hídricos. Sería el caso fundamentalmente de infraestructuras que faciliten el aprovechamiento de aguas superficiales, como reservorios, canales, acequias u otros sistemas hidráulicos.

Por tanto, dado que la efectividad de las medidas planteadas, está asociada a la ejecución de las actuaciones de mitigación previstas, a través de los componentes de agua superficial y subterránea, y el seguimiento de la respuesta en manantiales y canales. Estas actuaciones se deben integrar en el *Plan de Monitoreo Participativo Ambiental Social* (PMPAS), u otra herramienta adecuada de seguimiento, acordada con las autoridades y la población.

Componente	Parámetros	Estaciones de control
Clima y meteorología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Precipitación</li> <li>- Temperatura del aire</li> <li>- Presión barométrica</li> <li>- Humedad relativa</li> <li>- Evaporación</li> <li>- Velocidad y dirección del viento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estación Old Minas Conga: Coordenadas UTM 9.230.902 N y 790.608 E.</li> <li>- Estación New Minas Conga: Coordenadas UTM 9.234.970 N y 790.063 E</li> </ul>
Agua superficial (lagunas, quebradas y ríos)	<p><i>Calidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH</li> <li>- Temperatura</li> <li>- Oxígeno disuelto</li> <li>- Conductividad eléctrica</li> <li>- Sólidos totales en suspensión (SST)</li> <li>- Dureza total</li> <li>- Nitratos, nitritos, fosfatos y sulfatos</li> <li>- Sulfuros</li> <li>- Metales totales (Ag, As, B, Ba, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn)</li> <li>- Aceites y grasas</li> <li>- Cianuro</li> <li>- Xantatos</li> <li>- Cromo VI</li> <li>- DBO y DQO</li> <li>- Coliformes totales y fecales</li> </ul> <p><i>Caudales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal en los cuerpos de agua lóticos</li> <li>- Nivel de agua en los cuerpos de agua lénticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MC-52: Microcuenca de la quebrada Chugurmayo (9.237.134 N; 794.269 E)</li> <li>- MC-06: Microcuenca de la quebrada Alto Chirimayo (9.232.937 N; 793.881 E)</li> <li>- MC-09: Microcuenca de la quebrada Alto Chirimayo (9.233.628 N; 792.120 E)</li> <li>- MC-L-HUA-1: Microcuenca de la quebrada Alto Chirimayo (9.232.698 N; 791.772 E)</li> <li>- MC-02: Microcuenca del río Chailhuagón (9.229.593 N; 789.698 E)</li> <li>- PCHA-1: Microcuenca del río Chailhuagón (9.230.391 N; 789.075 E)</li> <li>- MC-11: Microcuenca del río Alto Jadibamba (9.241.362 N; 787.915 E)</li> <li>- MC-12: Microcuenca del río Alto Jadibamba (9.241.073 N; 788.066 E)</li> <li>- MC-21: Microcuenca de la quebrada Toromacho (9.238.066 N; 785.943 E)</li> <li>- MC-22: Microcuenca de la quebrada Toromacho (9.238.085 N; 786.118 E)</li> </ul>
Aguas superficiales (instalaciones del proyecto)	<p><i>En todas las instalaciones del proyecto:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH</li> <li>- Temperatura</li> <li>- Oxígeno disuelto</li> <li>- Conductividad eléctrica</li> </ul> <p><i>En los reservorios Superior, Inferior, Perol y Chailhuagón</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólidos totales en suspensión (STS)</li> <li>- Dureza total</li> <li>- Nitratos, nitritos, fosfatos y sulfatos</li> <li>- Sulfuros</li> <li>- Metales totales (Ag, As, B, Ba, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn)</li> <li>- Aceites y grasas</li> <li>- Cianuro</li> <li>- Xantatos</li> <li>- Cromo VI</li> <li>- DBO y DQO</li> <li>- Coliformes totales y fecales</li> </ul> <p><i>En la planta de tratamiento de aguas ácidas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólidos totales en suspensión (SST)</li> <li>- Metales totales (Ag, As, B, Ba, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn)</li> <li>- Cromo VI U</li> </ul> <p><i>En las pozas de sedimentación Chirimayo y Chailhuagón:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólidos totales en suspensión (SST)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reservorios Superior, Inferior, Perol y Chailhuagón</li> <li>- Planta de tratamiento de aguas ácidas</li> <li>- Pozas de sedimentación Chirimayo y Chailhuagón</li> </ul>



<p>Aguas subterráneas</p>	<p><b>Calidad de agua subterránea</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH</li> <li>- Temperatura</li> <li>- Oxígeno disuelto</li> <li>- Conductividad eléctrica</li> <li>- Sólidos totales en suspensión (STS)</li> <li>- Dureza total</li> <li>- Nitratos, nitritos, fosfatos y sulfatos</li> <li>- Sulfuros</li> <li>- Metales totales (As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Zn, Hg, Ba, B, Co, Li, Mg, y Ag)</li> <li>- Aceites y grasas</li> <li>- Cianuro</li> <li>- Xantatos</li> <li>- Cromo VI</li> <li>- DBO y DQO</li> <li>- Coliformes totales y fecales</li> </ul> <p><b>Caudales y niveles de agua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal en los manantiales</li> <li>- Nivel en los pozos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- WQC-001: Microcuenca de la quebrada Chugurmayo (9.236.130 N; 793.540 E)</li> <li>- MW-02/A/B: Microcuenca de la quebrada Alto Chirimayo (9.233.726 N; 792.059 E)</li> <li>- GMW-CH: Microcuenca del río Chailhuagón (9.230.755 N; 790.280 E)</li> <li>- WQC-002: Microcuenca del río Alto Jadibamba (9.241.066 N; 787.847 E)</li> <li>- WQC-003: Microcuenca del río Alto Jadibamba (9.239.254 N; 787.500 E)</li> <li>- GMW-TO-01: Microcuenca de la quebrada Toromacho (9.238.140 N; 786.777 E)</li> </ul>
---------------------------	--	--

Fuente: Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010.

**Tabla 6. Resumen del Programa de Control Ambiental.**

En la Tabla 6, y en lo que se refiere a aguas subterráneas, hemos añadido el control de caudales de manantiales y niveles de pozos.

## 7 PLAN DE CIERRE CONCEPTUAL

### 7.1 Punto de partida

De acuerdo con el artículo 9° del *Reglamento para el Cierre de Minas* (D.S. N° 033-2005-EM), en el Estudio de Impacto Ambiental sólo se requiere la inclusión de un *Plan de Cierre de Minas* a nivel conceptual, y así se presenta para este proyecto Conga, en la documentación que nos ha sido facilitada.

No obstante, sugerimos que, para lograr las mejores condiciones hidrológicas, en la etapa de cierre y post-cierre, es muy conveniente definir con la máxima precisión, desde el inicio, las condiciones de actuación. Esto permitiría que cada operación se realice con su planteamiento de futuro, y el empleo de las mejores técnicas y garantías requeridas, para conseguir los mejores resultados a medio y largo plazo. Todo ello sin olvidar la importancia que tiene disponer de esta planificación, para acomodar a ella todas las actuaciones, y la conveniencia de revisar el Plan de Cierre cada tres o cuatro años, para adaptarlo a nuevas circunstancias y situaciones.

Es así que se podrán conseguir los mejores resultados, en cuanto al manejo de las aguas, de acuerdo con la utilización eficiente de las instalaciones de almacenamiento y regulación de agua (reservorios proyectados), construidas para garantizar los caudales mínimos de estiaje a aportar a las correspondientes microcuencas, y a compensar posibles afecciones causadas por el proyecto.

Con respecto a las instalaciones activas o pasivas de tratamiento de las aguas, éstas deberían mantenerse operativas, hasta que se alcance la calidad requerida, o se llegue a un funcionamiento consolidado del régimen de biotratamiento pasivo, sin requerimiento de mantenimiento. Para eso la empresa minera deberá constituir las garantías que exige la normativa legal (ver apartado 5.1 de este Dictamen).

En las indicadas condiciones de provisionalidad de un Plan de Cierre de Mina conceptual, vamos a repasar las principales actuaciones propuestas que, en todo caso, van a ser objeto de revisión al elaborar el Plan de Cierre integral del proyecto

### 7.2 Cierre progresivo

Según el Plan de Explotación, tras culminar la explotación el Año 18 (en principio previsto para el año 2031), se iniciaría el cierre, que se extendería aproximadamente a lo largo de un periodo de 7 años.

En el EIA se plantea, inicialmente y de manera conceptual, realizar primero el cierre del tajo Chailhuagón y de su respectivo depósito de desmonte, debido a que, de acuerdo con el plan de minado del proyecto (Figura 6), la explotación de este tajo finalizaría aproximadamente en el año 2027 (año 15 del proyecto de Explotación), antes del cese de operaciones.

En el EIA también se indica que, conforme se realice el minado y la disposición de material de desmonte del tajo Perol, se irían desarrollando las medidas progresivas de estabilización física.

Se señala también que, durante la etapa de cierre progresivo, coetánea con el desarrollo de las operaciones mineras, se implementarían medidas de rehabilitación, que serían un avance de las medidas de cierre final, para algunas instalaciones del proyecto, con aplicación de los objetivos y métodos planteados para el cierre final de instalaciones.

Se indica, igualmente, que las instalaciones que formarían parte del cierre progresivo del proyecto, así como sus respectivas medidas de rehabilitación, a nivel de factibilidad, serán determinadas en el Plan de Cierre de Minas que MYSRL deberá presentar.

## 7.3 Cierre final

### 7.3.1 Desmantelamiento

En este avance conceptual se contempla el desarmado, retiro, transporte y disposición de los elementos desarmables de las instalaciones del proyecto, principalmente en las siguientes instalaciones:

- ↳ Planta concentradora.
- ↳ Área de acopio de suelos.
- ↳ Instalaciones auxiliares.

### 7.3.2 Demolición, salvamento y disposición

En estas actuaciones se tendrían en consideración los siguientes aspectos:

- ↳ Las estructuras de concreto que garanticen mantener una estabilidad del terreno se dejarían *in situ*, para cumplir ese cometido.
- ↳ Las estructuras de concreto que estén bajo nivel de terreno, como cimentaciones de edificios, serían dejadas *in situ*, pero recubiertas con suelo que, posteriormente, sería revegetado.

### 7.3.3 Estabilidad física

Partiendo del supuesto de que todas las estructuras a rehabilitar deberán cumplir con los factores de estabilidad física requeridos, según los estándares del Ministerio de Energía y Minas, para el cierre final, vamos a resumir los aspectos principales previstos, en cuanto a estabilidad física.

#### 7.3.3.1 Tajo Perol

Se tomarían medidas progresivas de estabilización física, relacionadas con el mantenimiento de la configuración del tajo, ya incluidas en las evaluaciones geotécnicas de diseño, debido a que dicha configuración se ha desarrollado considerando la planificación de la instalación para el cierre final.

Adicionalmente, y como parte de las medidas de seguridad, se levantaría una barrera perimetral, paralela al límite del tajo final, para garantizar que, en caso que se produjeran inestabilidades, éstas estarían dentro del contorno protegido; para evitar el acceso de personas y animales.

#### 7.3.3.2 Tajo Chailhuagón

Se realizaría un análisis de estabilidad física, considerando la condición pseudo-estática, para un periodo de retorno de 500 años. Adicionalmente, como parte de las medidas de seguridad, se levantaría una barrera perimetral, paralela al límite del tajo final, para garantizar que, caso de producirse problemas de estabilidad, estos queden confinados dentro del límite establecido por la barrera; la misma impediría el acceso de personas y animales.

#### 7.3.3.3 Depósito de desmonte Perol

En el EIA se indica que se ha diseñado considerando las condiciones de cierre, por lo que las medidas de estabilidad física, que se aplicarían como parte de la construcción del depósito, se considerarían aplicables para el cierre. Para la elaboración del Plan de Cierre, a nivel de factibilidad

del proyecto, se realizarían estudios de estabilidad física para el depósito, considerando el escenario de cierre final.

#### **7.3.3.4 Depósito de desmonte Chailhuagón**

En el EIA se indica que se ha diseñado considerando las condiciones de cierre, por lo que las medidas de estabilidad física, que se implementarían como parte de la construcción del depósito, se considerarían aplicables para el cierre. Para la elaboración del Plan de Cierre, a nivel de factibilidad del proyecto, se realizarían estudios de estabilidad física para los taludes del depósito, considerando el escenario de cierre final.

#### **7.3.3.5 Depósito de relaves**

En el EIA se indica que la rehabilitación, para el cierre final, se iniciaría en la parte superior del depósito, para ir avanzando en dirección a las presas, con el fin de permitir el drenaje del agua contenida en los relaves almacenados.

Por nuestra parte planteamos la conveniencia de estudiar objetivamente, la posibilidad de almacenamiento subacuático, que evitaría la formación de aguas ácidas, facilitaría la operación de cierre, permitiría contar con un lago, y facilitaría la implantación de humedales y bofedales, con un mantenimiento natural pasivo de muy bajo costo. El principal inconveniente asociado derivaría de la posible necesidad de tener que crear dos depósitos de relaves (al reducirse la capacidad de almacenamiento), más otros aspectos geotécnicos colaterales, para los que la ingeniería de depósitos de relaves tiene soluciones. Esta solución suacuática, de la que se dispone de muchas experiencias positivas, es más amigable ambientalmente y tiene sin duda mayor aceptación social.

#### **7.3.4 Estabilidad química**

En este caso creemos que se deben profundizar los estudios, con apoyo en experiencias reales más que en modelos teóricos, acudiendo a las técnicas más convenientes ambientalmente, que permitan reducir al máximo los años de mantenimiento de operaciones e instalaciones, en especial en cuanto se refiere a las aguas ácidas y sus secuelas ambientales.

Es así que ponemos énfasis en realizar la deposición subacuática de relaves, y aplicar biotecnologías de tratamientos pasivos de las aguas, que no han sido consideradas en el EIA, y de cuyos resultados se pueden extraer experiencias muy valiosas.

#### **7.3.4.1 Tajo Perol**

El modelo desarrollado de desagüe del tajo Perol, para evaluar la calidad de su agua al momento del cierre (SWS, 2009), predice que el lago de mina que se formaría tendría agua de bajo pH y alta concentración de metales. Por ello, la principal actividad de post-cierre sería la gestión del llenado de este lago, que se iniciaría en el año 2032, y según los modelos alcanzaría el nivel máximo admisible en el año 2089 (3.775 m s.n.m.).

En el EIA se propone no sobrepasar este nivel, para reducir los potenciales impactos al agua subterránea, consecuencia de flujos desde el lago hacia los materiales fracturados. Esto conlleva la necesidad de mantener el hueco minero como lugar de descarga subterránea, mediante bombeo permanente de agua.

Para mantener este nivel, se bombearía agua a la poza de recuperación del depósito de relaves, y de ahí a la planta de tratamiento de aguas ácidas, para ser tratada antes de su descarga a la red hidrográfica (reservorio Inferior). En el EIA se indica que los aportes a ser tratados, hasta el año 2100, serían de 257 L/s, lo que exigiría mantener en funcionamiento la planta de tratamiento de aguas ácidas hasta esa fecha, o hasta que fuese requerido por la presencia de esos drenajes ácidos. Todo ello con las actuaciones complementarias requeridas, para evitar o reducir el riesgo de exposición potencial de la vida silvestre en el tajo.

En estas condiciones entendemos que se impone plantear otras alternativas, como podría ser el sellado de los materiales reactivos aflorantes en el tajo Perol, mediante una capa de arcilla, o el depósito en el mismo de materiales de desmonte del tajo Chailhuagón, buscando el papel neutralizador de calizas y mármoles. Estas actuaciones deberían ser completadas con la implantación de biotecnologías para tratamientos pasivos (Fernández Rubio, 1991, 2007a, 2007b y 2008; Serrano et al. 1996), que podrían incluir las modernas técnicas de macrófitas flotantes, desarrolladas en España, en el propio lago y en su drenaje hacia la quebrada del Alto Chirimayo. Estas actuaciones se realizarían mediante el desarrollo de humedales de ribera, con plantación de totora, en el caso de lagos en su modalidad flotante, tal como podemos observar en la lago Titicaca.

#### **7.3.4.2 Tajo Chailhuagón**

En el EIA se indica que, de acuerdo con los estudios y modelos geoquímicos realizados, para los taludes expuestos de este tajo, el agua en la laguna tendría buena calidad (pH neutro), por lo que se supone que no requeriría tratamiento. En nuestra opinión hay que estar preparado por si, a pesar de esa neutralización de las aguas, por los materiales carbonatados, podría darse la presencia de algún metal pesado, en exceso de los límites marcados por los ECAs. Aquí igualmente se podrían emplear biotecnologías propias de los métodos pasivos, con apoyo en la plantación de totora.

Según las previsiones de los modelos, el llenado del tajo de Chailhuagón se iniciaría en el 2029, y se alcanzaría la elevación para que se produzca el derrame (3.702 m s.n.m) en el año 2041.

#### **7.3.4.3 Depósito de desmonte Perol**

La caracterización de los materiales acumulados, procedentes del tajo de igual nombre, pronostican drenaje ácido, y que las aguas surgentes en los puntos bajos de su periferia requerirían su paso por la planta de tratamiento de aguas ácidas.

Por lo que respecta a las pozas de sedimentación, éstas serían puestas fuera de servicio, como parte del cierre, al alcanzar los estándares de calidad.

Las principales actividades del cierre incluyen la colocación de coberturas, sobre los depósitos de desmonte (e insistimos en la necesidad previa de su remodelación morfológica, para facilitar la integración naturalística, huyendo de formas geométricas antrópicas), y en la rehabilitación mediante las adecuadas plantaciones, para lo que está previsto un ritmo de avance de dos hectáreas por mes.

#### **7.3.4.4 Depósito de desmonte Chailhuagón**

Tras implementar las medidas de estabilidad física, se procedería a la colocación de la cobertera de protección y suelo orgánico, para su rehabilitación. Igualmente, en este caso, ponemos énfasis en que al depósito se le de, desde el inicio, una forma naturalizada, coherente con la morfología del entorno.

La cobertera vegetal busca reducir los efectos erosivos superficiales, y la consecuente generación de sedimentos.

#### **7.3.4.5 Depósito de relaves**

El modelo de calidad de agua desarrollado para el depósito de relaves (microcuenca del río Alto Jadibamba), para la etapa de post-cierre, contempla dos escenarios, involucrando agua proveniente del depósito de desmonte Perol. La predicción, para ambos escenarios, indica que la calidad de agua en el depósito de relaves requeriría su tratamiento, antes de la descarga a la red de drenaje. Esto se llevaría a cabo en la planta de tratamiento de aguas ácidas, hasta alcanzar los límites fijados por los ECAs.

La planta de tratamiento de aguas ácidas, diseñada para un caudal de 850 m<sup>3</sup>/hora, se incrementaría en el cierre para 1.250 m<sup>3</sup>/hora, cuando el lago del tajo Perol alcance el nivel máximo

fijado, y el agua en exceso se bombea para su tratamiento a la poza de recogida, aguas abajo del depósito de relaves.

El agua acumulada en dicha poza de recogida se bombearía, para su tratamiento, cuando el volumen almacenado sobrepase los 100.000 m<sup>3</sup>.

## 7.4 Condiciones post-cierre

En los aspectos conceptuales abordados en el EIA, se prevé que, al final de la vida útil del proyecto, las infraestructuras principales se encontrarían en las siguientes condiciones:

### 7.4.1 Aguas superficiales

Los canales de derivación de aguas superficiales (para evitar la mezcla de aguas de no contacto con aguas de contacto), que habrían estado funcionando durante la etapa de operación, permanecerían activos, tras rehabilitar las estructuras de retención de sedimentos (como parte de las operaciones de cierre final). Debido a ello, las redes de drenaje originales, en la huella del proyecto, no se devolverían a las condiciones pre-mina. En general, estas alteraciones se traducirían, en las microcuencas, en un cambio mínimo de sus patrones hidrológicos, excepto estrictamente donde se ubicarían las infraestructuras del proyecto.

Como se ha indicado, la vida operacional aproximada de la mina sería de 19 años, dejando en lo que respecta al tajo Perol un área final afectada, por las excavaciones, de aproximadamente 170 ha. Tras cesar la operación de drenaje, se iniciaría la formación de un lago de mina en el tajo Perol, que recibiría la escorrentía superficial desde las cumbres, lomas y depresiones circundantes, que cubren una superficie aproximada de 240 ha, más las aportaciones de flujos procedentes de los medios porosos someros (suelo y depósitos aluviales), y del basamento rocoso fracturado.

Las proyecciones del balance hídrico, incluidas en el EIA, indican que ese lago se completaría entre más de 80 años y menos de 100, tras la desactivación del desagüe, y que se requeriría limitar el derrame de agua a la red de drenaje (y el flujo a través de fracturas de los macizos rocosos, para evitar problemas de calidad), mediante la implantación de un bombeo de los excedentes de agua a la poza del depósito de relaves.

Esas aguas, procedentes del depósito de desmonte Perol, y del depósito de relaves, requerirían de su acondicionamiento en la planta de tratamiento de aguas ácidas, para asegurar la calidad del agua en el reservorio Inferior. Este tratamiento de agua ácida se iniciaría tras los aproximadamente 55 años de llenado del lago.

La caracterización del depósito de desmonte de Chailhuagón, y el modelo geoquímico teórico del lago de mina (SWS, 2009), indicarían que los materiales del tajo y del correspondiente desmonte serían neutros, y tendrían bajo potencial de disolución de metales. El tajo Chailhuagón se llenaría de agua (SWS, 2009) que, transcurridos 11 años, se podrían descargar a la red de drenaje aguas abajo.

Las filtraciones del depósito de desmonte Chailhuagón rehabilitado, hacia la microcuenca de la quebrada Alto Chirimayo, tendrían calidad de agua similar a las condiciones originales, por lo que se descargarían directamente en la quebrada.

Para los reservorios Perol, Chailhuagón, Superior e Inferior, en la situación post-cierre, se prevé que, al igual que durante las operaciones, serían capaces de aportar los flujos de estiaje para compensar posibles afecciones causadas por el proyecto. Adicionalmente, tras la etapa de operación, el reservorio Superior podría ser utilizado para mantener los humedales, creados en el depósito de relaves y, previo acuerdo con las comunidades, para aportar agua adicional durante la estación seca, ya que, al desaparecer la planta concentradora no se requeriría agua de proceso.

#### 7.4.2 Aguas subterráneas

Tras el cese de la operación minera, y la desactivación de los correspondientes desagües, se iniciaría el llenado de los tajos, con aportes de agua superficial y subterránea. El llenado del tajo Perol, ubicado en la microcuenca de la quebrada Alto Chirimayo, tardaría más de 80 años, debido a la baja permeabilidad de los materiales litológicos de su entorno. Como se mencionó anteriormente, el nivel del agua en el tajo se mantendría a una cota tal que continuase su funcionamiento como punto de recogida de agua, para que el agua ácida no genere impactos en el agua superficial o subterránea. Y es por lo prolongado de este plazo por lo que planteamos se analicen otras alternativas de impermeabilización y cierre, experimentadas en minería.

Según el EIA el tajo Chailhuagón no presentaría problemas en su llenado, con lo que en la microcuenca del río Chailhuagón, no habría impactos remanentes a las aguas subterráneas, ya que se espera que los aportes del agua del tajo, a la escorrentía superficial y subterránea, tengan condiciones similares a las previas a la operación minera (SWS, 2009).

Las aguas surgentes del depósito de desmonte Perol y del depósito de relaves requerirán medidas de tratamiento, durante la etapa de post-cierre.

#### 7.4.3 Hidrobiología

Las medidas de mitigación, a aplicar, durante las etapas de operación y post-cierre, estarían relacionadas con los aportes de caudal de base, durante la temporada seca, que mejoraría el hábitat piscícola, en quebradas y ríos, con la posibilidad adicional de uso de los reservorios de agua del proyecto para actividades piscícolas.

#### 7.4.4 Humedales

En el EIA se indica que las oportunidades para creación de humedales se incrementarían durante el cierre, centrándose la principal de ellas en el depósito de relaves, donde se podrían desarrollar humedales.

El agua para la creación de los humedales sería aportada por el reservorio Superior, especialmente en época de estiaje, si el balance hídrico del depósito de relaves fuese negativo.

Otras áreas que pueden permitir la creación de humedales, en la etapa de cierre, son las ubicadas entre el lago del tajo Chailhuagón y el reservorio Chailhuagón, en la microcuenca del río Chailhuagón; así como el área que se ubica aguas arriba de la vía de acarreo en la cuenca de la quebrada Alto Chirimayo. En ellas entendemos que podría ser conveniente la implantación de plantas macrofitas, que ayudan a la mejora de la calidad de las aguas.

## 8 HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE

### 8.1 Aspectos analizados en este capítulo

En este capítulo se desarrollan los análisis del componente cuantitativo superficial del balance hídrico presentado en el EIA. Para facilitar su lectura, se comienza por enumerar los capítulos y anexos consultados (apartado 8.2). A continuación (apartado 8.3), se hace un resumen gráfico y tabular de la hidrología regional, para dar un marco de referencia de las zonas afectadas hidrológicamente por el proyecto.

El apartado 8.4 contiene el análisis técnico de la metodología, datos de partida y conclusiones de los estudios presentados en el EIA. Se discuten tanto las dudas suscitadas en su lectura como las objeciones a determinados tratamientos, y las propuestas de mejora de sus resultados, pero, esencialmente, se analiza la corrección técnica y validez de las conclusiones alcanzadas. Para sistematizar el tratamiento, se ha dividido en cuatro secciones, datos utilizados en los análisis (8.4.1), definición de la situación hidrológica actual (8.4.2), anterior a la explotación de la mina - la llamada línea base hidrológica -, el balance hídrico del sistema durante la explotación y tras el cierre de la mina (8.4.3) y la mitigación de impactos sobre el agua superficial (8.4.4). A continuación, por su importancia y las opiniones contrarias que han suscitado, se analizan las áreas de influencia directa e indirecta propuestas en el EIA desde la óptica de las aguas superficiales (8.4.5). Por último, se incluye un apartado en el que se resumen los análisis de los estudios de factibilidad de los reservorios (8.4.6) relacionados con el componente hídrico superficial, es decir, dejando de lado aspectos estructurales y geotécnicos que no son objeto de este dictamen.

Los apartados 8.5 y 8.6 resumen los análisis del componente superficial del balance hídrico, con unas conclusiones generales, recomendaciones sobre los estudios hidrológicos y las actividades en curso y futuras, así como las propuestas de mejora de las soluciones propuestas en el EIA.

### 8.2 Capítulos y anexos del EIA consultados

Un documento tan extenso y disperso como el EIA (ver apartado 4.1) incluye referencias al componente hídrico superficial en la mayor parte de los capítulos del texto, y en buen número de los anexos. Sin embargo, los capítulos esenciales para el análisis de este componente, con referencia a las secciones en que se divide el análisis técnico del EIA, son los siguientes:

- ↳ Datos utilizados en los análisis y definición de la línea base hidrológica:
  - 3.2.10 *Hidrología*: dentro del capítulo 3.0 Descripción del Área de Estudio – Línea Base Socioambiental. Se definen las características fisiográficas de las microcuencas del Alto Jadibamba y Chailhuagón, Toromacho, Chugurmayo y Alto Chirimayo y se caracteriza el régimen actual de descargas a través del control de caudales.
  - *Anexo 3.10*: contiene los estudios e información más relevantes para la definición de la línea base hidrológica. A pesar de ello, este anexo está especialmente desordenado, lo que complica mucho la búsqueda de información concreta. En particular, es muy interesante y esencial, para las conclusiones de los estudios hidrológicos, el último documento del Anexo, titulado Modelo de Caudal Bajo.
- ↳ Balance hídrico del sistema durante la explotación y tras el cierre de la mina:
  - 4.4.7 *Manejo de aguas* y 4.4.10.1 *Suministro de agua*: dentro del capítulo 4.4 Descripción de la etapa de operación, se describe el proceso del uso del agua en la mina y se hace referencia al Anexo 4.14.



- 5.2.4.5 *Cantidad del agua superficial*: es parte del capítulo 5.0 Evaluación de Impactos Ambientales y Socioeconómicos, en el resumen de los impactos ambientales. La discusión se centra en la definición de los flujos base y los caudales de mitigación, con referencia a los Anexos 3.10, 4.14 y 5.4.
- Anexo 4.14: resume la metodología, datos y resultados del balance de agua durante la explotación y cierre de la mina realizado mediante el modelo probabilístico Goldsim.

↳ Mitigación de impactos sobre el agua superficial:

- 6.1.5 *Mitigación de impactos - Agua superficial*: forma parte del Plan de Manejo Ambiental y hace una descripción muy somera de las medidas de mitigación.
- 10.4.5 *Hidrología* 10.4.6 *Agua superficial*: apartados incluidos en el Plan de Cierre Conceptual, como parte de la descripción de los Impactos residuales para el post-cierre y medidas de mitigación, con énfasis en el manejo de las aguas de llenado de los tajos Perol y Chailhuagón.

↳ Estudios de factibilidad de los reservorios:

- 6.3.4.3 *Instalaciones de manejo de agua*: corresponde al Plan de respuesta a emergencias y contingencias, e identificación de riesgos potenciales. Sólo trata de la estabilidad de los reservorios Perol y Chailhuagón ante cargas sísmicas.
- Anexo 4.6 *Diseño del depósito de relaves proyecto Conga – Etapa 3*: incluye los estudios de factibilidad de los reservorios Superior e Inferior.
- Anexos 6.2 y 6.3, *Reservorios de agua Perol y Chailhuagón – Informe de diseño de factibilidad*: los únicos capítulos relativos al componente hídrico son los que analizan la eventual rotura de las presas y sus efectos aguas abajo.

### 8.3 Resumen de la hidrología de la zona del proyecto en el marco regional

Con objeto de centrar la discusión de la hidrología en el marco regional, se presentan a continuación dos figuras que representan la red fluvial, incluyendo las estaciones de aforo del SENAMHI, existentes en la zona, y las isoyetas medias según el Inventario Nacional de Recursos Hídricos del Perú (CEDEX, 1990).

El análisis de las figuras ofrece dos conclusiones, que hay que resaltar. La primera, la ausencia de estaciones de aforo en las cercanías de la zona del proyecto. Esto es lógico puesto que – de existir – controlarían unas superficies de cuenca muy pequeñas, en un área donde no hay actividades intensivas de aprovechamiento de los recursos, como podría ser un reservorio de regulación, que por sí mismo justificaría una estación de aforo. La segunda conclusión notable se obtiene de la observación de las isoyetas medias (Figura 40), y es que no se produciría una concentración de lluvia en las zonas altas, sino que se repartiría con cierta uniformidad, dado que la isoyeta de 1.000 mm/año es la que domina el área de las microcuencas – Toromacho, Alto Jadibamba, Alto Chirimayo, Chugurmayo y Chailhuagón - afectadas por el proyecto.

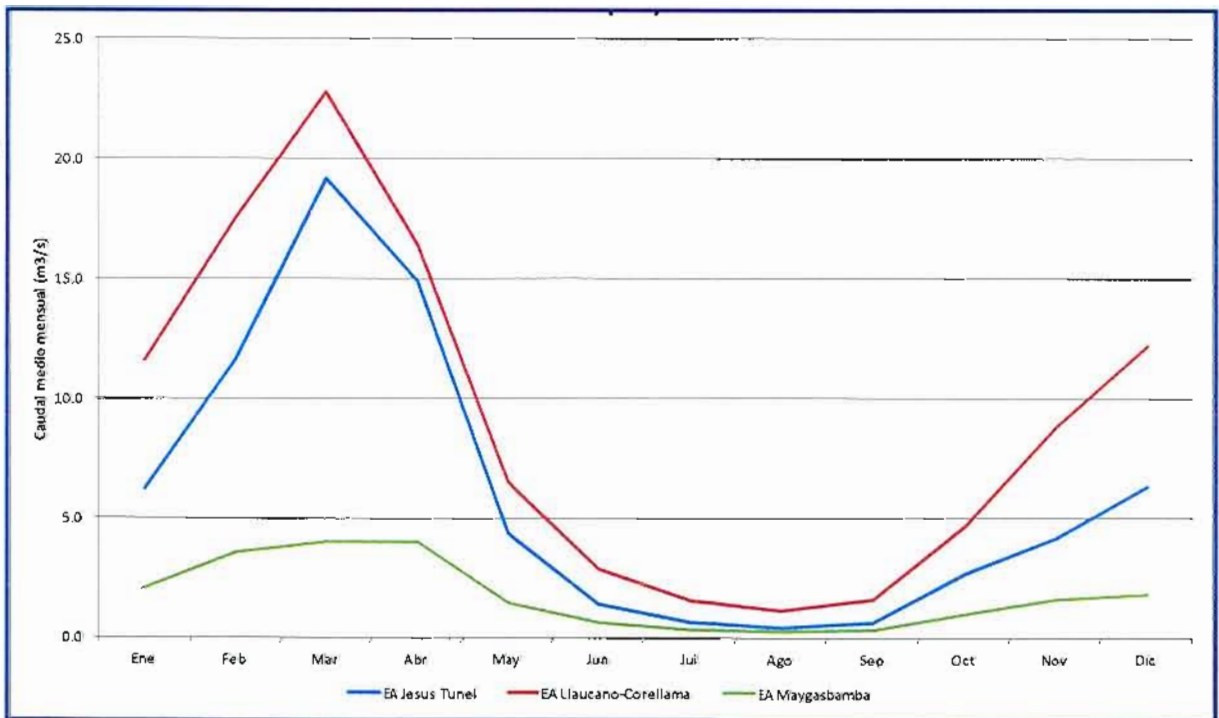
El SENAMHI ha proporcionado los caudales medios de las tres estaciones más cercanas al proyecto, que se resumen en la Tabla 7.

Estación	EA Jesús Túnel	EA Llaucano-Corellama	EA Maygasbamba	
Río	Cajamarca	Llaucano	Maygasbamba	
Cuenca (km <sup>2</sup> )	776	575	162	
Periodo	de 1968-1969 a 1998-1999 de 2003-2004 a 2010-2011	de 1977-1978 a 2010-2011	de 1975-1976 a 2010-2011	
Caudal promedio mensual (m <sup>3</sup> /s)	Septiembre	0,60	1,57	0,30
	Octubre	2,65	4,60	0,93
	Noviembre	4,13	8,77	1,57
	Diciembre	6,27	12,14	1,78
	Enero	6,14	11,58	2,03
	Febrero	11,57	17,49	3,52
	Marzo	19,15	22,75	3,94
	Abril	14,86	16,35	3,95
	Mayo	4,32	6,46	1,42
	Junio	1,34	2,85	0,60
	Julio	0,60	1,50	0,31
	Agosto	0,39	1,12	0,22
	ANUAL	6,00	8,93	1,71

Fuente: datos del SENAMHI (2012).

Tabla 7. Caudal promedio mensual registrado en estaciones de aforo en la región.

Los datos registrados (Figura 38) reflejan el problema de los usuarios de los recursos hidráulicos de la zona que – como en gran parte del Perú – es la falta de agua en la época seca, a pesar de la abundancia en la época húmeda.



Fuente: datos del SENAMHI (2012). Elaboración propia.

Figura 38. Caudales medios mensuales en estaciones de aforo cercanas al área del proyecto.

Esta información se debe cruzar con los datos de caudales estimados en el área del proyecto - que se comentan con más detalle en el apartado 8.4.2 -, para dar una idea de los valores relativos de los caudales en las cuencas. La cuenca de un punto del Alto Jadibamba, de 31 km<sup>2</sup>, produciría un caudal de 0,58 m<sup>3</sup>/s, y otra del Chailhuagón, de 18,4 km<sup>2</sup>, 0,37 m<sup>3</sup>/s, con caudales específicos del orden de 20 L/s/km<sup>2</sup>. En las estaciones de aforo de Jesús Túnel (río Cajamarca) y Llaucano (río Llaucano) citadas en la tabla (Figura 39), los caudales totales son de 6 y 9 m<sup>3</sup>/s, más de un orden de magnitud superiores, y caudales específicos de 8 y 16 L/s/km<sup>2</sup>. Por tanto, los recursos hidráulicos brutos, generados en el área del proyecto, son netamente inferiores a los de las microcuencas afectadas por él.

En las cuencas del Pacífico, hay una relación directa entre la precipitación y la altitud, es decir, el caudal específico disminuye de la cuenca alta hacia la baja. En las cuencas del Atlántico, en la sierra, también se presentaría este comportamiento, por lo menos en el ámbito del proyecto Conga, según la información analizada, pero a menores altitudes (Selva Baja) los caudales específicos aumentan. Las isoyetas medias de la zona no muestran una relación clara entre precipitación y altitud (Figura 40).

## 8.4 Análisis técnico del tratamiento del componente hídrico superficial en el EIA

### 8.4.1 Datos necesarios

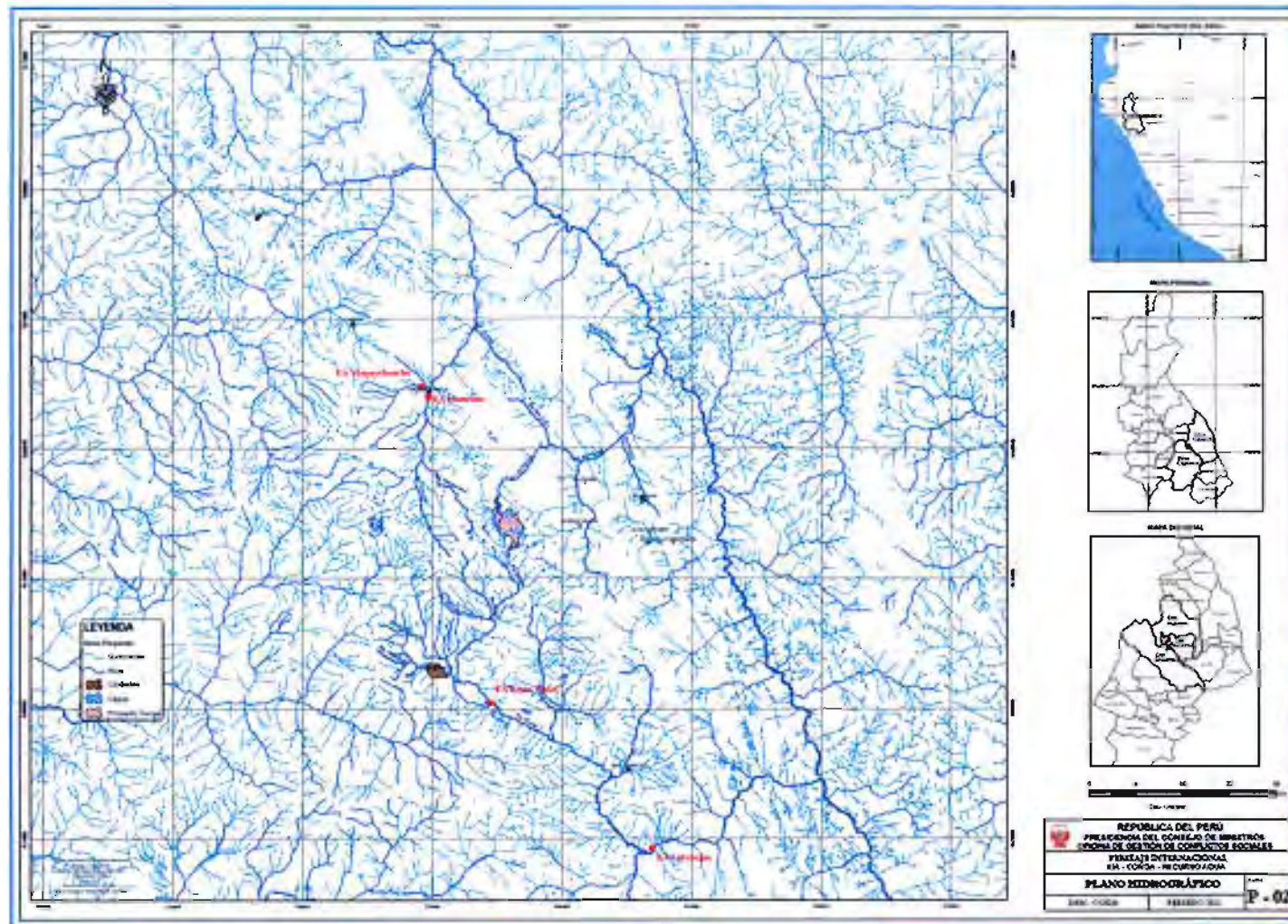
Los datos básicos necesarios, para el análisis del componente hídrico superficial, son los siguientes:

- ↳ Cartográficos: necesarios para caracterizar hidrológicamente las cuencas.
- ↳ Meteorológicos: precipitación, temperatura y evaporación para estimar los caudales de escorrentía.
- ↳ Hidrométricos: caudales aforados sistemáticamente en estaciones permanentes o medidos en campañas de control.
- ↳ De infraestructura: datos de las estructuras con capacidad de modificar el caudal (reservorios y canales), usados para estimar el funcionamiento real de un sistema a partir del régimen natural deducido de los estudios hidrológicos.
- ↳ Usos y demandas de agua: como los anteriores, permiten analizar el funcionamiento real de un sistema. Estos datos no son estrictamente necesarios para los estudios hidrológicos del EIA, que se centra en definir la afección a los caudales naturales de las quebradas, y las medidas de mitigación a adoptar. Sin embargo, son útiles tanto para establecer el área de influencia del proyecto, como para analizar la variación de la disponibilidad de agua para los usuarios de la zona.

Los apartados siguientes describen la cobertura, longitud de registro y calidad de los datos utilizados, en los diversos análisis del EIA, y los estudios específicos en que se han empleado.

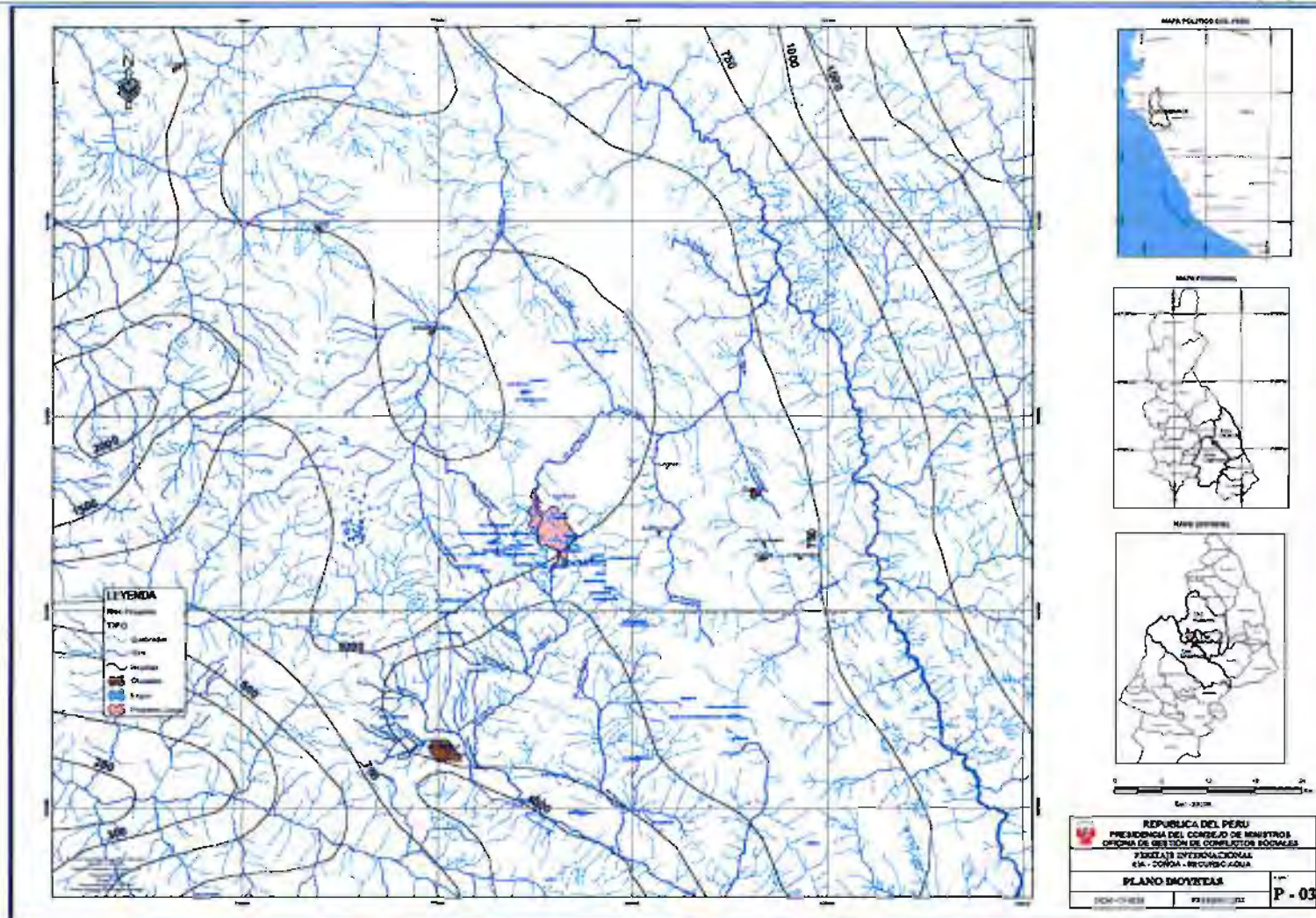
#### 8.4.1.1 Cartográficos

El EIA da pocos detalles sobre la cartografía usada para los estudios hidrológicos. Hay referencias aisladas a cartas e imágenes de satélite a escala 1:25.000 y 1:10.000. Sin embargo, esta falta de mención no implica que haya un problema, ya que la información requerida por los estudios hidrológicos - superficie de cuenca, mapa de pendientes, etc... - con calidad suficiente se puede obtener a través de cartas a escala 1:100.000.



Fuente: OGCS (2012).

Figura 39. Red hidrográfica regional.



Fuente: OGCS (2012), CEDEX (1990).

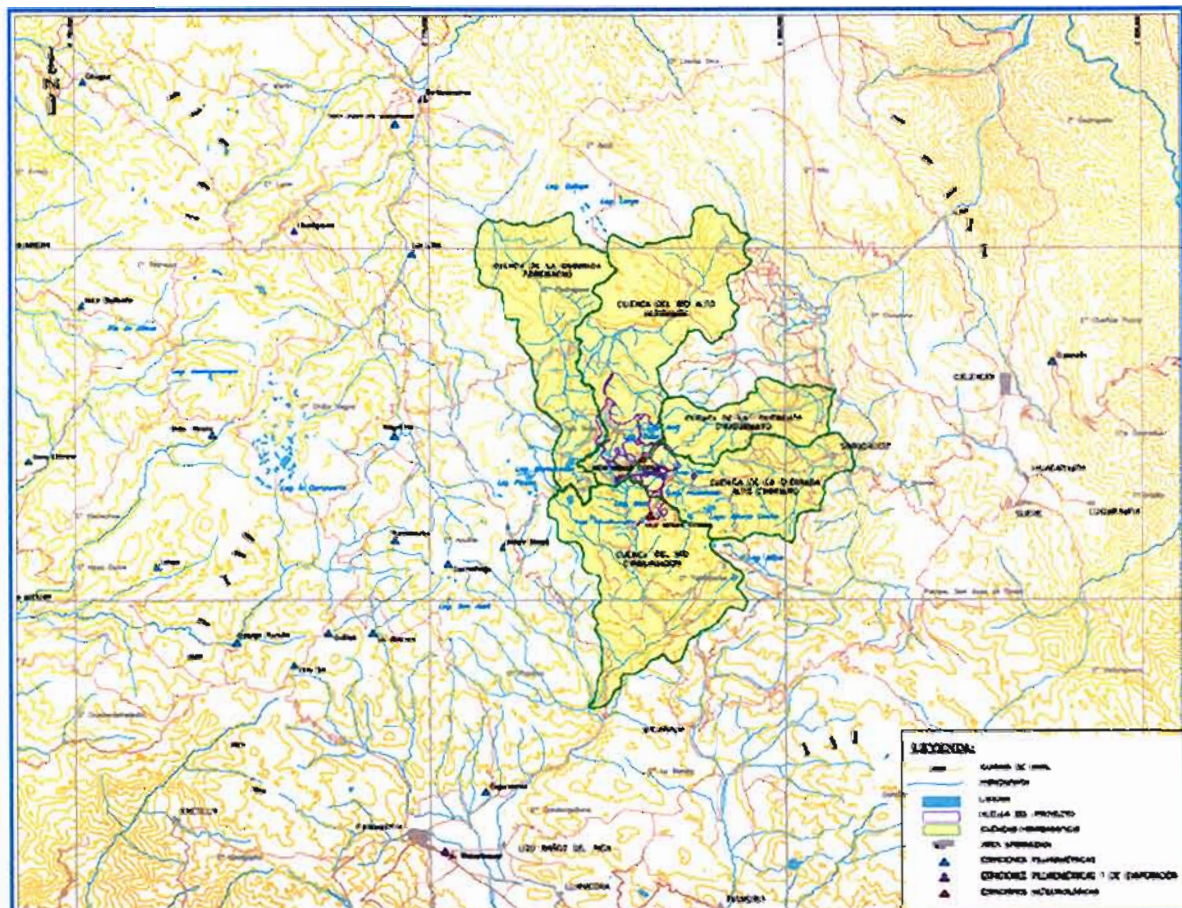
Figura 40. Isoyetas medias.

### 8.4.1.2 Meteorológicos

Los datos meteorológicos básicos, necesarios para los estudios hidrológicos, son la precipitación y la evaporación. El Anexo 3.10 del EIA resume la información utilizada y los tratamientos realizados.

Como es habitual en el caso de proyectos nuevos, la información meteorológica es escasa en la zona del emplazamiento, por lo que los análisis pluviométricos tienen que apoyarse en las redes oficiales existentes. En el caso del proyecto Conga se han manejado 25 estaciones, 15 del SENAMHI y 10 de MYSRL, con un número de años de datos que varía entre 5 y más de 40. Las figuras adjuntas resaltan la información disponible; corresponden a la figura 1 y los gráficos 15 y 16 del Anexo 3.10, respectivamente.

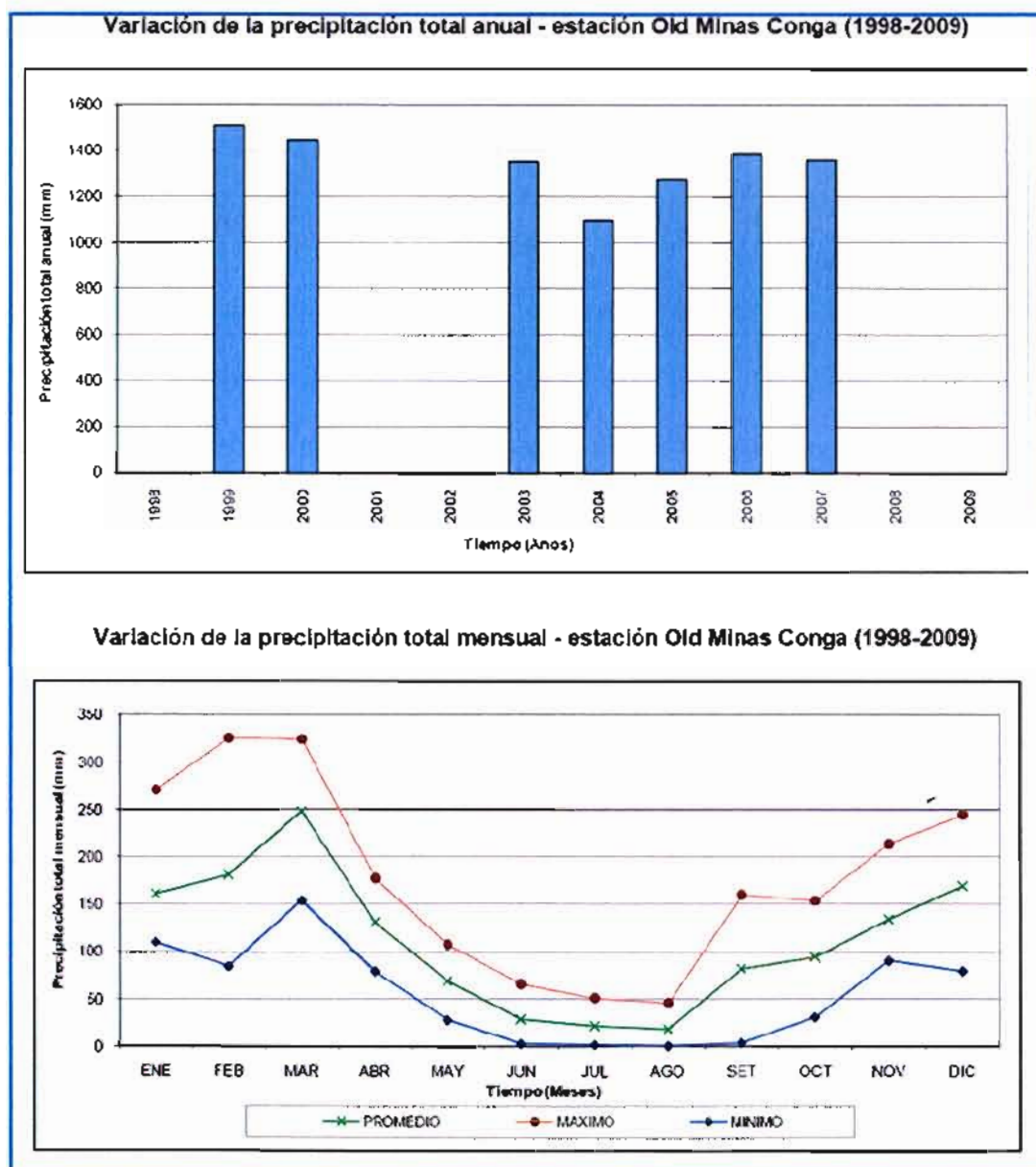
La Figura 41 presenta la distribución regional de las estaciones – cubriendo un área más amplia que la figura presentada en el capítulo 2.3 del EIA -, y muestra que hay una cobertura correcta del territorio con la excepción de la zona NE, cercana al río Marañón, donde sólo se dispone de la estación de Celendín. Sin embargo, esta zona presenta altitudes notablemente más bajas, del orden de 2.500 m o menos, frente a los más de 3.500 m de la zona del proyecto, por lo que de haber dispuesto de datos de esa zona seguramente habrían aportado menos información relevante sobre la precipitación en cabecera.



Fuente: Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010.

Figura 41. Localización de estaciones meteorológicas usadas en los estudios pluviométricos del proyecto Conga.

La Figura 42 es un ejemplo de la distribución típica de las lluvias en la zona del proyecto. Se ha seleccionado la estación de Old Minas Conga, a 3.790 m de altitud, porque, aunque sólo dispone de 7 años de datos, es representativa de la zona del proyecto. Hay que resaltar que la precipitación media supera los 1.000 mm (gráfico superior). Además (gráfico inferior), las precipitaciones en los meses más secos – junio, julio y agosto - es muy inferior a la de los meses más húmedos – diciembre a marzo.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 42. Ejemplo de distribución anual y mensual de lluvias en la estación Old Minas Conga situada en la zona del proyecto.

Estos datos se utilizaron en la realización del informe "Análisis de datos climatológicos del proyecto Conga" (Knight Piésold, 2008), con el objetivo de "establecer criterios de diseño para el proyecto", cuyo planteamiento y conclusiones se resumen en el capítulo 3.2.3 de la memoria.

Los análisis de temperatura y humedad relativa se hicieron con los datos de las estaciones de la zona, Old y New Minas Conga, a pesar de la poca longitud de sus registros, ya que son variables más estables que la precipitación. La evaporación se estimó por métodos teóricos, lo cual es una práctica aceptada debido a la falta de registros suficientes, en una media de más de 1.100 mm/año

Los datos de precipitación se utilizaron para extender y completar las series mensuales registradas en Old y New Minas Conga, hasta completar 41 años por regresión, con estaciones cercanas (ver 8.4.2.1).

Los datos de las estaciones de precipitación se han empleado también para determinar la precipitación máxima en 24 h, para distintos periodos de retorno, así como la PMP.

#### 8.4.1.3 Hidrométricos

Los registros de caudales circulantes en situación actual por los ríos y quebradas son esenciales para comprender la hidrología de la zona y, como consecuencia, estimar las variaciones que experimentará tras la puesta en marcha, operación y cierre de la mina.

De la lectura del EIA se desprende que al plantearse el proyecto, no había datos históricos de caudales locales. En efecto, las únicas estaciones oficiales de aforos<sup>15</sup> existentes en la región (Tabla 8) son las de Puente Corellama en el Llaucano, del que es afluente la quebrada Toromacho, Maygasbamba en el río del mismo nombre, afluente del Llaucano, Jesús Túnel, en el río Cajamarquino aguas abajo de Cajamarca y Puente Crisnejas en el Crisnejas.

Estación	Río	Caudal medio anual (m <sup>3</sup> /s)	Cuenca (km <sup>2</sup> )	Latitud	Longitud
EA Llaucano-Corellama	Llaucano	8,93	575	6°41'11.00"S	78°31'5.00"O
EA Maygasbamba	Maygasbamba	1,71	162	6°40'27.00"S	78°31'28.00"O
EA Jesús Túnel	Cajamarca	6,00	776	7°13'46.00"S	78°24'47.00"O
EA Pte. Crisnejas	Crisnejas	45,37	4.150	06°43' 00" S	78°32' 00" O

Fuente: elaboración propia con datos del Gobierno Regional de Cajamarca (2007) y SENAMHI (2012).

Tabla 8. Estaciones de aforo existentes en la región.

Dada la lejanía de estas estaciones al área de proyecto, y la amplitud de sus cuencas vertientes, no se pueden emplear para análisis hidrológicos en la zona del proyecto. Para paliar la escasez de datos locales el EIA – apartado 3.2.10.2 - describe las campañas de monitoreo de ríos y canales, realizadas en 28 puntos de interés (Figura 43) a partir de 2002. En 25 de esos puntos las medidas son de carácter puntual y discontinuo. Sólo en tres de ellos, marcados en rojo en la figura, se realizó un registro continuo mientras que en azul se señalan los puntos de descarga de las cuatro cuencas afectadas por el proyecto en su flujo superficial.

Las campañas de control de caudal son exigidas por la legislación peruana, *Reglamento sobre Protección del Medio Ambiente*, D.S.Nº 016-93-EM de 28-ABR-93, cap. II, art. 9º. Sin embargo,

<sup>15</sup> La tabla da el orden de magnitud de los caudales, pero corresponden a distintas fuentes y periodos de registro, por lo que no deben manejarse para análisis adicionales.



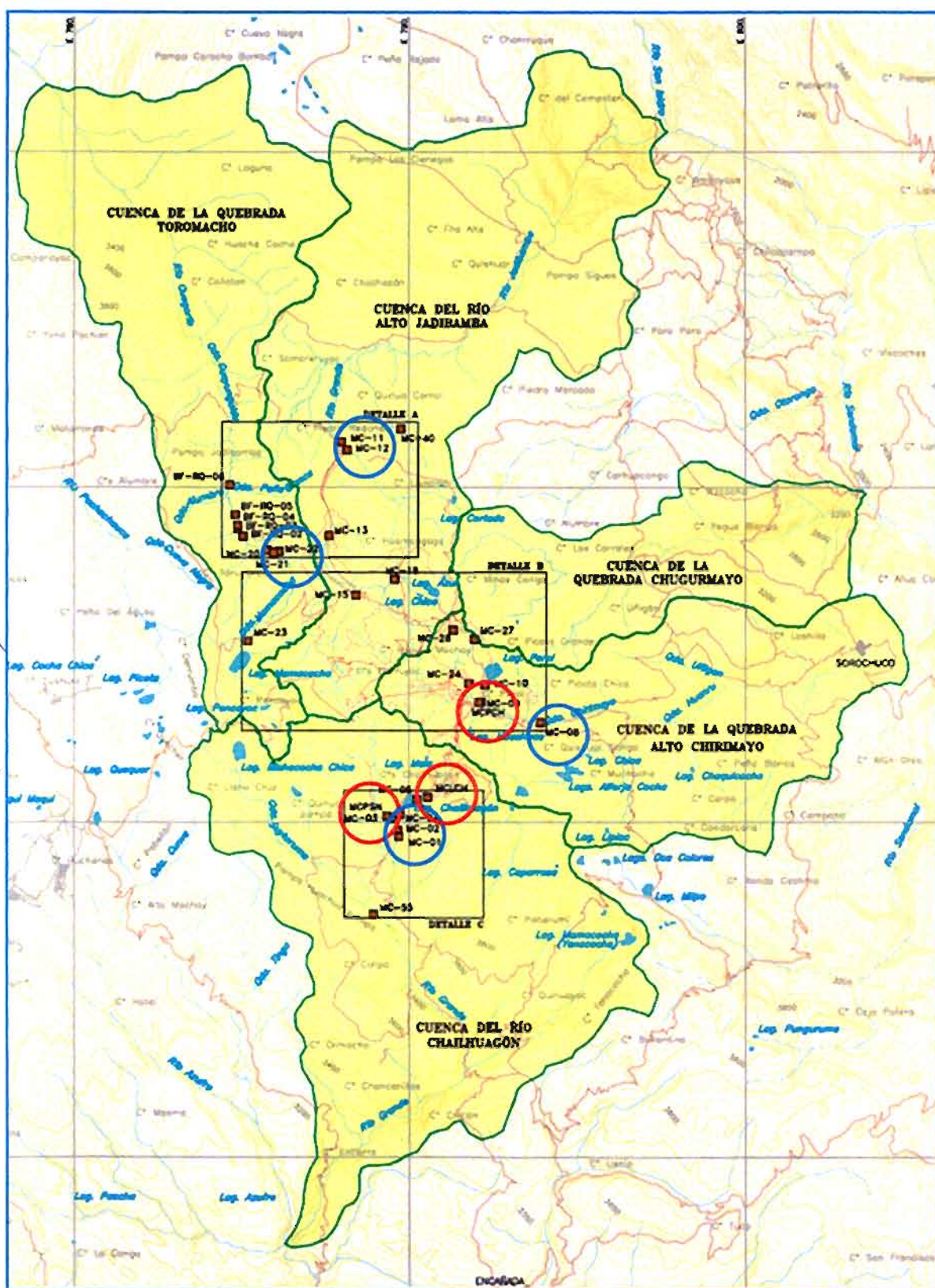
los controles puntuales aportan poca información utilizable en los análisis hidrológicos, ya que no proporcionan las medidas sistemáticas – diarias, mensuales .. - y continuas que serían necesarias, sino que se limitan a medir unos pocos días de cada mes, raras veces más de cuatro o cinco. Esos datos proporcionan una visión muy limitada del rango de valores de los caudales, en distintas épocas del año, pero no son susceptibles de tratamiento hidrológico.

Sin embargo, los datos obtenidos de un control de caudales continuo son muy valiosos para estudiar la hidrología de una cuenca y, en particular, la relación precipitación – escorrentía. Lamentablemente, los tres puntos de monitoreo continuo establecidos, con frecuencia de registro de 15 minutos – MCLCH y MCPSN en el Chailhuagón y MCPCH en el Alto Chirimayo – han producido información de calidad heterogénea. En MCPCH se dispone de casi dos años (679 días) de caudales, suficientes para ajustar un modelo precipitación – escorrentía. Sin embargo, en MCLCH sólo se dispone de 347 días, con muchos fallos en los periodos secos, que son los más interesantes para el estudio de la afección del proyecto sobre los caudales, y en MCPSN aún menos, 29 días de noviembre y diciembre de 2004, cuando cesó de registrar por destrucción de la instalación, según información verbal de Knight Piésold.

Los registros de la estación MCPCH son la piedra angular del estudio hidrológico de la situación actual presentado en el EIA y han permitido ajustar aceptablemente un modelo precipitación – escorrentía, como se discute más adelante. Sin embargo, hubiera sido conveniente disponer de registros similares en otras cuencas, particularmente en las del Alto Jadibamba y Chailhuagón que son las más afectadas por el proyecto, para confirmar los parámetros hidrológicos del proceso precipitación – escorrentía.

Además del monitoreo de ríos, se ha realizado otro de los canales de la zona, específicamente de 21 canales en las cuencas río Alto Jadibamba, río Chailhuagón y quebrada Alto Chirimayo (Figura 44). Entre 2004 y 2006 los registros fueron realizados por la Comisión de Monitoreo de la Cantidad y Calidad de las Aguas (COMOCA). Desde noviembre de 2006, fueron producto de un acuerdo de cooperación interinstitucional entre el MINAG (INRENA), MYSRL y el Instituto para la Conservación y el Desarrollo Sostenible Cuencas (CUENCAS) a través del "Programa de Monitoreo de la calidad y cantidad de las aguas en los canales de riego, ubicados en las sub-cuencas del río Porcón, río Grande, río Quinuaría, río Azufre, río Alto Yaucano - quebrada Honda, quebradas Pencayoc, Chirimayo y río Grande- Combayo" que se prolongó hasta 2010.

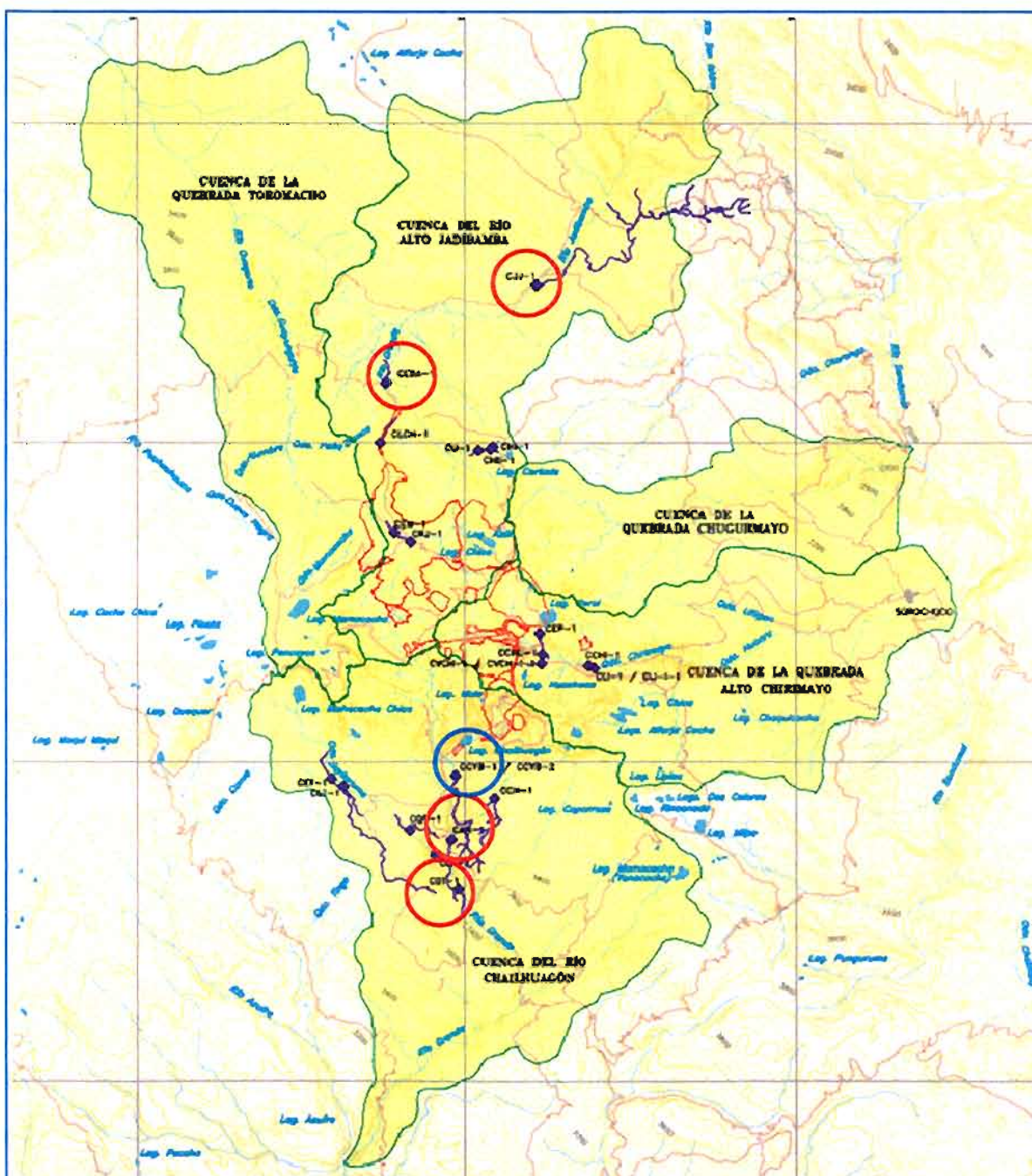
En el EIA (capítulo 3.2.10.2) se analizan sólo los 10 canales que se ubican dentro del área de estudio del proyecto Conga, entre los que destaca el canal Chailhuagón Yerbabuena (CCYB-1/CCYB-2) que sirve a 50 usuarios con 86 ha de riego. Éste es un canal que se ha identificado en los recorridos de campo, y tiene estructuras bien construidas y mantenidas (Fotografía 18 y Fotografía 19), lo que demuestra el interés que tiene para la zona. Los demás no llegan a 6 ha, y en algunos casos tienen un único usuario.



Fuente: Knight Piésold Consulting Febrero de 2010 y elaboración propia.

Figura 43. Estaciones de control de caudal.

Sin embargo, no se han analizado otros, algo más lejanos pero que podrían verse afectados por el proyecto. Específicamente se trata de los de El Bado (CEBA-1), con 16 usuarios y 5.6 ha y el Jerez Jadibamba (CJJ-1) con 280 usuarios y 687 ha, ambos en el Río Jadibamba, aguas abajo del reservorio Inferior. También se debería haber considerado los de Dos Tingos (CDT-1) con 15 usuarios y 6.2 ha y Canal Anaconda (CAN-1), con 9 usuarios y 3.4 ha, aguas abajo de Chailhuagón. Estos cuatro canales son los remarcados en rojo en la Figura 44, mientras que el Chailhuagón Yerbabuena se remarca en azul.



Fuente: Knight Piésold Consulting Febrero de 2010. con elaboración propia

Figura 44. Ubicación de canales y puntos de aforo cercanos.



Fotografía 18. Captación y tramo inicial del canal Chailhuagón Yerbabuena.



Fotografía 19. Tramos intermedios del canal Chailhuagón Yerbabuena.

El problema de esta información es el expresado para los controles de caudal puntuales de los ríos: aunque la legislación los exige, no ofrecen más que una visión parcial del rango de caudales que circulan por ellos, sin que sea posible deducir el uso anual y mensual del recurso que sería necesario para el análisis de capacidad de servicio de las demandas. De hecho, la frecuencia de medidas es aún más baja que en los ríos, habitualmente con un registro anual en cada mes.

En cualquier caso, y dando por supuesta la obligatoriedad de realizar el control de caudales, tanto los datos de canales existentes como los caudales registrados constituyen una información valiosa, sobre el sistema de aprovechamiento de agua de la zona, aunque no se puedan utilizar directamente en los análisis de balance de agua actual o futuro.

#### 8.4.1.4 Infraestructuras

En los análisis hidrológicos y de recursos los datos de infraestructura necesarios son únicamente las características de las obras que tienen influencia sobre la gestión hidrológica, en concreto la capacidad útil de los reservorios y de sus eventuales tomas y desagües y la de los canales de la red de transporte y distribución de agua.

En el caso del proyecto Conga, la infraestructura actual es mínima, pues se limita a los canales de riego existentes, descritos en el apartado anterior. No hay datos sobre su capacidad máxima, que puede deducirse aproximadamente a partir de los registros del control de caudales y que sólo sería necesaria en estudios posteriores relativos a la gestión de las demandas de agua.

En situación futura, durante la operación de la mina y tras el cierre, es necesario conocer las características de los reservorios propuestos (Tabla 9), comparadas con el almacenamiento perdido por la eliminación de las cuatro lagunas afectadas por el proyecto (cuadro 3 de la Memoria del EIA).

Laguna original	Capacidad (m <sup>3</sup> ) <sup>16</sup>	Reservorio	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Tipo de modificación
Perol	800.000	Perol	800.000	Transferencia
Chica	100.000 <sup>17</sup>	Superior	7.600.000	Transferencia
Azul	400.000			Transferencia
Mala	100.000	Chailhuagón	1.430.000	Transferencia / Incremento de capacidad
Chailhuagón	1.200.000			
		Inferior	1.000.000	Embalse de escorrentías
<b>Total</b>	<b>2.600.000</b>		<b>10.830.000</b>	

Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Tabla 9. Capacidad de los reservorios propuestos.

Estos volúmenes de embalse son totales. Hay previsto un volumen muerto en cada reservorio – situado por debajo de la toma inferior – de 44.000 m<sup>3</sup> en el reservorio Perol, 45.000 m<sup>3</sup> en el Superior, 110.000 m<sup>3</sup> en Chailhuagón y 35.000 m<sup>3</sup> en el Inferior, con el objetivo de retener los sedimentos previsibles. Por lo tanto, el volumen útil disponible, para los servicios requeridos de cada uno – en particular, el caudal de mitigación – sería igual al máximo menos el muerto.

#### 8.4.1.5 Usos y demandas de agua

Las únicas referencias a los usos y demandas en la zona son los caudales obtenidos en los monitoreos de los canales y manantiales. El EIA se centró en analizar y evaluar la oferta del recurso hídrico en la zona con el objetivo de determinar los caudales de mitigación - compensar la disminución de la oferta - y no generar impactos negativos aguas abajo del área del proyecto. Sin embargo, este peritaje considera que contribuiría a realizar una caracterización más detallada de la demanda de la zona, de gran utilidad en la gestión futura de los reservorios.

Así se podría analizar en el próximo futuro el alcance de la eventual mejora del servicio a la demanda proporcionado por los reservorios propuestos por el EIA, como impacto positivo que puede contribuir al convencimiento de la población afectada. Este análisis debería realizarse en el marco de las medidas de gestión ambiental del proyecto.

<sup>16</sup> Se indica que son valores estimados, y que la capacidad de almacenamiento podría ser algo menor, debido a fluctuaciones derivadas de la variabilidad de precipitaciones y descargas.

<sup>17</sup> Se indica que se ha considerado un volumen de 100.000 m<sup>3</sup>, para las lagunas Mala y Chica, que representaría una estimación conservadora.

#### 8.4.1.6 Conclusiones

El EIA ha manejado un conjunto correcto de datos, relativos a la hidrología de la zona afectada. Los problemas de escasez de datos, y de cobertura de detalle del área del proyecto, son los habituales en estudios de zonas nuevas.

La excepción a esa conclusión son los datos de caudal, puesto se instalaron tres puntos de control continuo pero sólo se consiguieron datos aceptables en uno de ellos, por la destrucción de las estaciones en actos vandálicos. Esto impidió disponer de datos suficientes en dos de los tres puntos que hubieran sido muy útiles para los estudios hidrológicos del EIA e incluso en el momento actual, tener 8 años que hubieran permitido la actualización continua de los modelos precipitación - escorrentía. De hecho, se deberían haber instalado más puntos de control continuo, para tener aforados los cinco puntos de descarga de las microcuencas, e incluso algunos puntos de más aguas abajo. Con esa información - si no se hubieran producido actos vandálicos - se podrían haber calibrado modelos precipitación - escorrentía en cada una. Anticipando comentarios posteriores realizados en 8.4.2.2, con esos datos adicionales se evitaría la incertidumbre latente en el hecho de suponer que los parámetros de la cuenca del Alto Chirimayo son válidos para el Jadibamba y Chailhuagón.

### 8.4.2 Estudios hidrológicos

#### 8.4.2.1 Precipitación y evaporación

Hay diversos análisis y estudios de la precipitación y evaporación de la zona, descritos con cierto detalle en el capítulo 3.2.3 Clima y meteorología y el Anexo 3.10 Hidrología, del EIA. Algunos de ellos buscan caracterizar estas variables en términos de parámetros estadísticos anuales y mensuales, a partir de los datos registrados en las distintas estaciones, sin más elaboración.

Los más importantes, para los estudios hidrológicos, son los que buscan definir una serie de precipitación diaria lo más larga posible, que pueda usarse en un modelo precipitación - escorrentía, para generar una serie de caudales diarios fiable, ante la falta de registros suficientemente largos en los puntos aforados. Este es el planteamiento habitual, seguido en cualquier estudio hidrológico, que suple la falta de datos de caudal con la relativa abundancia de datos de precipitación, y la potencia de análisis proporcionada por los modelos precipitación - escorrentía.

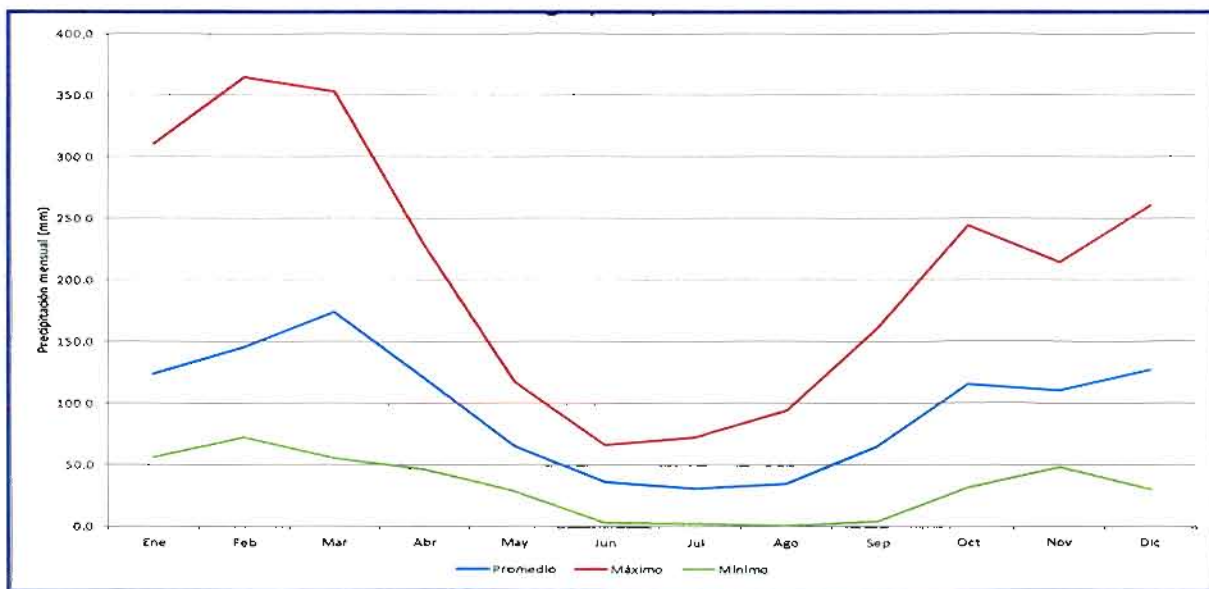
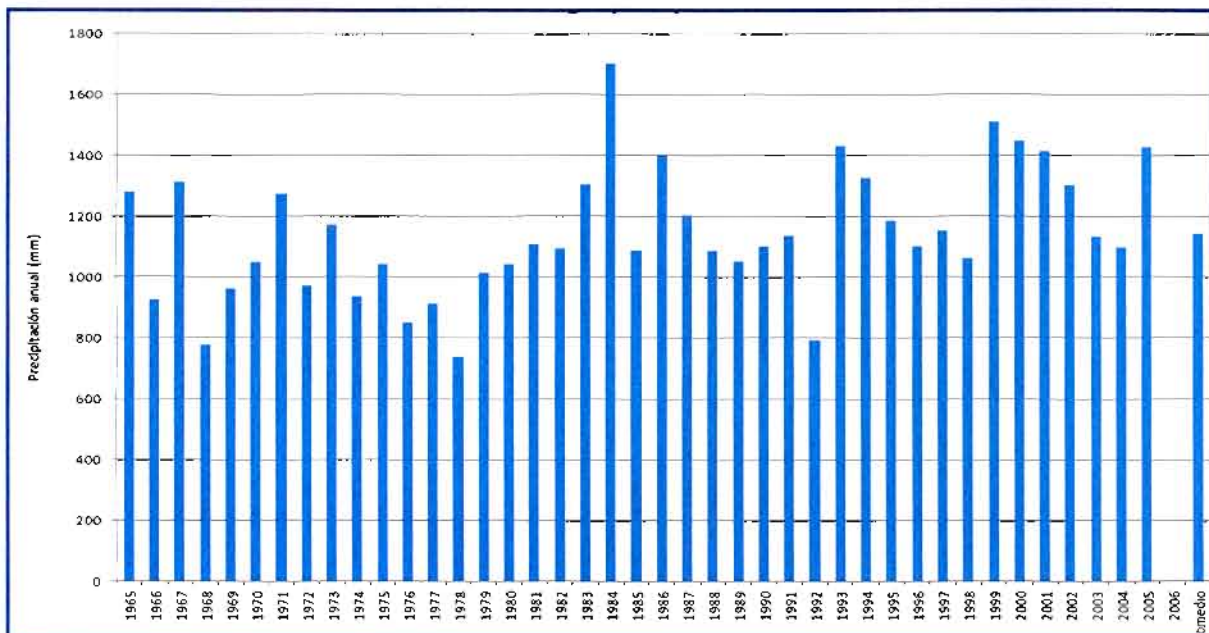
En efecto, estos instrumentos permiten definir los parámetros que caracterizan la hidrología de una cuenca, mediante el ajuste de los caudales calculados a los observados en una serie muy corta - de dos años de duración, o incluso uno - para luego generar la serie de caudales, usando como dato la serie disponible de precipitación.

Este ha sido el procedimiento usado en el EIA. El ajuste del modelo hidrológico se ha realizado suponiendo que la precipitación en la cuenca del Alto Chirimayo es la registrada en Old Minas Conga, entre el 01/11/2004 y el 28/2/2007, de dos años y cuatro meses de longitud. La serie de precipitación original de esa estación, se ha extendido y completado, para cubrir el periodo 1964-2008, mediante regresión con las estaciones cercanas, con mayor longitud de registro. Este procedimiento es universalmente aceptado para los análisis de precipitación, siempre que los coeficientes de correlación sean aceptables.

En el caso del EIA, en el Anexo 1 del Anexo 3.10, "Extrapolación de datos de las estaciones meteorológicas New Minas Conga y Old Minas Conga", se dan las ecuaciones de regresión que permitieron rellenar y extender la estación de Old Minas Conga con apoyo en las de Carachugo y Maqui Maqui - de MYRSL, situadas a cotas del orden de 4.000 m - con un  $R^2$  correcto del 93%. Previamente, los datos de estas estaciones, se completaron con otras estaciones del SENAMHI, con series más largas pero menor coeficiente de regresión, probablemente debido a estar a mayor

distancia y distinta altitud. En cualquier caso, los  $R^2$  se mantienen en valores superiores al 80%, y por tanto, aceptables<sup>18</sup>.

El resultado de estos análisis es una serie de precipitaciones mensuales en Old Minas Conga, que abarca de enero de 1965 a octubre de 2006 (Figura 45).



Fuente: Datos de Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010, y elaboración propia.

Figura 45. Serie estimada de precipitación en Old Minas Conga 1965-2006 (precipitación anual y precipitación mensual).

<sup>18</sup> No se han realizado comprobaciones numéricas, que están fuera del alcance de este peritaje

Otro tipo de estudios de precipitación han sido los encaminados a determinar las precipitaciones máximas en 24 horas, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 y 1000 años, necesarias para caracterizar el régimen de tormentas y para el diseño de las estructuras. El método de estimación usado ha sido el habitual, de ajuste de los datos históricos de cada estación mediante la distribución estadística de Valor Extremo Tipo I (Gumbel). Los valores obtenidos, para estaciones en altitudes cercanas a los 4.000 m, son del orden de 100 mm para los 100 años de periodo de retorno.

Además, se ha estimado la precipitación máxima probable (PMP), por un método estadístico simplificado, lo cual es correcto porque un estudio meteorológico detallado de este fenómeno debe hacerse a escala nacional. Los valores obtenidos varían entre 170 y 500 mm, en las estaciones con datos suficientes para hacer la estimación.

Estos valores se han calculado a efectos de caracterización meteorológica de la zona, y se utilizan para el cálculo de eventos específicos (100 años, 25 años, evento de 24 horas) para el diseño de los canales de derivación y en el cálculo de la PMF para el diseño de los aliviaderos de los reservorios, el vertedero del depósito de relaves.

En cuanto a evaporación, como se comentó en 8.4.1.2, se estimó por métodos teóricos, a falta de registros suficientes en las estaciones de la zona del proyecto, operadas por MYSRL. Concretamente se usó el modelo EPIC (*Erosion-Productivity Impact Calculator*), que utiliza datos de precipitación, temperatura y radiación solar. La media de la zona se estima en 1.211 mm en Old Minas Conga, y en 1.110 en New Minas Conga. Los valores mensuales en OMC varían entre un mínimo de 73 mm en junio y un máximo de 123,3 en enero.

La conclusión general, del análisis de los estudios meteorológicos, es que son correctos y adecuados a la información disponible que, por otra parte, es de la calidad y cobertura habitual en el caso de proyectos en zonas no desarrolladas previamente, como es el caso de Conga.

#### **8.4.2.2 Caudales en ríos y quebradas en situación actual y durante la explotación y cierre de la mina**

Los estudios de caudales circulantes en situación actual tienen un doble objetivo:

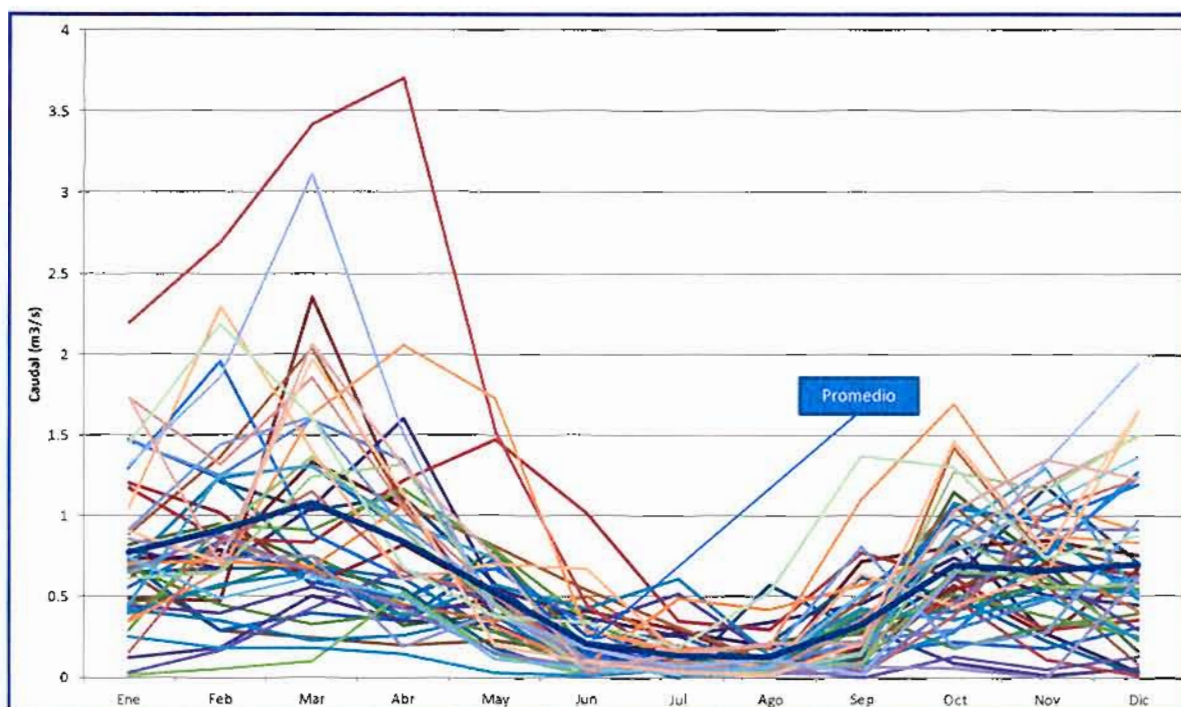
- ↳ Cumplir con las exigencias de la normativa sobre EIA de caracterización del régimen hídrico del área del proyecto.
- ↳ Definir los caudales bajos, que servirán de base para valorar la afección producida por la explotación de la mina, y los caudales de mitigación, que se proporcionarán para minimizarla.

La caracterización de los caudales se ha realizado por varios métodos, descritos tanto en la memoria del EIA, apartado 3.2.10.2, como en su Anexo 3.10. Se han evaluado tres variables de caudal en los llamados puntos de interés - (EIA, cuadro 3.2.27 y figura 3.2.17): caudales anuales, caudales mensuales y caudales máximos instantáneos, para distintos periodos de retorno.

Las dos primeras se han realizado para caracterizar, en líneas generales, el régimen de caudales de la zona, mediante métodos simples pero correctos; no se considera relevante comentar más sobre estos cálculos, porque sus resultados no se han empleado para la determinación de los caudales bajos, objetivo principal del análisis de caudales. En cualquier caso, es interesante observar la evolución de caudales en los 45 años de caudales mensuales estimados, en uno de los puntos de interés (Figura 46).

La tercera, caudales máximos instantáneos, además de caracterizar el régimen de avenidas, puede utilizarse para el diseño de estructuras, pero también es un análisis marginal, aunque obligado.





Fuente: datos de Knight Piésold Consulting Febrero de 2010, y elaboración propia.

Figura 46. Caudales de cada año de la serie 1964-2008 estimada en MC-11 (Alto Jadibamba, aguas abajo de la quebrada Lluspioc).

Sin embargo, este peritaje recomienda realizar una actualización continua de la estimación de caudales bajos de distinta probabilidad, a medida que se disponga de más datos, puesto que es la variable crítica para establecer la afección del proyecto.

En efecto, el problema de los usuarios de los recursos hidráulicos de la zona – como el de la mayor parte del Perú – es el déficit sistemático de agua en la época seca, a pesar de que suele haber grandes volúmenes sobrantes en la época húmeda, por lo que la afección a la capacidad de uso del agua se concentra en dicha época seca. La figura anterior muestra con claridad que, aunque en la época húmeda hay años que tienen poco caudal, en la seca siempre hay caudales bajos.

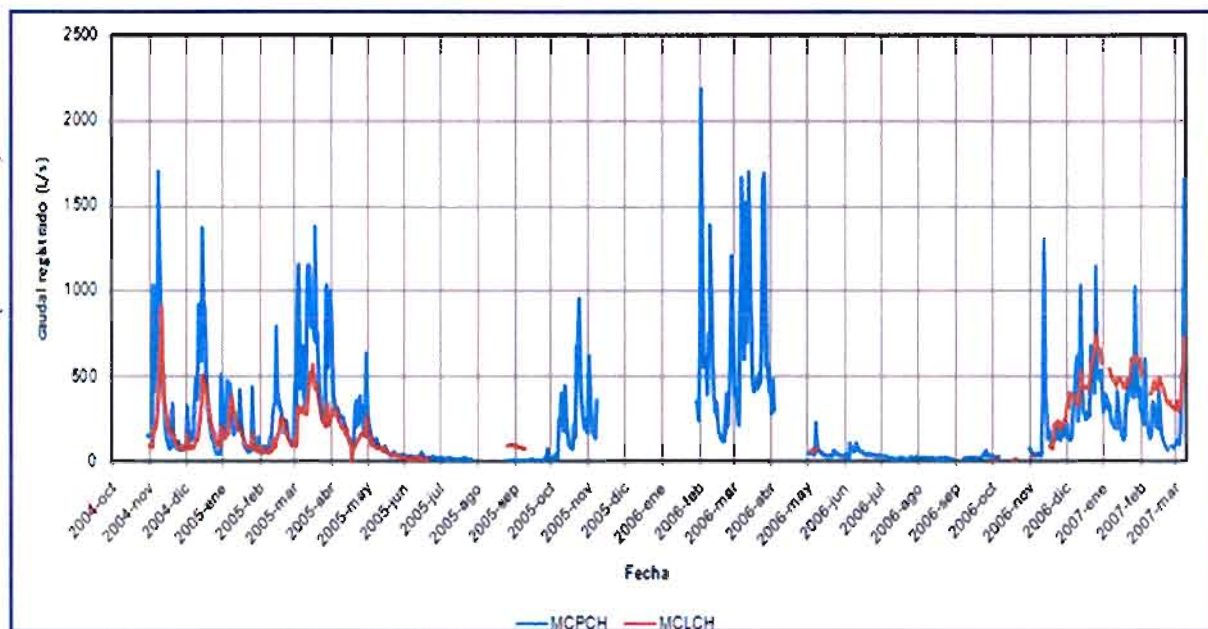
La metodología utilizada, para estimar los caudales bajos, es correcta y adecuada a la disponibilidad de datos históricos. El proceso se basa en el ajuste de modelos precipitación – escorrentía, en las subcuencas en que existan datos suficientes para ello. Estos modelos parten de datos de precipitación diaria y evapotranspiración potencial media mensual, representativas de la cuenca simulada. Con estos datos meteorológicos, y una serie de parámetros que representan las características hidrológicas de la cuenca, simulan el ciclo hidrológico a través de diversas ecuaciones, que reproducen la circulación diaria del agua, desde que cae sobre el terreno hasta que se evapora, almacena en el suelo o los acuíferos, o se incorpora al río. La comparación de los caudales calculados y los observados permite ajustar los parámetros hidrológicos, hasta conseguir el modelo más fiable posible.

La ventaja de este tipo de modelos es que si los caudales calculados se ajustan correctamente a los observados, en un periodo relativamente corto, de dos años en adelante, se puede asegurar que se conocen las características hidrológicas de la cuenca y el modelo calibrado puede usarse para generar series sintéticas similares a la histórica, a partir de series de precipitación de larga duración. De hecho constituye un procedimiento estándar, por su facilidad de aplicación y la transparencia de sus resultados.

El modelo utilizado ha sido el HFAM de Hydrocomp, Inc., un modelo de simulación continua de parámetros agregados (*lumped parameter model* que considera valores medios de los parámetros hidrológicos en la cuenca), que parte de la metodología básica del Stanford Watershed Model IV, origen de los múltiples modelos de este tipo que se usan en el mundo. La metodología está explicada con bastante detalle en el documento "Modelo de Caudal Bajo" adjunto al final del Anexo 3.10 del EIA.

Las fases del proceso, son:

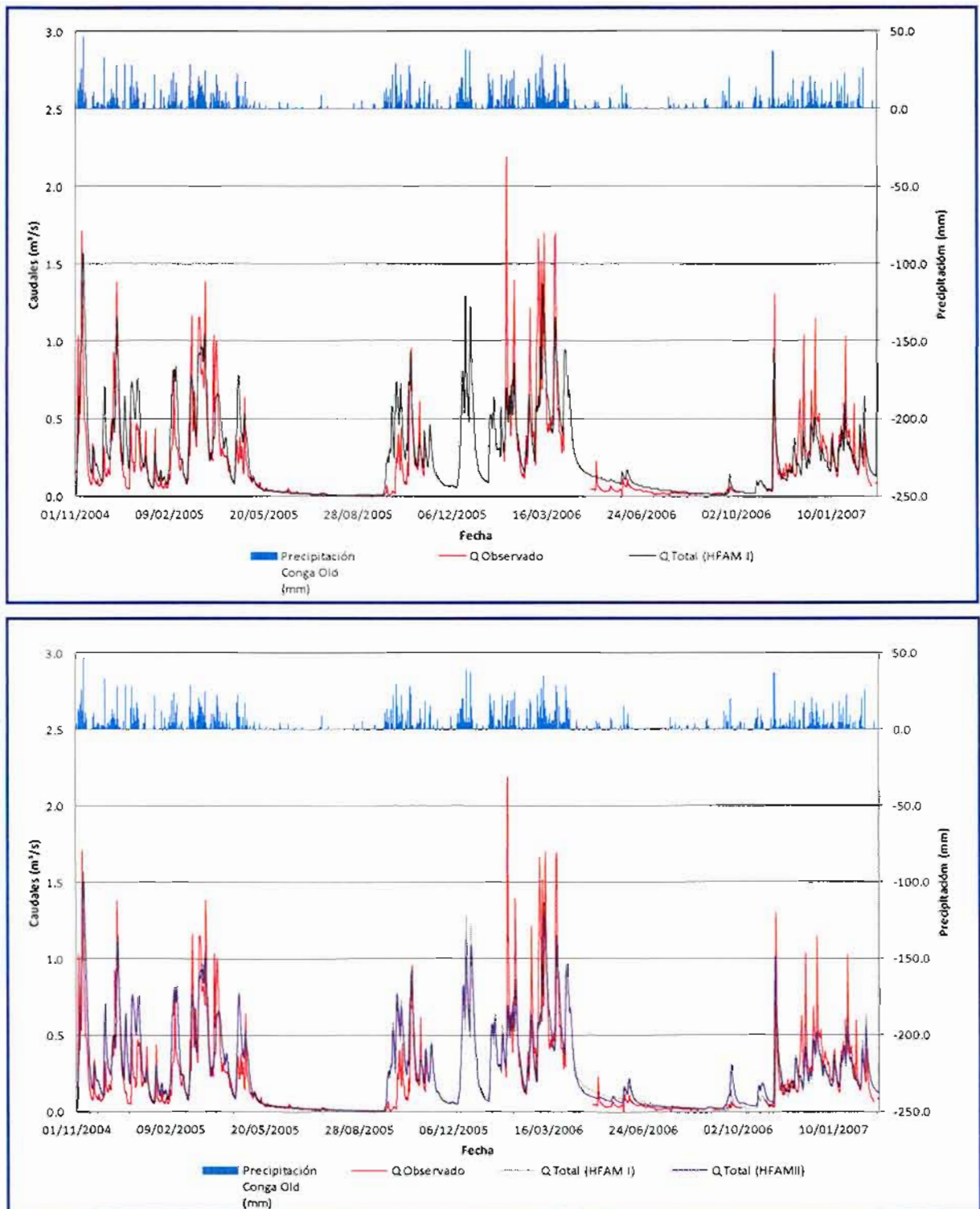
- Revisión de las series de datos de caudal diario existentes, para definir las cuencas en las que, en principio, sería posible calibrar un modelo. En el caso del EIA sólo se disponía de tres puntos de monitoreo continuo (ver 8.4.1.3), uno de los cuales sólo disponía de 29 días con dato, insuficientes para ajustar un modelo con garantías. Los otros dos tenían 649 y 347 días con dato, en principio suficientes para el ajuste. Sin embargo se descartó el segundo (punto MCLCH en el Chailhuagón), porque tenía muchos días sin dato en las dos épocas secas de la serie con registro (Figura 47). Por ello, se decidió construir un modelo de una sola cuenca, la MCPCH en el Alto Chirimayo, que se podía ajustar sobre una serie de dos años. Esta decisión es correcta, aunque hubiera sido recomendable hacer alguna comprobación de la validez de los parámetros ajustados, en el Alto Chirimayo, para la cuenca del MCLCH en el Chailhuagón.



Fuente: gráfico proporcionado por Knight Piésold Consulting, 2012.

Figura 47. Control continuo de caudales en las estaciones MCPCH y MCLCH.

- Selección de la serie de precipitación diaria representativa de la cuenca: se ha utilizado la correspondiente a la estación Old Minas Conga, obtenida por regresión con las estaciones cercanas con más datos (ver 8.4.2.1).
- Ajuste del modelo: consiste en la modificación de los parámetros hidrológicos que regulan los distintos procesos – infiltración, puntas, periodos de recesión... - con especial atención, en este caso, a las recesiones que se producen tras la interrupción de las lluvias, puesto que se busca estimar correctamente los caudales bajos. El EIA no da detalles del proceso, pero los resultados permiten calificar el ajuste de correcto, como se ve en la Figura 48, con algunos problemas que se comentan a continuación.



Fuente: datos proporcionados por Knight Piésold Consulting (2012) y elaboración propia.  
 Figura superior: Caudales simulados (HFAM I) y observados en la estación MCPCH.  
 Figura inferior: Caudales simulados (HFAM I y HFAM II) y observados en la estación MCPCH.

Figura 48. Resultados del modelo ajustado en la estación MCPCH.

☞ El gráfico superior corresponde al ajuste presentado en el EIA, al que se ha añadido la precipitación; el inferior compara este ajuste con el obtenido en los trabajos de actualización que se están ejecutando, tras la edición del EIA - con una nueva versión del modelo (HFAM II) - que mejora un poco el ajuste anterior, particularmente en los periodos secos, lo que confirma las conclusiones del modelo inicial. El análisis del ajuste produce las siguientes conclusiones:

- El error de ajuste de los volúmenes calculados, respecto a los observados, es del 11% (gráfico intermedio de la Figura 49), cifra que incluye los errores de las medidas de precipitación y/o caudales, frecuentes en épocas húmedas. Sin embargo, el error aumenta mucho si se considera sólo el volumen obtenido en las dos épocas secas simuladas, de junio a septiembre de 2005 y 2006, que es un 53% mayor que el observado (gráfico inferior de la Figura 49).
- Este error en el volumen calculado en las épocas secas se debe a que, si se analiza en detalle su ajuste, se aprecia que la caída de caudal en los días posteriores a las precipitaciones es bastante más brusca en los observados que en los calculados (zonas remarcadas, gráfico superior de la Figura 49).
- Los gráficos de volúmenes acumulados, para toda la serie y para los dos periodos junio - septiembre, resaltan la sistemática sobreestimación de los caudales calculados.
- Por tanto, se concluye que se debería mejorar el ajuste, particularmente en las épocas secas, porque el adoptado tiende a producir una sobreestimación de los caudales mínimos. En cualquier caso, es un ajuste aceptable, dentro de las dificultades que presentan las zonas con pocos datos como la de Conga.

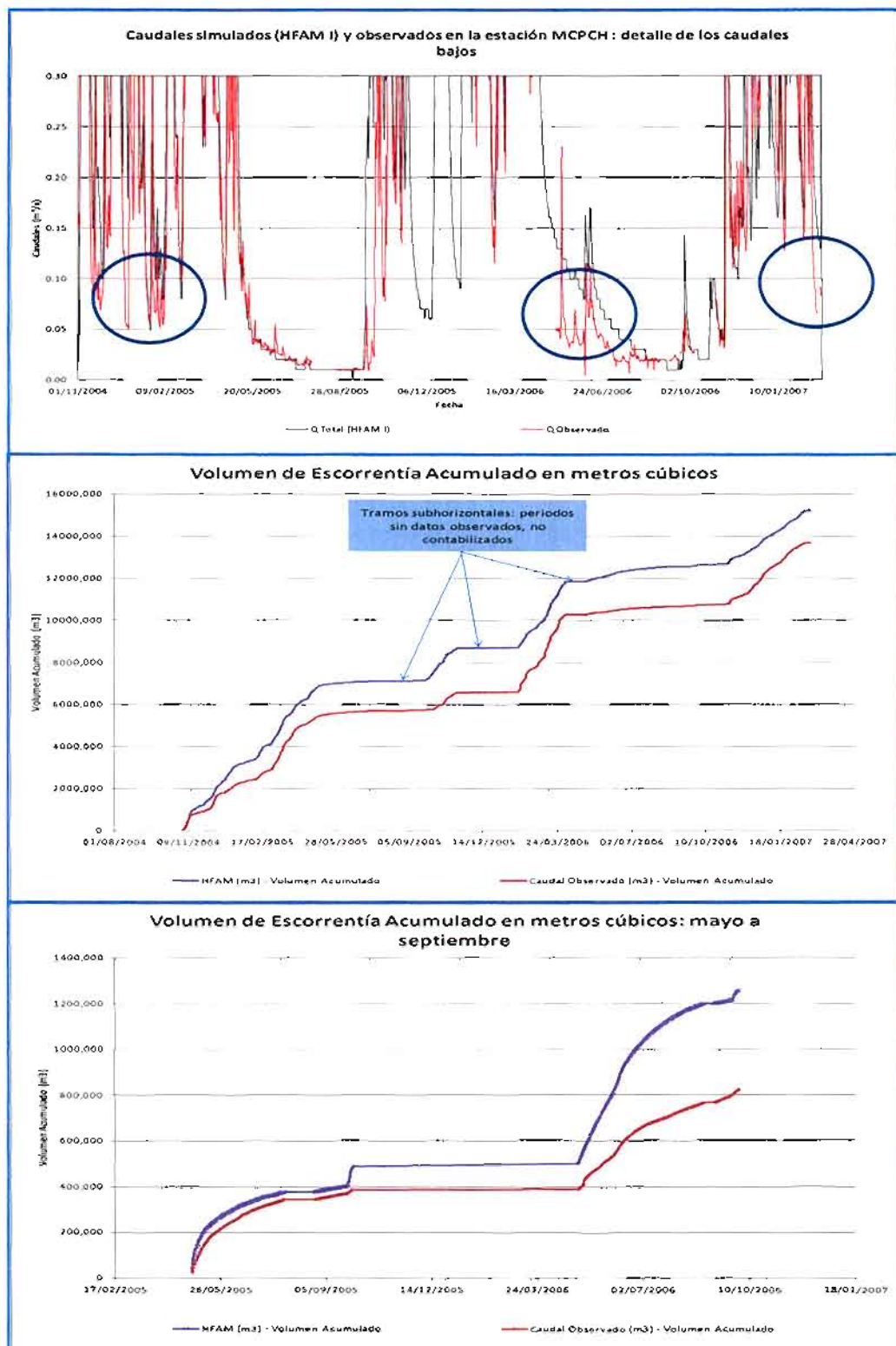
☞ El mayor efecto de la sobreestimación de los caudales<sup>19</sup>, por el modelo, se traduce en que:

- Los caudales bajos calculados por el modelo tienden a ser mayores que los reales de la situación actual, y los caudales de mitigación también superiores, puesto que la afección del proyecto que es igual en términos relativos, aumenta en términos absolutos.
- En principio, esta sobreestimación favorecería los intereses de la población afectada, que recibiría unos caudales de mitigación mayores.
- Sin embargo, la capacidad de regulación de los reservorios podría disminuir, al bajar los caudales naturales entrantes a ellos, ya que el volumen acumulado calculado es mayor que el observado.
- Adelantando ideas, comentadas en los párrafos siguientes, la capacidad de regulación demostrada en el EIA es sobrada, puesto que se producen sistemáticamente vertidos grandes, como muestra la situación de embalses llenos. Por lo tanto, en opinión de este peritaje<sup>20</sup>, los reservorios serían capaces de servir los caudales de mitigación previstos, aunque los caudales naturales fueran menores que los calculados por el modelo.

☞ Aún con los problemas de ajuste indicados, el rápido vaciado del sistema acuífero superficial (cutáneo), que reflejan los hidrogramas, permite descartar la existencia de una salida subterránea significativa, a otros sistemas, a través del flujo subterráneo profundo. La componente de caudal base producida en la cuenca, por infiltración al acuífero superficial cutáneo, drena rápidamente al río.

<sup>19</sup> No se trata de un comentario descalificador, sino de un término habitualmente usado en hidrología.

<sup>20</sup> Hay que recordar que todas estas opiniones se basan exclusivamente en el análisis de los resultados, puesto que no se han podido realizar comprobaciones numéricas de los datos ni del funcionamiento de los modelos.



Fuente: datos proporcionados por Knight Piésold Consulting (2012) y elaboración propia

Figura 49. Detalles del modelo ajustado en la estación MCPCH: ajuste de caudales en épocas secas y de volúmenes en la serie completa y en épocas secas.

En la nueva versión del modelo (HFAM II), realizada como parte de las actualizaciones que lleva a cabo la empresa minera, se distinguen las tres componentes del flujo, superficial, interflujo y flujo de base. El porcentaje de interflujo es muy alto, del 73%, frente a sólo el 2% de escorrentía superficial. Analizando este aparente problema, hay que recordar que el interflujo es, en realidad, una conceptualización que usa este tipo de modelos para representar un flujo esencialmente superficial, que tiene un ligero retardo en su incorporación al caudal del río, respecto al puramente superficial. Por lo tanto, ambas componentes deben sumarse, puesto que son difíciles de distinguir entre sí, pero se diferencian netamente del caudal de base. En la zona de Conga, el interflujo, o flujo subcutáneo, puede ser el caudal que se infiltra en la superficie del suelo donde circula, aunque ocasionalmente puede aflorar en pequeños manantiales y reinfiltrarse.

- ↳ Una vez ajustado el modelo con la calidad indicada, se puede suponer conocida la hidrología de la cuenca del punto MCPCH, la cabecera del Alto Chirimayo.
- ↳ Por tanto, el modelo está preparado para estimar caudales en la cuenca, a partir de series de precipitación representativas de un periodo largo. En el EIA se ha utilizado una serie aleatoria de 21 años de precipitación, con la distribución estadística de la serie histórica en Old Minas Conga.
  - Sin embargo, el modelo está ajustado para una cuenca del Alto Chirimayo, pero no para subcuencas de las cuencas de los restantes puntos clave, ya que no se disponía de datos de control continuo de caudales, para calibración de modelos propios.
  - Ante esta dificultad, el EIA aplicó el método habitual de transferencia de los parámetros ajustados en el Chirimayo a las cuencas de los ríos Alto Jadibamba y Chailhuagón, "pues estas cuencas de drenaje tienen geología y recarga similares a las de la quebrada Alto Chirimayo". Sin embargo, se considera que no es posible hacerlo para la quebrada Toromacho, por tener características diferentes, por lo que usa un método alternativo.
  - La transferencia de parámetros a cuencas similares es práctica aceptada, en los estudios hidrológicos. En este caso sería interesante comprobar la calidad del ajuste con los datos registrados en MCLCH en el Chailhuagón, aunque tuvieran huecos en los periodos secos.
  - Las series de 21 años de caudales diarios, en los puntos necesarios, se valoran estadísticamente con una metodología de análisis de caudales bajos, en términos de probabilidad de que el caudal mínimo de 7 días de un año sea menor que el calculado. Esta metodología, clásica para caudales máximos que se comportan como valores puntuales estadísticamente independientes - y ampliamente utilizados también para caudales bajos -, no tiene en cuenta la persistencia de caudales bajos en periodos sin lluvias. En efecto, los caudales mínimos de 7 días no son sucesos aislados, sino que en gran medida dependen de la extensión del periodo sin lluvia, y de la magnitud de las precipitaciones antecedentes, y no cumplen la hipótesis de independencia de los sucesos analizados, en que se basa el método empleado. Por ello, habría sido más conveniente enfocar el análisis hacia los percentiles de caudal, que reflejan tanto la magnitud como la persistencia, y dan una imagen más clara del funcionamiento de la cuenca en periodos secos.
  - Los valores obtenidos se presentan en el cuadro 3.2.58 de la Memoria del EIA, para probabilidades de presentación entre el 1 y el 99%, que se reproduce en la Tabla 10, porque es uno de los puntos críticos del estudio de las aguas superficiales.
  - Dentro de esta gama de probabilidades, el EIA seleccionó la del 50% "como el más representativo del caudal base pronosticado en el área del proyecto". Es una hipótesis correcta, ya que el periodo de retorno de 2 años, al que corresponde,

indica que es – aproximadamente, dependiendo de la distribución estadística de la variable – el caudal mínimo medio anual.

**Cuadro 3.2.58**  
**Resumen de caudales bajos (L/s) de 7 días, N años en ubicaciones seleccionadas**

Cuenca	Punto clave	Periodo de retorno (N) en años <sup>(1)</sup>									Caudales medidos durante la temporada seca (ago-sep) (L/s)
		100	50	20	10	5	2	1,25	1,11	1,01	
		Probabilidad que Q < q (decimal)									
		0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9	0,99	
Alto Jadibamba	MC-12	2.9	3.4	4.2	5	6.3	9,7	14.9	18.7	32	10 - 20
	MC-11	13.4	15.3	18.8	22.5	28.1	42,8	65.3	81.4	137	4 - 28
Chailuagón	MC-02	5.5	6.4	8	9.7	12.3	19,4	30.5	38.6	47	4 - 14
	PCHA-1	3	3	4	5	6	10	15	19	32	
Alto Chirimayo	MC-08	5.7	6.6	8.3	10	12.7	19,8	31.1	39.3	68.5	11 - 29
Toromacho <sup>(2)</sup>	MC-22	0.02	0.02	0.03	0.05	0.07	0,15	0.32	0.49	1.3	0.03 - 1.3

(1) En base a una distribución lognormal de 2 parámetros incluidos en 21 años de valores de caudal bajo anual.

(2) En base a correlaciones con mediciones de caudal simultáneas en las Estaciones MC-08 y MC-12.

Fuente: Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010

**Tabla 10. Caudales bajos en situación actual (línea de base).**

- Hay que observar que el rango de caudales que se maneja, en la zona afectada, es del orden de decenas de litros por segundo, muy lejos de los caudales medios de 6.000 L/s del río Cajamarca en la estación de aforos de Jesús Túnel, o de los 9.000 L/s de Llaucano-Corellama en el Llaucano. Por tanto, la afección del proyecto al caudal de esas cuencas sería insignificante, aún en el caso de que se eliminaran totalmente las aportaciones del área del proyecto.
- ↳ El cálculo de los caudales, tras la afección del proyecto, es sencillo. Como este tipo de modelos supone características medias de la cuenca<sup>21</sup> – que para áreas tan pequeñas es una hipótesis correcta – basta con aplicar a los caudales calculados la proporción de áreas entre la cuenca restante al quitar la superficie afectada por la actividad minera y la total actual.
  - La tabla 5.2.13 (Tabla 11), es el resultado de realizar estas operaciones, para definir los caudales de mitigación. Se puede comprobar que los caudales en minado se han obtenido aplicando la proporción de superficies.
  - Hay una incoherencia de escasa importancia entre los caudales del cuadro anterior y los de esta tabla, aparentemente debido a un error de tipeo en el EIA. En la cuenca del MC-22 de la quebrada Toromacho, tiene 0,15 L/s en el cuadro y 1,5 en la tabla. Knight Piésold ha comunicado verbalmente que los valores correctos son

<sup>21</sup> Es un modelo de parámetros englobados, "lumped parameter model" en terminología anglosajona

los del cuadro 3.2.58 y, sin embargo, tanto en la memoria como en el levantamiento de observaciones, se hace referencia al caudal erróneo. Este valor debería corregirse, en el marco de las recomendaciones de este peritaje, junto con la reelaboración del balance hídrico, que se comenta a continuación, que en la versión presentada en el EIA aplica unos caudales de mitigación diferentes a los de la tabla 5.2.13, por razones que se comentan posteriormente.

**TABLA 5.2.13**  
Comparación de caudales mínimos (L/s) de pre-minado y minado en puntos clave

Cuenca	Código	Periodo	Área de Cuenca km <sup>2</sup>	Caudales medidos durante la temporada seca (ago-sep) (L/s)	Caudales Mínimos Modelados (L/s)	Caudal de Reducción/Mitigación (L/s)
Alto Jadibamba	MC-12	Pre-minado	7,4	10 - 20	9,7	0,0
		Minado	7,4		9,7	
		% de reducción	0%			
	MC-11	Pre-minado	21,9	4-28	42,8	33,1
		Minado	11,8		23,0	
% de reducción		46%				
Chailhuagon	PCHA-1	Pre-minado	8,3	0,7-18,2	9,7	0,0
		Minado	8,3		9,7	
		% de reducción	0%			
	MC-02	Pre-minado	14,5	4-14	19,4	9,7
		Minado	12,5		16,7	
% de reducción		14%				
Alto Chinmayo	MC-08	Pre-minado	15	11-29	19,8	7,3
		Minado	9,5		12,5	
		% de reducción	37%			
Toromacho	MC-22	Pre-minado	2,1	0,03-1,3	1,5	0,9
		Minado	0,82		0,57	
		% de reducción	62%			

Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010

Tabla 11. Caudales mínimos de pre-minado y minado en puntos clave.

- Por tanto, para reponer el caudal natural de referencia de 42,8 L/s en MC-11, en la época seca, aguas abajo de la quebrada Lluspioc, el reservorio Inferior deberá soltar 33,1 L/s, ya que los 9,7 L/s de ésta no son afectados por el proyecto.
- De igual forma, el reservorio Chailhuagón deberá desembalsar 9,7 L/s en la época seca, para reponer el caudal natural de 19,4 L/s de MC-02, ya que la cuenca del PCHA-1, no afectada, seguirá aportando 9,7 L/s (si el valor de 9,7 L/s de PCHA-1 fuera 10 L/s, como indica el cuadro 3.2.58, en lugar de 9,7, el caudal de mitigación sería menor, de 9,4 L/s).
- El reservorio Perol tendrá que aportar 7,3 L/s, para compensar el descenso de 19,8 L/s a 12,5 L/s tras el minado
- El reservorio Superior tiene que desembalsar 0,9 L/s para compensar la pérdida del Toromacho, según la tabla 5.2.13. Sin embargo, con el valor correcto del caudal natural en MC-22 de 0,15 L/s, el caudal tras el minado sería de 0,06 L/s y el de mitigación de 0,09 L/s

A la vista del resumen anterior, se concluye que el estudio de los caudales, naturales y afectados por el minado, se ha realizado con métodos habitualmente usados en este tipo de trabajos, y con resultados aceptables. Sin embargo, hay algunas observaciones respecto a los métodos y a su aplicación, que obligan a hacer las siguientes recomendaciones:



- ☞ Deberá intentarse la mejora del ajuste de los periodos secos del modelo precipitación – escorrentía de la subcuenca MCPCH del Alto Chirimayo. Habría sido conveniente extender el periodo de ajuste aprovechando los registros de caudal posteriores a febrero del 2007, pero el sensor de caudal fue destruido en esa fecha y no se ha repuesto.
- ☞ Una vez reajustado el modelo, se deberá verificar con los caudales de la subcuenca MCLCH del Chailhuagón.
- ☞ En esta línea, se recomienda reponer los puntos de monitoreo MCLCH y MCPCH – que controlan las microcuencas del Chailhuagón y Alto Chirimayo - y establecer al menos otros dos, uno en el Alto Jadibamba, en el punto MC-11 o aguas arriba de la confluencia con la quebrada Lluspioc, y otro en el Toromacho, en MC-22. Hay que reconocer la dificultad de mantener operativas este tipo de instalaciones, por las numerosas oportunidades de vandalismo que permite su remoto emplazamiento.
- ☞ Tanto si se produce un nuevo ajuste del modelo como si no, se recomienda rehacer los análisis de caudales bajos, en términos de percentiles, que dan una imagen más clara del funcionamiento de la cuenca en periodos secos, y es la metodología usada habitualmente para definir caudales ecológicos o de mantenimiento<sup>22</sup>

#### 8.4.2.3 Modificaciones de la red de drenaje

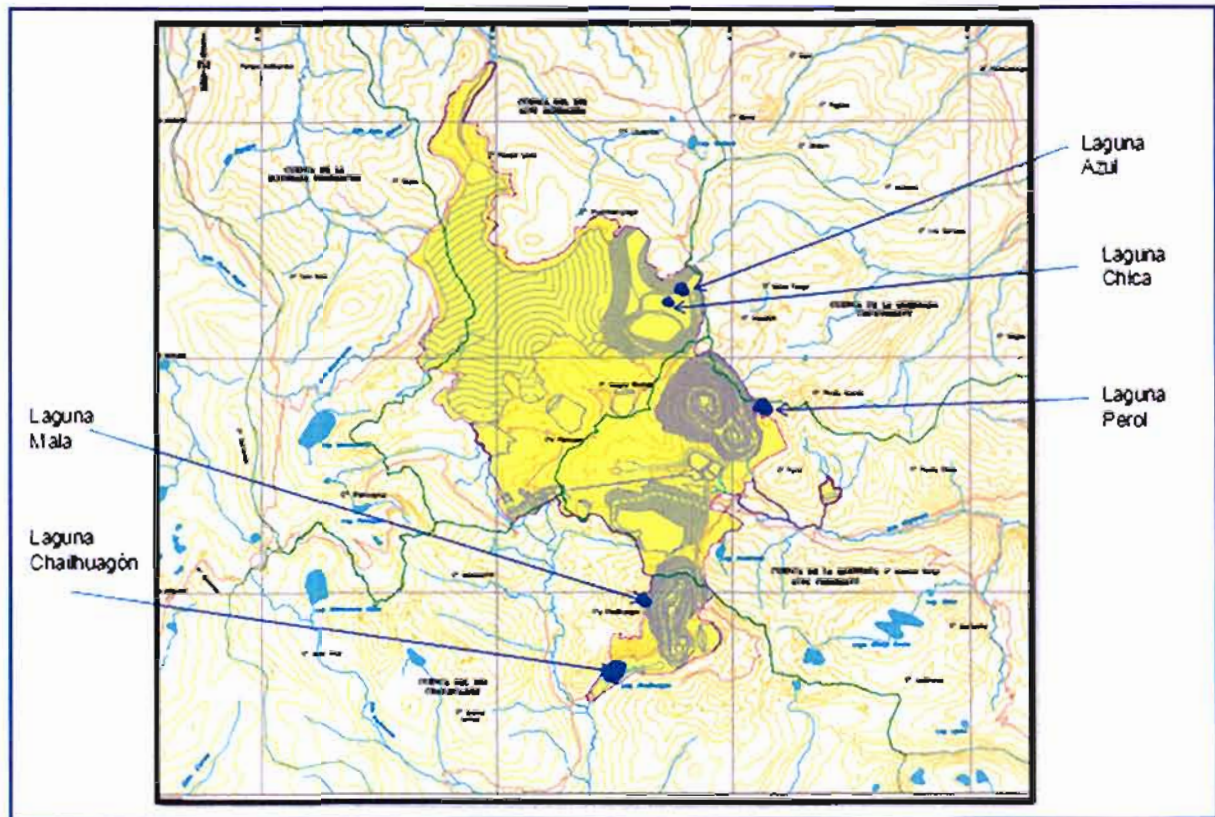
En el apartado anterior se han discutido los aspectos numéricos de la estimación de caudales en la zona. Además, existe una afección a la red de drenaje que se puede concretar en la desaparición de las cuatro lagunas (Figura 50) y de 103 ha de bofedales, sin olvidar la afección del proyecto a las cabeceras de las cuencas. A continuación se comentan estas afecciones con referencia exclusiva al componente superficial del balance hídrico, sin entrar en consideraciones ambientales que están fuera del alcance de este peritaje.

Las lagunas son depresiones naturales, formadas por la actividad glaciar, en las que se acumula el agua de escorrentía por el efecto represa, producido por las morrenas que forman una barrera impermeable, en la salida natural del agua (Fotografía 20). Las lagunas juegan, dentro de la red de drenaje, el papel de reservorios con poca capacidad de regulación, y con área limitada de cuenca colectora.

Su funcionamiento hidrológico, en época húmeda, se limita a recoger agua de precipitación directa, escorrentía superficial de sus propias cuencas, y caudales de interflujo, incrementando sus reservas hasta alcanzar la cota de desagüe de la morrena de cierre. A partir de ese momento, el caudal entrante se compensa con el saliente a los ríos, la evaporación y, ocasionalmente, con pequeñas variaciones de nivel.

En época seca se rompe el equilibrio, porque el caudal entrante comienza a disminuir, dando lugar a un descenso de nivel, hasta llegar al punto en que la laguna no puede desaguar al cauce. Entonces se alcanza una nueva situación de equilibrio inestable, en que el caudal entrante se compensa con la evaporación y variaciones del nivel de la laguna. Pueden producirse algunas filtraciones hacia el acuífero superficial, pero deben ser insignificantes, dada la naturaleza poco permeable de los rellenos limosos del fondo de las lagunas, y de los materiales subyacentes y la pequeña superficie de infiltración.

<sup>22</sup> Por ejemplo, la llamada Norma Suiza. Gobierno Federal de Suiza, 1995, utiliza como referencia el  $Q_{347}$ , caudal que es superado 347 de los 365 días del año.



Fuente: Knight Piésold Consulting, Febrero de 2012

Figura 50. Lagunas afectadas por el proyecto.



Fotografía 20. Laguna Chailhuagón y cauce de descarga.

Por tanto, desde el punto de vista hidrológico, las lagunas funcionan como zonas receptoras que recogen agua en épocas húmedas y devuelven al río el volumen sobrante. En épocas secas sólo

ceden agua al acuífero en cantidades muy pequeñas, y pierden parte de sus reservas por evaporación. Como consecuencia, no constituyen una fuente de recursos para el sistema.

La segunda afección a la red de drenaje es la eliminación de 103 ha de bofedales, humedales andinos constituidos por turba y vegetación con humedad cuasi permanente, prácticamente encharcados (Fotografía 21). El apartado 3.5.3 del EIA presenta una caracterización completa de estas formaciones, apoyada en dos estudios específicos de la FDA y Maxim, que no se valoran en este peritaje.

En términos de contribución al sistema de flujo, se ha discutido mucho sobre el papel de los bofedales, como elementos reguladores naturales, que retienen agua en la época húmeda y la devuelven a la red de drenaje, en época seca.

En opinión de este peritaje, su aportación a los ríos y quebradas en periodos secos es mínima, como demuestra la caída brusca del caudal de los ríos, cuando cesan las precipitaciones. Hay que considerar que la velocidad de circulación del agua es muy limitada en estos materiales, lo que ralentiza su aportación a los cauces y, a la vez, aumenta el plazo de exposición a la evapotranspiración, que debe ser muy elevada.

Haciendo un simple análisis volumétrico, se llega a la conclusión de que 100 ha que cedieran 20 cm de nivel, en cuatro meses de la época seca, suponiendo una capacidad de almacenamiento del 50%, aportarían un caudal constante de 10 L/s, cifra significativa pero una pequeña fracción de los caudales bajos estimados en el área de proyecto, que suman unos 80 L/s.

La conclusión es que, aparte de su indudable valor ambiental y paisajístico, los bofedales – en términos de producción hídrica - proporcionarían un caudal de estiaje poco significativo y que, en todo caso, están considerados implícitamente en los análisis realizados con el modelo HFAM.



Fotografía 21. Bofedales: vista desde helicóptero y detalle.

El último tipo de elemento de la red de drenaje, afectado por el proyecto, son las cabeceras de cuenca. Este no es un elemento físico, como las lagunas o los bofedales, sino un concepto hidrológico que es nuevo para este peritaje, si se toma en el sentido de un área geográfica determinada, y no como simple referencia abstracta a la parte alta de las cuencas. La mayor novedad a este respecto es que la Ley de Recursos Hídricos del Perú (República del Perú, 2009) incluye el concepto de cabecera de cuenca de forma explícita, y no se conocen otros países que lo hagan así.

En sentido general, se pueden encontrar referencias, directas o indirectas, a las cabeceras de cuenca que, indudablemente, pueden tener gran importancia para la generación de los recursos hidráulicos de la zona. Por ejemplo, hay un texto colombiano (Prieto, 2004), que, con las reservas del

caso debidas a la diferencia entre las cuencas colombianas y el área del proyecto Conga, resalta el papel desempeñado por las cabeceras de cuenca:

*"La abundancia o escasez -de agua- en un área determinada depende de las lluvias y su flujo en tal área, así como su evaporación y absorción. La acción benéfica de los bosques sobre las aguas es evidente al retenerla, frenarla en su descenso, mantener limpio su curso e impidiendo con su retención las sequías, el arrastre de la tierra y las inundaciones. La protección del agua empieza en las cabeceras de las montañas, donde los páramos y nevados son las áreas generadoras de agua, y las cuencas de alta montaña originan los caudales de agua. Allí es necesario cuidar musgos, vegetación herbácea, arbustiva y arbórea especialmente, y usar la tierra teniendo en cuenta la defensa de las cuencas. Pues cuando el efecto regulador se pierde en la cabecera, se inicia un creciente arrastre de partículas que van produciendo el agotamiento y la pérdida del suelo, la turbulencia de las aguas, la deposición de materiales, los deslizamientos, etc., hasta llegar a las grandes e inevitables catástrofes. El efecto regulador de las corrientes de agua se va perdiendo desapercibida y crecientemente en las cabeceras de las pequeñas vertientes que constituyen las grandes cuencas"*

Sin embargo, es un hecho que la Ley de Recursos Hídricos del Perú cita este concepto, en los artículos 6, 15 y 75, por lo que es obligado hacer referencia a su aplicación en el proyecto Conga. El problema estriba en la Ley no fija, ni parece que existan en otras fuentes, criterios técnicos para definir la extensión de la cabecera de cuenca, en cada caso concreto, lo que introduce una fuerte ambigüedad en el manejo de este concepto. La referencia más específica, está en su Artículo 75 que dice:

**Artículo 75.- Protección del agua**

*La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la Ley y demás normas aplicables. Para dicho fin, puede coordinar con las instituciones públicas competentes y los diferentes usuarios.*

*La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca correspondiente, ejerce funciones de vigilancia y fiscalización con el fin de prevenir y combatir los efectos de la contaminación del mar, ríos y lagos en lo que le corresponda. Puede coordinar, para tal efecto, con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y los gobiernos locales.*

*El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan las aguas. La Autoridad Nacional, con opinión del Ministerio del Ambiente, puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho para uso, disposición o vertimiento de agua.*

Para analizar la aplicabilidad de este artículo, al caso de Conga, hay que partir de la evidencia de que la zona afectada por el proyecto forma parte de las cabeceras de cuenca, de las cinco microcuencas afectadas, puesto que se sitúa en las cotas más altas de éstas, aunque no se puede decir hasta dónde llegan dichas cabeceras. Con este preámbulo, se puede pasar a analizar el artículo 75 de la Ley.

Su primera referencia a las cabeceras de cuenca se encuentra en la frase "El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan las aguas", lo cual es indiscutible, aunque de ahí no se puede deducir que las cabeceras de cuenca sean la única fuente de todas las aguas de la cuenca. En términos hidrológicos, la fuente de agua es la precipitación, que al caer sobre el terreno comienza el llamado ciclo hidrológico, que acaba con la incorporación de parte del agua de lluvia a los ríos y finalmente al mar.

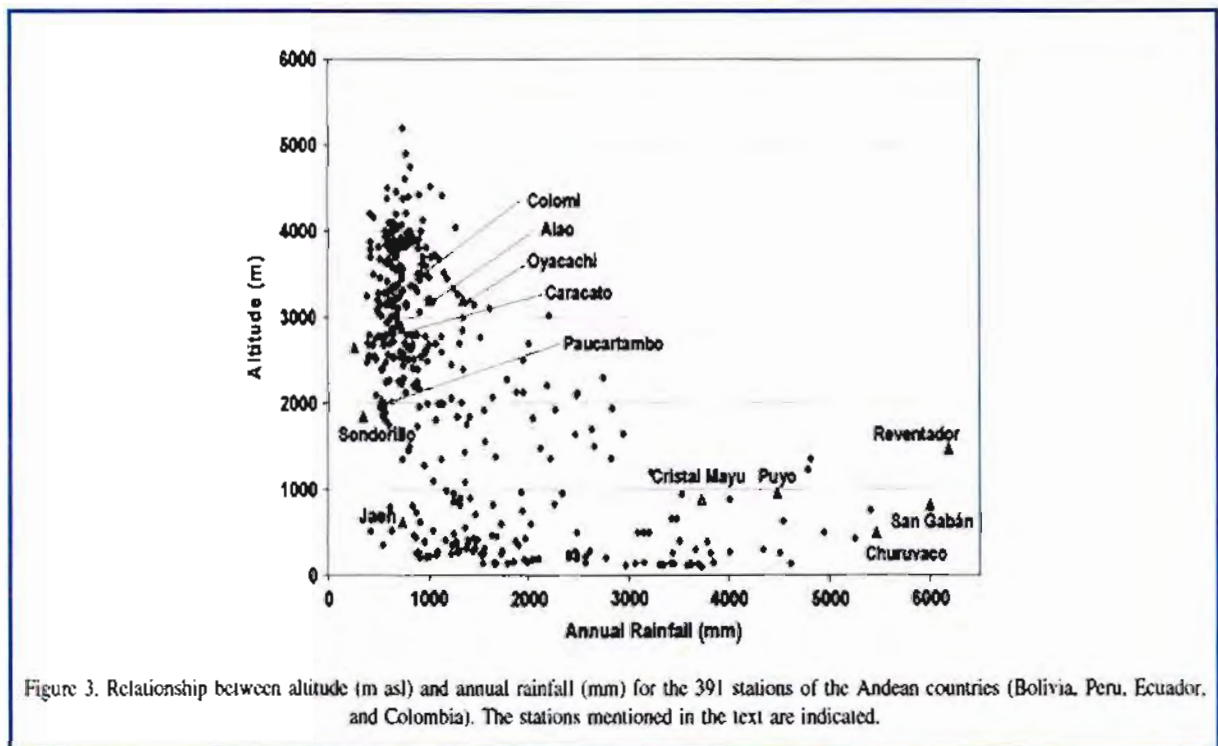
La cantidad de agua que se origina en cada punto de una cuenca es función de la magnitud de la precipitación y, simplificando el proceso, de las pérdidas por evapotranspiración, es decir, de la llamada precipitación efectiva. Ambas variables dependen de las características meteorológicas y fisiográficas de la zona estudiada. En cuanto a la magnitud de la precipitación, generalmente es mayor en cotas más altas, pero hay numerosas excepciones a esa regla. Por ejemplo, en el Perú,

podría decirse que es cierto en las cuencas del Pacífico, pero no puede asegurarse en toda la extensión de las cuencas del Atlántico.

Por otra parte tenemos el concepto de "óptimo pluvial", que significa que en zonas de alta montaña las precipitaciones se incrementan con la altitud, hasta una cierta cota (óptimo pluvial), a partir de la cual disminuyen, debido a que las "nubes bajas", producen precipitaciones a cotas inferiores. Este proceso es real en la zona que nos ocupa, por lo que no son precisamente las cabeceras de cuenca las que reciben mayor aporte por precipitación, como parece se quiere transmitir a la población.

Por ejemplo, en el informe de la Fase I del proyecto auspiciado por Los Gobiernos de Colombia y Ecuador y la Secretaria General de la OEA<sup>23</sup> "Plan de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas de los Ríos San Miguel y Putumayo", se puede leer textualmente "En el mapa de isoyetas se puede apreciar la distribución geográfica de las precipitaciones, la que responden a un patrón sencillo, es decir, aumento de las precipitaciones hasta determinada faja de altitud (1 000 a 1 200 mm), para después comenzar a descender con la altura."

Para confirmar estos argumentos, se realizaron consultas con técnicos del SENAMHI que enviaron referencias más concretas sobre la relación precipitación – altitud en la cuenca amazónica y, en particular, en el Perú. A este respecto, hay que destacar específicamente dos artículos de publicaciones científicas. En Espinoza, J. C., et al., 2008 se presenta la relación para toda la cuenca amazónica (Figura 51). Se observa que para altitudes comprendidas entre 2.500 y 5.000 m, la precipitación se mantiene en un rango muy limitado de unos 700 a 1.200 mm/año



Fuente: Espinoza, J. C., et al. 2008

Figura 51. Relación precipitación vs. altitud en 391 estaciones pluviométricas de la cuenca amazónica de los países andinos

<sup>23</sup> Estudios de diagnóstico realizados por las Unidades Técnicas Ecuatorana y Colombiana, así como los trabajos del Departamento de Desarrollo Regional de la OEA, dentro del Plan de las Cuencas San Miguel y Putumayo.

En Lavado, Ronchail, Labat, Espinoza, Guyot. 2012, hay una referencia más concreta a la precipitación en el Perú (Figura 52). Si se compara la precipitación a altitudes mayores de 2.000 m en las vertientes pacífica y atlántica, se ve que mientras que en aquella hay una tendencia – poco acusada - a aumentar con la cota, en la amazónica se estabiliza en los alrededores de 1.000 mm/año, si bien el gráfico no es lo suficientemente detallado para precisar.

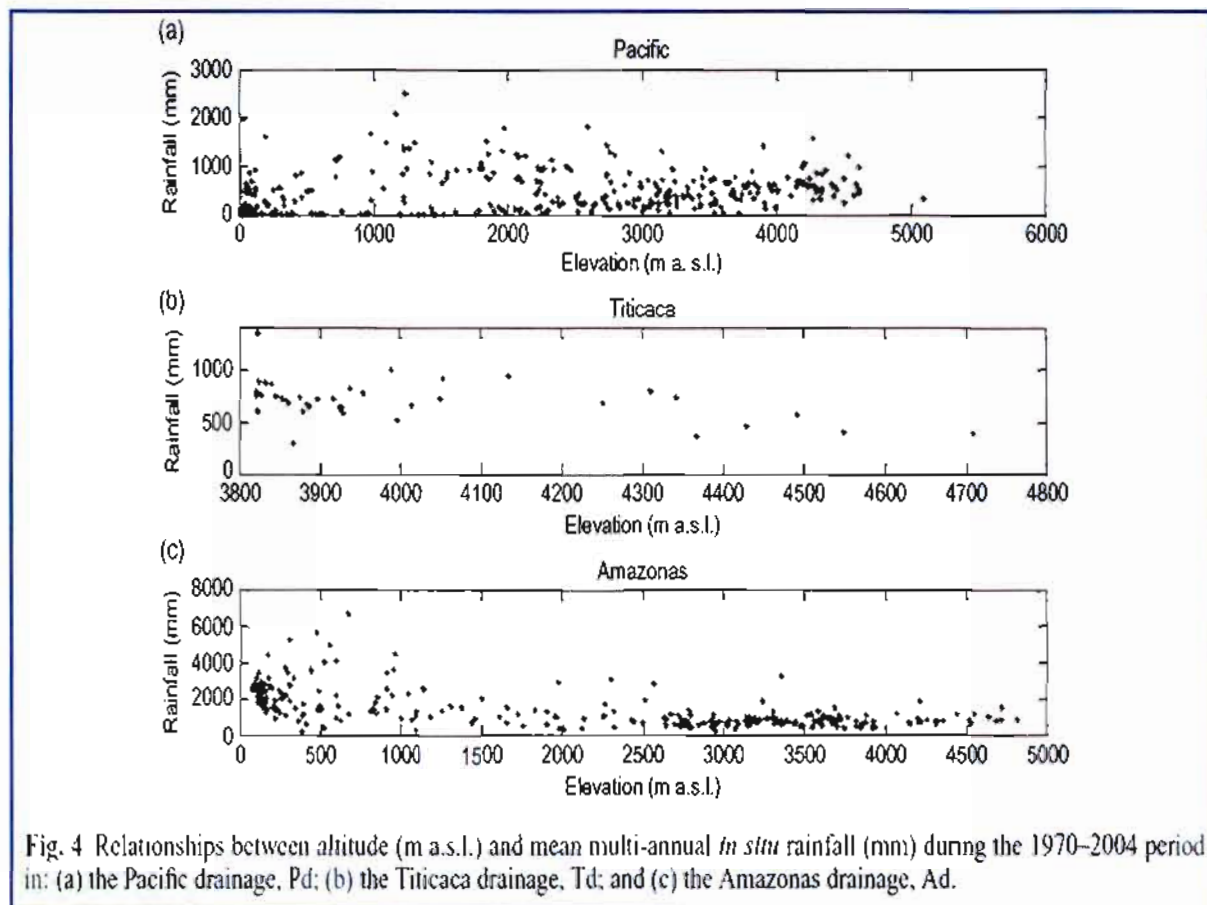


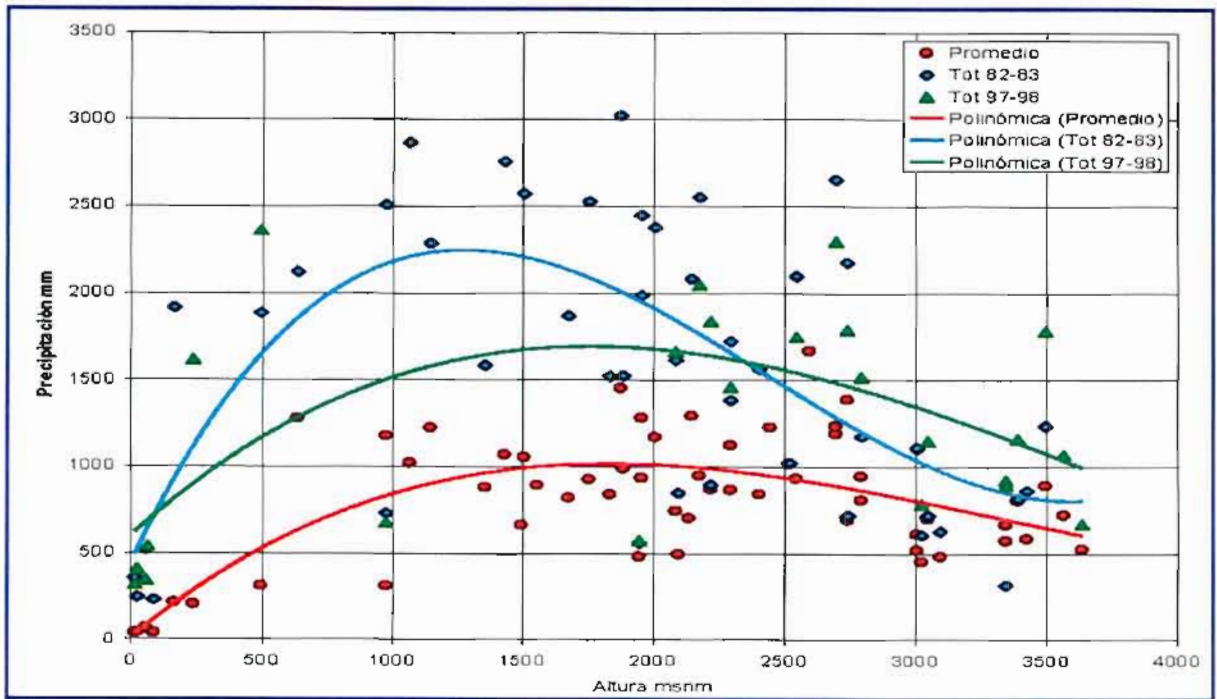
Fig. 4 Relationships between altitude (m a.s.l.) and mean multi-annual *in situ* rainfall (mm) during the 1970–2004 period in: (a) the Pacific drainage, Pd; (b) the Titicaca drainage, Td; and (c) the Amazonas drainage, Ad.

Fuente: Lavado, Ronchail, Labat, Espinoza, Guyot. 2012.

Figura 52. Relación precipitación vs. altura en el periodo 1970-2004 en las cuencas Pacífica, Titicaca y Amazonas.

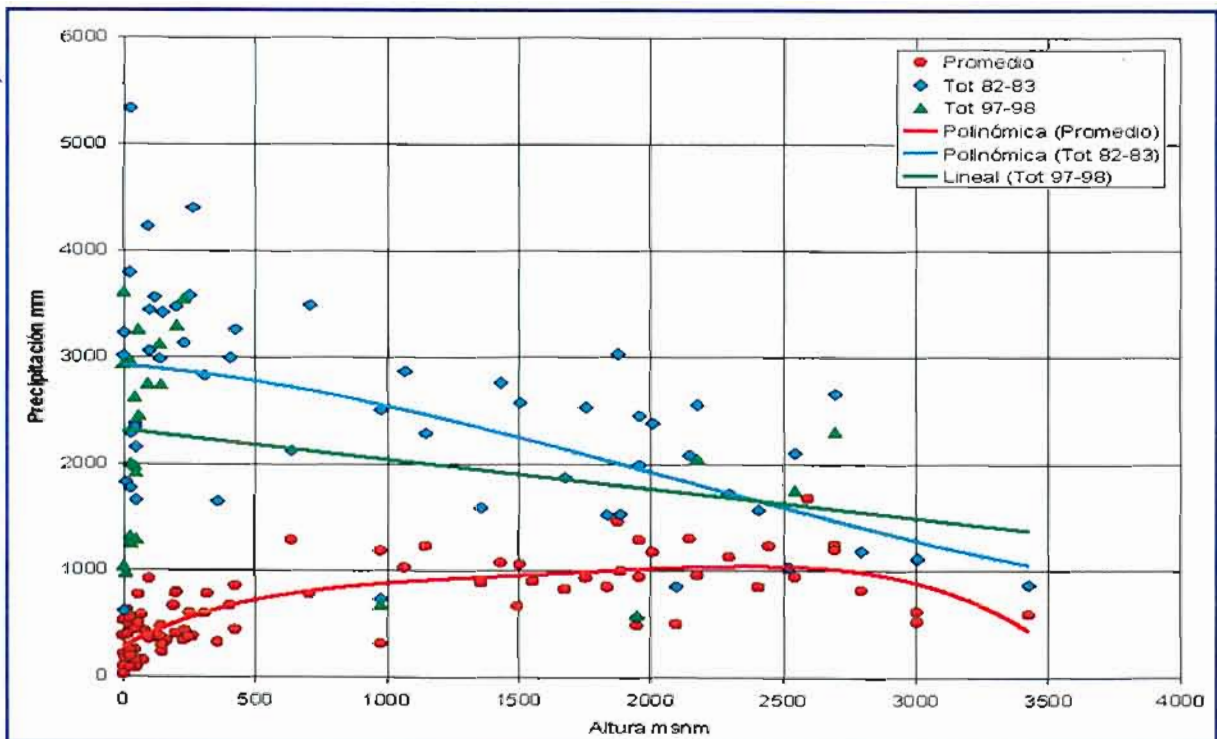
La conclusión que se deduce - a nivel general - es que en la vertiente atlántica del Perú no hay evidencia de un aumento de la precipitación con la altitud, por lo que las cabeceras de cuenca no reciben más volumen de lluvia que zonas situadas a menor cota.

A mayor abundamiento, aunque se trata de un estudio aplicado a las cuencas de la vertiente Pacífica del Perú y centrado en la influencia de El Niño, es interesante observar (Figura 53 y Figura 54), que, en las zonas estudiadas, la precipitación a altitudes elevadas, por encima de los 2.000 m, decrece (Pouyaud, Yerren Suárez, Arboleda Orozco, Suárez Alayza, 2008).



Fuente: Pouyaud, Yerren Suarez, Arboleda Orozco, Suarez Alayza.

Figura 53. Relación precipitación vs. altura, zonas 5+6.



Fuente: Pouyaud, Yerren Suarez, Arboleda Orozco, Suarez Alayza.

Figura 54. Relación precipitación vs. altura, zonas 1+2+3+4+5 (norte de 6° latitud Sur).

En el caso de Conga, las únicas isoyetas medias a las que se ha tenido acceso, para analizar el problema, son las del CEDEX, 1990, realizadas para el Inventario Nacional de Recursos Hídricos del Perú, Plan nacional de irrigaciones del Perú (PLANIR), que se presentan en la Figura 55. Se observa que la isoyeta de 1.000 mm/año (resaltada con puntos) se extiende de forma relativamente uniforme sobre las microcuencas afectadas por el proyecto<sup>24</sup>, mientras que la máxima precipitación media (isoyeta 2.000 mm/a) se cierra sobre la parte alta de una cuenca situada al Oeste. Por lo tanto, no parece que en esta zona las máximas precipitaciones se produzcan en la cabecera.

En las dos estaciones equipadas en la zona del proyecto se observa, igualmente, que la estación situada a menor cota, la Old Mina Conga (situada a la cota 3.790 m), tiene una precipitación media de 1.211 mm, superior a la situada a mayor cota, la New Mina Conga (altitud 4.086 m), con precipitación media, de 1.110 mm/año, lo que también parecería reflejar esa inversión que podría estar motivada por el óptimo pluvial.

Por otra parte, las cabeceras de las microcuencas afectadas son de naturaleza altamente impermeable – como indican los elevados coeficientes de escorrentía estimados en el EIA -, lo que tiende a reducir las pérdidas por evapotranspiración, y aumenta algo la lluvia efectiva, al tiempo que toma más importancia el “ciclo rápido” de escorrentía superficial, frente al “ciclo lento de las escorrentías subterráneas. Sin embargo, seguramente este factor no es suficiente para compensar el hecho de que las precipitaciones, en la zona afectada, son del mismo orden de magnitud que en zonas más bajas.

Como consecuencia, en opinión de este peritaje, no se puede afirmar que la zona afectada por el proyecto sea el principal origen de las aguas de las microcuencas, en sentido cuantitativo de la expresión, sino que aporta recursos en proporción aproximada a su superficie, ya que las precipitaciones son del mismo orden de magnitud que las de zonas más bajas, e incluso puede disminuir respecto a ellas, por superar en cota al óptimo pluvial.

La otra frase a destacar del artículo 75 de la Ley es “La Autoridad Nacional, con opinión del Ministerio del Ambiente, puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho para uso, disposición o vertimiento de agua”. Este peritaje no está capacitado para hacer un dictamen jurídico de esta frase, pero – con criterio hidrológico - entiende que las posibles zonas intangibles no son necesariamente las cabeceras de cuenca, sino cualquier zona que por sus características singulares no deba explotarse, que no es el caso de la zona del proyecto.

#### 8.4.2.4 Conclusiones

Los estudios meteorológicos presentados, en el EIA, son correctos y adecuados a la información disponible, y tienen una calidad y cobertura normal para proyectos en zonas no desarrolladas previamente, como es el caso de Conga.

El estudio de los caudales naturales actuales, como parte de la determinación de la línea base socio ambiental, y los afectados por el proyecto minero, para establecer las medidas de mitigación, se ha basado en métodos habitualmente usados en este tipo de trabajos, que han obtenido resultados aceptables.

Se ha prestado especial atención a la revisión del proceso de definición de los caudales bajos previsibles en la actualidad, que son la base numérica para estimar la afección producida por el proyecto, y las medidas de mitigación a aplicar. El EIA se ha basado en el ajuste de un modelo precipitación – escorrentía, que reproduce de forma aceptable los caudales observados, en una subcuenca del Alto Chirimayo. Un análisis detallado del ajuste indica que los caudales bajos podrían estar algo sobreestimados. En principio, esto favorecería los intereses de la población afectada, que recibiría unos caudales de mitigación mayores.

<sup>24</sup> Las estimaciones de precipitación media en Old y New Minas Conga son 1.143 y 1.126 mm, respectivamente, valores que concuerdan con el trazado de la isoyeta 1.000 de la figura



Por estas razones, se recomienda revisar el análisis de los caudales, a la luz de los nuevos datos que pudieran existir, aunque lamentablemente, las estaciones de control continuo de caudal fueron destruidas y dejaron de registrar en 2007. Sería conveniente instalar nuevos puntos de control continuo de caudales en las cuatro cuencas afectadas por el proyecto, lo antes posible.

También se recomienda repetir el análisis de los caudales bajos, generados por el modelo en términos de percentiles, metodología usada habitualmente para definir caudales ecológicos o de mantenimiento, que puede dar una idea más clara de su magnitud que la empleada en el EIA, que estima la probabilidad de que el caudal mínimo de 7 días de un año sea menor que el calculado.

Estas revisiones permitirían actualizar los cálculos del balance hídrico, presentados en el EIA, que se realizaron antes de definir los caudales bajos, basados en valores estimados en 2009 por Knight Piésold, no incluidos en el EIA.

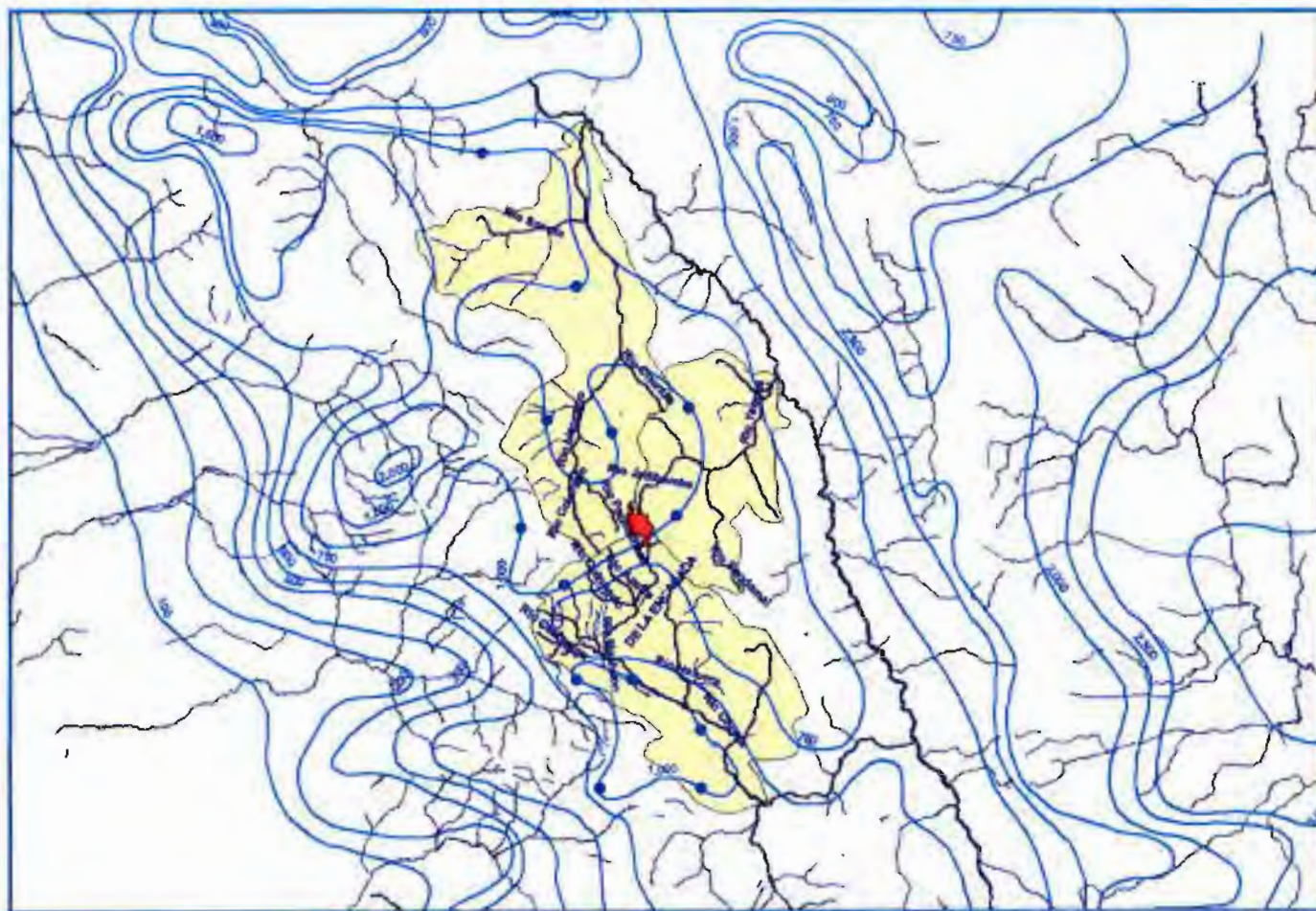
Independientemente de la calidad del ajuste, el rápido vaciado del sistema superficial, que reflejan los hidrogramas registrados, permite descartar la existencia de una salida subterránea significativa a otros sistemas, a través de flujo subterráneo profundo. La componente de caudal base producida en la cuenca, por infiltración al acuífero superficial, drena rápidamente al río.

También se han analizado las modificaciones de la red de drenaje en el área del proyecto, específicamente la eliminación de cuatro lagunas, de 103 ha de bofedales, y la afección a las cabeceras de cuenca. El análisis se ha ceñido a los aspectos hidrológicos cuantitativos.

La eliminación de cuatro lagunas por el minado disminuirá el caudal de los ríos y quebradas, de aguas abajo, a causa de la pérdida de la superficie de cuenca vertiente correspondiente, pero no porque constituyan una fuente singular de recursos del sistema. En efecto, desde el punto de vista hidrológico las lagunas actúan como zonas receptoras de agua, en las épocas húmedas, que devuelven al río el volumen sobrante, mientras que en épocas secas pierden parte de sus reservas por evaporación y, si ceden agua al acuífero, lo hacen en cantidades muy pequeñas.

En cuanto a los bofedales, en orden de magnitud, proporcionan un caudal de estiaje por drenaje diferido poco relevante. Cuantitativamente, la reducida superficie eliminada - 103 ha frente a más de 2000 del área del proyecto - indica que no dará lugar a una disminución de caudales significativa, ni siquiera en épocas secas.

Por último, se ha analizado la afección a las cabeceras de cuenca, desde la óptica del artículo 75 de la Ley de Recursos Hídricos del Perú que indica, entre otras cosas, que "El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan las aguas". En opinión de este peritaje, dejando aparte las consideraciones jurídicas sobre esta afirmación, no se puede afirmar que la zona afectada por el proyecto sea el origen principal de las aguas de las microcuencas, en el sentido cuantitativo de la expresión, sino que aporta recursos en proporción aproximada a su superficie. Por tanto, la afección a los caudales de aguas abajo será función directa de la superficie de cuenca eliminada por el proyecto, como ocurre con las lagunas y bofedales.



Fuente: Isoyetas CEDEX. 1990. Capas SIG proporcionadas por OGCS. Marzo de 2012. Elaboración propia

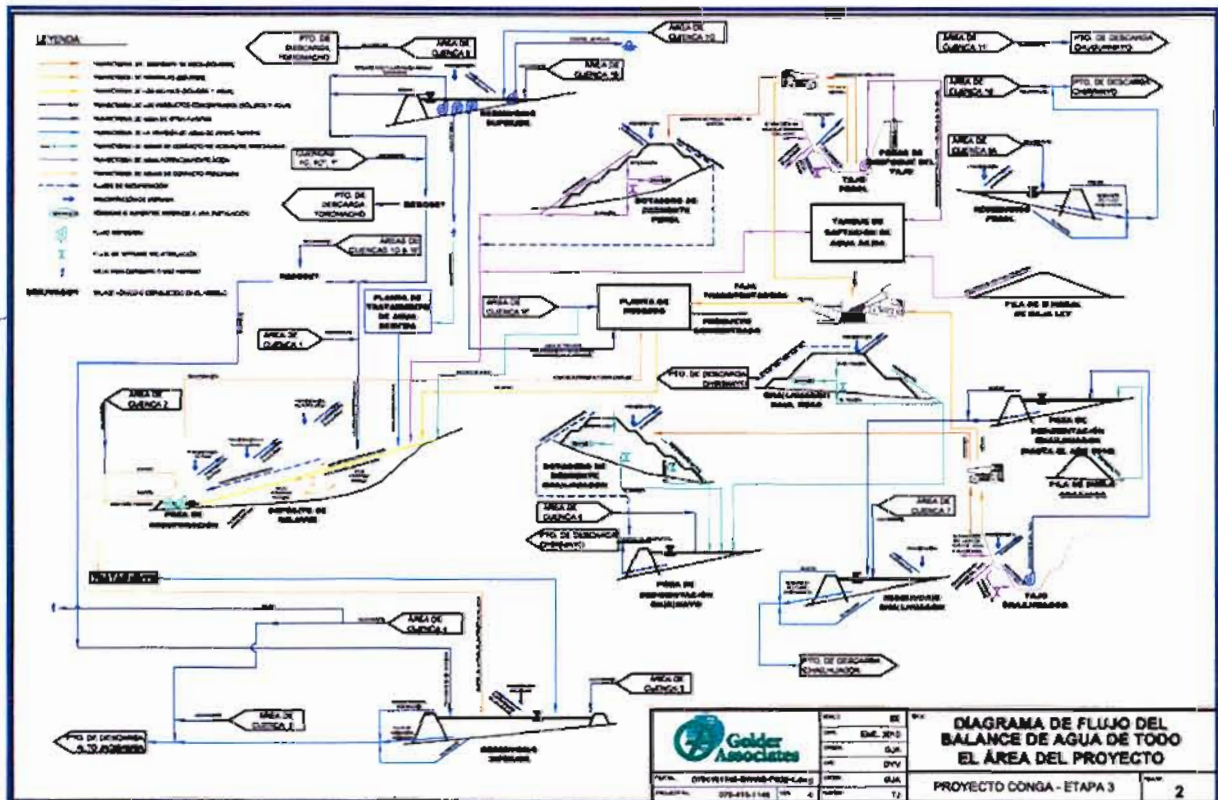
Figura 55. Isoyetas medias en la región.

### 8.4.3 Balance hídrico de los reservorios

#### 8.4.3.1 Planteamiento del análisis

El EIA realiza el balance de los reservorios en el marco del "Balance de Agua de toda el Área proyecto Conga, Etapa 3" presentado en el Anexo 4.14. Este análisis es necesario para asegurar que los procesos mineros previstos disponen de agua suficiente para su operación, con la restricción de aportar los caudales de mitigación necesarios. Se basa en un modelo de simulación – modelo Goldsim - de todos los flujos de agua en la mina, tanto de los caudales naturales como de los de proceso minero, y de las instalaciones que pueden modificarlos – reservorios, planta de concentración, depósito de relaves, pozas de sedimentación...-. La Figura 56 da una idea de la complejidad del esquema del modelo.

El modelo simula actualmente unos 100 años de funcionamiento del sistema: los 1.5 años previos al desarrollo de actividades en el sitio, 3 años de actividades previas al desarrollo y a la puesta en marcha de la mina, 15 años de actividades de explotación, y 79 años de cierre y post-cierre.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 56. Flujos de agua en relación con el proyecto.

Para ello utiliza una técnica de generación aleatoria de un número no especificado de series de precipitación equiprobables, de longitud igual a la del periodo de simulación, puesto que, como se intenta reproducir la secuencia cronológica futura de los distintos procesos, no es posible utilizar una serie histórica como representativa de la hidrología futura. Con ese conjunto de series se realizan otras tantas simulaciones, que producen las correspondientes series cronológicas de las variables

implicadas, en particular de las reservas embalsadas, los caudales de mitigación evacuados y los caudales vertidos por los aliviaderos de los reservorios, que se analizan en términos de probabilidad.

Es importante puntualizar que los caudales de mitigación, en los reservorios, se aplican como un caudal constante a evacuar durante 8 meses. Por tanto, los caudales circulantes por los ríos, aguas abajo de los reservorios, serán la suma de los caudales de mitigación correspondientes (constantes), y los vertidos por los aliviaderos que se produzcan por llenado.

Esta estrategia de explotación es correcta, desde el punto de vista de la reposición de los caudales afectados. Sin embargo, se podría mejorar el servicio a las demandas de los usuarios de aguas abajo, si el modelo simulara un régimen de explotación de los reservorios basado en la gestión óptima de las reservas de agua almacenadas. En tal caso, en lugar de desembalsar un caudal fijo, soltaría el suplemento necesario para mantener el caudal ecológico de los ríos, y cubrir las demandas de los usuarios.

Los caudales de mitigación aplicados, en la versión del modelo de balance presentada en el EIA, se definieron en un estudio previo (Knight Piésold, 2009). La Tabla 12 compara estos valores con los finalmente adoptados en el EIA y muestra que en el reservorio Inferior se han hecho los cálculos de balance con un caudal menor del estimado por el EIA, mientras que en Chailhuagón es parecido. Sin embargo, en el Perol y el Superior son mayores, aunque en este último hay que recordar que el valor correcto del caudal de mitigación es 0.09 L/s porque la tabla 5.2.13 tiene un error (ver 8.4.2.2).

Reservorio	Caudal de mitigación (L/s)		
	EIA Tabla 5.2.13	Modelo de balance	Diferencia
Inferior	33,1	15,0	18,1
Superior	0,9	2,0	-1,1
Perol	7,3	12,0	-4,7
Chailhuagón	9,7	8,0	1,7

Fuente: Datos de Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010. Elaboración propia.

Tabla 12. Caudales de mitigación del modelo de balance de agua.

Aún así, hay que considerar que esta comparación no es correcta del todo, porque se hace entre un caudal y un volumen. En efecto, se confronta un caudal medio de 7 días, considerado el mínimo admisible – resultado del EIA – con un caudal constante que, en el balance hídrico, se desembalsa durante 8 meses y se suma a los abundantes vertidos de los reservorios. En el apartado (8.4.3.2) se comenta más en detalle la incidencia del caudal aplicado en el balance.

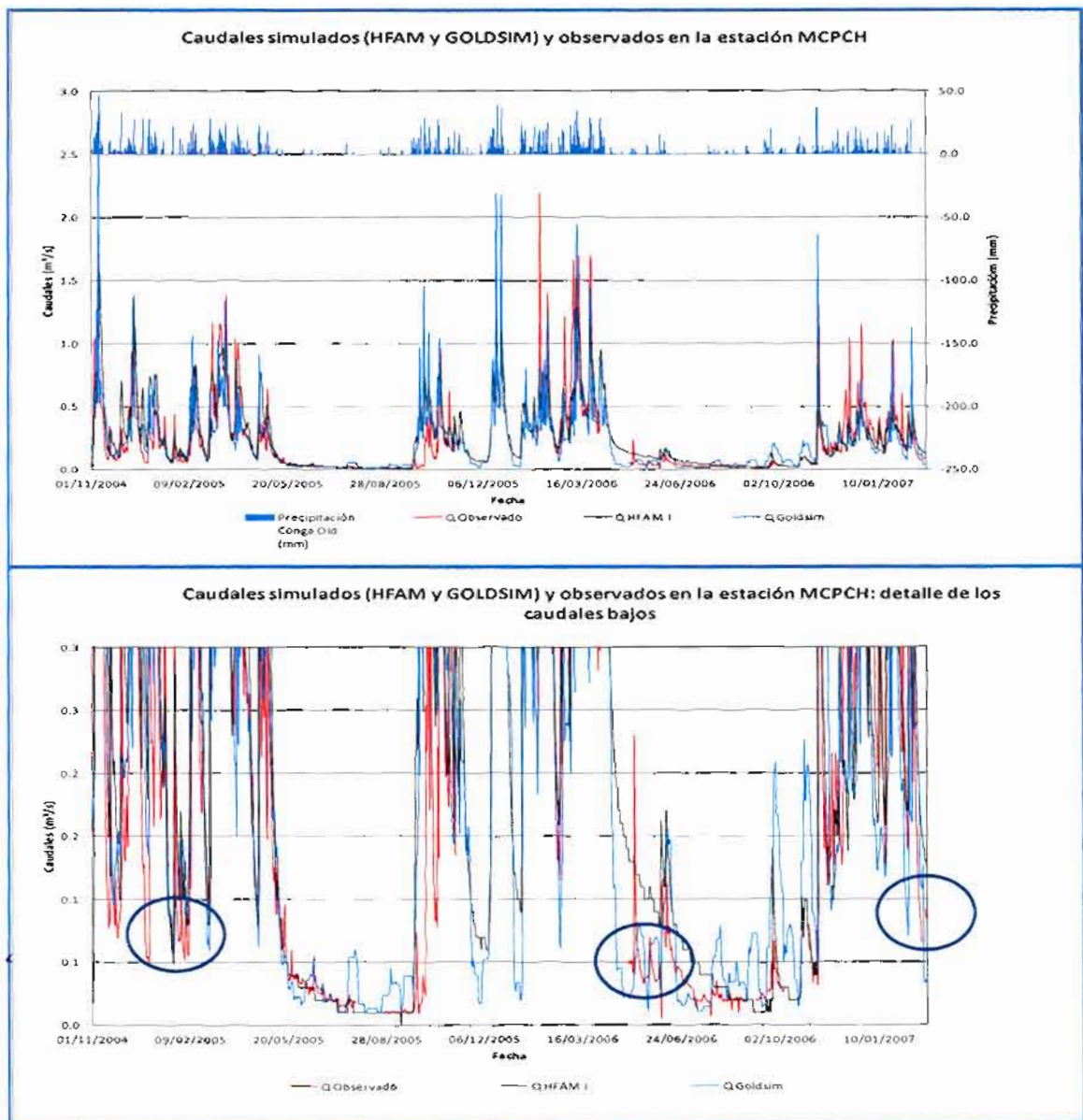
Por tanto, todos los comentarios que se realizan en lo sucesivo, sobre los resultados de los cálculos de balance, están condicionados a la actualización del modelo con los caudales de mitigación adecuados.

Otro aspecto importante, a comentar, es el modelo de generación de caudales utilizado en el Goldsim, llamado "Módulo de Rendimiento de Cuenca", que es diferente del modelo HFAM ajustado en el punto de monitoreo continuo MCPCH. Se trata de un modelo precipitación – escorrentía del que se dan pocos detalles en el Anexo 4.14, pero que parece más simplificado que el HFAM.

Sin embargo, en el Anexo 4.14 se afirma que el Módulo de Rendimiento de Cuenca ha sido ajustado "con datos de un monitoreo de caudal instantáneo de alta intensidad de 6 semanas durante el último periodo de la época de lluvia del 2004, seguido de eventos de monitoreo instantáneo durante la época de estiaje. El Módulo de Rendimiento de Cuenca ha sido verificado desde ese entonces con los datos adicionales provenientes del monitoreo del flujo recopilados desde el 2004". Aunque no se dan datos de esa calibración, es de esperar que sea correcta, dado el interés de la empresa minera en conocer bien el balance de agua en el área del proyecto, para diseñar adecuadamente sus operaciones.

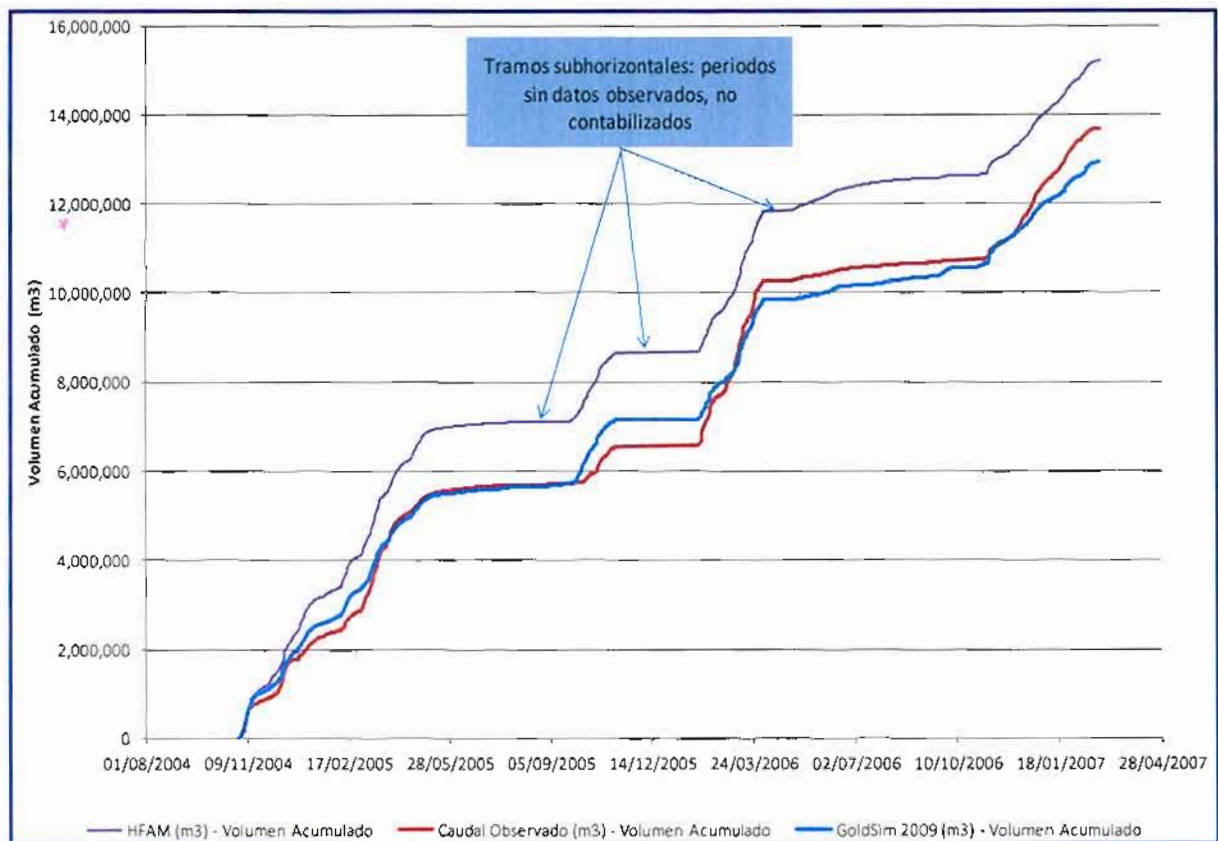
El hecho de usar dos modelos distintos obligaba a comparar sus resultados, para la misma serie de precipitaciones. Aunque el EIA no hacía ninguna referencia a esa comparación, tras la debida consulta a Knight Piésold se averiguó que se había realizado, y se recibieron los datos numéricos que lo demuestran. La Figura 57 presenta los resultados de esa comparación. El gráfico inferior resalta el detalle de los caudales inferiores a 30 L/s. Se observa que el ajuste es mejor que el del HFAM en los caudales bajos (ver zonas marcadas con círculos), ya que simula mejor la caída brusca que sufren tras los días con lluvia; por otra parte, el ajuste de volumen también es mejor (Figura 58). A este respecto, es importante resaltar que si bien para definición de los caudales bajos era esencial ajustar bien los periodos secos, sobre todo en términos de caudal, para el balance hídrico y el estudio del funcionamiento de los reservorios es más importante ajustar bien los volúmenes calculados.

Estas consideraciones reafirman la recomendación dada en 8.4.2.2 sobre la conveniencia de intentar alcanzar un mejor ajuste con el HFAM, para dar mayor garantía a los cálculos de los caudales de mitigación, e incluso plantearse si, en el caso de no conseguirlo, sería mejor utilizar el Goldsim en lugar del HFAM, para generar las series de caudales a analizar.



Fuente: datos proporcionados por Knight Piésold Consulting (2012) y elaboración propia.

Figura 57. Resultados del modelo ajustado en la estación MCPCH con HFAM y Goldsim: caudales.



Fuente: datos proporcionados por Knight Piésold Consulting (2012) y elaboración propia.

Figura 58. Resultados del modelo ajustado en la estación MCPCH con HFAM y Goldsim: volúmenes acumulados.

#### 8.4.3.2 Evolución de las reservas en los reservorios

Las Figuras 6 a 9 del Anexo 4.14, del EIA, proporcionan los volúmenes en los reservorios Superior, Perol, Chailhuagón e Inferior, y por su interés para este dictamen se reproducen en la Figura 59. Los gráficos representan la evolución promedio, con el 5% de probabilidad (extrema sequía) y el 95 % (extrema humedad).

En cualquiera de los casos, la tendencia es a mantener los reservorios llenos, con la salvedad del reservorio Superior, que es sensible al cronograma del desarrollo del proyecto, ya que no se llena completamente durante las operaciones de la mina, salvo en años muy húmedos. Por ello el EIA recomienda que se construya y comience su llenado cuanto antes. Los demás, particularmente el Inferior y el Chailhuagón, están prácticamente llenos para cualquier probabilidad. Por tanto, todos los reservorios tienen capacidad sobrada para evacuar el caudal de mitigación aplicado.

Las tablas Obs89-a a Obs89-d del Levantamiento de Observaciones del Minem dan un resumen numérico, que confirma esas conclusiones. Por ejemplo, el volumen vertido por llenado del reservorio Inferior es del orden de 4 veces mayor que el caudal de mitigación en la temporada seca y más de 40 veces mayor en la temporada húmeda, en la hipótesis más pesimista del año seco del 5%.

Figura 6: Tiempo-Historia Probabilístico del Volumen de Agua en el Subsistema de Agua del Reservorio Superior durante la Operación y el Cierre

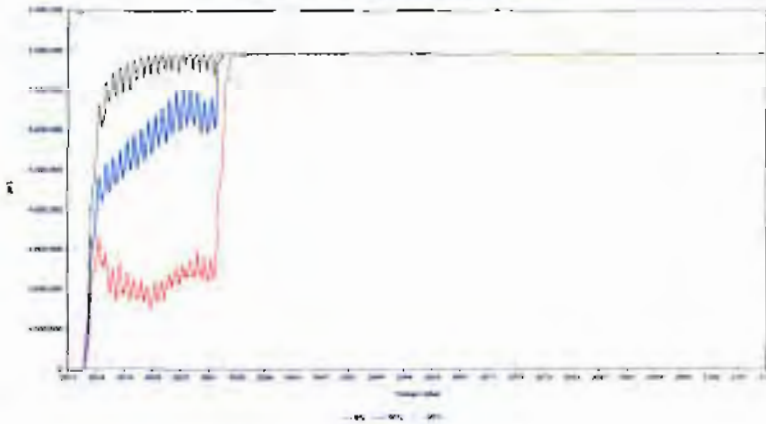


Figura 7: Tiempo-Historia Probabilístico del Volumen de Agua en el Reservorio Inferior durante la Operación y el Cierre

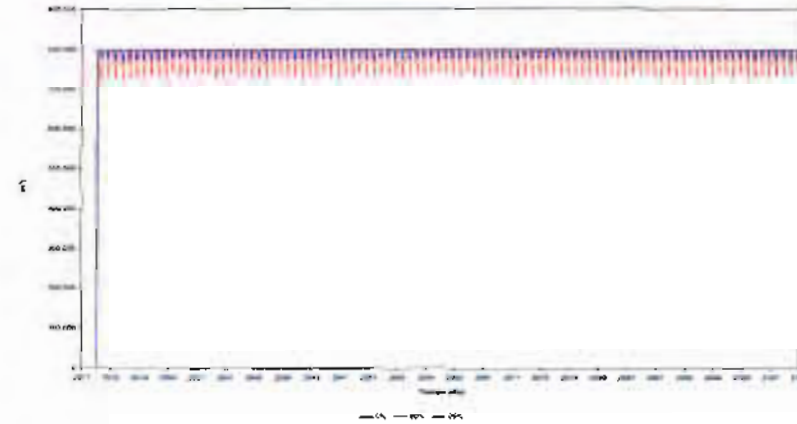


Figura 8: Tiempo-Historia Probabilístico del Volumen de Agua en el Reservorio Chullibagon durante la Operación y el Cierre

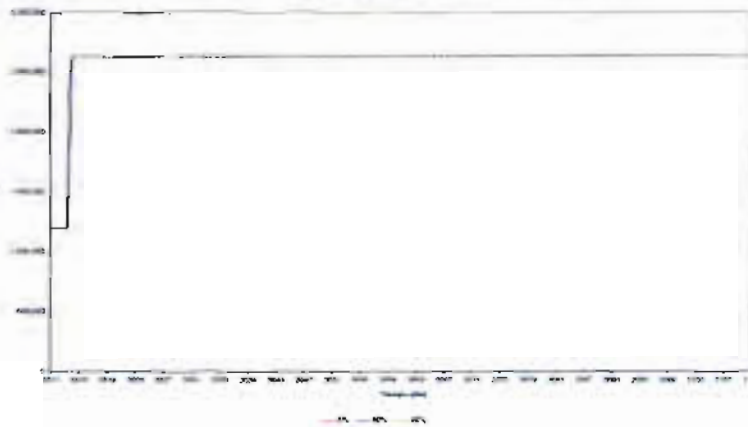
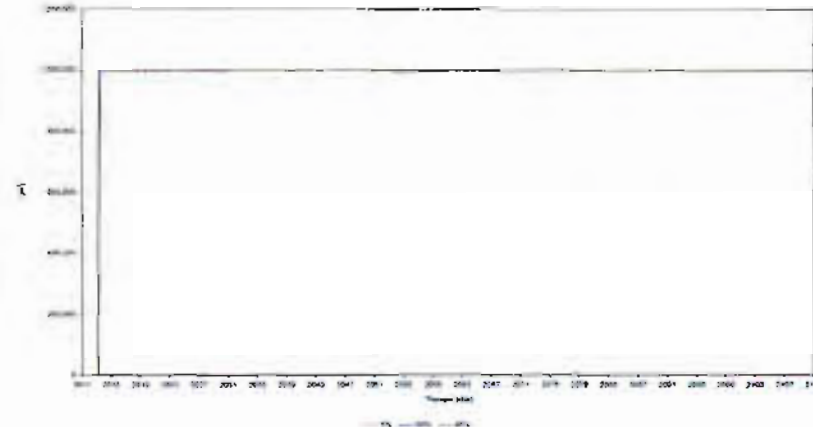


Figura 9: Tiempo-Historia Probabilístico del Volumen de Agua en el Reservorio Inferior durante la Operación y el Cierre



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010

Figura 59. Previsiones de reservas embalsadas en los reservorios en términos de probabilidad.



Esto indica, por una parte, que los reservorios, además de tener capacidad suficiente para servir los caudales de mitigación, podrían regular aún más los caudales naturales si fueran más grandes. Por otra parte, es previsible que estas conclusiones no variarían si se repitieran los análisis con los nuevos caudales de mitigación, como se ha recomendado.

#### 8.4.3.3 Conclusiones

Hay dos tipos de conclusiones, las relativas a la metodología del modelo Goldsim, utilizado para el balance hídrico de los reservorios, y las relativas a los resultados del balance presentados en el EIA.

En cuanto a la metodología, hay que resaltar que los argumentos expresados en el apartado 8.4.3.1 plantean una situación algo confusa, por lo que es conveniente resumirlos en las siguientes razones y recomendaciones:

- ↳ El modelo precipitación - escorrentía del Goldsim, utilizado para los análisis del balance de agua, parece más simplificado que el HFAM, lo que llevaría a suponer que sus resultados no tendrían un ajuste tan preciso como el de éste.
- ↳ Sin embargo, produce mejor ajuste que el HFAM a los caudales del control continuo de caudales en MCPCH, particularmente en los caudales bajos, según los resultados proporcionados por Knight Piésold.
- ↳ Por otra parte, los caudales de mitigación, usados en el balance, son diferentes de los estimados en el EIA. En cualquier caso el balance hídrico es conservador en su planteamiento – desembalsa volúmenes mayores que los exigidos estrictamente por el caudal de mitigación – porque garantiza el caudal mínimo durante 8 meses y le suma los vertidos por llenado de los reservorios. En las actualizaciones futuras del balance se deberán usar las mejores estimaciones disponibles en cada momento.
- ↳ Si se atiende la recomendación de mejorar el ajuste del modelo HFAM, y de mejorar la estimación de los caudales bajos de referencia por el método de los percentiles, se obtendrán probablemente caudales de mitigación diferentes de los manejados actualmente
- ↳ En tal caso, el nuevo balance debería realizarse con ellos, para ver si los reservorios tienen capacidad de regulación suficiente para proporcionar los caudales de operación y mitigación necesarios. Esta recomendación no supondría un problema porque, al parecer, se realizan actualizaciones sistemáticas de los cálculos de balance. De hecho, la Respuesta a la Observación 89 del MINEM dice que *"El balance hídrico se actualizará al menos una vez al año como parte del diseño de proyectos en curso"*

En cuanto a las conclusiones relativas a los resultados del balance, se constata que los reservorios tienen capacidad sobrada para atender los caudales de mitigación supuestos y, con toda probabilidad, incluso caudales mayores, como los que podrían salir de la revisión propuesta.

Además, el balance estima que los reservorios permanecen llenos, en casi cualquier circunstancia, por lo que un aumento de su capacidad mejoraría considerablemente su capacidad de regulación de los caudales naturales. De este modo, las posibilidades de gestión de las reservas de agua, en términos de servicio de las demandas de los canales y, en general, de todos los usuarios del agua, que toman de los cauces aguas abajo de los reservorios, también mejoraría, a través de un aumento significativo de los caudales desembalsados en épocas secas.

#### 8.4.4 Mitigación de impactos sobre el agua superficial

Los capítulos 6.1.5, 10.4.5 y 10.4.6 del EIA se resumen las medidas de mitigación de impacto propuestas. En esencia, en relación con la cantidad de agua superficial, estas medidas son las discutidas en los apartados anteriores, puesto que la construcción de reservorios permite aplicar las propuestas del EIA: reposición de los volúmenes necesarios para compensar la pérdida de cuerpos de agua lénticos - las lagunas Perol, Mala, Azul y Chica - y el desembalse de los caudales de mitigación propuestos.

La compensación de volúmenes de las lagunas perdidas se consigue ampliamente con los nuevos reservorios (Tabla 13). Este argumento es, en cierta medida, innecesario, porque no hay necesidad de sustituir las lagunas perdidas por un volumen equivalente, sino por una lámina de agua similar, para intentar reponer en lo posible los servicios ambientales eliminados.

Laguna original	Capacidad (m <sup>3</sup> ) <sup>25</sup>	Reservorio	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Tipo de modificación
Perol	800.000	Perol	800.000	Transferencia
Chica	100.000 <sup>26</sup>	Superior	7.600.000	Transferencia
Azul	400.000			Transferencia
Mala	100.000	Chailhuagón	1.430.000	Transferencia / Incremento de capacidad
Chailhuagón	1.200.000			
		Inferior	1.000.000	Embalse de escorrentias
Total	2.600.000		10.830.000	

Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Tabla 13. Compensación del volumen de agua perdido por la eliminación de las lagunas.

En términos de disponibilidad de agua, habría que comparar el volumen de reservas útiles - es decir, volumen gestionable para regulación -, que es esencialmente nulo en las lagunas, puesto que funcionan como una presa con aliviadero, sin compuertas y sin desagüe de fondo, que sólo lamina las puntas de caudal. Sin embargo, los reservorios propuestos, contarán con desagües profundos, que permitirán gestionar prácticamente las reservas totales, a cambio de producir variaciones de nivel, particularmente en época seca, pero con importantes beneficios para los usuarios de aguas abajo, si la operación de los reservorios se lleva a cabo correctamente, y con participación de todos los agentes sociales implicados en la gestión del agua.

El segundo aspecto de la mitigación, de los impactos sobre el agua superficial, son los caudales de mitigación que desembalsarán los reservorios, para compensar la pérdida de caudales por eliminación de superficie de cuenca de captación. El concepto está claro y el planteamiento es correcto. Sin embargo, en anteriores subapartados del apartado 8.4 se ha discutido, ampliamente, la necesidad de revisar la magnitud de los caudales de mitigación que deben garantizarse. A pesar de ello, aunque se puede asegurar que los reservorios previstos tendrían capacidad suficiente para desembalsarlos, aún en el caso de que resultaran ser algo mayores<sup>27</sup>.

<sup>25</sup> Se indica que son valores estimados, y que la capacidad de almacenamiento podría ser algo menor, debido a fluctuaciones dadas de la variabilidad de precipitaciones y descargas.

<sup>26</sup> Se indica que se ha considerado un volumen de 100.000 m<sup>3</sup>, para las lagunas Mala y Chica, que representaría una estimación conservadora.

<sup>27</sup> No hay indicios de que la revisión de los caudales vaya a producir valores significativamente más altos que los propuestos en el EIA.

A cambio, cabe la posibilidad – que habría que analizar en cálculos posteriores - de que los usuarios del agua se puedan beneficiar de una buena gestión, que no sólo les garantice los mínimos de compensación, sino que los incremente, permitiéndoles aumentar la dotación de riego que usan en las condiciones actuales.

Buena parte del capítulo 6.1.5.3 del EIA, "*Medidas de mitigación por modificación de la red de drenaje y variación de la capacidad de almacenamiento*" está dedicada al control de sedimentos, aspecto no tratado hasta ahora en este capítulo, por no corresponder estrictamente a la componente superficial cuantitativa del flujo.

Sin embargo, la producción de sedimentos, en un área de minado, es un problema que no puede olvidarse. El EIA propone una serie de medidas, que pueden dividirse en dos tipos: las encaminadas a limitar la producción de sedimentos y las tendientes a reducir al máximo las aguas de contacto con las zonas de operación.

Las primeras proponen la reducción de la generación de sedimentos en las fuentes implementando BMP (Buenas Prácticas de Trabajo de la Asociación Internacional de Control de Erosión y Sedimentos IECA), intensas durante las etapas de construcción y operación, y recuperando activamente el área del proyecto durante la etapa de operación. Este tipo de medidas son las correctas a seguir, y sólo tienen el problema de la exigencia de un buen control y seguimiento continuo, para asegurar su eficacia.

Las segundas prevén dos tipos de medidas, la construcción de estructuras de derivación de aguas y de los reservorios. Las estructuras de derivación son canales periféricos a las instalaciones de la mina, que interceptan y derivan el agua de escorrentía natural, para minimizar el volumen que entra en contacto con los materiales reactivos de la zona de minado. Estas estructuras también limitan la pérdida de superficie vertiente a los ríos.

Además, hay otras que sirven para manejar el agua de contacto, recolectándola y canalizándola hacia la planta de tratamiento de aguas ácidas definidas a nivel de factibilidad.

Los reservorios por su parte, retienen sedimentos en su embalse muerto. Teóricamente el volumen previsto es suficiente para mantener las cantidades estimadas, de almacenamiento de sedimentos para un evento de 100 años, sin necesidad de limpieza. El reservorio Perol prevé un embalse muerto de 44.000 m<sup>3</sup>, para un volumen previsto de sedimentos de 40.000. El Chailhuagón, 110.000 m<sup>3</sup>, para retener 100.000. El Superior de 45.000, para 13.000 m<sup>3</sup> de sedimentos previstos, y el Inferior de 35.000 m<sup>3</sup> para retener 12.000 m<sup>3</sup>. Ante la dificultad de cuantificar con precisión el volumen de sedimentos entrantes a los reservorios, será preciso mantener un control continuo de la evolución de los depósitos, y tomar las medidas necesarias para evitar el taponamiento de los desagües profundos, que impediría la gestión del agua de los reservorios.

Los capítulos 10.4.5 y 10.4.6 del EIA describen los impactos residuales, para el post-cierre y medidas de mitigación en la hidrología y el agua superficial. En cuanto a la red de drenaje, se especifica que "*los canales de derivación de aguas superficiales que se contemplan para la etapa de operación permanecerán en el cierre, aunque las estructuras de retención de sedimentos serán rehabilitadas como parte del cierre final del proyecto*", por lo que las redes de drenaje original no serán repuestas, y los reservorios deberán seguir aportando los caudales de mitigación.

Es importante observar que, una vez cesen las operaciones de la mina, el reservorio Superior ya no tendrá que aportar agua de proceso, por lo que podrá utilizarse para incrementar los caudales del Alto Jadibamba y Toromacho en periodos secos, y mantener los humedales que se crearán en el depósito de relaves.

El apartado 10.4.6 se centra en las medidas de tratamiento de la calidad del agua recuperada de los tajos Perol y Chailhuagón, y de sus depósitos de desmonte. Se estima que la calidad de las aguas de Chailhuagón será similar a las de las condiciones actuales, por lo que podrán enviarse a la red de drenaje sin problemas. Sin embargo, las aguas procedentes del tajo y depósito de desmonte Perol así como las filtraciones de éste y del depósito de relaves –recogidas en la poza de recuperación - tendrán que enviarse a la planta de tratamiento de aguas ácidas, antes de pasar al reservorio Inferior para su incorporación a la red de drenaje.

El análisis de la validez de estas medidas se hace en los capítulos del dictamen que tratan la calidad del agua.

#### 8.4.5 Áreas de influencia directa e indirecta

Los capítulos precedentes no hacen ninguna consideración respecto a las Áreas de Influencia Directa (AID) e Indirecta (AI) del proyecto, de cuya extensión se discrepa desde distintos ámbitos de opinión.

El EIA las aborda desde la óptica del impacto sobre el componente superficial del balance en el apartado 5.2.3.5 dentro del capítulo 5, *Evaluación de Impactos Ambientales y Socioeconómico*. En el epígrafe dedicado al "Agua Superficial, en términos de cantidad de agua", indica que "El AID del agua superficial en términos de cantidad del proyecto Conga estará conformada por las redes de drenaje que serán afectadas como consecuencia del emplazamiento directo de la infraestructura del proyecto". Añade que eso incluye todas las zonas entre instalaciones del proyecto, y, más importante, que "La inclusión o no dentro del AID de zonas aguas abajo de las instalaciones del proyecto depende del efecto de la mitigación propuesta".

En cuanto al área de influencia indirecta, indica que "El AI incluirá las mismas zonas del AID y, dependiendo de la significancia de los impactos fuera del AID, condicionada a la efectividad esperada de las medidas de mitigación propuestas, el AI podrá incluir zonas adicionales o no".

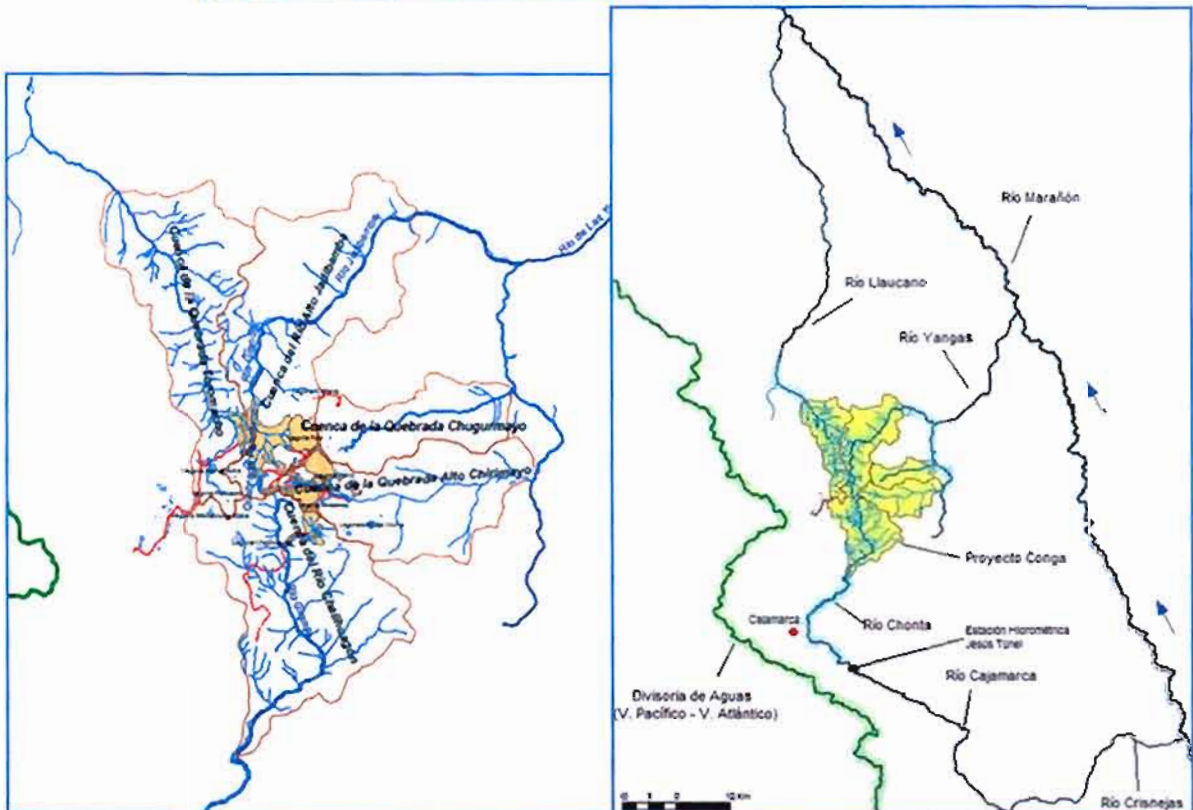
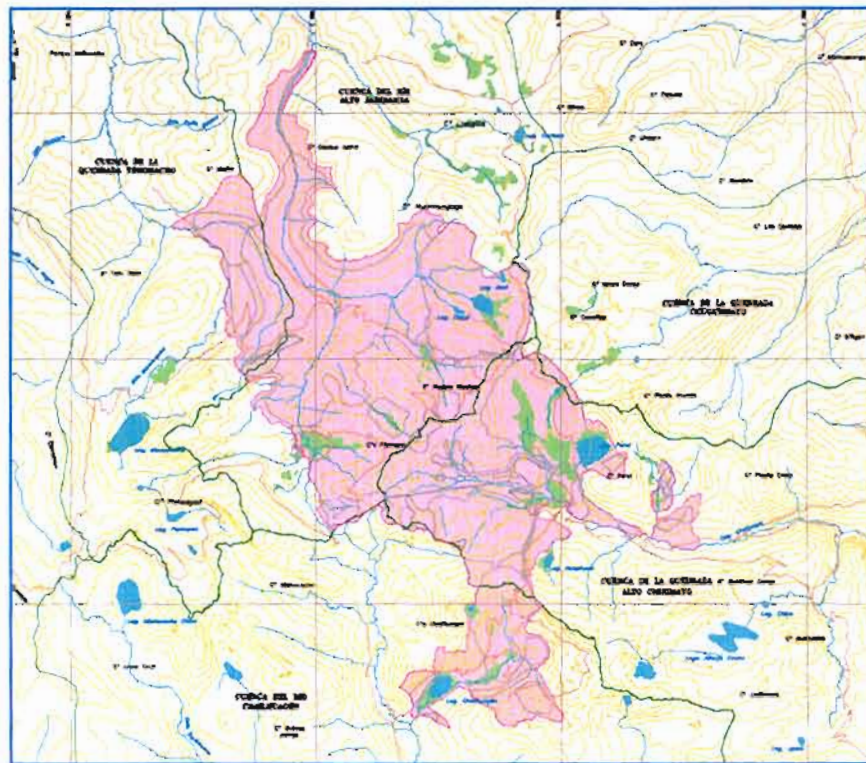
Con estos criterios, la conclusión alcanzada por el EIA es que el AID es la misma para la cantidad y calidad de las aguas superficiales, y que el AI coincide con ella. No hay diferencias significativas entre el AID de las etapas de construcción y operación (figuras 5.2.8 y 5.2.9 del EIA y Figura 60 de este Dictamen).

Por otra parte, el Reglamento sobre Protección el Medio Ambiente, Minem, 2003, no establece criterios objetivos para la delimitación de las áreas de influencia, por lo que los utilizados en el EIA son aceptables desde el punto de vista legal.

Desde el punto de vista de la cantidad de agua superficial, y teniendo en cuenta el exceso de capacidad de los reservorios para desembalsar el caudal de mitigación, se propone incluir entre los beneficiarios futuros del agua regulada en los reservorios a usuarios situados aguas abajo del AI.

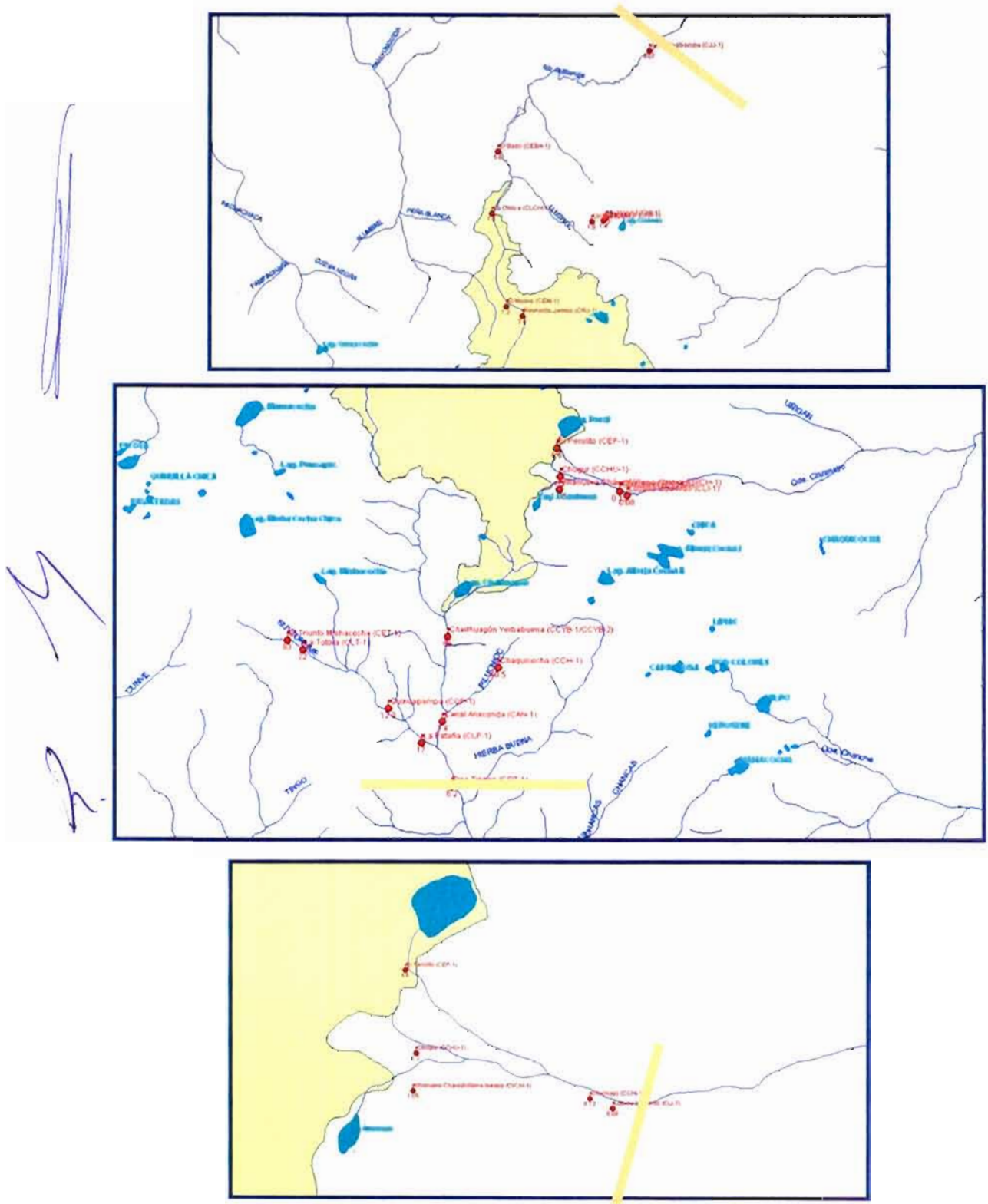
Por ejemplo, en el Alto Jadibamba debería llegar, al menos, hasta la captación del canal Jerez Jadibamba (Figura 61, gráfico superior), que con 280 usuarios y 687 ha, es uno de los mayores usuarios del agua de la cuenca. Las razones para ello no son técnicas, sino de realizar un gesto de buena voluntad hacia la población de la zona. En el Chailhuagón se debería ampliar hasta el canal Dos Tingos (Figura 61, gráfico intermedio) y en el Alto Chirimayo hasta el Lozano Izquierdo (Figura 61, gráfico inferior).

Sin embargo, no es razonable incluir cuencas tan amplias como la del río Cajamarca en la confluencia con el Chonta o la del Sendamal, con cuencas vertientes de 776 y 409 km<sup>2</sup>, por lo que sus caudales serán afectados, por estar aguas abajo del proyecto, pero en una magnitud insignificante, en el 0,3 y 3,8%, respectivamente.



Fuente: Knight Piésold Consulting Arriba, Febrero de 2010. Abajo, entrega Marzo de 2012.

Figura 60. AID y All de la cantidad y calidad del agua superficial, en la etapa de construcción y extensión relativa del área de proyecto, en relación con las cuencas de aguas abajo.



Fuente: Datos Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010. Capas Sig PCM. Marzo 2012. Elaboración propia.

Figura 61. Propuesta de inclusión de beneficiarios del agua regulada en los reservorios en las microcuencas del Alto Jadibamba, Chailhuagón y Alto Chirimayo: detalle.

#### 8.4.6 Estudios de factibilidad de los reservorios

Estos estudios – presentados en el EIA en el Anexo 4.6 para los reservorios Superior e inferior, y en los 6.2 y 6.3 para los de Perol y Chailhuagón, y no corresponden estrictamente a la componente superficial del balance hídrico, pero es obligado hacer una referencia a ellos.

Para empezar, hay que resaltar que se trata de estudios de factibilidad, no del proyecto constructivo, por lo cual todas sus características están sujetas a revisión en las fases subsiguientes. Por supuesto, en todas las fases posteriores a la factibilidad se tendrá que cumplir la normativa de la legislación peruana.

A este respecto, no ha sido posible encontrar referencias, en el Anexo 4.6, al tipo de desagüe profundo que usa el reservorio Superior. Se trata de un elemento de seguridad, que probablemente es obligatorio en la normativa de presas del Perú, por lo que llama la atención su aparente ausencia en el proyecto. Según información verbal de Golder, no puede tener un desagüe profundo convencional, ya que la presa se apoya en el depósito de relaves, pero esto no justifica su inexistencia.

A pesar de tratarse a nivel de factibilidad, se han llegado a realizar estudios de rotura de presas para analizar la eventual afección a poblaciones y bienes aguas abajo. Son estudios que pueden calificarse de preliminares, realizados sin una cartografía de detalle, que tendrían que refinarse en fases posteriores.

Por último, apuntar que se va a recomendar ver la posibilidad de incrementar el tamaño de los reservorios, con el fin de aumentar la capacidad de regulación y, como consecuencia, la magnitud de los caudales a disposición de los usuarios de aguas abajo. Los proyectos posteriores deberían contemplar este tipo de alternativas.

#### 8.5 Conclusiones sobre la afección al componente hídrico superficial

Los análisis realizados permiten concluir que los estudios presentados en el EIA analizan con detalle suficiente todos los aspectos del proyecto, que pueden afectar al componente hídrico superficial. Los datos empleados son correctos, aunque presentan algunas deficiencias, por otra parte habituales en estudios en zonas aisladas, de pequeño tamaño en una escala hidrológica. Los métodos usados son también correctos, con algunas discrepancias respecto a procedimiento o resultados, que no afectan a las conclusiones generales, aunque deban corregirse.

En este sentido, se considera que la afección al componente hídrico superficial está bien valorada, y las medidas de mitigación propuestas son correctas. Las actuaciones previstas garantizan que se minimiza el impacto del proyecto, fundamentalmente a través de la construcción de tres reservorios, para uso exclusivo de reposición de caudales afectados, y un cuarto reservorio de uso compartido con la mina, que será de uso exclusivo de reposición de caudales tras el cierre.

De hecho, los reservorios propuestos pueden mejorar la gestión del agua en las microcuencas, más allá de la mera reposición de los caudales afectados. Una gestión participativa de los reservorios permitiría desembalsar los caudales complementarios, requeridos en cada momento por los usuarios del agua, incluso con una dotación objetivo sensiblemente mayor que la actual, que les permitiría aumentar su producción agrícola. El EIA no discute estos aspectos porque la normativa sólo le obliga a garantizar los caudales de mitigación.

El análisis de la pérdida de cuatro lagunas y 103 ha de bofedales se ha ceñido a los aspectos hidrológicos cualitativos y cuantitativos. Su desaparición afecta a los caudales generados en el área del proyecto, pero en proporción a la superficie perdida de cuenca, que es pequeña, por lo que su impacto es poco significativo, y está incluido en las estimaciones realizadas en el EIA. De ningún modo pueden considerarse como "fuentes singulares de agua".

La afección a las cabeceras de cuenca es del mismo tipo que la producida por la pérdida de lagunas y bofedales – incluidos en ellas –, es decir, prácticamente proporcional al área afectada. Las precipitaciones en la cabecera son parecidas a las producidas en zonas más bajas – como indican las

isoyetas medias disponibles. Por tanto, no se pueden considerar tampoco como "fuentes singulares de agua" de las microcuencas, como podría deducirse de una interpretación "literaria" del Artículo 75 de la Ley de Recursos Hidráulicos del Perú.

El EIA declara como Áreas de Influencia Directa e Indirecta (AID y AII), a efectos de cantidad y calidad del agua superficial, el área ocupada por las instalaciones del proyecto. Es un criterio aceptable desde el punto de vista legal, ya que el Reglamento sobre Protección el Medio Ambiente, MINEM, 2003, no establece criterios objetivos para la delimitación de las áreas de influencia.

Sin embargo, sería conveniente, por razones de buena vecindad con la población del entorno de la mina, ampliar en el futuro la AII, para incluir al menos los puntos de captación de usuarios del agua importantes o cercanos, por ejemplo, el canal Jerez Jadibamba en el Alto Jadibamba que riega 687 ha de 280 usuarios, hasta el Dos Tingos en el Chailhuagón o el Lozano Izquierdo en el Alto Chirimayo. No sería razonable incluir cuencas tan amplias como la de los alrededores de Cajamarca o la del Sendamal, que, cuyos caudales serán afectados por estar aguas abajo del proyecto, pero, por su gran superficie de cuenca vertiente, en magnitud insignificante, del orden del 0,3 y 3,8%, respectivamente.

El EIA no hace referencia al posible impacto del cambio climático sobre las precipitaciones, recarga y caudales futuros. Es cierto que, en el momento actual, no se dispone de previsiones precisas sobre el impacto del cambio climático en distintas zonas – suficientes para aplicarlas al nivel de estudios hidrológicos de detalle -, pero se recomienda realizar este análisis en las actualizaciones de los estudios hidrológicos y de recarga (Bergkamp et al. 2003).

Por ejemplo, se podría haber comprobado, mediante el modelo, el efecto de una variación de la precipitación y la evaporación potencial, del rango manejado en los últimos estudios sobre el impacto del cambio climático en esta zona del Perú. Así se podrían hacer algunas reflexiones, aunque fueran especulativas, sobre el riesgo de disminución de los caudales futuros de la zona.

Estas son las conclusiones generales alcanzadas. Más concretamente, se pueden detallar así:

- ↳ El EIA analiza con detalle suficiente todos los aspectos del proyecto que pueden afectar al componente hídrico superficial. En esencia son:
  - Las afecciones a los caudales circulantes por los ríos y quebradas situados aguas abajo del área del proyecto, y la definición de los caudales de mitigación necesarios para minimizarlas.
  - Las afecciones a la red de drenaje – pérdida de lagunas y bofedales y afección a las cabeceras de cuenca – y las correspondientes medidas de mitigación.
  - La propuesta de reservorios con capacidad para garantizar los caudales de mitigación previstos, en el marco del balance hídrico del área del proyecto Conga, incluidas las instalaciones de la mina.
  - Las afecciones remanentes tras el cierre de la mina y las medidas de mitigación previstas,
- ↳ Los estudios realizados se basan en un conjunto de datos meteorológicos, hidrológicos y fisiográficos adecuado para los análisis a realizar, aunque tienen ciertas deficiencias:
  - La escasez de datos meteorológicos e hidrométricos en el área del proyecto, ya que se trata de una zona no desarrollada anteriormente y demasiado pequeña para que se establecieran en ella puntos de control, de las redes oficiales. Este es un problema habitual de los estudios en este tipo de zonas.
  - Como consecuencia, desde las primeras fases de desarrollo del proyecto, se instalaron estaciones de registro de precipitaciones y de control continuo de caudales, y se realizaron campañas de control participativo.





- El análisis de los resultados del modelo induce a pensar que los caudales bajos, y los caudales de mitigación deducidos de ellos, podrían estar algo sobreestimados. Esto favorecería los intereses de la población afectada, que recibiría unos caudales de mitigación mayores. Por ello, se recomienda actualizar esos estudios, tanto de generación de caudales como de capacidad de regulación de los reservorios.
  - Los caudales bajos, representativos de cada punto de descarga del área de proyecto se han estimado en función de la distribución estadística de los promedios de siete días consecutivos. Hubiera sido más correcto y transparente clasificarlos en percentiles – como se hace habitualmente para definir los caudales ecológicos o de mantenimiento -, aunque el criterio de selección del percentil siempre estaría sujeto a discusión.
  - Independientemente de estas observaciones, los hidrogramas registrados indican que el sistema superficial se vacía rápidamente, tras los episodios lluviosos, lo que descarta la existencia de una salida subterránea significativa a otros sistemas, a través del flujo subterráneo profundo. El caudal base producido en la cuenca, por infiltración al acuífero superficial cutáneo drena rápidamente al río
- ↳ La capacidad de los reservorios, para garantizar los caudales de mitigación, se ha analizado mediante un balance en régimen transitorio del agua en el área de proyecto:
- Se ha empleado un modelo de simulación de las operaciones de manejo del agua en la mina, basado en la generación de series de precipitación equiprobables
  - Este modelo no se ha desarrollado expresamente para analizar la capacidad de los reservorios para garantizar los caudales de mitigación, sino que es básico para el análisis y diseño de las operaciones de la mina, hasta el punto de que se actualiza una vez al año. Por el propio interés de la empresa minera, el modelo debe ser capaz de analizar correctamente el manejo del agua.
  - Los resultados presentados en el EIA indican que los reservorios permanecerán prácticamente llenos durante la operación, cierre y post-cierre, por lo que garantizan el desembalse de los caudales de mitigación supuestos.
  - Sin embargo, los cálculos se han realizado con caudales diferentes de los definidos en el EIA, por lo que convendría repetirlos con los valores correctos. Si la revisión de los caudales bajos recomendada por este peritaje se lleva a cabo, debería realizarse con los parámetros hidrológicos y caudales obtenidos en ella, para asegurar que los reservorios pueden garantizar los caudales de mitigación resultantes.
- ↳ Se prevén cambios de la red de drenaje en el área del proyecto, por la eliminación de cuatro lagunas y 103 ha de bofedales. Esta afección se ha analizado desde el punto de vista de la eventual disminución de los caudales disponibles:
- La pérdida de cuatro lagunas – Perol, Chica, Azul y Mala - disminuirá el caudal aguas abajo en proporción aproximada a la pérdida de la superficie de cuenca vertiente correspondiente. No pueden considerarse "fuentes singulares" de recursos del sistema.
  - Desde el punto de vista hidrológico las lagunas actúan como zonas receptoras de agua en las épocas húmedas, que devuelven al río el volumen sobrante, mientras que en épocas secas pierden parte de sus reservas por evaporación y, si ceden agua al acuífero, lo hacen en cantidades muy pequeñas.
  - Los bofedales proporcionan un caudal de estiaje por drenaje diferido poco relevante. La superficie eliminada, 103 ha, es una pequeña fracción del total, por lo que su pérdida no puede producir una disminución de caudales significativa, ni siquiera en épocas secas.

- Se ha analizado la afección a las cabeceras de cuenca, desde la óptica del artículo 75 de la Ley de Recursos Hídricos del Perú que indica, entre otras cosas, que “El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan las aguas”. Aparte de las consideraciones jurídicas pertinentes, la zona afectada por el proyecto no es el principal origen de las aguas de las microcuencas, sino que aporta recursos en proporción aproximada a su superficie.
- Por tanto, el impacto de la modificación de las cabeceras de cuenca, sobre los caudales de aguas abajo, será función de la superficie de cuenca eliminada por el proyecto, como ocurre con las lagunas y bofedales.

## 8.6 Recomendaciones

Se pueden clasificar en las relativas a la mejora de las estimaciones del EIA, y del conocimiento hidrológico del área, y las relativas al control y seguimiento de las actuaciones propuestas en el EIA, particularmente las de mitigación de las afecciones al caudal de los ríos.

Las referentes a la mejora de las estimaciones del EIA afectan a la definición de los caudales bajos y al balance hídrico. Para la primera, se recomienda mejorar el ajuste del modelo precipitación – escorrentía HFAM, calibrado en un punto del Alto Chirimayo, particularmente en la recesión de los hidrogramas, ya que tiende a sobreestimar los caudales bajos, base de todos los análisis posteriores. Aunque esta sobreestimación beneficiaría a los usuarios de aguas abajo, ya que recibirían unos caudales de mitigación mayores, es conveniente refinar los resultados. Una vez reajustado el modelo, se debería verificar con los caudales de la subcuenca MCLCH del Chailhuagón, descartada en los trabajos del EIA por tener muchos huecos en periodos secos, para tener algún indicio de la validez de la trasposición de los parámetros ajustados en el Alto Chirimayo a esta cuenca.

Además, sería conveniente recalcular los caudales bajos, a través de rangos de percentiles – método habitual en la estimación de caudales ecológicos –, que es más transparente y correcto que el usado en el EIA, de ajuste de probabilidad de caudales medios de 7 días, cuando se trata de sucesos no independientes, como son los caudales de estiaje.

Por otra parte, por la secuencia de realización de los distintos estudios, el balance hídrico presentado en el EIA aplicó unos caudales de mitigación diferentes de los definidos posteriormente en él. Sería conveniente revisar el balance hídrico en la hipótesis de que los caudales de mitigación son los del EIA o, en su caso, los corregidos que pudieran deducirse de la revisión anterior. Esta revisión se podría englobar, sin problemas de coste adicional, en las actualizaciones sistemáticas del balance que lleva a cabo la empresa minera.

Las recomendaciones referentes al control y seguimiento de las actuaciones propuestas, tienen un objetivo múltiple. El primario, permitir a los Ministerios con competencias sobre el proceso asegurar que se cumplen las previsiones y propuestas del EIA, y así aplicar medidas correctoras cuando sea preciso. El secundario, pero no menos importante, sería dar información a la población potencialmente afectada con la máxima transparencia. El tercero sería registrar sistemáticamente, y desde el primer momento, toda la información meteorológica e hidrométrica posible, con el fin de aumentar el conocimiento sobre el comportamiento hidrológico de las cuencas.

El control y seguimiento se basa en el establecimiento de una red de captación de datos hidrometeorológicos, más completa que la actual, y la definición de los protocolos de análisis de datos y producción de informes de seguimiento.

Los datos meteorológicos, que recogen actualmente las estaciones de Old y New Minas Conga, complementados con los de las restantes estaciones de MYSRL, son suficientes para definir la precipitación en un área tan pequeña. El mayor déficit de información está en los datos de caudales, porque las tres estaciones de monitoreo continuo, instaladas en 2004 fueron destruidas en actos vandálicos en 2007 o antes, perdiéndose unos datos vitales para mejorar el conocimiento hidrológico de la zona.

Por ello, se recomienda instalar, cuanto antes, nuevos puntos de control continuo de caudales, en los puntos de salida del área del proyecto, en las cinco microcuencas, lo que permitiría ajustar modelos precipitación – escorrentía independientes para cada una, y analizar si su comportamiento hidrológico es similar. Naturalmente, es imprescindible resolver el problema de seguridad de las instalaciones, aunque este peritaje desconoce las medidas a tomar para conseguirlo.

Como complemento a esos controles sería conveniente añadir algún punto aguas abajo, particularmente en el Alto Jadibamba – por ejemplo antes de la captación del canal Jerez Jadibamba – y en el Chailhuagón – antes del canal Dos Tingos, por ser estas cuencas las más afectadas por el proyecto, sin descartar la posibilidad de controlar también la del Alto Chirimayo. De este modo se adquiriría un conocimiento hidrológico muy valioso sobre el funcionamiento de cuencas más amplias.

Asimismo sería interesante controlar un punto de una cuenca no afectada, por ejemplo del Chugurmayo, que se usaría como control de los cambios naturales del régimen hidrológico, producidos de forma simultánea pero independiente de la afección del proyecto, por ejemplo los inducidos por el cambio climático.

Sería esencial conseguir que estos monitoreos se pudieran considerar participativos, aplicando protocolos de comprobación de registros o de realización de controles manuales complementarios, que involucraran a las comunidades de la zona, en cuyo diseño deberían participar sociólogos, con buen conocimiento del problema. Puede parecer una propuesta utópica, pero la confianza de las comunidades en los resultados del control aumentaría si tuvieran acceso a los datos en tiempo real, lo que les permitiría compararlos con sus observaciones informales, sobre el caudal circulante por los puntos de captación de los canales.

No hay que olvidar que la simple acumulación de datos no consigue por sí misma los objetivos deseados. Por ello, hay que complementarla con protocolos de tratamiento sistemático de la información recibida. Debería definirse la frecuencia y contenido de los análisis a realizar y los informes pertinentes, los umbrales de alerta y emergencia ante la ocurrencia de situaciones anómalas – relativas a fallos en los datos, a valores inusuales o a incumplimiento de las expectativas del EIA -, las acciones a tomar en caso de superarlos, y los mecanismos de diseminación de la información, con salidas gráficas, para realizar el control y seguimiento con la máxima transparencia.

Una recomendación, especialmente importante, es la de preparar los procedimientos de gestión de los tres reservorios, destinados al uso exclusivo de los caudales de mitigación y, tras el cierre, también la del reservorio Superior. Esta actuación tiene dos vertientes: la financiera, que debe asegurar la disponibilidad de fondos suficientes para realizar una gestión adecuada de los reservorios, y la operativa, definiendo el organigrama de gestión y toma de decisiones para la explotación de los reservorios.

En cuanto a la vertiente financiera se recomienda que la propiedad de los reservorios siga siendo de la empresa minera, que de esta forma se responsabilizará de su mantenimiento, por lo que sólo habría que definir y asegurar la disponibilidad de recursos económicos, necesarios para el funcionamiento de los organismos de gestión del agua que se implementen.

La vertiente operativa tiene que definir la estructura de los organismos de gestión. Seguramente, lo más conveniente es que la máxima responsabilidad la ostente la Autoridad Nacional del Agua – a través de las ALA correspondientes -. Por debajo de ella se podría implementar algún procedimiento, de la propia ANA, que haya dado buenos resultados en casos precedentes, o examinar la conveniencia de seguir un modelo parecido al de las Comisiones de Desembalse de las Confederaciones Hidrográficas de España. Es imprescindible que, en cualquier modalidad que se elija, participen todos los agentes sociales implicados en la gestión del agua y, especialmente, los usuarios de agua para riego, que son los mayores consumidores de la zona. También deben participar los caseríos y núcleos de población que pueden abastecerse de los ríos en el futuro. Para ello, se recomienda construir captaciones de agua para abastecimiento de los caseríos, que actualmente toman de los manantiales fluyentes en época seca, para que pudieran beneficiarse de la garantía de disponibilidad de agua producida por los reservorios y compensar la eventual afección a sus manantiales.

Por otra parte, no hay que olvidar que la gestión futura de los reservorios no debe hacerse para desembalsar los caudales de mitigación, sino con el objetivo de atender en lo posible las demandas de los usuarios del agua, aprovechando su buena capacidad de regulación. Por lo tanto, la finalidad de los organismos de gestión es definir los caudales a desembalsar, en cada reservorio, en el periodo inmediato, que podría ser un mes, teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios y la situación de las reservas embalsadas, así como las restricciones impuestas por la ANA, por ejemplo las relativas a caudales ecológicos.

Si esta gestión se realiza correctamente, se puede asegurar que los usuarios del agua no sólo no se verán afectados por el proyecto, sino que mejorarán notablemente su situación, porque los reservorios podrán garantizar caudales de estiaje mayores que los actuales, lo cual permitirá aumentar las dotaciones de riego disponibles. Esta afirmación, aparentemente muy optimista, se basa en el hecho comprobado de la gran eficacia de las primeras obras de regulación de una zona, como es el caso de Conga, puesto que la relación caudal regulado / capacidad de embalse es muy alta.

En todo caso hay que actuar en el marco de expectativas reales, y no de aquellas falsas expectativas que se pudieran derivar de quienes piensen que el proyecto debe paliar un déficit estructural de agua, en épocas de estiaje, ajeno a la implantación de la operación minera.

## 9 HIDROGEOLOGÍA

El objetivo de este capítulo es sintetizar los conocimientos de la hidrogeología del área del proyecto Conga a la luz del EIA presentado (Knight Piésold Consulting, 2010), de nuestras observaciones locales, de los datos complementarios recibidos en los que destacamos la actualización del estudio hidrogeológico de Conga (SWS, 2012) y de la cartografía geológica e hidrogeológica proporcionada por el INGENMET (Carlotto Caillaux y Peña Laureano, 2012).

Analizamos igualmente documentación técnica diversa y/o opiniones sobre este tema, por ejemplo Moran (2012), Lambán Jiménez (2011) y Especialistas de las Direcciones Regionales del MINAM (2011).

Los capítulos y anexos del EIA consultados más detalladamente son los siguientes:

- ☞ 3.2.7 - Geología: Descripción general de la geología a escala regional con las formaciones más importantes y su espesor; referencias a las estructuras más importantes (fallas y pliegues).
- ☞ 3.2.12 - Hidrogeología: Descripción de los sondeos efectuados, y mediciones de conductividades hidráulicas; características hidrogeológicas de los tajos y depósitos; referencia a los manantiales inventariados en las cercanías del proyecto.
- ☞ 3.2.13 - Calidad del agua subterránea: Análisis químicos de las aguas en pozos.
- ☞ 4.4.7 - Manejo de aguas: Descripción de los circuitos hidráulicos en el funcionamiento previsto de la explotación minera.
- ☞ 5.2.4.7 - Cantidad del agua subterránea (dentro del capítulo 5.2.4 – Análisis de impactos ambientales): Evaluación de los resultados obtenidos con el modelo Modflow.
- ☞ 6.1.6 - Mitigación de impactos - Agua subterránea (dentro del capítulo 6.1 - Programa de prevención y mitigación): Resumen de los Impactos esperados, Medidas de mitigación de impactos en la agua subterránea (cantidad y calidad).
- ☞ 6.2.2.7 - Agua subterránea (dentro del capítulo 6.2 - Programa de monitoreo ambiental): Descripción del programa de control ambiental para las aguas subterráneas.
- ☞ 7.10 - Plan de Monitoreo Participativo Ambiental Social (PMPAS): Descripción del control de los manantiales.
- ☞ 10.3 - Descripción de las actividades de cierre.
- ☞ 10.4.7 - Hidrogeología y agua subterránea (dentro del capítulo 10.4 Impactos residuales para el post-cierre y medidas de mitigación).
- ☞ Anexos 3.12 - Modelo MODFLOW. Utilizado en la evaluación de impactos ambientales.
- ☞ Anexo 4.5 - Evaluación hidrogeológica provisional, emplazamiento de las instalaciones del depósito de relaves, proyecto Conga – Etapa 3: Ensayos de permeabilidad de la serie de sondeos GMW.
- ☞ Anexo 4.6 - Diseño del depósito de relaves, proyecto Conga – Etapa 3.
- ☞ Anexo 4.11 - Depósito de desmonte Perol - Informe de diseño de factibilidad.
- ☞ Anexo 4.12 - Depósito de desmonte Chailhuagón - Informe de diseño de factibilidad.
- ☞ Anexo 4.14 - Balance de agua de toda el área, proyecto Conga – Etapa 3: Cálculo de los flujos base; agua subterránea de las lagunas post-cierre.
- ☞ Anexo 5.6 - Modelo de flujo de agua subterránea en 3D – depósito de relaves.

- ↻ Anexo 6.8 - Fichas SIAM: Fichas de los puntos de control.
- ↻ Anexo 6.9 - Procedimientos Ambientales de MYSRL: Procedimiento de control ambiental.
- ↻ Anexo 10.1 - Modelo de llenado de los tajos (Feflow model): Modelo de desagüe del tajo Chailhuagón y Perol.
- ↻ Anexo F - Resultados del programa de campo de pruebas de conductividad hidráulica 2005, prueba del aumento de carga hidráulica en los sondeo GMW-01 a GMW-19.
- ↻ Anexo G - Registro de los pozos en el área del tajo Chailhuagón.
- ↻ Anexo H - Registro de los pozos en el área del tajo Perol.

Con base en la información recogida, en este capítulo del Dictamen serán analizadas la morfología y geología regional, la geología a escala local y las condiciones hidrogeológicas (características litológicas e hidrodinámicas del contexto geológico y las condiciones de recarga). La calidad físico-química del agua subterránea de las unidades hidrogeológicas ocurrentes ha sido analizada solamente en la óptica de la caracterización hidrogeológica.

Igualmente se aborda, en este capítulo, el papel de las aguas subterráneas en la evaluación de medidas de mitigación y compensación.

## 9.1 Geomorfología y geología regional

El área envolvente del proyecto Conga se localiza en plena Cordillera Occidental del norte del Perú, cuya morfología es variada, con presencia de montañas y quebradas cuyas altitudes máximas sobrepasan los 4.000 m s.n.m., mientras que las mínimas, en las quebradas, llegan a los 3.400 m s.n.m., como la quebrada Chirimayo.

El emplazamiento del proyecto Conga abarca las partes superiores de las micro-cuencas Quebrada Toromacho, río Alto Jadibamba, quebrada Chugurmayo, quebrada Alto Chirimayo y río Chailhuagón, y corresponde a una de las numerosas cabeceras del río Marañón (Cuenca del Amazonas).

La morfología está marcada por un sistema de pliegues y fallas, de dirección WNW-ESE, que han deformado las rocas sedimentarias de edad mesozoica, resaltando en afloramiento a las calizas del Grupo Pullucana del Cretácico.

Rocas intrusivas y subvolcánicas, del Paleógeno y Neógeno han atravesado a las rocas sedimentarias, teniendo algunas de ellas relación con las mineralizaciones de Minas Conga.

Rocas volcánicas del Mioceno (del Grupo Calipuy) recubren la parte central y NW de la zona de estudio. Procesos erosivos han afectado a la cordillera, resaltando a los glaciares antiguos, y dejando evidencias en las morrenas, las cuales han sido retrabajadas formando depósitos fluvio-glaciares y aluviales.

En la zona de estudio (ver capítulo 8 de este Dictamen) se presentan, y dominan el paisaje, lagunas de dimensiones pequeñas, la mayoría de las cuales están sobre las calizas del Grupo Pullucana y en las quebradas rellenadas con material fluvio-glacial (Carlotto Caillaux y Peña Laureano, 2012). La capacidad de las lagunas afectadas (Perol, Chica, Azul, Mala y Chailhuagón) es de 2.600.000 m<sup>3</sup>.

Las lagunas son depresiones naturales formadas por la actividad glacial, en las que se acumula agua de escorrentía, por el efecto represa producido por las morrenas, que forman una barrera impermeable a la salida natural del agua. Las lagunas juegan, dentro de la red de drenaje, el papel de reservorios con poca capacidad de regulación y con área limitada de cuenca colectora.

Desde el punto de vista hidrológico las lagunas recogen agua en las épocas húmedas, y devuelven al río el volumen sobrante. En épocas secas sólo ceden agua al acuífero en cantidades

muy pequeñas, y pierden parte de sus reservas por evaporación. Como consecuencia, no constituyen una fuente de recursos para el sistema hidrológico.

Estructuras hidrogeomorfológicas características de la zona son los bofedales, humedales andinos, constituidos por turba y vegetación con humedad permanente, prácticamente encharcados. El apartado 3.5.3 del EIA presenta una caracterización completa de estas formaciones, y el 8 de este Dictamen discute el papel de estos ecosistemas en el régimen hidrológico, mostrando que, siendo importantes del punto de vista ambiental, su aportación a los ríos y quebradas, en periodos secos, es mínima. Lo mismo cabe decir que la función reguladora de las lagunas y bofedales es mínima.

La geología de la zona de estudio está caracterizada por la presencia de rocas sedimentarias, intrusivas y volcánicas, resaltando, por la extensión de afloramientos, primero las calizas del Grupo Pulluicana, luego, los volcánicos de Grupo Calipuy, y finalmente algunos cuerpos intrusivos y domos subvolcánicos de pequeña dimensión (Carlotto Caillaux y Peña Laureano, 2012). La falla Punre o Puntre y el anticlinal El Galeno constituyen los principales factores del control estructural e hidrogeológico regional (Figura 63 y Figura 65).

La columna estratigráfica regional (materiales sedimentarios) está indicada en la Figura 67 y corresponde a parte de las unidades indicadas en la Tabla 14, que seguidamente son descritas, de acuerdo con los criterios de Carlotto Caillaux y Peña Laureano (2012).

### 9.1.1 Depósitos sedimentarios del Cuaternario

#### Depósitos aluviales (Qh-al)

Corresponden a terrazas recientes en las quebradas, donde predominan las arenas y limos, con espesores de 3 a 5 m.

#### Depósitos fluvioglaciares (Qp-fg)

Han sido reconocidos en las quebradas y son producto de la erosión de las morrenas. Están conformados por bancos de gravas y arena de composición heterogénea, y espesores promedio de 10 m.

#### Depósitos morrénicos (Qp-mo)

Se ubican al pie de las montañas rellenando las quebradas y son el resultado de procesos glaciares antiguos. Se trata de gravas y bloques subangulosos a angulosos, de diferentes tamaños, con matriz limosa. Tienen espesor de 5 a 30 m.

### 9.1.2 Rocas volcánicas: Grupo Calipuy

Las rocas volcánicas corresponden al Grupo Calipuy del Mioceno. En detalle afloran las secuencias volcánicas Tual-Puruay (Nm-tp), Frailones (Nm-fr) y escasamente la secuencia volcánica Yanacocha (Nm-ya), todos del Mioceno. Los mayores afloramientos corresponden a la secuencia volcánica Frailones (Figura 63).

Las rocas volcánicas consisten en depósitos piroclásticos, del tipo pómez y cenizas, que muestran textura porfirítica, y tienen como elementos constituyentes pómez, cristales y fragmentos líticos. La Secuencia Volcánica Yanacocha (Nm-ya/2) es más bien un flujo de lava andesítica.

### 9.1.3 Rocas sedimentarias del Cretácico

En el área envolvente del proyecto Conga aparece una espesa serie cretácica, que incluye a las siguientes formaciones:



#### **Formación Cajamarca (Ks-ca)**

Aflora escasamente en la parte norte de la zona de estudio, donde está compuesta por 100 a 400 m de calizas de origen marino. Las calizas se hallan bien estratificadas y fracturadas.

#### **Grupo Quilquiñán (Ks-qui)**

Aflora muy localmente en la zona de estudio, donde se sobrepone al Grupo Pulluicana. La unidad está conformada por las formaciones Romirón y Coñor, que en conjunto están representadas por 100 a 200 m de lutitas y margas, que incluyen intercalaciones de calizas, todas de origen marino somero.

#### **Grupo Pulluicana (Ks-pu)**

Está conformado por las formaciones Yumagual y Mujarrún, aunque esta separación es a veces difícil, por la presencia de deslizamientos sinsedimentarios, que afectaron a estas calizas. Es la unidad de mayor superficie aflorante en la zona y, además, es la roca de caja de las mineralizaciones de Chailhuagón y, en parte, de Perol.

El Grupo Pulluicana está constituido, principalmente, por calizas marinas y, en menor proporción, por margas y lutitas, con espesores que varían entre 800 y 1.000 m. Las calizas son grisáceas, bastante compactas, las que se presenta en capas medianas, nodulares o irregularmente estratificadas. Las calizas se hallan intercaladas con estratos de lutitas y limolitas.

#### **Formación Pariatambo (Ki-pa)**

Está constituida por calizas y lutitas marinas que resaltan del material blando de la Formación Chuléc. Presenta espesores de 150 a 250 m. Las calizas y lutitas son de color negro, bituminosas y generalmente tienen mal olor.

#### **Formación Chuléc (Ki-chu)**

Aflora en el anticlinal El Galeno donde se superpone a la Formación Inca. Está integrada por lutitas, margas y calizas bien estratificadas, todas de origen marino. Tiene espesor promedio de 250 m, pero puede alcanzar los 400 m.

#### **Formación Inca (Ki-in)**

Se superpone concordantemente a la Formación Farrat, en el anticlinal El Galeno. Está compuesta principalmente por areniscas y lutitas, con intercalaciones de calizas. Su espesor sólo alcanza desde algunas decenas de metros hasta los 100 m.

#### **Formación Farrat (Ki-fa)**

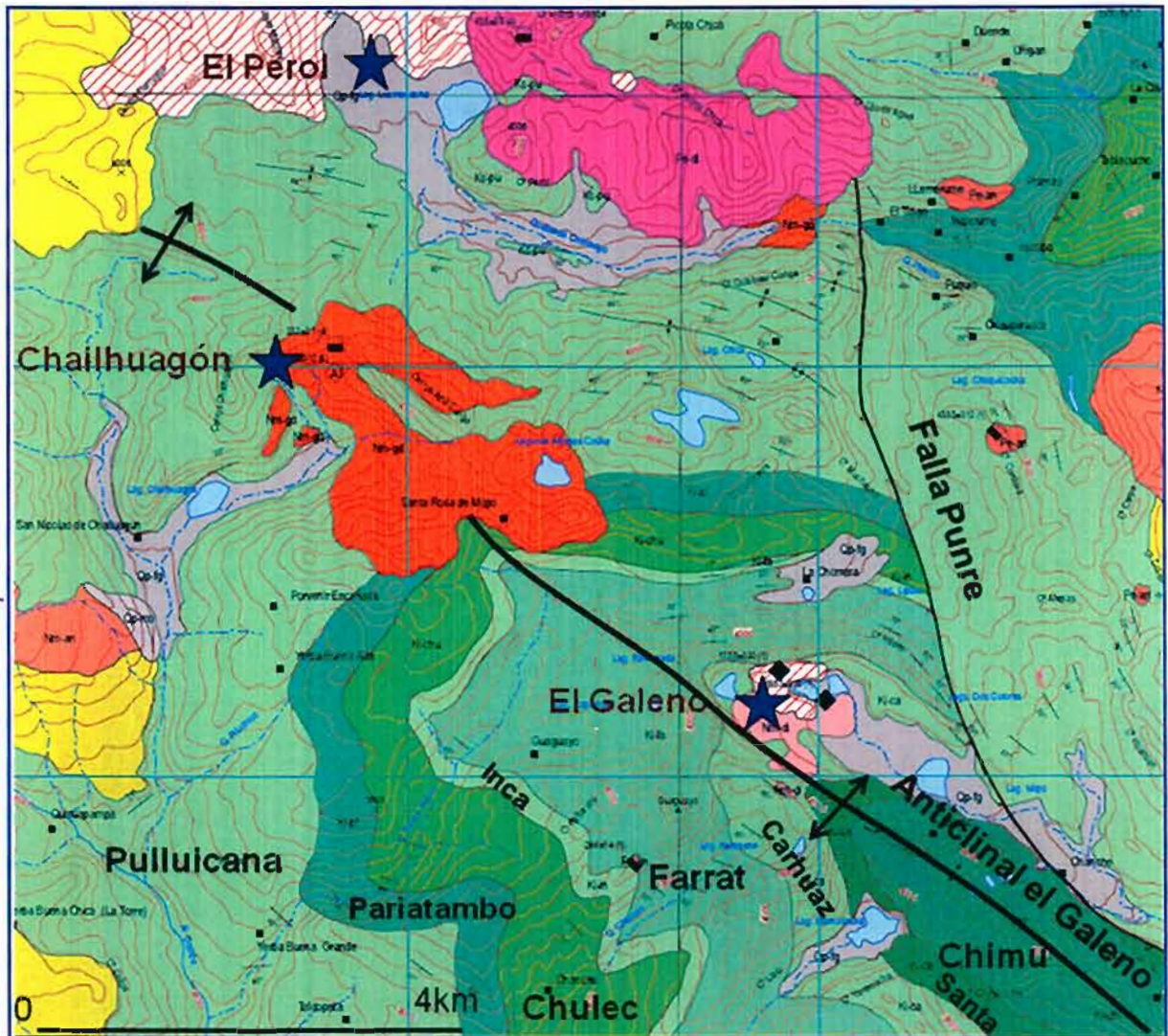
Aflora igualmente en el anticlinal El Galeno superpuesta en concordancia a la Formación Carhuaz. Esta unidad está compuesta de cuarcitas y areniscas blancas, de grano medio a grueso, de origen fluvial y deltaico, en la que se observa estratificación cruzada. Se estima un espesor de 500 m.

#### **Formación Carhuaz (Ki-ca)**

Aflora en el extremo SE de la zona de estudio, lugar donde se ubica el proyecto El Galeno. Se superpone a la Formación Santa y está integrada por lutitas, areniscas y cuarcitas de origen fluviodeltaico, bien estratificadas, en capas delgadas y medianas. Tiene espesores variables entre 200 y 500 m.

### Formación Santa (Ki-sa)

No aflora en la zona del proyecto Conga (Carlotto Caillaux y Peña Laureano, 2012), pero si cerca, en los alrededores del proyecto El Galeno (Figura 63). Se puede observar en la sección estructural (Figura 65). Se superpone concordantemente a la Formación Chimú en el anticlinal El Galeno. Está integrada por intercalaciones de lutitas grises, calizas y margas de origen marino y algo de areniscas litorales. Su espesor es de aproximadamente 200 m.



Fuente: adaptado de Carlotto Caillaux y Peña Laureano 2012.

Figura 63. Esbozo geológico de la zona de Conga.

### Formación Chimú (Ki-chi)

No aflora en la zona de Conga, pero si se muestra en la sección estructural de la Figura 65. Aflora al SE, cerca a la zona de estudio y del proyecto El Galeno, donde constituye el núcleo del anticlinal, y está afectada por la falla Punre (Puntre) (Figura 63). Esta unidad está constituida

principalmente por areniscas cuarzosas, cuarcitas e intercalaciones de areniscas y lutitas, todas ellas de medios litorales. En el área de estudio se estima un espesor de 600 m.

Unidad Litológicas	Símbolo	Descripción	Espesor
Depósitos Cuaternarios	Oh-al Op-fg Op-mo	Depósitos morénicos, fluvio-glaciares y aluviales de gravas y bloques con matriz arenosa, y arenas en terrazas.	25 a 40 m
Rocas intrusivas y subvolcánica	Nm-an/da Nm-di Nm-gd Pe-di	Domos subvolcánicos andesíticos y dacíticos. Cuerpos intrusivos pequeños de dioritas y granodioritas alteradas o frescas intruyen a las calizas.	variable
Grupo Calipuy	Nm-ya Nm-fr Nm-tp	Depósitos piroclásticos del tipo pómez y cenizas, con textura porfírica. Tienen como elementos pómez, cristales y fragmentos líbicos.	400 a 600 m
Formación Cajamarca	Ks-ca	Calizas marinas bien estratificadas y fracturadas.	100 a 400 m
Grupo Quilquián	Ks-qui	Lutitas y margas con intercalaciones de calizas marinas.	100 a 200 m
Grupo Pullucana	Ks-pu	delgadas de margas y lutitas, todas marinas.	800 a 1100m
Formación Pariatambo	Ki-pa	Calizas y lutitas marinas de color negro, bituminosas, generalmente tienen un olor fétido.	150 a 200 m
Formación Chúlec	Ki-chu	Lutitas, margas y calizas de origen marino.	250 a 400 m
Formación Inca	Ki-in	Arenisca calcáreas y lutitas con intercalaciones de margas, de origen marino.	100 m
Formación Farrat	Ki-la	Cuarcitas y areniscas cuarzosas con laminación cruzada, origen fluvial y deltaico.	500 m
Formación Carhuaz	Ki-ca	Lutitas, areniscas y cuarcitas de origen fluvial/deltaico, bien estratificadas en capas delgadas.	200 a 500 m
Formación Santa	Ki-sa	Lutitas grises, calizas y margas de origen marino y algo de areniscas litorales	200 m
Formación Chimú	Ki-chi	Areniscas cuarzosas y cuarcitas, con intercalaciones de areniscas y lutitas, todos de medios litorales	600 m

Fuente: Carlotto Caillaux y Peña Laureano (2012)

Tabla 14. Unidades litoestratigráficas regionales.

#### 9.1.4 Rocas intrusivas

Varios cuerpos intrusivos pequeños, y domos subvolcánicos, afloran en la zona de Conga. Su intrusión se produjo del Eoceno al fin del Mioceno. Resaltan los afloramientos de la zona de Cerro Perol, Chailhuagón y El Galeno (Figura 63).

##### *Cuerpos subvolcánicos (Nm-an, Nm-da, Nm-da/re, Nm-an/ya)*

De composiciones variables afloran al NW de Perol y SW de Chailhuagón. Se trata de domos dacíticos y domos andesíticos, que en general consisten en rocas con textura porfírica, de coloración gris verdosa; se presentan masivas, con incipiente estructura flowbanding. Los cristales constituyentes son plagioclasas, anfíboles y poco cuarzo.

#### *El Galeno (Nm-di)*

Se trata de rocas intrusivas dioríticas, que afloran en El Galeno, en el núcleo del anticlinal. Son rocas holocristalinas, con plagioclasa y anfíbol, y tiene relación con la mineralización de esta área.

#### *Chailhuagón (Nm-gd)*

Los cuerpos intrusivos que afloran en el área de Chailhuagón consisten en granodioritas, con cristales de plagioclasa, cuarzo y máficos (anfíbol). Estos cuerpos intruyen a las calizas y han desarrollado, por metamorfismo de contacto, materiales marmóreos. Esta granodiorita es responsable de la mineralización tipo pórfido.

#### *Cerro Perol (Pe-di)*

Rocas intrusivas que cortan a las calizas del Grupo Pulluicana. Aparecen en el Cerro Perol y están controladas por la falla inversa Puntre. Las rocas dioríticas contienen plagioclasas y hornblenda, así como fenocristales de piroxeno. En afloramiento, estas rocas se hallan alteradas o frescas.

#### *Zonas de alteración hidrotermal*

En el esbozo geológico de la Figura 63 (Carlotto Caillaux y Peña Laureano, 2012) aparece cartografiada una zona de alteración hidrotermal, que tiene coloraciones grises a amarillentas, debido a la presencia de arcillas. Aquí se reconocen algunos cristales de cuarzo primario y algunos moldes de plagioclasas, en transformación a arcillas. Además, se pueden observar algunos fragmentos que indican que la roca original sería un flujo piroclástico. En algunos lugares, la alteración es del tipo silicificación, con texturas originales completamente obliteradas, donde no se reconocen los cristales originales de la roca.

### **9.1.5 Estructuras**

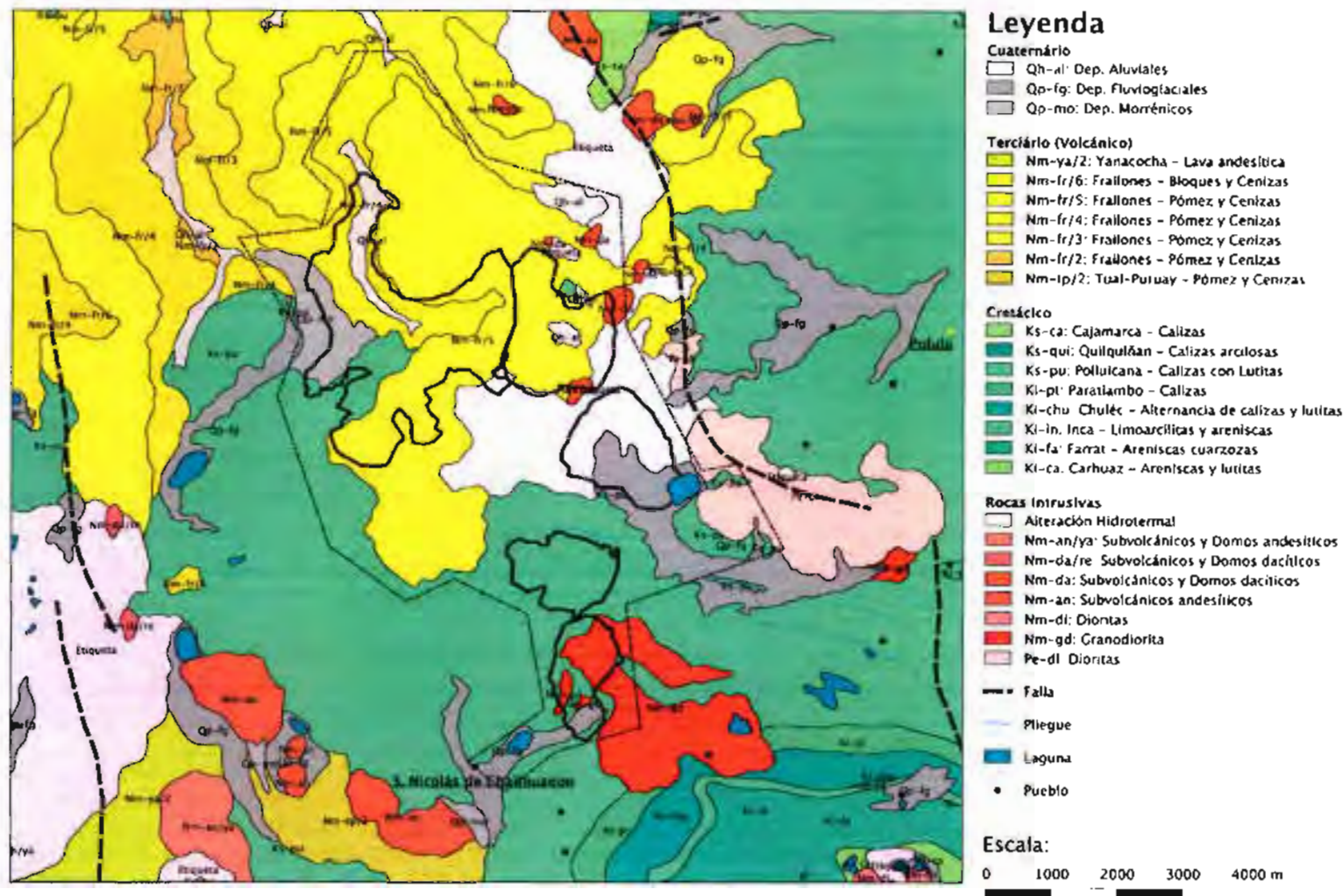
Según Carlotto Caillaux y Peña Laureano (2012), las rocas sedimentarias del área se ven afectadas por pliegues y fallas, que controlan la ubicación de las rocas intrusivas. Las estructuras de tipo pliegue, con dirección WNW-ESE, resaltando el anticlinal El Galeno. Estos pliegues y fallas se originaron por la tectónica Inca del Eoceno Medio-Superior, reactivados en el Oligoceno y el Mioceno. Las rocas volcánicas se presentan en discordancia angular sobre los pliegues y fallas, mostrando deformación leve, es decir, las secuencias son casi horizontales.

#### *Anticlinal El Galeno*

El anticlinal El Galeno se presenta en la zona y se prolonga, tanto hacia el SE como al oeste, extendiéndose hacia y bajo Yanacocha, donde se halla cubierto por las rocas volcánicas del Grupo Calipuy (Figura 65). En el núcleo del anticlinal, fuera de la zona de estudio, afloran las cuarcitas de la Formación Chimú, y luego sucesivamente las formaciones Santa, Carhuaz, Farrat, Inca, Chuléc, Pariatambo, estando cerrado por las calizas del Grupo Pulluicana, donde se localizan las mineralizaciones de Minas Conga. Este pliegue es del tipo propagación de la falla Punre, y por eso tiene direcciones variables, al igual que la falla.

#### *Otros pliegues*

Al norte de la falla Punres, así como al sur del anticlinal El Galeno, se observa un sistema de pliegues: anticlinales y sinclinales, que definen un sistema corrido y plegado, típico de la zona de estudio. Estos pliegues tienen ejes casi verticales, con orientaciones dominantes WNW-ESE, lo que sugiere que las estructuras plegadas y las fallas se desarrollaron simultáneamente. Las geometrías de ambos, pliegues y falla, indican que las estructuras se formaron durante la compresión relacionada al evento tectónico Inca, del Eoceno, y luego se vieron reactivadas en el Oligoceno y en el Mioceno.



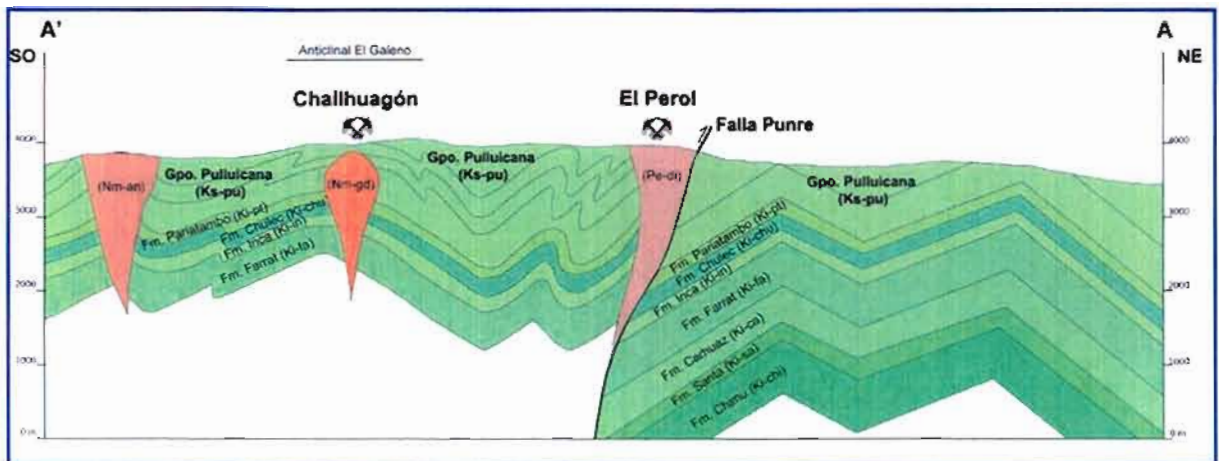
Fuente: adaptado de Cariotto Caillaux y Peña Laureano 2012

Figura 64. Plano geológico de la zona de Conga.

Fallas normales, de pequeñas dimensiones y de dirección N-S y NE-SW, afectan a las calizas. En la mayoría de los casos son subverticales, con desplazamiento de unos metros a decenas de metros.

### La Falla Punre o Puntre

Esta falla es una estructura regional, que tiene dirección variable, que va de NW-SE a E-W, y luego a N-S, con buzamientos fuertes, al sur y suroeste. Esta falla inversa ha servido para que cuerpos intrusivos, como el de El Galeno, Chailhuagón y El Perol, puedan emplazarse y producir las mineralizaciones asociadas, en contacto con las rocas sedimentarias. Esta falla hace repetir a las calizas del Grupo Pulluicana, mostrando desplazamientos mayores a 1.000 m (Figura 65).



Fuente: Carlotto Caillaux y Peña Laureano (2012).

Figura 65. Sección estructural de la zona del proyecto Conga mostrando la falla Punre y el anticlinal de El Galeno, así como las zonas de El Perol y Chailhuagón.

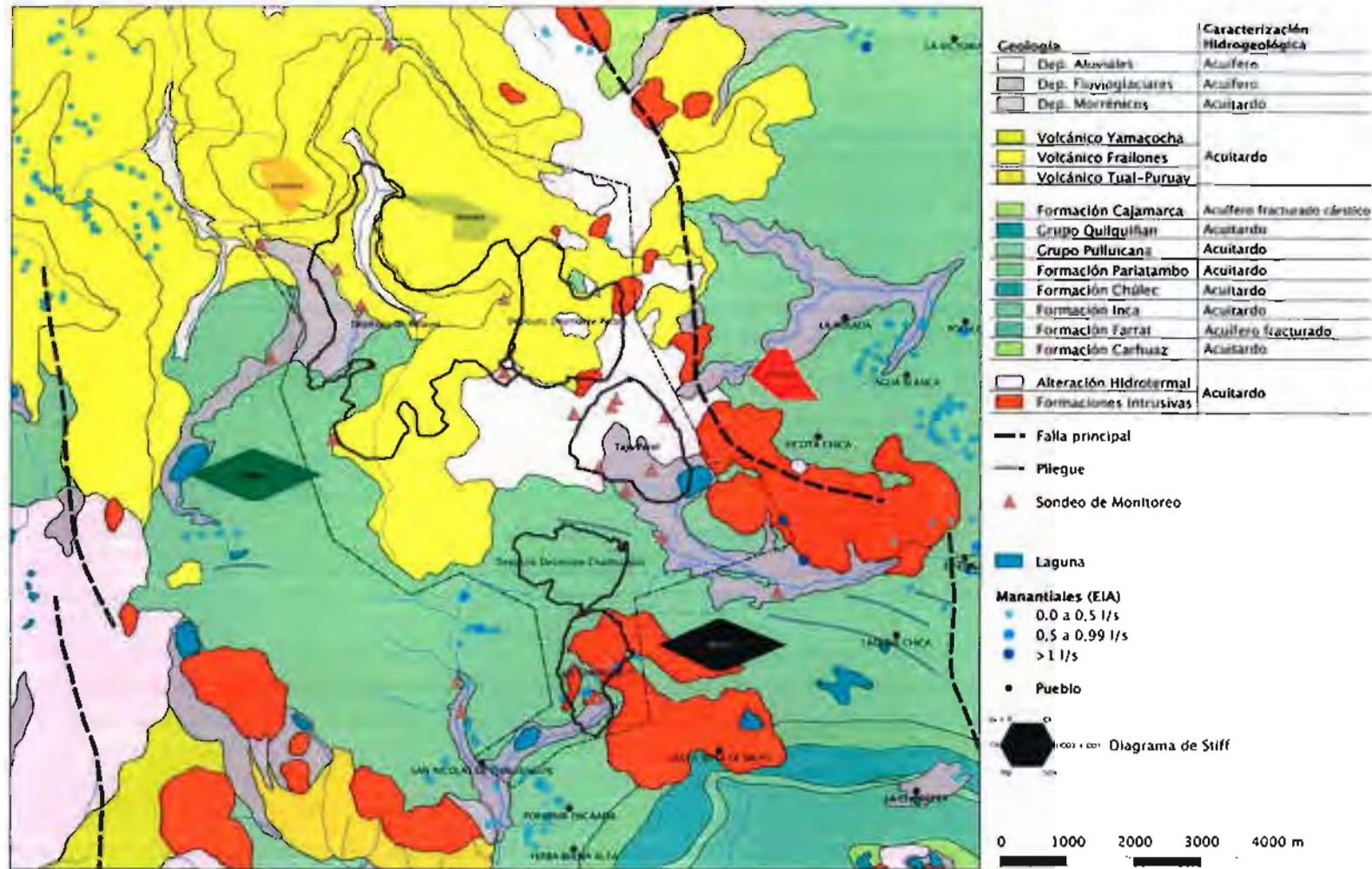
La fracturación menor no está representada, en los documentos cartográficos a la escala regional, de este Dictamen, pero está documentada en los estudios geológicos del EIA (Knight Piésold Consulting, 2010).

## 9.2 Hidrogeología a escala regional

La hidrogeología a la escala regional está controlada por la litología, la estructura y las condiciones de recarga (tratadas en el apartado 9.3).

En el área encontramos (Figura 66):

- ↳ Formaciones geológicas con permeabilidad intersticial (depósitos aluviales, fluvio-glaciares y morrénicos del Cuaternario) que ocupan los valles.
- ↳ Formaciones con permeabilidad fisural como las rocas intrusivas sanas.
- ↳ Rocas de permeabilidad mixta (depósitos volcánicos y de otras secuencias estratigráficas anteriormente descritas).



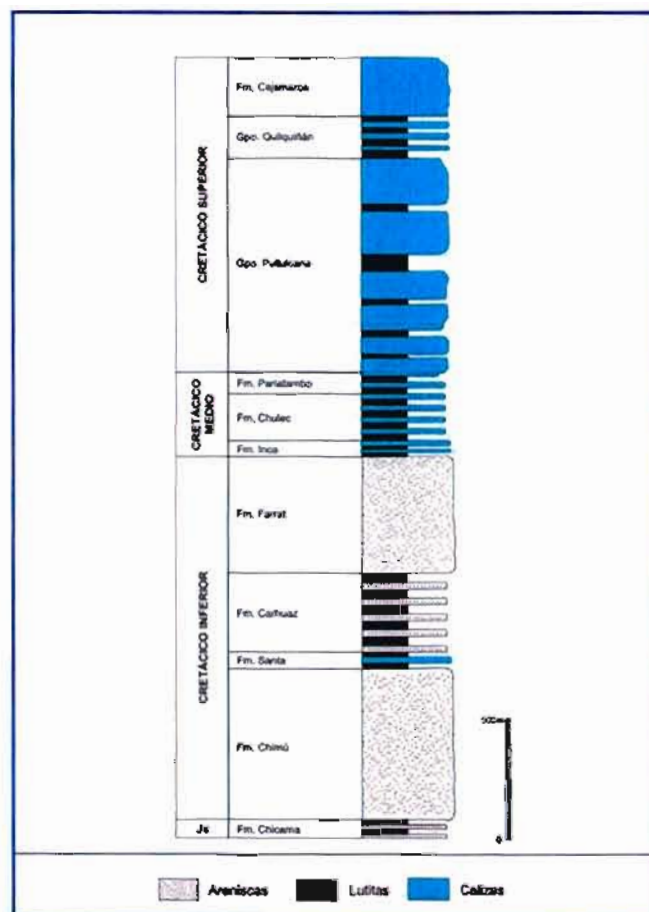
Fuente: adaptado de Carlotto Callaux y Peña Laureano 2012

Figura 66. Esbozo hidrogeológico de la zona de Conga.

Manifestaciones de morfología kárstica, de dimensión discreta, son observables localmente, en las calizas del Cretácico, y particularmente en el grupo Pullucana, y han sido descritas por Carlotto Caillaux y Peña Laureano (2012), y por Knight Piésold Consulting (2010). Esas manifestaciones suelen ser menos evidentes al norte de la falla Puntre. Estos fenómenos de karstificación parecen tener dimensión espacial reducida, pues los principales macizos de calizas están compartimentados por la fracturación y por los horizontes de margas y lutitas intercalados, sufriendo, también, destrucción parcial por erosión glaciar.

Conforme se ha descrito en el apartado 9.1, la región presenta topografía vigorosa, con elevaciones variando entre 3.400 y 4.000 m s.n.m., y roturas topográficas frecuentes. Estas circunstancias, conjugadas con las bajas permeabilidades generalmente existentes, conducen a la concentración de escorrentías superficiales en los valles intramontanos, flujo subsuperficial y subterráneo rápido en los depósitos detríticos cuaternarios, y alimentación subsecuente de los bofedales y de las lagunas existentes.

En la Tabla 15 está presentada una tentativa de clasificación hidrogeológica de las unidades geológicas ocurrentes, considerando su aptitud acuífera. En la elaboración de esta tabla se ha tenido en consideración el criterio de acuífero generalmente aceptado (por ejemplo Fetter (2001), Custodio y Llamas (1983) y González de Vallejo (2002)), esto es, unidad geológica capaz de almacenar y transmitir agua (y con capacidad de drenaje alta), en la que se pueden ubicar sistemas de captación, con el fin de satisfacer las necesidades humanas, en cantidades económicamente apreciables.



Fuente: Carlotto Caillaux y Peña Laureano (2012), basado en Benavides (1956), Jaillard (1985) y Wilson (1985).

Figura 67. Columna estratigráfica regional y local de la zona de Conga y alrededores.



La clasificación de acuífero corresponde a la dialéctica oferta/demanda y, por eso, las unidades del tipo acuitardo (formaciones capaces de almacenar agua pero que la transmiten con dificultad), pueden tener localmente consideración de "acuífero", cuando se trate de atender demandas de escaso caudal. Puede ser el caso de los niveles fracturados y alterados de las unidades eruptivas, de las rocas volcánicas y de los materiales sedimentarios presentes en Conga, que contienen niveles hidrogeológicos discontinuos, con aptitud local para satisfacer la demanda de pequeños utilizadores y/o alimentar ecosistemas como es el caso de los bofedales.

Considerando las permeabilidades que ocurren en el área del proyecto Conga (ver 9.4) en afloramiento sólo se pueden considerar como acuíferos a las unidades aluviales y fluvio-glaciares, siendo acuitardos las restantes unidades litológicas; descartamos la utilización de las categorías acuícludo y de acuífugo en el área, que, además, son denominaciones en desuso (Cleary, et al., 1993).

A nivel local, como veremos en el apartado 9.4, sectores restringidos de los acuitardos del área pueden ser considerados como acuíferos de pequeña entidad.

Unidades	Símbolo	Descripción	Espesor (m)	Clasificación hidrogeológica
Depósitos cuaternarios	Qh-al	Depósitos fluvio-glaciares y aluviales de gravas y bloques con matriz arenosa, y arenas en terrazas.	Hasta 40	Acuífero
	Qp-fg			Acuitardo
	Qp-mo			
Rocas intrusivas y su volcánicas	Nm-na/da Nm-di Nm-gd Pe-di	Domos subvolcánicas andesíticas y dacíticas. Cuerpos intrusivos pequeños de dioritas y granodioritas alteradas o frescas intruyen a las calizas	Variable	Acuitardo
Grupo Calipuy	Nm-ya Nm-fr Nm-tp	Depósitos piroclásticos del tipo pómez y cenizas, con textura porfírica. Tienen como elementos pómez, cristales y fragmentos líticos	400 a 600	Acuitardo
Formación Cajamarca	Ks-ca	Calizas marinas bien estratificadas y fracturadas	100 a 400	Acuífero
Grupo Quilquiñan	Ks-qui	Lutitas y margas con intercalaciones de calizas marinas.	100 a 200	Acuitardo
Grupo Pullucana	Ks-pu	Capas delgadas de margas y lutitas. Todas marinas.	800 a 1100	Acuitardo
Formación Pariatambo	Ki-pa	Calizas y lutitas marinas de color negro, bituminosas. generalmente tienen olor fétido.	150 a 200	Acuitardo
Formación Chuléc	Ki-chu	Lutitas, margas y calizas de origen marino	250 a 400	Acuitardo
Formación Inca	Ki-in	Areniscas calcáreas y lutitas con intercalaciones de margas de origen marino	100	Acuitardo
Formación Farrat	Ki-fa	Cuarcitas y areniscas cuarzosas, con laminación cruzada, de origen fluvial y deltaico.	500	Acuífero
Formación Carhuaz	Ki-ca	Lutitas, areniscas y cuarcitas de origen fluvial deltaico, bien estratificadas en capas delgadas	200 a 500	Acuitardo
Formación Santa	Ki-sa	Lutitas, gneisses, calizas y margas de origen marino y algo de areniscas litorales	200	Acuitardo
Formación Chimú	Ki-chi	Areniscas cuarzosas y cuarcitas con intercalaciones de areniscas y lutitas, todas de medios litorales	600	Acuífero

Fuente: adaptado de Carlotto Caillaux y Peña Laureano (2012)

Tabla 15. Unidades litológicas y litoestratigráficas regionales y su aptitud hidrogeológica.

De la lectura de la Tabla 15 puede concluirse que, en la zona de Conga, además de los materiales detríticos cuaternarios, que constituyen lo que será designado como acuífero somero, de gran importancia para el ecosistema de bofedales y lagunas, e inclusive para pequeños usos humanos, en profundidad sólo ocurren acuíferos de dimensión regional en la Formación Farrat. Esta unidad litoestratigráfica, constituida por cuarcitas y areniscas cuarzosas, es un acuífero fracturado de dimensión regional, pero se sitúa en el sector Perol / Chailhuagón a profundidades de más de 1.000 a 1.500 m, por lo que su utilización sólo sería posible en el ámbito de utilidades no convencionales, por ejemplo como recurso geotérmico para usos turísticos, donde se den circunstancias para ello, como en Baños del Inca, en la proximidad de Cajamarca, o en usos agroindustriales como invernaderos.

### 9.3 Recarga

El tema de la recarga de los acuíferos y acuitados presentes, es de importancia capital para la comprensión de los impactos cuantitativos y cualitativos del proyecto Conga.

Conforme será discutido en el modelo conceptual hidrogeológico (apartado 9.5) parece claro que los materiales aluviales cuaternarios, someros, constituyen la única unidad hidrogeológica del área, con funcionamiento como acuífero. Las restantes litologías, incluyendo las calizas, son acuitados, "unidades hidrogeológicas" discontinuas de baja conductividad hidráulica, y muy bajo coeficiente de almacenamiento.

Esto significa que la casi totalidad de las aguas subterráneas circula rápidamente y a pequeña profundidad (sistemas cutáneos o hipodérmicos), constituyendo los únicos recursos subterráneos, contabilizables en el balance hídrico en el término de las aguas superficiales.

Knight Piésold Consulting (2010) presenta los valores e informaciones siguientes, que permiten evaluar los términos principales del balance hídrico y cuantificar la recarga para los sistemas hidrogeológicos:

- ↳ Precipitación media anual de 1.126mm (Nueva Minas Conga) y 1,143 mm (antigua minas Conga).
- ↳ Evaporación potencial promedio de 1.100 a 1.211 mm.
- ↳ Temperatura máxima promedio de 10,1 a 13,1 °C y mínima de 2,5 a 3,6 °C.
- ↳ Caudal base del río Grande 0,3 L/s/km<sup>2</sup> y 0,8 L/s/km<sup>2</sup>, por lo tanto 9 a 25 mm/año, esto es, 0,7% a 1,9% de la precipitación media anual (Volumen XV del EIA); en las respuestas a las observaciones de MINEM (Knight Piésold Consulting, (2010) los valores son de 11 a 22 mm/año, 0,8 a 2% de la precipitación de 1.126 mm/año.
- ↳ Variaciones estacionales de piezometría de 1 a 2 m (2005 a 2008) en las calizas y rocas volcánicas y de 4 m en los materiales aluviales cuaternarios.

En SWS (2012), actualización del estudio hidrogeológico de Conga, en el balance final obtenido, tras la calibración del modelo Feflow, se ha determinado un índice de recarga promedio del 3% de la precipitación actual, equivalente a lo indicado en el EIA (Knight Piésold Consulting, 2010).

Este valor de 3% (en SWS, 2012), es discriminado de la siguiente forma: sedimentos aluviales someros 10%; depósitos morrénicos 1%; materiales volcánicos 3%; calizas 3% y rocas intrusivas 1%. La infiltración profunda ha sido evaluada en el 0,5%, esto es, una recarga de solamente 6 mm.

Intentamos, a nivel de nuestro peritaje, contrastar los valores sugeridos por SWS (2012) y en el EIA (Knight Piésold Consulting, 2010) con métodos hidrogeológicos expeditos, pero robustos, a nivel de caracterización general de la recarga.

Así, con base en la descomposición de hidrogramas de escorrentía total en la cuenca MCPCH en el Alto Chirimayo, la única serie posible de ser utilizada, con cerca de dos años de datos (ver capítulo de aguas superficiales 8) y: (i) la técnica de Castany-Berkaloff (1970), (ii) conjugada con

el conocimiento de la área de la cuenca influente (Custodio y Llamas, 1983), se ha determinado la recarga y los índices de recarga presentados en la Tabla 16. Esta cuenca incluye depósitos aluviales, fluvio-glaciales y calizas.

En la columna 3 de la Tabla 16 se han calculado los valores de la precipitación de los meses de verano, y se ha atribuido esta cifra a la escorrentía subterránea, considerando el presupuesto de que la precipitación es inmediatamente descargada en los ríos y quebradas.

Han sido consideradas precipitaciones anuales medias de 1.126 mm y 1.143 mm, y temperaturas promedio del aire de 11,5 °C a las que correspondería una evapotranspiración real de 581 mm (Turc, 1951).

Admitiendo como base el valor de las variaciones estacionales de nivel piezométrico (se han asumido valores de 2 a 3 m), el área de la cuenca (7,1 km<sup>2</sup>) y porosidades aceptables para depósitos aluviales, fluvio-glaciares y calizas alteradas y fracturadas (2 a 3%), la escorrentía subterránea total promedio sería del orden de magnitud del valor avaluado a partir de la descomposición de los hidrogramas en la estación MCPCH (449.182 m<sup>3</sup>).

En la columna 1 de la Tabla 16 se ha intentado calcular la escorrentía subterránea a partir de los caudales totales aportados por los manantiales (Tabla 3.2. 97 del EIA), en un área de 452,3 km<sup>2</sup>, en torno al proyecto, a partir de los datos del inventario hidrogeológico realizado por la ATDR (Administración Técnica del Distrito de Riego de Cajamarca) / MYRSL, en el periodo del 3 al 28 de julio del 2006. El valor determinado de 0,7%, para la tasa de recarga, está en el límite inferior de los valores del EIA (Knight Piésold Consulting, 2010) y estará ciertamente afectado por no existir un inventario completo, por los métodos de cálculo del caudal, y/o por deficiente determinación del área de la cuenca.

		Manantiales (EIA)	Estación de aforo MCPCH	Estación de aforo MCPCH (adaptado)
Datos hidrometeorológicos	Precipitación (mm)	1.126 / 1.143	1.126 / 1.143	1.126 / 1.143
	Temperatura [°C]	11,5	11,5	11,5
	Evapotranspiración (TURC) [mm]	581	581	581
	Escorrentía [mm]	545 / 562	545 / 562	545 / 562
Castany - Berkalooff (1970)	Escorrentía anual (Qt) [m <sup>3</sup> ]		6.990.292	6.990.292
	Escorrentía subterránea anual (Qs) [m <sup>3</sup> ]	3.521.856	794.242	449.182
	Qs/Qt		11,4%	6,4%
	Recarga [mm]		62 / 64	35 / 36
	Tasa de recarga		5,5% / 5,6%	3,1% / 3,2%
Escorrentía subterránea (Qs) vs Área	Escorrentía subterránea anual (Qs) [m <sup>3</sup> ]	3.521.856	794.242	449.182
	Área cuenca [km <sup>2</sup> ]	452,3	7,1	7
	Recarga [mm]	8	112 / 112	63 / 63
	Tasa de recarga	0,7%	9,9 / 9,8	5,6% / 5,5%

Fuente. elaboración propia.

**Tabla 16. Evaluación de la recarga y del Índice de Recarga en el área del proyecto Conga.**

Todos los hechos aquí reportados confirman que es aceptable la consideración de tasas de recarga globales de 3%, conforme se sugiere por el EIA (Knight Piésold Consulting, 2010<sub>a</sub> y 2010<sub>b</sub>) y SWS (2012), siendo el flujo subterráneo mayoritariamente realizado en los materiales someros cuaternarios, conforme será discutido en el apartado 9.5.

Una tasa de recarga de 3% es compatible, en la gama más baja, con los valores determinados por varios autores en regiones montañosas, en condiciones geológicas y geoclimáticas

semejantes (Carvalho 2006, Espinha Marques 2007, Espinha Marques *et al.* 2010, Gleeson y Manning, 2008).

## 9.4 Hidrogeología a escala local (tajos, depósito de relaves y botaderos)

En este apartado abordamos las condiciones de ocurrencia del agua subterránea, a escala local, con el enfoque de poder prever impactos cualitativos y cuantitativos, en los recursos hídricos subterráneos, de las actuaciones proyectadas.

Ha sido mucho el material analizado, correspondiente a varios informes de campañas de prospección geotécnica e hidrogeológica efectuadas, incluidas en el EIA. Destaca, por su importancia, el informe de Schlumberger Water Services (SWS, 2012) realizado para Minera Yanacocha S.R.L., que intenta resumir todas las investigaciones anteriores, plasmadas en un modelo hidrogeológico conceptual, que sirvió de base para la modelización numérica con el software Feflow.

Por nuestra parte intentamos contrastar los datos de base y las conclusiones de este modelo conceptual, con nuestras propias investigaciones e inferencias. Así nuestras conclusiones finales se apoyan, en gran parte, en la discusión del trabajo de SWS (2012), conforme a continuación se expone.

### 9.4.1 Unidades litológicas y estructura geológica

Este apartado puede considerarse como continuación de la descripción hecha en la geología regional, y de la descripción simplificada de SWS (2012), conforme se refiere a continuación.

#### *Unidades sedimentarias del Cuaternario*

Los depósitos del Cuaternario (Fotografía 22) consisten principalmente en unidades glaciales y aluviales. Los depósitos glaciales se caracterizan por morrenas frontales y laterales, depósitos fluvio-glaciales y depósitos lacustrinos (post-glaciales).



Fotografía 22. Depósitos cuaternarios en el río Alto Jadibamba.

Existen dos áreas principales en las cuales los depósitos glaciales se encuentran mejor expuestos: la quebrada Toromacho y el área de Perol. La quebrada Toromacho contiene principalmente morrenas basales y laterales, erosionadas y diseccionadas por el drenaje moderno. Algunos depósitos fluvio-glaciales y lacustrinos han sido reconocidos gradiente arriba de los depósitos morrénicos, en el área de Perol. El espesor total de estos materiales puede llegar a 25 a 40 m.

### *Formaciones Volcánicas del Terciario*

Las rocas volcánicas, miocénicas, del grupo Calipuy (Volcánicas de Cajamarca) consisten en unidades piroclásticas, depositadas sobre sedimentos del Cretáceo y unidades intrusivas terciarias inferiores (Fotografía 23).

A escala regional, las Volcánicas de Cajamarca pueden subdividirse en dos unidades principales: Volcánicas de Otuzco y Volcánicas de Frailones. Las Volcánicas de Otuzco consisten principalmente en tobas líticas blancas a amarillas, que yacen en forma dispereja sobre las formaciones de Chuléc, al suroeste del área. Las Volcánicas de Frailones se sobreponen en sentido sub-horizontal a la caliza de Yumagual del Cretáceo en las partes más elevadas. Estas unidades consisten principalmente en brechas piroclásticas, tobas, ignimbritas y lavas menores de composición andesítica y dacítica. El espesor total es de 400 a 600 m.



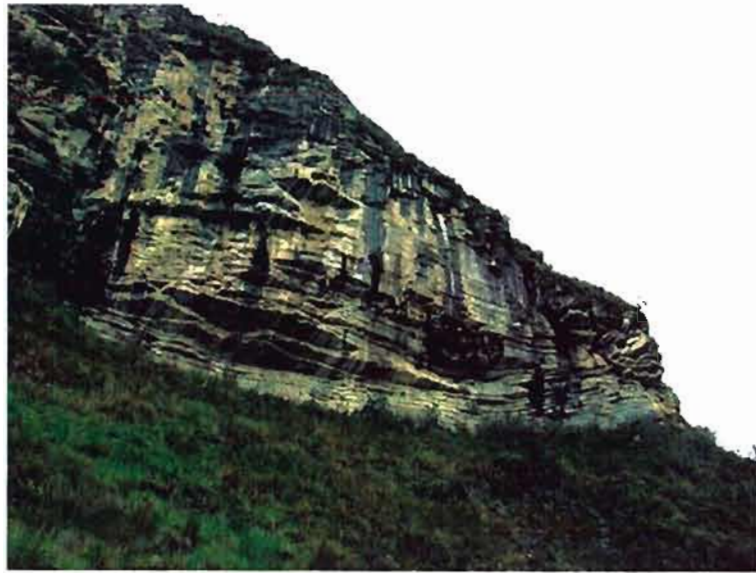
Fotografía 23. Rocas volcánicas del Grupo Calipuy en el Alto Jadibamba.

### *Secuencia sedimentaria del Cretáceo*

Los afloramientos más antiguos, ubicados al sur del área, están representados por cuarcitas y areniscas de la Formación Farrat, del Cretáceo Inferior. La secuencia atraviesa unidades del Cretáceo intermedio a tardío, con pizarra rica en hierro y arenisca de la Formación Inca; calizas y margas de la formación Chuléc; caliza bituminosa de la formación Pariatambo; y calizas masivas con intercalaciones de lodolita de la formación Yumagual del Grupo Pulluicana (Fotografía 24 y Fotografía 25).



Fotografía 24. Calizas Pulluicanas cerca de la laguna Chailhuagon (pormenor).



Fotografía 25. Calizas Pulluicanas cerca de la laguna Chailhuagon.

M  
2.  
Las tres unidades superiores de la secuencia son margas y caliza nodular de la formación Mujarrún, limonita calcárea y lodolita de la formación Quilquinán, y calizas masivas de la formación Cajamarca.

La alteración metamórfica de las unidades calcáreas en mármol ha ocurrido cerca del contacto con las rocas intrusivas. Esta secuencia calcárea puede alcanzar un espesor de hasta 3.000 m.

#### *Unidades intrusivas*

La secuencia sedimentaria, presente en el área de Conga, ha sufrido la intrusión de una serie de stocks sub-volcánicos del Eoceno al Mioceno (Fotografía 26 y Fotografía 27), de composición variable, los cuales pueden ser subdivididos, de manera general, en los siguientes grupos: (i) diorita porfídica (Diorita de Picota), (ii) pórfido de Cuarzo-Dacita, (iii) pórfido dacítico, y, (iii) microgranodiorita.



Fotografía 26. Rocas intrusivas (tajo Chailhuagón).



Fotografía 27. Pormenor de las rocas intrusivas (tajo Chailhuagón).

Una subunidad importante, de las rocas intrusivas, es la constituida por las zonas de alteración. Dos etapas de alteración principales, prógrada y retrógrada, se reconocen en los depósitos de Conga. Los ensamblajes potásicos y propiliticos caracterizan la alteración previa, mientras que los ensamblajes filicos, arcillosos, arcillosos intermedios y arcillosos avanzados representan la alteración retrógrada. En la zona superior de los depósitos, la alteración retrógrada se sobrepone a los ensamblajes prógrados. El metamorfismo de contacto entre las unidades intrusivas y calcáreas ha desarrollado áreas localizadas de mármol y skarns. De importancia particular son las unidades de mármol, que ocurren alrededor del depósito de Chailhuagón.

El área de Conga ha sido fuertemente influenciada por la actividad tectónica e intrusiva, y por la subsiguiente erosión y relleno de la cuenca, fenómenos que, en parte, ocurrieron durante las glaciaciones del Pleistoceno.

La principal característica estructural, en el área, es la tendencia de estratificación WNW resultante de varias estructuras anticlinales y sinclinales que se extienden en sentido paralelo al eje WNW. Estas características son resultado de la intensa actividad tectónica, que ocurrió durante el Paleoceno, deformando gran parte de los sedimentos cretáceo de la región (por ejemplo, SWS, 2012 y Carlotto Caillaux y Peña Laureano, 2012).

Existen tres orientaciones de fallas principales, en el área de Conga: N-S, NW-SE, y NE-SW.

El conjunto de fallas más importante está dado por las fallas de tendencia N-S, que fueron importantes para controlar los stocks de pórfido mineralizados. La cartografía detallada, dentro del área de Perol y Chailhuagón, presentada en el EIA (Knight Piésold Consulting, 2010), ha demostrado que las principales unidades mineralizadas han sido emplazadas a través de fallas pre-tectónicas o sin-tectónicas de orientación N-S.

#### 9.4.2 Caracterización hidrodinámica

En el capítulo 3.2.12.3 del EIA (Knight Piésold Consulting, 2010), se enumeran las actividades de pesquisa geotécnica, efectuadas del 2004 al 2008, que permiten la caracterización hidrogeológica e hidrodinámica del área.

- ↳ Investigación inicial de las áreas de la presa.
- ↳ Posible ubicación de las instalaciones de la planta concentradora y chancadora.
- ↳ Área propuesta para el depósito de desmonte Perol.
- ↳ Área propuesta para la remoción de bofedales en el área del tajo Perol.
- ↳ Posibles áreas de préstamo para construcción.
- ↳ Investigación de seguimiento del cimientado propuesto de la presa y áreas inferiores del reservorio.
- ↳ Piezómetros para la investigación hidrogeológica (serie BH), instalados en el año 2008.
- ↳ Instalaciones propuestas para la chancadora, áreas de pilas de acopio de suelo orgánico, depósito de desmonte de Chailhuagón y pozas de sedimentos.
- ↳ Ubicaciones propuestas para el reservorio de almacenamiento de agua de Perol.

Los parámetros hidrodinámicos, de las unidades hidrogeológicas del área, son razonablemente conocidos, a partir de las sucesivas investigaciones realizadas.

Desde luego, el gradiente hidráulico y los niveles piezométricos (isopiezas) están controlados por la topografía. Los gradientes confluyen hacia las líneas de agua, y apenas son reportados dos sondeos surgentes, en las calizas y con nivel piezométrico cercano del suelo.

La conductividad hidráulica ( $k$ ) es el parámetro de más importancia para definir las condiciones hidrogeológicas, tanto para los problemas de evaluación de los impactos cuantitativos (flujo de aguas subterráneas), como para efectos cualitativos (transporte de masa). De esa forma las investigaciones geotécnicas se ocupen frecuentemente de la determinación de ese parámetro.

En los sondeos de investigación, además de la perforación, por lo general, se incluyeron ensayos de permeabilidad Lefranc, en formaciones cuaternarias, y ensayos Lugeon, en formaciones rocosas, hasta profundidad máxima de 250 m.

Los ensayos Lefranc y Lugeon son ensayos puntuales, realizados en sondeos de investigación, sin revestimiento. Se trata de pruebas razonablemente representativas, pero que no



representan el comportamiento individualizado de todas las unidades geológicas atravesadas por el sondeo. Por eso, y porque la realidad física medida por los ensayos de bombeo y los ensayos puntuales (Lugeon y Lefranc) es diversa, los resultados de estos diferentes ensayos y aforos son difícilmente comparables.

Adicionalmente, fueron realizadas algunas pruebas con *air lift*, aprovechando las medidas de recuperación de niveles, para determinación de la transmisividad (y la conductividad hidráulica), por aplicación del método de recuperación de Theis (1935). En raros casos fueron realizados ensayos de *slug tests* (introducción rápida de una barra en el sondeo, y control de la recuperación del nivel).

Típicos ensayos hidrogeológicos de bombeo con piezómetros de observación, se realizaron en los pozos PPP-3 – Chailhuagón y PP5 – Perol, con profundidades de hasta 252 m. La interpretación ha sido efectuada mediante la metodología de Theis, en régimen transitorio.

En marzo de 2012 se presentó un nuevo estudio hidrogeológico (SWS, 2012), que incluye nuevas investigaciones, con más ensayos Lugeon en 8 pozos (4 en el tajo Perol y 4 en el tajo Chailhuagón), con profundidades de hasta 536 m.

En total se han realizado en el área del proyecto Minero Conga cerca de 250 sondeos (SWS, 2012) de parte de los cuales recibimos información.

Las conductividades hidráulicas propuestas en este estudio están indicadas en la Tabla 17.

Unidad hidrogeológica	Nº de pruebas	Programa de investigación	Estimación de conductividad hidráulica K (m/d)	Características hidrogeológicas	Formación	Espesor reconocido (m)
Sedimentos superficiales	44	Geotécnico / Hidrogeológico	$10^0 - 10^{-2}$	Gravas, arenas y limos	Sedimentos cuaternarios	5 a 26
Morrenas	5	Geotécnico	$10^{-3} - 10^{-6}$	Clastos dentro de matriz limo- arcillosa	Sedimentos cuaternarios	5 a 26
Calizas	97	Geotécnico / hidrogeológico	$10^{-1} - 10^{-5}$	Masivo, fracturación, leve a moderada	Fm. Yumagual	144 / 366
Mármol y skarn	8	Geotécnico	$10^{-4} - 10^{-7}$	Fracturación leve a moderada	Fm. Quilquinan Fm. Mujarrún Fm. Yumagual	
Volcánicos	170	Geotécnico / hidrogeológico	$10^0 - 10^{-6}$	Toba soldada e ignimbrita, transmisividad en zonas de fracturas.	Volcánico Frailones	25 a 200
Intrusivos alterados	43	Geotécnico	$10^{-2} - 10^{-4}$	Disminución de K con la profundidad, zonas de fallas rellenas con arcillas	Pórfido Dacítico	144 a 366
Intrusivos no alterados	22	Geotécnico / hidrogeológico	$10^{-2} - 10^{-5}$	Bajo K, transmisividad podría aumentar en zonas meteorizadas	Diorita Picola	

Fuente: adaptado de SWS (2012).

Tabla 17. Conductividad hidráulica de las principales unidades hidrogeológicas.

No se presenta la metodología empleada para la obtención de los rangos de conductividades hidráulicas constantes de la Tabla 17 y, así, persisten algunas dudas sobre el significado de los valores definidos en el EIA, y posteriormente adoptados para el estudio hidrogeológico de 2012 (SWS, 2012).

Los resultados de las conductividades hidráulicas calculadas, para los cerca de 80 sondeos de que obtuvimos información, se presentan en la Tabla 18. En la que están descritos los resultados

de permeabilidad por litologías. Los datos de base recogidos del EIA y de SWS (2012) son presentados en la Tabla 20.

Litología	Conductividad hidráulica mínima [m/d]				Conductividad hidráulica máxima [m/d]			
	Mínima	Media	Máxima	Mediana	Mínima	Media	Máxima	Mediana
Volcánico	2,70E-06	6,17E-02	2,70E-06	1,64E-03	2,70E-06	1,87E-01	1,37E+00	1,93E-02
Intrusivas	3,10E-04	8,55E-02	3,10E-04	2,12E-02	3,10E-04	1,62E-01	1,54E+00	2,56E-02
Calizas	1,09E-06	2,53E-02	1,09E-06	8,77E-03	1,09E-06	2,71E-01	2,42E+00	4,93E-02
Mármol / skarn	1,56E-02	2,02E-02	1,56E-02	2,02E-02	2,48E-02	2,67E-02	2,85E-02	2,67E-02
Sedimentos superficiales	2,68E-04	2,15E-01	2,68E-04	4,23E-03	6,48E-02	4,31E-01	1,12E+00	2,42E-01
Morrénicos	8,64E-05	8,64E-05	8,64E-05	8,64E-05	6,13E-04	,19E-02	2,32E-02	1,19E-02

Nota: no están incluidos los pozos con afloros de bombeo.  
 Fuente: elaboración propia

Tabla 18. Conductividades hidráulicas mínimas, máximas, promedio y medianas de cerca de 80 sondeos ubicados en la área del proyecto Conga.

Dictamen Pericial Internacional. Componente Hídrico del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto  
Minero Conga (Cajamarca - Perú).

Sondeo	Prof. (m)	NHE	X	Y	Litología	Localización	K (m/d)		Método
							Desde	Hasta	
GMW-1B	51	24,8	787931	9241136	Volcánica		1,53E-02		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-1A	51	43,3	787931	9241136	Volcánica		2,12E-03		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-2B	50	30,0	787389	9240936	Volcánica				
GMW-2A	100	77,5	787400	9240938	Volcánica				
GMW-3B	101	32,0	787642	9238695	Volcánica	Dep. relaves	4,30E-01		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
	101	77,5					9,33E-02		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-3A (I)	250	184,3	787645	9238711	Volcánica	Dep. relaves	2,13E-05		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-4B	250	52,0	786337	9238231	Volcánica		5,46E-05		Prueba de permeabilidad con carga variable
GMW-4A	250	179,0	786337	9238231	Caliza		1,09E-06		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-5	100	78,5	787201	9237757	Volcánica	Dep. relaves	2,70E-06		Prueba de permeabilidad con carga variable
GMW-6	100	55,0	787491	9237807	Volcánica	Dep. relaves	3,63E-04		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-7	100	88,0	788186	9238009	Volcánica		2,11E-03		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-8	100	76,0	789664	9238404	Volcánica		9,16E-04		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-9B	250	24,3	791233	9237603	Volcánica		4,30E-01		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-9A	250	237,0	791233	9237603	Caliza		8,01E-02		Prueba de permeabilidad con carga variable
GMW-10	100	85,8	790825	9237558	Caliza		1,08E-03		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-11B	250	96,0	789696	9237305	Volcánica	Dep. relaves	2,67E-03		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-11A	250	230,5	789696	9237305	Caliza	Dep. relaves	3,83E-05		Prueba de permeabilidad con carga variable
GMW-12	50	23,8	788371	9236995	Aluvión/volcánica	Dep. relaves			
GMW-13B	250	97,0	787554	9237216	Volcánica	Dep. relaves	5,48E-04		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-13A	250	227,5	787554	9237216	Caliza	Dep. relaves	4,92E-03		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-14	100	57,5	787704	9236330	Caliza	Dep. relaves	1,64E-02		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-15B	250	38,3	788033	9236070	Volcánica	Dep. relaves	4,34E-01		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-15A	250	97,5	788033	9236070	Caliza	Dep. relaves	6,64E-02		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-16B	100	20,8	787134	9235206	Volcánica/caliza	Dep. relaves	2,05E-01		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-16A	100	70,0	787134	9235206	Caliza	Dep. relaves	3,02E-03		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-17	50	26,0	789083	9235296	desmonte/volcánica		3,54E-02		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-18	100	55,0	790454	9235870	Mármol/intrusiva		2,48E-02		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
GMW-19	100	56,8	791354	9236574	Intrusiva	Dep. Perol	2,62E-03		Prueba de bombeo (recuperación Theis)
PPP-3 propiedades hidráulicas de la roca bruta	231		790744	9235578		Tajo Perol	2,12E-02	3,41E-02	Pruebas de bombeo de larga duración
PZP-3	252		791309	9235693		Tajo Perol	2,02E-02	3,72E-01	Pruebas de bombeo de larga duración
PZP-5	202		791528	9234428		Dep. Chailhuagón	1,91E-02		Pruebas de bombeo de larga duración
PPC-05	230		790850	9232611	Caliza/mármol	Dep. Chailhuagón	5,17E-03	6,28E-03	Pruebas de bombeo de larga duración
PPC-5 propiedades hidráulicas de la roca bruta					Caliza/mármol		1,13E-03		Pruebas de bombeo de larga duración
PPC-5 a 100 m					Caliza/mármol		4,47E-04		Pruebas de bombeo de larga duración

Dictamen Pericial Internacional. Componente Hídrico del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto  
Minero Conga (Cajamarca - Perú)

Sondeo	Prof. (m)	NHE	X	Y	Litología	Localización	K (m/d)		Método
							Desde	Hasta	
PPC-5 a 150 m					Caliza/mármol		9,50E-06		Pruebas de bombeo de larga duración
DW-2			791642	9234717	Diorita porfírica de cuarzo	Tajo Perol	1,99E-02		Recuperación
DW-3			790969	9235287	Diorita porfírica	Tajo Perol	3,72E-04		Prueba de sondeo por puntos
CW-04/GB-04			791881	9233839	Arcilla, grava arcillosa	Bofedal	1,21E-01	2,25E-01	Lefranc
					Caliza		3,02E-03	1,04E-01	Lugeon
					Morrena		8,64E-05	6,13E-04	Lefranc
PP-04/GB-05					Arcilla, arena, grava		1,12E-03	6,48E-02	Lefranc
					Dacita porfírica de cuarzo		4,58E-03	6,48E-02	Lugeon
PB-04/GB-01			791450	9235071	Arcilla, limo, arena, grava	Tajo Perol	4,23E-03	5,01E-01	Lefranc
					Caliza		1,04E-01	Lugeon	
PB-04/GB-02			791460	9234627	Arcilla, arena	Tajo Perol	2,68E-04	2,42E-01	Lefranc
					Suelo residual		1,90E+00	1,90E+00	Lefranc
					Diorita		4,23E-02	5,79E-02	Lugeon
PB-04/GB-03			791299	9234850	Arcilla arenosa con grava	Tajo Perol	9,50E-01	1,12E+00	Lefranc
					Toba volcánica dacítica (porfídica)		2,33E-02		Lugeon
					Skarn		1,56E-02	2,85E-02	Lugeon
PB-04/GB-04			791450	9235071	Toba volcánica (porfídica)	Tajo Perol	1,81E-01	5,70E-01	Lugeon
PB-04/GB-05			791261	9235681	Dacita volcánica	Tajo Perol	6,65E-02	9,50E-02	Lugeon
PB-04/GB-06			791936	9235519	Dacita volcánica	Tajo Perol	6,39E-02	1,04E+00	Lugeon
PC-04/GB-01			791874	9234443	Caliza	Tajo Perol	4,41E-03	2,42E+00	Lugeon
MW-06-03			786033	9238136	Lodolita-caliza	Tajo Perol	1,33E-01		Recuperación
PZC-2			791315	9231825	Alteración propilítica	Tajo Chailhuagón	2,06E-02		Ensayo de bombeo en pozo único
PW-04/GB-03			791003	9236446	Pórfido de dacita	Dep. Perol			Lugeon
PW-04/GB-04			790882	9236957	Dacita volcánica y caliza	Dep. Perol	2,45E-02	1,54E+00	Lugeon
CW-04/GB-01			790018	9233707	Caliza	Dep. Chailhuagón	4,01E-03	2,20E-02	Lugeon
CW-04/GB-02			790548	9233527	Caliza	Dep. Chailhuagón	2,14E-02	7,21E-01	Lugeon
CW-04/GB-03			790864	9233425	Caliza	Dep. Chailhuagón	1,50E-02	4,38E-02	Lugeon
CW-04/GB-04			791881	9233839	Caliza		2,98E-03	1,05E-01	Lugeon
MS-04/GB-01			790619	9235554	Caliza		2,69E-02	4,93E-02	Lugeon
MS-04/GB-02			790509	9235620	Caliza		8,73E-03	4,93E-02	Lugeon
MS-04/GB-03			790273	9235765	Caliza		8,61E-03	1,48E+00	Lugeon
PP-04/GB-05					Morrena y arcilla arenosa		8,64E-05	2,32E-02	Lugeon/Lefranc
SD-04/GB-01			787155	9238039	Toba dacítica	Dep. relaves	1,82E-03	8,42E-01	Lugeon
SD-04/GB-02			787166	9237845	Dacita volcánica	Dep. relaves	6,61E-04	1,95E-01	Lugeon
SD-04/GB-03			787185	9237718	Toba dacítica	Dep. relaves	3,50E-02	5,00E-01	Lugeon
SD-04/GB-04			787476	9237174	Toba riolítica	Dep. relaves	1,24E-04	1,14E-03	Lugeon

Dictamen Pericial Internacional. Componente Hídrico del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto  
Minero Conga (Cajamarca - Perú).

Sondeo	Prof. (m)	NHE	X	Y	Litología	Localización	K (m/d)		Método
							Desde	Hasta	
BH-01	70		789660	9237198	Volcánica	Dep. relaves	3,27E-04	2,57E-01	Lugeon
BH-03	40		786601	9238228	Volcánica		1,39E-03	3,31E-02	Lugeon
BH-04A	70		787005	9238123	Volcánica	Dep. relaves	2,25E-03	3,36E-01	Lugeon
BH-05	60		786982	9237882	Volcánica	Dep. relaves	2,25E-04	1,11E-02	Lugeon
BH-07	70		786906	9237743	Volcánica	Dep. relaves	1,12E-04	1,24E-02	Lugeon
BH-08	70		787555	9238397	Volcánica	Dep. relaves	1,45E-03	1,73E-01	Lugeon
BH-09A	70		787662	9237584	Volcánica	Dep. relaves	2,32E-03	6,38E-03	Lugeon
BH-10A	60		786933	9236872	Volcánica		4,49E-04	1,37E+00	Lugeon
BH-11	70		788783	9237413	Volcánica	Dep. relaves	4,49E-04	5,83E-03	Lugeon
BH-14A	65		786427	9238063	Volcánica		2,71E-01		Lugeon
BH-52A	70		788298	9237101	Volcánica	Dep. relaves	3,34E-04	1,22E-01	Lugeon
BH-53A	70		790579	9237453	Volcánica	Dep. Perol	3,37E-04	6,29E-03	Lugeon
BH-53A	70		790579	9237453	Caliza	Dep. Perol	2,52E-03	2,02E-02	Lugeon
MPEZn09-050/MPE-340	354		791149	9234865	Intrusivo alterado	Tajo Perol	1,72E-02		Packer test
							6,40E-01		Packer test
							2,12E-02		Packer test
							4,03E-02		Packer test
MPEZn09_023/MPE-351	421		791690	9234693	Intrusivo alterado	Tajo Perol	3,90E-04		Packer test
							2,20E-03		Packer test
							3,19E-02		Packer test
							2,91E-02		Packer test
MPEZn09_018/MPE-352	165		791541	9235137	Intrusivo alterado	Tajo Perol	7,71E-02		Packer test
							4,96E-03		Packer test
MCH09-066/MPE-155	536		792146	9235345	Intrusivo alterado	Tajo Perol	2,56E-02		Packer test
							3,27E-02		Packer test
MCH-09-005/MCH-232	164		791211	9231248	Intrusivo alterado	Chailhuagón	3,10E-04		Packer test
							1,82E-02		Packer test
MCH09-001/MCH-106	77		791012	9230793	Intrusivo alterado	Chailhuagón	4,10E-01		Packer test
							2,25E-02		Packer test
							2,70E-03		Packer test
MCH09-013/MCH-105	257		791193	9232074	Intrusivo alterado	Chailhuagón	2,65E-01		Packer test
							1,13E-02		Packer test
MCH09-19/MCH-104	168		791270	9232476	Intrusivo alterado	Chailhuagón	1,13E-02		Packer test

Nota: no están incluidos los pozos con aros de bombeo.  
Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Tabla de las conductividades hidráulicas recogida en el EIA e SWS, 2012.

En las Tabla 20 y Tabla 21 confrontamos el rango de las conductividades hidráulicas de SWS 2012 (Tabla 17) con las determinadas en este Dictamen (Tabla 18). En la Tabla 20 son usadas las conductividades hidráulicas máximas y mínimas y en la Tabla 21 la mediana de las máximas y de las mínimas en cada litología.

En negro están indicadas las situaciones en las que el EIA, desde nuestro punto de vista, ha calculado datos infravalorados.

Conductividad Hidráulica (m/d)						
Litología	Mínima (SWS 2012)	Mínima (Dictamen)	Observaciones	Máxima (SWS 2012)	Máxima (Dictamen)	Observaciones
Sedimentos superficiales	1,00E-02	2,68E-04	Sobrevalorado	1,00E+00	1,12E+00	
Morrénicos	1,00E-06	8,64E-05		1,00E-03	2,32E-02	Infravalorado
Calizas	1,00E-05	1,09E-06	Sobrevalorado	1,00E-01	2,42E+00	Infravalorado
Mármol/Skarn	1,00E-07	1,56E-02	Infravalorado	1,00E-04	2,85E-02	Infravalorado
Volcánicos	1,00E-06	2,70E-06		1,00E+00	1,37E+00	
Intrusivos alterado	1,00E-04	3,10E-04		1,00E-02	1,54E+00	Infravalorado
Intrusivos no alterados	1,00E-05			1,00E-02		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. Confrontación de las conductividades hidráulicas máximas y mínimas de los ensayos Lugeon y Lefranc por litologías (máximo rango encontrado).

Conductividad hidráulica (m/d)						
Litología	Mínima (SWS 2012)	Mínima (Dictamen)	Observaciones	Máxima (SWS 2012)	Máxima (Dictamen)	Observaciones
Sedimentos superficiales	1,00E-02	4,23E-03	Sobrevalorado	1,00E+00	2,42E-01	Sobrevalorado
Morrénicos	1,00E-06	8,64E-05	Infravalorado	1,00E-03	1,19E-02	Infravalorado
Calizas	1,00E-05	6,77E-03	Infravalorado	1,00E-01	4,93E-02	
Mármol/Skarn	1,00E-07	2,02E-02	Infravalorado	1,00E-04	2,67E-02	Infravalorado
Volcánicos	1,00E-06	1,64E-03	Infravalorado	1,00E+00	1,93E-02	Sobrevalorado
Intrusivos alterado	1,00E-04	2,12E-02	Infravalorado	1,00E-02	2,56E-02	
Intrusivos no alterados	1,00E-05			1,00E-02		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. Confrontación de las conductividades hidráulicas medianas (máximas y mínimas) por litologías.

Los rangos de conductividad hidráulica adoptados en el EIA son significativamente diferentes (un orden de magnitud), de los calculados en este Dictamen. Esta diferencia puede resultar de no ser la misma la población estadística analizada en el EIA y en este Dictamen.

En la Tabla 22 se presentan los valores de conductividades hidráulicas esperables en las diferentes estructuras del proyecto.

Estructuras	Conductividad hidráulica (m/d)							
	Mínimos				Máximos			
	Minima	Máxima	Promedio	Mediana	Minima	Máxima	Promedio	Mediana
Dep. Chailhuagón	4,01E-03	2,14E-02	1,35E-02	1,50E-02	2,20E-02	7,21E-01	2,62E-01	4,38E-02
Dep. Perol	3,37E-04	2,45E-02	7,50E-03	2,57E-03	2,62E-03	1,54E+00	3,92E-01	1,33E-02
Dep. relaves	2,70E-06	4,36E-01	5,14E-02	1,82E-03	2,70E-06	8,42E-01	1,41E-01	1,64E-02
Tajo Chailhuagón	3,10E-04	4,10E-01	7,76E-02	1,87E-02	3,10E-04	4,10E-01	7,77E-02	1,87E-02
Tajo Perol	2,68E-04	9,50E-01	9,81E-02	2,12E-02	3,72E-04	2,42E+00	3,19E-01	3,41E-02

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22. Valores de conductividades hidráulicas esperables en las diferentes estructuras del proyecto Conga.

La cuantificación y evaluación de impactos ambientales, en el dominio del agua subterránea puede estar, así, también infravalorada en el EIA. Por seguridad, entendemos que las conductividades hidráulicas a considerar, en la modelación numérica, deberán ser las más altas calculadas, correspondientes a los valores medianos de los valores máximos y mínimos (Tabla 23).

Litología	Conductividad hidráulica mínima (m/d)	Conductividad hidráulica máxima(m/d)
Sedimentos superficiales	1,00E-02	1,00E+00
Morrénicos	8,64E-05	1,19E-02
Calizas	6,77E-03	1,00E-01
Mármol / Skarn	2,02E-02	2,67E-02
Volcánicos	1,64E-03	1,00E+00
Intrusivos alterado	2,12E-02	2,56E-02
Intrusivos no alterados		

Tabla 23. Conductividades hidráulicas a considerar en nueva exploración del modelo numérico.

La evaluación de los resultados de los ensayos Lugeon y otros ensayos puntuales debe ser tomada con mucha prudencia, por contrastar con los resultados de los bombeos de larga duración realizados en los pozos PPP3 – Chailhuagón y PP5 – Perol, con profundidades de hasta 252 m. En estos pozos la interpretación ha sido realizada con metodología de Theis, en régimen transitorio, y de Logan (1964), en régimen estacionario. Las transmisividades calculadas, del orden de 0,8 a 2,6 m<sup>2</sup>/día, son típicas de zonas fracturadas y fisuradas de rocas compactas, aprovechadas frecuentemente como acuífero para satisfacción de pequeñas demandas. El coeficiente de almacenamiento, calculado en PPP3, es de 0,005, lo que evidencia un pequeño confinamiento. Las recuperaciones han sido lentas sugiriendo déficit de alimentación.

En estas condiciones hidrogeológicas, de tipo acuitardo, las influencias del drenaje en los tajos se podrían propagar a distancias considerables, a lo largo de los principales ejes de fracturación, considerando el largo periodo de la intervención y las dimensiones de la excavación, aunque esas condiciones de permeabilidad podrían disminuir en profundidad por un efecto de isostasia. Es por ello que la simulación de estos efectos, en el modelo numérico, deberá ser realizada con escenarios realistas de los parámetros hidrodinámicos involucrados.

Los valores de conductividad hidráulica obtenidos, bien como los de la transmisividad, están dentro de los límites generalmente aceptables para rocas duras (ver, por ejemplo, Larsson *et al.* 1984, Wright y Burgess 1992, Lloyd 1999, Singhal y Gupta 1999, Robins y Misstear 2000, Stober y Bucher 2000, Carvalho 2006).

### 9.4.3 Inventario hidrogeológico

En el inventario hidrogeológico aparecen registrados numerosos puntos de agua pero, además del caudal, no encontramos otra información hidrogeológica, aunque fuese sumaria. Entre otras lagunas no se incluye información de la litología captada.

En la tabla 3.2.97 del EIA están listados los manantiales ubicados en las cinco micro-cuencas, en el entorno del proyecto, inventariados entre 3 y el 28 julio de 2006. Aparecen las coordenadas, cuenca y caudal. Este inventario fue desarrollado participativamente por la Administración Técnica del Distrito de Riego (ATDR) de Cajamarca, en coordinación con MYSRL y después verificados en 2007 por MYSRL.

Así fueron identificados 683 manantiales, la mayoría de ellos con caudal insignificante. Gran parte en la micro-cuenca de la quebrada del Alto Chirimayo, totalizando un caudal total de cerca de 122 L/s. La Tabla 24 presenta el número de manantiales y caudales respectivos, por quebrada.

Cuenca	Manantiales (número)	Caudal total (L/s)	Área (km <sup>2</sup> )
Quebrada Chugurmayo	80	8,65	44
Quebrada Alto Chirimayo	332	48,71	74
Río Alto Jadibamba	133	44,88	123
Quebrada Toromacho	80	2,53	97
Río Chailhuagón	58	6,91	114
Total	683	111,68	452,30

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. Distribución de los manantiales y caudales por micro-cuencas.

De esta manera el caudal medio por manantial es 0,16 L/s y el mediano de 0,01 L/s (con valores extremos de 0,00009 y 20 L/s). Es de resaltar que la mayoría de los caudales son muy bajos (en 82% de los casos con cifras menores de 0,1 L/s<sup>28</sup>), y apenas el 3,8% de los manantiales inventariados tienen un caudal "razonable" igual o superior a 1 L/s (Tabla 25 y Tabla 26). Estos manantiales se ubican normalmente distantes del proyecto Conga, con excepción de Pantano 1 y Pantano 2.

Caudal (L/s)	Nº de manantiales	%
Sin información	3	0,4%
0-0,09	557	81,6%
0,1-0,49	83	12,2%
0,5-0,99	21	3,1%
>1	19	2,8%
Total	683	100,0%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 25. Magnitud de los caudales de los manantiales.

<sup>28</sup> El 82 % de los manantiales no tendría capacidad para regar una parcela de apenas 1 000 m<sup>2</sup> (25 x 40 m).



Nº	Nombre	Y	X	Q (l/s)	Micro-cuenca
437	La Pachachaca	9245152	792201	20	Río Alto Jadibamba
37	Pantano I	9233972	793887	10	Quebrada Alto Chirimayo
615	Ocororo	9244990	789674	8	Río Alto Jadibamba
315	Chaquil	9235588	803498	6	Quebrada Alto Chirimayo
318	Pajuro (La Tina)	9235169	804470	3,5	Quebrada Alto Chirimayo
38	Pantano II	9233376	794197	3	Quebrada Alto Chirimayo
413	Sin Nombre (Shilac 2)	9245692	792838	2,7	Río Alto Jadibamba
539	El Ojo de Agua I	9241106	795105	2,65	Río Alto Jadibamba
459	Chacapampa	9247252	801396	2,5	Río Alto Jadibamba
330	La Rangra I	9228780	803630	2,04	Quebrada Alto Chirimayo
297	La Penca III	9234079	803461	2,03	Quebrada Alto Chirimayo
36	Lucmapata I (Alanya I)	9238366	803665	1,52	Quebrada Chugurmayo
212	Chaupiocsa	9229106	802584	1,5	Quebrada Alto Chirimayo
320	Pajuro II	9233934	804502	1,48	Quebrada Alto Chirimayo
35	Alanya (Lucmapata I)	9238316	803939	1,3	Quebrada Chugurmayo
47	Escalón	9233244	796697	1,12	Quebrada Alto Chirimayo
213	El Pachas	9232628	804687	1,1	Quebrada Alto Chirimayo
268	Ojo de Agua III	9231865	802643	1,1	Quebrada Alto Chirimayo
208	Llavidque III	9229196	802958	1	Quebrada Alto Chirimayo

Fuente: elaboración propia.

Tabla 26. Características generales de los manantiales más productivos.

De abril a setiembre de 2010 Hydro Geo (2011) desarrolló un inventario de puntos de agua, en un área más extensa que la del estudio de ATDR (2006). Estas diferencias hacen difícil la comparación de resultados, pero se puede decir que los caudales inventariados son del mismo orden de magnitud.

SWS (2012) ha realizado un inventario de los pozos de investigación hidrogeológica contabilizando 247 en las cercanías del proyecto. La lista de sondeos, con las coordenadas y cuenca, está en el Apéndice A1. Son principalmente datos de sondeos geotécnicos, pero existen cuatro (PPP-3, PZP-3, PPC-5 e PZC-5) que fueron realizados con el objetivo de calcular parámetros hidrogeológicos, en la zona de los tajos. SWS incluye otros 8 sondeos más en los tajos Perol y Chailhuagón (SWS, 2012 - Apéndice B). Así, estimamos la existencia de 250 sondeos, pero raramente con información conjunta de las profundidades, diámetros, niveles, conductividad hidráulica y/o quimismo.

#### 9.4.4 Caracterización hidroquímica

En el área en torno del proyecto Conga se realizaron análisis de las aguas de los sondeos geotécnicos, con el objetivo de caracterizar la calidad del agua subterránea. Los análisis realizados incluían parámetros fisicoquímicos, Inorgánicos, metales disueltos, metales totales, orgánicos y microbiológicos. Los resultados están en las tablas 3.2.99, 3.2.100, 3.2.101 e 3.2.102 del EIA (Knight Piésold Consulting, 2010).

Los resultados deben ser tomados con prudencia considerando que, por el diseño de los sondeos, frecuentemente mezclan aguas de varias litologías.

Del total de 29 sondeos con caracterización hidroquímica, es posible hacer una evaluación de las facies hidroquímicas de 25. Las concentraciones de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) han sido calculadas a partir de la alcalinidad total o, cuando no ha sido disponible, a partir del balance iónico (Custodio y Llamas, 1983).

Los resultados resumidos se presentan en la Tabla 26.

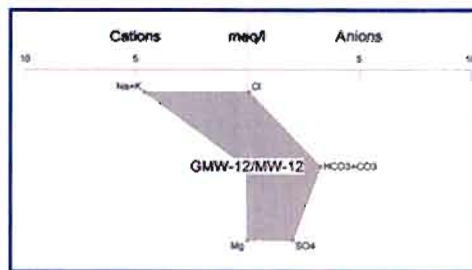
Sondeo	Litología	Sodio (Na <sup>+</sup> ) [mg/l]	Potasio (K <sup>+</sup> ) [mg/l]	Magnesio (Mg <sup>2+</sup> ) [mg/l]	Calcio (Ca <sup>2+</sup> ) [mg/l]	Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) [mg/l]	Cloruro (Cl <sup>-</sup> ) [mg/l]	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) [mg/l]	Sólidos totales disueltos [mg/l]
GMW-12/MW-12	Aluvi6n/Volc6nica	106,00	0,21	0,06	0,91	199,67	2,00	97,67	479,3
CHEX-01	Caliza	6,24	2,20	10,11	47,31	144,41	0,95	17,78	186,2
CHEX-03	Caliza						14,60	13,60	687,0
CJEX-01	Caliza	41,10	1,81	17,10	53,20	284,26	5,83	27,40	308,0
CJEX-02	Caliza	1,86	0,58	8,84	74,10	259,86	1,24	16,80	335,0
GMW-14/MW-14	Caliza	31,04	2,27	11,53	70,21				
MMEX-02	Caliza	2,95	1,65	4,86	78,32	244,61	0,38	19,30	246,9
MW-06	Caliza	25,90	2,91	3,26	22,00	127,92	4,98	15,80	629,5
PPP-5	Caliza/M6rmol	2,18	1,59	3,55	51,00	165,12	2,29	9,60	194,0
PZC-05	Caliza/M6rmol	2,94	1,65	3,51	50,10	194,79	1,87	12,70	195,0
CHA-01	Intrusiva	3,32	1,14	2,08	44,30	112,91	1,12	32,30	158,0
MW-03	Intrusiva	8,47	1,24	4,72	23,60	24,77	1,72	24,90	135,0
PHA-2	Intrusiva	0,32	0,46	0,68	0,58	1,83	0,18	8,60	27,0
PPP-3	Intrusiva	3,67	1,54	2,15	41,20	121,36	2,23	18,20	158,0
PZC-01	Intrusiva	1,72	0,67	4,42	53,60	79,35	0,40	11,50	180,0
PZC-02	Intrusiva	14,00	1,67	0,67	10,20	35,66	3,11	26,10	100,0
PZC-03	Intrusiva	8,18	1,38	0,63	18,70	66,19	2,18	11,00	101,0
PZC-04	Intrusiva	5,23	2,04	1,12	19,30	46,76	1,48	25,30	104,0
PZP-01	Intrusiva	12,20	1,86	2,01	28,80	39,72	3,85	68,30	150,8
PZP-02	Intrusiva	16,40	1,50	0,79	10,90	25,86	1,06	35,60	105,0
PZP-03	Intrusiva	5,01	2,22	1,86	26,30	118,75	6,04	12,90	127,0
PZP-04	Intrusiva	1,25	0,48	0,59	9,70		0,43	29,80	50,0
PZP-05	Intrusiva	38,60	4,30	4,55	48,20	189,97	21,50	40,70	261,0
GMW-01B/MW-01B	Volc6nica	14,90	7,09	3,75	21,50	139,08	0,81	7,50	132,0
GMW-05/MW-05	Volc6nica	52,85	6,86	0,22	35,27	169,58	7,05	21,70	373,0
MW-02A	Volc6nica	45,97	8,33	32,47	76,81	445,71	15,88	67,72	504,2
MW-04	Volc6nica	57,69	1,48	1,64	37,52	322,93	9,79	111,25	330,4
GMW-13/MW-13	Volc6nica/Caliza	5,08	2,57	3,03	27,55	104,07	0,60	2,90	127,0
GMW-16/MW-16	Volc6nica/Caliza	1271,50	6,35	38,39	143,15	184,22	149,00	1708,00	4131,0

Fuente: elaboraci6n propia

Tabla 27. Resultados medios de los an6lisis qu6micos para los iones principales por litolog6as (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> y SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>)

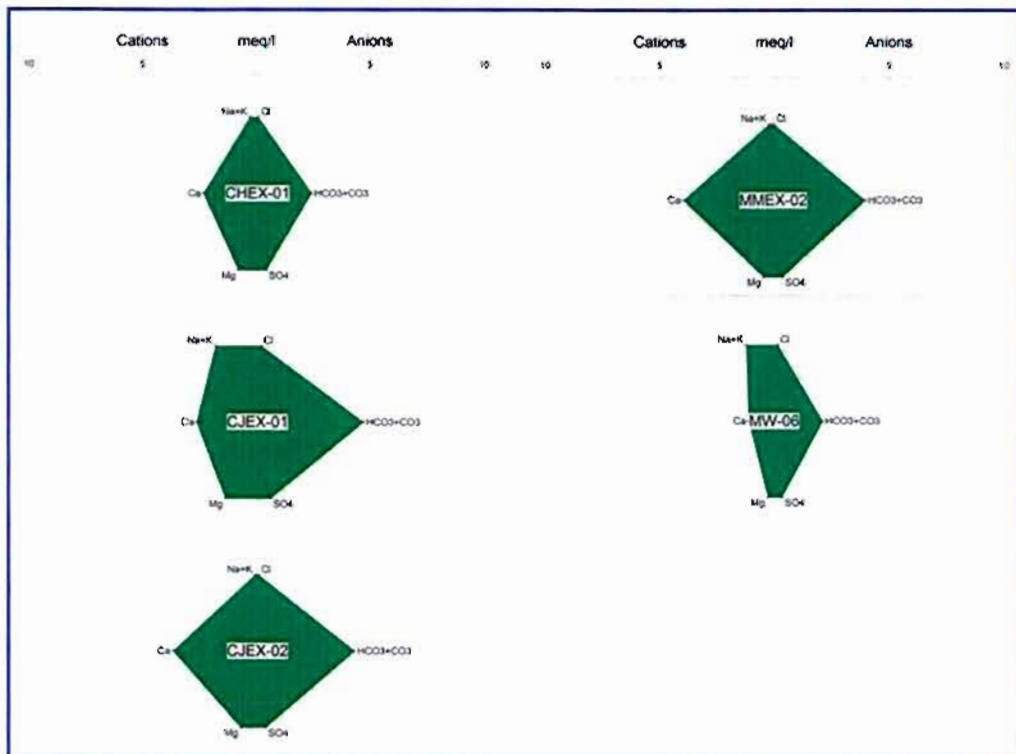
El sondeo GMW-16/MW-16 presenta agua destacadamente m6s mineralizada y, por motivos gr6ficos, no ha sido seleccionada para su representaci6n gr6fica, en los diagramas de Piper y Stiff. Esta agua es t6pica de circulaci6n en zonas mineralizadas.





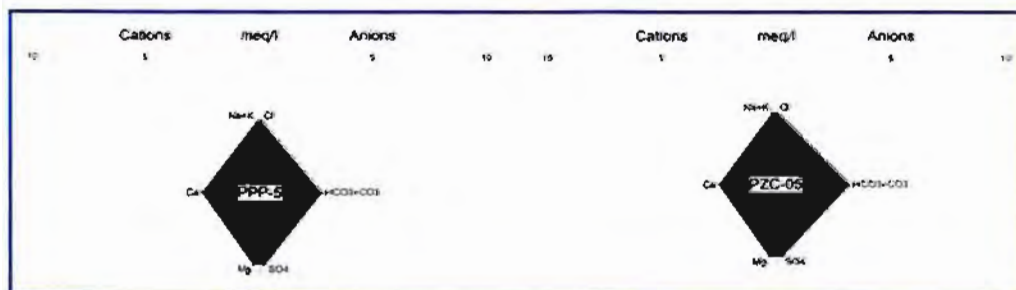
Fuente: elaboración propia.

Figura 69. Diagramas de Stiff de aguas de sondeos ubicados en aluviones / rocas volcánicas.



Fuente: elaboración propia.

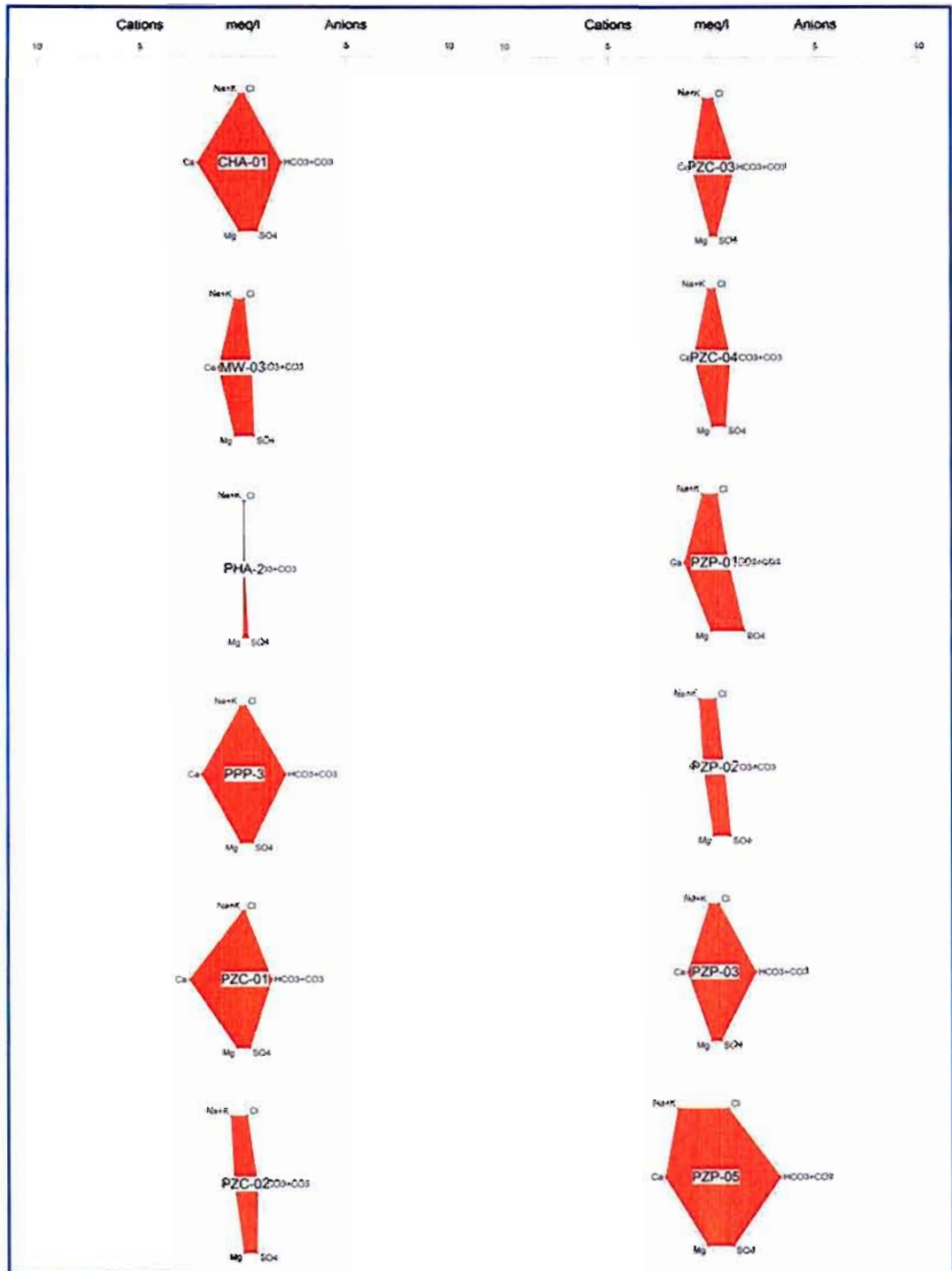
Figura 70. Diagramas de Stiff de aguas de sondeos ubicados en calizas.



Fuente: elaboración propia.

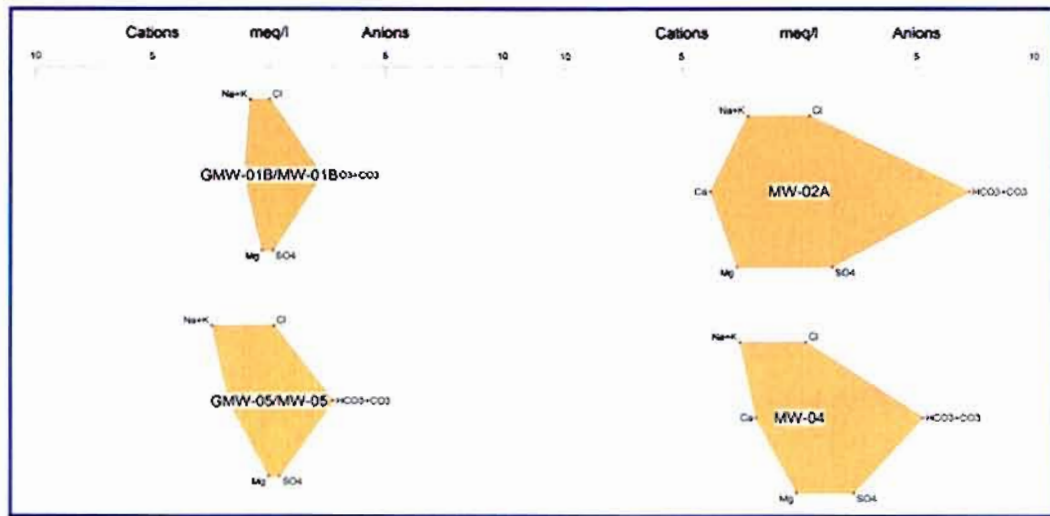
Figura 71. Diagramas de Stiff de aguas de sondeos ubicados en mármoles / skarn.

M  
2  
h



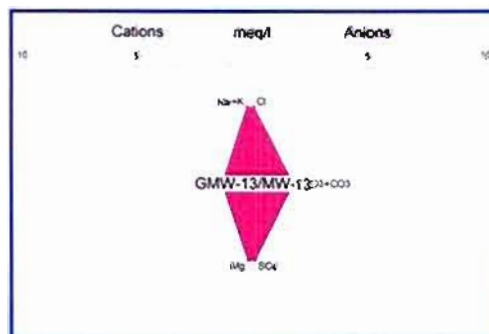
Fuente: elaboración propia.

Figura 72. Diagramas de Stiff de las aguas de sondeos ubicados en rocas intrusivas.



Fuente: elaboración propia.

Figura 73. Diagramas de Stiff de aguas de sondeos ubicados en rocas volcánicas.



Fuente: elaboración propia.

Figura 74. Diagramas de Stiff de aguas de sondeos ubicados en rocas volcánicas / calizas.

En la Tabla 28 presentamos una síntesis de las características químicas medianas del agua, por litologías.

Litología	Muestras (número)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	TDS (mg/l)
Aluvión/volcánica	1	106,00	0,21	0,06	0,91	199,67	2,00	97,67	479,33
Caliza	7	16,07	2,00	9,47	61,71	244,61	3,11	17,29	321,50
Caliza/mármol	2	2,56	1,62	3,53	50,55	179,96	2,08	11,15	194,50
Intrusiva	13	5,23	1,50	1,86	23,60	56,48	1,72	25,30	127,00
Volcánica	4	49,41	6,97	2,70	36,39	246,26	8,42	44,71	351,68
Volcánica/caliza	1/2	638,29	4,46	20,71	85,35	126,53	74,80	855,45	2129,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 28. Características químicas medianas de las aguas por litologías.

No existe información química de las aguas de los manantiales, tampoco de parámetros fisicoquímicos básicos (pH, conductividad eléctrica, temperatura) o de la geología local de cada punto de agua del inventario hidrogeológico.

#### 9.4.5 Vulnerabilidad y riesgo de contaminación

La evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación es una herramienta muy útil, en la previsión de afecciones al acuífero, y en el diseño de medidas de mitigación. Desafortunadamente esta técnica no ha sido utilizada, en las investigaciones realizadas en el ámbito del proyecto minero Conga.

Por esta razón decidimos incluir, en este apartado, unas breves notas, intentando presentar una evaluación preliminar de la vulnerabilidad, en el depósito de relaves, utilizando las metodologías consagradas de DRASTIC y GOD, dos de las técnicas más utilizadas en todo el mundo (Aller *et al.* 1987; Foster 1987).

El índice DRASTIC corresponde a la media ponderada de siete valores correspondientes a siete parámetros hidrogeológicos:

D: Profundidad de la zona no-saturada (*Depth to the water table*)

R: Recarga profunda de los acuíferos (*Net recharge*)

A: Tipo de acuífero (*Acuifer material*)

S: Tipo de suelo (*Soil Type*)

T: Topografía (*Topography*)

I: Impacto de la zona no saturada (*Impact of the unsaturated zone*)

C: Conductividad hidráulica (*Hydraulic conductivity*)

El método DRASTIC se basa en un conjunto de procedimientos, que permiten la integración de varios parámetros caracterizadores del medio subterráneo y de su especificidad. Cada uno de los siete parámetros DRASTIC fue dividido en escalas, que condicionan el potencial de contaminación.

Parámetros DRASTIC	DRASTIC normal
D: Profundidad de la zona no-saturada	5
R: Recarga profunda de los acuíferos	4
A: Tipo de acuífero	3
S: Tipo de suelo	2
T: Topografía	1
I: Impacto de la zona no saturada	5
C: Conductividad hidráulica	3

Fuente. Navarrete y García (2003).

Tabla 29. Factores de ponderación para los parámetros usados en el método DRASTIC.

El uso del método DRASTIC se realiza como sigue:

- ↳ A cada uno de los siete parámetros se atribuyen valores de 1 a 10, en función de las condiciones locales; los valores altos corresponden a una vulnerabilidad más grande; los valores a atribuir se obtienen de tablas que consideran la correspondencia entre las características locales hidrogeológicas y el parámetro respectivo.

- ↳ Después, el índice es calculado al multiplicar el valor atribuido al parámetro por su peso relativo; los parámetros más importantes tienen un peso 5 y los menos importantes un peso 1.
- ↳ Finalmente los siete productos parciales se suman formando de esa forma el valor del índice final DRASTIC; el valor mínimo posible es 23 y el valor máximo es 226; según Aller *et al.* (1987) valores de este orden de magnitud son raros, situándose generalmente entre 50 y 200. La clasificación de vulnerabilidad DRASTIC en términos de clases de la vulnerabilidad, está indicada en la Tabla 30.

Índice DRASTIC	Vulnerabilidad
< 100	Baja
100-139	Media baja
140-179	Media elevada
180-200	Elevada
> 200	Muy elevada

Fuente: Navarrete y García (2003).

Tabla 30. Clases de vulnerabilidad del índice DRASTIC.

De acuerdo con Foster (1987) el índice de vulnerabilidad a la contaminación GOD considera los tres parámetros siguientes:

- a) Ocurrencia subterránea del agua (*Groundwater occurrence*), es decir, si el acuífero es libre, semi-confinado, confinado, etc.;
- b) Clasificación global del acuífero (*Overall aquifer class*) en términos de las características litológicas;
- c) Profundidad a la superficie libre o al techo del acuífero (*Depth to groundwater table or to aquifer*).

El acuífero se clasifica, en lo referente a cada uno de los tres parámetros, en una escala cuyo valor máximo es la unidad. El índice es calculado por la multiplicación de los tres parámetros.

El valor máximo del índice es 1,0, representando una vulnerabilidad máxima (Tabla 31). El menor valor es 0,016 si hay acuífero, o cero si no hay acuífero. El valor de cada parámetro es fácil de obtener, siguiendo el procedimiento presentado por Foster (1987).

Índice GOD	Vulnerabilidad
0,7 - 1	Extrema
0,5 - 0,7	Alta
0,3 - 0,5	Moderada
0,1 - 0,3	Baja
0 - 0,1	Despreciable

Fuente: Navarrete y García (2003).

Tabla 31. Clases del índice de vulnerabilidad GOD.

Hemos aplicado los métodos DRASTIC y GOD a una situación típica en el zona central del depósito de relaves, donde ocurren depósitos aluviales, calizas y rocas volcánicas.



Para la determinación del índice DRASTIC, el modelo físico subyacente, el valor considerado y los índices de ponderación se indican en la Tabla 32.

Parámetros	Índice ponder.	Aluvión		Calizas		Volcánicas		
		Datos	Valor	Datos	Valor	Datos	Valor	
D	Profundidad agua (m)	5	1 a 2 m	10	57,5	1	24	2
R	Recarga (mm)	4	34	1	34	1	34	1
A	Naturaleza acuífero	3	G - Arenas, gravas y conglomerados	9	F - Calizas masivas	7	D - Alternancia de areniscas, arcillas y calizas	6
S	Suelo	2	Suelo orgánico	2	Suelo orgánico	2	Suelo orgánico	2
T	Topografía	1	4 a 8%	7	15 a 25%	2	8 a 15%	4
I	Impacto de la zona no saturada	5	H - Arenas y gravas	9	C - Calizas	4	E - Alternancia de calizas, areniscas y arcillas	6
C	Conductividad hidráulica (m/d)	3	2,42E-01	1	4,93E-02	1	1,93E-02	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 32. Índice DRASTIC: Modelo físico, índice de ponderación y valor para cada parámetro.

En la Tabla 33 se presenta el cálculo final del índice DRASTIC para las tres ubicaciones

Parámetros	Aluvión	Calizas	Volcánicas	
D	Profundidad agua (m)	50	5	10
R	Recarga (mm)	4	4	4
A	Naturaleza acuífero	27	21	18
S	Suelo	4	4	4
T	Topografía	7	2	4
I	Impacto de la zona no saturada	45	20	30
C	Conductividad hidráulica (m/d)	3	3	3
	Total	140	59	73

Fuente: elaboración propia

Tabla 33. Cálculo final del índice DRASTIC.

El índice GOD ha sido calculado para cada situación conforme se refleja en la Tabla 34.

		Aluviales		Calizas		Volcánicas	
		Datos	Valor	Datos	Valor	Datos	Valor
G	Tipo de acuífero	No confinado	0,9	No confinado	0,8	No confinado	0,8
O	Clasificación acuífero	Aluviales/fluvioglaciales	0,7	Caliches y otras calizas	0,95	Tobas volcánicas	0,65
D	Distancia al agua	1 a 2 m	1	57,5	0,5	24	0,6
	Índice GOD	0,63		0,4		0,3	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 34. Cálculo del Índice GOD para las tres ubicaciones.

En la Tabla 35 se presenta la síntesis de los resultados obtenidos por las dos metodologías, en la zona del depósito de relaves.

Método	Ubicación en el depósito de relaves					
	Subsistema acuífero somero		Subsistema acuífero profundo (calizas)		Subsistema acuífero profundo (volcánicas)	
	Índice	Clasificación	Índice	Clasificación	Índice	Clasificación
DRASTIC	140	Media	59	Baja	73	Baja
GOD	0,63	Alta	0,46	Moderada	0,31	Moderada

Fuente: elaboración propia.

Tabla 35. Resultados de los índices de vulnerabilidad en el depósito de relaves.

La aplicación de esta metodología, de determinación de la vulnerabilidad a la contaminación, permite comprobar que la vulnerabilidad relativa es más alta en el acuífero somero (aunque de magnitud diferente conforme la metodología), y que no parece haber diferencia significativa entre la vulnerabilidad de las calizas y de las rocas volcánicas.

La propagación de contaminaciones es rápida y fácil en las formaciones aluviales y fluvio-glaciares de los valles, y muy lenta en las rocas volcánicas, las eruptivas y las calizas, que son las dominantes en la zona de Conga.

La cartografía sistemática del área de intervención del proyecto Conga en Sistema de Información Geográfica (SIG) con la metodología DRASTIC, por ejemplo, entendemos que debe ser realizada para adaptación de las medidas de mitigación.

## 9.5 Modelo hidrogeológico conceptual

El sistema hidrogeológico local está constituido por dos subsistemas:

- ↳ subsistema somero, ubicado en los depósitos aluviales y fluvio-glaciares, y,
- ↳ subsistema profundo, ubicado en rocas compactas y fisuradas del tipo de material volcánico, caliza y rocas eruptivas variadas.

En este subcapítulo se presenta una síntesis de los conocimientos sobre el modelo conceptual del área de Conga, teniendo en cuenta la previsión de las afecciones y su magnitud.

### 9.5.1 Tipología y estructura de los acuíferos

El acuífero del **subsistema somero** (depósitos aluviales y fluvio-glaciares) es del tipo libre, con permeabilidad de intersticios y nivel piezométrico cercano a la superficie, con un espesor de cerca de 10 m. Se corresponde a morrenas frontales y laterales, que constituyen un sistema natural de retención para el drenaje. Su coeficiente de almacenamiento suele ser alto. Este acuífero presenta conductividades hidráulicas de cerca de  $10^{-2}$  a 1 m/día y es de gran importancia para el mantenimiento de los ecosistemas de las lagunas y de los bofedales (ver en 9.5.2). Este acuífero somero es de ciclo corto y tiene vulnerabilidad a la contaminación media.

El **subsistema profundo** se corresponde a rocas fracturadas de varias litologías (tobas, ignimbritas y otros materiales volcánicos, calizas y rocas eruptivas) más o menos alterados.

En este subsistema el agua circula en las zonas alteradas y, en profundidad, en las zonas fracturadas abiertas. En profundidad la red de fracturación tiende a cerrarse. El agua circula por discontinuidades (fallas, fracturas, filones y contactos geológicos).

Los sistemas discontinuos de circulación de agua subterránea, así formados, tienen comportamiento de acuitardos (transmisividad baja y coeficiente de almacenamiento relativamente elevado).

El confinamiento en estas zonas fracturadas depende de la profundidad y del modelo espacial de las fracturas, pudiendo existir circulación de tipo libre (a cotas cercanas a la superficie), siendo semi-confinado, confinado o pseudo-confinado.

Las conductividades hidráulicas, en este subsistema, son de  $10^{-3}$  a  $10^0$  m/día. La transmisividad, determinada con pruebas de bombeo en la zona de los tajos, es de cerca de 0,8 a 2,6 m<sup>2</sup>/día. Los gradientes son generalmente elevados y la superficie piezométrica puede no coincidir con la del acuífero somero, dependiendo su posición relativa de la situación topográfica y de la posición de las zonas de recarga y descarga. Son conocidos dos sondeos surgentes (MMEX-1 y PCEX-1), con nivel piezométrico próximo al terreno, en las calizas.

En los sondeos de investigación de los tajos PPP3 y PPC5 se han bombeado caudales de 7 y 1 L/s respectivamente.

El papel hidrogeológico de las fracturas y fallas, en estos ambientes hidrogeológicos, es muy importante y debe ser estudiado sin reservas: la simple cartografía de una falla, local o regional, no es suficiente para concluir con respecto a su potencial hidrogeológico, tanto si es una estructura conductora (vía privilegiada) como una barrera.

El tema de ocurrencia, en el área del proyecto Conga, de acuíferos kársticos se ha comentado en este Dictamen, por la importancia que supondrían frente a afecciones a las aguas subterráneas. Sin embargo hemos de significar que, en la zona de influencia del proyecto, a pesar de existir manifestaciones superficiales de morfología kárstica, no hemos encontrado evidencias de circulación significativa, a través de cavidades desarrolladas en rocas solubles, y esto lo corroboran los siguientes hechos.

- ↳ En el inventario hidrogeológico no se han localizado manantiales kársticos de ciclo largo.
- ↳ Las escorrentías de base de los hidrogramas no son compatibles con la existencia de descargas subterráneas, de tipo kárstico que aportarían algún poder regulador al sistema hídrico superficial.
- ↳ La prospección geológica e hidrogeológica realizada no encontró evidencias de circulación kárstica: la permeabilidad es de tipo poroso y/o fisural con valores generalmente muy bajos, característicos de acuitardos.
- ↳ La estructura geológica, compartimentada por materiales de muy baja permeabilidad, no favorece el desarrollo de circulación kárstica.
- ↳ Las aguas de los manantiales inventariados reflejan composiciones específicas relacionadas con la roca, pero son hiposalinas en todos los tipos de formaciones geológicas (excepto en las zonas mineralizadas y en sectores de rocas volcánicas) revelando circuitos hidrogeológicos cortos y poco profundos.

Considerando una aproximación clásica, en la zona existe, además del acuífero somero o cutáneo (Depósitos aluviales y fluvio-glaciales y franjas de alteración de rocas compactas y fisuradas y volcánicas subyacentes), un acuitardo comportando posibilidades de pequeños flujos, discontinuos, que no pueden ser ignorados por su posible empleo en el suministro de agua en zonas rurales.

La formación más importante, hidrogeológicamente, en el área podrá ser la Formación Farrat (no aflorante y probablemente localizada a más de 1.500 m de profundidad), constituida por cuarcitas y areniscas de grano medio a grueso, pero difícilmente accesible para usos "normales".

### 9.5.2 Recarga, zonas de descarga, modelo de circulación y relaciones aguas subterráneas/aguas superficiales

La recarga de los sistemas hidrogeológicos descritos tiene lugar en las zonas de afloramiento, siguiendo la circulación subterránea con flujos según la topografía. Las zonas de descarga se localizan en ríos, quebradas, lagunas y bofedales.

El tiempo de permanencia en el subsuelo es pequeño, en el caso del acuífero somero, por lo que el agua infiltrada, tras circular a pequeña profundidad, rápidamente es restituida a ríos, quebradas, lagunas y bofedales, en un típico circuito hidrogeológico de ciclo corto.

La tesis de que el agua en las lagunas es básicamente agua de lluvia, y agua subterránea de la descarga de pequeños manantiales, situados aguas arriba, se ha verificado por el estudio isotópico realizado en la laguna Perol en 2006 (Water Management Consultants, 2006), informe gentilmente cedido por el Sr. Roberto Parra.

La circulación en las rocas compactas y fisuradas, y en las rocas volcánicas, depende de la profundidad considerada, pudiendo existir circuitos cortos o más o menos largos, dependiendo de la profundidad considerada. Las zonas de descarga, como para el acuífero somero, siguen siendo los ríos, quebradas, lagunas y bofedales y otra posible surgencia por manantiales, en puntos donde la superficie piezométrica intercepte a la topografía, o en locales de ocurrencia de trampas hidrogeológicas.

Considerando la modelación numérica (SWS, 2012) y las investigaciones realizadas en el ámbito de este Dictamen, es aceptable la consideración de una recarga generalizada de 34 mm (3% de la precipitación), de los cuales apenas 0, 5% entrarían en la circulación profunda.

Conforme se ha enfatizado en el Capítulo 8 (aguas superficiales), las lagunas son depresiones naturales, formadas por la actividad glacial, en las que se acumula el agua de escorrentía, por el efecto represa producido por las morrenas que forman una barrera impermeable, en la salida natural del agua. Las lagunas juegan, dentro de la red de drenaje, el papel de reservorios con mínima capacidad de regulación y con área limitada de cuenca colectora. Estas lagunas se generaron a expensas del desarrollo de la barrera impermeable de las morrenas, y de la baja conductividad hidráulica de su fondo, en el cual, además se han depositado materiales limosos de baja permeabilidad. En las lagunas (como ha sido mostrado por Water Management Consultants (2006)) la conductividad hidráulica vertical es muy reducida.

En época húmeda el funcionamiento hidrológico de las lagunas consiste en recoger agua de precipitación directa, escorrentía superficial de sus propias cuencas, y aportes de interflujo, incrementando sus reservas hasta alcanzar la cota de desagüe de la morrena de cierre. A partir de ese momento, el caudal entrante pasa a ser caudal saliente a los ríos, aporte a la evaporación y, ocasionalmente, originando pequeñas variaciones de nivel.

En época seca se rompe el equilibrio, porque el caudal entrante comienza a disminuir, dando lugar a un descenso de nivel, que interrumpe el aporte de la laguna al cauce. Entonces se alcanza una nueva situación de equilibrio inestable, en la que el caudal entrante se compensa con la evaporación y las variaciones de nivel de la laguna.

Temporalmente pueden producirse algunas filtraciones hacia el acuífero superficial, pero deben ser insignificantes, dada la naturaleza poco permeable de los rellenos limosos del fondo de las lagunas, y de los materiales subyacentes, y la reducida superficie de infiltración. No está probada, y no es verosímil, una conexión hidráulica franca entre las lagunas y el acuífero somero o niveles productivos de los acuitados por una parte y los sistemas hidrogeológicos profundos por otra parte.

Por tanto, desde el punto de vista hidrológico, las lagunas recogen agua en épocas húmedas y devuelven a los ríos y quebradas el volumen sobrante. En épocas secas las lagunas sólo ceden agua temporalmente al acuífero somero (y eventualmente a niveles permeables del substrato superior rocoso), en cantidades muy pequeñas, perdiendo parte de sus reservas por evaporación. Como consecuencia, no constituyen una fuente de recursos para el sistema.

El problema de los recursos hídricos de la zona, con profundo impacto en las actividades de los usuarios, es el déficit sistemático de agua en la época seca, a pesar de que suele haber grandes volúmenes sobrantes en la época húmeda, por lo que la afección a la capacidad de uso del agua se concentra en la época seca. La figura 9 del capítulo 7 (aguas superficiales), caudales de cada año de la serie 1964-2008 estimada en la estación MC-11, muestra con claridad que, aunque en la época húmeda hay años que tienen poco caudal, en la seca siempre los caudales en estas micro-cuencas son bajos.

El rápido vaciado del sistema superficial, que reflejan los hidrogramas estudiados en el Capítulo 8 (aguas superficiales), aún con los problemas de ajuste, permite descartar la existencia de una salida subterránea significativa, a otros sistemas, a través de flujo subterráneo profundo. La componente de "caudal base", producida en la cuenca por infiltración al acuífero somero, drena rápidamente a los ríos y quebradas.

## 9.6 Impactos y medidas de mitigación asociados a las aguas subterráneas

Los impactos esperados del proyecto sobre las aguas subterráneas, tanto en términos de cantidad como de calidad, serían consecuencia de:

- ↳ Ocupación del suelo, normalmente con actividades que reducen la infiltración.
- ↳ Drenaje del macizo adyacente a los tajos, provocando descensos de niveles piezométricos, en su entorno, con una extensión dependiente de las conductividades hidráulicas y del periodo de la operación.
- ↳ Infiltración de sustancias contaminantes de los depósitos de desmonte, depósito de relaves, equipamiento de procesamiento minero, equipamiento/maquinaria de extracciones y de otras instalaciones de la minería.
- ↳ Contaminación, post-cierre a partir de los tajos, si se invierte el flujo subterráneo, y se produce una pluma de contaminación.

### 9.6.1 Medidas de mitigación sugeridas en el EIA

El cambio de la cantidad de agua subterránea disponible, básicamente del acuífero superficial, sería compensado con el aumento en cantidad y en capacidad de regulación de agua superficial.

La estrategia para la mitigación de los impactos de la minería, en los acuíferos y sus aguas subterráneas, se basa, sobretodo, en drenar las aguas sin contacto, y evitar que se mezclen con aguas de contacto.

#### *Depósito de desmonte Perol*

En él se instalarían tuberías de subdrenaje, antes de colocar los materiales procedentes del tajo, para recoger las filtraciones y canalizarlas a la piscina de sobrenadantes. En esta piscina se contaría con una balsa provista de bombas que enviarían el exceso hacia la planta de tratamiento de aguas ácidas.

Existe un afloramiento de calizas superficialmente karstificadas con, por lo menos, un sumidero, que debería ser recubierto con geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE), debidamente colocada.

#### *Depósito de desmonte Chailhuagón*

En el depósito se instalarían tuberías de subdrenaje, antes de colocar los materiales procedentes del tajo, para recoger las filtraciones y canalizarlas a la poza de sedimentación Chirimayo.

### Depósito de relaves

En esta instalación se colocarían revestimientos de geomembrana en todos los lugares que fuese requerido por cuestiones de permeabilidad.

Se ha proyectado la construcción de una presa, aguas debajo de la correspondiente a la de relaves, que permitiría acumular las filtraciones, controladamente, para enviarlas a la planta de tratamiento de aguas ácidas, mediante un sistema de bombeo.

La presa inferior y la de Toromacho tendrían un núcleo central de arcilla, sobre el lecho de roca, con un tratamiento de inyección impermeabilizante.

### 9.6.2 Medidas adicionales de mitigación

Considerando la naturaleza de los impactos esperables, a nivel de este Dictamen se proponen las siguientes medidas adicionales a las previstas en el EIA:

- ☞ Desarrollo de una cartografía de vulnerabilidad a la contaminación, para los tres depósitos, que permita definir las ubicaciones donde se requiere colocar un recubrimiento adicional (geomembrana).
- ☞ Realización de planes de contingencia, que pueden incluir barreras impermeabilizantes en el macizo rocoso, y/o pozos de bombeo, para evitar la propagación de fluidos contaminantes.
- ☞ Ejecución de captaciones mediante sondeos subhorizontales, controlados, como alternativa o complemento a los reservorios, para suministro local de agua a núcleos poblacionales.
- ☞ Definición de perímetros de protección de las captaciones para uso humano en zonas de posible impacto.

### 9.6.3 Control ambiental

#### Red de control de aguas subterráneas en el EIA

El EIA sugiere el seguimiento control de los parámetros indicados en la Tabla 36, en la red de control definida constituida por seis sondeos (Tabla 37), con frecuencia trimestral.

Controles in situ	Controles en laboratorio
<ul style="list-style-type: none"><li>• Nivel de agua</li><li>• pH</li><li>• Temperatura</li><li>• Oxígeno disuelto</li><li>• Conductividad eléctrica</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sólidos totales en suspensión (STS)</li><li>• Dureza total</li><li>• Nitratos, nitritos, fosfatos y sulfatos</li><li>• Sulfuros</li><li>• Metales totales (As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Zn, Hg, Ba, B, Co, Li, Mg, y Ag) de acuerdo con la ECA - Categoría 1, y los LMP</li><li>• Aceites y grasas</li><li>• Cianuro y cianuro WAD</li><li>• Xantatos (asociados al proceso de flotación, que serán monitoreados desde el inicio de la etapa de operación)</li><li>• Cromo VI</li><li>• DBO y DQO</li><li>• Coliformes totales y fecales</li></ul>

Fuente: Anexo 6.9 del EIA.

Tabla 36. Parámetros registrados en la red de control del EIA.

Estación de monitoreo	Coordenadas		Altitud (m)	Descripción
	Norte	Este		
<b>Cuenca de la quebrada Chugurmayo</b>				
WQC-001	9 236 130	793 540	3 762	Aguas abajo del tajo Perol.
<b>Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo</b>				
MW-02/A/B	9 233 726	792 059	3 793	Subcuenca de la quebrada Chirimayo, costado del Puente Chirimayo de carretera Agua Blanca - Lagunas de Combayo.
<b>Cuenca del río Chailhuagón</b>				
GMW-CH	9 230 755	790 280	3 740	Aguas abajo de la poza de sedimentación Chailhuagón.
<b>Cuenca del río Alto Jadibamba</b>				
WQC-002	9 241 066	787 847	3 697	Aguas abajo del reservorio inferior.
WQC-003	9 239 254	787 500	3 757	Aguas abajo de la presa principal.
<b>Cuenca de la quebrada Toromacho</b>				
GMW-TO-01	9238140	786777	3730	Aguas abajo de la presa Toromacho.

Fuente: EIA (Knight Piésold Consulting, 2010a).

**Tabla 37. Coordenadas y ubicación de los piezómetros de control.**

Para la ubicación de las estaciones de monitoreo de la Tabla 37, se ha considerado la ubicación de las instalaciones proyectadas y la posible intersección del nivel freático, en afloramientos, tales como manantiales que puedan ser afectados por las actividades constructivas u operativas del proyecto.

En nuestra opinión esta red deberá incluir un número mucho mayor de piezómetros de control.

#### 9.6.3.1.1 Red de Control propuesta para las aguas subterráneas

Consideramos que la densidad de la red de control propuesta en el EIA es muy baja, y que deberá ser complementada, incluyendo piezómetros adicionales y manantiales. El conjunto debería ser gestionado de forma global con perspectiva hidrogeológica.

Los criterios para la definición de una red adicional de control de aguas subterráneas, serían los siguientes:

- ↳ Distribución geográfica. Los sondeos elegidos deberían estar bien distribuidos en el espacio.
- ↳ Operatividad. Los sondeos elegidos deberían estar operacionales en todas las etapas del proyecto (construcción, operación y cierre).
- ↳ Geología. Los sondeos elegidos deberían distribuirse entre las diferentes unidades litológicas.
- ↳ Proximidad. Los sondeos elegidos deberían estar cercanos a las fuentes potenciales de contaminación.

En el control de manantiales, y aunque exista un control participativo, creemos que se debe elegir un conjunto de puntos con control sistemático, y metodología para garantizar la fiabilidad de los datos.

La definición de la red de control de manantiales debería ser hecha con los siguientes criterios<sup>28</sup>:

- ↳ Distribución geográfica. Los manantiales elegidos deberían estar bien distribuidos en el espacio.
- ↳ Geología. Los manantiales elegidos deberían corresponder a diferentes unidades litológicas.

<sup>28</sup> En la respuesta a la Observación 74 (1ª Ronda de Observaciones MINEM), se incluye una tabla de manantiales representativos, pero no se incluyen los criterios utilizados para la elección, y algunos caudales son extremadamente bajos.

- ↻ Caudal. Los manantiales elegidos deberían tener caudales relativamente importantes.
- ↻ Utilización/Importancia local. Se debería dar prioridad a manantiales utilizados para abastecimiento humano o/y riego.
- ↻ Proximidad. Se debería priorizar a los manantiales cercanos a fuentes potenciales de contaminación;

Sería, también, elegidos puntos de agua (sondeos y manantiales) en áreas donde seguramente no hay impactos, para confirmar o informar de alteraciones por causas naturales.

Lo importante es la medición de parámetros *in situ* pero, en la eventualidad de sospecha de contaminación, se deben recoger muestras y realizar análisis químicos con los mismos parámetros definidos en el EIA.

La frecuencia de muestreo será trimestral, y deberá continuarse en el post-cierre.

	Red de control (EIA)	Red de control adicional de sondeos	Red de control de manantiales
Parámetros <i>in situ</i>	Nivel, pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto	Nivel, pH, temperatura, conductividad eléctrica	Caudal, pH, temperatura, conductividad eléctrica
Recogida de muestras para análisis químicos	Si	No (excepto con sospecha de contaminación)	No (excepto con sospecha de contaminación)
Frecuencia	Trimestral	Trimestral	Trimestral

Fuente: elaboración propia.

Tabla 38. Constitución de la red de control de los recursos hídricos subterráneos propuesta.

Los datos obtenidos deberían ser informatizados, en fichas para cada punto de agua, con una matriz hidrogeológica, y trabajados en un informe de campaña de control, considerando y evaluando las variaciones históricas.

Los resultados de la exploración de la red de control serían sistemáticamente incorporados en el modelo numérico, que debería ser recalibrado y validado, para prever con el mayor rigor los impactos cualitativos y cuantitativos del proyecto, en los flujos de las micro-cuencas involucradas, para poder actualizar posibles actuaciones.

En la red de control de aguas subterráneas se considerarían incluidas las estaciones de control continuo, en los puntos de salida de la huella del proyecto, en las cinco micro-cuencas, según lo recomendado en el Capítulo 8 (aguas superficiales).

## 9.7 Conclusiones

En el marco del peritaje estaba previsto realizar los análisis de la información existente, la evaluación de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas y las alternativas para generar mayor disponibilidad de agua.

Respecto al análisis de la información existente, tras el estudio hidrogeológico presentado en Marzo de 2012 (SWS, 2012), consideramos que existe en estos momentos un modelo conceptual hidrogeológico y el consecuente modelo numérico. Este modelo debería ser recalibrado y validado progresivamente, con los nuevos escenarios de conductividad hidráulica, sugeridos en este Dictamen, y periódicamente con los datos aportados por los controles.

Así sería posible prever con mayor rigor los impactos del proyecto, cualitativos y cuantitativos, en las microcuencas involucradas, y redefinir las áreas afectadas en calidad y cantidad.

Es recomendable un esfuerzo de síntesis respecto al inventario hidrogeológico, incorporando todas las campañas, mejorando la calidad de las fichas de campo (y la



georeferenciación), contemplando esta actividad como una componente importante de los estudios hidrogeológicos a integrar en la futura red de control.

Esta red de control integraría los sondeos de control previstos, aguas abajo de las principales estructuras potencialmente contaminantes; los manantiales cercanos seleccionados para este efecto; y, adicionalmente, sondeos complementarios en puntos considerados críticos.

Los datos analizados permiten concluir que las aguas subterráneas, en el área de estudio, circulan mayoritariamente en acuíferos libres, someros, instalados en materiales aluviales y fluvio-glaciares, y que su circulación tiene lugar a pequeña profundidad y en cortos periodos tras las lluvias.

La circulación profunda, en rocas del substrato volcánico, eruptivo y en calizas, es marginal, por el comportamiento de acuitardo. No ha sido reconocida la ocurrencia de acuíferos kársticos o fisurados profundos.

En sectores muy restringidos es posible la existencias de sistemas hidrogeológicos fisurados, semi-confinados, confinados o pseudo-confinados, de pequeña magnitud, que podrían permitir la propagación de influencias, y el transporte de masa a distancia, en régimen influenciado como sería el caso de los tajos en la etapa de cierre.

Las aguas subterráneas cutáneas (en este modelo hidrogeológico), son responsables de la alimentación de las quebradas y ríos y, conjuntamente con las aguas superficiales, son responsables de la alimentación temporal de las lagunas y bofedales, característicos de los ecosistemas de esta región andina. La recarga de agua subterránea es de, aproximadamente, 34 mm, lo que supone el 3% de la precipitación.

Además de las medidas de prevención, mitigación y compensación, propuestas en el EIA, sugerimos la realización de una cartografía de vulnerabilidad a la contaminación, para optimizar la construcción de infraestructuras de protección y mitigación, previstas en los botaderos y depósito de relaves.

Asimismo, deberían ser definidos los perímetros de protección de las captaciones para uso humano, en las zonas de impacto potencial, para mejor definición de las medidas de mitigación.

El modelo numérico debería ser utilizado como modelo de gestión, incorporando simulaciones del funcionamiento de las infraestructuras principales del proyecto. En la fase de extracción, los tajos Perol y Chailhuagón extraerán el agua aportada localmente de los acuíferos someros cutáneos, y podrían, adicionalmente, causar afecciones cuantitativas en captaciones próximas, localizadas en zonas más fracturadas.

Para evitar la ocurrencia de posibles afecciones cualitativas (durante y después de la fase de explotación en los tajos), en las principales quebradas y ríos, es posible que requiera la realización de cortinas de impermeabilización, y/o la realización de pozos de bombeo, todo en el subsistema hidrogeológico somero

El plan de intervención, para cada situación, debería ser previamente establecido, con base en el inventario de puntos de agua, que debería ser objeto de actualización permanente.

En lo que se refiere a posibilidades para generar mayor disponibilidad hídrica, las aguas subterráneas no pueden ser consideradas de forma sistemática, dada la escasez de este recurso; además los principales recursos hídricos subterráneos están relacionados con los sistemas someros, y su gestión tendría que ser realizada en una perspectiva de utilización de las aguas superficiales.

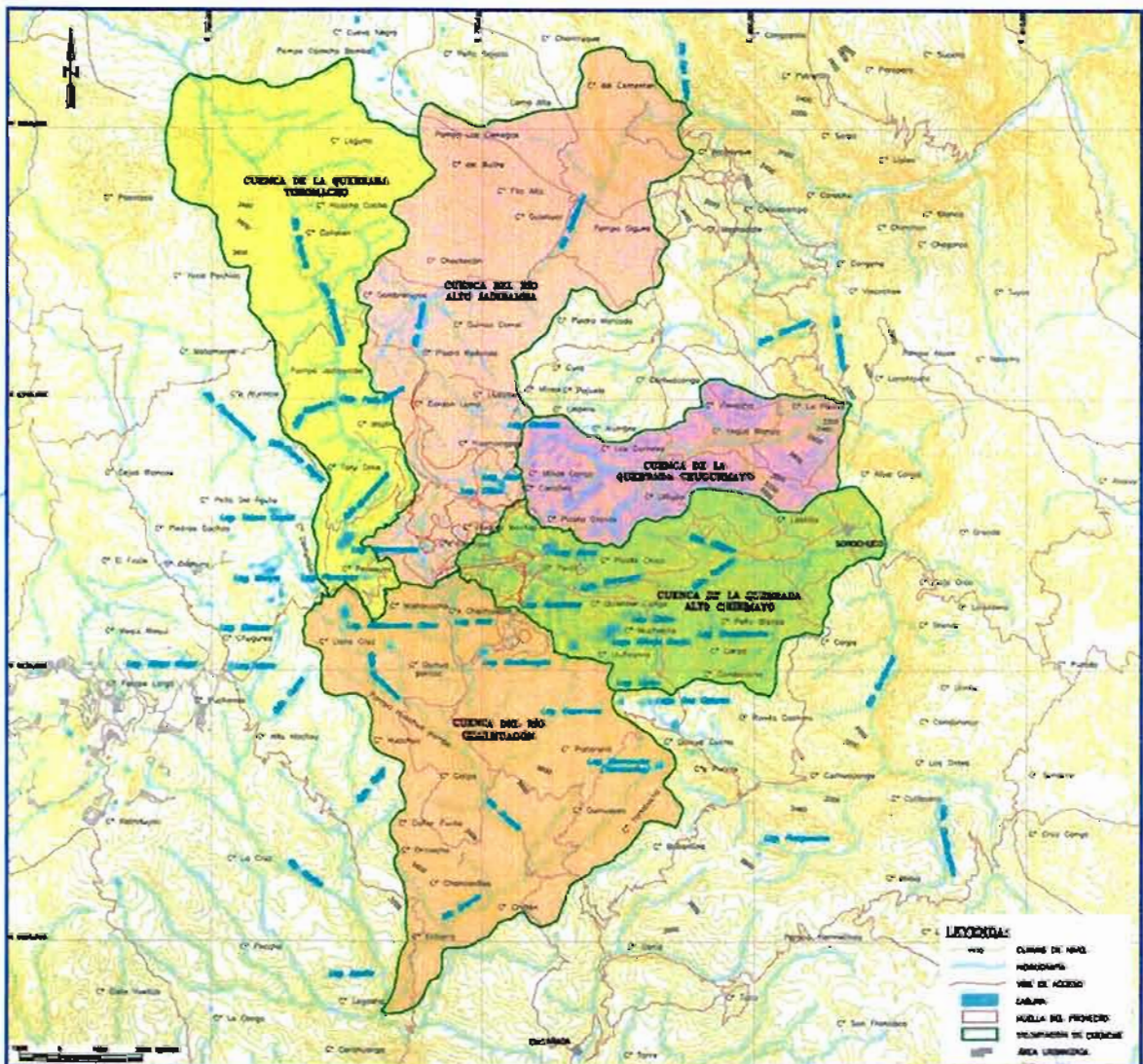
Para las medidas de prevención, mitigación y compensación, además de los pequeños reservorios previstos debería, de ser posible, considerarse alternativas de captación, basadas en la realización de sondeos subhorizontales, que emulan a los actuales manantiales, pudiendo ser buenas alternativas, socialmente aceptadas.

## 10 CALIDAD DE LAS AGUAS

### 10.1 Etapa pre-mina: calidad de las aguas superficiales

#### 10.1.1 Planteamiento

En el EIA del proyecto Conga se aborda la calidad de las aguas superficiales en las cinco microcuencas ubicadas en su entorno (Tabla 39): quebrada Toromacho, río Alto Jadibamba, quebrada Chugurmayo, quebrada Alto Chirimayo y río Chailhuagón.



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Tabla 39. Microcuencas hidrográficas en el entorno del proyecto.

Para ello se revisó la información histórica, de la calidad de las aguas superficiales, en la envolvente del proyecto, con datos de diferentes estaciones de control, y para distintos periodos de registro. Información procedente de diversos estudios, elaborados para el proyecto, además de los controles periódicos efectuados por MYSRL.

En este sentido se puede destacar que, desde el 2003, se vienen efectuando estudios de calidad de las aguas, que han sido revisados, para su comparación con los datos más recientes.

Hay que resaltar, también, para el EIA, se han considerado fundamentalmente los datos de calidad de aguas superficiales correspondientes al periodo 2007 a 2009, por representar la información más reciente de la calidad del agua, por el volumen de datos disponibles, y por contar con informes de laboratorios homologados.

Así se parte de la selección, en el marco del EIA, de 46 estaciones de muestreo de aguas superficiales, elegidas de acuerdo con criterios geográficos, hidrográficos e hidrológicos; condiciones ambientales actuales; ubicación de las comunidades y actividades que desarrollan actualmente; componentes del proyecto Conga; y requerimientos de la normativa aplicable.

La localización de los principales puntos de muestreo se ofrece en la Figura 75, dentro del contexto de las microcuencas del entorno del proyecto Conga, todas ellas tributarias de cuencas mayores, que drenan al río Marañón, uno de los principales afluentes del Amazonas.

Estas 46 estaciones de control, para caracterizar la calidad de las aguas superficiales, en torno al proyecto, antes del inicio de las actividades mineras, incluye lagunas, quebradas, ríos y canales. En la Tabla 40 se presenta el listado de las estaciones de control y se sintetizan las justificaciones para su elección.

En los Anexos del EIA se presentan las tablas con los resultados analíticos y las observaciones recogidas *in situ*, para cada estación de muestreo. Igualmente se presentan gráficos representativos de los parámetros seleccionados, para identificar posibles cambios de calidad, a lo largo del tiempo (análisis de tendencias).

La caracterización así conseguida la consideramos adecuada, para conocer la composición de las aguas superficiales, en estado pre-mina, y los factores ambientales que la condicionan.

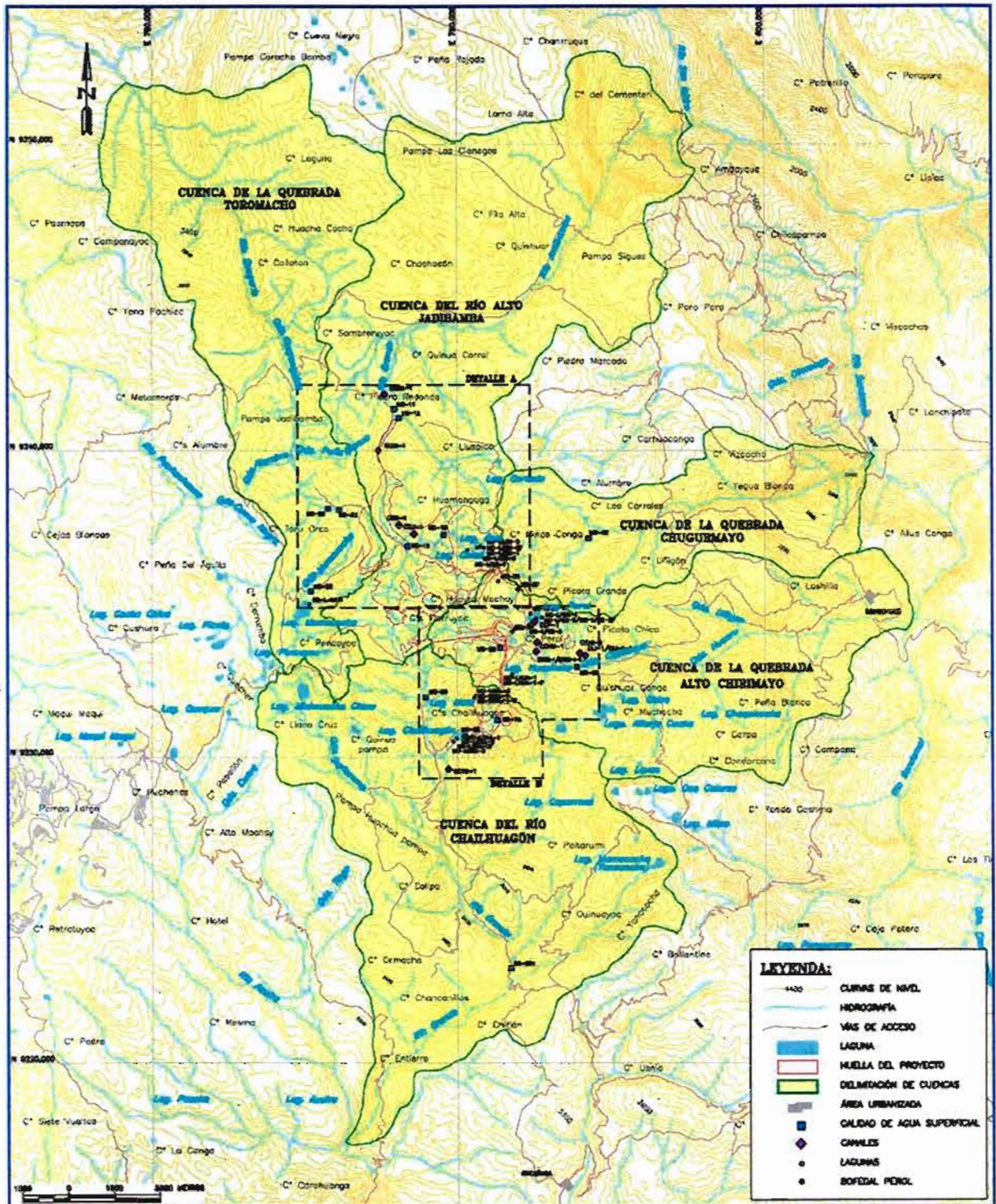
En el EIA esta calidad aparece comparada con los *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua* (ECA), establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) y, de manera concreta, con los de la Categoría 3, correspondiente a riego de vegetales de tallo alto y tallo bajo y bebida de animales, por ser el principal uso de estas aguas superficiales.

La documentación incluida en el EIA finaliza con el procesamiento de la información obtenida en los trabajos de campo, y la aportada por los informes de laboratorio, evaluando los resultados obtenidos de acuerdo con los ECA, para conocer la situación de la calidad de las aguas superficiales en la situación pre-mina. Todo ello según lo que podemos considerar como un esquema clásico en este tipo de estudios.

## 10.1.2 Metodología de trabajo

### 10.1.2.1 Plan de control

En el marco del EIA, los procedimientos seguidos, de campo y gabinete, para evaluar la calidad de las aguas superficiales, en el entorno del proyecto Conga, se establecieron utilizando como referencia principal el *Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua* (MEM, 1994) y la *Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad de las Aguas Superficiales por Actividades Minero Metalúrgicas* (MEM, 2007). También se tomaron como referencia los criterios de la *Water Quality Monitoring – A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programme* (PNUMA/OMS, 1996) y los procedimientos establecidos en el *Handbook for Sampling and Sample Preservation of Water and Wastewater* (USEPA, 1982).



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 75. Puntos de muestreo de calidad de las aguas superficiales (estado pre-mina).

Agua superficial		Coordenadas		Razón de su inclusión
Microcuenca	Punto	Este	Norte	
Quebrada Toromacho	RQ-LMAM	785 135	9 234 988	Laguna Mamacocha en el área de evaluación del proyecto
	MC-20	785 747	9 238 124	Sector aguas abajo en esta microcuenca
	MC-22	786 118	9 238 085	Sector aguas abajo del proyectado depósito de relaves
	MC-23	785 180	9 235 420	Sector aguas arriba en la microcuenca
Río Alto Jadibamba	MC-LAZU-1	790 860	9 236 833	Laguna Azul que sería drenada, debido al proyecto
	MC-LAZU-2	790 738	9 236 874	
	MC-LAZU-2F	790 738	9 236 874	
	MC-LAZU-3	790 631	9 236 845	
	MC-LCHI-1	790 329	9 236 759	Laguna Chica que sería drenada, debido al proyecto
	MC-18	789 552	9 237 258	Sector aguas arriba del proyectado depósito de relaves y aguas abajo del proyectado depósito de desmonte Perol
	MC-15	788 602	9 237 263	Sector aguas abajo del proyectado depósito de relaves
	MC-12	788 066	9 241 073	Flujo adyacente al proyectado depósito de relaves
	MC-11	787 915	9 241 362	Sector aguas abajo del proyectado depósito de relaves
	CEM-1	788 077	9 237 570	Canal dentro del área de evaluación del proyecto
CRJ-1	788 566	9 237 286	Canal dentro del área de evaluación del proyecto	
CEBA-1	787 600	9 241 851	Canal dentro del área de evaluación del proyecto	
Quebrada Chugurmayo	MC-52	794 269	9 237 134	Sector aguas abajo de la microcuenca
Quebrada Chirimayo	MC-27	791 949	9 235 476	Sector aguas arriba de la microcuenca
	MC-26	791 379	9 233 561	Sector aguas arriba de la microcuenca
	MC-08	793 881	9 232 937	Sector aguas abajo de la microcuenca
	MC-24	791 769	9 234 096	Bofedal Perol dentro del área de evaluación
	MC-28	791 316	9 235 742	Bofedal Perol dentro del área de evaluación
	MC-LPER-1	792 371	9 234 682	Laguna Perol, que sería drenada, debido a la operación del proyecto
	MC-LPER-2	792 547	9 234 513	
	MC-LPER-2F	792 547	9 234 513	
	MC-LPER-3	792 327	9 234 330	
	MC-LPER-4	792 738	9 234 555	Laguna Huashwas, ubicada en el área de evaluación del proyecto
	MC-LHUA-1	791 772	9 232 698	
	MC-LHUA-1F	791 772	9 232 698	
	CEP-1	792 493	9 234 408	Canal dentro del área de evaluación del proyecto
	CVCH-1	792 557	9 233 443	Canal dentro del área de evaluación del proyecto
	CCHU-1	792 580	9 233 742	Canal dentro del área de evaluación del proyecto
	CCHI-1	793 978	9 233 382	Canal dentro del área de evaluación del proyecto
CLI-1	794 158	9 233 302	Canal dentro del área de evaluación del proyecto	
Río Chailhuagón	MC-LMAL-1	790 531	9 231 927	Laguna Mala que sería drenada, debido a la operación del proyecto
	MC-LMAL-1-F	790 531	9 231 927	
	MC-07A	791 230	9 231 112	Sector aguas arriba del proyectado tajo Chailhuagón
	MC-05	790 233	9 230 675	Sector aguas abajo del proyectado tajo Chailhuagón y depósito de desmonte Chailhuagón
	MC-06	788 959	9 231 950	Sector aguas abajo de las proyectadas instalaciones de mina
	RG-RG1	791 650	9 222 901	Sector aguas abajo de la microcuenca
	MC-LCHA-1	790 173	9 230 668	Laguna Chailhuagón ubicada en el área de evaluación del proyecto
	MC-LCHA-2	789 971	9 230 605	
	MC-LCHA-2F	789 971	9 230 605	
	MC-LCHA-3	789 846	9 230 496	
CCYB-1	789 698	9 229 593	Canal dentro del área de evaluación del proyecto	

Fuente: Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010.

Tabla 40. Estaciones de control de la calidad de las aguas superficiales, por microcuencas.

Para la interpretación de resultados se utilizó tanto la *Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad de las Aguas Superficiales por Actividades Minero Metalúrgicas* (MEM, 2007), como el documento de referencia internacional *Water Quality Assessments* (UNESCO/OMS/PNUMA, 1996).

Como ya hemos indicado, la definición de parámetros de evaluación se realizó a partir de los requerimientos de los ECA, establecidos por el MINAM para la Categoría 3 (D.S. N° 002-2008-MINAM).

#### 10.1.2.2 Revisión y procesamiento de información existente

Para el EIA se revisaron los datos referentes a calidad de las aguas superficiales incluidos en los siguientes documentos:

- ↳ Klohn Crippen – SVS S.A., 1998. *Línea Base de Calidad del Agua Superficial*.
- ↳ Minera Yanacocha S.R.L., 1998 – 2009. *Resultados del monitoreo de calidad de agua superficial en ríos y quebradas*.
- ↳ Water Management Consultants S.A., 2004. *Preliminary Baseline – Hydrological and Hydrochemical Characterization*.
- ↳ Water Management, 2004. *Technical Memorandum – Minas Conga Hydrologic Baseline Program – Advance*.
- ↳ Golder, 2007. *Preliminary Internal Environmental Impact Study*.
- ↳ Water Management Consultants S.A., 2007. *Baseline – Hydrological and Hydrochemical Characterization*.
- ↳ Water Management Consultants S.A., 2007. *Memorandum Técnico – Estudios hidrológicos, hidrogeológicos y geoquímicos en soporte al EIA – Resultados de la ronda de monitoreos del mes de agosto*.
- ↳ Water Management Consultants S.A., 2007. *Caracterización Hidrológica e Hidroquímica de la Línea Base para la Microcuenca de Chailhuagón*.
- ↳ Water Management Consultants S.A., 2007. *Caracterización Hidrológica e Hidroquímica de la Línea Base para la Subcuenca del Río Grande*.
- ↳ Water Management Consultants S.A., 2007. *Caracterización Hidrológica e Hidroquímica de la Línea Base, elaborado para la cuenca del río Chirimayo*.

Respecto a la información histórica, de lagunas y canales, los documentos revisados fueron los siguientes:

- ↳ Comisión de Monitoreo de la Calidad y Cantidad de las Aguas, COMOCA, 2004 – 2006. *Resultados del Programa de Monitoreo de Calidad y Cantidad de Aguas de los Canales de Riego ubicados en las subcuencas de la Quebrada Pencayoc, Chirimayo y Río Grande de Combayo*.
- ↳ Minera Yanacocha S.R.L., 2006 – 2009. *Resultados del monitoreo de calidad de agua superficial en lagunas y canales*.

#### 10.1.2.3 Trabajos de campo

En los trabajos de campo (realizados por Water Management Consultants, Minera Yanacocha S.R.L. y Knight Piésold), se emplearon lo que podemos considerar como metodologías estándar de toma de muestras, preservación, conservación, etiquetado, embalaje y transporte, todo ello de acuerdo con los procedimientos establecidos en el *Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua* (MEM, 1994), y en las *Guías de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos* (USEPA).

Igualmente, para el desarrollo del programa de muestreo se siguieron metodologías estándar, establecidas previamente, y se midieron los parámetros de calidad en campo con un equipo multiparámetro WTW, modelo 340i, calibrado al comienzo de cada campaña de muestreo.

De lo expuesto en el EIA se deduce que, durante los trabajos de campo, se aplicaron procedimientos de control y aseguramiento de calidad, para mantener las muestras de agua sin

alteración, hasta su análisis en laboratorio. También, en determinados puntos, se realizó la medición de caudales, en simultáneo, para cada toma de muestra, con procedimientos volumétricos o de medición de velocidad con flotadores.

En cada estación de muestreo se registró la siguiente información:

- ↳ Características del entorno inmediato.
- ↳ Características visuales del cuerpo de agua.
- ↳ Coordenadas geográficas (X, Y, Z).
- ↳ Caudal.
- ↳ Parámetros *in situ*: pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica.

Como parte de los procedimientos adoptados, para el control y aseguramiento de la calidad, en los muestreos, se tomaron muestras duplicadas y muestras "en blanco", para su contraste. Del mismo modo, se elaboraron cadenas de custodia, para asegurar el adecuado transporte de las muestras.

Finalmente indicar, que se identificaron y georeferenciaron todas las estaciones de control, de aguas superficiales, en ríos y quebradas, así como las complementarias en lagunas y canales. Con lo que parece haberse seguido los condicionantes para realizar un trabajo fiable.

#### 10.1.2.4 Análisis de laboratorio

Las muestras colectadas en 2007 y 2008, fueron sistemáticamente divididas y enviadas a tres laboratorios, para realizar análisis químicos específicos.

- ↳ Laboratorio NKAP, en Cajamarca, para análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y coliformes, debido al requisito para el análisis dentro de las 24 horas de la toma de muestra.
- ↳ Laboratorio ALS, en Lima, para otros parámetros con tiempos de conservación relativamente cortos (por ejemplo: CN, SST).
- ↳ Laboratorio Actlabs, en Ontario (Canadá), para elementos traza de cationes y aniones.

Las muestras colectadas en 2009 fueron analizadas en dos laboratorios.

- ↳ Laboratorio NKAP, en Cajamarca, para análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y coliformes.
- ↳ Laboratorio Envirolab Perú, para el resto de los parámetros.

Los laboratorios empleados están acreditados por organismos nacionales e internacionales, y los procesos de control y aseguramiento de la calidad, que utilizan estos laboratorios, se basan en los estándares establecidos por la USEPA.

Las determinaciones de laboratorio se realizaron siguiendo lo especificado en el manual *Métodos Estándar para el Análisis de Agua y Aguas Residuales* (APHA, 2005), como guía principal, complementándose con los *Métodos de Prueba* de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 2003).

Los informes de laboratorio aparecen incluidos en anexos del EIA.

#### 10.1.2.5 Evaluación de resultados

Los datos obtenidos se procesaron mediante técnicas estadísticas y gráficas, así como mediante programas de modelación hidrogeoquímica, para generar información consistente, útil para interpretar los resultados en el marco de los objetivos del EIA. En especial, y para su procesamiento integral, tras compilar todos los datos de calidad de las aguas, se utilizó el sistema de análisis y gestión de datos FULCRUM (Knight Piésold).

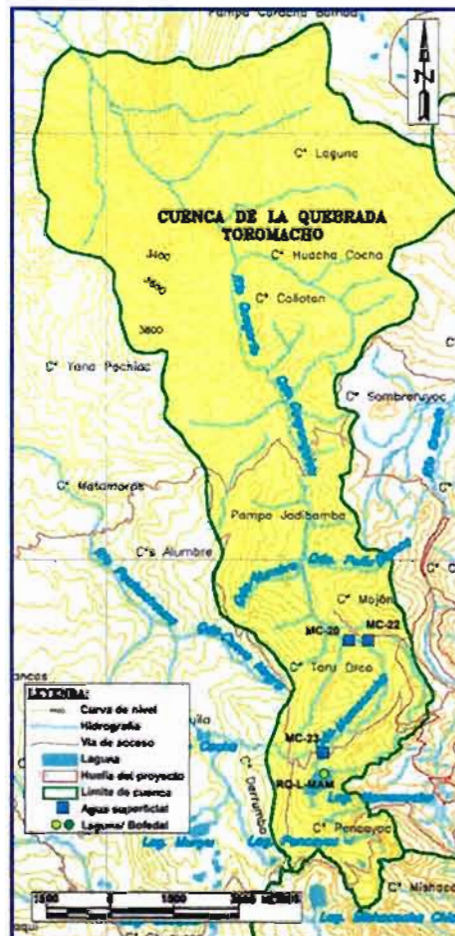
En el EIA esta información aparece agrupada por microcuencas, destacando para cada agrupación de muestras las características de calidad más relevantes, tales como: parámetros fisicoquímicos, inorgánicos, orgánicos, metales totales y disueltos, parámetros bacteriológicos y DBO.

El análisis por microcuencas informa respecto a cada parámetro, y sus variaciones entre concentraciones máximas, mínimas y medias, resaltando los resultados que presentan anomalías, con respecto a la calidad natural esperada de las aguas, o aquellos que superan los ECA establecidos por el MINAM, para la Categoría 3 (riego de vegetales de tallo bajo o alto y bebidas de animales).

### 10.1.3 Resultados pormenorizados

#### 10.1.3.1 Microcuenca de la quebrada Toromacho

En esta microcuenca, se ubicó una estación de muestreo en la laguna Mamacocho (RQ-LMAM), y tres de muestreo de escorrentía superficial (de aguas arriba a aguas abajo: MC-23 (que quedaría aguas arriba del proyectado depósito de relaves), y MC-22 y MC-20 que quedarían aguas abajo) (Tabla 40 y Figura 76).



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 76. Puntos de control de calidad de las aguas superficiales en la microcuenca de la quebrada de Toromacho.



El agua de la *laguna Mamacocha* (RQ-LMAM) (Figura 76) ha presentado las características de calidad indicadas en la Tabla 41.

Parámetro	Unidad	Punto RQ-LMAM	
		Rango	Media
Facies		Sin determinar	
pH campo		8,48 - 8,50	8,49

Tabla 41. Caracterización del agua en la laguna de Mamacocha (LMAM).

- ↳ Son muy escasos los parámetros registrados en esta laguna.
- ↳ No se observaron tendencias en el pH.
- ↳ En general, las concentraciones de metales fueron bajas, con muchas de ellas en o por debajo del límite de detección; ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3; no se observaron tendencias en dichos metales.

El agua de la *quebrada Toromacho* (MC-23, MC 22 y MC 20) (Figura 76) ha presentado las características indicadas en la Tabla 42.

Parámetro	Unidad	MC-23, MC 22 y MC 20	
		Rango	Media
Facies		Bicarbonatada cálcica	
pH campo		8,3 - 9,0	
TSD	mg/L	141 - 263	
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	<3 - 177	
Sulfatos	mg/L	1,7 - 31,1	4,1 (MC 20) 8,6 (MC 22) 3,8 (MC-23)
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,8 - 483	

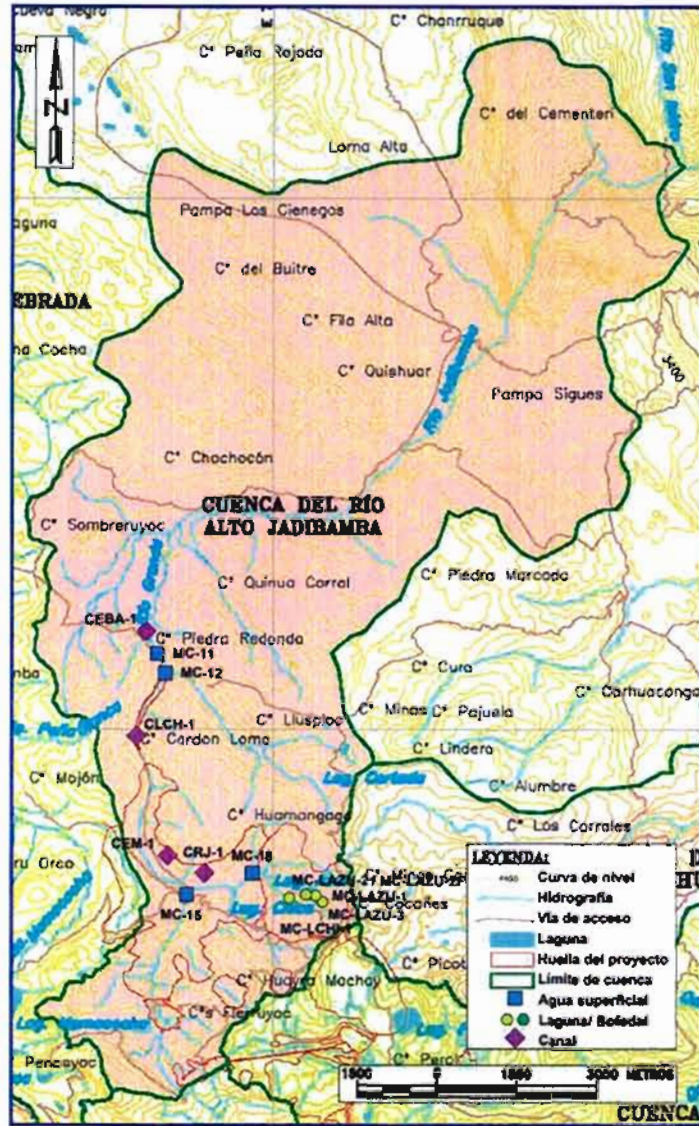
Tabla 42. Caracterización del agua en la quebrada Toromacho.

- ↳ En general las concentraciones de metales en las tres estaciones de muestreo fueron bajas y no se registraron concentraciones de metales regulados que excedieran los ECA de la Categoría 3
- ↳ Los coliformes no excedieron los ECA en las muestras analizadas.
- ↳ El oxígeno disuelto medido en campo estuvo por debajo de los ECA para bebida de animales, por lo menos en una muestra. El oxígeno disuelto de laboratorio estuvo por encima del estándar para las mismas campañas de muestreo

### 10.1.3.2 Microcuenca del río Alto Jadibamba

En esta microcuenca, en la que se ubicaría el depósito de relaves y el depósito de desmonte de Perol, entre otras instalaciones del proyecto, se han ubicado: cinco estaciones de muestreo en dos lagunas (Laguna Azul: MC-LAZU-1, MC-LAZU-2, MC-LAZU-2f, MC-LAZU-3, y Laguna Chica: MC-LCHJ-1); cuatro estaciones de muestreo de agua superficial en el río (de aguas arriba a aguas abajo: MC-18, MC-15, MC-12 y MC-11); cuatro en canales (de aguas arriba a aguas abajo: CRJ-1, CEM-1, CLCH-1 y CEBA-1), tres de los cuales (CRJ-1, CEM-1 y CLCH-1) desaparecerían debido al desarrollo del proyecto Conga (Tabla 40 y Figura 77).

De acuerdo con el proyecto, las aguas de las lagunas Azul y Chica serían transvasadas al reservorio Superior y al reservorio Inferior, antes de ser cubiertas por materiales de desmonte del tajo Perol.



Fuente Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010

Figura 77. Puntos de control de calidad de las aguas superficiales en la microcuenca del río Alto Jadibamba.

El agua de la laguna Azul (MC-LAZU-1, MC-LAZU-2, MC LAZU-2f y MC-LAZU-3) (Figura 77) ha presentado las características indicadas en la Tabla 43.

Parámetro	Unidad	Laguna Azul	
		Rango	Media
Facies		Bicarbonatada - sulfatada cálcica	
pH campo		6,8 - 7,6	7,2
TSD	mg/L	32,0 - 76,0	39,3 - 50,0
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	10 - 13	-
Sulfatos	mg/L	9,4 - 15	11,7 - 12,9
Coliformes totales	NMP/100mL	≤ Límite detección	
Coliformes fecales	NMP/100mL	≤ Límite detección	
DBO	mg/L	2	-
DQO	mg/L	2,0 - 4,52	2,84

Tabla 43. Caracterización del agua en la laguna Azul.

- ↳ Alcalinidad medida solo en una campaña de muestreo
- ↳ Tendencia de concentraciones de sulfatos creciente, relacionada con la temporada seca.
- ↳ Concentraciones de metales, en general, bajas, con muchas de ellas en o por debajo del límite de detección; ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3, en 3 de las 4 campañas de muestreo (2 de 3 en la estación MC-LAZU-3), a excepción de las muestras recolectadas en octubre del 2007, donde el Al, As, Cd, Cu, Fe y Zn sobrepasaron considerablemente los ECA de negro en MC-LAZU-1, MC-LAZU-1 y MC-LAZU-3
- ↳ Total de sólidos disueltos no reportó concentraciones elevadas en ninguna de las muestras, pero existen suficientes indicios para asegurar que alguna muestra estaba contaminada con sedimentos, debido a la concentración extremadamente alta de Al, Fe y Zn (Al de 2.365 - 11.340 mg/L) y Fe de 4.648 - 19.030 mg/L), y cientos de ppm de Zn (188-1.893 mg/L)). Esto viene respaldado, aún más, por las concentraciones disueltas muy bajas de los mismos metales durante las correspondientes campañas de muestreo. No se identificaron tendencias estacionales en las concentraciones de metales, de las muestras de esta laguna, entre las temporadas secas y húmedas.

El agua de la *laguna Chica* (MC-LCHJ-1) (Figura 77) ha presentado las características indicadas en la Tabla 44 (agosto del 2009).

Parámetro	Unidad	laguna Chica
Facies		Bicarbonatada cálcica
TSD	mg/L	35
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	13
Coliformes totales	NMP/100mL	≤ Límite detección
Coliformes fecales	NMP/100mL	≤ Límite detección
Oxígeno disuelto campo	mg/L	6,9

Tabla 44. Caracterización del agua en la Laguna Chica.

- ↳ Concentraciones de metales bajas, con muchas determinaciones en o por debajo del límite de detección, ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3.

El agua del  *río Alto Jadibamba* (MC-18, MC-15, MC-12 y MC-11) (Figura 77), ha presentado las características indicadas en la Tabla 45.

Parámetro	Unidad	Río Alto Jadibamba	
		Rango	Media
Facies		Bicarbonatada - cálcica	
pH campo		6,79 – 8,93	7,2
TSD	mg/L	5 - 140	
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	22,9 – 88,7	
Sulfatos	mg/L	6,83 – 42,9	18,1 – 14,8
Coliformes totales	NMP/100mL	Concentraciones elevadas	
Coliformes fecales	NMP/100mL	Concentraciones elevadas	

Tabla 45. Caracterización del agua en el río Alto Jadibamba.

- ↳ La estación MC-15, ubicada en los tramos inferiores de la cuenca, tuvo el pH más alcalino con una variación de 8,20 a 8,93.
- ↳ En el punto MC-18 el agua presentó facies dominante bicarbonatada-sulfatada cálcica.
- ↳ El punto MC-15, situado a mayor altura en la cuenca, presentó la máxima alcalinidad, siendo el MC-12 el de menores valores.
- ↳ No se identifican tendencias estacionales claras, sin embargo, parece que las concentraciones de sulfato, y el total de sólidos disueltos, aumentaron en la temporada seca.
- ↳ Concentraciones de metales en todos los puntos de muestreo fueron muy bajas y ninguna presentó concentraciones de algún parámetro regulado que excediera los ECA de la Categoría 3

El agua del *canal CRJ-1* (canal Reynaldo Jambo) (Figura 77), que sería eliminado debido al desarrollo del proyecto Conga (Depósito de relaves), ha presentado las características indicadas en la Tabla 46

Parámetro	Unidad	CRJ-1	
		Rango	Media
pH campo		7,99 – 8,53	8,3
TSD	mg/L	47 - 103	76,4
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	32,9 – 55,0	48,8
Sulfatos	mg/L	4,6 – 11,9	7,9
Coliformes totales	NMP/100mL	14 – 700	-
Coliformes fecales	NMP/100mL	14 - 540	-
DBO	mg/L	≤ limite detección	

Tabla 46. Caracterización del agua en el canal Reynaldo Jambo.

- ↳ Los metales fueron bajos, con muchos en o por debajo del límite de detección; ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3, en 6 de las 7 campañas de muestreo; a excepción de una muestra recolectada en febrero del 2008, donde Al y Fe excedieron los ECA para riego. Dicha muestra tuvo sólidos suspendidos totales muy altos (284 mg/L), lo que indica la existencia de sedimento en la muestra de agua, lo cual puede ocurrir en el área del proyecto durante la temporada húmeda. Tal muestra se recolectó el mismo día que la muestra CEM-1, la cual mostró las mismas excedencias para Al y Fe. No se identificaron tendencias estacionales en las concentraciones de metales de las muestras colectadas en este canal entre las temporadas secas y húmedas.
- ↳ Se encontraron concentraciones elevadas de coliformes tanto en la temporada seca como en la húmeda, aunque no hubo excedencias de los ECA en esta estación.

El agua del *canal CEM-1*, muestreado en el canal El Perolito (Figura 77), que sería eliminado debido al desarrollo del proyecto Conga (Depósito de relaves), ha presentado las características indicadas en la Tabla 47.

Parámetro	Unidad	CEM-1	
		Rango	Media
Facies		Sin determinar	
pH campo		7,9 – 8,5	8,2
pH laboratorio		Sin determinar	
TSD	mg/L	46 - 145	71
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	32,8 – 78,9	58,5
Sulfatos	mg/L	1,2 – 25,2	8,9
Coliformes totales	NMP/100mL	14 – 330	-
Coliformes fecales	NMP/100mL	4,5 - 230	-
Oxígeno disuelto campo	mg/L	Sin determinar	
Oxígeno disuelto laboratorio	mg/L	Sin determinar	
DBO	mg/L	≤ límite detección	
DQO	mg/L	Sin determinar	

Tabla 47. Caracterización del agua en el canal El Perolito.

- ↳ Las concentraciones de metales en general, fueron bajas, con muchas en o por debajo del límite de detección, ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3, en 6 de las 7 campañas de muestreo; a excepción de una muestra (recolectada en febrero del 2008), donde el Al y Fe excedieron los ECA para riego. Dicha muestra tuvo total de sólidos en suspensión muy alto (298 mg/L), lo que indica la existencia de sedimento en la muestra de agua. No se identificaron tendencias estacionales en las concentraciones de metales de las muestras reunidas en este canal entre las temporadas secas y húmedas.

El agua del *canal CEBA-1*, ubicada en el canal El Bado (Figura 77), que sería eliminado debido al desarrollo del proyecto Conga ha presentado las características indicadas en la Tabla 48.

Parámetro	Unidad	CEBA-1	
		Rango	Media
pH campo		7,5 – 8,7	8,1
TSD	mg/L	40 - 133	50,3
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	31,3 – 73,0	50,3
Sulfatos	mg/L	3,0 – 13,0	6,2
Coliformes totales	NMP/100mL	9,3 – 330	-
Coliformes fecales	NMP/100mL	4,5 - 230	-
DBO	mg/L	≤ límite detección	

Tabla 48. Caracterización del agua en el canal El Bado.

- ↳ En general, las concentraciones de metales fueron bajas, con muchas de éstas en o por debajo del límite de detección; ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3 para riego. No se identificaron tendencias estacionales en las concentraciones de metales de las muestras colectadas en este canal, entre las temporadas secas y húmedas

El agua del canal CLCH-1 (Figura 77), ubicada en el canal La Chilca, por debajo del depósito de relaves propuesto, ha presentado las características indicadas en la Tabla 49.

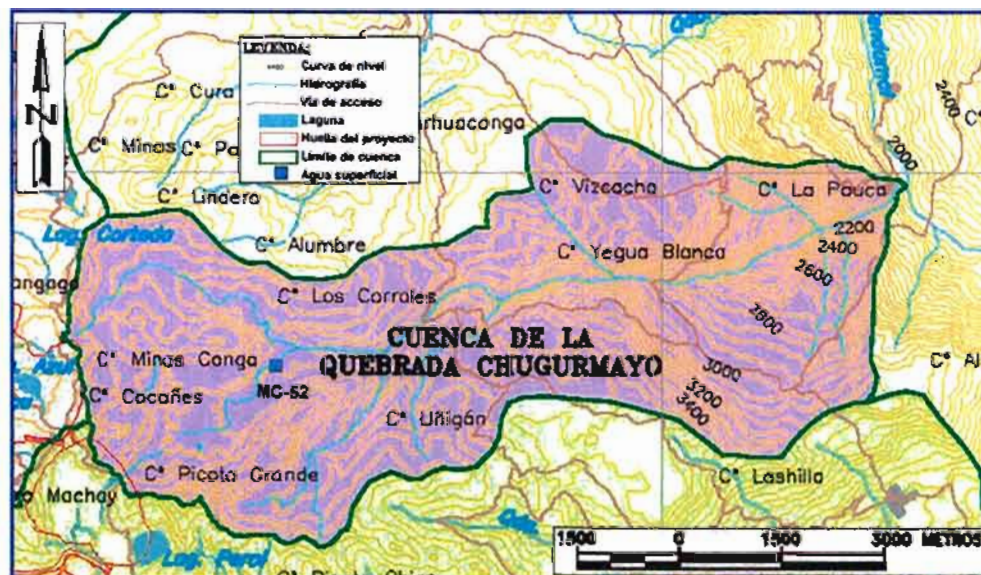
Parámetro	Unidad	CLCH-1	
		Rango	Media
pH campo		7,1 – 8,8	7,9
TSD	mg/L	40 - 113	72
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	30,8 – 76,5	50,3
Sulfatos	mg/L	≤0,5 – 28,4	5,7
Coliformes totales	NMP/100mL	4 – 2800	-
Coliformes fecales	NMP/100mL	2 – 1300	-
DBO	mg/L	≤ limite detección	

Tabla 49. Caracterización del agua en el canal La Chilca.

- ☞ Las concentraciones de metales en CLCH-1 fueron bajas, manteniéndose la mayoría en o por debajo del límite de detección, ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3.
- ☞ Los coliformes sobrepasaron los ECA de 1000 NMP/100mL en dicha estación en dos ocasiones (agosto del 2007 y diciembre del 2007) Las concentraciones elevadas de coliformes se encontraron tanto en la temporada seca como en la húmeda

### 10.1.3.3 Microcuenca de la quebrada Alto Chugurmayo

En esta microcuenca, situada al Este de la huella del proyecto, se cuenta con una estación de muestreo de calidad del agua la MC-52 (Tabla 40 y Figura 78).



Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 78. Puntos de control de calidad de las aguas superficiales en la microcuenca de la quebrada Chugurmayo.

El agua de la *quebrada Chugurmayo*, en el punto de muestreo (MC-52) (Figura 78), ha presentado las características indicadas en la Tabla 50.

Parámetro	Unidad	MC-52	
		Rango	Media
Facies		Bicarbonatada cálcica	
pH campo		7,5 – 8,5	8,23
pH laboratorio		7,19 – 8,69	8,19
TSD	mg/L	110 - 234	159
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	61,6 – 86,8	77,1
Sulfatos	mg/L	3,7 – 14,6	7,7
Coliformes totales	NMP/100mL	45 – >1300	-
Coliformes fecales	NMP/100mL	20 – >1300	-
Oxígeno disuelto campo	mg/L	4,3 – 8,0	5,6
Oxígeno disuelto laboratorio	mg/L		6,0
DBO	mg/L	2 – 4,6	2,5
DQO	mg/L	2,0 – 11,0	6,8

Tabla 50. Caracterización del agua en la quebrada de Chugurmayo.

- ↻ TSD y sulfatos mostraron un patrón estacional con un mínimo en noviembre y un máximo entre junio y agosto.
- ↻ Concentraciones de metales en general fueron bajas, con muchas de ellas en o por debajo del límite de detección. El Al, Fe y Mn aumentaron notablemente en marzo del 2009, probablemente como resultado de los materiales particulados. No se observaron tendencias en Sb, As ni Pb.
- ↻ Los coliformes fecales excedieron los ECA en una ocasión durante el periodo de control. Las concentraciones máximas de coliformes se produjeron en junio del 2008, siendo inferiores en el 2009.
- ↻ El oxígeno disuelto medido en laboratorio fue más elevado que las medidas de campo, probablemente influenciado por la variación de instrumentos o las condiciones ambiente. No se observaron tendencias.
- ↻ No se observaron tendencias en DBO ni DQO.

#### 10.1.3.4 Microcuenca de la quebrada Alto Chirimayo

En esta microcuenca, en la que se ubicaría el tajo Perol y el depósito de desmonte Chailhuagón, entre otras instalaciones del proyecto, se han ubicado: tres estaciones de muestreo en cabecera de la microcuenca (MC-27, MC-26 y MC-08); dos en el bofedal Perol (MC-24 y MC-28); cinco en la laguna Perol (MC-LPER-1, MC-LPER-2, MC-LPER-2F, MC-LPER-3 y MC-LPER-4); dos en la laguna Huashwas (MC-LHUA-1 y MC-LHUA-1F); y cinco en canales dentro del área de evaluación del proyecto (CEP-1, CVCH-1, CCHU-1, CCHI-1 y CLI-1) (Tabla 40 y Figura 79).

El bofedal y la laguna Perol desaparecerían debido a la apertura del tajo Perol.



Fuente: Knight Piesold Consulting, Febrero de 2010

Figura 79. Puntos de control de calidad de las aguas superficiales en la microcuenca de la quebrada Alto Chirimayo.

El agua superficial de la *quebrada Alto Chirimayo* (Figura 79) en cabecera de la microcuenca (MC-27, MC-26 y MC-08), ha presentado las características indicadas en la Tabla 51.

Parámetro	Unidad	MC-27, MC-26 y MC-08	
		Rango	Media
Facies		Bicarbonatada cálcica y sulfatada cálcica	
pH campo		6,4 – 8,6	-
TSD	mg/L	27 – 189	
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	< 1 – 175	
Sulfatos	mg/L	3,7 – 19,6	
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,8 – 1700	
Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,8 – 1700	

Tabla 51. Caracterización del agua en la quebrada Alto Chirimayo.

- ☞ Las concentraciones de sulfato promedio para las tres estaciones fueron de 11 mg/L (MC-08), 10,1 mg/L (MC-26) y 12,5 mg/L (MC-27).
- ☞ No se identificaron tendencias estacionales evolutivas en la calidad del agua.
- ☞ Las concentraciones de metales en las tres estaciones fueron generalmente bajas y no se encontraron concentraciones de metales regulados que excedieran los ECA de Categoría 3.



- Los coliformes excedieron los ECA en por lo menos una ocasión.

Del agua superficial del *bofedal Perol* (MC-24 y MC-28<sup>29</sup>) (Figura 79), se han tenido en cuenta también los análisis anteriores (años 2003 y 2007, con 33 y 29 muestras de los puntos MC-24 y MC-28, respectivamente), y se pueden destacar las características indicadas en la Tabla 52.

Parámetro	Unidad	MC-24		MC-28	
		Rango	Media	Rango	Media
Facies		Sulfatada cálcica		Sulfatada cálcica	
pH campo		3,0 - 6,4	3,1 - 4,2-	3,0 - 6,4	3,1 - 4,2-
pH laboratorio		3,0 - 7,2		3,0 - 7,2	
TSD	mg/L	<10 - 41	19	36 - 102	55
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	<1,0 - 12	1,3	<1,0	
Sulfatos	mg/L	9,8 - 47	18	12 - 31	25

Tabla 52. Caracterización del agua en el bofedal Perol.

- Entre los años 2003 y 2007 las muestras de la estación MC-24 dieron pH de campo entre 3,2 y 6,2 (con media de 4,2), y pH de laboratorio entre 3,2 y 6,2 (con media de 4,2); las de la estación MC-28 variaron entre 3,3 y 5,1 (media de 3,9), con pH medido en laboratorio que varió entre 3,3 y 5,1 (media de 3,9).
- Los iones metálicos fueron bajos, en MC-24, con muchas muestras en o por debajo del límite de detección y también bajos en MC-28. La mayoría de concentraciones no excedió los ECA para la Categoría 3, a excepción del Fe que sobrepasó los ECA en las 33 muestras de MC-24. En promedio, el Fe disuelto constituyó el 78% y el 79 % del Fe total (MC-24 y MC-28).

El agua de la *laguna Perol* (MC-LPER-1, MC-LPER-2, MC-LPER-2F, MC-LPER-3 y MC-LPER-4) (Figura 79) ha presentado las características indicadas en la Tabla 53.

Parámetro	Unidad	MC-LPER-1, MC-LPER-2, MC-LPER-2F, MC-LPER-3 y MC-LPER-4	
		Rango	Media
Facies		Bicarbonatada cálcica	
pH campo		7,45 - 8,25	7,93
TSD	mg/L	<3 - 75	37 - 73
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	45,7 - 49,2	
Sulfatos	mg/L	5,2 - 14,6	6,9 - 13,3
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,8 - 17	
Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,8 - 920	
Oxígeno disuelto campo	mg/L	6,15 - 7,21	

Tabla 53. Caracterización del agua en la laguna Perol.

- En la estación MC-LPER-2-F se presentó facies dominante bicarbonatada sódico-potásica.

<sup>29</sup> La calidad del agua en la estación MC-27, considerada anteriormente, se puede asimilar a agua de bofedal

- ↳ Las concentraciones de metales en la laguna Perol fueron variables: para la mayoría de los metales se estuvo en o por debajo del límite de detección, excepto en una campaña/lugar de muestreo que presentó concentraciones extremadamente altas, probablemente consecuencia de que las muestras contenían carga de sedimentos). Las muestras que presentaron concentraciones altas de metales corresponden a MC-LPER-1 (11 de octubre de 2007), MC-LPER-2 (12 de octubre de 2007), MC-LPER-3 (21 de abril de 2008) y MC-LPER-4 (12 de octubre de 2007).
- ↳ El total de sólidos disueltos no fue determinados para tales muestras; sin embargo, hubo carga de sedimentos debido a las concentraciones extremadamente altas de metales (por ejemplo Al (cerca de 1.000 a 3.000 mg/L) o Fe (cerca de 2.100 a 12.100 mg/L)). Esto es respaldado aún más por las bajas concentraciones disueltas de los mismos metales, cuando se han determinado metales totales y disueltos (MC-LPER-2 12 de octubre de 2007).

El agua de la *laguna Huashwas* (MC-LHUA-1 y MC-LHUA-1F) (Figura 79) ha presentado las características indicadas en la Tabla 54.

Parámetro	Unidad	MC-LHUA-1; MC-LHUA-1F	
		Rango	Media
Facies		Bicarbonatada cálcica	
pH campo		7,47 – 8,3	7,89
TSD	mg/L	190 - 192	
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	174 – 179	
Sulfatos	mg/L	0,6 – 3,0	1,1 – 2,0
Coliformes totales	NMP/100mL	7,8 – 39	
Coliformes fecales	NMP/100mL	7,8 - 14	
Oxígeno disuelto campo	mg/L	4,78 – 6,38	

Tabla 54. Caracterización del agua en la laguna Huashwas.

- ↳ Las concentraciones de metales son en general bajas, con la mayoría de ellas en o por debajo del límite de detección; ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3, en ninguna campaña de muestreo en MCLHUA-1F, y en dos de las tres campañas de muestreo en MCLHUA-1, a excepción de un ligero exceso de Hg (0,0013 en comparación con el límite de 0,001 mg/L) en las muestras recolectadas en MC-LHUA-1 el 6 de mayo de 2008, y el 5 de octubre de 2007, donde Al, As, Ca, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni y Zn sobrepasaron considerablemente los ECA para dichos metales.
- ↳ El total de sólidos en suspensión no fue evaluado en dichas muestras; sin embargo, está claro que la muestra del 2007 estaba afectada por sedimentos, como muestran las concentraciones extremadamente altas de los metales (decenas a miles de mg/L).

El agua de los *canales*, en cabecera de la microcuenca, se muestreó en cinco puntos (CEP-1, CVCH-1, CCHU-1, CCHI-1 y CLI-1), el primero de los cuales desaparecería con el desarrollo del proyecto (Figura 79),

El *punto de muestreo CEP-1* se ubica en el canal El Perolito (Figura 79), cerca de la actual laguna Perol, y ha presentado las características indicadas en la Tabla 55.

Parámetro	Unidad	CEP-1	
		Rango	Media
Facies		Bicarbonatada cálcica	
pH campo		7,4 – 8,6	8,2
TSD	mg/L	25,6 – 92,2	57,7
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	1 - 97	51,4

Sulfatos	mg/L	8,1 – 15,6	11,6
Coliformes totales	NMP/100mL	1,8- 1600	
Coliformes fecales	NMP/100mL	1,8 - 1600	
DBO	mg/L	≤ Límite de detección	

Tabla 55. Caracterización del agua en el canal E. Perolito.

- ↻ No se ha observado tendencia clara del ión sulfato relacionada con las temporadas húmedas y secas.
- ↻ Las concentraciones de metales fueron bajas, con muchas de ellas en o por debajo del límite de detección; ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3, en 17 de las 18 campañas de control, a excepción de una muestra, recolectada en febrero del 2008, donde la concentración de Pb estuvo cercana a exceder el ECA de 0,05 mg/L (la concentración de la muestra fue de 0,046 mg/L) y el Fe excedió el ECA de 1 mg/L; no se identificaron tendencias estacionales en las concentraciones de metales de las muestras analizadas, en este canal, entre las temporadas secas y húmedas.
- ↻ Las concentraciones elevadas de coliformes se encontraron tanto en temporada seca como húmeda

Los puntos de muestreo CVCH-1 y CCHU-1 se ubicaron respectivamente en los canales Villanueva Chávez / Villanueva Atalaya y Chugur (Figura 79), separados menos de 500 m, y situados aguas abajo de la laguna Perol. Han presentado las características indicadas en la Tabla 56.

Parámetro	Unidad	CVCH-1		CCHU-1	
		Rango	Media	Rango	Media
pH campo		7,1 – 8,7	8,0	2,3 – 8,5	7,9
TSD	mg/L	45,5 - 165	89,8	45,5 - 165	142,2
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	45,5 - 209	157,9	53,3 – 98,0	77
Sulfatos	mg/L	1 – 23,3	2,8	1 – 23,3	12,3
Coliformes totales	NMP/100mL	6,8 - 3500		1,8 -920	
Coliformes fecales	NMP/100mL	4,5 - 1600		1,8 -920	
DBO	mg/L	< Límite de detección		< Límite de detección	

Tabla 56. Caracterización del agua en los canales Villanueva Chávez / Villanueva Atalaya y Chugur.

- ↻ El pH de 2,3, medido en CCHU-1, posiblemente se debe a un error instrumental.
- ↻ No se observó tendencia clara del ión sulfato, relacionada con las temporadas húmeda y seca.
- ↻ Las concentraciones de metales en ambas estaciones son en general bajas, con muchas de ellas en o por debajo del límite de detección; ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3, a excepción de una muestra recolectada en febrero del 2008 en CCHU-1, donde el Fe estuvo muy cerca del estándar ECA de 1 mg/L (concentración de 0,93 mg/L), no se identifican tendencias estacionales en las concentraciones de metales de las muestras tomadas en este canal, entre las temporadas secas y húmedas.
- ↻ Las concentraciones elevadas de coliformes se encontraron tanto en temporada seca como húmeda. Se excedieron los ECA para la Categoría 3 en abril del 2007.

Los puntos de muestreo CCHI-1 y CLI-1 corresponden a los canales Chirimayo y Lozano Izquierdo, respectivamente, y se ubican a menos de 500 m de distancia entre sí (Figura 79). Han presentado las características indicadas en la Tabla 57.

Parámetro	Unidad	CCHI-1		CLI-1	
		Rango	Media	Rango	Media
pH campo		7,4 – 8,6	8,3	7,4 – 8,6	8,4
TSD	mg/L	40 - 198	124,3	40 - 198	122,0
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	82,8 – 151,0	117,0	82,8 – 151,0	122,0
Sulfatos	mg/L	3,2 – 26,4	12,0	3,2 – 26,4	11,8
Coliformes totales	NMP/100mL	33 – 1600		13 – 16000	
Coliformes fecales	NMP/100mL	17 - 1600		7,8 - 9200	
DBO	mg/L	< Límite de detección		< Límite de detección	

Tabla 57. Caracterización del agua en los canales Chirimayo y Lozano Izquierdo.

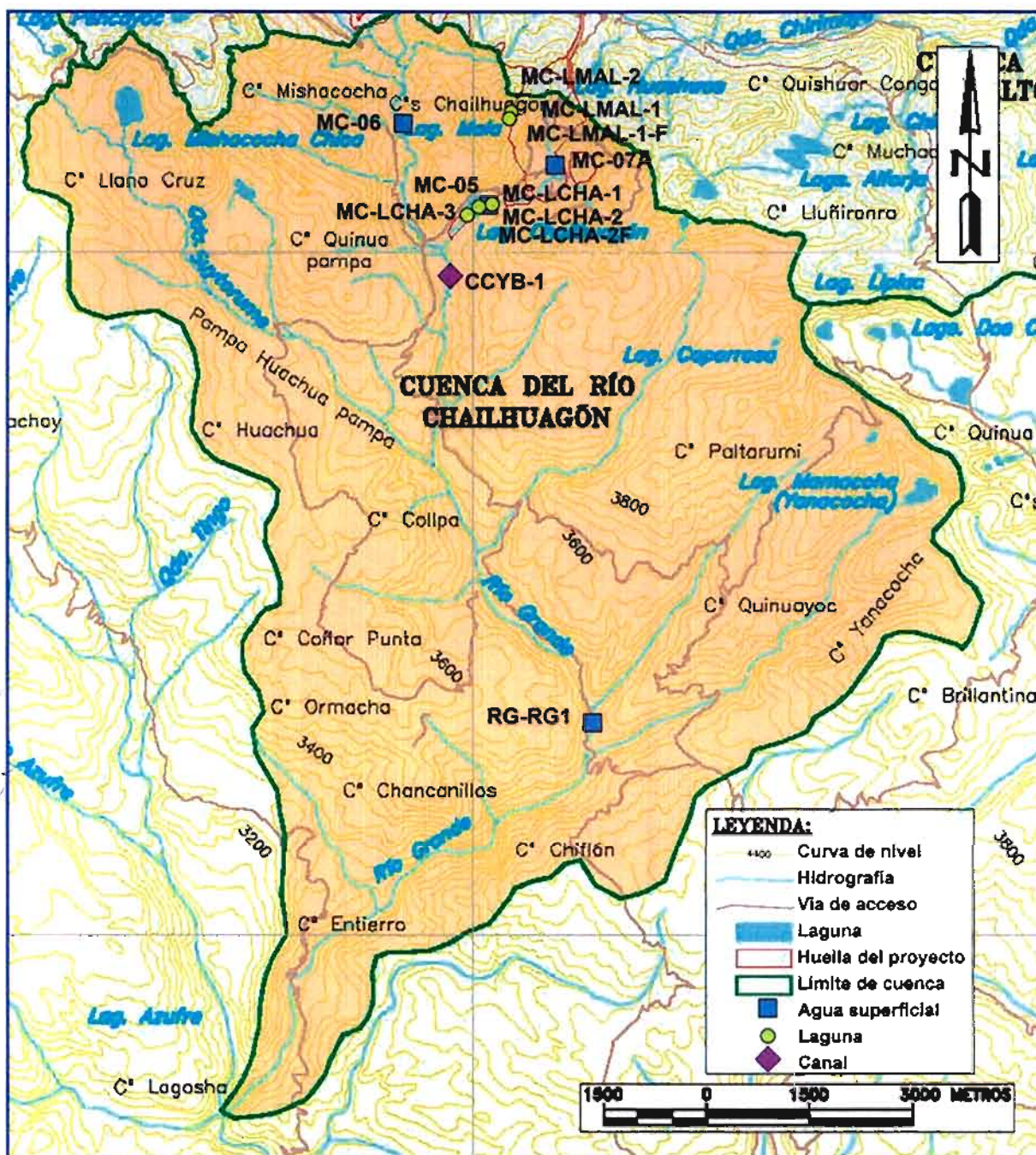
- ↳ Los sulfatos no mostraron tendencia precisa entre temporada seca y temporada húmeda.
- ↳ Las concentraciones de metales fueron bajas, con muchas de ellas en o por debajo del límite de detección; ningún metal excedió los ECA de la Categoría 3; no se identificaron tendencias estacionales, en las concentraciones de metales, entre temporadas secas y húmedas.
- ↳ El contenido en coliformes de los ECA se excedió en una ocasión (febrero del 2008) en CLI-1, y también en CCHI-1 (septiembre del 2008). Las concentraciones elevadas de coliformes se encontraron tanto en temporada seca como húmeda.

#### 10.1.3.5 Microcuenca del río Chailhuagón

La microcuenca del río Chailhuagón intersecta la parte más meridional del área del proyecto Conga, y fue controlada en: cuatro estaciones de agua superficial (MC-07A, MC-05, MC-06, y RG-RG1); cinco estaciones en lagunas (laguna Mala: MC-LMAL-1 y MC-LMAL-1F, y laguna Chailhuagón: MC-LCHA-1, MC-LCHA-2, MC-LCHA-2F, MC-LCHA-3); y una en canal (CCYB-1) (Tabla 40 y Figura 80).

En esta cuenca se ubicaría el tajo Chailhuagón y el reservorio Chailhuagón, así como la poza de sedimentación Chailhuagón y un depósito de suelo orgánico.

El canal Chailhuagón Yerbabuena (CCYB-1) se encuentra aguas abajo, fuera de la propiedad de Minera Yanacocha S.R.L.



Fuente Knight Pésold Consulting. Febrero de 2010.

Figura 80. Puntos de control de calidad de las aguas superficiales en la microcuenca del río Chailhuagón.

El agua de la *laguna Mala* (MC-LMAL-1) (Figura 80), ha presentado las características indicadas en la Tabla 58.

Parámetro	Unidad	MC-LMAL-1	
		Rango	Media
Facies		Bicarbonatada cálcica	
pH campo		8,1 - 8,27	8,19
TSD	mg/L	302	302
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	165 - 170	168
Sulfatos	mg/L	1,2 - 3,2	1,9
Coliformes totales	NMP/100mL	6,8	
Coliformes fecales	NMP/100mL	2	
Oxígeno disuelto campo	mg/L	7,15 y 7,2	

Tabla 58. Caracterización del agua en la laguna Mala.

- ↳ Las concentraciones de metales son bajas, con muchas de ellas en o por debajo del límite de detección; las concentraciones de Al, Fe, Mn, Sb, As y Pb estuvieron por debajo del límite de detección; no se observaron tendencias estacionales.

En el río *Chailhuagón* se ubicaron: dos estaciones en la Huella del proyecto (MC-07A y MC-05) y dos aguas abajo (MC-06, y RG-RG1) (Figura 80), cuyas analíticas han presentado las características indicadas en la Tabla 59.

Parámetro	Unidad	Punto MC-07A		Punto MC-05		Punto MC-06		Punto RG-RG1	
		Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media
Facies		Bicarbonatada-sulfatada cálcica		Bicarbonatada cálcica		Bicarbonatada cálcica		Bicarbonatada cálcica	
pH campo		7,45 - 7,52	7,48	7,3 - 8,9	8,0	7,45 - 8,58	7,97	8,4	
pH laboratorio		7,45 - 8,2	7,72	6,3 - 8,4	7,9	7,45 - 8,58	8,0	---	
TSD	mg/L	125 - 245	162	110 - 234	159	5 - 223	14	176	
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	86		124 - 157	149	121,2 - 202,4	163	188	
Sulfatos	mg/L	6,1 - 82,2	32	3,4 - 11	7,4	1,3 - 10,6	3,75	9,2	
Coliformes totales	NMP/100mL	49 - 170		9,3 - >16.000		33 - 1.600		94	
Coliformes fecales	NMP/100mL	46 y 170		6,8 - >16.000		23 - 1 600		70	
Oxígeno disuelto campo	mg/L	4,65		2 - 7,2	5,2	3,5 - 7,14	5,67	7,02	
Oxígeno disuelto laboratorio	mg/L	6,21		3,4 - 7,2	6,0	3,5 - 7,09	5,66	---	
DBO	mg/L	2,0 - 2,6	2,2	2 - 4,2	2,3	2 - 4,96	2,99	2	
DQO	mg/L	4,52 - 6,38	5,14	2,1 - 16,4	6,2	2 - 19,73	7,91	8	

Tabla 59. Caracterización del agua en el río Chailhuagón.

Observaciones generales

- ↳ Las concentraciones de metales, en general, en todas las muestras, son muy bajas; ninguna presentó concentraciones de algún parámetro regulado que excediera los ECA de la Categoría 3.

- Los coliformes totales y fecales con concentraciones elevadas, en algunos análisis, evidencian afecciones por ganadería y/o antrópicas. Las concentraciones de coliformes se mostraron más elevadas en el río, que en lagunas y canales, que excedieron los ECA en, por lo menos, una ocasión.
- El oxígeno disuelto se incrementó de diciembre de 2008 a agosto del 2009, probablemente reflejo de una disminución en la temperatura, teniendo como consecuencia el aumento en la solubilidad del gas.
- La planta para el tratamiento de aguas servidas, ubicada aguas arriba del campamento de exploración del proyecto Conga, no descarga aguas.

#### Estación MC-07A

- Alcalinidad: una sola medida
- Los sulfatos no muestran tendencias estacionales marcadas.
- Las concentraciones de metales en general bajas, con muchos de ellos en o por debajo del límite de detección; todas las medidas de Sb, As o Pb estuvieron por debajo del límite de detección; ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3. No se observó tendencia en los metales en este emplazamiento.
- La diferencia de oxígeno disuelto entre las medidas de campo y laboratorio probablemente fue instrumental

#### Estación MC-05

- El pH de laboratorio fue generalmente inferior al pH de campo.
- Los sulfatos no mostraron tendencias estacionales.
- Las concentraciones de metales fueron bajas, con muchos de ellos en o por debajo del límite de detección; ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3. Las concentraciones de Pb y Mn aumentaron durante los meses secos, presentándose las concentraciones más altas entre junio y septiembre.
- Las concentraciones máximas de coliformes se registraron en mayo del 2008 y excedieron los ECA.
- Los valores de oxígeno disuelto en campo estuvieron por debajo del ECA de 6 mg/L. El oxígeno disuelto en laboratorio fue ligeramente más alto, posiblemente influenciado por la variación de instrumentos o cambios de temperatura.
- La máxima DBO fue registrada en mayo del 2008, correspondiendo al máximo valor de coliformes.

#### Estación MC-06

- Los sulfatos no mostraron tendencias evolutivas, aparte de un claro descenso en septiembre de 2009.
- Las concentraciones de metales han sido en general bajas, muchas de ellas en o por debajo del límite de detección; ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3. No se observó tendencia evolutiva en las concentraciones de metales en esta estación
- Los coliformes totales y los coliformes fecales excedieron los ECA en una ocasión (diciembre del 2008).
- El oxígeno disuelto mostró concordancia entre los valores de campo y laboratorio; aumentando de diciembre del 2008 a agosto del 2009, posiblemente como resultado del descenso estacional de temperatura.

#### Estación RG-RG1 (se ha muestreado sólo el 02/10/2009).

- Las concentraciones de metales en general fueron bajas, con muchos de ellos en o por debajo del límite de detección, los resultados reportados de Sb, As o Pb estuvieron por debajo del límite de detección, ningún metal excedió los ECA para la Categoría 3

El agua de la *laguna Chailhuagón* (MC-LCHA-1, MC-LCHA-2, MC-LCHA-2F y MC-LCHA-3) ha presentado las características indicadas en la Tabla 60.

Parámetro	Unidad	MC-LCHA-1, MC-LCHA-2, MC-LCHA-2F y MC-LCHA-3	
		Rango	Media
Facies		Bicarbonatada cálcica	
pH campo		8,16 - 8,29	
TSD	mg/L	137 - 191	64
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	138 - 145	143
Sulfatos	mg/L	1,2 - 9	4,1
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,8 - 24	
Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,8 - 4,5	
Oxígeno disuelto campo	mg/L	7,05 - 7,33	
DBO	mg/L	<2 y 4,2	
DQO	mg/L	7,2 y 16,1	

Tabla 60. Caracterización del agua en la laguna Chailhuagón.

- ↳ Las concentraciones de sulfato no mostraron tendencias estacionales.
- ↳ En general, las concentraciones de metales fueron bajas, con muchos valores en o por debajo del límite de detección. Un conjunto de muestras de octubre del 2007 en MC-LCHA-1, MC-LCHA-2 y MC-LCHA-3 contenían concentraciones muy altas de Al, Fe, Mn, As y Pb, que excedían los ECA para la Categoría 3, probablemente debido a aporte significativo de partículas.
- ↳ No se observó aumento en el total de sólidos disueltos de estas muestras, en comparación con las otras muestras recolectadas con metales en o por debajo del límite de detección. Ninguna otra muestra tuvo concentraciones totales que excedieran los ECA. No se observaron tendencias, salvo en la muestra de concentración muy alta.

#### 10.1.4 Conclusiones

Por no estar incluido en el EIA hemos elaborado el siguiente resumen de los aspectos más significativos relativos a la calidad de las aguas superficiales, en el estado pre-mina:

- ↳ **Facies química:** la mayoría de las aguas analizadas son bicarbonatadas cálcicas, como corresponde a aguas de baja salinidad; algunas de las muestras son bicarbonatadas-sulfatadas cálcicas en el río Chailhuagón; algunas de facies sulfatada cálcica en Laguna Azul y en escorrentías superficiales del Alto Chirimayo; y claramente sulfatadas cálcicas las aguas del bofedal Perol.
- ↳ **pH medido en campo:** la inmensa mayoría de las muestras lo tienen superior a 7, llegando incluso a 9. Ocasionalmente algunas muestras bajan a valores entre 6,5 y 7 (algunos análisis de la Laguna Azul, y de escorrentías superficiales del Alto Río Jadibamba y de la Quebrada Alto Chirimayo). En el lado opuesto se encuentran las aguas del bofedal Perol, con pH de 3,0 a 6,4, y valores medios de las distintas ubicaciones de los puntos de muestreo de 3,1 a 4,2.
- ↳ **Total de sólidos disueltos<sup>30</sup>:** los valores registrados van desde menos de 3 mg/L hasta 302 (el mayor valor determinado corresponde a la Laguna Mala). Valores bajos, como corresponde a aguas de facies predominantemente bicarbonatada cálcica, que evidencian la reducida solubilidad de las formaciones litológicas sobre las que discurren estas aguas.

<sup>30</sup> Total de sólidos disueltos: Sustancias orgánicas e inorgánicas, en forma molecular, ionizada o micro-granular (pasan a través de una membrana con poros de 2 0 µm, o más pequeños).



↪ **Alcalinidad**<sup>31</sup>: los valores mínimos se muestran en el Bofedal Perol (<1,0 a 12 CaCO<sub>3</sub>/L, con media de 1,3), lo que manifiesta la mala calidad de esta agua. En el resto de los análisis se observan valores muy variables, llegando a superar los 202 equivalentes de CaCO<sub>3</sub>/L. Con valores inferiores a 20 se encuentran todas las muestras de la Laguna Azul y la Laguna Chica, reflejando su mala calidad para el desarrollo de vida animal. Registros inferiores a 20 se encuentran, también en aguas de la quebrada de Toromacho, la quebrada Chirimayo y el canal CEP-1.

↪ **Sulfatos**: su contenido se puede considerar bajo (entre <0,5 y 42,9 mg/L), lo que evidencia que, a pesar de la presencia de pirita (especialmente en los materiales mineralizados), ésta no reacciona y esto es consecuencia de que esos materiales, se encuentran saturados de agua y, por tanto, sin la presencia de oxígeno, no se produce su oxidación.

Con respecto a tendencias estacionales se identifican puntos de muestreo con concentraciones crecientes en la temporada seca (también en el total de sólidos disueltos), con mínimo en noviembre y máximo entre junio y agosto, mientras otras estaciones no muestran efecto de estacionalidad.

↪ **Metales pesados**: se han analizado Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb y Zn, pero no se presenta un estudio de conjunto de los resultados analíticos, ni la caracterización de estas aguas con respecto a ellos, al objeto de tener un patrón de comparación con situaciones futuras.

En general las concentraciones registradas han sido bajas (incluso muchas veces por debajo de los límites de detección), sin registrarse concentraciones de metales regulados que excedan los ECA de la Categoría 3. Pero existen una serie de análisis en los que, por no haberse realizado el oportuno ultrafiltrado en la toma de muestras (tipo millipore), la presencia de materiales particulados (en suspensión o sedimentados) dio lugar a elevados contenidos en metales pesados (este ultrafiltrado deberá realizarse *in situ*, en la toma de muestras de agua superficial). Esto ha sido observado en:

- Laguna Azul (MC LAZU 1, MC-LAZU-1 y MC-LAZU-3): en octubre del 2007 se sobrepasaron considerablemente los límites para Al, As, Cd, Cu, Fe y Zn. Existen indicios suficientes para asegurar que la muestra estaba contaminada con sedimentos, debido a la concentración extremadamente alta de Al, Fe y Zn (Al de 2.365 a 11.340 mg/L), Fe de 4.648 a 19.030 mg/L, y Zn de 188-1.893 mg/L
- Canal CRJ-1 y Canal CEM-1: en febrero del 2008, se excedieron los límites para Al y Fe. Estas muestras tuvieron sólidos en suspensión totales muy altos (264 y 298 mg/L, respectivamente), probablemente sedimentos en la muestra.
- Quebrada del Alto Chugurmayo: en marzo del 2009 aumentaron notablemente los contenidos de Al, Fe y Mn, probablemente por materiales particulados.
- Laguna Perol: se presentaron concentraciones extremadamente altas, probablemente por carga de sedimentos, en las muestras: MC-LPER-1 de 11 de octubre de 2007; MC-LPER-2 de 12 de octubre de 2007; MC-LPER-3 de 21 de abril de 2008; y MC-LPER-4 de 12 de octubre de 2007. La carga de sedimentos dio lugar a concentraciones extremadamente altas de metales (por ejemplo: Al con 1.000 a 3.000 mg/L, o Fe con 2.100 a 12.100 mg/L).
- Laguna Huashwas (MCLHUA 1): en una campaña de muestreo se registró un ligero exceso de Hg (0,0013 mg/L cuando el límite es de 0,001 mg/L). El 6 de mayo de 2008, y el 5 de octubre de 2007 se sobrepasaron considerablemente los límites para Al, As, Cd, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni y Zn, por causa de los sedimentos, como muestran

<sup>31</sup> Alcalinidad. Es la capacidad del agua para neutralizar ácidos. Se presenta en forma mayoritaria en tres clases de iones: bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Se expresa en mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

las concentraciones extremadamente altas de los metales (decenas a miles de mg/L).

- Canal CEP-1: en febrero del 2008, la concentración de Pb estuvo cercana a exceder el ECA de 0,05 mg/L (la concentración de la muestra fue de 0,046 mg/L) y el Fe excedió el ECA.
- Río Chailhuagón: en meses secos aumentaron las concentraciones de Pb y Mn, presentándose los máximos entre junio y septiembre.
- Laguna Chailhuagón: en octubre del 2007 se presentaron concentraciones muy altas de Al, As, Fe, Mn y Pb, en MC-LCHA-1, MC-LCHA-2 y MC-LCHA-3, que excedían los límites, probablemente por aporte significativo de partículas.

Caso aparte es el del Bofedal Perol (MC-24): donde en las 33 muestras el Fe sobrepasó los límites de la ECA.

En general no se identificaron tendencias estacionales (temporadas secas y húmedas) en las concentraciones de metales de las muestras.

- ↳ **Calidad biológica:** con frecuencia los contenidos en coliformes fecales y totales excedieron a los valores límites dados por la ECA para la Categoría 3, especialmente en ríos, pero también en canales; siendo muy frecuentes los casos en los que se superaron los límites de estos patógenos en aguas para consumo humano, tanto en temporada seca como húmeda. Todo ello es fruto de afecciones por ganadería y antrópicas

## 10.2 Etapa pre-mina: calidad de las aguas subterráneas

### 10.2.1 Planteamiento

En el EIA del proyecto Conga se aborda la composición y calidad de las aguas subterráneas, en las microcuencas más afectadas en torno al proyecto Conga: quebrada Toromacho, río Alto Jadibamba, quebrada Alto Chirimayo y río Chailhuagón.

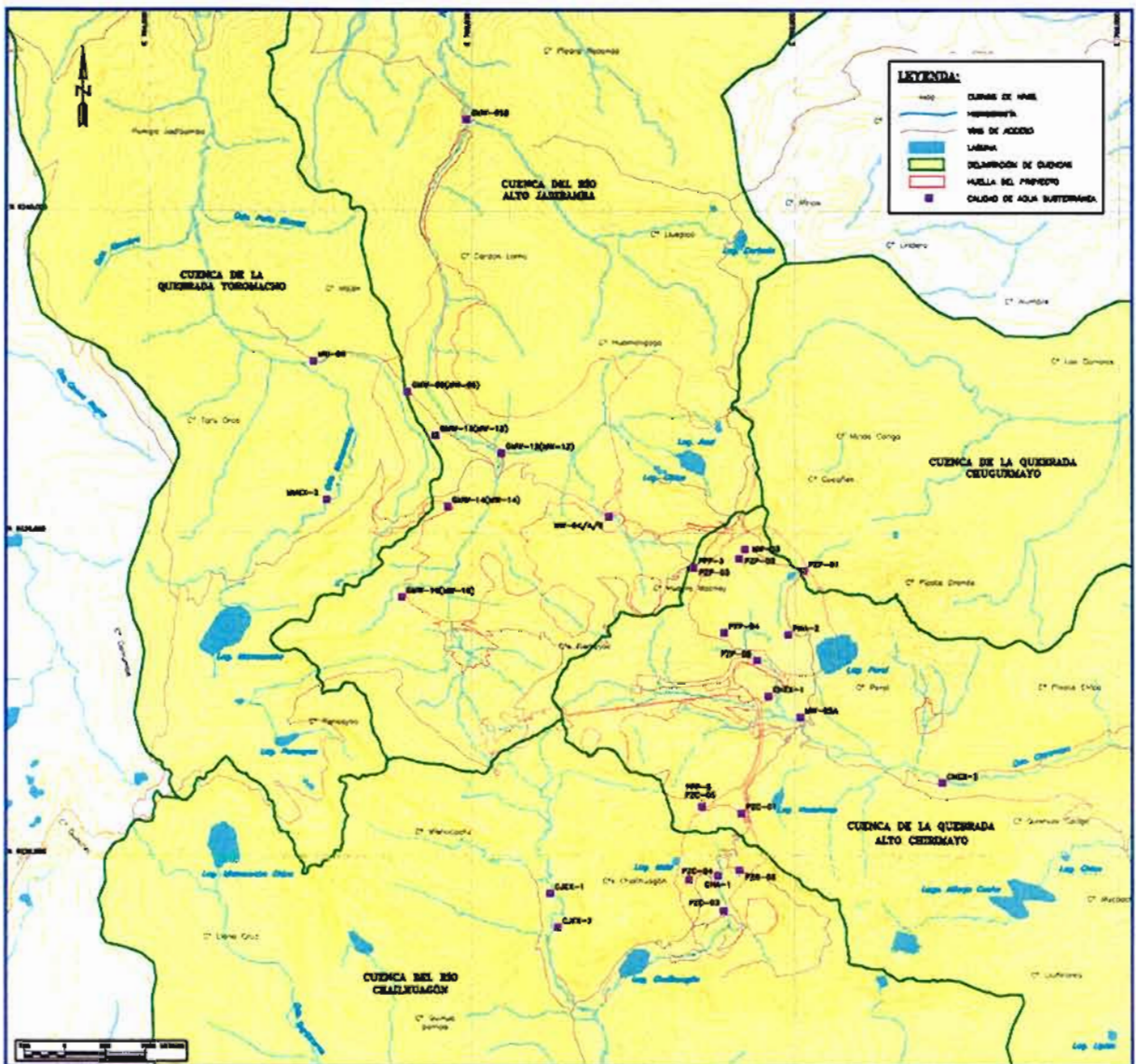
Para dicho análisis se elaboró un plan de trabajo considerando aspectos geográficos e hidrogeológicos, condiciones ambientales actuales, estudios previos realizados, requerimientos de la normativa nacional y componentes del proyecto Conga.

En este sentido, durante los últimos años, MYSRL ha realizado muestreos periódicos de la calidad de las aguas subterráneas, como parte de diversos estudios ambientales en el área. Así las referencias a calidad se refieren a los resultados analíticos obtenidos en el periodo 2003 - 2009 (datos que se incluyen en Anexos del EIA).

En agosto - septiembre del 2009 se realizó una campaña de muestreo, en parte sobre pozos muestreados anteriormente, que aún funcionaban en la fecha. De esta forma se ha trabajado con un análisis de la situación más reciente, actualizado y homogéneo, cuyos resultados se evalúan y discuten en el EIA, debido a su mayor representatividad temporal y metodológica y de manera complementaria a los datos históricos.

En la Tabla 3.2.98 del EIA se presenta una lista, con la nomenclatura y coordenadas, de los 29 puntos de agua subterránea empleados en el control de calidad: 2 en quebrada Toromacho; 7 en río Alto Jadibamba; 14 en quebrada Alto Chirimayo; y 6 en río Alto Chailhuagón. Su ubicación se muestra en la Figura 81.

De algunos de estos puntos se presentan resultados de calidad de agua desde el año 2003 (los datos históricos de muestreo se incluyen en el Anexo 3.13 del EIA).



Fuente: Knight Piésold Consulting, Febrero de 2010.

Figura 81. Ubicación de puntos de aguas subterráneas para control de calidad.

## 10.2.2 Metodología de trabajo

### 10.2.2.1 Plan de control

Muchos de los aspectos indicados con anterioridad para el estudio de las aguas superficiales (Apartado 10.1.2), se han aplicado, con las correspondientes modificaciones, al caso de las aguas subterráneas, por lo que no los repetimos aquí.

Si hay que destacar que, dado que estas aguas tienen uso para consumo humano, en la zona que nos ocupa, se evaluó su calidad en forma referencial aplicando los *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA)*, establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2008) para la Categoría 1 - subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con simple desinfección).

### 10.2.2.2 Análisis de laboratorio

En lo referente a laboratorios utilizados las muestras recolectadas durante los años 2003 a 2008 fueron divididas sistemáticamente y enviadas a diferentes laboratorios para análisis específicos

- ↳ Laboratorio NKAP en Cajamarca se encargó del análisis de DBO y coliformes, debido a la necesidad de análisis dentro de las 24 horas de recolección.
- ↳ Laboratorio ALS, en Lima, para otros parámetros con tiempos de conservación relativamente cortos (por ejemplo: CN, SST).
- ↳ Laboratorio Actlabs, en Ontario (Canadá), para elementos traza de cationes y aniones.

Las muestras recolectadas el 2009 fueron analizadas en:

- ↳ Laboratorio NKAP en Cajamarca para DBO y coliformes
- ↳ Laboratorio Envirolab Perú, para todos los restantes componentes.

Estos laboratorios están acreditados por las respectivas agencias de cada país. Los procesos de control y aseguramiento de la calidad que utilizan estos laboratorios se basan en las normativas establecidas por la Agencia de Protección Ambiental (USEPA) de los Estados Unidos.

En las Tablas 3.2.99 a 3.2.102, del EIA, se muestra un registro comparativo de resultados de calidad de agua subterránea, para las muestras analizadas. Se incluyen las determinaciones disponibles de parámetros: tomados in situ (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, turbidez, nivel del agua y caudal); parámetros fisicoquímicos (alcalinidad al bicarbonato, alcalinidad total, acidez, dureza total<sup>32</sup>, pH (laboratorio), oxígeno disuelto (laboratorio), conductividad eléctrica (laboratorio), sólidos totales disueltos, sólidos totales suspendidos y turbidez); parámetros inorgánicos (aniones: bromuros (disueltos), bromuros (total), cloruros (disueltos), cloruros (total), fluoruros (disueltos), fluoruros (total), ioduros (disueltos), ioduros (total), nitratos, nitritos, sulfatos; cianuro: cianuro total, cianuro wad; fosfatos; nitrógeno: amoníaco, amoníaco total, amonio; cromo vi; metales: aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, boro, cadmio, calcio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, fósforo, potasio, selenio, plata, sodio, talio, vanadio y zinc; metales totales: aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, calcio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, fósforo, potasio, selenio, plata, sodio, talio, vanadio, y zinc; parámetros orgánicos: aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, fenoles; parámetros microbiológicos: coliformes fecales, coliformes totales. De los parámetros determinados, en las correspondientes tablas se indica el número de determinaciones realizadas y su valor máximo, mínimo y medio. Igualmente se marcan aquellos valores que no cumplen las normas de la ECA.

Además, en el Anexo 3.13 se presentan todos los resultados, para cada una de las estaciones seleccionadas, así como los gráficos de un conjunto de parámetros, utilizados para identificar cambios potenciales de la calidad del agua subterránea en el tiempo (análisis de tendencia). Hay que destacar que no se identificaron cambios aparentes para los parámetros considerados en ninguna de las microcuencas analizadas, por lo que no se incluye una discusión de tendencias.

### 10.2.2.3 Evaluación de resultados

El análisis de los resultados del control de calidad de las aguas subterráneas, efectuado en los pozos seleccionados, aparece en el EIA individualizado para las microcuencas. Hay que indicar que los resultados se procesaron mediante técnicas estadísticas y representaciones gráficas, así como programas de modelación geoquímica. Las tablas y gráficos de comparación paramétrica se

<sup>32</sup> Dureza total, causada por la presencia de sales de calcio y magnesio, disueltas en el agua. Se expresa en mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Un agua es blanda si la dureza es menor a 100 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, y dura si es mayor a esta cantidad.

realizaron con la herramienta informática FULCRUM (desarrollada por Knight Piésold), compilando toda la data de calidad de las aguas subterráneas, para su manejo de forma integral.

Así se evaluó el comportamiento global de cada parámetro, así como sus variaciones entre concentraciones máximas, mínimas y medias. En ese análisis se destacan los resultados que, por los valores obtenidos pueden presentar discrepancias con las concentraciones naturales esperadas, nivel de riesgo ambiental o un valor discordante con los ECA para la Categoría 1 - A1, establecidos por el MINAM.

También se empleó el programa de modelación gráfico-numérico AquaChem 4.0 (Waterloo Hydrogeologic, 2003), para analizar las interacciones entre el agua subterránea y el sustrato geológico, mediante el cálculo de relaciones geoquímicas, que explican los valores reportados de las concentraciones de elementos mayoritarios y elementos traza. En general, se utilizaron para el análisis de resultados las concentraciones totales aportadas por los laboratorios, con excepción de la modelación hidrogeoquímica, para la cual se utilizó la concentración de metales disueltos. Los resultados obtenidos aportan una buena contribución al conocimiento de las características, composición y comportamiento general de la calidad de las aguas subterráneas.

### 10.2.3 Resultados pormenorizados

A modo de ejemplo se presentan los resultados correspondientes al estudio de la analítica de las muestras de aguas subterráneas (2 pozos), en la microcuenca de la quebrada Toromacho. Pudiéndose extraer información semejante, en el EIA, referente a las aguas subterráneas de las otras microcuencas estudiadas.

#### 10.2.3.1 Microcuenca de la quebrada Toromacho

Ambos puntos de agua se localizan centralmente, en esta microcuenca, al oeste y aguas abajo de la ubicación propuesta para el depósito de relaves (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). El pozo MW-06 está situado aguas abajo del MMEX-2.

El agua de los pozos muestreados en la quebrada Toromacho ha presentado las características indicadas en la Tabla 61.

Parámetro	Unidad	Pozo MMEX-2		Punto MC-06	
		Rango	Media	Rango	Media
Facies química		Ca-HCO <sub>3</sub>		Ca+Na+K-HCO <sub>3</sub>	
pH campo		6,85 - 7,6	7,3	7,17 - 8,19	
pH laboratorio		6,85 - 7,6	7,27	---	
TSD	mg/L	199 - 320	247	104 - 153	129
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub> /L	173 - 205	194	173 - 205	194
Sulfatos	mg/L	18,5 - 21		18,5 - 21	
Coliformes totales	NMP/100mL	6,8 - 23			
Coliformes fecales	NMP/100mL	6,8 - 23			
Oxígeno disuelto campo	mg/L	1,38		---	
Oxígeno disuelto laboratorio	mg/L	4,79		---	
DBO	mg/L	2,1 - 7,8		---	
DQO	mg/L	6,3 - 9,4		---	

Tabla 61. Caracterización del agua subterránea en pozos de la quebrada Toromacho.

#### Observaciones

##### Pozo MMEX-2

- ↳ Fue muestreado 15 veces entre los años 2004 y 2009.
- ↳ Muchos metales reglamentados estaban por debajo de los ECA para la Categoría 1, excepto el Fe, As y Sb que excedían los ECA en las tres campañas de muestreo, y el Pb que excedió el ECA en una campaña de muestreo. Varios eventos de muestreo reportaron concentraciones de metales disueltos pero no concentraciones de metales totales. En las campañas de muestreo en las cuales se reportaron tanto concentraciones de metales disueltos como totales, las concentraciones medias de Fe y As se reportaron principalmente como sólidos.
- ↳ Las mediciones del oxígeno disuelto no cumplían el estándar ECA ( $\geq 6$  mg/L). El oxígeno disuelto *in situ* y de laboratorio se midieron en muestras diferentes.
- ↳ La medición máxima de la DBO, 7,8 mg/L, excedía el ECA.

##### Pozo MW-06

- ↳ Fue muestreado 2 veces en el año 2005.
- ↳ Solo se disponía de metales disueltos para el análisis, por lo que no pudo hacerse la comparación entre proporciones relativas de componentes disueltos y sólidos.

##### Para ambos pozos

- ↳ La mayoría de concentraciones de metales eran bajas en general; sin embargo, el Al, As, Fe, Pb y Mn excedieron los ECA en los pozos, para muchas de las campañas de muestreo. El Al, Fe y Pb se encontraron en fase sólida, mientras que el As y Mn estaban presentes tanto en fase disuelta como sólida.
- ↳ Los coliformes generalmente eran bajos; sin embargo, se midieron excedencias del ECA de coliformes fecales en MMEX-2.

### 10.2.3.2 Microcuenca del río Alto Jadibamba

En el EIA se incluyen los resultados del estudio hidroquímico realizado en las aguas de 7 pozos para captación (Figura 81), como parte de la evaluación de línea base en esta microcuenca:

- ↳ Dos pozos situados en los tramos superiores de la cuenca (GMW-16 y MW-04, al suroeste y sureste de la misma, respectivamente).
- ↳ Tres pozos situados en la margen occidental de la cuenca, aguas abajo del (GMW-16, GMW-14, GMW-13 y GMW-05).
- ↳ Un pozo ubicado en el centro de la cuenca (GMW-12).
- ↳ Un pozo situado al norte, en los tramos inferiores de la cuenca GMW-01B.

La calidad de estas aguas subterráneas puede caracterizarse como neutral a alcalina, con pH que varía entre 6,3 y 8,2, sin embargo algunos valores llegaron a más de 11; posiblemente por aditivos empleados en la perforación o por el empleo de cemento (estos pozos necesitarían una labor de limpieza y desarrollo).

La alcalinidad varió desde un valor mínimo de 85,3 mg CaCO<sub>3</sub>/L (GMW-13), hasta un valor máximo de 238 a 285 mg CaCO<sub>3</sub>/L (MW-04).

Los sólidos totales disueltos variaron entre valores bajos de 127 mg/L (GMW-13) y 132 mg/L (GMW-01B), hasta 4.131 mg/L (GMW-16).

La mayoría de concentraciones de metales eran generalmente bajas, sobrepasando los valores de la ECA para Al, Fe, Pb, y Mn, en todas los pozos de la microcuenca, para muchas de las campañas de muestreo. El As excedió los ECA en varios pozos (MW-4, GMW-14 y GMW-16). El Al, Fe y Pb estaban generalmente presentes en la fracción sólida, mientras que el Mn usualmente estaba

dividido entre la fracción sólida y la disuelta. El As aparecía tanto sólido como disuelto (GMW-4 y GMW-16), pero estaba mayormente presente en la fase disuelta en el GMW-14.

Los resultados analíticos de coliformes también fueron generalmente bajos; sin embargo, se detectaron excedencias de los ECA en varios pozos.

El oxígeno disuelto, DBO y DQO generalmente no cumplían los ECA en ninguno de los pozos muestreados.

### 10.2.3.3 Microcuenca de la quebrada Alto Chirimayo

En el EIA se incluyen los resultados del estudio hidroquímico realizado en las aguas de 14 pozos para captación (Figura 81), como parte de la evaluación de línea base en esta microcuenca:

- ↳ Siete pozos situados en el área del proyectado tajo Perol (PZP-01, PZP-02, PZP-03, PZP-04B, PPP-3, MW-03, y PHA-02),
- ↳ Dos pozos situados entre el los proyectados depósito de desmonte Perol y tajo Chailhuagón (PZC-5 y PPP-5),
- ↳ Dos pozos ubicados aguas abajo de todas las instalaciones proyectadas (MW-02A y CHEX-3).
- ↳ Un pozo situado en la huella propuesta de la chancadora (CHEX-1).
- ↳ Un pozo localizado entre las huellas propuestas de la faja transportadora y el tajo Perol (PZP-05).

La calidad de las aguas subterráneas en la cuenca de la quebrada Alto Chirimayo puede caracterizarse como neutral a alcalina, con pH que varía de 7,0 a 8,

El pH osciló entre 4,2 y 12,7. Se asume que los pozos con pH tan elevado han sido influenciados por aditivos de perforación, y los valores de pH bajos (pH menor de 5), aunque corresponden a pozos situados en la zona mineralizada, las químicas de esta agua muestran inconsistencias y por ello los datos no se consideran confiables.

La alcalinidad varió entre <1 a 2 mg CaCO<sub>3</sub>/L (PHA-2) dentro del área propuesta del tajo Perol, a un valor alto de 640 mg CaCO<sub>3</sub>/L (CHEX-3), el valor más bajo de aguas subterráneas en la cuenca.

Las concentraciones de sulfatos fueron uniformemente bajas, variando entre 2 y 18,5 mg/L, en 4 de los 5 pozos, reportándose concentraciones más elevadas en el MW-02A (32,3 a 129 mg/L).

Los sólidos disueltos totales variaron de valores bajos entre 11 y 17 mg/L (PHA-2) a valores altos entre 258 y 687 mg/L (CHEX-3).

La mayoría de las concentraciones de metales han sido bajas en general; sin embargo, Al, As, Fe, Pb, y Mn han excedido los ECA en la mayoría de las ubicaciones para muchas de las aguas muestreadas. El Al, Fe y Pb se reportaron como fase sólida, mientras que el As y Mn estaban presentes tanto en la fase disuelta como en la sólida.

Los coliformes también fueron generalmente bajos; sin embargo, se registraron excedencias de los ECA en varias ubicaciones.

### 10.2.3.4 Microcuenca del río Chailhuagón

En el EIA se incluyen los resultados del estudio hidroquímico realizado en las aguas de 6 pozos para captación (Figura 81), como parte de la evaluación de línea base en esta microcuenca, varios de los cuales están situados dentro de la huella propuesta del tajo Chailhuagón (PCZ-02, PCZ-03, PCZ-04, y CHA-1)

La calidad de estas aguas subterráneas puede caracterizarse como de neutra a alcalina, con pH variando de 7,5 a 7,7, con una medición excepcional con pH mayor de 8,4 (PZC-03), valor que se supone influenciado por aditivos de perforación.

La mayoría de concentraciones de metales registradas han sido bajas, con excedencias de los ECA de Al, As, Fe, Pb y Mn en todas las muestras al menos en una ocasión. El Hg excedió el ECA (PCZ-3). El Al, Fe, Pb, Mn y Hg se reportaron mayoritariamente como sólidos, mientras que el As se reportó mayoritariamente disuelto.

Los coliformes, así como las mediciones de la DBO y DQO, excedieron también los ECA en las aguas subterráneas de esta cuenca.

Las mediciones del oxígeno disuelto no cumplieron el ECA en todas las muestras recogidas.

#### 10.2.4 Fuentes de los parámetros en excedencia de los ECA

En el levantamiento de la Observación 90 al EIA (Knight Piésold Consulting, Agosto de 2010), se aborda la procedencia de los iones metálicos que exceden a la normativa de calidad, en una serie de muestras analizadas de aguas subterráneas. Y, tras su estudio, asumimos esta argumentación.

Así, podemos destacar que el entorno del proyecto Conga corresponde a una zona que, desde el punto de vista geológico y metalogénico, ha recibido fluidos mineralizadores profundos, que localmente han producido enriquecimientos minerales de interés económico para su explotación, mientras que en otras áreas de esta zona pueden haber originado enriquecimientos, sobre el nivel de fondo regional, aunque no presenten interés económico para su explotación.

En estas condiciones parece observarse una mayor proporción de metales como As, Cu, Mn y Pb, en determinadas áreas existentes en las cuencas involucradas en el proyecto. La presencia de Al y Fe también es también un indicador del halo de alteración, aunque estos son metales omnipresentes en la corteza terrestre.

De ese enriquecimiento supergénico derivaría la presencia geoquímica de metales disueltos en las aguas subterráneas, en equilibrio hidroquímico con la mineralización de las rocas en el área de estudio.

Por otra parte, y como confirmación de lo anterior, parece observarse una correlación de equilibrio entre los valores de pH registrados en aguas subterráneas, del área de estudio (pH casi neutral o ligeramente alcalino, entre 7,5 y 8,2), y las concentraciones de metales disueltos Al, Cu, Pb y Fe, que se encuentran en el rango desde microgramos por litro a decenas de microgramos por litro.

Las excedencias a los límites establecidos en los ECA (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua) se dieron para los metales totales analizados, mientras que las concentraciones de metales disueltos son uno o dos órdenes de magnitud inferior a las concentraciones de metales totales.

Esas elevadas concentraciones de metales totales indicarían la presencia de sedimentos o coloides en las muestras no filtradas. Lo que se constató por la presencia de sedimentos en muestras colectadas en lagunas. Por su parte el As se encontró en aguas ricas en Fe, dada la adsorción de FeOH coloidal.

Por su parte, las concentraciones de coliformes totales y fecales, en muestras analizadas, ponen en evidencia la ya indicada influencia antropogénica o animal, identificada también en las aguas superficiales.

Ninguna de estas situaciones reales se pueden achacar a la explotación minera, puesto que aún no se ha producido.



### 10.3 Etapa mina y post-mina: aguas de contacto

En una operación minera, como la que nos ocupa, la calidad de las denominadas aguas de contacto<sup>33</sup>, depende de la reactividad de los materiales litológicos a través de los que esas aguas pueden circular. En este sentido Newmont (2000) y Water Management Consult (2004, 2009 a y 2009b) han desarrollado una serie de estudios y ensayos, que aparecen reflejados en el EIA y sus anexos, y que vamos a analizar.

En todo caso, y para mejor entendimiento de ese análisis, hemos de comenzar por las características litológicas sumarias de los dos yacimientos, que extractamos del EIA y documentación anexa.

#### 10.3.1 Litología del tajo Perol

El yacimiento se ubica en pórfido cuarzo feldespático (PQF, por sus siglas en inglés), del Mioceno, y en diorita picota, del Eoceno, de composición variada, conteniendo por lo general hornblenda y plagioclasa. Las zonas que contienen skarn y mármol se desarrollan cerca de las limoarcillitas.

El PQF alberga a la mineralización principal de oro y cobre. Las intrusiones de PQF muestran una relación cercana a la alteración y mineralización en la superficie de las rocas. El PQF es una multifase intrusiva con, al menos, tres etapas de emplazamiento, que muestran composiciones y estructuras similares, y son referidas como: principal o temprana (Pqf) asociada a la fuerte mineralización de oro-cobre; intramineral (Ipqf); y tardía o joven (Ypqf).

El pórfido, en una matriz afanítica de cuarzo y plagioclasa, contiene fenocristales de plagioclasa (20 – 30%, de 2 – 8 mm), cuarzo (2 – 8%, de 2 - 6 mm), biotita y hornblenda (10%, de 2 -10 mm). El PQF introduce una secuencia de sedimentos calcáreos mixtos (margas, caliza, limonita calcárea y esquistos) de las formaciones de Mujarrún y Quillquiñán, resultando así el desarrollo de skarn. La etapa principal del PQF se asocia a las leyes más altas de oro y cobre, y se le considera la fuente de mineralización en el yacimiento Perol.

#### 10.3.2 Litología del tajo Chailhuagón

La mineralización del yacimiento Chailhuagón se localiza en el pórfido de microgranodiorita (Mgd), cuerpo intrusivo de edad Mioceno, generalmente porfirítico, que contiene pirita diseminada. Tiene una longitud de 2 km de norte a sur por 0,4 km de ancho. Consiste en una matriz microcristalina de plagioclasa y cuarzo, con fenocristales de plagioclasa, biotita y hornblenda, y fenocristales aislados de cuarzo.

Este pórfido penetra en las calizas de la formación de Yumagual, desarrollando un skarn. También se forma un halo de metamorfismo de contacto (mármol) en las unidades calcáreas. Se encuentran tres fases de microgranodiorita, la temprana o principal (Mg), la intramineral (Img) y la joven (Ymg).

En la Mg principal se localiza la parte la mineralización más rica y la alteración en las superficies de las rocas del depósito Chailhuagón, la más intensa proviene de la alteración potásica y de altas leyes; sin embargo, la Img muestra el mayor volumen de mineralización.

Como sulfuros primarios dominantes se tiene a la calcopirita y bornita en Chailhuagón,

<sup>33</sup> Aguas de contacto: son aquellas que, por un proceso o por otro, entran en contacto con las rocas reactivas (principalmente por presencia de pirita).

### 10.3.3 Litología de la mineralización

En ambos yacimientos la mineralización de oro y cobre está asociada con la intensidad de venillas de cuarzo, desarrolladas en la alteración potásica y filica, donde los sulfuros están diseminados.

Como sulfuros primarios dominantes en el yacimiento Perol se tiene a piritita y calcopiritita, y en Chailhuagón calcopiritita y bornita, donde el oro ocurre como inclusiones en estos minerales. Se ha encontrado oro libre sub-microscópico en las venillas de cuarzo y molibdenita, también se ha encontrado en cantidades subordinadas.

Existen zonas de sulfuros secundarios como resultado de enriquecimiento supergénico. En Perol los sulfuros secundarios están más desarrollados (calcocita) y se encuentran asociados principalmente a la alteración filica; y en Chailhuagón los sulfuros supergénicos están localmente presentes y pobremente desarrollados en fracturas y zonas de skarn.

### 10.3.4 Materiales de desmote

Por el papel que pueden jugar, en cuanto a composición de las aguas de contacto, se pasa revista, a continuación a la caracterización geoquímica de los diferentes materiales.

#### 10.3.4.1 Información de partida

La caracterización geoquímica del material de desmote se refiere a las rocas que serán generadas durante la explotación de los yacimientos Perol y Chailhuagón. Los muestreos realizados se incluyen en los siguientes documentos:

- ↳ *Proyecto de Caracterización de desmote* (Newmont, 2000). Ensayos estáticos realizados sobre 134 muestras individuales de material de desmote (analizadas por Valor Neto de Carbonato (NCV, por sus siglas en inglés)) y 11 muestras compuestas de desmote - Perol (analizadas por Lixiviación por Precipitación Sintética (SPLP, por sus siglas en inglés)).
- ↳ *Caracterización Preliminar del Material de desmote* (WMC, 2004). Diseñado para complementar el estudio anterior, con un mínimo de duplicación de ensayos. Caracterización de 111 muestras de desmote - Chailhuagón y 148 muestras de desmote - Perol, provenientes de muestras tomadas en el año 1999 y 2000 por Newmont y las muestreadas por WMC para complementar la información. Adicionalmente, para las muestras individuales colectadas para las huellas de los futuros tajos, se prepararon 40 muestras compuestas para análisis por SPLP (17 muestras compuestas de Perol y 23 de Chailhuagón) y 16 para análisis por celdas de humedad (HCT, por sus siglas en inglés) (9 de Perol y 7 de Chailhuagón).
- ↳ *Review of waste rock characterization for Chailhuagon, Conga project, Cajamarca, Peru* (WMC, 2009a). Resume los datos de los informes anteriores, utilizando un nuevo sistema de clasificación para la lito-alteración y mineralización.
- ↳ *Review of waste rock characterization for Perol, Conga project, Cajamarca, Peru* (WMC, 2009b). Resume los datos de los informes previos utilizando un nuevo sistema de clasificación para la lito-alteración y mineralización.

#### 10.3.4.2 Caracterización litológica y alterabilidad

La clasificación litológica y el tipo de alteración de las muestras, se basó inicialmente en la clasificación usada en el modelo de bloques, desarrollado por Newmont durante 2004. Dichos modelos evolucionaron significativamente, debido a que en el periodo 2004 - al 2008 se realizó una importante cantidad de perforaciones, en ambos yacimientos, dando lugar a modificaciones importantes en el sistema de clasificación de roca, y en el modelamiento y optimización de los tajos,

que aconsejaron modificar las clasificaciones de rocas y el modelo de bloques. En estas condiciones WMC realizó la actualización de los datos geoquímicos de acuerdo con la siguiente metodología:

- ↪ Reclasificar las muestras de acuerdo a la "litología, alteración y mineralización" (LAM), nomenclatura actualmente aplicada para el área de los yacimientos Perol y Chailhuagón.
- ↪ Desarrollar una metodología para extrapolar los resultados de análisis de muestras a escala del modelo de bloques.
- ↪ Aplicar el criterio de "potencial de generación de acidez" (PAG, por sus siglas en inglés) y non-PAG, para todos los bloques de mineral y desmonte dentro del modelo de bloques.

A continuación se transcribe un resumen de los temas desarrollados por WMC en los estudios referentes a la caracterización del material de desmonte.

#### 10.3.4.3 Metodología del muestreo

Las muestras representativas fueron seleccionadas basándose en la LAM y en la distribución de los ensamblajes de la lito-alteración de los depósitos minerales. Para el depósito Perol, se seleccionaron 148 muestras de los testigos de perforación; para el depósito Chailhuagón se usaron 111 muestras para el análisis. Debido a la distribución espacial de las perforaciones, el conjunto de muestras es más extenso hacia el este y norte del depósito Chailhuagón.

Los tipos de litología y alteración usados fueron reclasificados por WMC dentro del nuevo modelo de bloques, dicha reclasificación se muestra en la Tabla 3.2.31 del EIA.

#### 10.3.4.4 Ensayos geoquímicos

Las muestras fueron analizadas mediante *pruebas estáticas y cinéticas*. WMC llevó a cabo un programa de pruebas estáticas, para proveer información relacionada al potencial de generación de drenaje ácido, y a la química del lixiviado del material de desmonte de roca y de las paredes del tajo, que serán expuestos a la alteración ambiental durante la operación.

Como parte de las pruebas estáticas, se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

- ↪ Química de la roca: la composición química de cada una de las 16 muestras compuestas fue determinada por análisis de "Whole Rock". Estas muestras también fueron seleccionadas para pruebas cinéticas. Adicionalmente, para conocer la química de la roca, se determinaron los óxidos principales por fluorescencia de rayos X (XRF) y los metales traza y ultra-traza mediante ICP-MS.
- ↪ Mineralogía: la composición mineralógica de las 16 muestras compuestas fue determinada mediante análisis cuantitativo de difracción de rayos X (XRD, método de Rietveld).
- ↪ pH pasta: el pH en pasta aporta una estimación cualitativa del pH de los lixiviados, tales como los producidos por la lluvia en contacto con roca reactiva.
- ↪ Generación de ácido por peróxido de hidrógeno (NAG por sus siglas en inglés) pH: El procedimiento de prueba pH-NAG es una prueba análoga al método estándar de generación de ácido neto (NAG) y está diseñada para medir la respuesta de la roca sulfurada a oxidación química inducida. El peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) se aplica a cada muestra después de medir el pH del lodo o solución (pH - NAG). En general este pH - NAG es inversamente proporcional al potencial de generación de drenaje ácido a largo plazo. Un pH-NAG mayor que 4,5 indica que hay suficiente exceso de alcalinidad en la muestra para prevenir la generación de ácido en el largo plazo.
- ↪ Valor neto de carbonato (NCV): establecido mediante el método estándar de Newmont para la caracterización del material de desmonte, en términos de generación de ácido y

potencial de neutralización. El método implica la determinación de porcentajes de carbono y sulfuro total (Ctot y Stot), carbono y sulfuro residual de la pirólisis (CAP y SAP a 550°C en una hora) y carbono residual (CAI) por el ácido clorhídrico (HCl). Esos valores son usados para definir:

- o Potencial de neutralización de ácido (ANP), estimado desde la cantidad de carbonato perdido durante la digestión del HCl (Ctot – CAI).
- o Potencial de generación de ácido (AGP), estimado por la sustracción de azufre residual desde el azufre total (Stot – SAP).
- o El valor neto de carbonato (NCV), se calcula sumando los resultados del ANP y el AGP, y se expresa en unidades de % CO<sub>2</sub>.

Para la determinación del potencial de drenaje ácido, en los diferentes materiales estudiados, WMC se basó en criterios establecidos por Newmont, tal como se refleja en la Tabla 62

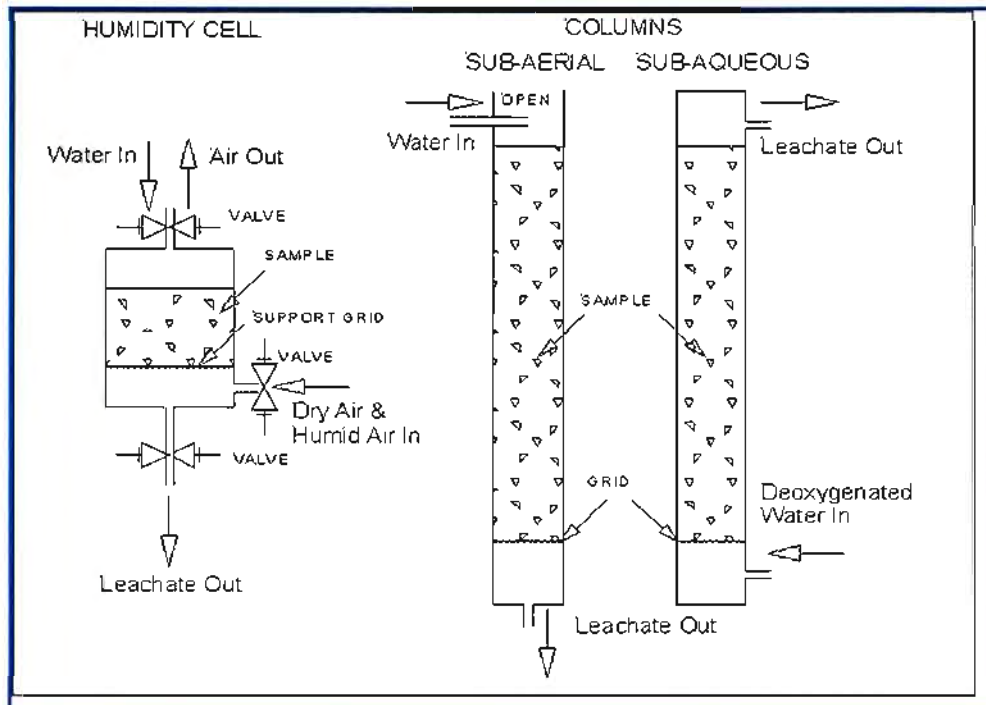
Clasificación	Criterio de Newmont
Altamente ácido (HA)	NCV ≤ -5% CO <sub>2</sub>
Ácido (A)	-5% < NCV ≤ -1% CO <sub>2</sub>
Ligeramente ácido (SA)	-1% CO <sub>2</sub> < NCV ≤ -0,1% CO <sub>2</sub>
Inerte (I)	-0,1% CO <sub>2</sub> < NCV < 0,1% CO <sub>2</sub> y ANP < 0,1 y AGP > -0,1
Neutro (N)	-0,1 % CO <sub>2</sub> < NCV < 0,1 % CO <sub>2</sub> y ANP > 0,1 o AGP < -0,1)
Ligeramente básico (SB)	-0,1% CO <sub>2</sub> ≤ NCV < 1%CO <sub>2</sub>
Básico (B)	1% CO <sub>2</sub> ≤ NCV < 5% CO <sub>2</sub>
Altamente básico (HB)	NCV ≥ 5% CO <sub>2</sub>

Fuente WMC, 2004.

Tabla 62. Criterios de evaluación de las pruebas de balance ácido-base.

- ↳ *Análisis de lixiviación de corto plazo:* el análisis de lixiviación por extracción (SPLP), mediante matraz de agitación, se realizó para evaluar la cantidad de metales fácilmente solubles, que se pueden lixiviar de la roca, a partir del contacto con agua desionizada, para simular la precipitación natural. Los lixiviados resultantes fueron analizados por: pH, conductividad, acidez, alcalinidad, sulfatos y metales de baja concentración (por ICPMS). El estándar SPLP usa un protocolo de la USEPA establecido por el formato de análisis (USEPA 1312).

Como parte de las pruebas cinéticas, se realizaron test en celdas de humedad (HCT, por sus siglas en inglés: *Humidity Cell Testing*) (Figura 82 y Fotografía 28), cuyo objetivo es acelerar la tasa de intemperización natural, de las muestras con potencial de generación de drenaje ácido. Los análisis por HCT se llevaron a cabo sobre 16 muestras compuestas (WMC, 2004) y 6 celdas más para el material de Chailhuagón (2009), para verificar los resultados del trabajo del año 2004 (WMC, 2009). A partir de las HCT se realizaron análisis semanales de pH, conductividad, acidez, alcalinidad, Fe<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> y parámetros totales de concentración para más de 35 elementos mayores y trazas.



Fuente: Tim O'Hearn

Figura 82. Esquema de celdas de humedad.



Fuente: <http://metal-recovery.blogspot.com/>

Fotografía 28. Celdas cilíndricas conectadas en serie.

Además se realizaron análisis para aniones y cationes principales, en lixiviados de muestras compuestas tras 28 días (cada 4 semanas).

#### 10.3.4.5 Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en el Anexo 3.4 del EIA y se resumen en las consideraciones siguientes

##### 10.3.4.5.1 Valor neto de carbonato (NCV)

Los datos de los análisis por NCV del año 2004, para Perol y Chailhuagón, permitieron la identificación de las siguientes tendencias generales (descritas en detalle en el informe de WMC (2004)).

El material de desmante incluye minerales sulfurados (pirita y marcasita) que, al quedar expuestos al ambiente, pueden ser la principal fuente de generación de acidez. Estos minerales sulfurados se presentan en mayor proporción en el desmante de Perol que en el de Chailhuagón (según han puesto de manifiesto los análisis XRD y el análisis por NCV donde los SAP tuvieron una baja proporción de Stot).

Por otro lado, la disolución de calcita en las rocas de desmante es probable que sea el principal factor de neutralización de la generación de agua ácida, debida a la meteorización de los sulfuros. Las muestras de Chailhuagón contienen una elevada proporción de calcita, en comparación con las de Perol, de acuerdo con los análisis mineralógicos, corroborados por los análisis NCV de las muestras en Chailhuagón que produjeron contenidos más altos de CAP (carbono después de pirólisis).

Los resultados del análisis por NCV dieron más potencial para generar acidez en el desmante de Perol; en general, estos resultados fueron negativos para las muestras de Perol, indicando su potencial de producción de acidez. Para las muestras de Chailhuagón, éstas produjeron resultados positivos para el NCV, indicando que probablemente no sean generadoras de acidez. En resumen, los resultados de los test realizados en el año 2004 indicaron que una mayor cantidad de desmante de Perol fue PAG y todo el desmante de Chailhuagón fue no-PAG.

La reclasificación de muestras, sobre el nuevo modelo de bloques de ambos yacimientos (WMC, 2009) tuvo un pequeño efecto sobre los resultados NCV para el desmante de Perol. Los valores para NCV se relacionaron estadísticamente al Stot, usando una regresión lineal para determinar los umbrales PAG para cada ensamblaje LAM sin caliza. A continuación los umbrales PAG basados en el Stot fueron extrapolados para bloques individuales en el modelo de bloques. Así la incorporación de los umbrales PAG, dentro del modelo de bloques, permitió estimar la distribución del PAG en los desmontes y en los taludes de los tajos.

La reclasificación del desmante de Perol y Chailhuagón (WMC, 2009) indicó lo siguiente:

- ↳ Desmante de Perol
  - 96% de las muestras analizadas fueron clasificadas como potencialmente generadoras de acidez (PAG).
  - 1% de las muestras fueron clasificadas como inciertas en cuanto al potencial de generación de acidez.
  - 3% de las muestras fueron clasificadas como no generadoras de acidez (no-PAG).
- ↳ Desmante de Chailhuagón
  - 20% de las muestras han sido clasificadas como PAG.
  - 10% de las muestras son consideradas como indeterminadas en cuanto al potencial de generación de acidez.

- o 20% de las muestras han sido clasificadas como PAG.

Un resumen de los resultados de estos análisis se muestra en la Tabla 3.2.32. del EIA.

En el tajo Perol, usando las leyes de corte de 0,1 y 0,2% de Cu ó 0,3 a 0,5 gr/t de Au, el 96% del desmonte sería PAG, y aproximadamente el 79% de los taludes del tajo sería PAG.

En el tajo Chailhuagón, usando las mismas leyes de corte, aproximadamente el 20% del desmonte de sería PAG, y aproximadamente el 18% de los taludes del tajo sería PAG.

#### 10.3.4.5.2 Celdas de humedad

##### Tajo Perol

Los análisis mineralógicos indican que la pirita y/o marcasita están presentes en todas las muestras de las HCT realizadas con rocas de este tajo, en 1% y 5%, con excepción de una, que corresponde a diorita potásica/cuarzo de feldespatos porfídico principal.

De acuerdo con los análisis NCV, todas las muestras, de las nueve HCT del tajo Perol, fueron generadoras de ácido, con una altamente generadora y dos ligeramente generadoras de acidez (Tabla 3.2.33 del EIA). Todas las muestras contenían poco o nada de capacidad neutralizante; y ninguna muestra contenía calcita detectable.

El pH en pasta en las muestras compuestas, tratadas en celdas de humedad, variaron de 3,5 a 7,6 y el pH-NAG varió de 2,3 a 3,9 (Tabla 3.2.33 del EIA). De las 9 HCT para Perol, siete fueron inicialmente ácidas y se mantuvieron ácidas a lo largo de las 20 semanas de análisis; las otras dos celdas dieron un pH casi neutral<sup>34</sup> al inicio del periodo de muestreo (celdas 5 y 8), que se mantuvo sin presentar acidez durante las 23 semanas del análisis, aunque con un descenso significativo en el pH en el periodo de muestreo (0,71 unidades de pH para la celda 5 y 1,1 unidades para la celda 8).

La concentración de metales fue alta, en todas las celdas, en la primera semana de análisis en las celdas ácidas, con Cu variando desde 0,78 a 515 mg/L, y manteniéndose elevada en las 23 semanas de periodo de muestreo (las concentraciones finales de Cu variaron de 0,24 a 83,6 mg/L). Varias de las celdas presentaron concentraciones elevadas de Pb y Ni en el lixiviado inicial (celdas 5 y 9). Otros metales lixiviados mantuvieron concentraciones elevadas: Al, Fe, Mn y Zn (Tabla 3.2.34 del EIA).

En general la producción de sulfatos fue mayor en las celdas de humedad HCT1, HCT3, HCT7, HCT9, presentando concentraciones elevadas que variaron en 1.589, 2.111, 2.890 y 5.726 mg/semana, respectivamente, para finalmente alcanzar valores de 476, 595, 278 y 821 mg/semana, respectivamente en la semana 26 (Tabla 3.2.35 del EIA). La celda 5 mostró una elevada producción de sulfato (1.041 mg/semana) y se mantuvo relativamente alta (tasa final de producción de sulfato de 92 mg/semana) a lo largo de ensayos en 26 semanas, aunque esta celda no era generadora de acidez.

##### Tajo Chailhuagón

Las HCT para Chailhuagón conteniendo rocas compuestas de caliza skarn y mármol fueron clasificadas como altamente básicas. Dos celdas conteniendo microgranodiorita potásica y microgranodiorita clorítica joven fueron clasificadas como ligeramente básicas. Una celda conteniendo microgranodiorita potásica fue clasificada como neutra. Dos celdas conteniendo microgranodiorita filica y propilitica fueron clasificadas con ligeramente generadora de ácido (Tabla 3.2.36 del EIA). Todas las muestras sometidas a HCT contenían calcita; pero se determinó por análisis mineralógicos que solamente dos muestras contenían pirita.

Los minerales compuestos del desmonte Chailhuagón produjeron en promedio valores de pH-pasta de 8,5 y pH-NAG de 9,3. Para el pH del lixiviado inicial, analizado para el desmonte Chailhuagón, se obtuvo un valor de 7,9. Ninguna de las HCT de Chailhuagón (WMC, 2004) fue

<sup>34</sup> pH casi neutral, entre 6,5 y 7,5.

representativa de los tipos LAM después de la reclasificación (Tabla 3.2.37 del EIA), y por eso se iniciaron otros análisis por celdas de humedad en junio del 2009 (Tabla 3.2.38 del EIA). Ninguna de estas celdas analizadas en el año 2004 han generado ácido.

Se indica que se siguen realizando pruebas cinéticas en celdas de humedad, correspondientes al periodo 2009, en las muestras compuestas HCT1, HCT2, HCT3, HCT4 y HCT5, y en la fecha de elaboración del EIA se indica que sólo se han podido emplear los resultados de 12 semanas de análisis, pero que las pruebas continuarán por un periodo de 20 semanas como mínimo, que es el tiempo recomendable para observar si la muestra llega a presentar signos de oxidación y genera información suficiente para su procesamiento estadístico.

Las Tablas 3.2.37 y 3.2.38 del EIA indican los resultados de los análisis por celdas de humedad para los años 2004 y 2009. Se observa que ninguna de las celdas de humedad, de cualquier periodo de análisis, produce ácido y la concentración de metales y todas las celdas de humedad del periodo 2004 y 2009 mostraron un pH alcalino, que varió en un rango de 7,31 a 9,0 unidades de pH.

La concentración de metales en las celdas de humedad de Chailhuagón para ambas fases o periodos de análisis estaba en o por debajo del límite de detección para casi todos los metales analizados (Tablas 3.2.37 y 3.2.38 del EIA). Sólo el selenio fue observado en las concentraciones medidas (0,022 mg/L) en el primer lavado de la celda HCT11.

La producción de sulfatos fue baja para ambos grupos de celdas analizadas (Tabla 3.2.39 del EIA). En general la producción de sulfatos fue mayor en las celdas de humedad HCT-10, HCT-16 y HCT-5, presentando una concentración promedio en la semana 0 de 109,5, 122,6 y 119,8 mg/semana, respectivamente; para luego decaer en las siguientes semanas, y finalmente alcanzar una concentración de 1,5, 8,6 y 13,9 mg/semana, respectivamente, en la semana 12 (Tabla 3.2.39 del EIA).

## 10.3.5 Relaves

### 10.3.5.1 Procedencia de las muestras

Como parte del programa de caracterización de los materiales, se efectuó un muestreo geoquímico sobre material procedente de ensayos metalúrgicos, del tajo Perol y del tajo Chailhuagón (Golder, 2006). La identificación por códigos, litología, tipo de relaves (rougher/cleaner) y tipo de análisis de las muestras ensayadas se muestra en la Tabla 3.2.40 del EIA.

Sobre las muestras colectadas se realizaron pruebas estáticas y cinéticas, tal como se describe a continuación:

- ↳ Balance ácido base. Sobre 18 muestras de relaves: 4 muestras del Chailhuagón y 14 del Perol.
- ↳ Mineralogía. 4 muestras de Chailhuagón y 9 muestras de Perol
- ↳ Concentración de metales totales. 5 muestras de Chailhuagón y 9 muestras de Perol.
- ↳ Composición del agua intersticial – análisis químico de agua (decantada y filtrada) desde los relaves. 2 de Chailhuagón y 12 muestras de Perol.
- ↳ Análisis de lixiviación por precipitación sintética (SPLP). 1 muestra de relaves del tajo Chailhuagón y 1 de relaves del tajo Perol.
- ↳ Análisis por HCT. 1 muestra de relaves del tajo Chailhuagón y 3 muestras del tajo Perol.

Los análisis por HCT de las muestras de relaves fueron realizados con el objetivo de determinar el tiempo de inicio de generación de ácido, y la hidroquímica de una eventual infiltración. Las muestras para el análisis por pruebas cinéticas fueron colectadas en el tercer trimestre del año 2004, y los análisis iniciales se iniciaron en enero del 2005 (Golder, 2006).



Los resultados obtenidos (Golder, 2006) para la caracterización de los relaves se resumen a continuación.

### 10.3.5.2 Balance ácido base

#### Muestras del tajo Perol

De acuerdo al Plan de Producción del proyecto Conga, se ha estimado que aproximadamente el 64% de todos los relaves procederían del yacimiento Perol, cuyos relaves tendrían como fases mineralógicas dominantes: cuarzo, feldespato potásico, ortoclasa y plagioclasa (Tabla 3.2.41 del EIA).

Por su parte las fases de alteración incluyen minerales de arcilla, como caolinita, clorita y esmectita. Las muestras contienen de 1 a 7% de pirita, con una única muestra que presenta 36% de pirita. Las fases de carbonatos (tales como calcita y siderita), generalmente no fueron detectadas o en cantidades a nivel de trazas.

Los metales totales traza de importancia ambiental en los relaves de Perol incluyen el As (5-16 ppm), Cu (208-1.451 ppm), Mo (1-20 ppm), Pb (12-77 ppm), Sb (8,4-9,4 ppm) y Zn (32-564 ppm) (Tabla 3.2.42 del EIA).

Los valores netos de carbonatos, para los relaves de Perol, fueron identificados en horno Leco de acuerdo a los procedimientos estándar de Newmont. Los resultados y metodología para los cálculos de NCV se presentan en la Tabla 3.2.43 del EIA. Las concentraciones de azufre varían desde 0,14 a 3,6%, con la excepción de una única muestra que alcanzó 22% de S, lo que le hace que sea la que presenta más alto potencial de AGP. El contenido de carbono de los relaves Perol varía de 0,02 a 0,27% y el ANP varía desde no detectable a 0,92% de CO<sub>2</sub>. La relativamente alta AGP, y los bajos valores de ANP de las muestras del relave Perol, dan como consecuencia valores negativos de NCV. Las muestras de Perol fueron clasificadas como ligeramente ácida (SA) a ácida (A), con la existencia de una muestra designada como altamente ácida.

#### Muestras del tajo Chailhuagón

El material de relave generado por el procesamiento del mineral de Chailhuagón representaría, aproximadamente, 36% del relave total generado.

De acuerdo con los resultados mineralógicos las fases mineralógicas dominantes, para las muestras de relaves, fueron: cuarzo, plagioclasa y feldespato (Tabla 3.2.41 del EIA). Esas muestras reportaron pocas fases de alteración en comparación a las muestras de relaves de Perol, y un máximo de 1% de pirita. Los relaves de Chailhuagón contiene de 2 a 7% de calcita.

Los metales de importancia ambiental identificados en los relaves incluyen: As (0,6 - 5,4 ppm), Cu (108 - 141 ppm), Mo (1 - 7,8 ppm), Sb (1 - 2,6 ppm) y Zn (53 - 102 ppm) (Tabla 3.2.42 del EIA). En general los metales traza de importancia ambiental muestran concentraciones más bajas en los relaves Chailhuagón en comparación con los de Perol.

Los relaves de Chailhuagón generalmente muestran más altos ANP y más bajos AGP en relación a los obtenidos de Perol. El carbono total varía desde 0,27 a 0,57%, y el ANP desde 0,84 a 1,7% de CO<sub>2</sub> (Tabla 3.2.43 del EIA). Las concentraciones de Stot varían de 0,02 a 0,58%. Todas las muestras de Chailhuagón aportaron valores del NCV de ligeramente básico (SB) a básico (B), excepto la muestra MCS-4 (potásica), que fue clasificada como ligeramente ácida (SA).

### 10.3.5.3 Lixiviación de solutos

Las muestras de relaves también se analizaron para identificar la presencia de solutos que pudieran lixivarse. Para ello Golder analizó la química del agua decantada de relaves, y el agua intersticial del material, obtenida de la filtración de la muestra; asimismo se condujeron pruebas SPLP como indicación de la posible liberación de solutos a corto plazo, y HCT para largo plazo.

### 10.3.5.3.1 Pruebas de lixiviación a corto plazo

La lixiviación de solutos a corto plazo, para los relaves de Perol y Chailhuagón, parte de resultados analíticos para muestras de relaves decantadas y filtradas. Considerándose además los resultados desde los ensayos de lixiviación a corto plazo (SPLP) es posible que la lixiviación de muestras del agua decantada y filtrada a partir del relave constituya una representación razonable de la calidad del agua (filtraciones) a corto plazo (Golder, 2006), antes de cualquier reacción geoquímica por la exposición del material al ambiente. La decantación de las muestras consiste en la separación de la solución de la pulpa de relave, mientras que el filtrado corresponde al agua intersticial filtrada desde los relaves. Los resultados obtenidos para la química del agua a corto plazo (rangos de concentración de metales desde los análisis por SPLP, análisis del agua decantada y filtrada) se muestran en la Tabla 3.2.44.

#### Relaves del tajo Perol

La información de los análisis por SPLP (Newmont, 2000) y los análisis químicos del agua decantada y filtrada, han sido comparados con los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos minero – metalúrgicos (R.M. N° 011-96-EM/VMM). De acuerdo a los resultados, los relaves de Perol tienen un importante potencial para generar acidez.

Sin embargo, no han sido encontrados valores de pH ácido en las soluciones a corto plazo, que muestran valores de pH que varían de 7 a 10, y concentraciones de sulfatos que varían de 45 a 334 mg/L, considerando estos valores como elevados.

Los metales traza de importancia ambiental mostraron concentraciones cuyos valores máximos registrados, para los metales As, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb y Se, se encuentran por encima de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA), regulados por el Ministerio del Ambiente (MINAM) correspondientes a la Categoría 3, tal como se muestra en la Tabla 63. Los metales regulados por la R.M. N° 011-96-EM/VMM no sobrepasaron estos límites permisibles para efluentes; sin embargo, para el caso del Cu se detectó una concentración mayor, para el máximo valor registrado.

Parámetro	Unidad	Rangos de concentración (análisis SPLP, análisis químicos del agua decantada y filtrada)	Calidad de agua MINAM (*)-Categoría 3		Efluentes líquidos MINEM (**)	
			Riego de vegetales de tallo bajo	Bebidas de animales	Anexo 1	Anexo 2
Al	mg/L	0,05 – 1,2	5	5		
As	mg/L	0,0003 – 0,12	0,05	0,1	1,0	1,0
Cu	mg/L	0,001 – 4	0,2	0,5	1,0	2,0
Hg	mg/L	0,0002 – 0,002	0,001	0,001		
Mn	mg/L	0,007 – 2,2	0,2	0,2		
Ni	mg/L	0,002 – 0,31	0,2	0,2		
Pb	mg/L	0,001 – 0,03	0,05	0,05	0,4	1,0
Se	mg/L	0,0002 – 0,20	0,05	0,05		
Ti	mg/L	0,00003 – 0,20				

\* ECA MINAM: Estándares de Calidad Ambiental para Agua del MINAM (D.S. N° 002-2008-MINAM).

\*\* Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM.

Fuente: Knight Piésold, 2011.

Tabla 63. Concentración de metales de importancia ambiental en análisis SPLP. Relaves del tajo Perol.

### Relaves del tajo Chailhuagón

Los resultados obtenidos para estos relaves muestran una pequeña inclinación para lixiviar metales o generar ácidos a corto plazo (Tabla 3.2.44 del EIA). Los valores del pH varían de 7,5 a 8,5. Las concentraciones de Fe y  $SO_4^{2-}$  varían de 0,007 a 0,03 mg/L y de 29 a 50 mg/L, respectivamente. Los metales traza de importancia ambiental presentan concentraciones cuyo máximo valor registrado para el Mn, se encuentra por encima de los ECA correspondientes a la Categoría 3, tal como se muestra en la Tabla 64. Aquellos metales que están regulados por la R.M. N° 011-96-EM/VMM no sobrepasaron estos límites permisibles para efluentes.

Parámetro	Unidad	Rangos de concentración (análisis SPLP, análisis químicos del agua decantada y filtrada)	Calidad de agua MINAM (*)-Categoría 3		Efluentes líquidos MINEM (**)	
			Riego de vegetales de tallo bajo	Bebidas de animales	Anexo 1	Anexo 2
Al	mg/L	0.07 – 0.72	5	5		
As	mg/L	0.003 – 0.04	0.05	0.1	1,0	1,0
Mn	mg/L	0.0001 – 0.03	0.2	0.2		
Pb	mg/L	0.001 – 0.03	0.05	0.05	0.4	1,0
Sb	mg/L	0.0003 – 0.02				
Se	mg/L	0.0005 – 0.07	0.05	0.05		

\* ECA MINAM Estándares de Calidad Ambiental para Agua del MINAM (D S. N° 002-2008-MINAM)

\*\* Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM.

Fuente Knight Piesold, 2011.

Tabla 64. Concentración de metales de importancia ambiental en análisis SPLP: Relaves del tajo Chailhuagón.

### 10.3.5.3.2 Pruebas cinéticas

#### Relaves del tajo Perol

Las muestras analizadas por NCV dieron valores variando de ligeramente ácido (skarn) a ácido (arcilloso y silíceo). Los resultados de las pruebas cinéticas son presentados en la Tabla 3.2.45 del EIA.

Los metales traza de importancia ambiental arrojaron concentraciones cuyo máximo valor registrado para el Al, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, y Zn se encuentra por encima de los ECA correspondientes a la Categoría 3, tal como se muestra en la Tabla 65. Los metales tales como el Cu y el Zn, regulados por la R.M. N° 011-96-EM/VMM, sobrepasaron los límites permisibles para efluentes.

Parámetro	Unidad	Rangos de concentración en las HCTs	Calidad de agua MINAM (*)-Categoría 3		Efluentes líquidos MINEM (**)	
			Riego de vegetales de tallo bajo	Bebidas de animales	Anexo 1	Anexo 2
Al	mg/L	14 – 38	5	5		
As	mg/L	0,0004 – 0,04	0,05	0,1	1,0	1,0
Cd	mg/L	0,0001 – 0,02	0,005	0,01		
Cr	mg/L	0,001 – 1,2	0,1	1		
Cu	mg/L	0,002 – 25	0,2	0,5	1,0	2,0
Hg	mg/L	0,0003 – 0,002	0,001	0,001		
Mn	mg/L	0,01 – 2,4	0,2	0,2		
Ni	mg/L	0,003 – 0,58	0,2	0,2		
Pb	mg/L	0,0005 – 0,02	0,05	0,05	0,4	1,0
Zn	mg/L	1,2 – 7,4	2	24	3	6

\* ECA MINAM: Estándares de Calidad Ambiental para Agua del MINAM (D.S. N° 002-2008-MINAM).

\*\* Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM.

Fuente: Knight Piesold, 2011.

**Tabla 65. Concentración de metales de importancia ambiental en análisis por celdas de humedad: relaves del tajo Perol.**

#### Relaves del tajo Chailhuagón

Aunque la muestra MCS-4 (potásica) fue clasificada como ligeramente ácida, ésta mostró una pequeña tendencia para generar acidez en las 20 semanas de análisis por celdas cinéticas. Los resultados de las pruebas cinéticas son presentados en la Tabla 3.2.45 del EIA.

Los valores de pH registrados para los relaves del tajo Chailhuagón son altos (pH > 7,6), mostrándose alcalinos durante las 20 semanas de análisis. La concentración de sulfatos en la semana 1, se presenta elevada, alcanzando un valor de 329 mg/L. No obstante, para las siguientes semanas la concentración decrece, alcanzando un valor de 31,8 para la semana 20.

Los metales traza de importancia ambiental registrados presentaron concentraciones bajas, y no sobrepasaron los ECA para la Categoría 3, ni los límites máximos permisibles para descarga de efluentes. La comparación de resultados se muestra en la Tabla 66.

Parámetro	Unidad	Rangos de concentración en las HCTs	Calidad de agua MINAM (*)-Categoría 3		Efuentes líquidos MINEM (**)	
			Riego de vegetales de tallo bajo	Bebidas de animales	Anexo 1	Anexo 2
Fe	mg/L	0,035	0,2	1		
Al	mg/L	0,05-0,228	5	5		
As	mg/L	0,0004 – 0,04	0,05	0,1	1,0	1,0
B	mg/L	0,0004-0,11	0,5	6,5		
Cd	mg/L	0,00002-0,002	0,005	0,01		
Cr	mg/L	0,001 – 1,2	0,1	1		
Cu	mg/L	0,009-0,017	0,2	0,5	1,0	2,0
Se		0,0004-0,03	0,05	0,05		
Sr		0,078-0,18				

\* ECA MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Agua del MINAM (D.S. N° 002-2008-MINAM).

\*\* Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM.

Fuente Knight Piésold, 2011.

Tabla 66. Concentración de metales de importancia ambiental en análisis por celdas de humedad: relaves del tajo Chailhuagón.

Los cálculos del agotamiento efectuados, usando los resultados de la celda MCS-4 HCT, mostraron que éste tomaría aproximadamente 40 años para agotar todos los sulfuros, y 35 años para agotar toda la alcalinidad.

A pesar de que hay un largo plazo para agotar el potencial de neutralización, en los relaves del tajo Chailhuagón, antes de la eliminación del contenido de sulfuros, la calidad del agua a largo plazo no se espera que se encuentre enriquecida por metales (baja concentración de metales), aunque tenemos dudas de si esto va a ocurrir con metales pesados que permanecen solubles para alto pH.

En el EIA se indica que, de acuerdo a los resultados de las pruebas cinéticas, la única posibilidad de metal traza de preocupación ambiental identificado fue el talio (0,2 mg/L). Las concentraciones de otros metales traza, el hierro y sulfatos fueron relativamente bajas en comparación a los ECA para la Categoría 3, y a los resultados obtenidos para los relaves del tajo Perol.

#### 10.3.5.4 Conclusiones

En base al estudio de reclasificación geoquímica, desarrollado por WMC, en general el material de desmonte del tajo Perol será en gran medida generador de acidez a través de todos los tipos de LAM en aproximadamente 90% (material de desmonte PAG). El tajo Chailhuagón será de 10 a 20% PAG y el material de desmonte PAG estará constituido mayormente por rocas intrusivas intramineral con alteración potásica moderada a débil.

En cuanto al material de relaves, los relaves de Perol son más reactivos, con altos concentraciones de azufre y más bajo potencial de neutralización que los relaves Chailhuagón. Los rangos de clasificación por NCV varían desde ligeramente ácido a altamente ácido en las muestras de Perol, y desde ligeramente ácido a básicas en las muestras de Chailhuagón.

### 10.3.6 Tratamiento del mineral

En la planta de proceso, para el tratamiento del mineral, se adicionan los reactivos adecuados, para conseguir la flotación diferencial de los metales objeto de beneficio. En la Tabla 67 se especifican las cantidades de reactivos a usar por tonelada y por año, durante el proceso.

Reactivos	Consumo	
	g/t	t/a
Cal (85% CaO)	1.900	63.871
Colector primario	9	303
Colector secundario (PAX)	20	672
Espumantes	15	504
Modificador (CMC)	25	840
Depresor de cobre (NaHS)	15	504
Floculantes	50	1.680

Fuente: Knight Piésold, Agosto 2010. Cuadro Obs18-b.

Tabla 67. Consumo de reactivos durante el procesamiento del mineral.

Estos reactivos en parte serán recuperados y reutilizados en el proceso, en circuito cerrado; otra parte quedará incorporada a los concentrados, destinados a la exportación y transportados a la costa mediante camiones; y una tercera fracción quedará retenida en los relaves, que saldrán de la planta de procesos espesados hasta 62% en sólidos, a través de tuberías hasta el depósito de relaves, por lo que recomendamos con toda firmeza el "encapsulamiento" de estos relaves.

La producción anual de relaves, a lo largo de la etapa de operación de la planta de proceso, se muestra en la Tabla 68.

### 10.4 Deposición y almacenamiento de relaves

Por lo que acabamos de concluir (apartado 10.3.5.4), los relaves variarían "desde ligeramente ácido a altamente ácido en las muestras de Perol, y desde ligeramente ácido a básicas en las muestras de Chailhuagón". En estas condiciones en el EIA se retiene, como única opción para almacenamiento de relaves, la de disposición subaérea, en el correspondiente depósito de relaves proyectado. Para evitar la necesidad de un tratamiento muy prolongado de las aguas ácidas de drenaje, este peritaje señala que en la experiencia minera existen métodos de almacenamiento subacuático de los relaves, como mecanismo que reduce la generación de aguas ácidas, reduciendo así drásticamente la necesidad de su tratamiento.

Año	Producción	
	Diaria (T/día)	Anual (10 <sup>6</sup> T/año)
1	82.672	30,2
2	94.482	34,5
3	89.695	32,7
4	89.574	32,7
5	88.605	32,3
6	84.622	30,9
7	82.314	30,0
8	85.996	31,4
9	81.613	29,8
10	80.898	29,5
11	87.631	32,0
12	80.430	29,4
13	71.599	26,1
14	72.914	26,6
15	72.641	26,5
16	15.187	5,5
<b>Total</b>		<b>460,2</b>

Fuente: Knight Piésold, Agosto 2010. Cuadro Obs18-d.

Tabla 68. Producción de relaves durante la vida de la mina.

#### 10.4.1 Sistema de disposición

En el proyecto de Mina Conga se adopta la disposición subaérea de los estériles; existen sin embargo otras soluciones y, dentro de ellas, la disposición subacuática, que aborta la formación de aguas ácidas y, con ello, su necesidad de tratamiento.

Esta disposición permitiría contar con un lago artificial, aunque ello exige mayor volumen de almacenamiento (posiblemente con la construcción de otro depósito de relaves complementario), y resolver problemas geotécnicos para los que la ingeniería de depósitos de relaves tiene soluciones experimentadas.

El vertido se podría realizar a partir de tuberías móviles, desde la planta de concentración, que se adentrarían en el lago (a modo de "fingers"), desde el eje de la presa Principal (a lo largo de su construcción), hasta alcanzar la cota 3.796,5 m prevista, y desde su periferia inundable.

Los inconvenientes que tendría la disposición subacuática se relacionan con la necesidad de requerir un diseño antisísmico apropiado, y de exigir mayor capacidad de almacenamiento, por la componente de agua retenida por los relaves y necesaria para su cubrición, así como por la horizontalidad de la lámina de agua de superficie.

Otro aspecto que este peritaje entiende ocasionaría problemas, para la disposición subaérea, es el referente a la prevista construcción de canales, sobre la superficie de los relaves, con la dificultad de protegerlos contra la erosión. Este concepto debería ser analizado en el Plan de Cierre, ya que alargaría el tiempo de rehabilitación del área y, especialmente, supondría el aporte de agua a los relaves, en la situación subaérea, favoreciendo la formación de efluentes ácidos, y dificultando el proceso de rehabilitación progresiva.

Este peritaje pone énfasis, también, en la necesidad de que los materiales a utilizar, para la construcción de los espaldones (escollera) de aguas abajo, de la presa Principal y la presa Toromacho, deben ser inertes, para evitar aporte de lixiviados ácidos, a partir de la componente pirítica que pudieran contener las rocas procedentes de los tajos (especialmente del tajo Perol).

El análisis del depósito de relaves, en el EIA, aparece referido fundamentalmente a la ubicación de una instalación capaz de recibir los relaves espesados generados en el proceso (504 Mt). Esto dio lugar a una selección inicial de trece lugares potenciales, dentro de un radio de 12 km, alrededor de la zona central del proyecto (Golder, 2000),

Como hemos indicado, en el caso de la disposición subacuática se requerirían dos depósitos de relaves, lo que tendría sus considerandos técnicos y económicos (relación capacidad de almacenamiento / volumen de presa, y el costo asociado), lo que llevaría a la incorporación de:

↳ Consideraciones técnicas y económicas:

- Etapa de construcción: facilidad relativa de la preparación del área, costos, y titularidad de las concesiones y terrenos superficiales.
- Etapa de operación: capacidad, relación capacidad de almacenamiento / volumen de presa, facilidad para el manejo de aguas, ubicación en relación a la planta concentradora, y costos operativos (por ejemplo, costos de bombeo, implicando distancia y alturas de impulsión).
- Etapa de cierre: facilidades ofrecidas para cumplir con los objetivos del Plan de Cierre.

↳ Consideraciones ambientales:

- Importancia ecológica del emplazamiento: referida a presencia de lagunas, aptitud de suelos, presencia de flora y fauna en estado de conservación,...
- Impactos ambientales potenciales asociados: posibilidad de generación de impactos ambientales significativos, contención y control de filtraciones.

↳ Consideraciones socioeconómicas y culturales

- Condiciones del entorno social: características sociales relevantes de los entornos cercanos, como el número de viviendas, empleo de suelos y percepciones al respecto.
- Impactos socioeconómicos: posibilidad de generación de impactos sociales significativos, cambios en las características de infraestructuras o impactos en elementos con efecto en la dinámica productiva del área.
- Presencia de elementos culturales.

## 10.5 Descargas de agua desde la zona de actuación minero-metalúrgica

Al objeto de conseguir mantener un flujo base, en ríos y quebradas, aguas abajo de la zona de proyecto, se han previsto cuatro puntos con descarga controlada, lo que supone, sin duda, una mejora en la regulación hidrológica, ya que, en condiciones naturales, los correspondientes ríos y quebradas quedan temporalmente secos en el estiaje. Estas descargas se expresan en la Tabla 69.



Lugar de acumulación y descarga	Micro cuenca hidrográfica	Caudal aproximado de descarga en estiaje
Reservorio Inferior	Río Jadibamba	33,1 L/s
Reservorio Superior	Quebrada Toromacho	1,0 L/s
Reservorio Perol	Quebrada Chirimayo	7,3 L/s
Reservorio Chailhuagón	Río Chailhuagón	9,7 L/s
Total		51,1 L/s

Fuente: Knight Piésold, Agosto 2010.

Tabla 69. Caudales aproximados de descarga regulada, aportados en meses de estiaje desde los reservorios de acumulación proyectados.

## 11 PROPUESTAS DE INFRAESTRUCTURAS A REVISAR

---

### 11.1 Planteamiento

Tras realizar un detallado análisis del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Conga, este peritaje entiende que, el EIA reúne todas las condiciones técnicas exigibles para su aprobación, en cuanto a los aspectos hídricos implicados.

No obstante, y en el marco de mejoras continuas, que se vienen produciendo respecto al proyecto Conga, este peritaje propone una serie de posibles actuaciones, relacionadas con infraestructuras proyectadas, que se podrían introducir progresivamente, tras su estudio detallado. Con ellas se reducirían impactos negativos, y se incrementarían activos positivos de las actuaciones hidrológico-ambientales. Al mismo tiempo se insiste en la oportunidad que podría brindar el proyecto, para mejorar el conocimiento y las prácticas de gestión de aspectos relevantes, relacionados con el agua y el medio ambiente, en sectores andinos de alta montaña.

En este sentido, los peritos responsables de este Dictamen Pericial plantean, en este capítulo, algunos aspectos a tener en consideración, que mejorarían ambientalmente infraestructuras del proyecto.

### 11.2 Depósitos de suelo orgánico

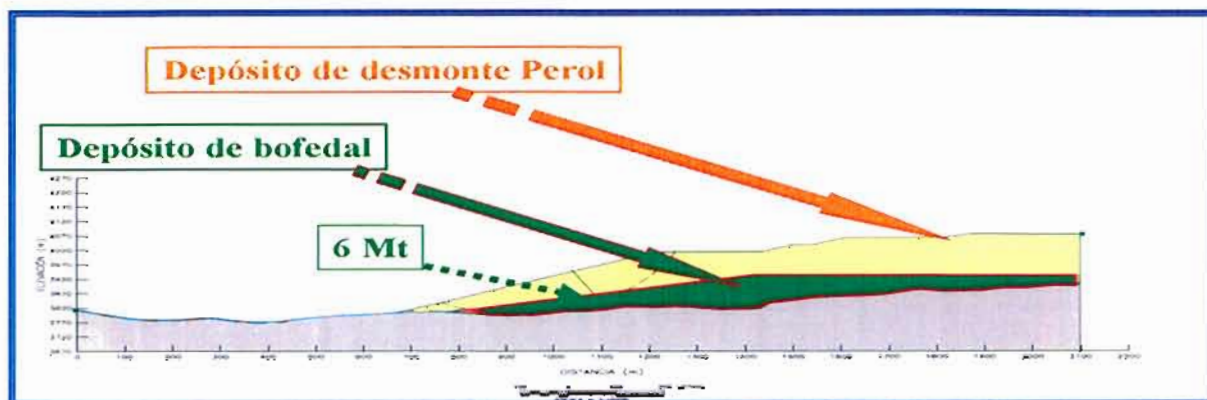
Deben optimizarse al máximo las condiciones más favorables de conservación de los suelos orgánicos, procedentes de diferentes desmontes, en los previstos depósitos de almacenamiento, para mejor preservación del banco de semillas del que son portadoras.

### 11.3 Depósito de bofedales

La explotación del yacimiento Perol trae consigo, ineludiblemente la remoción del bofedal próximo a la laguna Perol. En relación a la extracción, traslado y almacenamiento de este material MYSRL contó con informes de Vector (2000), Golder (2004), AMEC (2006) y Knight Piésold (2007), y planteó el encapsulamiento de estos suelos, bajo estériles del tajo Perol en la base del depósito de desmonte Perol (Figura 83).

Este peritaje considera que, al tratarse de un suelo húmico, con importante componente orgánica, debe estudiarse la posibilidad de almacenamiento adecuado, para su empleo como material de cobertera y enmienda, en la rehabilitación del depósito de desmonte o el de relaves, o como material de apoyo a la implantación de bofedales en la periferia del depósito de relaves, o en otros enclaves, como podrían ser el entorno de reservorios y del reservorio/laguna Chailhuagón. También podrían ser útiles para reparación de bofedales degradados, existentes en el entorno, fuera del área de proyecto.

Por ello se propone que se proyecte un depósito específico para este suelo húmico, con las características requeridas para su conservación, al objeto de darle mejor uso. En una operación minera, nunca sobra suelo orgánico.



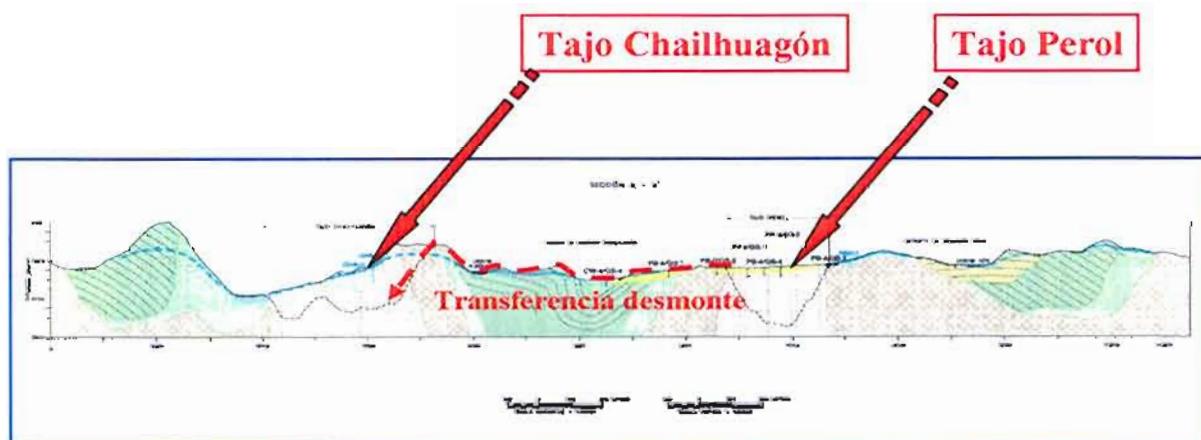
Fuente: Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010. Modificada

Figura 83. Corte vertical del depósito de desmonte Perol.

#### 11.4 Depósito de desmonte Perol

Este depósito, que almacenaría estériles y mineral de baja ley del tajo Perol, cubriría dos lagunas: Azul y Chica, con pequeña capacidad de almacenamiento (máximo de unos 100.000 m<sup>3</sup> cada una), actuación que está motivando rechazos sociales.

Este peritaje entiende que deben estudiarse alternativas para salvaguardar, si fuese posible, una o ambas lagunas. En este sentido entendemos que existen distintas opciones, dentro de las que se puede considerar el desplazamiento lateral de este depósito, o la opción de depositar parte de los desmontes del tajo Perol, en el sector ya explotado del tajo Chailhuagón, lo que supondría un transporte máximo de 3,0 a 4,0 km (Figura 84).



Fuente: Knight Piésold Consulting. Agosto de 2010.

Figura 84. Posición relativa de los tajos Perol y Chailhuagón.

Con una adecuada programación, este almacenamiento se podría iniciar no sólo a partir del año 15, al finalizar la explotación del tajo Chailhuagón, sino incluso antes, dada la morfología alargada de esta masa mineral, favorable para un avance de la explotación de norte a sur, liberando antes al sector septentrional, para que pueda recibir desmontes del próximo tajo Perol.

Todo ello sin excluir la posibilidad de mayor elevación del depósito de desmonte Perol, u otras alternativas de compensación hidrológica y ambiental, que pudieran presentarse y evaluarse durante la ejecución del proyecto, que sean técnica, económica, social y ambientalmente aceptables, diferentes a las aquí expuestas.

### 11.5 Rechazos de la planta de tratamiento de aguas ácidas

El tratamiento activo de las aguas ácidas, cualquiera sea el proceso diseñado, implica la producción de un agua que cumpla con los cánones de vertido, pero también la producción de un residuo sólido o líquido, en el que se concentren los elementos químicos que afectan a la calidad de las aguas.

La gestión de estos "residuos" requiere, en general, de un lugar adecuado para su almacenamiento. En Conga parece que se trataría de una producción de 4,45 Tm/h de lodos, para los que, en principio, parece que se ha previsto su almacenamiento junto a los relaves. Este peritaje considera que esta propuesta no es aceptable, desde el punto de vista ambiental.

En este sentido entendemos que una mejor opción ambiental sería la de construir un depósito de seguridad, que permitiera encapsular estos residuos, en forma semi-seca, de manera segura, u otra solución que no origine problemas de futuro. No es excluyente, tampoco, la posibilidad de cesión de estos rechazos a un Gestor Autorizado, para su almacenamiento y tratamiento, aunque podría tener problemas derivados de su transporte y costo.

### 11.6 Tratamientos pasivos de aguas ácidas

La producción de aguas ácidas de drenaje puede ser un problema a resolver en diferentes instalaciones o áreas de actuación del proyecto.

El planteamiento considerado en el EIA, para tratamiento de estos efluentes, pasa por su envío a la planta de tratamiento de aguas ácidas, lo que supondría su mantenimiento, a un costo elevado, durante decenas de años.

Este peritaje entiende que existen posibilidades que no se han considerado de empleo de los denominados tratamientos pasivos, consistentes en pantanales (*wetlands*) acompañados de la plantación de las macrofitas adecuadas (

Fotografía 29), para el desarrollo de un proceso de bio-remediación natural y autosustentable, con bajo costo (Fernández Rubio, 2007a y 2007b, 2008).



**Fotografía 29. Thypha (totora) empleada para el tratamiento de bioremediación de aguas ácidas de mina (minas de uranio, España).**

Son muchas las experiencias que existen, a escala mundial, y muchos los avances que se han producido a partir de la tecnología de macrofitas flotantes, desarrollada por la Universidad Politécnica de Madrid (España).

Estas actuaciones podrían realizarse a lo largo del eje del río Alto Jadibamba, o de la quebrada Chirimayo o la del Chailhuagón, para corregir la calidad química de posibles flujos que lo requieran (Fotografía 30) Con la ventaja, en todo caso, de constituir un hábitat de interés faunístico indudable, en un área donde las actividades agropecuarias están afectando seriamente a los ecosistemas.



Fotografía 30. Pantanal de totora plantado a pie de depósito de desmonte (Minas de carbón de Andorra, España)

## 11.7 Aumento de la capacidad de los reservorios

La mejora de las propuestas del EIA, en materia de cantidad de aguas superficiales, pasa por dos opciones interrelacionadas, la construcción de mayores reservorios y, consecuentemente, la disponibilidad de mayores caudales regulados.

La observación de las previsiones de llenado de los reservorios (Figura 59), y el análisis de sus reboses indican que, aunque garantizan holgadamente el desembalse de los caudales de mitigación, están netamente subdimensionados respecto al objetivo, de maximizar su capacidad de regulación de los caudales naturales, ya que eso queda fuera del obligado objetivo de un EIA. Por ello, cualquier incremento de capacidad que fuera viable, técnica y económicamente, redundaría en una mejora importante de los caudales regulables. Los comentarios siguientes son meras ideas, cuya viabilidad se debería confirmar con datos topográficos, geotécnicos y económicos no disponibles en el momento actual.

La primera solución de este tipo es el recrecimiento del reservorio Inferior, ampliando en lo posible su volumen para maximizar la capacidad de regulación de caudales para la microcuenca del Alto Jadibamba, dentro de la viabilidad técnica y económica de la obra. Al parecer, según comunicación verbal de Knight Piésold, esa solución podría ser viable.

Se desconoce si los usuarios del Alto Chirimayo, aguas abajo del reservorio Perol, tienen necesidad de caudales suplementarios, ya que los canales inventariados en ella son pequeños. Si fuera así, cabría considerar la posibilidad de aumentar la capacidad de dicho reservorio, justificando su viabilidad.

La ampliación del reservorio Chailhuagón parece difícil, dados los condicionantes topográficos impuestos por su condición de recrecimiento de la laguna del mismo nombre. Aún así, si fuera posible beneficiaría a muchos usuarios de aguas abajo, por lo que sería conveniente explorar dicha posibilidad.

Por último, no sería necesario ampliar el reservorio Superior, que es el único que tiene dificultades para llenarse, dada su elevada capacidad. Sin embargo, tras el cierre de la mina (transcurridos más de veinte años), se podrían implementar instalaciones de bombeo, que permitieran enviar agua al reservorio Inferior, como solución complementaria o alternativa a la eventual ampliación de la capacidad de éste. Sería necesario bombear porque el reservorio Superior no dispone de desagüe profundo, puesto que la presa se apoya en el depósito de relaves.

Los reservorios propuestos en el EIA - y su posible ampliación - aumentarán mucho el volumen de agua disponible en las épocas secas, como es habitual en el caso de las primeras obras de regulación de cualquier cuenca.

En este sentido, son el primer paso para el desarrollo de un sistema de regulación de las microcuencas. La Autoridad Nacional del Agua, a través de sus organismos competentes, considerará - en el marco de sus planes de mejora de la gestión de agua en el Perú - si las demandas de abastecimiento y riego de la zona se atienden correctamente con estos reservorios o se justifica la construcción de otros aguas abajo del proyecto.

## 12 DOCUMENTACIÓN DE BASE

### 12.1 Bibliografía referenciada

Para la elaboración de este Dictamen, este peritaje ha utilizado la siguiente documentación (ordenada cronológicamente):

*Theis C.V.* 1935. *The lowering of the piezometric surface and the rate and discharge of a well using ground water storage*. Transactions of the American Geophysical Union, 16: 519-524.

*Turc L.* 1951. *Nouvelle formule pour le calcul du bilan d'eau en fonction des valeurs moyennes annuelles des précipitations et de la temperature*. C.R.A.Sc, 233: 633-635.

*Benavides, V.* 1956. *Cretaceous System in Northern Peru*. Doctoral Thesis, Faculty of Pure Science, Columbia University. Bull. American Museum of Natural History, 108: 353-494.

*Logan, J.* 1964. *Estimating transmissibility from routine production tests of water wells* Groundwater, 2: 35-37.

*Castany, G. y Berkaloff, E.* 1970. *Evaluation rapide des ressources en eaux d'une région*. In Simposio Internacional sobre Aguas Subterráneas de Palermo. AIH, Ente de Desarrollo Agrícola, Palermo. pp. 462-682.

*USEPA.* 1982. *Handbook for Sampling and Sample Preservation of Water and Wastewater*. 418 pp.

*Hargreaves, G.H. y Samani, Z.A.* 1982. *Estimating potential evapotranspiration*. J. Irrig. and Drain Engr., ASCE, 108(IR3):223-230.

*Custodio, E. y Llamas, M.R.* (Eds). 1983. *Hidrología subterránea*. Ed. Omega, 2 vol., Barcelona. 2.359 pp.

*Larsson, I.* 1984. *Groundwater in hard rocks*. Studies and reports in hydrology. Unesco, Paris, 33: 1-228.

*Jaillard, E.* 1985. *La formation Cajamarca (Turonien supérieur) dans la région de Bambamarca (Andes nord-péruviennes)*. Approche sédimentologique. Bull. Inst. Fr. Et. And., 14, 49-56.

*Wilson, J.J.* 1985. *Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén*. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 38, 104 p.

*Aller, I.; Bennet, T.; Lehr, J.H. y Petty, R.* 1987. - DRASTIC: a Standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. U.S. EPA Report 600/2-85/018.

*Foster, S.S.D.* 1987. *Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy*. In W. van Duijvanbooden and H.G. van Waegeningh (eds.), *Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollution*, Proceedings and Information No. 38 of the International Conference held in the Netherlands, in 1987, TNO Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands.

*CEDEX.* Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX. Madrid, España. 1990. *Inventario Nacional de Recursos Hídricos del Perú. Plan Nacional de Irrigaciones del Perú (PLANIR)*.

*Fernández Rubio, R.* 1991. *Tratamiento biológico de aguas en pantanales*. Tecno Ambiente 1: 37-44. Madrid.

Wright, E.P. y Burgess, W.G. 1992. *The hydrogeology of crystalline basement aquifers in Africa*. Geological Society Special Publication, London, 66: 1-264.

Cleary, R.W, Pinder, G. y Unga, M.J. 1993. *IBM PC applications in groundwater pollution & hydrogeology: hands-on short course*. PC Laboratory Instructors. NGWA. Dublin. Ohio. Documento policopiado.

MEM. 28 de febrero de 1994. *Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua*.

MINEM. 31 de marzo de 1995. *Guía Ambiental para elaborar Estudios de Impacto Ambiental*. R.D. N° 015-1995-EM/DGAA. 51 pp.

Gobierno Federal de Suiza. 1995. *Ley Federal sobre Protección de Aguas*.

PNUMA/OMS. 1996. *Water Quality Monitoring – A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programme*. Editado por J. Bartram y R. Ballance.

Serrano, J., López A.J., Fernández Rubio, R., León, A., Baquero J.A., Gutiérrez, A., Lorca, D. y Carvajal, D. 1996. *Afluentes de aguas ácidas en la cuenca alta del Olivargas y área de Tharsis (Huelva). Diagnóstico y medidas correctoras*. IV Simposio sobre El Agua en Andalucía (SIAGA). ITGE. Almería II: 371-380.

Singhal B.B.S. y Gupta R.P. 1999. *Applied hydrogeology of fractured rocks*. Kluwer Academic Publishers. 400 pp.

Lloyd J. 1999. *Water resources of hard-rock aquifers in arid and semi-arid zones*. Studies and Reports in Hydrology, Unesco, Paris, 58: 1-284.

Robins, N.S. y Misstear, B.D.R. 2000. *Groundwater in the Celtic Regions*. In: Robins N.S. y Misstear B.D.R. (eds.). *Studies in hard-rocks and Quaternary hydrogeology*. Geological Society Special Publication, London, 182: 5-17.

Stober, I. y Bucher, K. 2000. *Hydrogeology of crystalline rocks*. Water Science and Technology Library, Kluwer Academic Publishers, 34: 1-284.

MINAM. 23 de abril de 2001. *Ley N° 27446. Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental*.

Fetter, C.W. 2001. *Applied Hydrogeology*. 4th Edition. Prentice Hall, New Jersey, 598 pp.

González de Vallejo, L.I., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. 2002. *Ingeniería geológica*. Prentice Hall, Madrid, 715 pp.

MINEM. 28 de abril de 2003. *Reglamento sobre Protección del Medio Ambiente*. D.S.N° 016-93-EM. 19 pp.

Navarrete, C.M. y García, A.G. 2003. *Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. Metodología y aplicación al territorio*. Instituto Geológico y Minero de España. 273 pp.

Bergkamp, G. Orlando, B., Burton, I. 2003: *Change. Adaptation of Water Management to Climate Change*, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. ix + 53 pp.

Prieto, B.C.J. 2004. *El agua. Sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación*. Ecoe ediciones. Colombia.

MINEM. 15 de agosto de 2005. *Reglamento para el Cierre de Minas*. Aprobado por D.S. N° 033- 2005 EM (MINEM).

Carvalho, J.M. 2006. *Prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterráneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas*. Tesis Doctoral. Universidade de Aveiro. 292 pp + carta hidrogeológica + anexos.



MINAM. Noviembre de 2006. *ECA para el agua*, con alrededor de 80 parámetros agrupados por uso en cuatro categorías. Art. 81° y 82° del Reglamento de la LGA. Aprobado por D.S. N° 002- 2008-MINAM.

*Water Management Consultants*. 2006. *Soruchuco Spring Source Water Evaluation*, Informe preparado para MYSRL, 93 pp, version Draft

Gobierno Regional de Cajamarca. Gerencia de Recursos Naturales y Gestión de Medio Ambiente. Agosto de 2007. *Estrategia regional de la biodiversidad de la Región Cajamarca*. 87 pp.

MEM. 10 de septiembre de 2007. *Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad de las Aguas Superficiales por Actividades Minero Metalúrgicas*.

Espinha Marques, J.M, 2007. *Contribuição para o conhecimento da hidrogeologia da região do Parque Natural da Serra da Estrela, Sector de Manteigas—Nave de Santo Antonio—Torre (Contribution to the knowledge of the Hydrogeology of the Serra da Estrela Natural Park region, Manteigas—Nave de Santo Antonio—Torre sector)*. PhD thesis. University of Porto (en portugués).

Fernández Rubio, R. 2007a. *Activos ambientales de la minería española*. Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas. 415 pp.

Fernández Rubio, R. 2007b. *Rehabilitación de Espacios Mineros*. XII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Conferencia de Clausura. Oviedo. 14 pp.

*Water Management Consultants (Peru) S.A.* Julio 2007. *Proyecto Conga. Caracterización hidrogeológica e hidroquímica de la línea base*. 276 pp.

Fernández Rubio, R. 2008. *El agua de mina: un activo ambiental*. VII Simposio del Agua en Andalucía. IGME. Baeza. I: 23-45.

Gleeson, T. y Manning, A.H. 2008 *Regional groundwater flow in mountainous terrain: three-dimensional simulations of topographic and hydrogeologic controls*. Water Resour. Res. 44:W10403. doi:10.1029/2008WR006848.

MINAM. 28 de junio de 2008. *Decreto Legislativo N° 1078. Modificatoria de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental*.

MINAM.2008. *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA)*. D.S. N° 002-2008-MINAM.

Espinoza, J. C., et al. 2008. *Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador)*. Inte. Journal of Climatology, Royal Meteorological Society.

Pouyaud, B., Yerren Suarez, J., Arboleda Orozco, J. y Suarez Alayza, W. 2008. *Variabilidad pluviométrica a escalas anual y cuatrimestral en la vertiente peruana del océano pacífico*<sup>36</sup>

República del Perú. Marzo de 2009. *Ley de Recursos Hídricos del Perú. Ley N° 29338*.

Schlumberger Water Services. 15 de Diciembre de 2009. *Modelo de desagüe del tajo Chailhuagón*. 141 pp.

Knight Piésold Consulting. Mayo de 2009. *Baseflow Technical Memorandum*. Realizado para MYSRL. 18 pp.

MINAM. 25 de septiembre de 2009. *Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental*. Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM.

<sup>36</sup> <http://www.bvsde.paho.org/texcom/cd046995/JYerren.pdf>

MINAM. 2009. *Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua*. Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM.

Schlumberger Water Services. 11 de Enero de 2010. *Revisión III: Modelo geoquímico de la laguna del tajo Perol*. 30 pp.

Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010. *Proyecto Conga. Estudio de Impacto Ambiental. Informe Final*. Realizado para Minera Yanacocha S.R.L. 1.731 pp.

Knight Piésold Consulting. Agosto de 2010. *Levantamiento de Observaciones. Ministerio de Energía y Minas*. 6.916 pp.

Espinha Marques, J.; Samper, J.; Pisani, B.; Alvares; Carvalho, J. M.; Chamine, H. I.; Marques, J. M.; Vieira, G. T.; Mora, Cy.; Sodre Borges, F. 2010. *Evaluation of water resources in a high-mountain basin in Serra da Estrela, Central Portugal, using a semi-distributed hydrological model*. Environ Earth Sci (2G11) 62:1219-1234 DOI 1G.1GG7/s12665-G1G-G61G-7.

Knight Piésold Consulting. 2010. *Evaluación de descargas críticas de estación seca*. Memorando Técnico. Anexo 3.1 Proyecto Conga Estudio de Impacto Ambiental. Informe Final.

Knight Piésold Consulting 2010 *Régimen Pluviométrico y de Evaporación*. Anexo 3.10 Proyecto Conga Estudio de Impacto Ambiental. Informe Final.

Knight Piésold Consulting. Febrero de 2010 (2010<sub>a</sub>) *Proyecto Conga. Estudio de Impacto Ambiental. Informe Final*. Realizado para Minera Yanacocha S.R.L. 20.467 pp.

Knight Piésold Consulting. Agosto de 2010 (2010<sub>b</sub>). *Levantamiento de Observaciones*. Ministerio de Energía y Minas. 6.919 pp.

Especialistas de las Direcciones Regionales del MINAM. 21 de noviembre de 2011. *Comentarios al Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Conga aprobado en octubre de 2010*. 11 pp.

Parlamento Europeo y del Consejo. 13 de diciembre de 2011. *Directiva 2011/92/UE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente*. Publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea del 28.1.2012. 21 pp.

SVS, S.A. 2011. *Plan de Cierre Final. Proyecto Conga*.

Gobierno Regional de Cajamarca. Consejo Regional. 5 de Diciembre de 2011. Ordenanza Regional N° 036-2011-GR.CAJ-CR. 6 pp.

INSIDEO. Febrero de 2012. *Proyecto Minero Conga. El agua en el Estudio de Impacto Ambiental*. Presentación powerpoint. 85 transparencias.

Carlotto Caillaux V. y Peña Laureano F. 2012. *Geología e Hidrogeología Regional (1/50.000) de la zona del proyecto Conga y alrededores*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Lima. 16 pp.

SWS. 2012. *Actualización del estudio hidrogeológico de Conga*. Modelo Feflow conceptual y numérico. 74 pp + anexos.

Lavado, W., Ronchail, J., Labat, D., Espinoza, J. C., Guyot, J. L. 2012. Basin-scale analysis of rainfall and runoff in Peru (1969–2004): Pacific, Titicaca and Amazonas drainages, Hydrological Sciences Journal, DOI:10.1080/02626667.2012.672985.

## 12.2 Otros documentos considerados

Por diferentes conductos este peritaje ha recibido la siguiente documentación (ordenada cronológicamente):

GRUFIDES, *Enginyeria Sense Fronters*, ACSUR. Marzo, 2011. *¿Porqué el Proyecto Conga es inviable?*. 8 pp.

Carta del MINAM, de 27 de febrero de 2012, mediante la cual remite el documento de 21 de noviembre de 2011. *Comentarios al Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Conga aprobado en octubre de 2010*. 12 pp.

Lambán Jiménez, L.J. 29 de noviembre de 2011. *Comentarios generales sobre el Estudio Hidrogeológico presentado en la Evaluación del Impacto Ambiental del proyecto Conga. Preparado para la ONG Ingenieros Sin Fronteras* 3 pp.

Moran, R.E. Marzo de 2012. *El proyecto minero Conga. Comentarios al Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y temas relacionados*. Preparado para el Environmental Defender Law Center (USA). 22 pp.

Rojas Alcalde, T. (coordinador) *Grupo Técnico Cajamarca*. Marzo 2012. *Observaciones y aportes al Proyecto Conga*. 16 pp.

Arrojo Agudo, P. 2012. *Informe Técnico de la Misión Internacional de Observación de la Marcha por el Derecho al Agua. Capítulo Económico – Financiero*. 24 pp.

Peralta Quiroz, G. Abril 2012. *A partir del día siguiente... Informe sobre las graves consecuencias del Proyecto Conga*. 24 pp.

### 12.3 Fotografías

Las imágenes fotográficas referentes al entorno del proyecto Conga han sido tomadas, en su totalidad, por los autores de este Dictamen Pericial, durante sus detallados reconocimientos sobre el terreno, y en los tres vuelos en helicóptero realizados.

## 13 AGRADECIMIENTOS

---

### Instituciones

Óscar Valdés Dancuart, Presidente del Consejo de Ministros.

Jorge Humberto Merino Tafur, Ministro de Energía y Minas.

Manuel Pulgar Vidal, Ministro de Ambiente.

Luis Ginocchio Balcázar, Ministro de Agricultura.

Mariano Castro S.M., Viceministro de Gestión Ambiental, Ministerio del Ambiente.

Gabriel Quijandría Acosta, Viceministro de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales, Ministerio del Ambiente.

Manuel Castro Baca, Director General de Asuntos Ambientales Mineros, Ministerio de Energía y Minas.

Hugo E. Jara Facundo, Jefe Autoridad Nacional del Agua, Ministerio de Agricultura.

Jorge Luis Montenegro Chavesta, Director Autoridad Nacional del Agua, Ministerio de Agricultura.

Susana G. Vilca Achata, Presidenta Consejo Directivo Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. INGEMMET.

Gustavo Adolfo Luyo Velit, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Ministerio de Energía y Minas.

Victor Santiago Carlotto Caillaux, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Ministerio de Energía y Minas.

Flucker Peña Laureano, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Ministerio de Energía y Minas.

Milagros Verastegui Salazar, Ministerio del Ambiente.

Roque Vargas Huamán, Ministerio de Energía y Minas.

Amelia Díaz Pabló, Presidenta Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. SENAMHI.

Julio Ordóñez Gálvez, Director SENAMHI.

Oscar Felipe Obando, Director SENAMHI.

Juan Fernando Arboleda Orozco, Director SENAMHI.

Waldo Sven Lavado Casimiro, Director SENAMHI.

## Enlace-coordinación y apoyo logístico

**María Elena Juscamaita Arangüena**, Secretaria General, Presidencia del Consejo de Ministros,

**Tábata Dulce Vivanco del Castillo**, Secretaria General, Ministerio de Energía y Minas,

**Marina Vilca Tasayco**, Directora de la Oficina General de Administración, de la Presidencia del Consejo de Ministros.

**Víctor E. Caballero Martín**, Jefe de la Oficina de Gestión de Conflictos Sociales, de la Presidencia del Consejo de Ministros.

**Walter Obando Licera**, Asesor de la Oficina de Gestión de Conflictos Sociales, de la Presidencia del Consejo de Ministros, Coordinador Técnico del Peritaje.

**Martín Carbajal Zegarra**, Asesor de la Oficina de Gestión de Conflictos Sociales, de la Presidencia del Consejo de Ministros.

**Rodrigo Prada Vargas**, Asesor de la Oficina de Gestión de Conflictos Sociales, de la Presidencia del Consejo de Ministros.

**Luis Alberto León Flores**, Jefe de la Oficina de Asuntos Administrativos, de la Presidencia del Consejo de Ministros.

**Lourdes de Souza Ferreyra Odar**, Secretaria de la Oficina de Gestión de Conflictos Sociales, de la Presidencia del Consejo de Ministros.

**Michael Acosta Arce**, Ingeniero Ambiental del Ministerio de Energía y Minas

**Miluska Eran Boderó**, Asistente del Ministerio de Energía y Minas.

**Wendy Alfaro Wall**, Asistente de Soporte Técnico del Ministerio de Energía y Minas.

**Raúl González Neira**, Ingeniero de Soporte del Ministerio de Energía y Minas.

**Sofía Mescua**, Fotógrafa.

## Consultorías (ordenados alfabéticamente por apellidos)

**Carlos Aguilera M.**, Process Engineer. Fluor

**Michael K. Herrel**, Geochemist. Golder Associates.

**Alfredo Hajar**, Consultor Ambiental.

**Rafael S. Dávila**, Principal, Gerente General. Golder Associates.

**Simon Mansell**, Senior Project Manager, Schlumberger Water Services.

**Mayra Medina**, Consultora. Metis Gaia Consultores.

**Nathan Nadramija**, Gerente General. Metis Gaia Consultores.

**Xavier G. Panozo M.**, Gerente de Proyectos. Knight Piésold Consulting.

**Roberto Parra**, Consultor Ambiental.

**Abelardo de la Torre Villanueva**, Asesores Técnicos Asociados, S.A.

**Javier Torrealva**, Líder Grupo Hidrotecnia. Golder Associates.

**Mario Villavisencio**, Gerente General. Knight Piésold Consulting.

**Contactos Cajamarca y Lima** (ordenados alfabéticamente por apellidos)

Narda Alarcón Rojas, UPAGU.

Hugo Arévalo Escaró, PROESMIN.

Nicole Bernex, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Luis Céspedes Ortiz, Gerente General. Cámara de Comercio y Producción de Cajamarca.

Antenor Floríndez Díaz, ONG CUENCAS.

Cristian H. Gálvez Ruiz, Director. Cámara de Comercio y Producción de Cajamarca.

Héctor Garay Montañez, Universidad particular Antonio Guillermo Urrelo. UPAGU.

Ever Glicerio Hernández Cervera, Gobernador Regional Región Cajamarca.

José J. Huamán Mantilla, PSI SIERRA - MINAG.

José Carmelo Martínez Lázaro, Obispo de Cajamarca.

Mirco H. Miranda Sotil, Asesor de la Alta Dirección de Alta Autoridad del Agua.

Rosa Olivera González, AGRORURAL - MINAG.

Telmo Ramón Rojas Alcalde, ONG CUENCAS

Hugo Loli Salomón, Director de Comités. Cámara de Comercio y Producción de Cajamarca.

Francisca Torres Hernández, Josemar Consultores EIRL.

  
**14 FINAL DICTAMEN**

---

