

Sociedad Minera La Cima S.A.

**Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Cerro Corona**

Mayo 2005

Preparado para
Sociedad Minera La Cima S.A.
Av. Pedro de Osma 450, Barranco
Teléfono: (511) 467-0077
Fax: (511) 251-8838

Preparado por
Knight Piésold Consultores S.A.
Avenida San Borja Sur 143
San Borja, Lima 41- Perú
Teléfono: (511) 226-0044
Fax: (511) 226-0062

LI201-00117/5

Sociedad Minera La Cima S.A.

**Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Cerro Corona**

Volumen I-A

Resumen ejecutivo

Texto (Capítulo 1 al 3)

Volumen I-B

Texto (Capítulo 4 al 13)

Volumen I-C

Tablas

Figuras

Gráficos

Fotos

Volumen II

Anexo A	Pasivos ambientales
Anexo B	Autorizaciones y licencias
Anexo C	Metodologías de la línea base ambiental
Anexo D	Ambiente físico
D-1	Datos meteorológicos de mina Carolina
D-2	Línea base hidrológica superficial
D-3	Línea base de calidad de aire (Junio 2004). Línea base de calidad de aire (Diciembre 2004) Procedimiento de control de calidad de equipos de monitoreo de calidad de aire
D-4	Línea base de ruido y vibraciones
D-5	Línea base de suelos Informe de ensayo de la PUCDP Análisis de suelos de la UNALM Glosario de términos edafológicos

Volumen III

Anexo D	Ambiente físico
D-6	Línea base de calidad de agua Informe de ensayo – NKAP Informe de ensayo – ALS Environmental Informe de ensayo – Envirolab-Perú SAC
Anexo E	Ambiente biológico

Volumen IV-A

Anexo F	Ambiente socioeconómico Línea base social
---------	--

Volumen IV-B

Anexo F Ambiente socioeconómico (Cont.)
 Línea de base social

Volumen IV-C

Anexo F Ambiente socioeconómico (Cont.)
 Evaluación de impactos
 Plan de relaciones comunitarias
 Plan de consulta pública y divulgación de información

Volumen V

Anexo G Ambiente de interés humano
 G-1 Reporte: Proyecto de evaluación arqueológica Cerro Corona-Cajamarca
 G-2 Certificados

Anexo H Estudio de factibilidad de las instalaciones para el manejo de relaves y
 desmonte de mina y la cantera de roca

Anexo I Investigación sobre la descarga de agua del tajo abierto de la mina Cerro
 Corona

Anexo J Investigación del lago de tajo

Volumen VI

Anexo K Investigación de la calidad de agua para las operaciones y cierre del depósito
 de relaves de Cerro Corona

Anexo L Descripción del proyecto
 Diagramas de flujo

Volumen VI (Cont.)

Anexo M	Diseño de factibilidad del relleno sanitario
Anexo N	Metodología de evaluación de impactos ambientales
Anexo Ñ	Modelamiento de dispersión de material particulado PM ₁₀
Anexo O	Plan de manejo de cianuro Almacenamiento, manejo, propiedades y usos del cianuro de sodio
Anexo P	Plan de emergencias y contingencias
Anexo Q	Modelamiento de ruido y vibraciones
Anexo R	Análisis de alternativas

Sociedad Minera La Cima S.A.

**Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Cerro Corona**

Resumen Ejecutivo

Mayo 2005

Preparado para
Sociedad Minera La Cima S.A.
Av. Pedro de Osma 450, Barranco
Teléfono: (511) 467-0077
Fax: (511) 251-8838

Preparado por
Knight Piésold Consultores S.A.
Av. San Borja Sur 143, San Borja
Lima 41

LI201-00117/5

Sociedad Minera La Cima S.A.

Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Cerro Corona

Resumen Ejecutivo

1.0 Introducción

Sociedad Minera La Cima S.A. tiene planificado desarrollar el Proyecto Cerro Corona, el cual consistirá en la explotación a tajo abierto de un yacimiento de cobre y oro y el procesamiento del mineral por un sistema de molienda y flotación mediante una planta concentradora con capacidad para procesar aproximadamente 17 000 TPD.

El Proyecto Cerro Corona se encuentra políticamente ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Hualgayoc, distrito de Hualgayoc, Comunidad Campesina El Tingo, Anexo Predio La Jalca, Caseríos Coymolache y Pilancones. Geográficamente, se encuentra ubicado en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental de los Andes del Norte de Perú, hacia la vertiente continental atlántica, aproximadamente entre los 3 600 y los 4 000 m de altitud. Involucra principalmente a las cuencas de los ríos Tingo/La Quebrada o Tingo/Maygasbamba, y Hualgayoc/Arascorgue, las cuales drenan hacia el océano Atlántico a través de los ríos Llaucano, Marañón y Amazonas. El área de influencia directa del proyecto abarca a la Comunidad Campesina El Tingo, incluido su Anexo el Predio La Jalca, conformado por los caseríos de Pilancones, Coymolache y el Centro Poblado Urbano de Hualgayoc.

Por carretera, el área del proyecto se encuentra a aproximadamente 10 km al noroeste del poblado de Hualgayoc, 30 km al suroeste de la ciudad de Bambamarca, capital de la provincia de Hualgayoc y 90 km al noroeste de la ciudad de Cajamarca, capital del departamento del mismo nombre (Figura 1.1). El proyecto contempla una etapa de construcción de 1,5 años y una etapa de operación de 14,5 años, luego de los cuales se procederá con la etapa de cierre final.

El área del proyecto está dentro de las concesiones y derechos mineros adquiridos por Sociedad Minera La Cima S.A. y algunas concesiones que están en proceso de adquisición. En la Figura 2.1 se muestran las concesiones en relación con la huella del proyecto.

En el presente documento, que se somete a consideración y aprobación de las autoridades, se han abordado los posibles efectos que las actividades planeadas del proyecto tendrán sobre las condiciones ambientales y sociales de la zona. Se han planificado las actividades del Proyecto Cerro Corona, que involucran las labores de construcción y desarrollo del sitio, operaciones de procesamiento para producir los concentrados de cobre con contenido de oro, así como las medidas para el cierre, rehabilitación y el monitoreo de la etapa de post cierre.

2.0 Antecedentes

2.1 Antecedentes y propiedad

El Proyecto Cerro Corona pertenece a Sociedad Minera La Cima S.A., en su condición de titular de las concesiones mineras en donde se encuentra el referido proyecto. Sociedad Minera La Cima S.A. se crea como consecuencia de la reorganización societaria por escisión de la cual es materia la empresa Sociedad Minera Corona S.A., formalizada mediante Escritura Pública de fecha 19 de noviembre de 2003, otorgada ante Notario de Lima Dr. Alfredo Paino Scarpatti, producto de la cual se escinde parte de su patrimonio, el que es incorporado a la nueva empresa denominada Sociedad Minera La Cima S.A. Producto de la reorganización societaria por escisión, el patrimonio de Sociedad Minera Corona S.A., en lo que corresponde a los derechos mineros ubicados en el distrito y provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, pasa a integrar el patrimonio de Sociedad Minera La Cima S.A. Los accionistas en esta nueva compañía, producto de la escisión, son miembros de la familia Gubbins, accionistas principales de Sociedad Minera Corona S.A., la cual, a través de dicha empresa, ha operado la Mina Carolina, nombre bajo el cual se regía la operación de Sociedad Minera Corona S.A. en la zona del Proyecto Cerro Corona. La Mina Carolina fue una mina subterránea pequeña, con un sistema de disposición de relaves y molienda compleja. La Mina Carolina ha sido operada intermitentemente desde que comenzó sus operaciones en el año 1984 hasta que éstas fueron suspendidas en el año 2003.

Durante los últimos diez años, la familia Gubbins, a través de Sociedad Minera Corona S.A., ha realizado varias campañas de exploración en Hualgayoc tanto directamente como en asociación con otras compañías mineras, en distintos periodos, tales como Barrick Gold Corporation y RGC Minerals.

El 17 de diciembre del 2003, la familia Gubbins y Gold Fields Corona BVI, propietaria de Minera Gold Fields S.A., firmaron un Contrato de Opción por la compra de las acciones de Sociedad Minera La Cima S.A. El ejercicio de la opción por parte de Gold Fields Corona BVI está condicionado a que Sociedad Minera La Cima S.A. pueda obtener los derechos superficiales que se requieren para el desarrollo del Proyecto Cerro Corona, a la aprobación del EIA por la autoridad competente y al otorgamiento de los permisos de construcción necesarios para el desarrollo del proyecto. En todos los casos, la familia Gubbins está obligada a prestar su colaboración, directamente o a través de Sociedad Minera Corona S.A., para lograr la obtención de las autorizaciones, licencias, permisos, derechos superficiales y

todo aquello que permita a Sociedad Minera La Cima S.A. el desarrollo del Proyecto Cerro Corona.

Gold Fields Corona BVI es una subsidiaria de Gold Fields Limited, la cual es una de las productoras de metales preciosos más grandes en el mundo, con una producción de oro de más de cuatro millones de onzas por año, en operaciones ubicadas en África del Sur, Ghana, Australia y Finlandia.

En el año 2003, la Mina Carolina cesó sus operaciones y Gold Fields Limited, a través de Minera Gold Fields S.A. (MGF), inició el planeamiento del Proyecto Cerro Corona, enfocándolo en el desarrollo de un depósito de 90 MT con niveles de procesamiento de 6,2 MT/año o 17 000 TPD.

En el año 2004, Minera Gold Fields S.A. solicitó a Knight Piésold realizar una evaluación para determinar las condiciones existentes en el sitio en relación con las leyes ambientales, permisos obligatorios y con respecto al uso de las mejores prácticas en la industria. Esta evaluación se llevó a cabo para confirmar el estado de cumplimiento de los propietarios anteriores e identificar cualquier carencia en las prácticas y actividades asociadas a la mina que podrían exponer a Sociedad Minera La Cima, bajo la propiedad y administración de Gold Fields Corona BVI, a futuras responsabilidades. La evaluación consideró como implícito que el escenario más probable para el desarrollo era el presentado en el Estudio de Factibilidad Definitivo para el Proyecto Cerro Corona preparado por GRD Minproc Limited (2001).

2.2 Historia de las operaciones en Cerro Corona

El área de Cerro Corona ha sido substancial y adversamente afectada por operaciones mineras pasadas y presentes. Por lo menos 22 operaciones actuales e históricas o minas abandonadas han sido identificadas en el distrito minero de Hualgayoc, próximas al área del Proyecto Cerro Corona. Estas operaciones mineras han generado diversas alteraciones en el terreno, tales como botaderos de desmonte y desechos, depósitos de relaves, galerías y labores subterráneas y minas de tajo abierto. Muchas de estas alteraciones del terreno han afectado la calidad del recurso hídrico aguas abajo del área del proyecto.

El área del Proyecto Cerro Corona se ubica cerca de la línea divisoria continental de aguas, en la parte alta de las cuencas de los ríos Hualgayoc y Tingo. Estos ríos son tributarios del río Llaucano, el cual fluye por la ciudad de Bambamarca hacia el río Marañón, formando parte de la cuenca del río Amazonas. La población que se encuentra cerca al área del proyecto es rural

y se concentra en pueblos pequeños. La minería ha generado históricamente puestos de trabajos en el área, principalmente la pequeña y mediana minería en el distrito de Hualgayoc.

El distrito de Bambamarca, localizado aguas abajo de las vertientes de los ríos Hualgayoc y Tingo, tiene una población significativamente más grande que la de Hualgayoc y se dedica principalmente a las actividades agro-pastoriles, incluyendo la producción de leche y queso.

Las actitudes públicas hacia el Proyecto Cerro Corona son variadas. En el distrito de Hualgayoc, de tradición minera, luego del cese de algunas minas y que los puestos de trabajo para los pobladores locales desaparecieron, los impactos ambientales asociados con descargas no controladas de agua de mina e impactos consecuentes a la calidad de agua han llegado a ser la herencia predominante de la actividad minera hacia las comunidades. Las expectativas hacia las operaciones futuras en Cerro Corona son diversas. Mientras que algunos habitantes están a favor de ellas debido a la esperanza de obtener nuevos puestos de trabajo, otros manifiestan preocupaciones acerca de un aumento en la contaminación y la pérdida de tierras para la agricultura de subsistencia tradicional.

En 1996, las condiciones de línea base social y ambiental para el proyecto fueron recopiladas en un reporte preparado por Knight Piésold Consulting, titulado “Sociedad Minera Corona S.A. – Proyecto Cerro Corona, Reporte Final de las Condiciones Ambientales de la Línea Base”. Ese reporte presentó información que describía las condiciones que existían en el área del proyecto y en las áreas circundantes, incluyendo la caracterización de calidad de aire, condiciones de aguas subterráneas y superficiales, suelos, flora, fauna, arqueología y las condiciones socioeconómicas. La información de la línea base ha sido complementada y actualizada desde ese entonces por Knight Piésold y por otros consultores para establecer la base sobre la cual se planificarán y desarrollarán las distintas etapas del proyecto.

Si bien la información de línea base ambiental recogida en la década de 1990 es útil al tratar de delinear las condiciones existentes, la información de línea base social colectada en aquel momento resulta desactualizada, debido al cambio en las actitudes públicas en la región con respecto a la minería. Debido a esto, MGF, con apoyo de Social Capital Group, ha llevado a cabo un Estudio de Impacto Social. Adicionalmente, se han llevado a cabo una serie de talleres informativos a la población acerca del proyecto, con el objetivo de dar a conocer a la opinión pública los aspectos relevantes del mismo, así como las políticas ambientales y sociales de MGF, las cuales serán de cumplimiento obligatorio por Sociedad Minera La Cima S.A. Del mismo modo, estos talleres permiten conocer las principales preocupaciones de la

población involucrada y recoger sus aportes y comentarios al proyecto. Social Capital Group, dentro del Estudio de Impacto Social, ha incorporado la línea de base social, la identificación de los posibles impactos sociales del proyecto y el plan de relaciones comunitarias, teniendo en consideración lo establecido en la R.M. N° 596-2002-EM/DM, el D.S. N° 042-2003-EM y la Guía de Relaciones Comunitarias del Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

2.3 Marco legal

Las principales disposiciones de protección ambiental aplicables al desarrollo de actividades mineras y consecuentemente al Proyecto Cerro Corona se encuentran en el Título Quince del “Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería”, aprobado por Decreto Supremo No. 014-92 EM (2 de junio de 1992), y su reglamento aprobado por Decreto Supremo No. 016-93-EM, “Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Minero Metalúrgicas” (28 de abril de 1993), modificado por el Decreto Supremo No. 059-93-EM (13 de diciembre de 1993) y Decreto Supremo No. 058-99 EM (24 de noviembre de 1999).

La presentación de los Estudios de Impacto Ambiental (EIAs) de proyectos mineros se enmarca dentro de lo establecido en el D.S. N° 016-93-EM. Asimismo, el procedimiento de participación ciudadana se encuentra normado en la R.M. N° 596-2002-EM/DM, Reglamento de Consulta y Participación Ciudadana en el Procedimiento de Aprobación de los Estudios Ambientales en el Sector Energía y Minas, donde se establece la necesidad de desarrollar un proceso de consulta previamente a la presentación del EIA al MINEM y la organización de talleres informativos y audiencias públicas luego de ser presentado el mismo.

Otras normas que regulan los aspectos ambientales relacionados con el desarrollo de actividades mineras son:

- Constitución Política del Perú, 1993
- Decreto Legislativo N° 613, “Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales”, (7 de setiembre de 1990);
- Decreto Legislativo N° 757, “Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada”, (8 de noviembre de 1991);
- Ley N° 26786, “Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades”, (1 de mayo de 1997);
- Ley N° 26821, “Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales”, (26 de junio de 1997);

- Ley N° 27446, “Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental,” (23 de abril de 2001); y
- Ley N° 28245, “Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental”, (8 de junio de 2004).
- Decreto Supremo No. 042-2003-EM, “Compromiso Previo para el desarrollo de Actividades Mineras y Normas Complementarias”.

3.0 Descripción del Área del Proyecto

Los estudios de línea base del presente EIA incluyen el área donde se ubicará la mina y sus instalaciones, el área del derecho de vía propuesto para el futuro acceso a la Comunidad Campesina El Tingo y la zona de la nueva ubicación de la tubería de agua Manuel Vásquez. Asimismo, se realizaron estudios complementarios en el área de la ruta de transporte del concentrado hacia el puerto Salaverry.

3.1 Ambiente físico

Ubicación y acceso

El área del Proyecto Cerro Corona se encuentra políticamente ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Hualgayoc, distrito de Hualgayoc, Comunidad Campesina El Tingo, Anexo Predio La Jalca, Caseríos Coymolache y Pílancones, aproximadamente a 90 km por carretera al noroeste de la capital del departamento de Cajamarca, a aproximadamente 10 km por carretera de Hualgayoc y a 30 km de Bambamarca (capital de la provincia).

El área del proyecto comprende las partes altas de las cuencas de los ríos Tingo/La Quebrada (conocido también como Tingo/Maygasbamba) y Hualgayoc/Arascorgue, las cuales drenan hacia el océano Atlántico a través de los ríos Llaucano, Marañón y Amazonas. El acceso desde Cajamarca es mediante carretera afirmada.

Fisiografía y, topografía

El área del proyecto es montañosa y el cauce de algunos ríos, como en el caso del río Hualgayoc, transcurre por valles formados por pendientes muy empinadas de grandes montañas, en las cuales se pueden apreciar acantilados desnudos. Las pendientes proveen a los ríos un alto poder de erosión de sus cauces. Los principales cerros que se observan en la zona son: Las Gordas, Candela, Corona Las Águilas y María. Las principales quebradas son la quebrada Las Gordas o quebrada Coymolache, quebrada Las Águilas, quebrada Mesa de Plata, quebrada Corona, quebrada del Tingo y quebrada de Hualgayoc (Foto 3.1).

Clima y meteorología

La época de lluvias en el área de estudio se da entre los meses de octubre y marzo; mientras que de abril a junio se producen precipitaciones moderadas. La precipitación total anual no varía drásticamente de un año a otro, siendo el valor del Módulo Pluviométrico Anual de 1 360 mm. Durante el periodo evaluado los totales anuales de precipitación variaron entre 756 mm (año 1979/1980) y 1 721,5 mm (año 1980/1981). En la estación meteorológica

Hualgayoc las temperaturas anuales promedio durante el periodo comprendido entre 1972 y 1981 fluctuaron entre 7,2°C (para el mes de julio) y 8,4°C (para los meses de abril y noviembre), siendo la oscilación máxima de 1,2°C. La evaporación total anual registrada en la estación Hualgayoc (periodo 1972-1981) fue de 676,4 mm, variando el total mensual de 47,4 mm en el mes de febrero a 68,7 mm en el mes de agosto. La humedad relativa es alta y se mantiene en promedio por sobre el 79%, aumentando durante los meses de lluvia; siendo la media anual de 83,8%. El área ocupada por el Proyecto Cerro Corona se caracteriza por tener vientos de velocidades medias y bajas con un promedio a lo largo del año de 4,01 m/s, presentando una predominancia de dirección correspondiente al este y al estenoreste.

Calidad del aire

Los valores de concentración de material particulado (PM₁₀), de los muestreos realizados durante el año 2004, se encuentran por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire (150 µg/m³). El mayor registro de PM₁₀ se obtuvo en la estación ubicada en el puerto Salaverry, con 99 µg/m³, mientras que el mínimo valor se registró en la estación ubicada en la escuela estatal N° 101116 de Palo Blanco, con 13 µg/m³. Los valores de concentración de partículas totales en suspensión (PTS), de los muestreos realizados durante el año 2004, se encuentran por debajo de los valores de referencia de la EPA (260 µg/m³). El mayor registro de PTS se obtuvo en la estación ubicada al oeste del Cerro Las Águilas donde se registró 152 µg/m³, mientras que el mínimo valor se registró en la posta médica de Tingo Alto, con 13 µg/m³. Las concentraciones de plomo, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en todos los casos registraron valores por debajo del estándar establecido por el D.S. N° 074-2001- PCM. Asimismo, las concentraciones de arsénico y sulfuro de hidrógeno se encontraron por debajo de los estándares correspondientes (R.M. N° 315-96-EM/VMM y Estándar de Calidad Ambiental del Aire del Consejo de Recursos de Aire del Estado de California, EE.UU.; respectivamente).

Ruido y vibración

El estudio de la línea base de los actuales niveles de ruido y vibración, determina que en el entorno cercano, en las estaciones ubicadas en el área correspondiente al futuro Proyecto Cerro Corona, se cumple actualmente con los estándares de ruido establecidos como adecuados para ambos horarios (D.S. N° 085-2003-PCM). No obstante, en el punto ubicado en la escuela Porcón Bajo, establecido con el fin de evaluar el tráfico desde la futura mina hacia Cajamarca, se presentaron niveles superiores a los estándares. Los puntos que se encuentran en el camino desde Cajamarca hasta el puerto Salaverry cumplen con lo establecido en la norma peruana (D.S. N° 085-2003-PCM). La totalidad de los datos mostró

que los niveles de vibración existentes están por debajo de los máximos permitidos por la norma internacional ISO 2631-2, por lo que se concluye que actualmente las poblaciones evaluadas no se encuentran en una situación de impacto negativo producto de las vibraciones generadas por las actividades asociadas a las actividades humanas.

Geología

El yacimiento Cerro Corona es de tipo porfirítico de cobre-oro, roca calco-alcalina, cuarzo-diorita en un ambiente de margen continental. La intrusión porfirítica muestra la abundancia característica de magnetita hidrotermal.

Sismicidad

La zona del Proyecto Cerro Corona se encuentra dentro de una región cuyo riesgo sísmico puede considerarse entre moderado y alto. Según el reglamento nacional de construcciones del Perú el área de Cerro Corona se ubica en la Zona 1 de sismicidad alta. Para un diseño preliminar para presas de relaves de gran altura se recomienda que el sismo máximo creíble a considerar sea de Magnitud 8,0 (Escala de Richter) con una aceleración máxima del basamento rocoso de 0,5g para un periodo de retorno de 500 años.

Suelos

En cuanto a los suelos de la zona de estudio, según la clasificación de la “Food and Agriculture Organization” (FAO, por sus siglas en inglés), en el ámbito general, se encuentran comprendidos dentro de los leptosoles, que agrupa los suelos superficiales poco desarrollados y con dominancia de material lítico; andosoles, que agrupa suelos con un alto contenido en materiales amorfos casi siempre originados a partir de materiales volcánicos; cambisoles, que agrupa suelos con un horizonte rico en materia orgánica; gleisoles, que agrupa a suelos con propiedades hidromórficas por manto freático permanente en los 50 cm superiores; antrosoles, que agrupa suelos profundamente modificados por el hombre.

Para los diferentes usos del suelo en el área del proyecto se ha considerado cuatro unidades o grupos de tierras principales basadas en las actividades dominantes de la población en el área: suelos de uso agrícola (se encuentran bajo cultivo o en descanso), suelos de uso pecuario o ganadero (son utilizados para el pastoreo del ganado), suelos no utilizados (poco profundos y delgados donde se hace imposible realizar alguna actividad económica que sea rentable) y suelos con otros usos (sobre los cuales se han desarrollado campamentos, centros poblados, carreteras, caminos y otras infraestructuras existentes en la zona).

Hidrología

La caracterización hidrológica de las microcuencas consideró aquellas que pueden verse alteradas por las futuras operaciones mineras, habiendo sido consideradas en la subcuenca de Hualgayoc-Arascorgue a las microcuencas Corona y Mesa de Plata, por estar en el área de influencia del Tajo Cerro Corona, y en la subcuenca del río Tingo/Maygasbamba, las microcuencas de Las Gordas y Las Águilas, pues es aquí donde se asentará el depósito de relaves. El caudal representativo medio anual en el río Tingo para un año normal es de 241 L/s, para un año seco puede hablarse de un medio anual de 116 L/s y en un año húmedo de un aporte medio anual de 418 L/s.

La microcuenca Las Águilas tiene un caudal promedio anual de 22 L/s en año normal. En años secos este caudal llega a 10 L/s y en años húmedos a 38 L/s. El menor caudal promedio mensual calculado en Las Águilas es 3 L/s, en cambio el mayor caudal promedio mensual en un año húmedo puede llegar a 89 L/s en el mes lluvioso de marzo.

La microcuenca Las Gordas tiene un caudal promedio anual de 46 L/s en año normal. En años secos este caudal baja a 22 L/s y en años húmedos llegará a 80 L/s. El menor caudal promedio mensual calculado en Las Gordas es 6 L/s, se presenta entre julio y agosto de un año seco, en cambio el mayor caudal promedio mensual en un año húmedo puede llegar a 187 L/s en marzo.

La microcuenca Mesa de Plata tiene un caudal promedio anual de 33 L/s en año normal. En años secos este caudal baja a 16 L/s y en años húmedos sube a 58 L/s. El menor caudal promedio mensual calculado en la microcuenca Mesa de Plata se aproxima a los 5 L/s en julio de un año seco, en cambio el mayor caudal promedio mensual en un año húmedo es 136 L/s en el mes de marzo.

La microcuenca Corona tiene un caudal promedio anual de 5 L/s en año normal. En años secos este caudal baja a 2,6 L/s y en años húmedos supera los 9 L/s. El menor caudal promedio mensual calculado en Cerro Corona es 0,7 L/s, se presenta en julio de un año seco, en cambio el mayor caudal promedio mensual en un año húmedo puede llegar a 21,9 L/s en marzo.

También se han realizado análisis para conocer los valores hidrológicos característicos en el río Tingo aguas abajo del Proyecto, con fines de estimación de impactos.

Hidrogeología

Los acuíferos del basamento principal en el emplazamiento de Cerro Corona son la piedra caliza y las intrusivas (ya sea en la mina superficial o en las áreas del depósito de relaves). El material no consolidado relativamente poco profundo en los valles constituye un acuífero menor en el área.

La elevación de las aguas subterráneas y la dirección del flujo en el emplazamiento parecen ser controlados por la geología y la topografía, siendo la topografía la principal variable de control. Con pocas excepciones, el nivel freático en el emplazamiento es un reflejo de la topografía. El flujo de agua subterránea, por lo general, está controlado topográficamente, con rutas de flujo desde Cerro Corona que emanan en todas las direcciones desde las alturas topográficas. Adicionalmente, las aguas subterráneas descargan a los drenajes (quebradas Hualgayoc, Las Gordas y Las Águilas). Esto significa que el flujo de agua subterránea proveniente de Cerro Corona contribuye a los manantiales y quebradas en todo el emplazamiento, tal vez aún hasta el este en dirección a la quebrada Las Gordas a lo largo de la divisoria del drenaje inferior.

Las áreas de descarga de agua subterránea son los manantiales. El flujo de los manantiales desde el futuro emplazamiento es variable, pero cerca del futuro tajo abierto el flujo del manantial promedio es de aproximadamente 13 L/s.

Calidad de agua superficial

En la Figura 3.21a se muestra la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aguas en las cuencas de los ríos Tingo y Hualgayoc, utilizados para la línea base del presente EIA.

Con respecto a la calidad de las aguas en el río Tingo, del análisis realizado y de la revisión de las tendencias encontradas, se concluye que las aguas no presentan degradación de su calidad aguas arriba de la confluencia de la quebrada Las Gordas. Aguas abajo de la confluencia con dicha quebrada (debido a la presencia de drenajes provenientes del botadero de desmontes existentes, a las descargas de las quebradas La “M” y San Lorenzo y a la descarga de la planta de tratamiento de agua de la mina Carolina) ocurre una degradación significativa en la calidad de agua del río Tingo en cuanto al contenido de metales totales, sólidos totales suspendidos y cianuro WAD que persiste aguas abajo del área del proyecto incluso hasta la altura del puente Pújupe. La presencia de bacterias coliformes fecales y totales detectada en algunos puntos de muestreo está asociada a la existencia de descargas de aguas residuales domésticas de pequeñas comunidades, así como a actividades de pastoreo en la zona.

Con respecto a la calidad de las aguas en el río Hualgayoc, del análisis realizado y de la revisión de las tendencias encontradas, se concluye que las aguas no presentan degradación de su calidad aguas arriba del pueblo de Hualgayoc. Aguas abajo de la confluencia de la quebrada Mesa de Plata, que es afectada por la presencia de pasivos mineros, ocurre una degradación de la calidad del agua del río en cuanto a metales totales y sólidos totales suspendidos, que se agrava aguas abajo por la presencia de pasivos y actividades mineras existentes, tal como se observa aguas abajo del puente Tahona y en las quebradas aledañas.

La presencia de bacterias coliformes fecales y totales detectada en algunos puntos de muestreo está asociada a la existencia de descargas de aguas residuales domésticas de pequeñas comunidades y a actividades de pastoreo aguas arriba del pueblo de Hualgayoc. Aguas abajo del pueblo de Hualgayoc los niveles de bacterias coliformes fecales y totales en el agua del río se ven significativamente incrementadas debido a las descargas de aguas residuales domésticas del pueblo.

En cuanto a la calidad de agua en los canales de riego muestreados en el área de la Comunidad de Tingo y Hualgayoc, los resultados muestran concentraciones de plomo total en los canales El Gualte y Chorro Rosario que eventualmente exceden el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) respectivo, por lo que es importante considerar el monitoreo del agua de los canales especialmente en cuanto a metales totales. El níquel excede el ECA respectivo en los canales Villena y Chorro Rosario muestreados en diciembre pero se mantiene por debajo de los valores guía internacionales para aguas de riego citados. Las concentraciones de nitratos más nitritos registradas en ningún caso excedieron los valores guía internacionales referidos en el presente estudio. Únicamente en el canal Chorro Rosario se excede el ECA para bacterias coliformes fecales y totales durante el muestreo de diciembre. En la Figura 3.22b, se muestra la ubicación de los puntos de monitoreo de los canales de riego.

Calidad de agua subterránea

La calidad de agua subterránea en el área del tajo abierto es relativamente buena. El análisis químico de la prueba de barreno neumático de corta duración, reportado por WMC (2000) no indicó problemas particulares de calidad de agua (STD<239 mg/L, pH 8-8,5, alcalinidad moderada). Sin embargo, el aluminio, hierro, manganeso y en una muestra el selenio, excedieron los estándares de la OMS para el agua potable. El muestreo de estos mismos pozos en la campaña del 2004 indicó concentraciones de metales más altas probablemente debido a la contaminación de los pozos, reportándose en el pozo W-1 niveles de cobre y níquel total por encima de los ECAs establecidos por la normativa nacional para agua de

Clase I, así como concentraciones de plomo que exceden los estándares propuestos por el D.L. N°17752 (pozos W1 y W2).

Por su parte, el agua subterránea en las cuencas de las quebradas Las Águilas y Las Gordas indican que las operaciones mineras históricas han afectado los recursos de aguas subterráneas en esta área. Las muestras colectadas en los pozos en la pequeña instalación de relaves de La Jalca ubicada en la cuenca de Las Gordas tienen niveles elevados de metales totales, cianuro total y sulfato. Las muestras colectadas del mayor de los tres depósitos de relaves conocidos como La Jalca, ubicado en la cuenca de la quebrada Las Águilas, tuvieron niveles elevados de sulfato y metales, pero no cianuro. Los pozos ubicados cerca del Campamento Bella Unión también contuvieron sulfato y metales en concentraciones elevadas que en el caso de algunos metales (arsénico, cadmio, cobre, níquel y plomo) superaron los niveles establecidos por la normativa ambiental para la Clase I.

Por último en relación a los manantiales ubicados en el área del proyecto, podemos decir lo siguiente: los nitratos más nitritos exceden el ECA de N-nitratos para la clase I en casi todos los manantiales muestreados aunque se mantienen por debajo del valor guía de la OMS y de la USEPA. Para el caso de los metales, excepto el manantial ubicado en la quebrada Mesa de Plata (AP-07) que excedió el estándar establecido para el cadmio total y en el manantial MAN-01, ubicado al norte del proyecto, el parámetro de arsénico total, ninguno de los otros manantiales monitoreados registró valores de metales superiores a los ECAs de la Ley General de Aguas para la Clase I. Los datos históricos, sin embargo, muestran una excedencia en el selenio total en el manantial SP-6 y concentraciones de níquel total que superan el ECA respectivo en doce de los muestreos realizados; aunque en ningún caso se supera el valor guía de la OMS respectivo. La concentración de fenoles por encima del valor guía de la OMS (0,02 mg/L) en los manantiales Chorro Colorado, Tres Chorros y Chorro Maygasbamba sólo afectaría ligeramente el sabor del agua potable. Estos resultados indican que, en términos generales, el agua de los manantiales cumple con la Clase I del D.L. N° 17752 excepto por los contenidos de nitratos más nitritos, así como por el contenido de bacterias coliformes y en algunos casos por los valores de DBO registrados. En la Figura 3.23 se detalla la ubicación de los piezómetros y manantiales.

3.2 Ambiente biológico

Zonas de vida

El área de influencia del proyecto está comprendida en las zonas páramo muy húmedo - Subalpino Tropical (pmh-SaT) y páramo pluvial - Subalpino tropical (pp-SaT).

Flora y vegetación

El listado de las especies florísticas indica una “riqueza específica” conformada por 212 especies distribuidas en cuatro tipos de formaciones vegetales, Formación Ribereña o Asociada a Zonas Húmedas, Formación de Roquedal, Formación de Pastizal Bajo y Pajonal Disperso y Formación de Matorral Bajo.

De acuerdo con Brako y Zarucchi (1996), se han determinado 38 especies como “especies endémicas”. Es necesario aclarar que se tratan de endemismos regionales.

De acuerdo con la Lista Oficial de Especies de Flora y Fauna Amenazada en el Perú (Resolución Ministerial N° 101710-77-AG/DGFF), la única especie categorizada como especie en vías de extinción dentro del área del proyecto es *Polylepis racemosa* “queñoa”, especie categorizada como vulnerable en la Lista de UICN, entidad que atribuye la disminución de sus poblaciones a la pérdida o degradación de su hábitat. Cabe destacar que dentro del área del proyecto, los especímenes de *Polylepis racemosa* registrados no se encuentran distribuidos en parches de bosques naturales, sino que han sido plantados por los comuneros locales a fin de ser utilizados como cerco vivo y para leña y ocupan aproximadamente un 0,15% del área del proyecto.

Fauna terrestre

En cuanto a fauna terrestre, existen reportadas un total de 40 especies, que incluyen 33 especies de aves, 1 especie de reptil, 1 especie de anfibio y 5 especies de mamíferos. A esta lista se pueden agregar otras 38 especies consideradas como potenciales, las mismas que, si bien no han sido registradas en el presente estudio, cabe mencionarlas debido a que su presencia potencial ha sido establecida a partir de trabajos realizados con anterioridad dentro del área.

En base a los criterios de clasificación de estado y/o amenaza del INRENA (D.S. 034-2004-AG), ninguna de las especies registradas en la presente evaluación se encuentra considerada dentro de las categorías de conservación establecidas actualmente. Basándose en la posibilidad de encontrar alguna de las siguientes especies en la zona, se detalla su clasificación: *Telmatobius brevipes* (en peligro), *Atelopus peruensis* (en peligro) y *Falco peregrinus* (casi amenazado).

Vida acuática

Según el análisis de las muestras, en el río Hualgayoc se identificaron 4 especies de perifitos. Ningún perifiton fue encontrado en las muestras del río Tingo o de la quebrada Las Águilas. En los tres cauces evaluados se registró presencia de fitoplancton; sin embargo no hubo presencia de grupos de zooplancton.

En términos generales, los peces se presentan solamente aguas arriba del puente Tingo y del pueblo de Hualgayoc. Aguas abajo de estos puntos, ambos ríos reciben una cantidad alta de aguas contaminadas, provenientes de varios puntos, lo que inutiliza el agua para la vida de los peces.

En las cercanías de la zona de estudio no existen Áreas Naturales Protegidas por el Estado (ANPE).

3.3 Ambiente socioeconómico

Para efectos del estudio, se han delimitado dos áreas: una de influencia directa y otra de influencia indirecta. El área de influencia directa se ha definido como aquella en la cual, por efectos del proyecto, se prevé potencialmente impactos negativos en su acceso a los recursos naturales o su estructura social, económica y cultural independientemente de que, a su vez, reciba impactos sociales positivos. Por área de influencia indirecta se entiende a aquellos lugares que sin recibir impactos negativos, generan respuestas sociales potenciales a la presencia y actividades del proyecto.

Ambas áreas se centralizan en la provincia de Hualgayoc. Ésta se encuentra ubicada en la zona central de la región Cajamarca entre los 1 500 y 4 200 m de altitud. Abarca una superficie de 777,15 km², siendo una de las provincias más pequeñas del departamento cajamarquino con 2,3% de la superficie regional.

3.3.1 Área de influencia directa

El área de influencia directa comprende a la Comunidad Campesina El Tingo, dos caseríos o anexos que la conforman y que tienen su propia dinámica, Pilancones y Coymolache, y el centro urbano del distrito de Hualgayoc.

En esta área se ha estimado, conforme al Censo realizado por Social Capital Group, una población de 2 651 habitantes agrupada en 565 hogares. Las condiciones generales de las viviendas responden a las de tipo rural, no sólo en cuanto a la infraestructura donde

predominan las paredes de adobe, sino también en cuanto al limitado acceso que tienen a los servicios de luz, agua y desagüe, salvo el caso de Hualgayoc que por ser la sede distrital y concentrar las actividades urbanas de la zona se encuentra en mejores condiciones.

La población, con excepción de Hualgayoc, tiene como fuente principal de empleo e ingresos la actividad agropecuaria, destacando su condición de microproductores de ganado lechero. Complementariamente, parte de esta población, por el carácter minero de la zona, trabajan o han trabajado como obreros en los centros mineros.

Dentro de estas condiciones se estima que la pobreza alcanza entre el 26,9 y 33,0% de su población y en el caso de la pobreza extrema, ésta va desde un rango de 7,7% en el caso de Hualgayoc pasando por rangos que van desde el 18,5 al 39,1% en el resto de centros poblados.

Por último, lo que más caracteriza a esta población es su organización preferente en Rondas Campesinas, las mismas que en gran parte canalizan sus aspiraciones en cuanto a desarrollo local y en relación a las expectativas favorables que hoy tienen respecto del Proyecto Minero Cerro Corona.

3.3.2 Área de influencia indirecta

El área de influencia indirecta comprende la ciudad de Bambamarca, capital de la provincia de Hualgayoc, las localidades que se encuentran en las cuencas de los ríos Tingo-Maygasbamba y del Hualgayoc-Arascorgue, incluyendo a los usuarios del Proyecto de Agua Potable Manuel Vásquez Díaz.

De igual forma se ha considerado dentro del área de influencia indirecta el distrito y puerto de Salaverry, punto de llegada de la ruta de transporte de concentrados del proyecto en el departamento de La Libertad y las localidades que se encuentran en ese mismo trayecto.

En relación a Bambamarca y las localidades que se encuentran en las cuencas, cabe indicar que geográficamente es la zona que mayores vínculos tiene con Hualgayoc, tanto por ser capital de la provincia del mismo nombre como por compartir los mismos valles. Su población también se dedica mayoritariamente a las actividades agropecuarias, aunque, a diferencia de Hualgayoc, no se han especializado en la cría y producción de ganado lechero. Los productores, por lo general tienen la condición de minifundistas y por eso no menos del 60% busca actividades complementarias como la artesanía para poder subsistir.

Aunque la actividad minera no se desarrolla en esta zona, los ríos han recibido históricamente los efectos de ésta y actualmente son un problema los pasivos ambientales. Por ello, esta población que se apoya también en organizaciones como las rondas campesinas, junta de usuarios y, a su vez, en el municipio provincial y otras autoridades y organizaciones de Bambamarca, aunque saben que, respecto del Proyecto Cerro Corona, sus beneficios van a ir principalmente hacia las comunidades de la zona de influencia directa, tienen la expectativa de que se les apoye en la preservación y recuperación de un medio ambiente más favorable a las actividades agropecuarias.

En lo que se refiere a las localidades que se encuentran en la ruta de transporte, la mayor parte son centros poblados de carácter rural, algunos, ya en la costa, por el propio tráfico mercantil han desarrollado el área de servicios. En el caso de los centros poblados de Cajamarca, aunque no estén vinculados directamente a la minería, el peso de esta actividad en la región les permite tener ciertas expectativas de mejora indirecta, vía el canon por ejemplo. En el resto de centros poblados, en la costa no hay esta expectativa. Sólo en el caso de Salaverry, lugar de embarque, la población espera que esto sirva para poner de relieve este puerto y mejorar su ubicación socioeconómica.

3.4 Ambiente de interés humano

Con el objeto de caracterizar el medio arqueológico existente en el área del proyecto, Knight Piésold realizó un levantamiento de línea base arqueológica en el área del proyecto.

De los trabajos de prospección, se pudo determinar la existencia de tres posibles “abrigos rocosos de origen arqueológico” en el área del tajo minero de Cerro Corona, en los cuales se ubicaron unidades de excavación de 2 x 2 m, las cuales brindaron una estratigrafía de origen natural, no encontrándose vestigios arqueológicos en ninguno de ellos, mas aún dos de los tres supuestos abrigos rocosos, específicamente los abrigos 1 y 3, resultaron ser de origen artificial pues su oquedad y su forma tratan de mantener una dimensión y forma constante; pudiendo haber tenido uso minero durante la época colonial o quizás a principios de la república. Por su parte, el abrigo rocoso 2, tiene una apariencia más natural y presenta características distintas a los otros abrigos, como el permanecer seco, que es un punto favorable para ser habitado, pero las excavaciones confirmaron, que no presentó ocupación humana. Lo evidente es que en ninguno de los tres abrigos rocosos existió ocupación prehispánica.

Teniendo estos conocimientos previos se evaluaron arqueológicamente los denominados abrigos rocosos, encontrándose que los mismos se constituían como minas coloniales, las

cuales son frecuentes en la zona. Una vez caracterizados los supuestos “abrigos rocosos de origen arqueológico”, se prosiguió a ubicar 10 pozos de sondeo de 2x1 de aproximadamente 40-80 cm de profundidad que se establecieron a fin de cubrir estratégicamente el área de estudio. De igual forma, ninguno de los pozos de sondeo brindó vestigios arqueológicos. Estos trabajos permitieron concluir que en toda el área del denuncia minero no existe evidencia de restos arqueológicos; conclusión que fue confirmada durante la visita de supervisión de campo por parte del personal del INC-Cajamarca.

Como resultado de la evaluación arqueológica, el INC otorgó el CIRA N° 2004-0176 para la propiedad superficial del Proyecto Cerro Corona.

4.0 Descripción del Proyecto

El Proyecto Cerro Corona considera la recuperación de cobre y oro a través de la explotación del yacimiento Cerro Corona, y el posterior procesamiento de los minerales sulfurados a través de etapas de chancado, molienda y flotación, para producir un concentrado de cobre con cierto contenido de oro como producto final. El depósito Cerro Corona está ubicado, por carretera, a aproximadamente 10 km al oeste de Hualgayoc y 90 km al norte de la ciudad de Cajamarca en la provincia de Cajamarca, norte del Perú.

El depósito está contenido en una unidad de diorita intrusiva porfírica cuárstica que a su vez está contenida en intercalaciones de estratos gruesos de piedra caliza en roca madre. Históricamente, en el área se ha minado a pequeña escala y se han dejado en el lugar socavones y pequeñas pilas de desmonte.

Los estudios de factibilidad desarrollados para el proyecto han considerado reservas explotables aproximadas de 90,3 MT de sulfuros con leyes de 0,52% de cobre y 0,98 g/T de oro. Se ha considerado una capacidad de procesamiento promedio en planta de 17 000 TPD. Además se estima que se extraerán más de 7 MT de óxido mineralizado con una ley de oro de 1,28 g/T y una ley de cobre de 0,06%, las mismas que serán acopiadas para un futuro procesamiento. La relación de desbroce (desmonte:mineral) para todo el proyecto será de 0,8:1.

Sobre la base de lo anterior, el proyecto considera obras e instalaciones en dos cuencas, denominadas por el estudio de diseño como cuenca este (río Hualgayoc) y cuenca oeste (río Tingo), las cuales están separadas por un sistema de colinas altas en dirección N-S. En la cuenca este se ubica el yacimiento minero, y por lo tanto el tajo abierto se localizará en esta cuenca, asimismo se ubicarán dos (2) depósitos de material orgánico, dos (2) pozas de sedimentación, un taller de mantenimiento de camiones mineros y las oficinas de mina. La cuenca oeste actualmente contiene tres depósitos de relaves de tamaño pequeño a mediano y la planta concentradora de la reciente operación de la Mina Carolina y en ella se ubicarán el depósito de relaves, el botadero de desmonte de mina, la pila de óxido mineralizado, la planta concentradora, la chancadora y su respectiva plataforma para el material ROM (Run of Mine), y cuatro botaderos de suelo orgánico/material inadecuado. El área estimada del proyecto es de 570 ha. La ubicación de las obras del proyecto se presenta en la Figura 4.1.

La inversión estimada para este proyecto alcanza aproximadamente los US\$ 125 millones y su operación se ha evaluado económicamente entre 14 y 18 años dependiendo del ritmo de explotación y la ley de corte; sin embargo, el plan de minado actual, basado en un depósito de 90 MT, prevé una vida útil de 14,5 años para la mina (Tabla 4.1).

A continuación se describen las etapas de construcción, de operación y de cierre del proyecto.

4.1 Descripción de la etapa de construcción del proyecto

La etapa de construcción involucra actividades de preparación de áreas e infraestructura necesarias para el inicio de las operaciones. Esta etapa considera trabajos de movimiento de tierras y construcción y tendrá una duración aproximada de 18 meses. Las principales actividades de construcción corresponden a la preparación del tajo, la construcción de la planta concentradora, la preparación del área y construcción del dique de arranque del depósito de relaves, la preparación del área y construcción del botadero de desmote, la construcción de la tubería de transporte de relaves desde la planta hasta el depósito de relaves y la construcción de la infraestructura auxiliar.

El requerimiento de personal variará durante el periodo de construcción, estimándose que en el periodo de punta los requerimientos de personal alcanzarán a aproximadamente 1 200 personas, con un promedio aproximado de 800 personas.

La etapa de construcción de las instalaciones del proyecto está programada para ejecutarse durante un período de aproximadamente 18 meses. Las actividades de construcción consideradas son las siguientes:

- Construcción de las vías de acceso, cunetas y canales de derivación de aguas superficiales;
- Preparación del tajo abierto.
- Preparación de las áreas de acumulación de material orgánico.
- Preparación de la fundación del botadero de desmote y pila de mineralizado oxido.
- Construcción de la primera fase de la presa de relaves.
- Construcción de la planta concentradora.
- Construcción de las instalaciones auxiliares.
- Construcción de la nueva tubería para reemplazar la tubería de Manuel Vásquez que atraviesa el área del proyecto.

La disposición de las instalaciones se presenta en la Figura 4.1.

4.2 Descripción de la etapa de operación del proyecto

La etapa de operación comprende las actividades de movimiento de materiales (mineral y desmonte) producto de las actividades mineras en el tajo Cerro Corona y el tratamiento del mineral en la planta concentradora mediante un circuito de flotación que producirá mediante un proceso de separación selectiva, un concentrado de cobre con contenido de oro. Estas actividades también involucran la puesta en operación del depósito de relaves.

En la Figura 4.1 se muestra la localización de las nuevas obras e instalaciones en cada área del proyecto. A continuación se describe las actividades involucradas en la etapa de operación del proyecto.

El Proyecto Cerro Corona considera las siguientes actividades de operación:

- Explotación del yacimiento Cerro Corona.
- Disposición desmonte y oxido mineralizado.
- Procesamiento y beneficio del mineral.
- Disposición de relaves.
- Manejo de concentrados.

Se ha considerado que estas actividades se desarrollarán durante los 365 días del año y las 24 horas al día. Esta etapa generará aproximadamente 350 puestos de trabajo. Las Figuras 4.2A y 4.2B corresponden a un diagrama de flujo general de la futura operación.

4.2.1 Explotación del yacimiento Cerro Corona

Durante la fase de operación, el ritmo de explotación del yacimiento Cerro Corona podría alcanzar una máxima producción de mineral de 6,2 MT/año y de extracción de desmonte de 13 MT/año. La relación desmonte: mineral de la vida de la mina se ha estimado en 0,8:1. El desmonte será dispuesto en el botadero de desmonte, ubicado a unos 500 m al oeste del tajo. La Tabla 4.1 presenta el plan general de minado del tajo Cerro Corona.

La explotación del tajo de la mina Cerro Corona se iniciará con la identificación de los sectores de extracción de desmonte o mineral, para luego proceder a la perforación de los sondajes para disponer los explosivos (nitrato de amonio y dinamita) para las voladuras.

Para cumplir con el Plan de Explotación Minera se realizarán en promedio 1 a 2 voladuras diariamente. Las voladuras se programarán entre las 7:00 y las 17:00 horas, para no interferir con otras actividades del proyecto y para minimizar las perturbaciones sobre las personas y el ambiente.

El mineral y/o desmonte que se obtenga de las voladuras quedará en el frente de trabajo, desde donde se cargará mediante palas mecánicas hidráulicas y/o cargadores frontales en camiones mineros convencionales de aproximadamente 100 a 150 T de capacidad, hacia el botadero de desmonte. La supresión del polvo de las voladuras se hará mediante el riego de la zona y constituirá la primera tarea que realizarán los equipos al ingresar a la zona del disparo.

El óxido mineralizado presente en el yacimiento será transportado hacia el acopio ubicado al lado norte-oeste del tajo, almacenándose para un posible tratamiento posterior. En general, la pila de almacenamiento de óxido mineralizado ha sido planificada de manera similar a la del botadero de desmonte. Las fundaciones estarán libres de todo el suelo orgánico y material coluvial. Se instalarán drenajes para interceptar cualquier filtración o manantial. Tendrá canales de derivación sobre banquetas seleccionadas y con pendientes determinadas para eliminar la escorrentía de manera segura. Estos canales serán diseñados para soportar los flujos de 100 años/24 horas de largo plazo.

El concepto de desarrollo minero del tajo considera bancos de 10 m de altura y 10 m de ancho. La construcción del tajo considera ángulos interrampa de entre 40° y 52,5° dependiendo del sector de la mina que se esté explotando. El ángulo de la cara del banco variará también de acuerdo con la roca en explotación, entre 45° y 75°. Los caminos de operación consideran una pendiente máxima de 10% y un ancho de 30 m. Durante el desbroce y la operación, el agua del tajo será bombeado para mantener los taludes estables y secos. Esta agua será tratada de ser necesario y luego descargada en río Tingo. Los caminos estarán dotados de cunetas laterales y de coronación para evacuar el agua de la precipitación.

El tajo Cerro Corona tendrá una superficie final aproximada de 46 ha y una profundidad final del orden de 340 m.

4.2.2 Disposición de desmonte y óxido mineralizado

En la etapa de operación del proyecto, la extracción del mineral requerirá la remoción de aproximadamente 72,2 MT de desmonte, incluidas 7,2 MT de óxido mineralizado desde el

tajo. Un botadero de desmonte y una pila de óxido mineralizado serán desarrollados durante la etapa de operación, tal como se muestra en la Figura 4.1.

El desmonte estará compuesto predominantemente de: óxidos mineralizados (7,2 MT), óxidos no mineralizados (5,1 MT), diorita intrusiva (36,7 MT) y caliza (23,1 MT). La extracción diaria total de desmonte alcanzará un valor promedio de 11 500 T (sin incluir el óxido mineralizado).

Con respecto a la estabilidad química, la mitigación del Drenaje Ácido de Roca y Lixiviación de Metales (DAR/LM) será un aspecto importante del botadero de desmonte. El DAR/LM será mitigado en parte colocando la parte inferior del botadero de desmonte por debajo del nivel final de los relaves, por lo que los desmontes ubicados en esta porción del depósito permanecerán sumergidos en el largo plazo. Sobre esta elevación en el botadero de desmonte, el DAR/LM será mitigado colocando suficiente roca caliza en las pilas de desmontes para amortiguar el impacto de las rocas potencialmente generadoras de ácido (PGA).

El botadero de desmonte ha sido configurado para lograr una relación de 2:1 de desmontes intrusivos PGA a piedra caliza sobre la superficie final de los relaves y 2,8:1 general. Una prueba del potencial de DAR/LM de los desmontes intrusivos indican que una relación de mezcla de 4 ó 5:1 puede ser suficiente para neutralizar su DAR potencial. Un programa de caracterización está en marcha con el objeto de proveer más información definitiva para confirmar esto o para predecir la calidad del drenaje desde el botadero de desmonte. En el caso que sea necesario una capacidad mayor de neutralización para prevenir la generación de DAR en el botadero de desmonte, se agregará caliza adicional al botadero de desmonte para asegurar una calidad de agua aceptable en términos del largo plazo.

El modelo desarrollado para predecir la calidad del agua que provendría del botadero de desmonte y óxido mineralizado, asegura que el botadero ha sido diseñado para prevenir la generación de ácido.

4.2.3 Procesamiento y beneficio del mineral

El proyecto contempla operar una chancadora referida como un “mineral sizer”, la que se ubicará en la quebrada Las Gordas (Figura 4.1); hasta este sector llegarán los camiones provenientes del frente de explotación de la mina. Este equipo no funciona como un sistema de impacto, es un sistema que usa una acción de corte transversal para fracturar el material al tamaño apropiado. El diseño considera sistemas de supresión de polvo en los puntos de

generación de partículas finas. Sin embargo ya que esta operación genera menos polvo que una operación tradicional de quijada, el monitoreo se enfocará en la descarga de los camiones y en la evaluación de la eficiencia de los sistemas de supresión de polvo.

La planta de molienda SAG está en circuito cerrado para permitir el tratamiento del material supergénico de baja competencia. El circuito de flotación produce un concentrado bulk de calcopirita/pirita del componente denominado rougher scavenger. Este concentrado estará sujeto a un proceso de separación selectiva que involucra la depresión de la pirita en la primera etapa de limpieza, la remolienda de flujos selectivos, seguido por un proceso de tres etapas de limpieza para producir un concentrado de cobre de una pureza adecuada.

El mineral molido y clasificado, ingresará a la etapa de flotación rougher, para posteriormente alimentar celdas de flotación rougher a través de bombas. El concentrado de la flotación rougher es enviado a la remolienda mientras que el relave de esta etapa de proceso es enviado al espesador de relaves rougher -scavenger para la recuperación de agua, y desde allí al depósito de relaves.

El proyecto requerirá de infraestructura general para el desarrollo de los procesos involucrados con la operación de la planta de molienda y flotación de minerales.

4.2.4 Manejo de concentrados

El combinado de concentrados rougher y selectiva será bombeado al espesador de concentrados. La descarga de la bomba pasará por una zaranda y el sub-flujo fluirá al espesador de concentrados. El sobrenadante del espesador será transportado por gravedad a la poza de agua de proceso. El sub-flujo será removido a 60% de sólidos y será enviado al tanque de alimentación del filtro.

El concentrado será transferido del acopio a una casa de secado. Con una tasa de producción de diseño de 650 TPD de concentrado, aproximadamente 22 camiones de 30 T saldrán del asentamiento minero diario con rumbo al puerto de Salaverry (Figura 4.23).

4.2.5 Disposición de relaves

Los relaves serán producidos a una tasa de 6,2 MT/año (17 000 TPD) durante 14,5 años para un total de 90 MT. Cada etapa de elevación para la presa ha sido seleccionada para proveer un borde libre de 5 m sobre el nivel final de los relaves (para esa etapa) y sobre el del espejo de agua del depósito de relaves.

Se ha desarrollado un plan conceptual de disposición de relaves año a año para mostrar su configuración, la ubicación de los puntos de disposición de relaves y la poza de aguas superficiales en diferentes momentos durante la vida de la mina. Para la mayor parte del período de operación, los relaves rougher scavenger (RRS) serán depositados en contacto con el aire, debido a que este tipo de relaves no son generadores de ácido, desde varios puntos de descarga a lo largo de la presa de relaves y desde banquetas sobre el botadero de desmonte.

Durante la operación de la mina, los relaves cleaner scavenger (RCS) serán depositados en el fondo de la poza de agua superficial, debido a que este tipo de relaves son generadores de ácido, a través de unos cuantos bancos de tuberías de descarga que se extenderán bajando hasta elevaciones pre-determinadas.

4.2.6 Instalaciones auxiliares

Botaderos de suelo orgánico

Durante al etapa de operación, el suelo orgánico será depositado en botaderos y será utilizado como sustrato para la revegetación progresiva de los taludes y bermas de los caminos, del espaldón aguas abajo de la presa del depósito de relaves, entre otros. Al igual que el botadero de desmonte de mina, el botadero de suelo orgánico tendrá taludes estables y será revegetado para evitar su erosión por el viento y la precipitación.

Cantera

Dos canteras, una al sur y otra al norte, ubicadas en la quebrada Las Gordas, abastecerán de caliza de alta calidad para el espaldón aguas abajo de la presa en las Etapas 1 y 2 durante los 18 meses de la construcción y 6 meses de operación. Las canteras también podrían proporcionar materiales de filtro y drenaje a la presa de no encontrarse fuentes adecuadas de arena, grava y agregados para concreto.

Se ha estimado que las canteras producirán aproximadamente 2,7 MT de materiales para la presa más pequeñas cantidades para filtro, drenaje y agregados. Para propósitos de diseño de ingeniería se ha planificado una excavación de un banco con un volumen de 1,3 Mm³.

Vías de acceso

Un acceso para la instalación y servicio de la tubería de RRS será establecido sobre el lado norte del depósito de relaves. El acceso a la sección empinada de las tuberías y a los buzones bajando hacia la presa será mediante los accesos de servicio. La tubería de RCS y la línea de recuperación de agua requerirán de un camino de acceso, tal como se muestra, partiendo

desde el camino de acceso de la tubería de RRS y bajando rodeando el lado norte del embalse del depósito de relaves inmediatamente al norte del botadero de desmonte de mina. Los buzones de los RCS serán alcanzados vía la pendiente del desarrollo del camino. El acceso al pie aguas abajo de la presa y a la poza de retención será vía el cerro que separa las quebradas Las Gordas y Las Águilas.

El nuevo camino de acceso a la Comunidad Campesina El Tingo ha sido diseñado para modificar la ruta alrededor del área del proyecto. El acceso tendrá una pendiente máxima de 7%. Para obtener el acceso será necesario efectuar un corte cuyo talud máximo de corte en roca será de 0,25H:1V. El acceso a El Tingo tendrá una longitud aproximada de 5 300 m y un ancho aproximado de 7 m.

Campamento

El campamento a utilizar durante la etapa de operaciones estará ubicado al suroeste de la pila de óxido mineralizado. El campamento de operaciones estará constituido por módulos para obreros, supervisores y visitantes. Habrá un número aproximado de 8 módulos para alojar al personal obrero (32 obreros por módulo), 3 módulos destinados al alojamiento del personal de supervisión (20 supervisores por módulo) y un módulo para alojar a visitantes (aproximadamente 30 personas).

Oficinas

Las oficinas administrativas definitivas serán construidas en un área cercana a la planta de procesamiento al noreste del botadero de desmonte. Al igual que en el caso de las oficinas administrativas durante la etapa de construcción, las oficinas de operaciones contarán con las instalaciones necesarias para el apropiado desarrollo de las actividades del personal del proyecto. Estas oficinas podrán entrar en funcionamiento aún cuando la etapa de construcción del proyecto no haya terminado y se mantendrán funcionando hasta el final de la vida del Proyecto Cerro Corona.

Posta médica

La posta médica de operaciones será construida en una zona cerca al campamento de operaciones y cubrirá los requerimientos de atención médica del personal del proyecto.

Laboratorio metalúrgico

El laboratorio metalúrgico estará ubicado en un área cercana a la planta de procesamiento de mineral. El área total del laboratorio, incluyendo la recepción de muestras, el

almacenamiento y preparación de ripios, el laboratorio de muestras mecánicas, el laboratorio de análisis de adsorción y lixiviación ocupará un área de 225 m².

Transporte de concentrados

El puerto más próximo al área del proyecto es el Puerto Salaverry, ubicado a una distancia aproximada de 385 km por carretera de Cerro Corona. Sin embargo el puerto del Callao, cerca de Lima, es el puerto más probable ha ser usado para la descarga de materiales y/o equipos que requieran ser importados durante la construcción, mientras que durante la operación el concentrado será exportado por el puerto de Salaverry.

Para el transporte se considerarán las medidas de seguridad correspondientes, de acuerdo con lo descrito en el Plan de Emergencias y Contingencias del EIA. Adicionalmente, el contratista contará con un Plan de Manejo Ambiental para el Transporte de Concentrados que incluirá, entre otros: Reglamento Interno de Seguridad, Reglamento de Cuidado del Medio Ambiente, Plan de Seguridad, Plan de Protección Ambiental y Plan de Respuesta a Emergencias Ambientales. Estos documentos incluirán en detalle las medidas contempladas por la empresa transportadora para garantizar la minimización de impactos ambientales, la prevención de accidentes y la respuesta a emergencias. Sin embargo, a continuación se presenta un resumen de los aspectos relacionados con el transporte portuario.

El transporte de concentrados seguirá la ruta compuesta de 3 tramos principales, partiendo desde Cerro Corona hasta el Puerto Salaverry (Figura 4.23). Los principales tramos considerados en la ruta son:

- Tramo 1** Cerro Corona – Cajamarca
- Tramo 2** Cajamarca – Ciudad de Dios
- Tramo 3** Ciudad de Dios - Puerto Salaverry

Antes de iniciar el servicio de transporte, el contratista identificará los lugares a lo largo de la ruta que por su geografía, topografía, conservación de carreteras y clima podrían generar un riesgo. Estas áreas serán consideradas como “áreas críticas” y el transporte en ellas deberá ser tratado según lo indicado en la Cartilla de Seguridad y/o Cartillas de Respuesta a la Emergencia por derrame o fuga de concentrados de cobre.

Se estima que, durante la etapa de operación, 22 camiones de 30 T de capacidad transportarán durante 12 horas al día un total de 650 T de concentrado. Los camiones serán acondicionados

con “bladders” durante el viaje de regreso con el fin de cargar combustible y otros insumos para la mina. Cada viaje para realizar el servicio de transporte de concentrados se llevará a cabo con 2 unidades como mínimo, garantizando el apoyo mutuo entre ambos conductores en caso de presentarse una emergencia. Considerando que el convoy esté constituido por 2 unidades, la frecuencia de paso por la ruta sería de aproximadamente 2 camiones cada hora. Esto permitirá un transporte fluido y no congestionado.

5.0 Evaluación de Impactos

En este capítulo se identifican y evalúan los impactos ambientales y sociales previsibles del Proyecto Cerro Corona, con el propósito de establecer su relevancia en el medio ambiente y medio social. Las medidas desarrolladas para controlar los impactos ambientales y sociales previsibles se consideran aplicadas antes de esta evaluación de impactos. Por esta razón, la evaluación presentada en esta sección constituye un análisis de los impactos residuales.

Para la calificación de los impactos ambientales previsibles se tomó en consideración la relevancia o importancia de los componentes ambientales, el carácter y la magnitud del impacto. El carácter es un criterio que expresa si un impacto es benéfico o adverso, la magnitud considera la intensidad, extensión y reversibilidad del impacto. También se tomó en cuenta si el impacto era de tipo directo o indirecto y su duración en el tiempo.

En la Tabla 5.1, se muestra la matriz resumida de evaluación de impactos ambientales del proyecto y en las Tablas 9.1 y 9.2 del EIA se presenta la matriz resumida de impactos sociales.

6.0 Plan de Manejo Ambiental

El presente capítulo describe las medidas de carácter ambiental que se considera aplicar con el propósito que el Proyecto Cerro Corona se lleve a cabo de manera responsable, sostenible y compatible con el medio ambiente, logrando reducir los impactos previsibles, dando cumplimiento a las normas ambientales vigentes y a la política ambiental de Minera Gold Fields S.A., la cual será asumida por Sociedad Minera La Cima S.A.

6.1 Plan de prevención y mitigación

Este plan describe las medidas a ser consideradas en las etapas de construcción y operación del proyecto, a fin de controlar, reducir o evitar los posibles efectos adversos asociados al mismo. Un resumen de las medidas de mitigación a implementarse durante el desarrollo del Proyecto Cerro Corona para los impactos ambientales se presenta en la Tabla 6.1. Las medidas de mitigación que el Proyecto Cerro Corona aplicará para las actividades de la etapa del cierre se detallan en el Capítulo 7 “Plan de Cierre”.

6.2 Plan de monitoreo ambiental

En esta sección se presenta el Plan de Monitoreo Ambiental del Proyecto Cerro Corona, el cual se llevará a cabo durante las fases de construcción, operación, cierre y post cierre del proyecto. El propósito del plan de monitoreo ambiental es monitorear aquellos parámetros ambientales que han sido identificados como potencialmente afectados por las actividades inherentes al proyecto. Los resultados de este plan de monitoreo deberán ser usados como una medida de la efectividad del Plan de Manejo Ambiental, de tal manera que dicho plan podría ser modificado, si fuese necesario, con el fin de conseguir los resultados deseados. Las Figuras 6.1, 6.2, 6.4 y 6.6 muestran las estaciones de monitoreo de calidad de aire, cantidad y calidad de agua superficial y subterránea, manantiales y vida acuática.

6.3 Plan de emergencias y contingencias

Este plan ha sido elaborado con la finalidad de prepararse ante cualquier eventualidad que pueda afectar a los trabajadores, al proceso, a las instalaciones y al entorno ambiental; además de proporcionar la preparación apropiada para una respuesta oportuna y eficaz a las emergencias y contingencias que se presenten.

7.0 Plan de Cierre Conceptual

7.1 Descripción de la etapa de cierre del proyecto

El objetivo central del Plan de Cierre es otorgar una condición segura en el largo plazo a las áreas del proyecto y a las obras remanentes para proteger el medio ambiente y evitar accidentes después del término de las operaciones; asegurar la estabilidad física y química de largo plazo del sitio y en particular de las instalaciones remanentes (tajo, botadero de desmonte y depósito de relaves) en el corto y largo plazo; y otorgar al terreno, una vez cerrado y rehabilitado, una condición compatible con las áreas aledañas.

De acuerdo con la Ley que Regula el Cierre de Minas, Ley N° 28090, se dispondrá de un plan de cierre detallado para cada una de los elementos generados por el proyecto en el plazo máximo de un año, a partir de la aprobación del presente EIA.

Se describe a escala conceptual las medidas de cierre de las instalaciones y obras directamente asociadas al Proyecto Cerro Corona, incluyendo las medidas de cierre de las instalaciones auxiliares.

7.1.1 Tajo abierto

Se desarrolló un modelo para identificar los impactos potenciales sobre la calidad del agua del lago que se formará en el post cierre luego que cese el proceso de descarga del tajo. El modelo de llenado indica que basado en las conductividades hidráulicas utilizadas para el sistema de descarga, el lago alcanzará un punto de rebose de aproximadamente 3 770 m de altitud. Después del llenado del lago, el cual descargaría entre 15 y 35 L/s en la quebrada Mesa de Plata, en ausencia de medidas de control. La información sobre la calidad de agua para el modelo incluyó escorrentía de las paredes del tajo, precipitación directa, escorrentía de la cuenca no perturbada y agua subterránea.

El modelo estuvo basado en una suposición conservadora de que toda la diorita expuesta en las paredes del tajo generaría agua ácida. Luego de que la pared de roca esté bajo la superficie del lago, el modelo asumió que ésta no afectaría más a la calidad del agua del lago. Esta suposición resultó en un lago de tajo que sería altamente ácido (pH 3,5) y contendría concentraciones elevadas de metales. El plan de cierre para el lago del tajo incluye la adición de cal durante el llenado del mismo. Esto originará un lago que tendrá agua ligeramente alcalina (pH aproximadamente de 8 antes de la descarga) y concentraciones de metales bajas.

El modelo también evaluó la calidad del agua a largo plazo en el lago post cierre y los resultados indicaron que ésta será aceptable para su descarga en el ambiente.

7.1.2 Botaderos de desmonte y óxido mineralizado

El botadero de desmonte ocupará, al término de la vida útil del proyecto, alrededor de 90 ha de las cuales aproximadamente 15 ha serán enterradas por relaves.

El botadero de desmonte será progresivamente recuperado a lo largo de la vida de la mina renivelando y construyendo “banquetas” las superficies finales conforme éstas van estableciéndose. Las pilas del botadero de desmonte serán configuradas de manera de obtener taludes finales cuyas pendientes permitan los trabajos de revegetación. Los trabajos de rehabilitación consistirán en realizar trabajos de corte y relleno para lograr pendientes generales de 2,5H:1V. Como fue descrito anteriormente, el desmonte de diorita intrusiva tiene un alto potencial de generación de ácido. El DAR/LM será mitigado en parte colocando la parte inferior del botadero por debajo del nivel final de los relaves, por lo que el desmonte ubicado en esta porción del depósito permanecerá sumergido a largo plazo y sobre esta elevación, el DAR/LM será mitigado colocando suficiente caliza en la pila de desmonte para amortiguar el impacto de las rocas PGA. Al cierre, se construirá una cubierta sobre el botadero de desmonte para limitar la infiltración y se incluirá una capa de material orgánico para reducir la migración de oxígeno. Adicionalmente, una capa de roca caliza será colocada en la parte superior del botadero con el fin de proporcionar capacidad adicional de neutralización para el agua que eventualmente pueda infiltrar a través del botadero. El diseño de esta cubierta será estudiado como parte del desarrollo del plan final para el cierre de la mina.

Se construirán canales reforzados de drenaje sobre banquetas seleccionadas y en ciertos puntos de los taludes para eliminar el agua superficial de manera segura. Los canales de drenaje conducirán el agua hasta el depósito de relaves donde se decantarán la pequeña cantidad de sedimentos acarreados por el agua de drenaje.

7.1.3 Botaderos de suelo orgánico

Al final de la operación minera, todo el suelo orgánico contenido en los botaderos será utilizado para la rehabilitación final del área del proyecto. El sistema de drenaje será retirado del lugar y el dique de contención será eliminado. La superficie del área de acumulación de cada botadero será también revegetada.

7.1.4 Presa de relaves

En la Figura 7.1 se presenta un plan conceptual para el cierre del sitio, mostrando el depósito de relaves. Antes del cierre la deposición de los RRS será cuidadosamente controlada en el lado oeste del depósito de relaves para desarrollar un canal de drenaje desde la poza de agua superficial hasta el extremo oeste de la instalación. El canal estará sobre los relaves pero ubicado contra el terreno natural formando la frontera sur del depósito de relaves. La disposición controlada será necesaria para establecer el canal a un nivel adecuado ya que la poza de aguas superficiales cubrirá el área del depósito de RCS a perpetuidad. El balance de agua para el depósito de relaves predice que después del cierre, el flujo de las quebradas afectadas retornará a las condiciones anteriores a la construcción del depósito.

Un aliviadero de cierre será construido desde el extremo oeste del depósito de relaves para recibir el drenaje y transferirlo de manera segura al río Tingo. Este aliviadero será diseñado contando con un enrocado u otro revestimiento de protección. El modelo desarrollado para predecir los impactos a largo plazo sobre el cierre del depósito de relaves está incluido como parte del EIA. Los resultados del modelo indican que si al botadero de desmonte no se le permite que genere ácido, la descarga de agua desde el depósito de relaves será de calidad aceptable para su descarga directa al ambiente tanto durante la operación como en el cierre. Para asegurar que el botadero va a ser operado y cerrado de acuerdo con las predicciones del modelo, parte del diseño del botadero de desmonte incluye la adición de cal durante operación e instalación de una cubierta para reducir la infiltración y la difusión de oxígeno en el cierre.

La playa de relaves que no haya sido cubierta por la poza de aguas superficiales será revegetada con pastos, plantas leguminosas y arbustos para adoptar la cubierta vegetal actual en el valle y para minimizar la erosión. El suelo de cubierta o cualquier otro medio vegetativo será aplicado a la superficie según sea necesario para promover el establecimiento rápido de vegetación.

La cara aguas abajo de la presa de relaves será cubierta con vegetación progresivamente a lo largo de la vida de la mina mientras la cara exterior de cada etapa es construida. La cara exterior contendrá rocas grandes y por lo tanto el proceso de vegetación involucrará una aplicación inicial de paja u otro material fibroso antes de la siembra.

La poza de retención será desactivada durante el cierre removiendo el recubrimiento y efectuando una zanja en el área norte del terraplén para permitir la descarga por gravedad en el río Tingo. Los sumideros de colección de filtraciones permanecerán en su sitio pero el

agua será descargada también por gravedad al río Tingo después del aseguramiento de una calidad adecuada de la misma. Todas las tuberías de superficie y la barcaza de recuperación serán desinstaladas y los caminos que no sean necesarios serán escarificados y cubiertos con vegetación.

7.1.5 *Cantera*

Ambas canteras serán cubiertas por el emplazamiento final del botadero de desmonte de mina, por lo tanto, no se ha considerado ninguna acción para el cierre para estas estructuras.

7.1.6 *Vías de acceso*

El tránsito vehicular hacia el área del proyecto será muy reducido después del término de las operaciones y de la etapa de cierre. Se mantendrán operativos los caminos principales de acceso al área del proyecto y los caminos de acceso a las instalaciones de monitoreo u otra instalación que fuese necesaria. Los caminos secundarios que no se utilicen serán cerrados y bloqueados mediante el levantamiento de bermas. En los caminos de acceso se instalarán señales advirtiendo el peligro de acercamiento al área, principalmente al tajo y al botadero de desmonte.

7.1.7 *Planta concentradora*

El cierre de la planta concentradora contempla la recuperación de los equipos y materiales, el desmantelamiento de las estructuras que no tengan un uso alternativo posterior, demolición de las obras civiles y nivelación del terreno. Se evaluarán las condiciones de suelo para determinar si existen áreas que requieran ser removidas para su acondicionamiento en el área de rehabilitación de suelos.

7.1.8 *Laboratorio metalúrgico*

Al igual que en casos anteriores, toda la infraestructura de concreto y material noble será demolida y los escombros serán conducidos al botadero de desmonte de mina. Las demás instalaciones serán desmontadas y reutilizadas o vendidas. Toda el área será nivelada y se restituirá la vegetación el área que fue ocupada por el depósito y en las áreas circundantes.

7.1.9 *Infraestructura en general*

Al término de las operaciones, las edificaciones y las oficinas que no tengan un uso alternativo posterior serán desmantelados; los módulos serán desmontados de las plataformas de concreto y trasladados fuera del área del proyecto ya sea para su utilización en otro proyecto o su venta. Las plataformas de concreto serán demolidas y los escombros serán

llevados al botadero de desmonte. Todas las infraestructuras metálicas e instalaciones de suministro de energía y agua serán también removidas del lugar y sus partes serán recuperadas para una posterior utilización, dispuestas adecuadamente o entregadas a la población local o autoridades si así lo solicitan. Finalmente el área será nivelada, cubierta con una capa de suelo orgánico y sembrada con vegetación nativa de la zona.

8.0 *Análisis de Alternativas*

El objetivo de este análisis es comparar, sobre la base de un conjunto de criterios establecidos previamente, las alternativas que constituyen las mejores opciones para la ubicación de las instalaciones del proyecto.

En este análisis de alternativas se consideraron, mediante el uso de la Matriz de Conteo Múltiple (MCM), los aspectos técnicos y económicos, del medio ambiente físico, biológico, socioeconómico y cultural que pueden tener relación con el funcionamiento de las diversas instalaciones del Proyecto Cerro Corona.

Debido a la localización del yacimiento mineral, el tajo abierto del Proyecto Cerro Corona no puede ser ubicado en ningún otro sitio y por tanto, no fueron evaluadas otras alternativas para este componente. El análisis de alternativas propiamente dicho se desarrolló para el depósito de relaves, el botadero de desmonte y la planta concentradora.

8.1 *Depósito de relaves*

Siete alternativas fueron evaluadas para esta instalación. Estas alternativas corresponden a los únicos lugares que cumplen con los criterios de diseño de un depósito de relaves. Estos criterios incluyen:

- Topografía que permite la construcción de una presa para la contención de relaves
- Disponibilidad de agua
- Capacidad de almacenamiento
- Ubicación cercana a la planta de beneficio
- Posibilidad de controlar descargas y/o fugas en un solo punto

Basándose en los criterios establecidos, se considera que la alternativa A7 es la más favorable. Esta alternativa se encuentra ubicada en las quebradas Las Gordas y Las Águilas, con una capacidad de almacenamiento para 90 MT de relaves.

8.2 *Botadero de desmonte*

Cuatro alternativas fueron evaluadas para esta instalación. Estas alternativas corresponden a los únicos sitios evaluados que cumplen con los criterios necesarios para un botadero de desmonte estable. Entre estos criterios destacan los siguientes:

- Topografía plana o con muy poca pendiente
- Capacidad de controlar el agua superficial
- Suficiente capacidad
- Ubicación en relación con el tajo abierto
- Capacidad de controlar escorrentías en un solo punto

Basándose en los criterios establecidos, se considera que la alternativa A1 es la más favorable. Esta alternativa ubica el botadero en la ladera sureste de la quebrada Las Gordas.

8.3 Planta concentradora

El análisis de alternativas para la ubicación de la planta concentradora consideró 3 sitios inicialmente. Los criterios técnicos considerados para seleccionar la ubicación de la planta concentradora fueron:

- Topografía que permite la construcción de la planta concentradora
- Distancia al límite final del tajo
- Distancia al depósito de relaves
- Diferencia de altura entre la planta y el depósito de relaves (requerimiento de bombeo)
- Posibilidad de controlar descargas y/o fugas en un solo punto

La alternativa que presentó las mejores condiciones con respecto a los criterios seleccionados fue la alternativa A3 y se encuentra ubicada al noroeste del futuro tajo abierto y al noreste del depósito de relaves.

9.0 Plan de Relaciones Comunitarias

El Plan de Relaciones Comunitarias (PRC) del Proyecto Cerro Corona integra los diversos programas de manejo social del proyecto. Los programas de manejo se han trabajado en base a los resultados de la línea base, la descripción preliminar del proyecto proporcionada por el Titular y al análisis de impactos desarrollado previamente.

Las medidas de manejo propuestas están orientadas a prevenir la alteración de las condiciones de vida de las poblaciones involucradas y a promover los impactos positivos que el Proyecto Cerro Corona va a generar en la zona.

El proyecto tiene un carácter participativo y las medidas de manejo propuestas deben entenderse como lineamientos de política a los cuales el titular del proyecto se compromete en obediencia al marco legal peruano, entre ellos el DS N° 042-2003-EM (“Compromiso Previo”), a las guías y estándares internacionales sobre manejo de impactos sociales y a las políticas de responsabilidad social corporativas de la empresa. Sin embargo, estos lineamientos deberán traducirse en planes de acción que serán desarrollados en cooperación con los grupos de interés del proyecto.

9.1 Objetivos

El objetivo general del Plan de Relaciones Comunitarias es asegurar que todas las acciones de manejo social propuestas sean identificadas, comprendidas e implementadas por el personal involucrado en el Proyecto Cerro Corona, todo ello con la finalidad de lograr que la visión y misión propuestas sean cumplidas.

Los objetivos específicos del PRC son:

- Manejar los impactos sociales del Proyecto Cerro Corona de forma que se potencien los efectos positivos y se mitiguen los efectos negativos del mismo.
- Establecer lineamientos para el manejo de los impactos sociales del PCC que puedan transformarse en planes operativos con la participación de los grupos de interés del proyecto.
- Mejorar la relación entre la empresa y las poblaciones del área de influencia del Proyecto Cerro Corona.

9.2 Programas sociales

Por su orientación, los Programas Sociales podrán ser considerados como Programas de Prevención Social o Programas de Desarrollo Social. Los de prevención social son aquellos que están orientados a la mitigación de impactos previsible negativos mientras que los de desarrollo social son aquellos que están orientados hacia la potenciación de los impactos previsible positivos y/o a la implementación de las políticas de responsabilidad social del titular del proyecto.

Los Programas de Prevención Social que forman parte del Plan de Relaciones Comunitarias del proyecto, son los siguientes:

- Programa de entrenamiento en relaciones comunales para trabajadores
- Programa de comunicación y consulta
- Programa de salud y seguridad para actividades de transporte
- Programa de caminos rurales y mejora de infraestructura
- Programa social de cierre

Los Programas de Desarrollo Social que forman parte del Plan de Relaciones Comunitarias del proyecto, son los siguientes:

- Programa de empleo local
- Programa de compras locales
- Programa de apoyo a ex posesionarios
- Programa de capacitación a autoridades locales
- Programa de desarrollo local

El Plan de Relaciones Comunitarias del Proyecto Corona también considera la implementación de un monitoreo participativo con el fin de mejorar el entendimiento de los interesados en cuanto a los impactos previsible del proyecto y las medidas para manejarlos; mejorar el entendimiento por parte del proyecto de las preocupaciones, y percepciones de los interesados; tener en cuenta las preocupaciones y percepciones de los interesados, así como generar confianza mutua; y promover una mutua responsabilidad entre el proyecto y los interesados locales.

Los Programas Sociales se adaptarán a los requerimientos de las áreas de influencia del proyecto (directa o indirecta). En las Tablas 9.1 y 9.2 del EIA se presentan las medidas de mitigación social.

10.0 Procedimiento de Consulta y Participación Ciudadana

Como parte del proceso de consulta pública del Proyecto Cerro Corona se ha desarrollado un Plan de Consulta Pública y Divulgación de Información del EIA del proyecto, cuyos destinatarios han sido los grupos de interés previamente identificados del referido proyecto. Estas consultas se realizaron en estricto cumplimiento de la R.M. N° 596-2002-EM/DM, la Guía de Relaciones Comunitarias del MINEM y el Good Practice Manual on Public Consultation and Information Disclosure de la International Finance Corporation (IFC – World Bank).

10.1 Objetivos

Los objetivos del programa de consulta pública y divulgación de información del Proyecto Cerro Corona son los siguientes:

- Recoger, identificar y absolver temas de preocupación pública mediante un trabajo conjunto y cooperativo con los grupos de interés y la apertura a sus preocupaciones e inquietudes.
- Compartir abiertamente información oportuna, consistente y transparente acerca del proyecto y sus planes para promover y construir un entendimiento y una relación de cooperación y confianza de largo plazo con los grupos de interés del mismo.
- Ayudar a los grupos de interés del proyecto a que se familiaricen con el proyecto y su personal. De manera específica, informar sobre la amplia experiencia del titular en minería; así como sus valores y cultura, su capacidad técnica, sus estándares ambientales y de seguridad industrial, su política de responsabilidad social. Asimismo, transmitir el compromiso del proyecto de dialogar y atender permanentemente las inquietudes de los grupos de interés.
- Dialogar con los grupos de interés acerca de los impactos identificados y los planes de mitigación propuestos con la finalidad de incorporar sus inquietudes y opiniones en el diseño de dichos planes.
- Establecer canales y espacios de comunicación como los mecanismos fundamentales para resolver puntos de vista diferentes e inquietudes de la población.
- Identificar oportunidades sostenibles de contribuir al desarrollo local, en forma participativa.

10.2 Componentes

El Programa incluye seis componentes claves acordes con los lineamientos del Banco Mundial:

- Identificación de Grupos de Interés
- Brindar oportunidades a los grupos de interés para participar
- Realización de un Estudio de Impacto Social
- Identificación y resolución de inquietudes y preocupaciones de la población
- Monitoreo y evaluación del proceso de consulta
- Documentación de la participación de los grupos de interés y su acceso a información sobre el proyecto

10.3 Resultados del proceso de consulta pública

El Programa de Consulta y Divulgación del EIA del Proyecto Cerro Corona ha generado, a la fecha, los siguientes resultados:

- La población no ha manifestado oposición al desarrollo del proyecto.
- La población formuló y planteó de manera abierta y transparente sus inquietudes con respecto al proyecto.
- La mayoría de las inquietudes de la población en relación al proyecto fueron absueltas durante las rondas de consulta.
- Las reuniones de consulta contaron con buen nivel de participación por parte de los grupos de interés.
- Los grupos de interés destacaron el valor de las reuniones de consulta como medios de diálogo y participación.
- Las reuniones de consulta constituyeron una oportunidad inédita y completamente nueva para las poblaciones para expresar sus inquietudes, problemas y participar en la implementación de un proyecto minero. Estas relevaron que nunca antes habían tenido la oportunidad de participar y ser consultados en relación a un proyecto minero.
- Se está construyendo una relación entre el proyecto y los grupos de interés basada en la confianza, el diálogo y el respeto mutuo.
- Entre la primera y segunda ronda de consulta, se ha podido observar un mayor conocimiento sobre el proyecto por parte de los grupos de interés, y un mayor involucramiento en su desarrollo. Asimismo, en la segunda ronda, a diferencia de la primera, se ha identificado la percepción de que la minería moderna, con una mayor

vigilancia y participación por parte del Estado, puede significar una oportunidad de desarrollo sin daños considerables al medio ambiente.

11.0 Análisis Costo - Beneficio

El propósito de este capítulo es presentar el resumen del análisis de los costos y beneficios económicos, sociales y ambientales del Proyecto Cerro Corona. Las conclusiones sobre la relación costo/beneficio de llevar a cabo el Proyecto Cerro Corona fueron desarrolladas evaluando los impactos adversos y los impactos positivos del proyecto que afectan a los ambientes físico, biológico, socioeconómico y de interés humano.

Este análisis considera como un “costo” a cualquier impacto del proyecto que en general tenga un carácter negativo y considera como un “beneficio” a cualquier impacto del proyecto que en general tenga un carácter positivo. Para fines de esta evaluación y debido a la subjetividad de asignar valores numéricos a los impactos, se ha realizado un análisis cualitativo de costo beneficio del proyecto.

Cada uno de los diez componentes ambientales (topografía, aire, suelo, agua superficial, agua subterránea, vegetación y flora, fauna terrestre, fauna acuática, paisaje y recursos arqueológicos) ha sido examinado para las dos etapas del proyecto, es decir, construcción y operación. La fase de rehabilitación o cierre no se evaluó con el mismo criterio ya que se asume que el balance total de los impactos ambientales de las actividades de cierre es positivo debido a la recuperación de las condiciones ambientales en la mayoría de los componentes ambientales.

El estudio de impacto social estableció aquellos aspectos que podrían constituirse en costos y beneficios sociales para la población tanto durante la etapa de construcción como de operación y cierre. Para reducir o mitigar los costos sociales, el proyecto plantea la implementación de diversos programas sociales dentro del Plan de Relaciones Comunitarias cuyo objetivo es prevenir la afectación de las condiciones de vida de las poblaciones involucradas y promover los impactos positivos que el proyecto generará.

Con respecto a los beneficios económicos que el Proyecto Cerro Corona aportaría, los ingresos por canon incrementarían el monto total de canon recibido en ambas áreas de influencia: directa e indirecta, considerando que existen otros proyectos mineros en la provincia de Hualgayoc. Esto, a su vez, permitiría, incrementar el presupuesto de los gobiernos locales y regionales en obras de infraestructura social y productiva, generando, al mismo tiempo, empleo para la implementación de estas obras.

Para las proyecciones de las regalías se ha considerado el pago desde el primer año de operaciones (año 2008). El nivel del aporte se ha calculado en función de los presupuestos para el año 2004 de la región, la provincia y el distrito; así como los volúmenes anuales de ventas, calculados en función de la producción promedio anual proyectada y los precios actuales de los metales.

Considerando las normas vigentes, se ha estimado que el aporte de ingresos por regalías del proyecto en el distrito de Hualgayoc constituiría el 20,2% de su presupuesto anual y el 37,1% de su presupuesto de inversión. En la provincia y distrito de Bambamarca más el distrito de Chugur, este aporte sería del 6,2% y 15,1% del presupuesto anual y del presupuesto de inversiones, respectivamente. En el caso del Gobierno Regional, el aporte ascendería únicamente al 0,1% del presupuesto total y al 1,9% del presupuesto de inversiones.

En cuanto al escenario político, la zona en la cual se desarrollará el proyecto es una zona donde la susceptibilidad de los pobladores hacia los impactos ambientales provenientes de la actividad minera está muy relacionada con la política local y son frecuentes las protestas públicas y bloqueos de carreteras de acceso en contra de las compañías mineras. Aún así el titular del Proyecto Cerro Corona, basándose en un proceso de comunicación y consulta, ha logrado una serie de acuerdos favorables para la Comunidad Campesina El Tingo, Coymolache y el caserío Pilancones en relación con temas de empleo, compras locales, salud, educación y desarrollo, que los beneficiará. Adicionalmente, el titular del proyecto, en el marco del presente EIA, se compromete a desarrollar el proyecto con altos estándares ambientales y sociales, de modo que se garantice una operación limpia y en armonía con las poblaciones vecinas y grupos de interés.

Sociedad Minera La Cima S.A.

**Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Cerro Corona**

Mayo 2005

Preparado para
Sociedad Minera La Cima S.A.
Av. Pedro de Osma 450, Barranco
Teléfono: (511) 467-0077
Fax: (511) 251-8838

Preparado por
Knight Piésold Consultores S.A.
Avenida San Borja Sur 143
San Borja, Lima 41- Perú
Teléfono: (511) 226-0044
Fax: (511) 226-0062

LI201-00117/5

Sociedad Minera La Cima S.A.

Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Cerro Corona

Tabla de Contenido

Resumen Ejecutivo

1.0 Introducción	1-1
1.1 Generalidades del proyecto	1-1
1.2 Estudio de impacto ambiental	1-3
2.0 Antecedentes	2-1
2.1 Antecedentes y propiedad.....	2-1
2.2 Marco legal.....	2-2
2.2.1 Entidades gubernamentales con atribuciones sobre proyectos mineros.....	2-3
2.2.2 Normas generales de protección ambiental aplicables a las actividades minero metalúrgicas	2-7
2.2.3 Estándares de protección ambiental aplicables a las actividades minero metalúrgicas	2-15
2.3 Estado legal del proyecto.....	2-19
2.3.1 Derechos mineros	2-19
2.3.2 Derechos superficiales.....	2-19
2.3.3 Derechos de aguas	2-20
3.0 Descripción del Área del Proyecto.....	3-1
3.1 Ambiente físico	3-1
3.1.1 Ubicación y acceso	3-1
3.1.2 Fisiografía, topografía y geomorfología.....	3-2
3.1.3 Clima y meteorología	3-3
3.1.4 Calidad del aire.....	3-7
3.1.5 Ruido y vibración	3-10
3.1.6 Geología	3-13
3.1.7 Sismicidad	3-19
3.1.8 Suelos	3-20
3.1.9 Hidrología.....	3-35
3.1.10 Hidrogeología.....	3-46

Tabla de Contenido (Cont.)

3.1.11 Calidad de agua superficial.....	3-56
3.1.12 Calidad de aguas subterráneas.....	3-91
3.2 Ambiente biológico	3-106
3.2.1 Ecosistema terrestre.....	3-106
3.2.2 Vida acuática	3-124
3.3 Ambiente socioeconómico	3-147
3.3.1 Área de influencia directa.....	3-149
3.3.2 Área de influencia indirecta.....	3-175
3.4 Ambiente de interés humano	3-187
3.4.1 Arqueología	3-187
3.4.2 Paisaje.....	3-189
4.0 Descripción del Proyecto.....	4-1
4.1 Descripción general del proyecto	4-1
4.2 Etapas del proyecto.....	4-2
4.2.1 Etapa de construcción.....	4-3
4.2.2 Etapa de operación.....	4-3
4.2.3 Etapa de cierre	4-4
4.3 El Tajo	4-5
4.3.1 Etapa de construcción.....	4-5
4.3.2 Etapa de operación.....	4-6
4.3.3 Etapa de cierre	4-10
4.4 Botadero de desmonte y pila de óxido mineralizado.....	4-10
4.4.1 Caracterización de los desmontes y los relaves.....	4-11
4.4.2 Etapa de construcción.....	4-19
4.4.3 Etapa de operación.....	4-19
4.4.4 Etapa de cierre	4-24
4.5 Depósito de relaves.....	4-26
4.5.1 Relaves	4-28
4.5.2 Características geoquímicas estimadas.....	4-28
4.5.3 Criterios de diseño	4-29
4.5.4 Descripción de la instalación y desarrollo general	4-30
4.5.5 Manejo del espejo de agua o la poza de aguas superficiales del depósito de relaves.....	4-31
4.5.6 Manejo del DAR/LM de los relaves.....	4-32
4.5.7 Presa del depósito de relaves	4-33

Tabla de Contenido (Cont.)

4.5.8 Fase de construcción.....	4-46
4.5.9 Etapa de operación.....	4-48
4.5.10 Etapa de cierre	4-50
4.6 Canteras	4-51
4.6.1 Etapa de construcción.....	4-51
4.6.2 Etapa de operación.....	4-52
4.6.3 Cierre	4-52
4.7 Vías de accesos.....	4-52
4.7.1 Etapas de construcción y operación.....	4-52
4.7.2 Etapa de cierre	4-53
4.8 Planta de procesamiento e infraestructura general	4-53
4.8.1 Chancado de mineral	4-54
4.8.2 Molienda, clasificación y flotación	4-54
4.8.3 Manejo de concentrados	4-57
4.9 Instalaciones de la planta de beneficio	4-58
4.10 Sistema de manejo de aguas superficiales y escorrentía y control de erosión y sedimentos	4-58
4.11 Instalaciones auxiliares.....	4-66
4.11.1 Campamentos	4-66
4.12 Mano de obra.....	4-74
4.13 Insumos.....	4-75
4.13.1 Agua	4-75
4.13.2 Energía eléctrica	4-79
4.13.3 Combustibles y lubricantes.....	4-81
4.13.4 Explosivos	4-82
4.14 Reactivos	4-82
4.14.1 Adición de cal apagada.....	4-83
4.14.2 Silicato de sodio	4-83
4.14.3 Xantato amílico de potasio	4-84
4.14.4 Aerofloat 3477.....	4-84
4.14.5 MIBC.....	4-84
4.14.6 DDS3	4-84
4.14.7 Floculante	4-85
4.14.8 Otros insumos	4-85
4.15 Manejo y disposición de residuos, efluentes y/o emisiones	4-86

Tabla de Contenido (Cont.)

4.15.1 Residuos sólidos domésticos	4-86
4.15.2 Residuos sólidos de construcción	4-88
4.15.3 Residuos sólidos industriales no peligrosos	4-88
4.15.4 Residuos peligrosos	4-89
4.15.5 Aguas residuales	4-90
4.15.6 Aguas de lavado proveniente de tareas de mantenimiento.....	4-92
4.15.7 Material particulado y gases	4-92
4.15.8 Ruido y vibración	4-94
4.16 Operaciones de mantenimiento de equipos	4-95
4.17 Transporte general	4-96
4.17.1 Transporte por carretera.....	4-96
4.17.2 Transporte portuario	4-96
5.0 Evaluación de Impactos.....	5-1
5.1 Metodología de evaluación de impactos	5-1
5.1.1 Metodología de evaluación de impactos ambientales	5-1
5.1.2 Metodología de evaluación de impactos sociales.....	5-1
5.1.3 Áreas de influencia del proyecto	5-2
5.1.4 Variables consideradas para la evaluación de impactos.....	5-7
5.2 Análisis de impactos ambientales.....	5-10
5.2.1 Impactos al ambiente físico	5-10
5.2.2 Impactos al ambiente biológico.....	5-52
5.2.3 Impactos al ambiente de interés humano.....	5-74
5.3 Impactos al ambiente socioeconómico y cultural.....	5-75
5.3.1 Introducción.....	5-75
5.3.2 Metodología.....	5-75
5.3.3 Temas clave	5-78
5.3.4 Evaluación de impactos sociales en el área de influencia directa	5-78
5.3.5 Evaluación de impactos sociales en el área de influencia indirecta	5-113
6.0 Plan de Manejo Ambiental	6-1
6.1 Plan de prevención y mitigación	6-1
6.1.1 Mitigación de impactos al ambiente físico.....	6-1
6.1.2 Mitigación de impactos al ambiente biológico.....	6-29
6.1.3 Mitigación de impactos al ambiente de interés humano.....	6-39
6.1.4 Mitigación de impactos al ambiente socioeconómico.....	6-39
6.2 Plan de Monitoreo	6-39

Tabla de Contenido (Cont.)

6.2.1 Plan de monitoreo de la pre-construcción	6-41
6.2.2 Monitoreo durante la construcción y operación	6-45
6.3 Plan de emergencias y contingencias	6-71
6.3.1 Criterios básicos del plan.....	6-72
6.3.2 Política referente a emergencias y contingencias	6-73
6.3.3 Objetivos del plan.....	6-73
6.3.4 Sistema de respuesta.....	6-74
6.3.5 Identificación de áreas de respuesta	6-78
6.3.6 Entrenamiento y simulacros	6-79
6.3.7 Plan de capacitación	6-79
6.3.8 Procedimiento a seguir en el manejo de una emergencia o contingencia.....	6-80
6.3.9 Plan de prevención, control, contención y limpieza de derrames	6-88
7.0 Plan de Cierre Conceptual	7-1
7.1 Introducción.....	7-1
7.1.1 Objetivos del cierre.....	7-1
7.1.2 Criterios de cierre	7-2
7.1.3 Instalaciones consideradas en las actividades de cierre.....	7-3
7.2 Actividades de cierre	7-4
7.2.1 Actividades de cierre temporal	7-4
7.2.2 Actividades de cierre progresivo	7-7
7.2.3 Actividades de cierre final.....	7-11
7.3 Monitoreo y mantenimiento post-cierre	7-27
7.3.1 Monitoreo post-cierre	7-27
7.3.2 Mantenimiento post-cierre.....	7-29
7.4 Cronograma y presupuesto para el cierre	7-30
7.4.1 Cronograma	7-30
7.4.2 Presupuesto.....	7-30
8.0 Análisis de Alternativas.....	8-1
8.1 Introducción.....	8-1
8.2 Suposiciones del estudio.....	8-3
8.3 Instalaciones y actividades mineras.....	8-3
8.3.1 Instalaciones mineras.....	8-3
8.3.2 Actividades mineras	8-4
8.4 Condiciones consideradas en el análisis.....	8-4

Tabla de Contenido (Cont.)

8.5	Análisis de alternativas de ubicación de instalaciones mineras	8-6
8.5.1	Tajo abierto.....	8-6
8.5.2	Depósito de almacenamiento de relaves.....	8-6
8.5.3	Botadero de desmonte	8-9
8.5.4	Ubicación de la planta de procesamiento	8-11
8.6	Análisis de alternativas de las actividades mineras	8-13
8.6.1	Extracción de minerales.....	8-13
8.6.2	Proceso de beneficio.....	8-13
9.0	Plan de Relaciones Comunitarias	9-1
9.1	Impactos sociales del proyecto Cerro Corona y medidas de manejo	9-1
9.2	Programas sociales	9-1
9.2.1	Visión	9-1
9.2.2	Misión.....	9-2
9.2.3	Objetivos.....	9-2
9.3	Área de influencia.....	9-3
9.4	Programas de prevención social	9-3
9.4.1	Código de conducta	9-3
9.4.2	Programa de entrenamiento en relaciones comunales para trabajadores.....	9-5
9.4.3	Programa de comunicación y consulta	9-6
9.4.4	Programa de salud y seguridad para actividades de transporte	9-9
9.4.5	Programa de caminos rurales y mejora de infraestructura	9-11
9.4.6	Programa social de cierre	9-12
9.5	Programas de desarrollo social	9-17
9.5.1	Programa de empleo local	9-17
9.5.2	Programa de compras locales	9-20
9.5.3	Programa de apoyo a ex poseionarios.....	9-22
9.5.4	Programa de capacitación de autoridades locales.....	9-25
9.5.5	Programa de Desarrollo Local (PDL).....	9-25
9.6	Otras funciones del área de relaciones comunitarias y desarrollo.....	9-27
9.6.1	Monitoreo participativo	9-27
9.6.2	Resolución de disputas	9-29
9.7	Programas de acuerdo al área de influencia	9-30
9.8	Equipo responsable.....	9-30

Tabla de Contenido (Cont.)

10.0 Plan de Consulta Pública y Divulgación de Información del Estudio de Impacto	
Ambiental	10-1
10.1 Marco normativo	10-1
10.1.1 Reglamento de consulta y participación ciudadana.....	10-2
10.1.2 Guía de relaciones comunitarias.....	10-3
10.1.3 Manual de buena práctica de consulta pública y divulgación de información.....	10-3
10.2 Objetivos.....	10-4
10.3 Programa de consulta pública y divulgación de información	10-5
10.4 Identificación de grupos de interés.....	10-5
10.4.1 Grupos de interés del área nacional.....	10-6
10.4.2 Grupos de interés del área regional	10-6
10.4.3 Grupos de interés de área provincial	10-7
10.4.4 Grupos de interés del área local.....	10-8
10.5 Proceso de consulta pública.....	10-10
10.5.1 Oportunidades para la participación de los grupos de interés	10-10
10.5.2 Metodología de consulta pública.....	10-11
10.5.3 Primera ronda de consulta pública.....	10-12
10.5.4 Reuniones de presentación y trabajo con entidades reguladoras.....	10-14
10.5.5 Segunda ronda de consulta pública	10-16
10.6 Estudio de impacto social	10-24
10.6.1 Técnicas de investigación participativas	10-24
10.6.2 Percepciones de los grupos de interés del área local.....	10-26
10.6.3 Percepciones de los grupos de interés del área provincial.....	10-33
10.6.4 Percepciones de los grupos de interés del área regional.....	10-35
10.7 Monitoreo y evaluación del proceso de consulta pública.....	10-38
10.8 Resultados del proceso de consulta pública	10-39
11.0 Análisis Costo - Beneficio.....	11-1
11.1 Análisis de los componentes ambientales	11-1
11.2 Análisis del componente social	11-2
11.3 Resumen del análisis costo beneficio	11-2
12.0 Lista de especialistas	12-1
13.0 Referencias bibliográficas	13-1

Lista de Tablas

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>
Tabla 2.1	Derechos mineros de titularidad de Sociedad Minera La Cima SA
Tabla 2.2	Derechos mineros sobre los cuales Sociedad Minera La Cima SA tiene interés inscrito
Tabla 2.3	Coordenadas UTM de los derechos mineros de titularidad de Sociedad Minera La Cima SA
Tabla 2.4	Coordenadas UTM de los derechos mineros sobre los cuales Sociedad Minera La Cima SA tiene interés inscrito
Tabla 2.5	Relación de licencias de uso de agua
Tabla 3.1	Estaciones regionales para el Proyecto Cerro Corona ubicación y periodo de registro
Tabla 3.2	Datos de temperatura mensual promedio para las estaciones meteorológicas: Hualgayoc y Carolina
Tabla 3.3	Estaciones meteorológicas Hualgayoc y Carolina: temperatura máximas y mínimas promedios mensuales
Tabla 3.4	Datos de precipitación mensual promedio para las estaciones meteorológicas regionales de: Bambamarca, Chugur y Hualgayoc
Tabla 3.5	Precipitación en el área de Hualgayoc: datos provistos por el SENAMHI ordenados según ciclo hidrológico
Tabla 3.6	Estación meteorológica Hualgayoc evaporación total para el período 1972-1981
Tabla 3.7	Datos de humedad relativa media mensual para la estación Carolina
Tabla 3.8	Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo de calidad de aire
Tabla 3.9	Concentración de partículas PTS y PM ₁₀ , promedio 24 horas
Tabla 3.10	Concentraciones de metales Pb y As
Tabla 3.11	Concentraciones de Monóxido de Carbono, (CO)
Tabla 3.12	Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno, NO ₂
Tabla 3.13	Concentraciones de Dióxido de Azufre, SO ₂
Tabla 3.14	Concentraciones de Sulfuro de Hidrógeno, H ₂ S
Tabla 3.15	Ubicación y descripción de los puntos de medición para ruido y vibraciones
Tabla 3.16	Resultados de la evaluación de ruidos diurna (07:01 a 22:00 horas)
Tabla 3.17	Resultados de la evaluación de ruidos nocturna (22:01 a 07:00 horas)

Lista de Tablas (Cont.)

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>
Tabla 3.18	Evaluación de los resultados de la línea base de ruido para los períodos diurno y nocturno
Tabla 3.19	Resultados de las mediciones de vibración durante el período diurno
Tabla 3.20	Resultados de las mediciones de vibración durante el período nocturno
Tabla 3.21	Perfiles representativos
Tabla 3.22	Ubicación de calicatas
Tabla 3.23	Escalas adoptadas para la interpretación de los análisis químicos
Tabla 3.24	Análisis de Suelos: Caracterización
Tabla 3.25	Porcentaje de humedad en las muestras de suelos
Tabla 3.26	Resultados de suelos concentración de metales totales
Tabla 3.27	Resumen de parámetros principales de las microcuencas del proyecto
Tabla 3.28	Estaciones hidrometeorológicas analizadas
Tabla 3.29	Estaciones hidrológicas analizadas
Tabla 3.30	Caudales medios anuales (m ³ /seg) en la cuenca del Llaucano
Tabla 3.31	Porcentaje de masa anual en la estación de Maygasbamba según año hidrológico
Tabla 3.32	Porcentaje promedio de precipitación anual en el área del Proyecto Cerro Corona
Tabla 3.33	Tormentas de diseño representativas de la zona
Tabla 3.34	Mediciones históricas de caudales en cursos superficiales del área del proyecto
Tabla 3.35	Conductividad hidráulica saturada de pruebas en rocas intrusivas fracturadas y piedra caliza en el emplazamiento de la mina Cerro Corona
Tabla 3.36	Ubicación y descripción de los puntos de muestreo de calidad de agua superficial
Tabla 3.37	Resultados del análisis de calidad de agua superficial de la cuenca del río Tingo
Tabla 3.38	Resultados del análisis de calidad de agua superficial de la cuenca del río Hualgayoc
Tabla 3.39	Información de las bocatomas visitadas en la zona del Tingo-Maygasbamba

Lista de Tablas (Cont.)

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>
Tabla 3.40	Resultados del análisis de calidad de agua en los canales de riego en la cuenca del río Tingo
Tabla 3.41	Resultados del análisis de calidad de agua del Proyecto Manuel Vásquez
Tabla 3.42	Resultados del análisis de calidad de agua en los efluentes de mina Carolina
Tabla 3.43	Comparación de resultados del presente estudio con estudios previos en la cuenca del río Tingo – temporada seca
Tabla 3.44	Comparación de resultados del presente estudio con estudios previos en la cuenca del río Tingo – temporada húmeda
Tabla 3.45	Comparación de resultados del presente estudio con estudios previos en la cuenca del río Hualgayoc – temporada seca
Tabla 3.46	Comparación de resultados del presente estudio con estudios previos en la cuenca del río Hualgayoc – temporada húmeda
Tabla 3.47	Resultados del análisis de calidad de agua subterráneas – pozos
Tabla 3.48	Resultados del análisis de calidad de agua subterráneas - manantiales que drenan al río Tingo
Tabla 3.49	Resultados del análisis de calidad de agua subterráneas - manantiales que drenan al río Hualgayoc
Tabla 3.50	Resultados del análisis de calidad de agua subterráneas - pozos en el área de la planta y la relavera Jalca
Tabla 3.51	Resultados del análisis de calidad de agua subterráneas - pozos en el área del tajo
Tabla 3.52	Ubicación y descripción de los manantiales inventariados en marzo del 2005
Tabla 3.53	Resultados del análisis de calidad de agua subterráneas - resultados históricos de manantiales que drenan al río Tingo
Tabla 3.54	Resultados del análisis de calidad de agua subterráneas - resultados comparativos de manantiales que drenan al río Hualgayoc
Tabla 3.55	Ordenamiento sistemático de la flora en el área del proyecto
Tabla 3.56	Riqueza de especies de pteridophytas y angiospermas en el área del proyecto
Tabla 3.57	Lista de especies endémicas determinadas en el área del proyecto

Lista de Tablas (Cont.)

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>
Tabla 3.58	Valores de riqueza, diversidad local e índices de uniformidad determinados en los transectos evaluados
Tabla 3.59	Transectos I: Lista de especies vegetación ribereña o asociada a zonas húmedas
Tabla 3.60	Transectos IV: Lista de especies vegetación asociada a roquedal
Tabla 3.61	Transectos III: Lista de especies vegetación de pastizal bajo y pajonal disperso predominio de pastizal bajo
Tabla 3.62	Transectos II: Lista de especies vegetación de pastizal bajo y pajonal disperso predominio de pajonal disperso
Tabla 3.63	Transectos V: lista de especies vegetación de pastizal bajo y pajonal disperso distribución homogénea
Tabla 3.64	Transectos VI: lista de especies vegetación de matorral bajo
Tabla 3.65	Amplitud de nicho de la flora - Índice de diversidad de transectos por especie evaluada
Tabla 3.66	Especies de fauna terrestre determinadas en el área del proyecto
Tabla 3.67	Especies de fauna que podrían encontrarse en el área del proyecto
Tabla 3.68	Análisis de diversidad de avifauna en el área del proyecto
Tabla 3.69	Amplitud de nicho de la avifauna en el área del proyecto índices de diversidad de transectos por especie evaluada
Tabla 3.70	Sensibilidad, prioridades de conservación e investigación de la avifauna
Tabla 3.71	Sensibilidad, prioridades de conservación e investigación de la avifauna que podría encontrarse en el área del proyecto
Tabla 3.72	Categorías de conservación para las especies determinadas, incluyendo aquellas especies que potencialmente podrían encontrarse en el área del proyecto
Tabla 3.73	Resultados del análisis de perifitos en las microcuencas de los ríos Tingo y Hualgayoc
Tabla 3.74	Resultados del análisis de fitoplancton en las microcuencas de los ríos Tingo y Hualgayoc
Tabla 3.75	Matriz de evaluación biofísica
Tabla 3.76	Clave de la matriz de evaluación biofísica
Tabla 3.77	Ubicación de las estaciones de monitoreo de vida acuática

Lista de Tablas (Cont.)

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>
Tabla 3.78	Hábitat de vida acuática - Cuenca del río Tingo
Tabla 3.79	Hábitat de vida acuática - Cuenca del río Hualgayoc y río Llaucano
Tabla 3.80	Resultados del estudio de peces
Tabla 3.81	Resultados del análisis de macroinvertebrados bentónicos en las cuencas de los ríos Tingo y Hualgayoc
Tabla 3.82	Resumen del análisis de bentos en el área de estudio
Tabla 3.83	Dominancia por familia de bentos
Tabla 3.84	Resultados de análisis de índice biótico de familias
Tabla 3.85	Resultados del análisis de S/T
Tabla 3.86	Resultados del análisis de calidad de agua superficial de la cuenca del río Tingo - mayo 2004
Tabla 3.87	Resultados del análisis de calidad de agua superficial de la cuenca del río Hualgayoc - mayo 2004
Tabla 3.88	Resultados del análisis de calidad de agua superficial de la cuenca del río Tingo - julio 2004
Tabla 3.89	Resultados del análisis de calidad de agua superficial de la cuenca del río Hualgayoc - julio 2004
Tabla 3.90	Evaluación de correlaciones entre parámetros físico-químicos y los índices de diversidad y calidad ambiental
Tabla 3.91	Técnicas de recolección de datos sociales
Tabla 3.92	Medios de comunicación de mayor uso para conocer noticias locales y nacionales (cifras porcentuales)
Tabla 3.93	Ocupación principal, en porcentajes, de la población de 15 años de edad y más en la zona de influencia directa
Tabla 3.94	Terrenos de la zona de influencia directa por tipo de uso (porcentajes)
Tabla 3.95	Porcentaje de familias según tamaño de hato y Raza del ganado vacuno
Tabla 3.96	Producción de leche y porcentaje destinada a la venta
Tabla 3.97	Fuentes de ingreso familiar en la zona de influencia directa
Tabla 3.98	Indicadores de ingresos familiares (s/.)
Tabla 3.99	Perfil epidemiológico en el distrito de Hualgayoc según MINSA años 2002-2003
Tabla 3.100	Morbilidades atendidas en el puesto de salud de El Tingo, 2004

Listado de Tablas (Cont.)

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>
Tabla 3.101	Porcentaje de asistencia a centros de salud en casos de enfermedad
Tabla 3.102	Porcentaje de población de 6 años a más según nivel educativo
Tabla 3.103	El IDH y pobreza
Tabla 3.104	Tenencia de las parcelas según tipo de ocupación
Tabla 3.105	Indicadores básicos de la producción de leche
Tabla 3.106	IDH de la localidad según indicadores
Tabla 3.107	Provincias y distritos de la ruta principal
Tabla 3.108	Provincias y distritos de la ruta alterna
Tabla 3.109	Comparación de las características de ambas rutas
Tabla 3.110	Unidades de evaluación arqueológica
Tabla 4.1	Plan de minado Tajo Cerro Corona
Tabla 4.2	Datos sobre conteo ácido-base, Laboratorios CORE, 1995
Tabla 4.3	Datos sobre conteo ácido-base, Lakefield Research, 1996
Tabla 4.4	Resumen de la evaluación del riesgo sísmico del área datos sobre conteo ácido-base, Lakefield Research, 1996
Tabla 4.5	Parámetros del análisis de estabilidad de la presa de relaves
Tabla 4.6	Consecuencia de Incremento de Riesgo (CDA) Clasificación de Presas
Tabla 4.7	Parámetros del análisis de estabilidad de la presa de relaves
Tabla 5.1	Resumen de la matriz de impactos ambientales
Tabla 5.2	Resultados del modelamiento de material particulado - etapas de construcción y operación
Tabla 5.3	Resumen de estimados de velocidades de descarga de agua del tajo
Tabla 5.4	Composición de escorrentía ácida y no ácida sustituto para la filtración de material estéril
Tabla 5.5	Criterios de clasificación de impactos sociales
Tabla 5.6	Temas clave e impactos en el área de influencia directa
Tabla 5.7	Temas clave e impactos en el área de influencia indirecta
Tabla 5.8	Mejora de los ingresos – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.9	Mejora de los ingresos – evaluación de impacto residual
Tabla 5.10	Mejora de las capacidades laborales – evaluación de impacto
Tabla 5.11	Incremento de la migración laboral – evaluación inicial de impacto

Lista de Tablas (Cont.)

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>
Tabla 5.12	Incremento de la migración laboral – impactos residuales
Tabla 5.13	Transformaciones en el empleo agropecuario – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.14	Transformaciones en el empleo agropecuario– evaluación de impacto residual
Tabla 5.15	Percepción de que el Proyecto Cerro Corona traerá beneficios en empleo
Tabla 5.16	Incremento de expectativas de empleo – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.17	Incremento de expectativas de empleo – evaluación de impacto residual
Tabla 5.18	Dinamización de la economía local – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.19	Dinámica de la economía local – evaluación de impactos residuales
Tabla 5.20	Expectativas sobredimensionadas sobre compras locales – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.21	Expectativas sobredimensionadas sobre compras locales – evaluación de impacto residual
Tabla 5.22	Incremento de los accidentes de tránsito – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.23	Incremento de los accidentes de tránsito – evaluación de impacto residual
Tabla 5.24	Vías afectadas por el proyecto
Tabla 5.25	Reducción de accesos a vías y caminos de uso local – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.26	Reducción de accesos a vías y caminos de uso local – evaluación de impactos residuales
Tabla 5.27	Manejo de expectativas sobre transporte y vías – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.28	Manejo de expectativas sobre transporte y vías – evaluación inicial de impacto residual
Tabla 5.29	Percepciones sobre contaminación actual
Tabla 5.30	Percepciones sobre potenciales efectos ambientales negativos del proyecto

Lista de Tablas (Cont.)

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>
Tabla 5.31	Temores relacionados a la existencia de impactos ambientales – Evaluación inicial de impacto
Tabla 5.32	Temores relacionados a la existencia de impactos ambientales – Evaluación de impacto residual
Tabla 5.33	Traslado de familias – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.34	Traslado de familias – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.35	Manejo de efectos potenciales de la compra de tierras – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.36	Manejo de efectos potenciales de la compra de tierras – evaluación impactos residuales
Tabla 5.37	Uso de terrenos para mejoramiento de caminos e infraestructura – evaluación impactos residuales
Tabla 5.38	Incremento de la demanda de servicios de salud – evaluación inicial de impactos
Tabla 5.39	Incremento de la demanda de servicios de salud – evaluación de impactos residuales
Tabla 5.40	Indicadores de calidad de vida
Tabla 5.41	Expectativas de beneficios del Proyecto Cerro Corona
Tabla 5.42	Incremento de expectativas de apoyo en salud, educación y desarrollo – evaluación de inicial de impacto
Tabla 5.43	Mejora de capacidades de desarrollo y servicios – evaluación de impacto residual
Tabla 5.44	Incremento del riesgo de accidentes de tránsito – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.45	Incremento del riesgo de accidentes de tránsito – evaluación de impacto residual
Tabla 5.46	Manejo de expectativas por polvos y ruidos sobre transporte y vías – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.47	Manejo de expectativas por polvos y ruidos sobre transporte y vías – evaluación de impactos residuales
Tabla 5.48	Expectativas de desarrollo social en la ruta de transporte vial – evaluación inicial de impacto

Lista de Tablas (Cont.)

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>
Tabla 5.49	Percepciones de desarrollo social en la ruta de transporte vial – evaluación de impacto residual
Tabla 5.50	Regalías en el distrito de Hualgayoc, Prov. y distrito de Bambamarca, distrito de Chugur y gobierno regional - año 2008
Tabla 5.51	Canon en el distrito de Hualgayoc, prov. y distrito de Bambamarca, distrito de Chugur y gobierno regional - año 2004
Tabla 5.52	Canon en el distrito de Hualgayoc, Prov. y distrito de Bambamarca, distrito de Chugur y gobierno regional - año 2011 – escenario A
Tabla 5.53	Total de canon y regalías en el distrito de Hualgayoc, prov. y distrito de Bambamarca, distrito de Chugur y gobierno regional – período 2008 – 2022
Tabla 5.54	Ingresos por canon minero – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.55	Ingresos por canon minero – evaluación de impacto residual
Tabla 5.56	Potencial uso político del proyecto – evaluación inicial de impacto
Tabla 5.57	Potencial uso político del proyecto – evaluación residual de impacto
Tabla 6.1	Matriz de medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales
Tabla 6.2	Especies propuestas para la revegetación
Tabla 6.3	Normas ambientales de comparación de calidad ambiental del aire
Tabla 6.4	Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire
Tabla 6.5	Ubicación de las estaciones de monitoreo de agua superficial
Tabla 6.6	Ubicación de las estaciones de monitoreo de agua subterráneas
Tabla 6.7	Ubicación de las estaciones de monitoreo de manantiales
Tabla 6.8	Ubicación de las estaciones de monitoreo de efluentes
Tabla 6.9	Ubicación de las estaciones de monitoreo para la avifauna
Tabla 6.10	Ubicación de las estaciones de monitoreo de vida acuática
Tabla 6.11	Ubicación de piezómetros
Tabla 6.12	Ubicación de monitoreo geotécnico
Tabla 6.13	Reactivos del proceso
Tabla 8.1	Análisis de alternativas para el depósito de relaves
Tabla 8.2	Análisis de alternativas para el botadero de desmonte
Tabla 8.3	Análisis de Alternativas para la Planta Concentradora
Tabla 9.1	Área de influencia directa

Lista de Tablas (Cont.)

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>
Tabla 9.2	Área de influencia indirecta
Tabla 9.3	Programas de acuerdo al área de influencia

Lista de Figuras

<i>Figuras</i>	<i>Título</i>
Figura 1.1	Mapa de ubicación del proyecto con los principales poblados y carreteras
Figura 1.2	Pasivos ambientales
Figura 2.1	Derechos mineros del área del Proyecto Cerro Corona
Figura 3.1	Mapa de ubicación del proyecto con los principales centros poblados y carreteras
Figura 3.2	Mapa de ubicación de las estaciones hidrológicas y meteorológicas del SENAMHI
Figura 3.3	Mapa de ubicación de puntos de muestreo de calidad de aire
Figura 3.4	Mapa de ubicación de puntos de muestro de ruido y vibración
Figura 3.5	Geología regional y ubicación de secciones geológicas
Figura 3.6	Ubicación de Principales Yacimientos Porfiríticos Conocidos
Figura 3.7	Plano triangular para cobre, oro y molibdeno
Figura 3.8	Mapa de riesgo sísmico del área
Figura 3.9	Mapa de suelos según la clasificación FAO
Figura 3.10	Mapa de suelos según su capacidad de uso mayor
Figura 3.11	Mapa de suelos según su uso actual
Figura 3.12	Cuenca del río Llaucano
Figura 3.13	Área del proyecto y microcuencas de influencia
Figura 3.14	Microcuencas del río Tingo
Figura 3.15	Microcuencas de la quebrada Mesa de Plata
Figura 3.16	Quebrada compartida de Mesa de Plata
Figura 3.17	Áreas del aporte hidrológico en las subcuenca del Tingo
Figura 3.18	Ubicación de puntos de medición de caudales
Figura 3.19	Secciones geológicas

Lista de Figuras (Cont.)

<i>Figuras</i>	<i>Título</i>
Figura 3.20	Niveles de agua subterránea estimados antes del minado
Figura 3.21a	Mapa de ubicación de puntos de muestro de agua superficial en el área del proyecto
Figura 3.21b	Mapa de ubicación de puntos de muestro de agua superficial en el área indirecto
Figura 3.22a	Mapa de ubicación de bocatomas existentes zona Tingo-Maygasbamba
Figura 3.22b	Mapa de ubicación de puntos de muestro de agua en canales de riego
Figura 3.23	Mapa de ubicación de puntos de muestro de agua subterránea
Figura 3.24	Mapa de Zonas de Vida
Figura 3.25	Mapa de formaciones vegetales y ubicaciones de transectos para la evaluación florística
Figura 3.26	Mapa de ubicaciones de transectos para la evaluación de fauna silvestre
Figura 3.27	Mapa de ubicaciones de puntos de muestreo para la evaluación de vida acuática
Figura 3.28	Mapa de ubicación de las unidades de la evaluación arqueológica
Figura 4.1	Disposición general (etapa final de operación)
Figura 4.2A	Diagrama de flujo – Capacidad de la planta 6.2 MT/año
Figura 4.2B	Diagrama de flujo – Capacidad de la planta 6.2 MT/año
Figura 4.3	Configuración final de tajo – Fase 4
Figura 4.4	Escenario modelo de descarga de agua del tajo
Figura 4.5	Botadero de desmonte de mina y pila de óxido mineralizado – Desarrollo por etapas – Planta y secciones
Figura 4.6	Botadero de desmonte de mina y pila de óxido mineralizado – Análisis de estabilidad
Figura 4.7	Depósito de Relaves, Pila de Mineral Oxidado y Botaderos de Desmonte años 1,3 y 5
Figura 4.8	Depósito de Relaves, Pila de Mineral Oxidado y Botaderos de Desmonte años 7, 11 y 15
Figura 4.9	Disposición general (etapa final de operación)
Figura 4.10	Accesos y rutas de las tuberías para el año 1

Lista de Figuras (Cont.)

<i>Figuras</i>	<i>Título</i>
Figura 4.11	Accesos y rutas de las Tuberías para el año 3
Figura 4.12	Presa de relaves desarrollo por etapas planta y secciones
Figura 4.13	Presa de relaves análisis de estabilidad
Figura 4.14	Mapa de riesgo sísmico del área
Figura 4.15	Filtración por debajo a través del terraplén
Figura 4.16	Esquema del balance hídrico
Figura 4.17	Precipitación mensual en el sitio
Figura 4.18	Resultados del balance hídrico sin descarga, sin derivación de aguas superficial
Figura 4.19	Resultados del balance de hídrico con descargas sin derivación de agua superficial
Figura 4.20	Curva del llenado del depósito de relaves por etapas
Figura 4.21	Plan conceptual de cierre
Figura 4.22	Canteras de roca planta y secciones
Figura 4.23	Ruta de transporte del concentrado
Figura 5.1	Áreas de influencia (topografía, vegetación, suelo y paisaje)
Figura 5.2	Área de influencia – calidad de aire
Figura 5.3	Áreas de influencia para las aguas superficiales, subterráneas y vida acuática
Figura 5.4	Área de influencia indirecta para aguas superficiales y vida acuática
Figura 5.5	Áreas de influencia para fauna terrestre
Figura 5.6	Áreas de vegetación afectada
Figura 5.7	Áreas afectadas de suelos según su capacidad de uso mayor
Figura 5.8	Área afectada de suelos según la clasificación FAO
Figura 5.9	Paisaje-Elementos físicos (posición del observador: Oeste del cerro Mecheros)
Figura 5.10	Paisaje-elementos biológicos (posición del observador: Oeste del cerro Mecheros)
Figura 5.11	Paisaje-elementos antrópicos (posición del observador: Oeste del cerro Mecheros)
Figura 5.12	Paisaje-elementos físicos (posición del observador: Oeste del cerro Candela)

Listado de Figuras (Cont.)

<i>Figuras</i>	<i>Título</i>
Figura 5.13	Paisaje-elementos biológicos (posición del observador: Oeste del cerro Candela)
Figura 5.14	Paisaje-elementos antrópicos (posición del observador: Oeste del cerro Candela)
Figura 5.15	Vías afectadas y vías alternas
Figura 6.1	Mapa de ubicación de estaciones de monitoreo de calidad de aire
Figura 6.2	Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo de agua superficial y subterránea
Figura 6.3	Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo de efluentes
Figura 6.4	Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo de manantiales
Figura 6.5	Mapa de ubicación de transectos para la evaluación de avifauna
Figura 6.6	Mapa de ubicación de estaciones de monitoreo de la vida acuática
Figura 6.7	Plan de monitoreo geotécnico y nivel de agua subterránea
Figura 7.1	Plan conceptual de cierre
Figura 8.1	Mapa de alternativas para la ubicación del depósito de relaves
Figura 8.2	Mapa de alternativas para botaderos de desmonte
Figura 8.3	Mapa de alternativas para la ubicación de la planta concentradora

Listado de Gráficos

<i>Gráfico</i>	<i>Título</i>
Gráfico 3.1	Estación meteorológica Hualgayoc: temperatura promedio, máxima y mínima
Gráfico 3.2	Estación meteorológica Hualgayoc series de tiempo: años hidrológicos del Tipo I y Tipo II (1961-1983)
Gráfico 3.3	Estación meteorológica Hualgayoc: variabilidad a lo largo del año hidrológico (1961-1983)
Gráfico 3.4	Estación meteorológica Hualgayoc: precipitación promedio mensual (1961-1983)
Gráfico 3.5	Estación meteorológica Hualgayoc: precipitación total anual (1961-1983)
Gráfico 3.6	Estación meteorológica Hualgayoc: evaporación total (1972-1981)

Lista de Gráficos (Cont.)

Gráfico	Título
Gráfico 3.7	Comparación de la humedad relativa datos de la estación meteorológica Carolina (2001 - 2004)
Gráfico 3.8	Estación meteorológica Carolina: frecuencia de cada velocidad del viento (2001 - 2004)
Gráfico 3.9	Estación meteorológica Carolina: distribución de las velocidades del viento a lo largo del día (24 horas)
Gráfico 3.10	Estación meteorológica Carolina: rosa del viento
Gráfico 3.11	Estación meteorológica Carolina: frecuencia de cada dirección del viento (2001 - 2004)
Gráfico 3.12	Resultados de las mediciones de ruido correspondientes a la evaluación diurna
Gráfico 3.13	Resultados de las mediciones de ruido correspondientes a la evaluación nocturna
Gráfico 3.14	Resultados de las mediciones de vibración durante la evaluación diurna
Gráfico 3.15	Resultados de las mediciones de vibración durante la evaluación nocturna
Gráfico 3.16	Evaluación de las vibraciones en base a la Norma ISO 2631-2 – evaluación diurna
Gráfico 3.17	Evaluación de las vibraciones en base a la Norma ISO 2631-2 – evaluación nocturna
Gráfico 3.18	Régimen de precipitación en la estación Hualgayoc (1961 – 1983)
Gráfico 3.19	Hydrogramas de caudal medio mensual
Gráfico 3.20	Conductividad hidráulica saturada vs profundidad bajo la superficie
Gráfico 3.21a	pH en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21b	Conductividad Específica en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21c	Oxígeno disuelto en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21d	Sólidos totales suspendidos en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21e	Sólidos totales disueltos en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)

Lista de Gráficos (Cont.)

Gráfico	Título
Gráfico 3.21f	Alcalinidad en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21g	Sulfatos en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21h	Nitratos en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21i	Plomo en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21j	Cobre en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21k	Zinc en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21l	Arsénico en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21m	Mercurio en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21n	Selenio en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21ñ	Cadmio en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.21o	Fierro en la cuenca del río Tingo (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22a	pH en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22b	Conductividad específica en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22c	Oxígeno disuelto en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22d	Sólidos totales suspendidos en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22e	Sólidos totales disueltos en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22f	Alcalinidad en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22g	Nitratos en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22h	Amonio en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22i	Sulfatos en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22j	Cianuros en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22k	Plomo en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22l	Cobre en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22m	Zinc en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22n	Arsénico en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22ñ	Cadmio en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22o	Fierro en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)

Lista de Gráficos (Cont.)

Gráfico	Título
Gráfico 3.22p	Cromo en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22q	Selenio en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22r	Mercurio en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.22s	Níquel en la cuenca del río Tingo (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.23a	pH en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23b	Conductividad específica en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23c	Oxígeno disuelto en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23d	Sólidos totales suspendidos en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23e	Sólidos totales disueltos en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23f	Alcalinidad en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23g	Nitratos en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23h	Sulfatos en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23i	Cianuros en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23j	Plomo en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23k	Cobre en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23l	Zinc en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23m	Arsénico en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23n	Cadmio en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23ñ	Fierro en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)

Lista de Gráficos (Cont.)

Gráfico	Título
Gráfico 3.23o	Cromo en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23p	Selenio en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23q	Mercurio en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.23r	Níquel en la cuenca del río Tingo (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.24a	pH en la cuenca del río Tingo (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.24b	Sólidos totales disueltos en la cuenca del río Tingo (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.24 c	Alcalinidad en la cuenca del río Tingo (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.24d	Sulfatos en la cuenca del río Tingo (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.24e	Cianuros en la cuenca del río Tingo (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.24f	Cobre en la cuenca del río Tingo (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.24g	Fierro en la cuenca del río Tingo (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.24h	Plomo en la cuenca del río Tingo (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.25a	pH en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25b	Conductividad específica en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25c	Oxígeno disuelto en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25d	Sólidos totales disueltos en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25e	Sólidos totales suspendidos en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)

Lista de Gráficos (Cont.)

Gráfico	Título
Gráfico 3.25f	Alcalinidad en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25g	Sulfatos en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25h	Nitratos en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25i	Plomo en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25j	Cobre en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25k	Cadmio en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25l	Fierro en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25m	Zinc en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25n	Arsénico en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25ñ	Mercurio en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.25o	Selenio en la cuenca del río Hualgayoc (Mayo 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26a	pH en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26b	Conductividad específica en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26c	Oxígeno disuelto en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26d	Sólidos totales disueltos en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26e	Sólidos totales suspendidos en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26f	Alcalinidad en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)

Lista de Gráficos (Cont.)

Gráfico	Título
Gráfico 3.26g	Sulfatos en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26h	Nitratos en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26i	Nitrógeno amoniacal en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26j	Cianuros en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26k	Plomo en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26l	Zinc en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26m	Arsénico en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26n	Mercurio en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26ñ	Selenio en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26o	Cromo en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26p	Cadmio en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26q	Cobre en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26r	Fierro en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.26s	Níquel en la cuenca del río Hualgayoc (Julio 2004 - temporada seca)
Gráfico 3.27a	pH en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27b	Conductividad específica en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27c	Oxígeno disuelto en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27d	Sólidos totales suspendidos en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)

Lista de Gráficos (Cont.)

<i>Gráfico</i>	<i>Título</i>
Gráfico 3.27e	Sólidos totales disueltos en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27f	Alcalinidad en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27g	Sulfatos en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27h	Nitratos en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27i	Plomo en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27j	Cobre en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27k	Zinc en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27l	Arsénico en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27m	Mercurio en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27n	Selenio en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27ñ	Cadmio en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27o	Fierro en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27p	Cromo en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27q	Níquel en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.27r	Cianuros en la cuenca del río Hualgayoc (Febrero 2005 - temporada húmeda)
Gráfico 3.28a	pH en la cuenca del río Hualgayoc (temporada seca vs temporada húmeda)

Lista de Gráficos (Cont.)

<i>Gráfico</i>	<i>Título</i>
Gráfico 3.28b	Sólidos totales disueltos en la cuenca del río Hualgayoc (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.28c	Alcalinidad en la cuenca del río Hualgayoc (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.28d	Sulfatos en la cuenca del río Hualgayoc (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.28e	Cianuros en la cuenca del río Hualgayoc (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.28f	Cobre en la cuenca del río Hualgayoc (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.28g	Fierro en la cuenca del río Hualgayoc (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.28h	Plomo en la cuenca del río Hualgayoc (temporada seca vs temporada húmeda)
Gráfico 3.29	Diagrama de Piper para los puntos de muestreo en el sector estudiado de la cuenca del río Tingo dentro de la zona de influencia directa del proyecto (temporada seca y temporada húmeda)
Gráfico 3.30	Diagrama de Piper para los puntos de muestreo en el sector estudiado de la cuenca del río Tingo (temporada seca y temporada húmeda)
Gráfico 3.31	Diagrama de Piper para los puntos de muestreo en el sector estudiado de la cuenca del río Hualgayoc (temporada seca y temporada húmeda)
Gráfico 3.32	Diagrama Piper de los puntos de muestreo de piezómetros (temporada seca y temporada húmeda)
Gráfico 3.33	Diagrama Piper de los puntos de muestreo de manantiales (temporada seca y temporada húmeda)
Gráfico 3.34a	Transectos I
Gráfico 3.34b	Transectos II
Gráfico 3.34c	Transectos III
Gráfico 3.34d	Transectos IV
Gráfico 3.34e	Transectos V

Lista de Gráficos (Cont.)

Gráfico	Título
Gráfico 3.34f	Transectos VI
Gráfico 3.35a	Transectos I: Porcentajes de distribución de familias - Vegetación Ribereña asociada a zonas húmedas
Gráfico 3.35b	Transectos IV: Porcentajes de distribución de familias - Vegetación asociada a roquedal
Gráfico 3.35c	Transectos III: Porcentajes de distribución de familias - Vegetación de pastizal bajo y pajonal disperso - predominio de pastizal bajo
Gráfico 3.35d	Transectos II: Porcentajes de distribución de familias - Vegetación de pastizal bajo y pajonal disperso - predominio pajonal disperso
Gráfico 3.35e	Transectos V: Porcentajes de distribución de familias - Vegetación de pastizal bajo y pajonal disperso – homogénea
Gráfico 3.35f	Transectos VI: Porcentajes de distribución de familias - Vegetación de matorral bajo
Gráfico 3.36a	Transecto I
Gráfico 3.36b	Transecto II
Gráfico 3.36c	Transecto III
Gráfico 3.36d	Transecto V
Gráfico 3.36e	Transecto V
Gráfico 3.37	Índices de diversidad y equidad en la avifauna reportada para el área del proyecto Cerro Corona
Gráfico 3.38a	Número de individuos y especies en los puntos de muestreo de bentos en el río Tingo
Gráfico 3.38b	Índices de diversidad y equidad de bentos en el río Tingo
Gráfico 3.38c	EPT/CA para los puntos de muestreo de bentos en el río Tingo
Gráfico 3.38d	Análisis de sensibilidad de bentos en los puntos de muestreo del río Tingo
Gráfico 3.38e	Relación de especies sensibles y tolerantes en los puntos de muestreo en el río Tingo
Gráfico 3.39a	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B1a
Gráfico 3.39b	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B1b
Gráfico 3.39c	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B2a
Gráfico 3.39d	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B2b
Gráfico 3.39e	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B3a

Lista de Gráficos (Cont.)

Gráfico	Título
Gráfico 3.39f	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B3b
Gráfico 3.39g	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B4
Gráfico 3.39h	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B5a
Gráfico 3.39i	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B5b
Gráfico 3.39j	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B6a
Gráfico 3.39k	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B6b
Gráfico 3.40a	Número de individuos y especies en los puntos de muestreo de bentos en el río Hualgayoc y el río Llaucano
Gráfico 3.40b	Índice de diversidad y equidad de bentos en el río Hualgayoc y el río Llaucano
Gráfico 3.40c	Análisis de sensibilidad de bentos en los puntos de muestreo del río Hualgayoc y el río Llaucano
Gráfico 3.40d	EPT/CA para los puntos de muestreo del río Hualgayoc y el río Llaucano
Gráfico 3.40e	Río Hualgayoc y el río Llaucano
Gráfico 3.41a	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B7a
Gráfico 3.41b	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B7b
Gráfico 3.41c	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B8a
Gráfico 3.41d	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B8b
Gráfico 3.41e	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B10a
Gráfico 3.41f	Dominancia de órdenes de bentos - Punto de muestreo B10b
Gráfico 3.42	Ocupación principal de la población de 15 años a más
Gráfico 4.1	Potencial Ácido vs Potencial Neutralización (Todos los datos disponibles excepto piedra caliza)
Gráfico 4.2	Potencial Ácido vs Potencial Neutralización (Todos los datos disponibles excepto piedra caliza)
Gráfico 5.1	Esquema de evaluación de impactos
Gráfico 5.2	Suelos afectados por el proyecto según nomenclatura de la FAO
Gráfico 5.3	Suelos afectados por el proyecto según su capacidad de uso mayor
Gráfico 5.4	Modelos de la descarga de agua del tajo de la zona interior – Caso de alta conductividad hidráulica, alta porosidad – Índices de extracción y etapa en el tiempo.

Lista de Gráficos (Cont.)

Gráfico	Título
Gráfico 5.5	Modelos de descarga de agua del tajo de la zona interior – Caso de baja conductividad hidráulica, baja porosidad – Índices de extracción y etapa en el tiempo
Gráfico 5.6	Tiempo de llenado versus Conductividad hidráulica
Gráfico 5.7	Predicciones de concentraciones de Zn, Mn y Ni en el lago del tajo, modelos conservadores y basados en el equilibrio
Gráfico 5.8	Predicciones de concentraciones de Fe, Cu y Al en el lago del tajo, modelos conservadores y basados en el equilibrio
Gráfico 5.9	Predicciones conservadoras y basadas en el equilibrio del sulfato en el lago del tajo post llenado
Gráfico 5.10	Cambios incrementales de 5 años post tratamiento de cal en el pH del lago del tajo
Gráfico 5.11a	Caudales en la quebrada Las Gordas según el caudal específico ($q=m^3/s/km^2$). Año seco, normal y húmedo
Gráfico 5.11b	Caudales en la quebrada Las Gordas según los cálculos del Modelo @RISK. Año seco, normal y húmedo
Gráfico 5.12a	Caudales en la quebrada Las Águilas según el caudal específico ($q=m^3/s/km^2$). Año seco, normal y húmedo
Gráfico 5.12b	Caudales en la quebrada Las Águilas según los cálculos del Modelo @RISK. Año seco, normal y húmedo
Gráfico 5.13a	Caudales en el río Tingo según el caudal específico ($q=m^3/s/km^2$). Año seco, normal y húmedo
Gráfico 5.13b	Caudales en el río Tingo según los cálculos del Modelo @RISK. Año seco, normal y húmedo
Gráfico 5.14a	Línea base, contribución del caudal de las quebradas Las Gordas y Las Águilas al río Tingo - Año normal (L/s)
Gráfico 5.14b	Línea base, contribución del caudal de las quebradas Las Gordas y Las Águilas al río Tingo - Año seco (L/s)
Gráfico 5.15a	Caudales en la estación Maygasbamba según registro histórico, año seco, normal y húmedo
Gráfico 5.15b	Contribución del caudal de las quebradas Las Gordas y Las Águilas a Maygasbamba – Año normal (L/s)

Lista de Gráficos (Cont.)

Gráfico	Título
Gráfico 5.16a	Línea base, contribución del caudal de las quebradas Las Gordas al río Tingo – Año normal (L/s)
Gráfico 5.16b	Línea base, contribución del caudal de las quebradas Las Gordas al río Tingo – Año seco (L/s)
Gráfico 5.17a	Volumen modelado del espejo de agua del depósito de relaves después de la descarga, comparada con la descarga necesaria al río Tingo para mantener el flujo base, año normal
Gráfico 5.17b	Volumen modelado del espejo de agua del depósito de relaves después de la descarga, comparada con la descarga necesaria al río Tingo para mantener el flujo base, año seco
Gráfico 5.18a	Descarga constante al río Tingo post cierre de las quebradas Las Águilas y Las Gordas según el Modelo @RISK. Año seco, normal y húmedo
Gráfico 5.18b	Caudales de línea base en las quebradas Las Águilas y Las Gordas según el Modelo @RISK. Año seco, normal y húmedo
Gráfico 5.19	Predicción de concentración de sulfatos en el espejo de agua del depósito de relaves
Gráfico 5.20	Predicción de concentración de hierro en el espejo de agua del depósito de relaves
Gráfico 5.21	Predicción de concentración de aluminio en el espejo de agua del depósito de relaves
Gráfico 5.22	Predicción de concentración de cobre en el espejo de agua del depósito de relaves
Gráfico 5.23	Predicción de concentración de plomo en el espejo de agua del depósito de relaves
Gráfico 5.24	Predicción de concentración de zinc en el espejo de agua del depósito de relaves
Gráfico 5.25	Predicción de concentración de arsénico en el espejo de agua del depósito de relaves
Gráfico 5.26	Predicción de concentración de níquel en el espejo de agua del depósito de relaves
Gráfico 5.27	Predicción de concentración de cadmio en el espejo de agua del depósito de relaves

Lista de Gráficos (Cont.)

<i>Gráfico</i>	<i>Título</i>
Gráfico 5.32	Escenario 2 Con Corona
Gráfico 5.28	Formaciones vegetales afectadas por el proyecto
Gráfico 5.29	Escenario 1 Sin Corona
Gráfico 5.30	Escenario 2 Sin Corona
Gráfico 5.31	Escenario 1 Con Corona

Lista de Fotografías

<i>Fotografía</i>	<i>Título</i>
3.1	Ubicación
3.2 – 3.9	Calidad de aire
3.10 – 3.25	Ruido y vibraciones
3.26 – 3.44	Suelos
3.45 – 3.49	Hidrología
3.50 – 3.68	Calidad del agua superficial
3.69 – 3.77	Calidad del agua subterránea
3.78 – 3.92	Inventario de manantiales – Marzo 2005
3.93 – 3.108	Flora y fauna
3.109 – 3.130	Acuática
3.131 – 3.132	Interés humano

Lista de Anexos

Anexo	Título
Anexo A	Pasivos ambientales
Anexo B	Autorizaciones y licencias
Anexo C	Metodologías de la línea base ambiental
Anexo D	Ambiente físico
	D-1 Datos meteorológicos de mina Carolina
	D-2 Línea base hidrológica superficial
	D-3 Línea base de calidad de aire (Junio 2004). Línea base de calidad de aire (Diciembre 2004) Procedimiento de control de calidad de equipos de monitoreo de calidad de aire
	D-4 Línea base de ruido y vibraciones
	D-5 Línea base de suelos Informe de ensayo de la PUCDP Análisis de suelos de la UNALM Glosario de términos edafológicos
	D-6 Línea base de calidad de agua Informe de ensayo – NKAP Informe de ensayo – ALS Environmental Informe de ensayo – Envirolab-Perú SAC
Anexo E	Ambiente biológico
Anexo F	Ambiente Socioeconómico Línea de base social Evaluación de impactos Plan de relaciones comunitarias Plan de consulta pública y divulgación de información
Anexo G	Ambiente de interés humano G-1 Reporte: Proyecto de evaluación arqueológica Cerro Corona-Cajamarca G-2 Certificados
Anexo H	Estudio de factibilidad de las instalaciones para el manejo de relaves y desmonte de mina y la cantera de roca
Anexo I	Investigación sobre la descarga de agua del tajo abierto de la mina Cerro Corona

Lista de Anexos (Cont.)

<i>Anexo</i>	<i>Título</i>
Anexo J	Investigación del lago de tajo
Anexo K	Investigación de la calidad de agua para las operaciones y cierre del depósito de relaves de Cerro Corona
Anexo L	Descripción del proyecto Diagramas de flujo
Anexo M	Diseño de factibilidad del relleno sanitario
Anexo N	Metodología de evaluación de impactos ambientales
Anexo Ñ	Modelamiento de dispersión de material particulado PM ₁₀
Anexo O	Plan de manejo de cianuro Almacenamiento, manejo, propiedades y usos del cianuro de sodio
Anexo P	Plan de emergencias y contingencias
Anexo Q	Modelamiento de ruido y vibraciones
Anexo R	Análisis de alternativas

Lista de Acrónimos

<i>Acrónimo</i>	<i>Título</i>
°C	Grados centígrados
%	Porcentaje
μ	Micra(s)
μg/m ³	Microgramos por metro cúbico
μm	micrómetros
ABA	Análisis ácido base
ADEFOR	Asociación de Desarrollo Forestal
AID	Área de Influencia Directa
AII	Área de Influencia Indirecta
ANFO	Nitrato de amonio más petróleo
ANPE	Áreas Naturales Protegidas por el Estado
ANZECC	Consejo Australiano y Neozelandés de Medio Ambiente y Conservación
AP	Potencial de generación de acidez
APELL	Programa de las Naciones Unidas sobre Seguridad para Emergencias a Nivel Local (Awareness and Preparedness for Emergencies at a Local Level of UN)
BM	Banco Mundial
BMP	Mejores prácticas de manejo (best management practices)
CA	Especies de los grupos Chironomidae y Annelidae
CCME	Consejo Canadiense de Ministerios del Ambiente (Canadian Council of Ministers of the Environment)
CDA	Asociación Canadiense de Presas
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico
CIRA	Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos
CITES	Convención Internacional de Comercio de Especies Amenazadas de Flora y Fauna (Convention on the International Trade in Endangered Species of Fauna and Flora)
cm	Centímetros
cm/s	Centímetro(s) por segundo
CONAM	Consejo Nacional del Ambiente

Lista de Acrónimos (Cont.)

<i>Acrónimo</i>	<i>Título</i>
CST	Relaves cleaner scavenger (cleaner scavenger tailings)
c'	Cohesión efectiva
D.S.	Decreto Supremo
DAR	Drenaje Ácido de Roca
dB	Decibeles
dB(A)	Decibeles ponderados sobre 24 horas
DAR	Drenaje Ácido de Roca
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DNI	Documento Nacional de Identidad
DGAAM	Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
DISCAMEC	División de Control de Servicios de Seguridad, Control de Armas, Munición y Explosivos de Uso Civil
DR	Depósito de relaves
DREM	Dirección Regional de Energía y Minas
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
EDF	Estudio Definitivo de Factibilidad
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
EIS	Estudio de Impacto Social
ENAPU	Empresa Nacional de Puertos S.A.
EPT	Especies de los grupos Ephemoptera, Plecoptera, y Tricoptera
ESSALUD	Seguro Social de Salud del Perú
emf	Fuerza electromotriz
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Food and Agriculture Organization of UN)
GLP	Gas licuado de petróleo
GPS	Sistema de posicionamiento geográfico (geographical positioning system)
g	Gramo(s)
g/T	Gramo(s) por tonelada
°	Grados

Lista de Acrónimos (Cont.)

<i>Acrónimo</i>	<i>Título</i>
H	Índice de diversidad
ha	hectárea(s)
HDPE	Poliétileno de alta densidad (high density polyethylene)
HIC	Acondicionamiento de alta densidad
IBF	Índice Biótico de Familias
ICP	Plasma de acoplamiento inductivo
IDH	Índice de desarrollo humano
IECA	Asociación Internacional de Control de la Erosión (International Erosion Control Association)
IFC-World Bank	Corporación Financiera Internacional – Banco mundial
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INC	Instituto Nacional de Cultura
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Propiedad Intelectual
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturales
ISC3	Modelo Industrial de Fuente Compleja (Industrial Source Complex Model)
ISD	Inspección de seguridad del dique
ISO	Organización Internacional para la Estandarización
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
k	Coficiente de permeabilidad
kg	Kilogramos(s)
KT	Kilo tonelada(s)
KTA	Kilo toneladas por año
kPa	Kilo pascales
kPag	Medida de presión manométrica expresada en kilo pascales
km	kilómetro(s)
km ²	kilómetro(s) cuadrado(s)
kV	kilovoltio(s)

Lista de Acrónimos (Cont.)

<i>Acrónimo</i>	<i>Título</i>
kW	Kilowatts
L	Litro(s)
L/d	Litro (s) por día
L/s	Litro(s) por segundo
L_{AeqT}	Nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A
LGA	Ley General de Aguas
LM	Lixiviación de Metales
LMP	Límite Máximo Permisible
M	Escala de Mercalli
Mm^3	Millones de metros cúbicos
m	Metro(s)
m^2	Metro(s) cuadrado(s)
m^3	Metro(s) cúbico(s)
m/s	Metro(s) por segundo
m^3/d	Metro(s) cúbico por día
m^3/s	Metro(s) cúbico por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mg/L	Miligramo(s) por litro
MCE	Sismo Máximo Creíble
MCM	Matriz de Conteo Múltiple
MDE	Sismo Máximo de Diseño
MGF	Gold Fields Limited
MIBC	Metil iso-butil carbinol
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MINSA	Ministerio de Salud
mm	Milímetro(s)
mm Hg	Milímetro(s) de mercurio
MPP	Máxima precipitación probable
MT	Millones de toneladas
MT/año	Millones de toneladas por año
MSDS	Hojas de datos de seguridad de materiales (material safety data sheet)

Lista de Acrónimos (Cont.)

<i>Acrónimo</i>	<i>Título</i>
MSHA	Mine Safety and Health Adminsitration
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MVA	Mega Watts
NBI	Necesidades Básicas Insatisfechas
NFPA	National Fire Protection Agency
NMP	Niveles Máximos Permisibles
NNP	Potencial de Neutralización Neto
NP	Potencial de Neutralización
NTP-ISO	Norma técnica peruana ISO
N-S	Norte-Sur
OBE	Sistema Base Operacional
OD	Oxígeno Disuelto
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONERN	Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales
ONG	Organismo No Gubernamental
OSHA	Departamento de Trabajo de los Estados Unidos de América
PAH	Hidrocarburo Poliaromático
PAMA	Programa de Adecuación y Manejo Ambiental
PAX	Xantato amílico de potasio
PCB	Policarbón Bifenilo
PCC	Proyecto Cerro Corona
PCM	Presidencia del Consejo de Ministros
PDL	Programa de Desarrollo Local
PEA	Población económicamente activa
PET	Población en edad de trabajar
PGA	Potencial generador de ácido
pH	Potencial de hidrógeno
PM ₁₀	Partículas de diámetro menor a 10 micras
PNAN	Potencial de neutralización de ácido neto
PNP	Policía Nacional del Perú
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Lista de Acrónimos (Cont.)

<i>Acrónimo</i>	<i>Título</i>
PP	Pre producción
PRC	Plan de relaciones comunitarias
PTS	Partículas Totales en Suspensión
PVV	Velocidad de partícula (mm/s)
PYMES	Pequeñas y microempresas
pmh-Sat	Páramo muy húmedo-Subalpino Tropical
pp-SaT	páramo pluvial- Subalpino Tropical
psi	Libra por pulgada cuadrada (unidad de presión)
p'	Presión efectiva de confinamiento
QA/QC	Aseguramiento y control de calidad
QM vns.	Venas cuarzo-magnetita
QSP	Cuarzo-sericita-pirita
RBC	Contactores Biológicos Rotativos
R.M.	Resolución Ministerial
RH	Recursos Humanos
ROM	Mineral de baja ley (run of mine)
RRS	Relaves rougher scavenger (rougher scavenger tailings)
RCS	Relaves cleaner scavenger (cleaner scavenger tailings)
RST	Relaves rougher scavenger (rougher scavenger tailings)
SAG	Semi autógeno
SBR	Sequencing Batch Reactor
SCG	Social Capital Group S.A.
SCP	Sericita-arcilla-pirita
SIG	Sistema de Información Geográfica
SBR	Sequencing batch reactor
SEIA	Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
SEL	Nivel de exposición sonora (sound exposure level)
SENAMHI	Servicios Nacional de Meteorología e Hidrología
SINANPE	Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
SMC	Sociedad Minera Corona
SMCSA	Sociedad Minera Corona S.A.

Lista de Acrónimos (Cont.)

<i>Acrónimo</i>	<i>Título</i>
SMLC	Sociedad Minera La Cima S.A.
SRC	Centro de Investigación Sísmica de Victoria, Australia.
SST	Sólidos suspendidos totales
STD	Sólidos Totales Disueltos
STS	Sólidos Totales Suspendidos
S _u	Resistencia no drenada
T	Tonelada
T/d	Tonelada por día
T/h	Tonelada por hora
TPD	Toneladas por día
TPH	Hidrocarburos totales de petróleo
TSF	Depósito de almacenamiento de relaves (tailings storage facility)
UCS	Unified Compression Strength
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza y sus Recursos
UNMSM	Universidad Nacional Mayor de San Marcos
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (Environmental Protection Agency of the United States of America)
V	Voltio(s)
w/w	peso / peso
WMC	Water Management Consultants
WAD	Disociable en ácido débil

1.0 Introducción

1.1 Generalidades del proyecto

Sociedad Minera La Cima SA (SMLC) tiene planificado desarrollar el Proyecto Cerro Corona, el cual consistirá en la explotación a tajo abierto de un yacimiento de cobre y oro y el procesamiento del mineral por un sistema de molienda y flotación mediante una planta concentradora con capacidad para procesar aproximadamente 17 000 TPD.

El Proyecto Cerro Corona se encuentra políticamente ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Hualgayoc, distrito de Hualgayoc, Comunidad Campesina El Tingo, Anexo Predio La Jalca, Caseríos Coymolache y Pilancones. Por carretera, el área del proyecto se encuentra a aproximadamente 8 km al noroeste del poblado de Hualgayoc, 30 km al suroeste de la ciudad de Bambamarca, capital de la provincia de Hualgayoc y 90 km al noroeste de la ciudad de Cajamarca, capital del departamento del mismo nombre (Figura 1.1). El proyecto contempla una etapa de construcción de 1,5 años y una etapa de operación de 14,5 años, luego de los cuales se procederá con la etapa de cierre final.

El área de Cerro Corona ha sido substancial y adversamente afectada por operaciones mineras pasadas y presentes. Por lo menos 22 operaciones actuales e históricas o minas abandonadas han sido identificadas en el distrito minero de Hualgayoc, próximas al área del Proyecto Cerro Corona. Estas operaciones mineras han generado diversas alteraciones en el terreno, tales como pilas de desmonte y desechos, depósitos de relaves, galerías y labores subterráneas y minas de tajo abierto (Figura 1.2). Muchas de estas alteraciones del terreno han afectado la calidad del recurso hídrico aguas abajo del área del proyecto. En el Anexo A se incluye una descripción detallada de los pasivos ambientales históricos.

El área del Proyecto Cerro Corona se ubica cerca de la línea divisoria continental de aguas, en la parte alta de las cuencas de los ríos Hualgayoc y Tingo. Estos ríos son tributarios del río Llaucan, el cual fluye por la ciudad de Bambamarca hacia el río Marañón, formando parte de la cuenca del río Amazonas. La población que se encuentra cerca al área del proyecto es rural y se concentra en pueblos pequeños. La minería ha generado históricamente puestos de trabajos en el área, principalmente la pequeña y mediana minería en el distrito de Hualgayoc.

El distrito de Bambamarca, localizado aguas abajo de las vertientes de los ríos Hualgayoc y Tingo, tiene una población significativamente más grande que la de Hualgayoc y se dedica principalmente a las actividades agro-pastoriles, incluyendo la producción de leche y queso.

Las actitudes públicas hacia el Proyecto Cerro Corona son variadas. En el distrito de Hualgayoc, de tradición minera, luego del cese de algunas minas y que los puestos de trabajo para los pobladores locales desaparecieron, los impactos ambientales asociados con descargas no controladas de agua de mina e impactos consecuentes a la calidad de agua han llegado a ser la herencia predominante de la actividad minera hacia las comunidades. Las expectativas hacia las operaciones futuras en Cerro Corona son diversas. Mientras que algunos habitantes están a favor de ellas debido a la esperanza de obtener nuevos puestos de trabajo, otros manifiestan preocupaciones acerca de un aumento en la contaminación y la pérdida de tierras para la agricultura de subsistencia tradicional.

En 1996, las condiciones de línea base social y ambiental para el proyecto fueron recopiladas en un reporte preparado por Knight Piésold Consulting, titulado “Sociedad Minera Corona S.A. – Proyecto Cerro Corona, Reporte Final de las Condiciones Ambientales de la Línea Base”. Ese reporte presentó información que describía las condiciones que existían en el área del proyecto y en las áreas circundantes, incluyendo la caracterización de calidad de aire, condiciones de aguas subterráneas y superficiales, suelos, flora, fauna, arqueología y las condiciones socioeconómicas. La información de la línea base ha sido complementada y actualizada desde ese entonces por Knight Piésold y por otros consultores para establecer la base sobre la cual se planificarán y desarrollarán las distintas etapas del proyecto.

Si bien la información de línea base ambiental recogida en la década de 1990 es útil al tratar de delinear las condiciones existentes, la información de línea base social colectada en aquel momento resulta desactualizada, debido al cambio en las actitudes públicas en la región con respecto a la minería. Debido a esto, Social Capital Group, ha llevado a cabo un Estudio de Impacto Social. Adicionalmente, se han llevado a cabo una serie de talleres informativos a la población acerca del proyecto, con el objetivo de dar a conocer a la opinión pública los aspectos relevantes del mismo, así como las políticas ambientales y sociales de MGF, las cuales serán de cumplimiento obligatorio por Sociedad Minera La Cima S.A. Del mismo modo, estos talleres permiten conocer las principales preocupaciones de la población involucrada y recoger sus aportes y comentarios al proyecto. Social Capital Group, dentro del Estudio de Impacto Social, ha incorporado la línea de base social, la identificación de los posibles impactos sociales del proyecto y el plan de relaciones comunitarias, teniendo en consideración lo establecido en la R.M. N° 596-2002-EM/DM, el D.S. N° 042-2003-EM y la Guía de Relaciones Comunitarias del Ministerio de Energía y Minas.

En este documento, se han cubierto los posibles efectos que las actividades planeadas del proyecto tendrán sobre las condiciones ambientales y las condiciones sociales de la zona. Se

han planificado las actividades del Proyecto Cerro Corona, que involucran las labores de construcción y desarrollo del sitio, las operaciones de procesamiento para producir los concentrados de cobre y oro, las medidas para el cierre, rehabilitación y el monitoreo de la etapa de post cierre así como también el transporte de concentrados hacia el puerto Salaverry. Los componentes claves del proyecto incluyen:

- Minado del yacimiento de Cerro Corona usando métodos de minería superficial;
- Colocación del desmonte dentro de la instalación de almacenamiento proyectada;
- Procesamiento del mineral minado usando técnicas convencionales de flotación;
- Disposición de relaves dentro de la instalación proyectada para el almacenamiento de relaves;
- Uso de las instalaciones mineras auxiliares;
- Transporte de concentrado hacia el puerto de Salaverry

1.2 Estudio de impacto ambiental

El Ministerio de Energía y Minas (MINEM) requiere la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para todos los nuevos proyectos de minería en el país. Además, muchas de las instituciones internacionales se encuentran actualmente suscritas a los Principios del Ecuador, los cuales están basados en las políticas y lineamientos del Banco Mundial para la evaluación de impacto ambiental y social. El Proyecto Cerro Corona se clasificaría como un proyecto de Categoría A de acuerdo con los Principios del Ecuador porque tiene el potencial para generar impactos ambientales que podrían afectar un área más amplia que la huella del proyecto. Este EIA ha sido preparado específicamente de acuerdo con las expectativas del MINEM, pero se desarrolló también de acuerdo con los Principios del Ecuador. Tanto así que este EIA examina los impactos ambientales potenciales, los compara con alternativas posibles y recomienda las medidas necesarias para prevenir, aminorar, mitigar o compensar los impactos adversos para mejorar el desempeño ambiental.

De acuerdo con las políticas y requerimientos del MINEM y los Principios del Ecuador, el EIA contiene lo siguiente:

- *Resumen Ejecutivo* – El Resumen Ejecutivo presenta una vista general concisa de los hallazgos significativos, las recomendaciones, y las acciones incluidas en cada uno de los volúmenes del EIA. Asimismo, incluye la información a la que se hace referencia en el artículo 9° de la R.M. N° 596-2002-EM/DM.

- *Capítulos:* el EIA preparado contiene 13 capítulos, que se mencionan a continuación:
 1. Introducción
 2. Antecedentes
 3. Descripción del Área del Proyecto (Línea Base)
 4. Descripción del Proyecto
 5. Evaluación de Impactos
 6. Plan de Manejo Ambiental
 7. Plan de Cierre Conceptual
 8. Análisis de Alternativas
 9. Plan de Relaciones Comunitarias
 10. Procedimiento de Consulta y Participación Ciudadana
 11. Análisis Costo – Beneficio
 12. Lista de Especialistas
 13. Referencias bibliográficas

El encargo a Knight Piésold de desarrollar este EIA ha sido bajo la premisa de alcanzar un estándar alto de responsabilidad social y ambiental para el Proyecto Cerro Corona. Este estudio contiene las acciones específicas requeridas para asegurar que las etapas de construcción, operación, cierre y rehabilitación del proyecto cumplan de manera coherente con lo establecido por la comunidad minera internacional, el cual hoy en día se enfoca hacia una minería social y ambientalmente responsable.

2.0 Antecedentes

2.1 Antecedentes y propiedad

El Proyecto Cerro Corona pertenece a Sociedad Minera La Cima S.A., en su condición de titular de las concesiones mineras en donde se encuentra el referido proyecto. Sociedad Minera La Cima S.A. se crea como consecuencia de la reorganización societaria por escisión de la cual es materia la empresa Sociedad Minera Corona S.A., formalizada mediante Escritura Pública de fecha 19 de noviembre de 2003, otorgada ante Notario de Lima Dr. Alfredo Paino Scarpatti, producto de la cual se escinde parte de su patrimonio, el que es incorporado a la nueva empresa denominada Sociedad Minera La Cima S.A. Producto de la reorganización societaria por escisión, el patrimonio de Sociedad Minera Corona S.A., en lo que corresponde a los derechos mineros ubicados en el distrito y provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, pasa a integrar el patrimonio de Sociedad Minera La Cima S.A. Los accionistas en esta nueva compañía, producto de la escisión, son miembros de la familia Gubbins, accionistas principales de Sociedad Minera Corona S.A., la cual, a través de dicha empresa, ha operado la mina Carolina, nombre bajo el cual se regía la operación de Sociedad Minera Corona S.A. en la zona del Proyecto Cerro Corona. La Mina Carolina fue una mina subterránea pequeña, con un sistema de disposición de relaves y molienda compleja. La Mina Carolina ha sido operada intermitentemente desde que comenzó sus operaciones en el año 1984 hasta que éstas fueron suspendidas en el año 2003.

Durante los últimos diez años, la familia Gubbins, a través de Sociedad Minera Corona S.A., ha realizado varias campañas de exploración en Hualgayoc tanto directamente como en asociación con otras compañías mineras, en distintos periodos, tales como Barrick Gold Corporation y RGC Minerals.

El 17 de diciembre del 2003, la familia Gubbins y Gold Fields Corona BVI, propietaria de Minera Gold Fields S.A., firmaron un Contrato de Opción por la compra de las acciones de Sociedad Minera La Cima S.A. El ejercicio de la opción por parte de Gold Fields Corona BVI está condicionado a que Sociedad Minera La Cima S.A. pueda obtener los derechos superficiales que se requieren para el desarrollo del Proyecto Cerro Corona, a la aprobación del EIA por la autoridad competente y al otorgamiento de los permisos de construcción necesarios para el desarrollo del proyecto. En todos los casos, la familia Gubbins está obligada a prestar su colaboración, directamente o a través de Sociedad Minera Corona S.A., para lograr la obtención de las autorizaciones, licencias, permisos, derechos superficiales y todo aquello que permita a Sociedad Minera La Cima S.A. el desarrollo del Proyecto Cerro Corona.

Gold Fields Corona BVI es una subsidiaria de Gold Fields Limited, la cual es una de las productoras de metales preciosos más grandes en el mundo, con una producción de oro de más de cuatro millones de onzas por año, en operaciones ubicadas en África del Sur, Ghana, Australia y Finlandia.

En el año 2003, la mina Carolina cesó sus operaciones y MGF, a través de Minera Gold Fields S.A., inició el planeamiento del Proyecto Cerro Corona, enfocándolo en el desarrollo de un depósito de 90 MT con niveles de procesamiento en el rango de 5,4 MT/año - 7,2 MT/año (15 000 – 20 000 TPD).

En el año 2004, Minera Gold Fields S.A. requirió que Knight Piésold realice una evaluación para determinar las condiciones existentes en el sitio en relación con las leyes ambientales, permisos obligatorios y con respecto al uso de las mejores prácticas en la industria. Esta evaluación se llevó a cabo para confirmar el estado de cumplimiento de los propietarios anteriores e identificar cualquier carencia en las prácticas y actividades asociadas a la mina que podrían exponer a Sociedad Minera La Cima, bajo la propiedad y administración de Gold Fields Corona BVI, a futuras responsabilidades. La evaluación consideró como implícito que el escenario más probable para el desarrollo era el presentado en el Estudio de Factibilidad Definitivo para el Proyecto Cerro Corona preparado por GRD Minproc Limited (2001).

2.2 Marco legal

El Gobierno del Perú ha establecido al MINEM como la entidad reguladora responsable de hacer cumplir las leyes que afectan a las actividades de minería dentro del país. Otras oficinas del gobierno, cuyas atribuciones se resumen en la sección 2.2.1, también ejercen atribuciones sobre proyectos mineros, pero el MINEM es la autoridad que ejerce las atribuciones en minería y medio ambiente en forma exclusiva, a través de la cual se coordinan las atribuciones de las otras autoridades. El desarrollo de un proyecto minero en sus etapas de construcción, operación, cierre y post cierre requiere contar con autorizaciones y licencias de distintas instituciones gubernamentales. En el Anexo B se incluyen las autorizaciones y licencias obtenidas hasta el presente.

La presentación de los Estudios de Impacto Ambiental de proyectos mineros se enmarca dentro de lo establecido en el D.S. N° 016-93-EM, Reglamento de Protección Ambiental para Actividades Minero Metalúrgicas y las modificatorias al mismo. Asimismo, el procedimiento de participación ciudadana se encuentra normado en la R.M. N° 596-2002-EM/DM, Reglamento de Consulta y Participación Ciudadana en el Procedimiento de Aprobación de los Estudios Ambientales en el Sector Energía y Minas, donde se establece la necesidad de

desarrollar un proceso de consulta previamente a la presentación del EIA al MINEM y la organización de talleres informativos y audiencias públicas luego de ser presentado el mismo.

El EIA será entregado al MINEM, al Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), a la Dirección Regional de Minería (DREM) de Cajamarca, a la Municipalidad Distrital de Hualgayoc, a la Municipalidad Provincial de Bambamarca y a la Municipalidad Provincial de Cajamarca. A través de estas instituciones el EIA estará a disposición del público interesado, para su revisión. La opinión pública es bienvenida y será considerada en el proceso de toma de decisiones del MINEM.

2.2.1 Entidades gubernamentales con atribuciones sobre proyectos mineros

Consejo Nacional del Medio Ambiente – CONAM

El CONAM es la autoridad ambiental de más alto rango en el Perú. Fue creado en el mes de diciembre de 1994 por la Ley N° 26410, del 22 de diciembre de 1994 y es el organismo gubernamental responsable de la política ambiental, su planificación y ejecución.

La Ley Marco del Sistema de Gestión Ambiental, Ley N° 28245 del 8 de junio de 2004 plantea asegurar el cumplimiento de los objetivos ambientales de las autoridades públicas, fortalecer los mecanismos de transectorialidad en la gestión ambiental, el rol que corresponde al CONAM y a las entidades sectoriales, regionales y locales en el ejercicio de sus atribuciones ambientales, a fin de garantizar el adecuado cumplimiento de sus funciones y evitar superposiciones, omisiones, duplicidad vacíos o conflictos.

El CONAM tiene a su cargo la conducción del proceso de aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles de Emisiones, de acuerdo con el Reglamento Nacional para la aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, Decreto Supremo N° 044-98-PCM del 11 de noviembre del 1998.

El CONAM es también responsable de definir, planificar y regular la política ambiental del país, destinada a promover la conservación ambiental y un equilibrio entre el desarrollo socioeconómico y el uso sustentable de los recursos naturales. La organización interna del CONAM está regulada por Decreto Supremo N° 022-2001-PCM del 8 de marzo de 2001.

Ministerio de Energía y Minas – MINEM

Las competencias ambientales del MINEM son ejercidas por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM), la Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos (DGAAE) y la Dirección General de Minería (DGM). Los asuntos relacionados con los

hidrocarburos son responsabilidad de la Dirección General de Hidrocarburos (DGH) y aquellos relacionados con la energía, de la Dirección General de Electricidad (DGE) y del Organismo Supervisor para la Inversión en Energía (OSINERG).

Las responsabilidades y autoridades ambientales del MINEM están distribuidas básicamente entre los tres Subsectores principales: minería, hidrocarburos y electricidad. Cada dirección es responsable del cumplimiento de la legislación ambiental aplicable a su Subsector.

Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros – DGAAM

La DGAAM es la entidad a cargo de proponer y establecer normas ambientales, promover la ejecución de actividades orientadas a la conservación y protección del medio ambiente referidas al desarrollo de las actividades mineras y promover el fortalecimiento de las relaciones armoniosas de las empresas sectoriales con la sociedad civil que resulte involucrada con las actividades del Sector. La DGAAM tiene como una de sus funciones evaluar y aprobar los EIAs que se presenten al MINEM.

Dirección General de Minería – DGM

La DGM propone y emite las regulaciones del subsector minero para actividades de prospección, exploración, desarrollo, explotación, concentración, fundición y refinamiento. La DGM es la agencia reguladora para el sector minero, de acuerdo al Reglamento de Organización y Funciones del MINEM, Decreto Supremo N° 025-2003-EM del 28 de junio del 2003. El cumplimiento de estas regulaciones se lleva a cabo a través de programas anuales de fiscalización establecidos de acuerdo a la Ley de Fiscalización de las Autoridades Mineras, Ley N° 27474 del 6 de junio de 2001 y su reglamento, Decreto Supremo N° 049-2001-EM del 6 de septiembre de 2001.

Dirección Regional de Energía y Minas – DREM

La DREM se encuentra a cargo de orientar las acciones del sector en cada región, proponiendo acciones orientadas a mejorar y proteger las condiciones ambientales y ecológicas, así como hacer cumplir las regulaciones a nivel regional. La organización y funciones de las diferentes DREM son establecidas por Decreto Supremo N° 017-93-EM del 5 de mayo de 1993, y Resolución Ministerial N° 097-93-EM/SG del 13 de mayo de 1993.

Ministerio de Agricultura – MINAG

De conformidad con la Ley Orgánica del Ministerio de Agricultura, Decreto Ley N° 25902 del 29 de noviembre de 1992, el Ministerio de Agricultura se encuentra a cargo de promover

el desarrollo sostenido del sector agrario. La norma citada crea las siguientes organizaciones públicas ambientales descentralizadas:

Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria -INIEA
Servicio Nacional de Sanidad Agraria - SENASA
Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA

Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA

El INRENA es un Organismo Público Descentralizado dentro del Ministerio de Agricultura. La organización interna del INRENA se encuentra reglamentada por su Reglamento de Organización y Funciones, Decreto Supremo N° 002-2003-AG del 15 de enero del 2003. El INRENA está a cargo de la administración de los recursos naturales renovables, la conservación de la diversidad biológica y la protección del ambiente rural. Desde el año 2003, el INRENA posee tres subdivisiones: Intendencia de recursos Hídricos, Intendencia de Forestal y Fauna Silvestre e Intendencia de Áreas Naturales Protegidas.

La participación del INRENA en la evaluación de EIAs para proyectos mineros fue establecida por los Decretos Supremos N° 056-97-PCM del 19 de noviembre de 1997 y N° 061-97-PCM del 4 de diciembre de 1997. Estos decretos establecen que la autoridad sectorial deberá solicitar la opinión técnica del INRENA para casos en los que las actividades propuestas puedan modificar el estado natural del agua, suelo, flora y fauna.

La Oficina de Gestión Ambiental Transectorial, Evaluación e Información de Recursos Naturales dentro del INRENA es la entidad a cargo de emitir la opinión técnica previa sobre proyectos de inversión incursos en el supuesto descrito en el párrafo anterior

Administración Técnica del Distrito de Riego – ATDR

La Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario, Decreto Legislativo N° 653 del 1 de agosto de 1991, establece que el ATDR es la autoridad de aguas en el ámbito del distrito de riego respectivo y tiene por función administrar las aguas de uso no-agrario y agrario, de acuerdo a los Planes de Cultivo y Riego aprobados, teniendo en cuenta las realidades hidrológicas, agrológicas y climatológicas en el ámbito geográfico de su competencia. El ATDR otorga derechos de agua siguiendo las disposiciones establecidas por la Ley General de Aguas, sus reglamentos y disposiciones modificatorias.

Ministerio de Salud – MINSA

El Ministerio de Salud, por medio de las Direcciones Regionales, regula el Sistema Nacional de Salud. Sus funciones son promover, proteger y mejorar la salud y calidad de vida de la población. El Ministerio es responsable de asegurar la participación de todas las entidades que comprenden el Sistema Nacional de Salud en políticas de salud nacional, y de promover la participación activa de la población en la implementación de medidas para lograr dichos objetivos, de acuerdo a la Ley del Ministerio de Salud, Ley 27657 del 29 de enero de 2002, y sus Regulaciones Organizacionales, Decreto Supremo N° 014-2002-SA del 22 de noviembre de 2002.

Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA

DIGESA es una agencia bajo la autoridad del MINSA que está a cargo de regular, supervisar, controlar y evaluar los aspectos de protección ambiental para productos químicos, radiación y otras sustancias que pudieran poseer un riesgo potencial o causar daños a la salud de la población dentro del marco de la política de salud nacional. Es la entidad a cargo de otorgar autorizaciones para la descarga de residuos a la superficie o a cuerpos de agua. Regula el cumplimiento relacionado con la descarga de residuos sólidos, líquidos o hidrocarburos que pudieran contaminar el agua. Las atribuciones de DIGESA están establecidas en el artículo 25 de la Ley del Ministerio de Salud del 29 de enero del 2002, y en el artículo 55 del Reglamento de Organización y Funciones del MINSA, Decreto Supremo N° 014-2002-SA de fecha 22 de noviembre de 2002.

Las tareas de DIGESA son efectuadas también por las Direcciones Regionales de Salud Ambiental (DISA), que son autoridades a cargo de evaluar las acciones de salud ambiental requeridas para preservar el ambiente a nivel regional. Adicionalmente, la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA), que representa una autoridad regional, está a cargo de coordinar con los gobiernos locales y regionales el establecimiento de planes, programas y proyectos para controlar la contaminación ambiental que pudiera perjudicar la salud de las comunidades o que pudiera representar un riesgo potencial en el caso de accidentes o desastres naturales. También está facultada para aplicar sanciones establecidas por la legislación de la salud.

Gobiernos regionales y locales

A partir del año 2003 el Perú está realizando un nuevo esfuerzo en aras de lograr una completa descentralización. Dicho esfuerzo incluye como normas principales la Ley de Reforma Constitucional que modifica el Capítulo XIV del Título IV de la Constitución Política, Ley N° 27680 del 7 de marzo de 2002; la Ley Orgánica para las Bases de Descentralización, Ley N° 27783, del 20 de julio de 2002; Ley Orgánica de Gobiernos

Regionales, Ley N° 27867 del 18 de noviembre de 2002; y, Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 27972 de mayo de 2003. De acuerdo con las leyes señaladas, los gobiernos regionales y locales asumen facultades ambientales, exclusivas y compartidas en las materias de su competencia. Entre dichas facultades se encuentran las de promover el uso sustentable de bosques y la biodiversidad, así como el manejo sustentable de los recursos naturales y el mejoramiento de la calidad ambiental para el caso de las regiones y el poder ejecutivo.

La Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, Ley N° 27867 del 18 de noviembre del 2002, siguió a la Ley de Descentralización y estableció los mismos poderes ambientales exclusivos y compartidos para los Gobiernos Regionales. Ellos están sometidos a la política nacional en cuanto a actividades mineras.

Con relación a los gobiernos locales, el marco legal indicado ha establecido que estos gozan de poderes ambientales exclusivos y compartidos entre municipalidades, tanto provinciales y distritales.

Sin afectar la autoridad del Ministerio de Energía y Minas en los asuntos ambientales mineros, las Municipalidades a nivel provincial se encuentran encargadas de regular dentro del ámbito urbano de su jurisdicción la disposición final de residuos sólidos, la calidad de aire, los estándares de ruido y la zonificación, entre otras tareas, de conformidad con los artículos 79 y 80 de la Ley. Las Municipalidades a nivel distrital se encuentran a cargo de la recolección y manejo de residuos sólidos, así como el control de estándares de calidad de aire y ruido, en coordinación con la correspondiente Municipalidad Provincial.

2.2.2 Normas generales de protección ambiental aplicables a las actividades minero metalúrgicas

Las principales disposiciones de protección ambiental aplicables al desarrollo de actividades mineras se encuentran en el Título Quince del “Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería”, aprobado por Decreto Supremo N° 014-92 EM (2 de junio de 1992) y el “Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Minero Metalúrgicas”, aprobado por Decreto Supremo N° 016-93-EM (28 de abril de 1993), modificado por los Decretos Supremos N° 059-93-EM (13 de diciembre de 1993) y N° 058-99 EM (24 de noviembre de 1999).

Otras normas que regulan los aspectos ambientales relacionados con el desarrollo de actividades mineras son:

- Constitución Política del Perú, 1993
- Decreto Legislativo N° 613, “Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales”, (7 de setiembre de 1990);
- Decreto Legislativo N° 757, “Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada”, (8 de noviembre de 1991);
- Ley N° 26786, “Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades”, (1 de mayo de 1997);
- Ley N° 26821, “Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales”, (26 de junio de 1997);
- Ley N° 27446, “Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental,” (23 de abril de 2001); y
- Ley N° 28245, “Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental”, (8 de junio de 2004) y su reglamento aprobado por D.S. N° 008-2005-PCM

La norma legal de mayor jerarquía en el Perú es la Constitución Política, promulgada en 1993. Ella resalta, entre los derechos esenciales de la persona humana, listados en su artículo 2, el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida. Igualmente, el artículo 66 de la Constitución establece que los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la Nación, siendo las condiciones de su utilización y otorgamiento materia de una ley orgánica.

La Constitución promueve el uso sostenible de los recursos naturales y establece que el Estado tiene la obligación de promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

El Código de Medio Ambiente y los Recursos Naturales asigna toda la responsabilidad para la prevención, el control y la rehabilitación del medio ambiente al titular de la actividad que genera el impacto. Exige además que se presente y apruebe un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para una actividad que se considera tiene un impacto significativo y regula estrictamente lo referido a las descargas hacia el medio ambiente.

La Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada establece que las autoridades sectoriales competentes para conocer sobre los asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales son los Ministerios o los Órganos de Fiscalización, según sea el caso, de los sectores correspondientes a las actividades que desarrolla la empresa. En caso que la empresa desarrolle dos o más

actividades de competencia de distintos sectores, será competente aquella que corresponda a la actividad que genera mayores ingresos.

Como consecuencia de la norma antes indicada, el Ministerio de Energía y Minas, es la principal autoridad competente que regula y supervisa las actividades relacionadas con el Proyecto Cerro Corona, y en consecuencia, coordinará directamente con otras autoridades los temas específicos dentro de sus respectivas competencias.

La Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades señala que el CONAM deberá ser comunicado por las autoridades competentes, sobre las actividades a desarrollarse en su sector. Asimismo, deberá informarse al CONAM si estas actividades, por su riesgo ambiental, excederán los niveles tolerables de contaminación o deterioro del ambiente y si obligatoriamente deben presentar EIAs previos a su ejecución.

La Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales norma el régimen de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, los cuales constituyen Patrimonio de la Nación. Tiene como objetivo principal promover y regular el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, renovables y no renovables, estableciendo un marco adecuado para el fomento a la inversión, procurando el equilibrio dinámico entre el crecimiento económico, la conservación de los recursos naturales y del medio ambiente y el desarrollo de la persona humana.

Señala que son recursos naturales todo componente de la naturaleza, susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tenga un valor actual o potencial en el mercado. Asimismo, establece que los ciudadanos tienen derecho a ser informados y a participar en la definición y adopción de políticas relacionadas con la conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Les reconoce también, su derecho a formular peticiones y promover iniciativas de carácter individual o colectivo ante las autoridades competentes.

Para el aprovechamiento de los recursos naturales, se otorgarán derechos a los particulares mediante las modalidades que establecen las leyes especiales para cada recurso natural. Sin embargo, en cualquiera de los casos, el Estado conserva el dominio sobre éstos.

La Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) establece el proceso que comprende los requerimientos, etapas y alcances de las evaluaciones del impacto

ambiental de proyectos de inversión y los mecanismos que aseguren la participación ciudadana en el proceso de evaluación.

La Ley Marco del Sistema de Gestión Ambiental define los lineamientos para la gestión y planificación ambiental en el Perú a fin de asegurar el cumplimiento de los objetivos ambientales de las entidades públicas y fortalecer los mecanismos de transectorialidad en la gestión ambiental.

2.2.2.1 Procedimiento de consulta y participación ciudadana

El gobierno peruano ha desarrollado la legislación necesaria para incorporar la consulta pública al proceso del desarrollo del proyecto. La consulta pública dentro de este contexto es considerada como una herramienta para desarrollar una comunicación de dos vías entre el promotor del proyecto y el público. La meta de este proceso es mejorar la toma de decisiones y formar una comprensión al involucrar activamente a los individuos, los grupos de interés y las organizaciones con una participación en el proyecto. Se considera que esta participación protege la viabilidad a largo plazo del proyecto y mejora los beneficios para las personas localmente afectadas y para los accionistas.

El Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales reconoce también el derecho de la ciudadanía a estar informado y participar en la toma de decisiones que podrían afectar el medio ambiente y los recursos naturales.

Desde el 20 de diciembre de 2002 rige mediante R.M. N° 596-2002-EM/DM, el nuevo Reglamento de Consulta y Participación Ciudadana el cual fortalece dicho proceso y deja sin efecto la RM N° 728-99-EM/DM.

La R.M. N° 596-2002-EM/DM norma la participación de las personas naturales, personas jurídicas, titulares de proyectos mineros y autoridades, enmarcadas dentro de la realización y desarrollo de las actividades minero - metalúrgicas, así como desarrollar actividades de información y diálogo con la población involucrada en proyectos energéticos a través del MINEM.

Por otro lado, el D.S. N° 042-2003-EM, establece los siguientes compromisos previos de los titulares de proyectos como requisito para el desarrollo de actividades mineras:

- Realizar actividades productivas en el marco de una política que busca la excelencia ambiental.

- Actuar con respeto frente a las instituciones, autoridades, cultura y costumbres locales, manteniendo una relación propicia con la población del área de influencia de la operación minera.
- Mantener un diálogo continuo y oportuno con las autoridades regionales y locales, la población del área de influencia de la operación minera y sus organismos representativos, alcanzándoles información sobre sus actividades mineras.
- Lograr con las poblaciones del área de influencia de la operación minera una institucionalidad para el desarrollo local en caso se inicie la explotación del recurso, elaborando al efecto estudios y colaborando en la creación de oportunidades de desarrollo más allá de la vida de la actividad minera.
- Fomentar preferentemente el empleo local, brindando las oportunidades de capacitación requeridas.
- Adquirir preferentemente los bienes y servicios locales para el desarrollo de las actividades mineras y la atención del personal, en condiciones razonables de calidad, oportunidad y precio, creando mecanismos de concertación apropiados.

2.2.2.2 Normas aplicables a la biodiversidad y a las áreas protegidas

El Perú ha desarrollado una legislación destinada a proteger la biodiversidad y los recursos biológicos dentro del país. Las normas más importantes son:

- Constitución Política del Perú
- Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales
- Convenio sobre Biodiversidad
- Ley Forestal y de Fauna Silvestre
- Reglamento de Conservación de Flora y Fauna Silvestre
- Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de Diversidad Biológica

Estas normas identifican el nivel y la extensión de la protección ambiental, aplicable a todo el Perú, para mantener la diversidad genética de los ecosistemas y promover el desarrollo sostenible de los recursos naturales dentro del país.

Diversidad genética

Según la legislación nacional, se otorga al Estado la responsabilidad del mantenimiento de la bio-diversidad y la conservación de las especies. El Estado es responsable de asegurar la protección de las especies únicas, de los ecosistemas representativos y del material genético

de las especies nativas. En el caso de especies cuya supervivencia está amenazada, o en peligro de extinción, debe brindarse la protección necesaria para garantizar su conservación.

Según lo establece la Constitución Política del Perú, los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la Nación. (Artículo 66, Capítulo II, Tercer Título). Este principio se encuentra recogido además en el “Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales” y sus normas reglamentarias. El citado Código establece que la diversidad ecológica, biológica y la diversidad genética existente en el territorio nacional constituyen patrimonio de la nación. Los ecosistemas, los procesos naturales, las especies de la flora y la fauna, la variedad de especies domésticas nativas, los paisajes y las interrelaciones entre estos elementos forman la base de dicho patrimonio nacional (Artículo 36, Capítulo VIII).

El capítulo IX del “Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales”, establece los principios referentes a la preservación de la bio-diversidad y los ecosistemas nacionales. En primer lugar, se establece que el medio ambiente debe ser protegido al grado de que todas las especies sean mantenidas a un nivel al menos suficiente para garantizar su supervivencia. En segundo lugar, se establece la obligación de proteger y preservar los ecosistemas nacionales representativos, señalando además que su desarrollo, supervivencia, sostenimiento y las interrelaciones entre los diferentes organismos dentro de los ecosistemas deben ser protegida.

El “Convenio sobre Biodiversidad” establece que todos los componentes de la diversidad biológica importantes para la conservación y el uso sostenible deben ser identificados, y que además debe establecerse un sistema de áreas protegidas o áreas en las que se adopten medidas para preservar la diversidad biológica. Cuando sea necesario, se emitirán lineamientos para la selección, la creación y la administración de las áreas protegidas o las áreas en donde deben tomarse medidas especiales para preservar la diversidad biológica” (Resolución Legislativa No. 2618.1, Artículos 7 y 8).

La Ley Forestal y de Fauna Silvestre, Ley N° 27308, es la ley más importante que regula la preservación, protección y promoción de la biodiversidad en el Perú. La Ley Forestal y de Fauna Silvestre, establece que todos los recursos de los bosques y de la fauna son de dominio público y que no existen derechos adquiridos sobre ellos.

El Reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre, Decreto Supremo N° 014-2001-AG, define la vida salvaje como todas las especies animales que viven libres en las regiones naturales del Perú, al igual que las especies domesticadas que debido al abandono u otras causas, se han desarrollado en hábitats salvajes. Según se establece en el Título VII - De la

Protección de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre, Capítulo III – De la Clasificación Oficial de Flora y Fauna Silvestre, el Ministerio de Agricultura clasificará las especies de la flora y la fauna para su protección según las siguientes categorías:

- Especie Presuntamente Extinta
- Especie Extinta en su Hábitat Natural
- Especie en Peligro Crítico
- Especie Amenazadas de Extinción
- Especie en Situación Vulnerable
- Especie de Menor Riesgo
- Especie sin Información Suficiente
- Especie No Evaluada

La lista original de las especies protegidas emitidas por la Dirección General de Bosques y Fauna (Resolución Ministerial No. 01710-77-AG/DGFF) ha sido reemplazada por la “Categorización Oficial para las Especies de la Fauna Silvestre Amenazadas o en Peligro” (Resolución Ministerial No. 1082-90-AG). Adicionalmente el 19 de mayo de 1999, el Decreto Supremo 013-99-AG, estableció la prohibición de la caza, extracción, transporte y/o exportación con fines comerciales de especies de fauna silvestre no autorizados por el INRENA, a partir del año 2000; norma que fue actualizada mediante el D.S. N° 034-2004-AG, el 22 de setiembre de 2004.

Áreas naturales protegidas

El Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales obliga al Estado a proteger las muestras representativas de los ecosistemas naturales por medio del Sistema de Áreas Protegidas. La Ley de Áreas Naturales Protegidas, Ley N° 26834, define las Áreas Naturales Protegidas como los espacios continentales y/o marítimos reconocidos y declarados como tales, incluyendo sus categorías y zonificaciones, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país. Las Áreas Naturales Protegidas constituyen patrimonio de la nación. Su condición natural debe ser mantenida a perpetuidad pudiendo permitirse el uso regulado del área y el aprovechamiento de recursos, o determinarse la restricción de los usos directos.

Según la Ley N° 26834, las Áreas Naturales Protegidas se clasifican en áreas de administración nacional, las cuales conforman el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE), áreas de administración regional denominadas Áreas de Conservación Regional y las Áreas de Conservación Privada.

La Ley N° 26834, establece que las Áreas Naturales Protegidas del SINANPE y las Áreas de Conservación Regional se crean por Decreto Supremo. Sin embargo, su reducción física o modificación legal sólo puede efectuarse por Ley.

Las Áreas Naturales Protegidas de Administración Nacional o del SINANPE se dividen en las siguientes categorías:

- Parques Nacionales
- Santuarios Nacionales
- Santuarios Históricos
- Reservas Paisajísticas
- Refugios de Vida Silvestre
- Reservas Nacionales
- Reservas Comunales
- Bosques de Protección
- Cotos de Caza

Las Áreas de Conservación Regional se conforman sobre áreas que teniendo una importancia ecológica significativa, no califican para ser declaradas como áreas del SINANPE.

De acuerdo con lo establecido por el artículo 11° de la Ley de Áreas Naturales Protegidas, los gobiernos descentralizados de nivel regional podrán gestionar, ante el ente rector, es decir ante el INRENA, la tramitación de la creación de un Área de Conservación Regional en su jurisdicción.

Las Áreas de Conservación Privada, son declaradas por el INRENA, a iniciativa del propietario de las tierras. Para acceder a dicho reconocimiento, los propietarios deben expresar su voluntad de compromiso de dedicarlas según los valores de diversidad biológica, así como los objetivos primarios de conservación que aquellos propongan para ellas.

El reconocimiento de un Área de Conservación Privada obliga y compromete al propietario a cumplir los objetivos de manejo establecidos por un período a largo plazo, permitiendo la

supervisión y control de las autoridades del sistema sobre el cumplimiento de dichas obligaciones y el buen manejo del área.

Cabe señalar que según establece el artículo 27° de la Ley de Áreas Naturales Protegidas, el aprovechamiento de recursos naturales en áreas naturales protegidas sólo podrá ser autorizado si resulta compatible con la categoría, la zonificación asignada y el plan maestro del área. Dicho artículo establece además que el aprovechamiento de recursos no debe perjudicar el cumplimiento de los fines para los cuales se ha establecido el área.

Asimismo, la Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Ley N° 27308) establece que los titulares de contratos de operaciones petroleras, mineras, industriales o de cualquier otra naturaleza, que realicen sus actividades dentro del ámbito de bosques o zonas boscosas, requieren autorización de INRENA para realizar desbosques en dichas áreas, de acuerdo con lo establecido en el reglamento.

2.2.2.3 Normas aplicables al patrimonio cultural de la nación

La Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación, Ley N° 28296, establece que el Patrimonio Cultural de la Nación está protegido por el Estado.

Los planes de desarrollos urbanos y rurales relacionados a obras públicas en general y los de construcciones o restauraciones privadas que se relacionen con un bien cultural inmueble, serán sometidos por la entidad responsable de la obra, a la autorización previa del Instituto Nacional de Cultura. Las obras no autorizadas serán suspendidas de inmediato por la autoridad municipal de la circunscripción.

Asimismo, en el Reglamento de Investigaciones Arqueológicas, Resolución Suprema N° 004-2000-ED, se detallan los procedimientos a seguir para la obtención de las autorizaciones necesarias para llevar a cabo estudios de reconocimiento arqueológico, permisos de investigación y excavaciones por parte del Instituto Nacional de Cultura.

2.2.3 Estándares de protección ambiental aplicables a las actividades minero metalúrgicas

De conformidad con la legislación peruana y las prácticas internacionalmente aceptadas, las compañías mineras son responsables del control de las emisiones al aire, las descargas de efluentes, el desecho de productos secundarios resultantes de sus operaciones y el control de las sustancias que pueden resultar peligrosas debido a las concentraciones excesivas o a su

exposición prolongada. Tanto las normas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas como las emitidas por el Ministerio de Salud tratan estos tópicos.

- De acuerdo con las normas antes mencionadas los titulares de actividades mineras están obligados a mantener sistemas de prevención y control ambiental. Tales sistemas incluyen la inspección regular de las actividades de operación y de infraestructura, el muestreo regular y la evaluación de efluentes, emisiones y niveles de ruido y un reporte regular de los resultados del muestreo al Ministerio de Energía y Minas.

2.2.3.1 Emisiones de gases y partículas

Con el fin de controlar las emisiones producto de las actividades mineras y de contribuir efectivamente a la protección ambiental, se obliga a los proyectos mineros a cumplir con los niveles máximos permisibles (NMP) de emisión establecidos por el Ministerio de Energía y Minas. Estos NMP han sido aprobados para el Anhídrido Sulfuroso, Partículas, Plomo y Arsénico presente en emisiones gaseosas provenientes de Unidades Minero Metalúrgicas, por Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM, el 19 de julio de 1996.

Según dicha resolución, el NMP de emisión de partículas al cual se sujetarán las unidades minero-metalúrgicas será de 100 mg/m³, medido en cualquier momento en el punto o puntos de control.

2.2.3.2 Estándares de calidad ambiental del aire

El 24 de junio de 2001, se publicó el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. Esta norma establece los estándares de calidad ambiental de aire para proteger la salud de las personas. En esta norma, el estándar para material particulado menor a 10 micras (PM₁₀) es de 50 µg/m³ como media aritmética anual y de 150 µg/m³ valor que no debe ser excedido más de 3 veces al año.

2.2.3.3 Vertimiento de efluentes líquidos

La norma que regula los NMP aplicables a los efluentes líquidos, fija los requisitos para la frecuencia y la información del muestreo. Estos estándares fueron publicados por el Ministerio de Energía y Minas, el 13 de enero de 1996, mediante Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM. Estos NMP se basan en los valores instantáneos (valor en cualquier momento) y en el promedio anual para pH (>6,0 - <9,0 en ambos casos), Sólidos Totales en Suspensión - TSS (50,0 mg/L y 25,0 mg/L respectivamente), Plomo (0,4 mg/L y 0,2 mg/L

respectivamente), Cobre (1,0 mg/L y 0,3 mg/L respectivamente), Zinc (3,0 mg/L y 1,0 mg/L respectivamente), Hierro (2,0 mg/L y 1,0 mg/L respectivamente), Arsénico (1,0 mg/L y 0,5 mg/L respectivamente) y Cianuro Total (1,0 mg/L en ambos casos).

2.2.3.4 Calidad del agua

Los estándares de calidad de agua ambiental son regulados por la “Ley General de Aguas”, Decreto Legislativo N° 17752 y los Decretos Supremos N° 261-69-AP, N° 007-83-SA y N° 003-2003-SA. Estas normas establecen los estándares de la calidad del agua para la protección de los cuerpos receptores superficiales en conformidad con el nivel de tratamiento y su uso. Las Clases I hasta la VI son las siguientes:

- Clase I: Abastecimiento de agua doméstica con desinfección simple;
- Clase II: Abastecimiento de agua con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobado por el Ministerio de Salud;
- Clase III: Agua utilizada para irrigar vegetales que se comen crudos y agua consumida por animales;
- Clase IV: Aguas en áreas recreativas con contacto primario (baños públicos y usos similares);
- Clase V: Aguas para pesca de mariscos bivalvos; y
- Clase VI: Aguas en las áreas de preservación de la fauna acuática o nativa y la pesca comercial.

2.2.3.5 Calidad ambiental para ruido

El Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, emitido el 30 de octubre de 2003, establece los estándares primarios de calidad ambiental para ruido en el ambiente exterior, los mismos que no deben excederse a fin de proteger la salud humana. Dichos estándares consideran como parámetro, el nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (L_{AeqT}) y toman en cuenta las zonas de aplicación y los horarios. Así, se establece que para la zona residencial, el estándar de calidad ambiental en el horario diurno (entre las 7:01 horas y las 22:00 horas) es de 60 dBA y para el horario nocturno (entre las 22:01 horas y las 7:00 horas) 50 dBA.

2.2.3.6 Ley General de Residuos Sólidos

La Ley General de Residuos Sólidos, Ley N° 27314, y su reglamento, aprobado por D.S. N° 057-2004-PCM, establecen los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la

sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

Asimismo, se establece que el manejo de residuos sólidos realizado por toda persona natural o jurídica deberá ser sanitaria y ambientalmente adecuado, con sujeción a los principios de prevención de impactos negativos y protección de la salud.

Se indica que el manejo de residuos sólidos es parte integrante de la Evaluación de Impacto Ambiental y que los EIAs serán formulados con observancia de las disposiciones reglamentarias de la presente Ley, en particular en los siguientes aspectos:

- Prevención y control de riesgos sanitarios y ambientales.
- Criterios adoptados y características de las operaciones o procesos de manejo.

2.2.3.7 Ley que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos

La Ley N° 28256, promulgada el 19 de junio de 2004, tiene por objeto regular las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de los materiales y residuos peligrosos, con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el medio ambiente y la propiedad. La Ley establece el ámbito de aplicación, incluye la definición de los materiales y residuos peligrosos y establece las competencias de las autoridades sectoriales.

2.2.3.8 Ley que regula el cierre de minas

La Ley N° 28090, promulgada el 14 de octubre de 2003, establece las obligaciones y procedimientos que deben cumplir los titulares de la actividad minera para la elaboración, presentación e implementación del Plan de Cierre de Minas y la constitución de garantías ambientales correspondientes. La Ley establece que el operador minero deberá presentar a la autoridad competente, el Plan de Cierre de Minas, en el plazo máximo de un año, a partir de la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental.

2.2.3.9 Ley que regula los pasivos ambientales

La Ley N° 28271, promulgada el 6 de julio de 2004, tiene por objeto regular la identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas por estos, destinados a su reducción y/o eliminación, con la finalidad de mitigar sus impactos negativos a la salud de la población, al ecosistema circundante y la propiedad. La Ley establece los procesos de identificación de los

responsables de los pasivos ambientales y de atribución de responsabilidades. Asimismo, la Ley trata sobre la presentación y ejecución del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales, financiamiento del mismo y participación del Estado y de los Gobiernos Regionales.

2.3 Estado legal del proyecto

A continuación se describe el estado de los derechos mineros, superficiales y de aguas necesarios para desarrollar el Proyecto Cerro Corona.

2.3.1 Derechos mineros

La Concesión Minera otorga a su titular el derecho de extraer los minerales que se encuentran en el subsuelo dentro de los límites definidos por dicha concesión, sujeto al acuerdo con el titular de los derechos superficiales.

Los derechos mineros sobre el yacimiento de Cerro Corona que son de titularidad de SMLC se encuentran detallados en la Tabla 2.1. SMLC se encuentra negociando la adquisición temporal o definitiva de las concesiones mineras de terceros que se detallan en la Tabla 2.2. (Figura 2.1). Las coordenadas UTM de las concesiones se presentan en las Tablas 2.3 y 2.4. La suma de las concesiones mineras señaladas cubre en su totalidad el yacimiento de Cerro Corona. Todos los derechos mineros de SMLC o sobre los que SMLC tiene algún interés inscrito, dentro del área del Proyecto Cerro Corona, se encuentran vigentes.

2.3.2 Derechos superficiales

De acuerdo a la evaluación y a los estudios efectuados a la fecha, el área requerida para el desarrollo del Proyecto Cerro Corona es de aproximadamente 580 hectáreas, de las cuales 571 hectáreas son de propiedad de Sociedad Minera Corona S.A., adquiridas de la Comunidad Campesina El Tingo, mediante acuerdo aprobado por Asamblea General Extraordinaria de fecha 3 de abril de 2005, formalizado mediante Escritura Pública de fecha 12 de abril de 2005, ante Notario de Cajamarca Dr. Marco Antonio Vigo.

Con respecto al área restante requerida, ésta pertenece a Sociedad Minera Corona S.A. de acuerdo a los contratos de compraventa suscritos con sus antiguos propietarios, con excepción de un área menor que pertenece a terceros. Sociedad Minera Corona S.A. se encuentra culminando con los trámites requeridos para lograr la inscripción de sus propiedades ante los Registros Públicos y mantiene compromisos, a través de sus accionistas, para otorgar a Sociedad Minera La Cima S.A. los derechos superficiales que sean requeridos para el desarrollo del Proyecto Cerro Corona.

Sociedad Minera La Cima S.A. efectuará las gestiones y trámites necesarios para obtener de Sociedad Minera Corona S.A., así como de los terceros, todas las autorizaciones o derechos superficiales que se requieran para el uso de las áreas superficiales.

2.3.3 Derechos de aguas

El proponente del Proyecto Cerro Corona es titular de las licencias de aguas que se detallan en la Tabla 2.5, de las cuales se adjunta una copia en el Anexo B. Los requerimientos de agua para la construcción y operación del Proyecto Cerro Corona se detallan en el Capítulo 4 y probablemente excederán los volúmenes actualmente disponibles. Nuevos derechos de aguas o el incremento de los existentes se solicitarán ante la autoridad correspondiente en forma oportuna.

3.0 Descripción del Área del Proyecto

El presente capítulo contiene el estudio de línea base ambiental del Proyecto Cerro Corona, el mismo que ha sido desarrollado teniendo en consideración los requerimientos y las normas legales vigentes de las autoridades competentes.

Esta línea base describe las condiciones físicas, biológicas, socioeconómicas y de interés humano en el área del proyecto, que incluye toda el área del desarrollo de las actividades mineras (huella del proyecto), el área del derecho de vía propuesto para el futuro acceso a la Comunidad Campesina El Tingo y el área propuesta para el realineamiento de una sección de la tubería de agua Manuel Vásquez.

Asimismo, se han considerado evaluaciones de línea base para ruido, vibraciones y aspectos sociales en la ruta Hualgayoc-Cajamarca-Pacasmayo-Salaverry, que sería utilizada por el proyecto como ruta para el transporte del concentrado que se produzca.

Adicionalmente, en el puerto Salaverry se consideró oportuno llevar a cabo mediciones de calidad de aire previendo un impacto potencial sobre este componente ambiental a partir del área de espera de los camiones de transporte de concentrado antes de su ingreso al puerto.

3.1 Ambiente físico

3.1.1 Ubicación y acceso

El Proyecto Cerro Corona se encuentra políticamente ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Hualgayoc, distrito de Hualgayoc, Comunidad Campesina El Tingo, Anexo Predio La Jalca, Caseríos Coymolache y Pilancones. Geográficamente, se encuentra ubicado en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental de los Andes del Norte de Perú entre los 3 600 y los 4 050 m de altitud. Involucra principalmente a las cuencas de los ríos Tingo/La Quebrada (también conocida como Tingo/Maygasbamba) y Hualgayoc/Arascorgue, las cuales drenan hacia el océano Atlántico a través de los ríos Llaucano, Marañón y Amazonas.

El Proyecto Cerro Corona se ubica aproximadamente a 90 km por carretera al noroeste de la capital del departamento de Cajamarca, a 8 km del pueblo de Hualgayoc y a 30 km de la ciudad de Bambamarca, el mayor centro poblado cercano. El acceso desde Cajamarca es mediante la carretera Cajamarca – Hualgayoc. El concentrado que sería producido por el Proyecto Cerro Corona durante su etapa de operación utilizaría la ruta descrita anteriormente

desde la mina hasta Cajamarca y luego seguiría por la carretera Cajamarca – Pacasmayo y finalmente por la carretera Panamericana Norte hasta el puerto de Salaverry.

La ubicación del proyecto y su relación con los principales centros poblados y caminos existentes se muestran en la Figura 3.1. En la Fotografía 3.1 se muestra una vista general del área del Proyecto Cerro Corona.

El área del proyecto está conformada dentro de las concesiones y derechos mineros adquiridos por SMLC y algunas concesiones que están en actual proceso de negociación de adquisición.

Las Tablas 2.1 y 2.2 presentan la lista de las concesiones mineras que ocupa el proyecto y el área de cada una de ellas. Las coordenadas UTM de las concesiones se muestran en las Tablas 2.3 y 2.4. Asimismo la Figura 2.1 muestra las concesiones en relación con la huella del proyecto.

3.1.2 Fisiografía, topografía y geomorfología

El área del proyecto es montañosa y el cauce de algunos ríos, como en el caso del río Hualgayoc, transcurre por valles formados por pendientes muy empinadas de grandes montañas, en las cuales se pueden apreciar acantilados desnudos. Las pendientes proveen a los ríos un alto poder de erosión de sus cauces.

En el área del proyecto se encuentran los ríos Tingo y Hualgayoc, los cuales discurren hacia el NE. El río Hualgayoc se une al río Llaucán aguas arriba de la ciudad de Bambamarca mientras que el río Tingo lo hace aguas abajo de la misma ciudad. Antes de unirse al río Llaucán, ambos ríos cambian de nombre conociéndoseles como los ríos La Quebrada (Tingo) y Arascorgue (Hualgayoc). Luego de la confluencia del río La Quebrada en el río Llaucán, este último toma el nombre de Llaucano.

Asimismo, en el área del proyecto se presentan dos microcuencas pertenientes a las cabeceras de los ríos Tingo y Hualgayoc. En la microcuenca del río Tingo se encuentran los cerros Las Gordas, Las Águilas, Coymolache y el lado oeste del cerro Mecheros; también se encuentra la quebrada Las Gordas y la quebrada Las Águilas. En la microcuenca del río Hualgayoc se encuentran los cerros Corona, Candela, Pilacones, Arpón y el lado este del cerro Mecheros, asimismo se encuentra las quebradas Mesa de Plata y Corona.

3.1.3 Clima y meteorología

De acuerdo con el diagrama bioclimático de Holdridge (1967), en el cual se plasma la interacción de factores climáticos como la temperatura, precipitación y humedad ambiental, el área del proyecto está caracterizada por una zona ubicada entre 3 600 m y 4 000 m de altitud clasificada como subhúmeda y fría con una estación de lluvias y una estación seca bien definidas. Mientras que el clima en las elevaciones por encima de los 4 000 m de altitud es húmedo y frío. Aunque ambas zonas permanecen húmedas a lo largo del año, el periodo entre octubre y abril recibe la mayoría de las precipitaciones anuales y es considerado como la estación de lluvias. El periodo comprendido entre mayo y setiembre es conocido regionalmente como estación seca.

Según la clasificación climática del SENAMHI (1988) el área del proyecto corresponde a un clima semifrío lluvioso con deficiencias de precipitaciones entre mayo y setiembre (época llamada regionalmente “verano”) y alta humedad relativa. El rango de altitudes y la complejidad fisiográfica ejercen una gran influencia sobre las condiciones climáticas locales.

3.1.3.1 Estaciones meteorológicas

Para la caracterización climática de la zona se analizaron los datos provenientes de estaciones meteorológicas ubicadas en las inmediaciones al área del proyecto (Figura 3.2 y Tabla 3.1).

Las estaciones seleccionadas para el caso fueron:

- Hualgayoc: Estación regional del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) localizada a una distancia lineal aproximada de 3 km y a una altitud de 3 510 m.
- Bambamarca: Estación regional pluviométrica del SENAMHI ubicada a unos 16 km y a una altitud de 2 536 m.
- Quilcate: Estación regional del SENAMHI localizada a una distancia lineal de 13 km y a una altitud de 3 100 m.
- Chugur: Estación regional del SENAMHI localizada a una distancia lineal de 15 km y a una altitud de 2 744 m.
- Carolina: Estación local de propiedad de Minera Corona ubicada en el campamento Carolina a una altitud de 3 801 m.

Entre las estaciones regionales evaluadas, la estación de Hualgayoc (Figura 3.2), por su localización, es la que refleja mejor las características meteorológicas del área del proyecto; razón por la cual se utilizaron sus datos para caracterizar climatológicamente el área. Debido

a que esta estación no se encuentra operativa desde 1983 y debido a que presenta registros incompletos para algunos años, se complementó el análisis de algunas variables meteorológicas (humedad relativa, velocidad y dirección del viento) con información más actualizada proveniente de la estación local ubicada en las instalaciones de la mina Carolina.

Los datos provenientes de la estación meteorológica Carolina, si bien permitieron complementar la información meteorológica, no fueron utilizados para caracterizar todas las variables porque los registros no están disponibles en su totalidad, pudiendo contarse actualmente sólo con algunos datos correspondientes al periodo comprendido entre el 2001 y el 2004. Un sumario de los datos colectados de la estación Carolina está incluido en el Anexo D-1.

3.1.3.2 Temperatura

En la estación meteorológica Hualgayoc las temperaturas anuales promedio durante el periodo comprendido entre 1972 y 1981 fluctuaron entre 7,2°C (para el mes de julio) y 8,4°C (para los meses de abril y noviembre), estos valores señalan poca variación térmica dentro de cada año, siendo la oscilación máxima de 1,2°C (Tabla 3.2). Por otra parte, como se puede observar en el Gráfico 3.1, existe un rango mayor entre las temperaturas mínimas y máximas promedio, encontrándose que la temperatura mínima promedio (2,9°C) se registró en el mes de julio y la máxima promedio (12,3°C) en el mes de noviembre. Los valores de temperatura máxima y mínima promedio mensual proporcionados por el SENAMHI se detallan en la Tabla 3.3 y Gráfico 3.1.

En relación a los registros obtenidos en la estación Carolina, los mismos son limitados pudiéndose establecer únicamente temperaturas máximas, mínimas y promedios anuales para el años 2001 hasta 2004. Durante ese periodo, la temperatura media anual registrada fue de 8,4°C; muy próxima a la media anual de Hualgayoc que fue de 8,0°C; en ambas estaciones meteorológicas los registros más bajos de temperatura se observaron entre los meses de julio y setiembre (Tabla 3.2).

3.1.3.3 Precipitación

La época de lluvias en el área de estudio se concentra principalmente entre los meses de octubre y marzo; mientras que de abril a junio se producen precipitaciones moderadas. Estas precipitaciones pueden presentar variaciones interanuales, abarcando la estación seca los meses de julio a setiembre.

La información de precipitación en el área del proyecto fue procesada a partir de las estaciones meteorológicas regionales de Hualgayoc, Bambamarca, y Chugur (Tabla 3.4), eligiéndose estas estaciones por su proximidad a las cuencas comprometidas en el proyecto. Los datos de las estaciones elegidas fueron analizados gráficamente mediante series del tiempo, asimismo la confiabilidad de la información fue determinada a partir de los análisis de doble masa, consistencia y tendencias (Anexo D-2).

Tras los análisis realizados se estableció que del grupo de estaciones regionales, la estación de Hualgayoc presenta datos pluviométricos más representativos por ser la que geográficamente se ubica más cerca al área del proyecto y por presentar una serie de registros confiables a lo largo de un periodo de veintidós años (1961 – 1983) (Anexo D-2).

Si bien la estación Hualgayoc no cuenta con registros climáticos actualizados, tras el análisis de las series de tiempo (Gráfico 3.2) y el establecimiento de dos tipos de tendencias para la distribución de los datos de precipitación - tipo I y tipo II - (Anexo D-2), se determinó no hacer una extensión de los registros debido a la alta variabilidad encontrada a lo largo del año hidrológico, aspecto que es más significativo entre los meses de diciembre a marzo (Gráfico 3.3). Esta variabilidad se debe a que la microcuenca del proyecto y la estación Hualgayoc se ubican cerca del “divortium aquarum” de las cuencas Pacífico y Atlántico, lo que determina que las condiciones pluviométricas de esta zona estén sujetas a la influencia de ambas hoyas.

En la Tabla 3.5 y en el Gráfico 3.4 se indican los valores de precipitación mensual promedio para Hualgayoc los cuales han sido distribuidos en base a los años hidrológicos, periodos de doce meses definidos en base al ciclo hidrológico. Esta distribución de los datos busca interpretar mejor el patrón de los ingresos de agua de lluvia a las cuencas del proyecto.

Del análisis se determina que la precipitación total anual no varía drásticamente de un año a otro, siendo el valor del Módulo Pluviométrico Anual (valor ubicado entre el promedio y la mediana) de 1 360 mm. Durante el periodo evaluado los totales anuales de precipitación variaron entre 756 mm (año 1979/1980) y 1 721,5 mm (año 1980/1981) (Gráfico 3.5).

En referencia a los datos provenientes de la mina Carolina, los mismos no fueron utilizados en el presente análisis debido a que los registros que se pudieron obtener fueron limitados. El periodo corto de información con el que se cuenta y el hecho de que actualmente dicha información no ha sido sometida a los análisis gráficos y estadísticos que permitan comprobar

la calidad de estos datos, han determinado que sea descartado el uso de estos registros para el análisis de las precipitaciones.

3.1.3.4 Evaporación

La evaporación total anual registrada en la estación Hualgayoc (periodo 1972-1981) fue de 676,4 mm, variando el total mensual de 47,4 mm en el mes de febrero a 68,7 mm en el mes de agosto (Tabla 3.6 y Gráfico 3.6).

Asimismo, se obtuvieron algunos pocos datos para la estación de la mina Carolina (periodo mayo – agosto de 1995), estos registros corresponden a la estación seca cuando la tasa de evaporación es mayor. Debido a que los valores de evaporación diaria obtenidos en esta época son bajos (entre 0,2 mm/día y 3,9 mm/día), se espera que durante la estación húmeda la evaporación diaria promedio sea muy reducida (Knight Piésold, 1995).

3.1.3.5 Humedad relativa

Para la humedad relativa se tomaron como referencia los valores provenientes de la estación de Carolina. Los registros del área indican que la humedad relativa es alta y se mantiene en promedio por sobre el 79%, aumentando durante los meses que llueve con mayor intensidad; siendo la media anual de 83,8%. La Tabla 3.7 y el Gráfico 3.7 muestran la información referida.

3.1.3.6 Viento

Para la interpretación de esta variable no se pudo utilizar la información proveniente de la estación de Hualgayoc por la carencia de un registro anual completo para estos datos. Por lo que a fin de determinar la velocidad y dirección del viento en el área del proyecto, se procedió a analizar la información disponible para la estación de Carolina (Anexo D-1).

Los resultados indican que el área ocupada por el Proyecto Cerro Corona se caracteriza por tener vientos de velocidades medias y bajas con un promedio a lo largo del año de 4,01 m/s.

El resumen de la información de la velocidad del viento a lo largo del periodo 2001 - 2004 se muestra en el Gráfico 3.8. La distribución de las velocidades a lo largo del día señala que las velocidades más altas de viento son alcanzadas entre las 11:00 y las 15:00 horas (Gráfico 3.9). Por otra parte, las direcciones predominantes corresponden a los cuadrantes E y ENE, estos resultados son coincidentes con los obtenidos para el periodo mayo – agosto de 1995, que indican que la dirección predominante del viento corresponde al noreste (ENE) con una

ocurrencia del 27,37% y al cuadrante este (E) con una ocurrencia del 12,67% (Knight Piésold, 1995).

Para representar la información tanto de la velocidad como de la dirección del viento se emplearon rosas de viento, figuras que consisten en barras cuya longitud indica la frecuencia de los vientos que soplan desde una determinada dirección. Las barras están divididas en secciones, cada una de las cuales define el rango de velocidad, una sección más larga indica que los vientos soplan con mayor frecuencia a una velocidad determinada y en la dirección de la brújula.

La rosa de viento correspondiente a la estación utilizada en el análisis figura en el Gráfico 3.10; adicionalmente el Gráfico 3.11 señala la frecuencia en la que se presentó cada dirección del viento.

3.1.4 Calidad del aire

Para determinar la calidad de aire en el área del proyecto y en el puerto de Salaverry, la empresa Walsh Perú S.A. elaboró, a solicitud de Knight Piésold, el estudio “Línea Base Ambiental de Calidad de Aire - Proyecto Minero Cerro Corona y Puerto de Embarque de Concentrados (Salaverry)”, el mismo que se incluye en el Anexo D-3.

El establecimiento de la línea base ambiental ha considerado la calidad de aire en los centros poblados cercanos al área del proyecto, teniendo como marco normativo los lineamientos establecidos por el D.S. N° 074-2001-PCM y el D.S N° 069-2003-PCM. Del mismo modo, y a manera referencial se pueden considerar los estándares nacionales de calidad de aire ambiental de los Estados Unidos de América aprobados y revisados periódicamente por la Oficina de Protección Ambiental de los Estados Unidos – EPA (NAAQS, 1971 - 1996).

Para el establecimiento de la línea base de calidad de aire se llevó a cabo un muestreo de partículas respirables (PM_{10}), partículas totales suspendidas (PTS) y concentraciones de gases CO, NO₂, SO₂ y H₂S. En la realización del estudio, se instalaron un total de diez puntos de muestreo para aire. Siete puntos se ubicaron en posición barlovento respecto de la dirección preferente del viento en el área del proyecto, dos en posición sotavento en zonas cercanas al límite fuera del área de la concesión. Asimismo, se ubico un punto de muestreo cerca del puerto de embarque de concentrados en Salaverry. El número total de puntos, así como la ubicación de éstos, fueron seleccionados de acuerdo con el volumen proyectado de minado, con las futuras áreas de operación del Proyecto Cerro Corona, con la dirección predominante

del viento y con lo establecido en el “Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones” del sub-sector minería del MINEM. La Figura 3.3 y la Tabla 3.8 señalan la ubicación y las coordenadas de los puntos de muestreo de calidad de aire en los lugares seleccionados y cerca del puerto de Salaverry, puerto final de embarque de concentrados. Las mediciones realizadas en el presente estudio representan, por tanto, las condiciones previas al inicio de las actividades en el área del proyecto. Los equipos utilizados para la ejecución del programa de monitoreo se ajustan a las normas técnicas internacionales refrendadas por el D.S. N° 074-2001-PCM. En el Anexo D-3 se encuentran las especificaciones y certificados de calibración de los equipos utilizados para este monitoreo. En las Fotografías 3.2 a 3.9 se presentan algunas estaciones de muestreo de calidad de aire.

3.1.4.1 Material particulado

De acuerdo con Knight Piésold (1996), dos puntos de muestreo de material particulado respirable (PM₁₀) fueron ubicados, uno en el área de la mina Carolina y otro en el poblado de Hualgayoc. Se registró un máximo relativo de 159 µg/m³ en la estación ubicada en Carolina el 29 de agosto de 1995 y un máximo relativo de 74 µg/m³ en la estación ubicada en Hualgayoc. El valor registrado en la estación ubicada en Carolina supera el estándar vigente de calidad ambiental (ECA) establecido (150 µg/m³) por el D.S. N° 074-2001- PCM, aunque el promedio aritmético de PM₁₀ para esta estación durante el periodo de muestreo entre el 12 de mayo y el 13 de setiembre de 1995, con una frecuencia de un monitoreo de 24 horas cada tres días fue de 46 µg/m³. El promedio diario para el mismo periodo de muestreo en la estación ubicada en Hualgayoc fue de 19 µg/m³.

En los muestreos realizados durante el 2004, ninguno de los valores correspondientes a partículas respirables (PM₁₀) superó el estándar nacional de calidad de aire (150 µg/m³). El mayor registro de PM₁₀ se obtuvo en la estación EM8 ubicada en el puerto Salaverry (Tabla 3.9 y Figura 3.3) donde se registró 99 µg/m³ de PM₁₀, mientras que el mínimo valor de PM₁₀ se registró en la estación ubicada en la escuela estatal N° 101116 de Palo Blanco, EM6 (13 µg/m³). Los resultados de ensayos de laboratorio y las hojas de cálculo se presentan en el Anexo D-3.

En los muestreos realizados durante el 2004, ninguno de los valores correspondientes a las partículas totales en suspensión (PTS) superó el valor referencial de la EPA de 260 µg/m³. El mayor registro de PTS se obtuvo en la estación P2 ubicada al oeste del Cerro Las Águilas donde se registró 152 µg/m³, mientras que el mínimo valor de PTS se registró en el punto

ubicado en la posta médica de Tingo Alto, EM3 ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Los resultados de ensayos de laboratorio y las hojas de cálculo se presentan en el Anexo D-3.

3.1.4.2 Metales

La concentración para los metales plomo (Pb) y arsénico (As) medida en los diez puntos muestreados se resume en la Tabla 3.10. La concentración de plomo en todos los casos registró valores por debajo del estándar establecido por el D.S. N° 074-2001- PCM ($1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tiempo promedio de un mes). El mayor valor registrado ($0,316 \mu\text{g}/\text{m}^3$) correspondió al punto P1 (Paraje Coymolache) ubicado en posición sotavento respecto al área del proyecto.

La concentración de arsénico varió entre $0,002$ y $0,039 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rango que se encuentra por debajo del valor referencial de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que establece la R.M N°315-96-EM/VMM para este parámetro. Las hojas de cálculo se encuentran en el Anexo D-3.

3.1.4.3 Gases

Monóxido de carbono (CO)

De la evaluación del monóxido de carbono (CO) en los diferentes puntos de muestreo, se evidencia que tanto los promedios horarios como los valores correspondientes a la máxima horaria cumplen con los estándares establecidos por el D.S. N° 074- 2001- PCM (Tabla 3.11).

El mayor valor para la máxima horaria ($14\ 057 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y para el promedio para 8 horas ($4\ 993 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se registraron en el punto de muestreo P2 ubicado al oeste del Cerro Las Águilas, lugar por donde pasará la carretera propuesta a la Comunidad Campesina El Tingo.

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

La Tabla 3.12 resume las concentraciones promedio horarias mínima y máxima del dióxido de nitrógeno NO₂, así como el valor promedio para el periodo de muestreo. Todos los datos registrados se mantuvieron por debajo del estándar de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido para este parámetro (D.S. N° 074-2001-PCM). El mayor valor ($4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se encontró en el punto EM8 ubicado en el puerto Salaverry.

Dióxido de azufre (SO₂)

La Tabla 3.13 indica las concentraciones promedio horarias mínima y máxima de dióxido de azufre (SO₂), así como el valor promedio calculado durante el periodo de muestreo. Los datos registrados no exceden el estándar de $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido para un lapso de 24 horas

(D.S. N° 074-2001-PCM). El mayor registro promedio ($36 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo en la estación EM7 (Fotografía 3.8).

Sulfuro de hidrógeno (H_2S)

Las concentraciones promedio horarias mínima y máxima de sulfuro de hidrógeno (H_2S), así como el valor promedio para el periodo de muestreo se detallan en la Tabla 3.14. Los valores promedio de H_2S medidos en los puntos de muestreo, no exceden el límite permisible para 24 horas de $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Estándar de Calidad Ambiental del Aire del Consejo de Recursos de Aire del Estado de California, EE.UU. autorizado en la Primera Disposición Transitoria del D.S. N° 074-2001-PCM).

3.1.4.4 Comparación con resultados de estudios anteriores

Los resultados del muestreo de material particulado de 1995 en la desembocadura de la quebrada Mesa de Plata son comparables por su ubicación a los obtenidos durante el muestreo del 2004 en el mercado de Hualgayoc (estación EM2). En el muestreo de 1995, el promedio diario de PM_{10} , registrado en dicho punto entre el 12 de mayo y el 13 de setiembre de 1995 con una frecuencia de muestreo de 24 horas, fue $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$; el valor registrado en el mercado municipal durante el muestreo del 2004 fue igual en magnitud ($19 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Los resultados del muestreo de PM_{10} en el área de la mina Carolina (Knight Piésold, 1995) corresponden a registros en un punto de control de emisiones y registran un máximo ($159 \mu\text{g}/\text{m}^3$) por encima del ECA establecido por el D.S N° 074-2001-PCM ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Los resultados de los muestreos realizados por Knight Piésold en 1995 y 2004 dentro del área del proyecto no son comparables debido a que el primer muestreo correspondió a un periodo de operaciones mineras y el segundo muestreo correspondió a un periodo de inactividad.

3.1.5 Ruido y vibración

Para determinar los niveles de ruido y vibración tanto en el área del proyecto, como en la ruta de transporte de concentrados hacia el puerto de Salaverry y en el mismo puerto de Salaverry, la empresa Ingeniería en Control Acústico Ltda. elaboró, a solicitud de Knight Piésold, el estudio “Evaluación de Impacto Acústico - Proyecto Cerro Corona”, el mismo que se presenta en el Anexo D-4.

Los principales objetivos del estudio fueron:

- Realizar la línea base de los niveles de ruido y vibración en el área del proyecto, en la ruta por donde serán enviados los concentrados hacia el puerto de Salaverry y en el mismo puerto de Salaverry ya que potencialmente podrían ser afectados los pobladores de estas zonas por las actividades del Proyecto Cerro Corona.
- Verificar si los resultados obtenidos durante la línea base cumplen con los máximos exigidos por las normas o recomendaciones asociadas a las emisiones de ruido y vibraciones. Normas y recomendaciones que tienen como objetivo proteger la salud humana y la calidad de vida de la población
- Evaluar la condición actual de influencia del ruido en la fauna silvestre del sector.

Las evaluaciones de ruido en el área se basaron en los lineamientos establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (D.S N° 085-2003-PCM), norma del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) que establece las políticas nacionales para el manejo y gestión del control de ruidos, definiendo para los procedimientos de medición y evaluación disposiciones transitorias sustentadas en las normas ISO 1996-1:1982 e ISO 1996-2:1987.

Asimismo, las evaluaciones sobre los niveles de vibración utilizaron la norma ISO 2631-2, la cual da una orientación a fin de evaluar la respuesta humana a la vibración y fija los máximos niveles de vibración por bandas de tercio de octava (entre los 0,8 y los 80 Hz). Para el análisis, se utilizó la curva base (curva basal de vibración ISO 2631), que es la más exigente, ya que está destinada a la evaluación de la vibración continua en recintos de alto grado de protección, comparándosela con los niveles de aceleración obtenidos en el terreno.

Para evaluar el nivel de ruido y vibraciones en el área del proyecto, se instalaron ocho puntos de medición, los cuales coincidieron con los lugares más sensibles de cada sector, tales como, viviendas, centros educativos y centros de salud, entre otros. Con estos puntos de muestreo se conformó una densidad adecuada de mediciones de forma tal que se pudo representar y caracterizar los actuales niveles de ruido y vibraciones.

La ubicación y descripción correspondientes a los puntos muestreados de vibración y ruido se resumen en la Figura 3.4 y Tabla 3.15.

La campaña de mediciones fue realizada en periodos diurnos y nocturnos para todos los puntos de medición. La duración de cada medición se basó en una integración registrada durante un

intervalo de tiempo que varió entre 10 y 20 minutos, dependiendo de las fluctuaciones de nivel observadas para cada registro según se establece en el procedimiento de medición de las normas utilizadas.

3.1.5.1 Ruido

La Tabla 3.16 y el Gráfico 3.12 presentan los resultados de las mediciones de ruido correspondientes a la evaluación diurna (07:01 a 22:00 horas) de los niveles de ruido. La Tabla 3.17 y la Gráfico 3.13 indican los resultados de las mediciones de ruido durante la evaluación nocturna (22:01 a 07:00 horas). Asimismo la Figura 3.4 presenta la ubicación y las coordenadas de las estaciones evaluadas. Los valores registrados determinan que en el entorno cercano, en las estaciones ubicadas en el área correspondiente al futuro emplazamiento minero Cerro Corona (referidas como Puntos 1 al 5), se cumple actualmente con los estándares de ruido establecidos como adecuados para ambos horarios. No obstante, en el Punto 6, (escuela Porcón Bajo) establecido con el fin de evaluar el tráfico desde la futura mina hacia Cajamarca, se presentan niveles superiores a los estándares, excediéndose en aproximadamente 5 dB durante los horarios diurnos y en cerca de 1 dB durante las mediciones nocturnas; estos valores guardaron relación con el incremento general en el tráfico de camiones y buses interurbanos en dicho sector.

Los puntos que se encuentran en el camino desde Cajamarca hasta el puerto Salaverry (vivienda ubicada a la entrada de Ciudad de Dios y vivienda ubicada en la avenida La Marina, muy cerca de la entrada a las instalaciones portuarias) no presentan mayores incrementos, por lo que sus actuales niveles cumplen con lo establecido en la norma peruana (D.S. N° 085-2003-PCM).

Respecto a los efectos en la fauna, se puede apreciar que los niveles encontrados no son adversos para el desarrollo normal de la fauna silvestre en el entorno. La Tabla 3.18 presenta la evaluación de los resultados de la línea base de ruido para los periodos diurno y nocturno actuales niveles de ruido en función de la norma vigente.

3.1.5.2 Vibración

La evaluación de los niveles de vibración se realizó en los mismos puntos donde se efectuó la evaluación de ruidos (Figura 3.4). En la Tabla 3.19 y en el Gráfico 3.14 se muestran los resultados de las mediciones de vibración durante el periodo diurno; en la Tabla 3.20 y en el Gráfico 3.15 se muestran los niveles de vibración durante el periodo nocturno. Durante el horario diurno, el Punto 3 (Colegio estatal “Joaquín Bernal” en Hualgayoc) es el que presenta

mayores niveles de vibración, asimismo el Punto 7 (vivienda ubicada a la entrada de Ciudad de Dios) registra altos niveles, los cuales están asociados al importante tráfico vehicular de la zona. Para el horario nocturno, se encontró homogeneidad en los niveles registrados, lo cual refleja en cierta medida la actividad de cada sector.

La totalidad de los datos mostró que los niveles de vibración existentes están por debajo de los máximos permitidos por la norma internacional ISO 2631-2, por lo que se concluye que actualmente las poblaciones evaluadas no se encuentran en una situación de impacto negativo producto de las vibraciones generadas por las actividades asociadas al quehacer humano.

Tanto para el horario diurno como para el nocturno, los niveles medidos se encuentran por debajo de la curva basal, por lo que cumple con los límites máximos establecidos en la norma internacional ISO 2631-2 (Gráficos 3.16 y 3.17).

En las Fotografías 3.10 a 3.25 se observa los puntos de medición de ruido y vibración.

3.1.6 Geología

3.1.6.1 Geología regional

La geología regional del Perú está dominada por la Cordillera de los Andes, la cual se extiende a lo largo de todo el territorio nacional con una dirección NNO a SSE. Esta Cordillera es el resultado de la colisión y subducción de la Placa de Nazca que se desplaza por debajo del continente sudamericano, y consta de cinco regiones fisiográficas, que son:

- Llanuras costaneras;
- Cordillera occidental;
- Valles interandinos;
- Cordillera oriental, y las
- Llanuras amazónicas.

La configuración estructural del área se refleja por lo general en fallas de rumbo y plegamientos cuyos ejes se orientan al noroeste. Regionalmente el área de Cerro Corona se ubica en la flexura de Cajamarca, que ha producido mega-alineamientos con dirección este-oeste, que cortan transversalmente la configuración noroeste dominante de las estructuras de los andes y que presentan mineralización localizada a escala regional.

3.1.6.2 Geología del distrito de Hualgayoc

El distrito minero de Hualgayoc-Tantahuatay, tal como lo definen Gustafson et al. (2004) incluye una amplia variedad de tipos de mineralización, diversas ubicaciones importantes y mineralizaciones definidas. Basados en la geología y los tipos de mineralización, en el área de Hualgayoc se reconocen dos sub-distritos mineros que se indica a continuación:

Sub-distrito de Hualgayoc (por lo general restringido al sureste del río Tingo)

- Vetas de Ag-Cu del distrito histórico de Hualgayoc descubiertas en 1771.
- Mantos de Ag-Pb-Zn-Cu y minerales de pirita hospedados en calizas de la Formación Inca del mesozoico, ubicadas al este de Hualgayoc.
- Por lo menos tres pórfidos mineralizados con Cu (Cerro Corona, El Molina y Quijote).
- Mantos de Pb-Zn hospedados en la Formación Paritambo-Yumagual de la Mina Carolina/Mina Arpón/Mina Alpha o complejo Consuelto y extensiones no minadas.
- Un tipo desconocido de mineralización explotada en el tajo El Zorro y labores subterráneas operadas por la empresa minera San Nicolás.
- Un tipo desconocido de mineralización en Colquirrumi.

Subdistrito de Tantahuatay

- Cuerpos de pirita-enargita masivos de alta sulfuración de las áreas de Sinchau y María Eugenia.
- Óxido de Au (posiblemente Au de alunita-enargita epitermal de alta sulfuración) de Cerro Tantahuatay y Cerro Cienaga.

En el sub-distrito de Hualgayoc se presentan rocas del Cretáceo (hasta el período Albiano), correspondiente a areniscas, cuarcitas, calizas y limolitas calcáreas del Grupo Goyllarisquizga, Formaciones Inca, Chulec, Yumagual y Pariatambo. Estas rocas han sido intuidas por diques y mantos de Coymolache del período Eoceno, por stocks andesíticos a riodacíticos del período Mioceno, domos y flujos menores de composición similar (Figura 3.5). Los cuerpos intrusivos incluyen los domos de Cerro Jesús, Cerro San José, Cerro Hualgayoc y el stock de Cerro Corona. Las intrusiones dioríticas de Cerro Jesús y Cerro José datan en 10,5-14,3 Ma, mientras que la roca intrusiva riodacítica de Cerro Hualgayoc es más joven de 7,9 Ma. Probablemente Cerro Corona es contemporáneo con las intrusivas de Cerro Jesús y Cerro San José, aunque su composición es cuarzo-diorítica. Al parecer, un cuerpo intrusivo centralizado a unos 6 km al oeste-noroeste de Cerro Corona y que se extiende a

ambos lados del río Tingo está relacionado con los domos de Cerro Jesús y Cerro San José (Gustafson et al., 2004). Este cuerpo está asociado con varios pequeños flujos riolíticos remanentes en los flancos sur de Cerro Las Gordas y Cerro Las Águilas, respectivamente, y dos áreas de vetas de stockwork en cada lado del río Tingo.

Los cuerpos de Cerro Jesús y Cerro San José presentan vetas de Ag-Cu emplazados en el distrito histórico de Hualgayoc y los mantos al este de Hualgayoc están íntimamente relacionados con vetas de cizallamiento transversal, posiblemente provenientes de los domos.

Los datos isotópicos del plomo (Macfarlane & Peterson, 1990) respaldan la derivación de fluidos mineralizadores de los mantos a partir de los domos del período Mioceno.

El stock cuarzo-diorítico de Cerro Corona y los filones asociados, instruyen a calizas de las formaciones Paritambo y Yumagual del período Cretáceo, que se presentan con buzamientos al suroeste, sobre el flanco este de una estructura sinclinal que buza al sur, cuyo eje se encuentra a alrededor de 1 km al oeste del stock de Cerro Corona. La mayor parte de contacto del stock con estas unidades Mesozoicas se da con la Formación Yumangual. La Formación Paritambo parece ser la principal roca madre para el emplazamiento de los mantos del complejo minero subterráneo Mina Carolina y por lo menos dos de los horizontes preferenciales cortan transversalmente el stock de Cerro Corona en profundidad. Los mantos emplazados en la Formación Yumangual ocurren al noroeste del stock, pero los horizontes hospedantes deben cortar transversalmente el lado norte del stock.

Existe insuficiente información disponible para describir con precisión el entorno geológico para el tajo abierto El Zorro y las labores subterráneas ubicadas justo al sur del río Tingo. La calidad del agua en los portales de las excavaciones subterráneas no es compatible con un yacimiento emplazado en manto de rocas calcáreas. Hay una veta altamente pirítica o yacimiento epitermal involucrado.

El subdistrito de Tantahuatay se encuentra al oeste y noroeste del río Tingo y por consiguiente es menos importante para el Proyecto Cerro Corona. También se encuentra debajo de un basamento de caliza del período Cretáceo, pero con unidades intrusivas mucho más extensas (en relación con el subdistrito de Hualgayoc). La diorita porfirítica del período Eoceno (Gustafson et al., 2004) de San Miguel está muy distribuida como un complejo de stocks y filones. Previamente se ha descrito que este complejo tiene una antigüedad similar a la del domo de Cerro Jesús del período Mioceno (Macfarlane & Peterson, 1990). El domo

andesítico de Tantauatay del período Mioceno más reciente y piroclásticos asociados están más extendidos y ocupan toda la porción occidental del subdistrito.

3.1.6.3 Geología del yacimiento

La información presentada en esta sección se basa en gran parte en los informes preparados por Sociedad Minera Corona SA (SMCSA) y el estudio de Barrick, ampliados con observaciones que han informado los geólogos de RGC e Ironbark Geoservices SRL, tal como se presentan en el Estudio de Factibilidad Definitivo (Minproc, 2001).

La roca intrusiva de Cerro Corona está expuesta sobre un área de aproximadamente 800 m x 1000 m alargada en dirección norte-sur con escasos afloramientos (20%). Los afloramientos por lo general están fuertemente silicificados y cortados por abundantes vetas de cuarzo, que forman densos stockworks, en especial en el centro de la roca intrusiva. Con excepción de estos afloramientos, la roca del stock de Cerro Corona por lo general está profundamente meteorizada y fuertemente alterada con presencia de arcilla y óxidos de hierro.

La roca intrusiva de Cerro Corona es relativamente homogénea, su textura es simple y corresponden a brechas intrusivas, por lo tanto, se considera que su intrusión ha tenido una sola fase. Sin embargo, James (1995) considera que la roca intrusiva es polifásica. Las rocas madre que consisten de caliza, que fueron intruídas por el stock, también están poco perturbadas, sugiriendo que la roca intrusiva fue colocada en forma pasiva, aunque los contactos están cizallados o dislocados locamente. Las paredes de la roca caliza están muy “cortadas” por la roca intrusiva, formando grandes “islas” de caliza típicamente de 10-30 m de espesor (pero hasta 70 m) que se introducen en el cuerpo de diorita, tal como se aprecia en algunos cortes transversales. El desarrollo de skarn es mínimo, y por lo general limitado a un halo de 30 metros de espesor que rodea el contacto intrusivo. El skarn no está considerablemente mineralizado.

La mineralización primaria hipogénica que se emplaza en la roca intrusiva en Cerro Corona consiste en peso de 3 a 8% de pirita, 1 a 3% de calcopirita, <1% bornita, traza de molibdenita, galena y esfalerita y oro microscópico. Minerales accesorios hipogénicos incluyen cuarzo, magnetita (1 a 4%), hematita terrosa y especular (hasta 10%) y carbonatos menores. No se ha informado sobre la presencia de yeso y posiblemente anhidrita, pero un examen detallado de las distribuciones de sulfato y azufre total de roca entera sugiere su presencia.

El yacimiento se ha dividido en 6 zonas generales:

- Óxidos (supergénica);
- Mixta (supergénica);
- (Enriquecida) Supergénica;
- Hipogénica;
- Estéril, y
- Roca caliza.

La alteración supergénica ocurre como una franja subhorizontal, tendida sobre el yacimiento, generalmente subparalela a la topografía. Se reconocen tres zonas con la profundidad cada vez mayor: La zona de óxidos varía de 10-50 m de espesor, la zona mixta de 10-70 m y la zona supergénica enriquecida de 10-60 m. La zona supergénica enriquecida ocurre dentro de la zona mixta y por lo general en la base de la misma. Tal como se aprecia en las secciones de plano a nivel, la zona hipogénica está rodeada por una zona supergénica discontinua y zona mixta, y distalmente por la zona de óxidos. La Zona de Óxidos predomina por encima de los 3 900 m de altura, mientras que la mineralización hipogénica es predominante por debajo de los 3 820 m de altura.

La zona de óxidos se caracteriza por presentar minerales de óxido de hierro que se encuentran distribuidos en todo el yacimiento (3 a 5 % por volumen de goetita, hematita y en menor porcentaje jarosita) y la ausencia casi en su totalidad de la mineralización de cobre por la lixiviación ácida supergénica debido a la oxidación de minerales de sulfuro (principalmente pirita). Los valores de cobre varían de 0,02 a 0,15%, pero son típicamente menores que 0,05%.

La zona mixta consiste de óxidos y minerales de sulfuro mezclados y por leyes erráticas del cobre. El ensamble mineral incluye: diversos óxidos de hierro; pirita, calcopirita y bornita en menor porcentaje; escasa presencia de chalcocita y covellita; traza de molibdenita, galena, esfalerita, malaquita, azurita, chalcantita, brocantita y crisocola.

La zona supergénica enriquecida se caracteriza por presentar una mineralogía definida, específicamente, la ausencia general de minerales oxidados y la presencia de minerales de sulfuro de cobre supergénicos. Los sulfuros de cobre supergénicos enriquecidos son la chalcocita y la covellita, que varían en abundancia entre traza y 2% por volumen. Las leyes del cobre son característicamente elevadas, variando de 1-2% por peso, mientras que las leyes del oro por lo general no varían. En el estudio de Barrick, efectuado en la zona Supergénico

se basó en un corte mínimo de alrededor de 0,3% del cobre, pero esto varió significativamente, tomando como base el promedio de los testigos obtenidos de las perforaciones.

Dentro de la Zona Hipogénica, ocurren leyes de mineral de oro y cobre en un patrón de distribución clásico, por lo general coincidiendo con aureolas anulares alrededor de una zona central relativamente estéril. La mineralización primaria en Cerro Corona consta de 3 a 8% de pirita, 1 a 3% de calcopirita, <1% de bornita, traza de molibdenita, galena y esfalerita, así como oro microscópico. Minerales accesorios incluyen magnetita (1 a 4%), hematita terrosa y espeular (hasta 10%) y carbonatos menores.

El material estéril se encuentra en la parte occidental de la zona Hipogénica, centralizado aproximadamente en las coordenadas 9 252 100 N 763 200 E. Forma un área irregular, pero generalmente elongada de norte-sur, alrededor de 60 m de diámetro a 3900 m de altura, y ensanchada hacia abajo en profundidad con dimensiones de 100 x 200 m a 3640 m de altura.

3.1.6.4 Alteración

El stock de Cerro Corona está fuertemente meteorizado en la superficie y está intensamente superpuesto por alteración argílica de etapa tardía, haciendo difícil el reconocimiento de los efectos de la alteración primaria relacionados con fluidos magmáticos. El trabajo que realizó Leonardson en 1995 describió someramente los ensambles de alteración predominante y su distribución espacial.

Por regla general, el stock de cuarzo-diorita de Cerro Corona muestra la zonificación de alteración porfirítica clásica. Ésta consta de roca con alteración potásica relacionada con alteración propilítica distal débil, superpuesta por alteración filítica controlada por fractura débil (QSP) y alteración fuerte de sericita-arcilla. Los dos primeros estilos de alteración son el producto de metasomatismo K^+ a nivel magmático, siendo los dos últimos el resultado de aguas meteóricas circulantes e hidrólisis H^+ hidrotermal asociada.

La alteración propilítica se desarrolla débilmente en las extremidades exteriores de la roca intrusiva y a lo largo de fracturas recientes. Se caracteriza por presentar clorita, epidota y calcita, que reemplazan a la hornablenda. También se ha observado pirita, calcopirita en menor porcentaje y hematita junto con un ensamble de carbonatos que consta de siderita y ankerita.

La roca caliza en contacto con el stock está típicamente descalcificada y parcialmente silicificada, pero por otro lado relativamente inalterada, con un mínimo desarrollo de skarn o mármol. Los skarns desarrollados débilmente y formados irregularmente están por lo general limitados a un halo de 30-40 metros de espesor alrededor de la roca intrusiva (pero se han notado 50-70 m más allá del contacto). Típicamente contienen diopsido diseminado, biotita y granate. El área más extensa de desarrollo de skarn parece ser un halo de mármol de hasta 100 m de ancho sobre el flanco suroeste del contacto intrusivo.

3.1.6.5 Yacimiento de Cerro Corona comparado con otros yacimientos porfiríticos de Cu-Au

Cerro Corona se ha definido como un yacimiento porfirítico de cobre-oro, roca calco-alcalina, cuarzo-diorita en un ambiente de margen continental por Sillitoe (2000). La intrusión porfirítica es de composición del tipo I y muestra la abundancia característica de magnetita hidrotermal. Se emplazó en forma pasiva en rocas locales sedimentarias a una profundidad de alrededor de 1 km, probablemente como alimentador para las rocas piroclásticas y flujos de dacita suprayacente. Cerro Corona comparte muchas características con los yacimientos porfiríticos de oro-cobre Ok Tedi, Grasberg y Batu Hijau del Sureste de Asia y también con los pórfidos ricos en oro de la Faja de Maricunga, Chile. Las Figuras 3.6 y 3.7 muestran la distribución global de pórfidos ricos en oro y las leyes de Cu y Au de Cerro Corona en relación con otros yacimientos similares, respectivamente. Similitudes con estos yacimientos incluyen composición de roca intrusiva de diorita del período Mioceno, stockworks centrales de cuarzo, zonificación de alteración hidrotermal clásica y bajo contenido de sulfuro en relación con otros yacimientos porfiríticos.

La Figura 3.7 divide en tres regiones que representan yacimientos porfiríticos de Cu-Au, Cu-Au-Mo y Cu-Mo. Hay una tendencia general desde el enorme yacimiento rico en cobre, como Chuquicamata, Chile, hasta el yacimiento mucho más pequeño rico en oro y pobre en cobre en Marte, Chile. Cerro Corona (#23) encaja bien dentro del campo de yacimientos porfiríticos de Cu-Au.

3.1.7 Sismicidad

Esta sección incluye una discusión general de la sismicidad del área del proyecto. Un estudio de Sismicidad detallado se presenta como parte del reporte de diseño de ingeniería (Anexo H). Un resumen de esta evaluación se incluye en la Sección 4.5.7.5.

Hasta 1992, se registraron 457 sismos en el área del proyecto, teniéndose la primera noticia histórica de un terremoto en 1658. Este evento se registró a 200 km del área de interés y se estima que fue el de mayor magnitud dentro de la zona ($M = 7,7$ en la escala de Richter).

Otro gran movimiento, de magnitud $M = 7,0$ se desencadenó en 1928, a 150 km de Cerro Corona. Asimismo, se tiene referencia de un mínimo de 14 fenómenos sísmicos ocurridos a una distancia de 100 km del área del proyecto, el mayor con una magnitud de 6,0 en la escala de Richter tuvo lugar a 78 km.

Las estadísticas más aproximadas señalan que el 75% de los sismos ocurridos en el área estuvieron entre magnitudes que rondaron los valores de $M = 4,0$ y $M = 4,9$; el 21,5% por encima de $M = 5,0$; el 3,1% por encima de $M = 6,0$ y el 1,3% por encima de $M = 7,0$.

De acuerdo con lo dicho anteriormente, la zona del Proyecto Cerro Corona se encuentra dentro de una región cuyo riesgo sísmico puede considerarse entre moderado y alto. Según el reglamento nacional de construcciones del Perú el área de Cerro Corona se ubica en la Zona 1 de sismicidad alta.

Para un diseño preliminar para presas de relaves de gran altura se recomienda que el sismo máximo creíble a considerar sea de Magnitud 8,0 con una aceleración máxima del basamento rocoso de 0,5g para un periodo de retorno de 500 años.

La Figura 3.8 muestra la ubicación del proyecto en función de las zonas sísmicas en el Perú.

3.1.8 Suelos

3.1.8.1 Estudios anteriores

En 1995, Knight Piésold llevó a cabo un estudio de Línea Base para suelos, y su área de estudio comprendió la región ubicada entre el lugar propuesto para el proyecto y la pampa de Quilcate así como el área ubicada al sur de la quebrada Las Gordas hasta el lago Mishacochoa.

Los resultados de esta línea base, que incluyó análisis físico-químicos de muestras y caracterización de perfiles, indicaron que los suelos del área de estudio eran típicamente pobres para su uso en agricultura y que la mayoría de las unidades de suelos eran vulnerables a la erosión hídrica y eólica. Se señaló que los factores que contribuían a las características de estos suelos eran las extremas condiciones del clima, la alta precipitación, la poca profundidad de los suelos y las pendientes pronunciadas. Los suelos presentaron valores de pH que

variaron en un rango de 4,0 a 7,5. Consecuentemente, las tierras en el área de este proyecto solamente podrían ser usadas en pastoreo, hábitat de fauna silvestre y posiblemente darle un uso forestal.

Se hicieron cuatro perfiles representativos del área. Estos perfiles estuvieron ubicados en el área alrededor del cerro Corona, en la pampa de Quilcate, en el área de la laguna Mishacocha y en el área del cerro Candela. Los perfiles revelaron suelos superficiales o suelos orgánicos ricos en materia orgánica y menores de 60 cm en profundidad.

Basándose en las actividades dominantes existentes en el área del proyecto, se identificaron cinco tipos de suelos: aquellos utilizados para el desarrollo de actividades agrícolas, los suelos utilizados para pasturas, suelos en descanso, una combinación de suelos con pasturas y suelos en descanso y otros suelos (pantanos, suelos cubiertos por campamentos, pueblos e infraestructura existente).

Basándose en el U.S. Soil Conservation Service Classification System (Klingebiel and Montgomery, 1966), se encontraron los suelos de las clases V y VI (Suelos no arables. Aptos sólo para cultivos de frutales, pastos y bosques), clase VII (Suelos no agrícolas. Aptos sólo para pastoreo y bosques) y clase VIII (Suelos no agrícolas ni forestales. Ningún tipo de uso reconocido) y el estudio llegó a la conclusión que aproximadamente el 98% de las tierras del proyecto se encontraban en las clases VII y VIII.

En el año 2001, Vector Perú S.A.C., como parte de su Estudio de Impacto Ambiental, realizó estudios de línea base ambiental para el Proyecto Cerro Corona. La evaluación ambiental comprendió en aquél momento el área comprendida entre los 06°44'43" - 06°48'12" latitud sur y los 78°36'12" - 78°41'11" longitud oeste. El área total involucrada en el estudio fue de aproximadamente 4 289 ha. Su línea base de suelos en el área estableció que las características limitativas de los suelos eran: pendientes empinadas, poca profundidad efectiva, erosión severa, niveles altos de acidez y drenaje excesivo. Su estudio determinó que la mayor parte del área estaba cubierta por pastos naturales y que la agricultura practicada en la zona era agricultura de secano (riego por lluvia).

Los suelos sin capacidad agrícola o forestal fueron calculados por Vector en aproximadamente 52% del área total evaluada. Estos suelos se caracterizaban por tener pendientes extremadamente empinadas, ser muy superficiales y presentar una gran cantidad de afloramientos de roca.

Basándose en el sistema de clasificación del US Soil Conservation Service (Kilngebiel y Montgomery, 1966), Vector determinó que en su área de estudio la capacidad de uso potencial de estos suelos se limitaba a las clases V, VI, VII y VIII.

Los estudios que realizaron Knight Piésold (1996) y Vector Perú S.A.C. (2001) tienen concordancia y presentan resultados similares. Ambos estudios identificaron que los suelos en el área de estudio estaban incluidos en las clases V, VI, VII y VIII del sistema U.S. Soil Conservation Service Classification System (Klingebiel and Montgomery, 1966).

3.1.8.2 Línea base en el año 2004

Knight Piésold realizó el estudio de Línea Base para suelos en el año 2004, como parte del desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental, dentro de los límites de propiedad superficial (área del proyecto) y abarcando un área de aproximadamente de 580 ha.

En los estudios de línea base realizados por Knight Piésold en el año 2004 se ha considerado un sistema de clasificación de suelos internacional (Sistema de Clasificación FAO, 1990) y un sistema de clasificación de suelos nacional (Sistema de Clasificación de los Suelos Según su Capacidad de Uso Mayor y su complemento ONERN, 1982).

En esta sección se presenta la clasificación de los suelos en el área del proyecto según la “Food and Agriculture Organization” (FAO, por sus siglas en inglés), según su capacidad de uso mayor y según su uso actual (Figuras 3.9, 3.10 y 3.11). También se presentan los perfiles representativos y se hace una descripción de los suelos en el área del proyecto, relacionándolos con el tipo de formación vegetal. Finalmente, se detalla la calidad de los suelos presentes en el área del proyecto. Los estudios incluyeron evaluaciones de campo, análisis de muestras y revisión de bibliografía especializada.

3.1.8.3 Suelos según la FAO

La Figura 3.9 muestra la clasificación hecha por la FAO, aplicada a los suelos presentes en el área del proyecto. A continuación se presenta una descripción breve de estos tipos de suelo:

Leptosoles

Son suelos someros, de escasa evolución y desarrollo. Se definen como suelos naturales que están limitados por una roca continua a menos de 30 cm de la superficie, o bien por un material con más del 40% de equivalente en carbonato cálcico.

También se consideran como tales, a aquellos que en sus primeros 75 cm tienen menos de un 10% de componentes menores de 2 mm. En cualquier caso, sólo pueden tener un horizonte superficial mólico, úmbrico u ócrico y en profundidad, solo un yérmico o vértico (Fotografías 3.26 y 3.27). En el área del proyecto, estos suelos están relacionados con la vegetación asociada a roquedal y ubicados en la parte alta de los cerros Corona, Coymolache, Las Gordas y Las Águilas.

Andosoles

Son suelos con un alto contenido en materiales amorfos casi siempre originados a partir de materiales volcánicos. Presentan un horizonte A úmbrico y mólico situado sobre un horizonte B cámbrico, o un horizonte A ócrico y un horizonte B cámbrico. No se encuentran otros horizontes de diagnóstico (Fotografía 3.28). En el área del proyecto, estos suelos están relacionados con la vegetación de pastizales (laderas bajas y medias de los cerros Corona, Las Águilas, Coymolache y Las Gordas).

Cambisoles

Son suelos que presentan un horizonte A mólico, horizonte rico en materia orgánica (mayor al 1%), de color muy oscuro. Cuando se ubican sobre roca, su espesor es de 10 cm y cuando descansan sobre otro horizonte pueden presentar un espesor mayor. Este grupo de suelos se ubica por encima de un subsuelo que tiene una saturación de bases menor de 50% dentro de los primeros 100 cm desde la superficie. Los cambisoles también pueden presentar uno de los siguientes horizontes de diagnóstico dentro de la profundidad especificada desde la superficie del suelo: a) un horizonte ándico, vértico o vítrico que comienza entre 25 y 100 cm; b) un horizonte plíntico, petroplíntico o sálico que comienza entre los 50 y 100 cm (Fotografía 3.29).

En el área del proyecto, estos suelos están relacionados con la vegetación de matorral bajo y pastizal/pajonal (laderas de los cerros Las Gordas, Corona, parte intermedia del cerro Coymolache y parte baja del cerro Las Águilas).

Gleisoles

Son suelos que tienen propiedades hidromórficas por manto freático permanente en los 50 cm superiores; además presentan como horizontes de diagnóstico a un horizonte A o un horizonte H hístico, mólico, ócrico, úmbrico, ándico y cámbrico, dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (Fotografía 3.30). En el área del proyecto, estos suelos están relacionados

con la vegetación de zonas húmedas (parte alta y media de la quebrada Mesa de Plata, fondo de quebrada de la quebrada Las Gordas y fondo de quebrada del cerro Coymolache).

Antrosoles

Son suelos profundamente modificados por el hombre, generados por actividades productivas, como la agricultura, minería o industria. En el área de proyecto, estos suelos se encuentran en la relavera La Jalca (Fotografía 3.31).

3.1.8.4 Perfiles representativos

En la Tabla 3.21 se describen los horizontes de los perfiles de suelo representativos del área del Proyecto Cerro Corona. Se incluye también información relacionada con la ubicación, clasificación FAO, tipo de vegetación, altitud, relieve, erosión, drenaje, entre otras características del perfil. El perfil modal es el perfil representativo del área que se está muestreando e incluye una lectura completa de parámetros geológicos, edáficos, físicos y químicos del suelo.

En las Fotografías 3.32 a 3.42 se muestran las calicatas que permitieron describir los respectivos perfiles representativos de los suelos del área del proyecto.

De acuerdo con la clasificación FAO, de los perfiles representativos evaluados, ocho se encuentran incluidos dentro del grupo cambisol, dos se encuentran incluidos dentro del grupo andosol y tres en el grupo leptosol. No se evaluaron perfiles representativos para los gleisoles ni los antrosoles. Las propiedades hidromórficas (zonas húmedas y pantanosas) que presentan los gleisoles no permiten describir un adecuado perfil representativo. Para el caso de los antrosoles no se hizo un perfil representativo porque estos estaban constituidos por los relaves de las operaciones de la Mina Carolina. Todas las calicatas presentaron tres horizontes, a excepción de los suelos pertenecientes a los leptosoles que presentaron sólo dos horizontes. De las 13 calicatas muestreadas 5 presentaron una erosión moderada y las demás no presentaron evidencias de erosión. La napa freática estuvo ausente en todas las calicatas evaluadas y estas fueron muestreadas a una altitud entre 3 639 y 3 980 m

3.1.8.5 Suelos según su capacidad de uso mayor

En 1975, el gobierno peruano, mediante el Decreto Supremo N° 0062/75-AG, estableció el Sistema de Clasificación de los Suelos Según su Capacidad de Uso Mayor. Este sistema es un ordenamiento sistemático, práctico, interpretativo y de gran base ecológica que agrupa a los diferentes suelos con el fin de mostrar sus usos y problemas, brindando así orientación sobre las necesidades de prácticas de manejo adecuadas.

El concepto de asociaciones (ONERN, 1982) permite identificar suelos con diferentes potencialidades dentro de cada grupo de capacidad de uso mayor. Durante las investigaciones de campo fue posible identificar únicamente la Asociación X – P2e. En la Figura 3.10 se representa el mapa de clasificación de suelos según su capacidad de uso mayor.

Asociación X – P2e

Esta asociación, una de las más extensas y representativas de las zonas altoandinas de la sierra, abarca una superficie total de 6,95% de la extensión territorial del país y bajo una configuración topográficamente accidentada. La asociación se compone de dos grupos principales de tierras:

Tierras sin vocación de uso (X)

Caracterizadas por presentar deficiencias severas en los aspectos topográfico y edáfico (suelos superficiales pedregosos y de afloramientos líticos), constituyen alrededor del 70% de la extensión total de la asociación y son de importancia para la actividad minera, fuentes de energía o fauna silvestre. Este tipo de tierras fue identificado en las partes altas y medias de los cerros Corona, Las Gordas, Las Águilas, Candela, Coymolache y Arpón así como en el fondo de la quebrada Las Gordas y de la quebrada Mesa de Plata.

Tierras con vocación para pastos (P)

Consideradas de calidad agrológica media por presentar limitaciones en el aspecto de erosión-pendiente, estas tierras requieren de la aplicación de prácticas moderadas para la producción de forrajes que aseguren el desarrollo de una ganadería económicamente rentable, constituyen el 30% de la extensión total de la asociación. Este tipo de tierras fue identificado en las partes bajas y en las laderas que presentan pendientes moderadas de los cerros Corona, Las Gordas, Las Águilas, Candela, Coymolache, Arpón; en la quebrada de la quebrada Las Gordas y en la parte alta de la quebrada Mesa de Plata.

3.1.8.6 Uso actual de los suelos

Los diferentes usos del suelo dentro del área del proyecto se muestran en la Figura 3.11 y se ha considerado cuatro unidades o grupos de tierras principales basadas en las actividades dominantes de la población en el área: suelos de uso agrícola, suelos de uso pecuario o ganadero, suelos no utilizados, suelos con otros usos.

Suelos de uso agrícola

Son suelos que se encuentran bajo cultivo o en descanso (Figura 3.11) y constituyen aproximadamente 3,8 ha (0,6% del área de estudio). La agricultura que se realiza en esta zona es agricultura de secano, se realiza de forma tradicional y está orientada al autoconsumo (papa, oca y olluco). No es agricultura intensiva debido entre otros factores, a que la población se orienta básicamente a la producción pecuaria. Dentro de las limitaciones que la zona presenta para la agricultura se encuentran las características y calidad del suelo, el relieve y la topografía del terreno así como las condiciones climáticas adversas (temperaturas bajas).

Estos suelos se encuentran en el área del proyecto en las partes bajas y medias de las laderas que presentan pendientes moderadas en los cerros Corona, Las Gordas, Candela, Arpón y Coymolache.

Suelos de uso pecuario o ganadero

Son suelos del proyecto que se encuentran cubiertos con pastos naturales y cultivados (Figura 3.11). Los suelos que son utilizados para el pastoreo del ganado local comprenden 456 ha (79,6% del área del proyecto). De este porcentaje de suelos destinado al uso pecuario o ganadero, sólo el 3,3% está cultivado con pastos mejorados (avena forrajera, rye grass y trébol blanco) mientras que el mayor porcentaje de suelos se encuentra cubierto con pastos naturales, que la población de la zona usa también para la crianza de ganado vacuno y ovino.

Este tipo de tierras fue identificado en las partes bajas del área del proyecto y en las laderas que presentan pendientes moderadas de los cerros Corona, Las Gordas, Las Águilas, Candela, Coymolache y Arpón; en la quebrada de la quebrada Las Gordas y en la parte alta de la quebrada Mesa de Plata. Otros suelos de uso pecuario o ganadero de pequeña extensión fueron encontrados diseminados a lo largo de todas las áreas de pendiente suave o moderada evaluadas en el área del proyecto.

Suelos no utilizados

Son suelos poco profundos y delgados donde se hace imposible realizar alguna actividad económica que sea rentable para los pobladores de la zona del proyecto, como son la agricultura y ganadería. Se ha ubicado dentro de este grupo a los suelos que presentan afloramientos rocosos, suelos desnudos y suelos con pendientes muy empinadas y con escasa profundidad. También se ha clasificado en este grupo a los suelos que anteriormente han sido utilizados por la actividad minera, a los humedales que por sus características hidromórficas

no permiten la agricultura ni la ganadería. El área de estos suelos representa 73,2 ha (12,6% del área del estudio).

Este tipo de suelos fue identificado en la parte alta de los cerros Corona, Coymolache, Las Gordas y Las Águilas, en los fondos de quebrada de la quebrada Las Gordas, parte alta y media del fondo de la quebrada de Mesa de Plata y en el fondo de quebrada del cerro Coymolache, así como la relavera La Jalca.

Suelos con otros usos

Son suelos sobre los cuales se han desarrollado campamentos, centros poblados, carreteras, caminos y otras infraestructuras existentes en la zona. Representan 41,5 ha (7,2% del área del estudio).

Estos suelos corresponden al Campamento de la Mina Carolina, a la carretera de acceso al cerro Corona, a la carretera de acceso a la Comunidad el Tingo y otros.

3.1.8.7 Suelos en relación con la vegetación

Con la finalidad de obtener información relevante para las áreas de influencia del Proyecto Cerro Corona, Knight Piésold desarrolló como parte del Estudio de Impacto Ambiental, una Línea Base Ambiental que incluyó evaluaciones de campo siguiendo un criterio que relacione al suelo con el tipo de vegetación presente en el área. Estas evaluaciones se llevaron a cabo en la parte alta del cerro Corona, al sur de la parte alta del cerro Las Águilas, partes medias de las laderas del cerro Coymolache (norte y oeste), también se evaluaron las laderas: al noroeste del cerro Candela, este del cerro Arpón, norte del cerro Las Gordas y la ladera ubicada al sur de la relavera La Jalca, también se evaluaron los fondos de las quebradas ubicadas en los cerros Coymolache, Las Águilas y este de la quebrada Mesa de Plata.

El relieve por lo general es accidentado en el área del proyecto, esto ha originado que en las partes altas y laderas de los cerros se desarrollen suelos de poco espesor, los cuales se presentan en forma discontinua y en alternancia con los afloramientos rocosos. Las pendientes más suaves han permitido el desarrollo de suelos de mayor espesor, principalmente en las márgenes y fondos de las quebradas.

Con la finalidad de evaluar la calidad del suelo en el área del Proyecto Cerro Corona, se colectaron un total de 15 muestras de suelos (Fotografías 3.43 y 3.44). Las muestras se recogieron de suelos que corresponden a las formaciones vegetales de pastizal bajo y pajonal

disperso, matorral bajo, vegetación asociada a zonas húmedas y vegetación asociada a roquedal. En la Figura 3.9 se observa la ubicación de los puntos de muestreo; la Tabla 3.22 detalla las coordenadas geográficas de las calicatas. La metodología para la colección de muestras se incluye en el Anexo C y los resultados de los análisis de laboratorio se presentan en el Anexo D-5.

En términos generales, los suelos evaluados en el área del Proyecto Cerro Corona de acuerdo con los estándares y escalas proporcionados en la hoja de resultados del laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina que se presentan en el Anexo D-5 y a las escalas adoptadas para la interpretación de análisis químicos de Landa, C. y otros (1978) que se presentan en la Tabla 3.23, son de reacción fuertemente ácida a ligeramente alcalina (pH 4 a 7,4), textura que va de franco hasta franco arenoso, muy bajos en contenido de arcilla, con alto porcentaje de materia orgánica (8,30 a 14,90%), con niveles bajos de calcáreo total (0 a 1,99%), niveles de fósforo que van desde bajos a altos (5,0 a 61,9 ppm), contenidos bajos y altos de potasio disponible (57 a 332 me/100g), altos porcentajes de nitrógeno total (0,40 a 0,65%) y una alta capacidad de intercambio catiónico (20,32 a 44,16 me/100g). Se observa además, una concentración de aluminio e hidrógeno intercambiable que van desde baja a alta (0 a 9,60 me/100g).

Estos suelos presentan una conductividad eléctrica muy baja sus valores fluctúan entre 0,09 hasta 1,14 dS/m (salinidad muy baja) y la suma de sus cationes en la mayoría de estos suelos está muy por debajo de los valores obtenidos en el laboratorio para la capacidad de intercambio catiónico (CIC), esto significa que su capacidad real y actual para proveer de nutrientes a las plantas está bastante distante de su capacidad potencial. Por otra parte, los valores de saturación de bases son sumamente bajos, en su mayoría se encuentran entre 5 y 35%, lo que significa que el catión aluminio se encuentra bastante disponible y conforme el pH del suelo disminuya el catión aluminio se solubilizará y probablemente constituirá un factor limitante para cierto tipo de plantas (Tablas 3.24 y 3.25). La toxicidad del aluminio ha sido reconocida como el factor limitante más importante para la producción agrícola en suelos ácidos. El síntoma principal de la toxicidad por aluminio es la inhibición del crecimiento de las raíces.

A falta de estándares nacionales para calidad de suelos, los resultados de los análisis del contenido de metales en las muestras de suelos, fueron comparados con los estándares de las Guías de Calidad de Suelos Canadienses del Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), utilizando como criterios los establecidos para uso agrícola y para uso

residencial/parques. En general, los suelos del área del proyecto presentan características similares en lo referente al contenido de metales en todos ellos, los metales cuyos niveles superan con mayor frecuencia los estándares y criterios del CCME son el arsénico, cadmio, plomo, cobre, zinc, estaño y el boro. Se considera que estos niveles elevados podrían deberse a la naturaleza del material parental.

Suelos de vegetación asociada a zonas húmedas

Son suelos de color muy oscuro en el horizonte superficial. En su mayoría se encuentran en pendientes que van de 5 a 50% y se han desarrollado a partir de materiales no consolidados.

En el perfil del suelo se observan abundantes raíces hasta una profundidad aproximada de 35 a 50 cm y presentan buena actividad biológica en el primer horizonte. Presentan propiedades hidromórficas, lo cual origina limitaciones en el drenaje, y una textura franco arenosa. Según la escala proporcionada para la interpretación por la Universidad Nacional Agraria La Molina en la hoja de resultados del laboratorio que se presentan en el Anexo D-5 y a las escalas adoptadas para la interpretación de análisis químicos de Landa, C. y otros (1978) que se presentan en la Tabla 3.23, el contenido de arcilla es muy bajo pero contiene cantidades altas de materia orgánica (8,80 a 12,70%). Son suelos de reacción ácida (pH de 4,4 a 4,6). Sus niveles de conductividad eléctrica (0,19 a 0,29 dS/m) los muestran como suelos ligeramente salinos. Su capacidad de intercambio catiónico (CIC) presenta valores altos (35,68 a 40,32 me/100g), debido a la cantidad de materia orgánica presente. Son suelos de reacción ácida y la suma de cationes cambiables (11,69 a 15,99 me/100g) representa aproximadamente un tercio de la CIC, lo que significa que la capacidad real del suelo para intercambiar cationes con las plantas es sólo un tercio de su capacidad potencial. Los valores de saturación de bases que fluctúan entre 11 y 27% indican que la disponibilidad de aluminio cambiante es relativamente alta lo cual concuerda con lo anterior.

Este tipo de suelos fue registrado principalmente en la parte alta de la quebrada Mesa de Plata y en el fondo de las quebradas del cerro Coymolache y de la quebrada Las Gordas.

Según los estándares de las Guías de Calidad de Suelos del CCME, el 100% de las muestras tomadas de suelos de vegetación asociada a zonas húmedas presenta un contenido de arsénico por encima de los estándares establecidos tanto para uso agrícola como residencial/parques (12 mg/kg). Con respecto al cadmio, el 50% de las muestras presenta un contenido por encima del estándar para uso en agricultura (1,4 mg/kg); Asimismo el contenido de boro en las muestras tomadas para estos suelos excede en un 50% para uso agrícola (2 mg/kg).

Por otra parte, el 50% de las muestras de este tipo de suelos presenta un contenido de plomo por encima de ambos estándares para uso en agricultura (70 mg/kg) y para uso residencial/parques (140 mg/kg).

Otro de los metales que excede el estándar del CCME tanto para agricultura como para uso residencial/parques (200 mg/kg) es el zinc, en un 50% del total de las muestras tomadas para este tipo de suelos, mientras que para el talio el 50% de las muestras analizadas sobrepasa los límites de los estándares para uso en agricultura y para uso residencial/parques (1 mg/kg) del CCME.

Estas muestras fueron tomadas en el fondo de quebrada del cerro Coymolache (norte) y parte alta de la quebrada Mesa de Plata (este). Una reseña de los resultados de análisis de metales se presenta en las Tabla 3.26.

Suelos de vegetación asociada a roquedal

Suelos ubicados en pendientes un tanto pronunciadas (de 30 a 55%). Debido a la pendiente, los suelos son muy poco profundos, encontrándose el material madre bastante cerca de la superficie. La textura fue de franco a franco arenoso. Según la escala proporcionada para la interpretación por la Universidad Nacional Agraria La Molina en la hoja de resultados del laboratorio que se presentan en el Anexo D-5 y a las escalas adoptadas para la interpretación de análisis químicos de Landa, C. y otros (1978) que se presentan en la Tabla 3.23, estos son suelos ácidos (pH 4,3 a 4,7), con un contenido alto de materia orgánica (9,90 a 10,60%). Sus valores de CIC son buenos (33 a 43 me/100g), debido también a la materia orgánica presente. La suma de los cationes cambiabiles (11,34 a 15,45 me/100g) representa aproximadamente la mitad de la CIC. La disponibilidad del aluminio cambiabile es relativamente alta.

Este tipo de suelos se ha encontrado principalmente en las partes altas e intermedias de la mayoría de los cerros presentes en el área del Proyecto Cerro Corona.

Según los estándares de las Guías de Calidad de Suelos del CCME, el 100% de las muestras tomadas de suelos de vegetación asociada a roquedal presenta un contenido de arsénico por encima de los estándares establecidos tanto para uso agrícola como residencial/parques (12 mg/kg). Con respecto al cadmio, el 100% de las muestras tomadas en este tipo de suelos presenta un contenido por encima del estándar para uso en agricultura (1,4 mg/kg); asimismo el contenido de boro excede en un 50% para uso agrícola (2 mg/kg).

Por otra parte, el 100% de las muestras de este tipo de suelos presenta un contenido de cadmio por encima de ambos estándares para uso en agricultura (1,4mg/kg). De acuerdo con este estándar el contenido de cobre para este tipo de suelos excede en un 50% tanto para uso en agricultura (63 mg/kg) y para uso residencial/parques (63 mg/kg)

Otro de los metales que excede el estándar del CCME tanto para agricultura (70 mg/kg) como para uso residencial/parques (140 mg/kg) es el plomo, en un 50% del total de las muestras tomadas para este tipo de suelos, mientras que para el talio el 50% de las muestras analizadas sobrepasa los límites de los estándares para uso en agricultura y para uso residencial/parques del CCME (1 mg/kg). En relación con este mismo estándar (CCME) el zinc sobrepasa en un 50% los límites tanto para uso agrícola como residencial/parques (200 mg/kg).

Estas muestras fueron tomadas en la parte alta al noroeste del cerro Corona, y parte alta del cerro Las Águilas. Una reseña de los resultados de análisis de metales se presenta en las Tabla 3.26.

Suelos de vegetación de matorral bajo

Estos suelos se ubican en laderas de poca pendiente 4 a 15%. Son de color negro oscuro en el horizonte superficial. En el perfil del suelo se observó la presencia de raíces hasta una profundidad de 50 cm aproximadamente y buena actividad biológica. Presentan una textura que va desde franco a areno franco. Según la escala proporcionada para la interpretación por la Universidad Nacional Agraria La Molina en la hoja de resultados del laboratorio que se presentan en el Anexo D-5 y a las escalas adoptadas para la interpretación de análisis químicos de Landa, C. y otros (1978) que se presentan en la Tabla 3.23, estos suelos son de reacción ácida a ligeramente alcalino (pH 4,7 a 7,4), con un contenido alto de materia orgánica (7,10 a 14, 90%). Sus valores de CIC son buenos (24, 80 a 37,60 me/100g) debido también a la gran cantidad de materia orgánica presente. En términos generales, la suma de cationes cambiabiles (11,78 a 21,17 me/100g) representa más de la mitad de la CIC, lo que nos indica que la capacidad real del suelo para intercambiar cationes con las plantas es la mitad de su capacidad potencial. Los valores de saturación de bases fluctúan entre (19 a 85 %) e indican que la disponibilidad del aluminio cambiabile es relativamente alta en algunos casos.

Este tipo de suelo es poco significativo en cuanto a su presencia y se le ubicó principalmente en las faldas del cerro Las Gordas (ladera noroeste).

Según los estándares de las Guías de Calidad de Suelos del CCME, el 100% de las muestras tomadas de suelos de vegetación asociada a roquedal presenta un contenido de arsénico por encima de los estándares establecidos tanto para uso agrícola como residencial/parques (12 mg/kg). Con respecto al cadmio, el 50% de las muestras tomadas para este tipo de suelos presenta un contenido por encima del estándar para uso en agricultura (1,4 mg/kg).

Por otra parte, el 100% de las muestras tomadas presenta un contenido de cobre por encima de ambos estándares tanto para uso en agricultura como residencial/parques (63 mg/kg). De acuerdo con este mismo estándar el contenido de plomo para este tipo de suelos excede en un 50% tanto para uso en agricultura (70 mg/kg). Otro de los metales que excede el estándar del CCME tanto para agricultura como para uso residencial/parques (200 mg/kg) es el zinc, en un 50% del total de las muestras tomadas para este tipo de suelos. Estas muestras fueron tomadas en la ladera norte y oeste del cerro Las Gordas. Una reseña de estos resultados se presenta en las Tabla 3.26.

Suelos de pastizal bajo y pajonal disperso

Son suelos de color negro en el horizonte superficial y se encuentran preferentemente en pendientes que van de 4 a 65%. En el perfil del suelo se observa abundantes raíces medianas y finas que llegan a medir hasta 30 cm y presentan buena actividad biológica. En cuanto a textura todos son franco arenosos. Según la escala proporcionada para la interpretación por la Universidad Nacional Agraria La Molina en la hoja de resultados del laboratorio que se presentan en el Anexo D-5 y a las escalas adoptadas para la interpretación de análisis químicos de Landa, C y otros (1978) que se presentan en la Tabla 3.23, el contenido de arcilla es muy bajo pero presentan altos valores de materia orgánica (8,30 a 12,40%). Son suelos de reacción ácida en su mayoría (pH de 4,0 a 4,9). Sus niveles de conductividad eléctrica (0,13 a 1,14 dS/m) los muestran como suelos muy ligeramente salinos. Su capacidad de intercambio catiónico (CIC) presenta valores altos (29 a 44,16 me/100g), debido a la cantidad de materia orgánica presente.

Son suelos de reacción ácida y la suma de cationes cambiabiles (2,59 a 36,96 me/100g) representan aproximadamente un tercio de la CIC. Los valores de saturación de bases que fluctúan entre 5 y 100%, nos indican que la disponibilidad de aluminio cambiabile es relativamente alta en algunos suelos pertenecientes a este grupo. Este tipo de suelos fue registrado en gran parte del área del Proyecto Cerro Corona, fueron ubicados en las laderas medias y bajas de los cerros Candela, Mecheros, Arpón, Corona, Coymolache, Las Águilas y Las Gordas, también fue registrado en las quebradas Las Águilas, Mesa de Plata, y en la

quebrada Las Gordas. La metodología para la colección de muestras se incluye en el Anexo C y los resultados de los análisis de laboratorio se presentan en el Anexo D-5.

Según los estándares de las Guías de Calidad de Suelos del CCME, el 100% de las muestras tomadas de suelos de vegetación asociada a pastizal bajo y pajonal disperso presenta un contenido de arsénico por encima de los estándares establecidos tanto para uso agrícola como residencial/parques (12 mg/kg). Con respecto al cadmio, el 56% de las muestras tomadas en este tipo de suelos presenta un contenido por encima del estándar para uso en agricultura (1,4 mg/kg) y el 22% de las muestras analizadas presenta contenidos por encima de los estándares establecidos para uso residencial/parques (10 mg/kg). Asimismo el contenido de boro en las muestras tomadas para estos suelos excede en un 11% para uso agrícola (2 mg/kg).

Por otra parte, el 44% de las muestras de este tipo de suelos presenta un contenido de cobre por encima de ambos estándares para uso en agricultura y para uso residencial/parques (63 mg/kg). De acuerdo con este estándar (CCME) el contenido de estaño para este tipo de suelos excede el límite en un 33% para uso en agricultura (5 mg/kg).

Otro de los metales que excede el estándar del CCME tanto para agricultura como para uso residencial/parques (70 mg/kg) es el plomo, en un 44% del total de las muestras tomadas para este tipo de suelos, mientras que para el talio el 33% de las muestras analizadas sobrepasa los límites de los estándares para uso en agricultura y residencial/parques (1 mg/kg) del CCME.

Estas muestras fueron tomadas en la ladera nor oeste del cerro Candela, fondo de la quebrada Las Águilas, parte media del cerro Las Águilas y parte baja del cerro Las Gordas, ladera este del cerro Arpón partes medias y bajas del cerro Coymolache y parte media de la quebrada Mesa de Plata. Una reseña de los resultados de análisis de metales se presenta en las Tabla 3.26.

3.1.8.8 Discusión de los resultados obtenidos en la línea base con los resultados de estudios anteriores

El estudio de suelos llevado a cabo por Knight Piésold en 1995 incluyó los cerros Corona y Candela, la pampa de Quilcate y la laguna Mishacocha. Vector, en el 2001, incluyó en su estudio de línea base a los cerros Corona y Candela, mientras que Knight Piésold en el 2004 incluyó los cerros Corona, Candela, Mecheros y Las Gordas, así como la quebrada Las Águilas.

Los estudios de Knight Piésold en 1995 y Vector 2001 coinciden en considerar a los suelos evaluados como suelos con alto contenido de materia orgánica y poca profundidad (< 60 cm y < 50 cm respectivamente). Los análisis de laboratorio (Tabla 3.24) llevados a cabo durante el desarrollo de la línea base desarrollada por Knight Piésold en 2004 arrojaron un contenido máximo de 14.90% de materia orgánica. Esta línea base también considera los suelos evaluados como suelos superficiales (< 50 cm).

El estudio de línea base de Knight Piésold en 1995 incluyó un muestreo de suelos en la zona industrial de la mina Arpón y los análisis de laboratorio fueron conducidos para evaluar las concentraciones de arsénico, bario, cadmio, cromo, plomo, mercurio, selenio y plata. Los análisis de laboratorio llevados a cabo durante el desarrollo de la línea base de Knight Piésold en el 2004 incluyeron a estos 8 metales y a 22 más (Tabla 3.26). Vector en el 2001 no reportó análisis de laboratorio.

Tanto Knight Piésold en el año 1995 como Vector en el 2001 utilizaron el sistema de clasificación del U.S. Soil Conservation Service Classification System (Klingebiel and Montgomery, 1966) y coincidieron en ubicar a los suelos de la zona dentro de las clases V y VI (suelos no arables y aptos sólo para cultivos de frutales, pastos y bosques), clase VII (suelos no agrícolas y aptos sólo para pastoreo y bosques) y clase VIII (suelos no agrícolas ni forestales y sin ningún tipo de uso reconocido).

Knight Piésold en el 2004, utiliza el sistema de clasificación de la FAO (Food and Agriculture Organization), el sistema de clasificación de suelos según su capacidad de uso mayor (D.S. N° 0062/75-AG) y complementa este último con el sistema de clasificación por asociaciones (ONERN, 1982). La línea base de Knight Piésold del año 2004 también establece una clasificación artificial de suelos en función de su relación con las formaciones vegetales presentes en ellos.

Los tres estudios mencionados anteriormente hacen una descripción del uso actual de los suelos y coinciden, en términos generales, en que los suelos de la zona están siendo utilizados para cultivos, ganadería y otros usos (suelos ocupados con infraestructura diversa). También consideran una categoría de suelos no utilizados por diversos motivos.

Debido a que la zona evaluada es una zona altamente mineralizada y con muchos años de explotación minera, no ha sido posible establecer una relación entre los contenidos de metales

en las muestras tomadas y el origen de estos metales (actividad humana o mineralización natural).

En el Anexo D-5 se incluye un glosario con la terminología utilizada en esta sección.

3.1.9 Hidrología

El área de proyecto se extiende en las subcuencas del río Hualgayoc-Arascorgue y del río Tingo-Maygasbamba, ambas pertenecientes a la cuenca alta occidental del río Llaucano.

El río Llaucano pertenece a la cuenca Atlántica, drena hasta su confluencia con el río Marañón un área de 2 407 km² y tiene una longitud de cauce principal de 90 km. Los efluentes principales, por la margen derecha son los ríos Ñunñún, Shugar y Chontas y por la margen izquierda son los ríos Hualgayoc, Maygasbamba y Cutervo (Figura 3.12).

En la subcuenca del río Tingo-Maygasbamba el proyecto involucra las microcuencas de Las Águilas y Las Gordas, mientras que en la subcuenca del río Hualgayoc-Arascorgue incluye las microcuencas de Mesa de Plata y Corona.

El análisis de línea base hidrológica se ha desarrollado para:

- Caracterizar fisiográficamente las microcuencas del Proyecto Cerro Corona y obtener los parámetros que pueden condicionar su respuesta hidrológica.
- Caracterizar el régimen hidrometeorológico en la zona del Proyecto Cerro Corona a partir del registro mensual histórico en estaciones pluviométricas representativas del lugar.
- Caracterizar la respuesta hidrológica de las microcuencas del Proyecto Cerro Corona como base para el conocimiento y reducción de impactos potenciales.

La caracterización hidrológica de la actual línea base utiliza la información de los registros de las estaciones meteorológicas e hidrológicas de áreas cercanas y la analiza conjuntamente con los datos de campo recogidos por Knight Piésold en el 2004. Se ha considerado también, la información de estudios hidrológicos anteriores elaborados por Knight Piésold en los años 1995 y 1997 y por Water Management Consultant en los años 2000 y 2001.

El presente análisis se usará también para determinar los procesos hidrológicos actuales que pueden ser alterados con la nueva actividad minera. Este conocimiento nos servirá para proponer medidas de minimización de alteraciones, que permitan mantener en la medida de lo

posible las condiciones hidrológicas actuales o realizar las compensaciones del recurso hídrico respectivas.

El estudio de línea base hidrológico toma información secundaria acopiada de diferentes entidades, así como de una fase de acopio de datos primarios en campo que ha estado sujeta a las condiciones de ingreso planteadas por los pobladores de la zona. Las condiciones fueron aceptadas por Knight Piésold en el entendido que las relaciones comunitarias armoniosas son uno de los soportes de nuestro trabajo; sin embargo, esto ha propiciado que algunos de los muestreos no cubran el área completa en una sola fase, sino que se ha necesitado replantear las visitas de campo.

En cuanto a la complejidad del área de estudio, debe tomarse en cuenta que las cuencas del Tingo - Maygasbamba y Hualgayoc-Arascorgue actualmente tienen severas alteraciones, por una larga historia de trabajos mineros. El condicionante que diferencia esta área de trabajo de un medio inalterado, es la presencia de pasivos ambientales circundantes pertenecientes a diferentes empresas mineras, y en el área del proyecto aun se están realizando estudios para los trabajos de Cierre de Minas de Cerro Corona.

La actualización de los resultados del presente estudio será necesaria ante la incorporación de nueva información producto de estudios en curso actualmente o luego de que los registros de nuevas estaciones meteorológicas e hidrológicas en el proyecto puedan ser utilizados.

La información hidrometeorológica básica se ha adquirido al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú (SENAMHI), la cual ha sido complementada con los registros de la base de datos de Knight Piésold y con información hidrológica brindada por el Proyecto Especial Olmos Tinajones del Gobierno Regional de Lambayeque.

3.1.9.1 Caracterización fisiográfica de microcuencas del Proyecto Cerro Corona

La caracterización de las microcuencas del Proyecto Cerro Corona consiste en la evaluación de los parámetros fisiográficos de relevancia en su respuesta hidrológica, este análisis se hace con fines de conocimiento básico de cada unidad de drenaje y se usa también con fines comparativos.

Las microcuencas que analizaremos en esta línea base son aquellas que pueden verse alteradas por la explotación minera. Se ha considerado en la subcuenca de Hualgayoc-Arascorgue a las microcuencas Corona y Mesa de Plata por estar en el área de influencia del Tajo Cerro

Corona. Mientras que en la subcuenca del Tingo-Maygasbamba se analizarán las microcuencas de Las Gordas y Las Águilas pues es aquí donde se asentará el depósito de relaves. En el área de la Concesión se encuentran también algunas laderas que fluyen directamente a uno de los dos ríos y cuyas aguas superficiales consideramos no serán alteradas. En la Figura 3.13 se muestra el área del proyecto y microcuencas de influencia.

Microcuencas del río Tingo

El río Tingo nace sobre una altitud de 3 900 m al juntarse las aguas de las faldas de los Cerros de Tantahuatay y de algunas pequeñas lagunas estacionales. Se orienta de Oeste a Este y drena un área de 9 km² hasta su confluencia con la quebrada Las Águilas. En este tramo inicial el río Tingo es denominado quebrada del Puente de La Hierba. De la margen izquierda de su cuenca, recibe como afluentes varias quebradas pequeñas como La Laguna Sola, Hueco Grande y quebrada Palo Fierro. De su margen derecha recibe aporte de las quebradas pequeñas que discurren desde la sucesión de cerros denominados Peñas de las Águilas y de las microcuencas de nuestro interés Las Águilas y Las Gordas (Fotografía 3.45). En estas dos últimas microcuencas se emplazará el depósito de relaves del nuevo Proyecto Cerro Corona.

Microcuenca Las Águilas

Es una microcuenca alargada que tiene una extensión de 1.51 km² y cuyas altitudes varían entre los 4 039 y 3 600 m. Su curso principal tiene una longitud de 1 800 m y discurre en dirección Suroeste-Noreste (Figura 3.14 y Cuadro 3.1.9.1). Medio kilómetro antes de su confluencia con el río Tingo se encuentra un dique de concreto que limita la relavera La Jalca, esta relavera se extiende en la dirección de aguas arriba y llega hasta la cota 3 710 m. (Fotografía 3.46 y 3.47).

La presencia de la relavera condiciona una complejidad de flujo superficial, sobretudo en estación húmeda. Así se observa que parte de los caudales de la cuenca alta de Las Águilas (aguas arriba de la relavera) se deriva mediante canales hacia ambos márgenes de la microcuenca. El aporte no derivado así como pequeños caudales provenientes de afloramientos subterráneos ingresan al cuerpo de la presa, emergiendo luego aguas abajo del dique. Además un canal que llega de la quebrada Chorro Blanco discurre con caudales variables menores a 20 L/s por la margen derecha de la relavera sin ingresar a ella y cae como pequeñas cascadas unos metros abajo del dique principal. Aguas abajo se pueden notar pequeños diques de control de sedimentos que ya están colmatados (Fotografía 3.48).

La cuenca de las Águilas cuenta con terrenos de pastizal bajo y pajonal disperso, áreas desnudas y área perturbada por la presencia de la relavera y por el paso de carretera. La microcuenca Las Águilas puede ser considerada de flujo intermitente pues si bien su caudal base es muy variable, no llega a secarse en ninguna época del año. La complejidad de su régimen, originado por la presencia de La Relavera Las Jalcas, debe ser tomada en cuenta en la etapa de Cierre de Minas, actualmente bajo responsabilidad de Sociedad Minera Corona.

Cuadro 3.1.9.1
Parámetros Geomorfológicos de la Microcuenca Las Águilas

Parámetro	Las Águilas	Unidad
Área	1,51	km ²
Perímetro	7,48	km
Altitud máxima	4 039,4	m
Altitud mínima	3 600	m
Altitud Media	3 862	m
Cota confluencia (con el Río Tingo)	3 600	m
Pend. Media de cuenca	33	%
Coefficiente de Compacidad	1,7	Adimensional

Microcuenca Las Gordas

Esta microcuenca nace a una altitud de 4 050 m, en el Cerro Candela su cauce principal discurre del Sureste al Noroeste recogiendo las aguas de un área de 2,12 km² hasta la cota 3 650 m donde ingresan las aguas de la quebrada Chorro Blanco (Figura. 3.14 y Cuadro 3.1.9.2). Las Gordas debe su denominación a los cerros del mismo nombre que se ubican a lo largo de su margen derecha. La mayor parte de la cuenca está cubierta de pastizal bajo y pajonal disperso en la zonas de pendiente baja o media. En las laderas de los cerros Las Gordas y Las Águilas se tiene vegetación asociada a roquedal, el resto puede considerarse zonas desnudas o perturbadas por la carretera o por el emplazamiento de la antigua planta y Campamento Cerro Corona.

A lo largo de su curso principal existe suelo gleisol considerado con un nivel freático permanente en los 50 cm superiores y con vegetación propia de zona húmeda. Por esta razón en su parte media se ubican pequeños manantiales y filtraciones que hacen que este curso no se seque durante el estiaje, notándose un alto rango de oscilación de caudales, por lo que podemos considerarlo como un curso intermitente.

La quebrada Chorro Blanco cubre 0,94 km² y nace cerca de los 4 050 m. Tiene una forma alargada y su curso principal discurre de sur a norte. En la parte alta de esta microcuenca se encuentran pequeños manantiales que han sido represados mientras operaba la planta de Sociedad Minera Corona y de donde se hicieron las captaciones para dotar de agua para consumo humano al campamento La Unión. Este curso puede entonces, caracterizarse como efímero dado que su comportamiento hidrológico depende fundamentalmente de la incidencia de lluvias y parte de su caudal ingresa por temporadas a la quebrada Las Águilas que se encuentra en su margen este.

El tramo final de la microcuenca que hemos denominado Las Gordas Confluencia cuenta con un curso principal de 750 m y es fundamentalmente una zona de tránsito de los flujos de las microcuencas Las Águilas y Las Gordas, las áreas de drenaje directo a su curso sólo aportan flujos en presencia de lluvias.

Cuadro 3.1.9.2

Parámetros Geomorfológicos Microcuencas Chorro Blanco-Las Gordas

Parámetro	Chorro Blanco	Las Gordas	Las Gordas Confluencia	Unidad
Área	0,943	2,119	0,158	km ²
Perímetro	6,33	8,34	2,17	km
Altitud máxima	4 050	4 050	3 844	m
Altitud mínima	3 650	3 650	3 590	m
Altitud Media	3 822	3 824	3 678	m
Cota confluencia	3 650 con Las Gordas	---	3 590 con el Tingo	m
Pend. Media de cuenca	32	31	33	%
Coefficiente de Compacidad	1,84	1,62	1,7	Adimensional

Microcuencas del río Hualgayoc

El río Hualgayoc nace sobre los 3700 m.s.n.m a partir del cerro Coymolache, forma en su parte alta una cuenca de pendientes moderadas con afloramientos de agua que hacen del río Hualgayoc un curso importante del Llaucano. Se orienta de Suroeste a Noreste y hasta la ciudad de Hualgayoc drena un área de aproximadamente 14 km². Tal como puede observarse en los mapas de microcuencas, el Cerro Corona que corresponde al depósito mineralizado del nuevo Proyecto Corona se ubica en la parte alta de dos de sus microcuencas que son Corona y Mesa de Plata, por lo que nos corresponde efectuar su análisis para esta línea base.

Microcuenca de la quebrada Mesa de Plata

Nace en las cimas de los cerros Candela y Corona, extendiéndose hacia el oeste mientras desciende desde los 3 990 m hasta su confluencia con el río Hualgayoc a los 3 481 m en la ciudad del mismo nombre. Hasta este punto, la microcuenca Mesa de Plata tiene un área de 2,312 km², una pendiente media de 38% y una altitud media de 3 785 m (Figura. 3.15 y Cuadro 3.1.9.3).

Debido a los trabajos de exploración del Cerro Corona la parte alta de esta microcuenca muestra un área expuesta con potencialidad para generar sedimentos. Se encuentra también en la parte alta cerca al inicio del cauce principal, un área con nivel freático en los 50 cm superiores y con vegetación de zonas húmedas.

Debe notarse que a diferencia de las otras microcuencas del Proyecto Cerro Corona, ésta es una microcuenca compartida. En la parte media de la margen izquierda subsisten depósitos de relaves de otras concesiones mineras, por cuya extensión pasan las aguas antes de llegar también a la quebrada Mesa de Plata (Fotografía 3.49).

Las coordenadas hasta donde sólo llegan las aguas provenientes de los terrenos dentro de las concesiones del proyecto Cerro Corona es 9 252 800 N y 763 618 E, el área comprendida es 0,856 km². El área de la microcuenca comprendida en la concesión es de 1,29 km², por lo que 0,434 km² drenan actualmente al sector compartido de la quebrada. Para mayor detalle se presenta la Figura 3.16 donde se muestra la delimitación de las diferentes áreas de aporte.

La quebrada Mesa de Plata puede considerarse un curso intermitente de bajo caudal. Es tipificada como una cuenca muy contaminada por los estudios de Evaluación Territorial del Ministerio de Energía y Minas.

Microcuenca Corona

Esta quebrada se forma en las faldas del Cerro Corona y discurre directamente al río Hualgayoc, drena un área de microcuenca correspondiente a 0,373 km². La parte alta de esta microcuenca corresponde al área Sureste del cerro Corona, con áreas muy perturbadas por actividades de exploración por lo que debe considerarse alta erosión y arrastre de sólidos. Casi la totalidad de su curso principal está fuera de la concesión del Proyecto Corona y es un cauce estrecho con taludes de altas pendientes y fuertes procesos de erosión. Puede considerarse un curso efímero que ingresa al río Hualgayoc cerca de la cota 3 570 m (Figura. 3.15 y Cuadro 3.1.9.3).

Cuadro 3.1.9.3

Parámetros Geomorfológicos de las Microcuencas Mesa de Plata y Corona

Parámetro	Mesa de Plata	Corona	Unidad
Área	2,312	0,373	km ²
Perímetro	9,6	5,5	km
Altitud máxima	3990	3975,9	m
Altitud mínima	3480,6	3570,7	m
Altitud Media	3785	3840	m
Cota confluencia con el Río Hualgayoc	3480,6	3570,7	m
Pend. Media de cuenca	38	32	%
Coeficiente de Compacidad	1,78	1,82	Adimensional

La Tabla 3.27 resume las características fisiográficas principales de las cuatro microcuencas del área del proyecto.

3.1.9.2 Régimen pluviométrico

Para estimar el régimen pluviométrico, se optó por trabajar con las estaciones hidrometeorológicas de Bambamarca, Hualgayoc, Chugur, Quilcate y Shugar (Tabla 3.28).

Los criterios de elección han sido fundamentalmente su proximidad a las cuencas comprometidas en el proyecto y su longitud de registro. Del análisis conjunto de los registros básicos, se concluyó que la hidrometeorología del área del proyecto está bien representada por el régimen de lluvias registrado en la estación Hualgayoc ubicada en la cota 3 510 m, 1,5 km al este.

En términos generales, la precipitación anual no varía drásticamente de un año a otro, así se tiene módulo pluviométrico anual de 1 360 mm. Los años húmedos presentan precipitaciones superiores a 1 480 mm, los años normales precipitaciones entre 1 480 mm y 997 mm y los años secos precipitaciones menores a 997 mm (Gráfico 3.5). Sin embargo, la variación mensual de la precipitación en la zona es muy marcada, el año hidrológico se inicia en octubre y se presentan lluvias hasta abril, los meses de junio, julio y agosto son secos y mayo y setiembre son meses de transición. El cuadro 3.1.9.4, muestra el resumen mensual de las precipitaciones mensuales promedio, representativas en el area del proyecto, puede verse también el Gráfico 3.18.

Cuadro 3.1.9. 4
Precipitación en la Estación Hualgayoc 1962 a 1983
Representativa para el Area del Proyecto

Año	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sep
Promedio	161	143	135	150	161	196	142	75	39	33	37	84
Desv Estandar	64,3	54,5	48,7	56,3	53,4	79,4	49,0	35,6	26,2	24,3	30,6	45,1
Coef Variación	40%	38%	36%	38%	33%	40%	34%	48%	67%	74%	82%	53%
% del Total Año	12%	11%	10%	11%	12%	14%	10%	6%	3%	2%	3%	6%

Respecto al Fenómeno El Niño, puede decirse que en las estaciones hidrometeorológicas de la región se han presentado picos de lluvias mensuales en años Niña (año subsiguientes a años Niño), sin embargo, no se observa esta influencia durante el resto del año hidrológico, ni en el acumulado anual correspondiente. Pudiendo aseverarse entonces que la influencia del Niño podría darse en tormentas puntuales, incrementando los caudales máximos instantáneos o acumulados diarios, sin afectar drásticamente los acumulados anuales.

3.1.9.3 Régimen de descargas líquidas

El régimen de descargas líquidas se ha obtenido a partir de registros de caudal medio mensual provenientes de mediciones históricas en las estaciones hidrológicas de: Llaucano - Corellama que mide los aportes provenientes de 620 km², Puente Maygasbamba con una cuenca de 128 km², y Arascorgue con 56 km² (Figura 3.12, Tabla 3.29 y Gráfico 3.19).

Para obtener los caudales en cada microcuenca del río Tingo-Maygasbamba y del río Hualgayoc Arascorgue se ha tomado en cuenta el área de aporte de descargas, el régimen de precipitaciones representativa de la zona y los aforos puntuales en diferentes visitas de campo.

Para la estimación de valores anuales, se ha tomado como base, la estación Maygasbamba (Tabla 3.30), considerando un caudal representativo medio anual por unidad de área de las microcuencas del Tingo, por cada año hidrológico. Este mismo valor puede ser utilizado en el caso de Corona y Mesa de Plata debido al corto registro de la estación Arascorgue. Con este criterio los caudales medio anuales para cada una de las microcuencas del proyecto se presentan en el Cuadro 3.1.9.5.

Cuadro 3.1.9.5

Caudal Medio Anual por Microcuenca para Año hidrológico Seco, Normal y Húmedo

Área de Drenaje		Caudal Medio Anual en L/s			
Cuenca	Area km ²	Año Promedio 13,5 L/s/km ²	Año Seco 6,9 L/s/km ²	Año Normal 14,4 L/s/km ²	Año Húmedo 25,1 L/s/km ²
Maygasbamba	128	1 728	883	1843	3212
El Tingo*	16,6	224	115	239	417
Las Águilas	1,5	20,3	10,4	22	38
Las Gordas	3,2	43,2	22	46	80
Mesa de Plata	2,3	31,1	16	33	58
Corona	0,37	5,0	2,6	5,3	9,3

*Aguas abajo de Las Águilas y Las Gordas (Ver Figura 3.17)

El análisis de caudales mensuales sirve para aproximar cómo se distribuye el volumen anual de agua, a lo largo de cada mes del año hidrológico. Para esto se utilizó dos factores, el régimen de caudales mensuales en la estación Maygasbamba (Tabla 3.31) y el régimen de lluvias mensuales representativas para el área del proyecto (Tabla 3.32). Así, se han generado descargas líquidas medias mensuales que aparecen en los Cuadros 3.1.9.6. al 3.1.9.8

Cuadro 3.1.9.6

Resumen de Caudales Mensuales por Año Seco en L/s

Año Hidrológico	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	TOTAL
El Tingo*	134	132	124	117	153	226	225	104	48	33	33	60	116
Las Águilas	12	12	11	11	14	20	20	9	4	3	3	5	10
Las Gordas	26	25	24	23	29	43	43	20	9	6	6	12	22
Mesa de Plata	19	18	17	16	21	31	31	14	7	5	5	8	16
Corona	3	3	3	3	3	5	5	2	1	1	1	1	3

*Aguas abajo de Las Águilas y Las Gordas (Ver Figura 3.17)

Cuadro 3.1.9.7

Resumen de Caudales Mensuales por Año Normal en L/s

Año Hidrológico	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	TOTAL
El Tingo*	250	273	261	311	409	492	371	185	90	65	63	124	241
Las Águilas	23	25	24	28	37	45	34	17	8	6	6	11	22
Las Gordas	48	52	50	60	78	94	71	36	17	12	12	24	46
Mesa de Plata	35	38	36	43	57	68	51	26	12	9	9	17	33
Corona	6	6	6	7	9	11	8	4	2	1	1	3	5

*Aguas abajo de Las Águilas y Las Gordas (Ver Figura 3.17)

Cuadro 3.1.9.8

Resumen de Caudales Mensuales en Año Húmedo en L/s

Año Hidrológico	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	TOTAL
El Tingo*	424	411	475	484	619	983	713	314	172	116	103	204	418
Las Águilas	38	37	43	44	56	89	64	28	16	10	9	18	38
Las Gordas	81	78	90	92	118	187	136	60	33	22	20	39	79
Mesa de Plata	59	57	66	67	86	136	99	44	24	16	14	28	58
Corona	9	9	11	11	14	22	16	7	4	3	2	5	9

*Aguas abajo de Las Águilas y Las Gordas (Ver Figura 3.17)

El caudal representativo medio anual en el río Tingo para un año normal es de 0,241 m³/s, para un año seco puede hablarse de un medio anual de 0,116 m³/s y en un año húmedo de un aporte medio anual de 0,418 m³/s.

La microcuenca Las Águilas tiene un caudal promedio anual de 22 L/s en año normal. En años secos este caudal llega a 10 L/s y en años húmedos a 38 L/s. El menor caudal promedio mensual calculado en Las Águilas es 3 L/s, en cambio el mayor caudal promedio mensual en un año húmedo puede llegar a 89 L/s en el mes lluvioso de marzo.

La microcuenca Las Gordas tiene un caudal promedio anual de 46 L/s en año normal. En años secos este caudal baja a 22 L/s y en años húmedos puede llegar a 80 L/s. El menor caudal promedio mensual calculado en Las Gordas es 6 L/s, que se presenta entre julio y

agosto de un año seco, en cambio el mayor caudal promedio mensual en un año húmedo puede llegar a 187 L/s en marzo.

La microcuenca Mesa de Plata tiene un caudal promedio anual de 33 L/s en año normal. En años secos este caudal baja a 16 L/s y en años húmedos puede subir a 58 L/s. El menor caudal promedio mensual calculado en la microcuenca Mesa de Plata se aproxima a los 5 L/s en julio de un año seco, en cambio el mayor caudal promedio mensual en un año húmedo es 136 L/s en el mes de marzo.

La microcuenca Corona tiene un caudal promedio anual de 5 L/s en año normal. En años secos este caudal baja a 2,6 L/s y en años húmedos supera los 9 L/s. El menor caudal promedio mensual calculado en Cerro Corona es 0,7 L/s, que se presenta en julio de un año seco, en cambio el mayor caudal promedio mensual en un año húmedo puede llegar a 21,9 L/s en marzo.

Todos los valores calculados pueden considerarse consistentes, además, con los promedios históricos medidos (Figura. 3.18 y Tabla 3.34).

Por otro lado los caudales de avenida para cada microcuenca (Cuadro 3.1.9.9) han sido calculados tomando como base, los datos del análisis de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Hualgayoc para diferentes periodos de retorno con un límite de confianza al 95% (Tabla 3.33) y con las condiciones de respuesta hidráulica de las microcuencas.

Cuadro 3.1.9.9
Caudales Picos Instantáneos en las Microcuencas del Área del Proyecto

Micro Cuenca	Caudal de Avenida Tr 100 años(m³/s)
Las Águilas	17,35
Las Gordas	28,66
Mesa de Plata	25,89
Corona	5,20

3.1.10 Hidrogeología

3.1.10.1 Hidrogeología de las áreas de mina a tajo abierto, almacenamiento de relaves y material de recubrimiento de mina

Esta sección del informe presenta la hidrogeología del área del proyecto cerca del tajo abierto propuesto, almacenamiento de relaves (TSF) y áreas adyacentes de almacenamiento de material de recubrimiento como se describe en el Capítulo 4. La hidrogeología del emplazamiento de Cerro Corona se toma principalmente de datos previos complementados con recientes datos de campo tomados por Knight Piésold para el presente EIA.

Esta sección del informe describe la geología regional del área, la geología del emplazamiento del tajo abierto, el depósito de relaves e instalaciones de material de recubrimiento de mina, la estructura geológica que influye el flujo de agua subterránea, los acuíferos en el área y sus características hidráulicas, la dirección del flujo de agua subterránea y las áreas de recarga y descarga. Se han utilizado figuras y tablas con el fin de presentar adecuadamente los datos hidrogeológicos y las condiciones de línea de base del sistema hidrogeológico.

Geología regional

A continuación se ofrece un resumen de la geología regional detallada en la Sección 3.1.6.1 antes mencionada a un nivel necesario para un mejor entendimiento de la hidrogeología del área. En el área de Hualgayoc, las rocas de basamento son rocas metamórficas del precámbrico del Complejo Marañón (Coffey, 2001), recubiertas por esquistos y areniscas ordovicianas de la Formación Salas, que a su vez están recubiertas por conglomerados, areniscas y rocas volcánicas pérmicas del Grupo Mitú y piedras calizas triásicas a jurásicas del Grupo Pucara. Las piedras calizas, esquistos y areniscas del cretáceo del Grupo Goyllarisquizga y de las Formaciones Inca, Chulec y Pariatambo descansan sobre las rocas pérmicas. Estas formaciones cretáceas son la fuente de yacimientos mineros del área Hualgayoc (Coffey, 2001).

Durante el paleozoico, estas rocas se deformaron hasta convertirse en pliegues abiertos verticales y erosionaron posteriormente en la última parte del terciario. Durante el mioceno, hasta 3 000 m de rocas volcánicas andesíticas a riodacíticas fueron depositadas. Estas rocas estuvieron relacionadas con muchos cuerpos intrusivos, de los cuales Cerro Corona constituye uno de ellos. Más recientemente, el área ha sido erosionada por la glaciación.

La estructura regional se caracteriza por grandes pliegues abiertos en las rocas con ejes que siguen la dirección noroeste-sureste y buzan hacia el suroeste. No hay grandes fallas de

empuje reconocidas dentro del área de Hualgayoc. El fallamiento y la fracturación por lo general son marcadamente inclinados llegando a ser submontantes en ángulos normales y oblicuos, con desplazamientos inferidos de varios metros.

El área que rodea el emplazamiento está recubierta por roca madre de carbonato (piedra caliza) que ha sido introducida por rocas intrusivas de alto nivel y depósitos volcánicos de finales del terciario (Figura 3.5). El paisaje ha estado cubierto de glaciales, con pruebas de glaciación circo de la última fase dentro de los valles y subafuentes principales.

Los suelos comprenden revestimientos residuales y coluviales, morrenas y aluviones glaciales, deslizamientos graduales del talud, pantanos de material saturado y un pastizal general de material saturado que cubre el paisaje. Se observa inestabilidad de pendientes como hundimiento superficial local de perfiles de suelo ‘mojado’. Se observan deslizamientos de roca subyacente potencialmente de mayor escala en la principal quebrada del río Tingo aguas abajo de la confluencia con la quebrada Las Gordas. Los ángulos de pendiente natural van de $<5^{\circ}$ en pisos de valle pantanoso a aproximadamente 70° en farallones y torres de roca local. Las pendientes generales se encuentran en el rango de 15° a 35° , lo que refleja el predominio relativamente reciente de superficies rocosas por el hielo y el ángulo natural de reposo de unidades de suelo. La cubierta vegetal natural consta de pastos mogoteros, áreas limitadas de pasto mejorado y cultivo a mano.

Geología de las áreas del tajo abierto, almacenamiento de relaves y material de recubrimiento de mina

La geología de las áreas del tajo abierto, almacenamiento de relaves y material de recubrimiento de mina se basa en el mapa geológico detallado que aparece en la Figura 3.5 y las discusiones detalladas en la Sección 3.1.6.2 líneas arriba. Esta geología es complementada por cinco secciones transversales geológicas (Figura 3.19) ubicadas tal como se muestra en la Figura 3.5. Las áreas de almacenamiento de relaves y material de recubrimiento de mina se encuentran en los subafuentes de la quebrada del río Tingo que desembocan al noreste. El tajo abierto está separado de las áreas de almacenamiento de relaves y material de recubrimiento de mina por una divisoria de drenaje local. El tajo abierto se encuentra dentro del área de captación del río Hualgayoc, que también desemboca al noreste.

La roca intrusiva de Cerro Corona es un tubo casi vertical diorítico a pórfido diorítico cuarcífero introducido en la roca madre carbonatada por lo general bien estratificada. Parece ser que el emplazamiento ha sido localizado por la intersección de fallas que tienden al noreste y noroeste (Figuras 3.5 y 3.19). Los afloramientos en la superficie de meteorización

de óxido difusa por lo general están silicificados y contienen importantes stockworks de cuarzo. Los estratos de carbonato que rodean la roca intrusiva por lo general buzan a aproximadamente 15° a 35° al suroeste y parecen no ser significativamente afectados por la roca intrusiva, aunque los contactos pueden estar localmente cortados o fallados. El desarrollo de skarn por lo general está limitado a menos de 30 m que rodean el contacto intrusivo. La preparación de la roca intrusiva y balsas de estratificación aisladas de carbonato ocurren a lo largo del contacto generalmente submontante.

Generalmente el cuerpo intrusivo tiene una textura no diferenciada masiva que indica un emplazamiento único. Las tres zonas clásicas de alteración porfírica están bien desarrolladas en la roca intrusiva de Cerro Corona; la zona potásica es la más extensa. La zona propilítica es la menos evidente. También se ha identificado una zona fílica. La superposición de arcilla/sericita en Cerro Corona es penetrante, hay arcilla, sericita de granos muy finos y clorita como una superposición en Cerro Corona (Coffey, 2001).

Los testigos de baja ley (o estériles) no son poco frecuentes en sistemas porfíricos, pero es raro tener más de uno. En Cerro Corona hay hasta tres de esos testigos. Un complejo de venas de cuarzo y stockworks submontantes se irradia desde el testigo de la roca intrusiva de Corona. Las vetas de cuarzo pueden comprender localmente hasta el 70% del material de roca intersecada por perforaciones con testigos (Coffey, 2001). La zona de meteorización de óxido forma una montera paralela aproximadamente sobre la superficie del suelo de unos 10 a 30 m de espesor sobre la roca intrusiva.

Las rocas que subyacen las áreas de relaves y material de recubrimiento de mina son piedra caliza que ha sido introducida por depósitos volcánicos de alto nivel de fines del terciario (Figuras 3.5 y 3.19). El área ha estado cubierta de glaciales que han dado lugar a quebradas como Las Gordas y Las Águilas, que mantendrán los relaves y material de recubrimiento de mina. Estas rocas por lo general están mapeadas en la Figura 3.5 como piedra caliza del cretáceo y diorita y riolita del terciario. El espesor de las unidades de piedra caliza puede tener hasta 600 m en el área de la instalación de material de recubrimiento de mina (BGW, 1995), mientras que el espesor de las dioritas y riolitas intrusivas puede estar en el orden de 600 m. Estas unidades de basamento constituyen los principales acuíferos del área, aunque no producen grandes cantidades de agua para pozos, salvo en las zonas de fracturas.

Hay pruebas de accidentes de erosión kársticos poco profundos desplegados en paralelo a las pendientes laterales del valle, de modo que el agua pueda ingresar pendiente arriba y salir en

varios puntos pendiente abajo. Las áreas identificadas como kársticas corresponden al estudio de campo realizado por Geoline (2004). Estos accidentes kársticos generalmente ocurren entre las coordenadas 9 751 400 N y 9 752 000 N, y 761 600 E y 762 600 E (Figura 3.5). Es muy probable que estos accidentes kársticos se den en el eje del plegamiento sinclinal en la piedra caliza Yumahual-Pulluycana. Estas áreas kársticas tienen implicancias para un posible ingreso/salida de agua subterránea de la instalación de material de recubrimiento de mina. Al parecer, estos accidentes kársticos no son extensos en el área del depósito de relaves, sucediendo únicamente en el borde más extremo hacia el este del depósito, debajo de la instalación de almacenamiento de material de recubrimiento de mina propuesta. Estos accidentes kársticos parecen ser limitados en extensión aérea (Figura 3.5).

Los suelos que recubren la piedra caliza y rocas intrusivas en el depósito de relaves y áreas de material de recubrimiento de mina comprenden revestimientos residuales y coluviales, morrenas y aluviones glaciales, deslizamientos graduales del talud y material saturado. Los materiales saturados superficiales tienen un espesor que va de 0,5 a más de 4 m localmente. Los depósitos de morrena y aluvión ubicados en la quebrada Las Gordas tienen espesores que van de alrededor de 0 a 7,5 m. Los depósitos de coluvios y talud detrítico en las pendientes laterales de las dos quebradas, Las Gorda y Las Águilas, tienen espesores verticales que van de 5 a 20 m. Estos suelos forman un acuífero superficial muy poco profundo que transmite fácilmente precipitación descendente al basamento subyacente. En la Figura 3.5 aparecen esos suelos mapeados como depósitos aluviales.

Estructura geológica de las áreas del tajo abierto, almacenamiento de relaves y material de recubrimiento de mina

La estructura geológica es importante en el flujo de agua en el área del emplazamiento. En el área del tajo abierto, las evaluaciones estructurales y de discontinuidad adoptadas para este estudio de línea de base son aquellas desarrolladas por los geólogos de Barrick y adaptadas para el estudio geotécnico realizado por Coffey (2001). No se ha llevado a cabo ningún mapeo significativo o interpretación estructural desde el estudio de factibilidad de Barrick en 1995. Las observaciones in situ de Coffey han confirmado las tendencias estructurales amplias y la naturaleza típica de las fallas y juntas.

El fallamiento en el área del tajo abierto ocurre como estructuras estrechas marcadamente inclinadas con tendencias de rumbo al noroeste y noreste. El desplazamiento relativo en fallas individuales es pequeño. Las fallas que aparecen en las Figuras 3.5 y 3.19 son delineaciones mapeadas por los geólogos del Proyecto Cerro Corona. Las fallas observadas comprenden zonas de 0,3 m a 5 m de ancho de roca muy fracturada y cortada, con material muy débil a

débil y vetas de salbanda de falla. Las estructuras de falla conocidas que podrían afectar el tajo abierto son submontantes y cortan los muros de la mina en ángulos normales a oblicuos (Coffey, 2001).

Las zonas de fracturación y alteración intensa pueden estar asociadas con las fallas y zonas de contacto. Algunas estructuras de fallas prominentes (Falla Olga y Falla Jane) aproximadamente bisecan el depósito Corona. Estas estructuras se caracterizan por tener zonas de fracturas, vetas, stockwork y fallas de 75 m de ancho, que buzcan aproximadamente 75° al sureste. Otras fallas notables cerca de la instalación del tajo abierto incluyen las fallas Carlos, Enrique, Stud y Rosi.

En general, las juntas y vetas dentro del pórfido son marcadamente inclinadas, con concentraciones fijas subparalelas a las principales fallas reconocidas en un patrón de rumbo generalmente radial. Se ha registrado importante veteado de cuarzo en las rocas intrusivas de Cerro Corona. Además, tienen un fuerte patrón de rumbo radial. Las vetas por lo general son estructuras bien resanadas debajo de la zona de meteorización superficial y constituyen algunas de las zonas más competentes de material de roca en el depósito.

La estratificación en los carbonatos tiene una tendencia regional que buza a 15° a 35° hacia el suroeste. La estratificación es empinada y perturbada a unos 10 m del contacto intrusivo. El efecto 'arrastre' de la roca intrusiva produce estratificación que generalmente buza lejos de los muros del tajo abierto propuesta. Una excepción es el caso de un pequeño sector nororiental del tajo abierto, donde la estratificación puede buzcar fuera del muro a unos 30° a 40°.

Si bien en las áreas del material residual de recubrimiento de mina y depósito de relaves existen pruebas de accidentes de erosión kársticos poco profundos a lo largo de los planos de estratificación de piedra caliza y accidentes de falla/fractura, no hay pruebas de sistemas de cavernas a gran escala o cavidades de disolución profundas, formadas a lo largo de estructuras geológicas. No hay pruebas disponibles de sistemas kársticos que tiene el potencial de transgredir divisorias de captación y unir valles vecinos (Coffey, 2001).

Las rocas calizas del cretáceo han sido introducidas en algunas áreas por rocas ígneas de fines del terciario. Las piedras calizas tienen estratificación que buza aproximadamente 10° hacia el sur y sureste en la porción este de la quebrada Las Gordas (Figura 3.5), mientras que la estratificación buza entre 30° y 50° al sureste y suroeste debido a perturbación de la intrusión

de las unidades volcánicas al este y oeste. Las secciones transversales geológicas mostradas en la Figura 3.19 y descritas en la Sección 3.1.6.1 muestran la estratificación de las unidades de piedra caliza.

En las rocas intrusivas volcánicas que subyacen el depósito de relaves, existe una alta persistencia de juntas, fracturas, zonas cortadas y fallas que por lo general están mapeadas con inclinaciones de 70° y más (Figura 3.5 y Coffey, 2001). Los defectos poco persistentes incluyen juntas y fracturas que se cruzan en muchas orientaciones para formar un patrón de fractura en bloques (Coffey, 2001). Este patrón de fractura no es evidente en la Figura 3.5, pero estas fracturas juegan un papel importante en la recarga de precipitación de los suelos suprayacentes delgados. Las secciones transversales geológicas en la Figura 3.19 muestran algunos de estos patrones.

Varias fallas, con suficiente importancia para llevar un nombre, atraviesan el depósito de relaves y las instalaciones de material de recubrimiento de mina. Estas incluyen la Falla Rocío, una falla generalmente con tendencia este-oeste que cruza debajo de la presa del depósito de relaves. Otras fallas en el área del depósito incluyen las fallas Las Gordas, Chimbombo y Rocío (Figuras 3.5 y 3.19).

Acuíferos y características hidráulicas de acuíferos

Los principales acuíferos de basamento en el emplazamiento de Cerro Corona son la piedra caliza y las rocas intrusivas (en las áreas del tajo abierto o depósito de relaves). El aluvión relativamente poco profundo en los valles es un acuífero menor en el área. Las características de acuíferos en las áreas del tajo abierto, depósito de relaves y material de recubrimiento de mina se limitan a los resultados de análisis obtenidos de pruebas de permeabilidad (*slug tests*), extracción por aire comprimido y Lugeon, ninguna de las cuales “investiga” muy a fondo la zona que es objeto de prueba.

En el área del tajo abierto, WMC (2000) llevó a cabo dos pruebas de extracción por aire comprimido en la piedra caliza y tres pruebas de extracción por aire comprimido en las rocas intrusivas. Knight Piésold (1995) llevó a cabo seis pruebas de permeabilidad en la piedra caliza y rocas intrusivas, de las cuales sólo una fue en el área del depósito de relaves.

Otras pruebas de extracción por aire comprimido cerca del área del tajo abierto incluyen agujeros de prueba de pozos de agua (ABX, 1994) en las rocas intrusivas. Se sabe que ocurre fracturación pesada en la piedra caliza a diferentes profundidades que van de 50 a 150 m

debajo de la superficie del suelo (ABX, 1994). Las pruebas de extracción por aire comprimido en los dos pozos de piedra caliza cerca del área propuesta del tajo abierto tenían conductividades hidráulicas saturadas calculadas de $1,1 \times 10^{-5}$ y $1,9 \times 10^{-6}$ cm/s (WMC, 2000a). Dos pruebas de permeabilidad en la piedra caliza cerca del depósito de relaves tenían conductividades hidráulicas saturadas de $2,2 \times 10^{-4}$ y $9,0 \times 10^{-4}$ cm/s (Knight Piésold, 1995).

Las pruebas de permeabilidad y extracción por aire comprimido en las rocas intrusivas cerca del área propuesta del tajo abierto indican conductividades hidráulicas saturadas que van de $1,5 \times 10^{-3}$ a $2,8 \times 10^{-6}$ cm/s (BGW, 1994; Knight Piésold, 1995; WMC, 2000a). Las pruebas de permeabilidad en las rocas intrusivas dioríticas cerca del depósito de relaves tienen conductividades hidráulicas saturadas que van de $6,1 \times 10^{-3}$ a $1,0 \times 10^{-5}$ cm/s (Knight Piésold, 1995). La Tabla 3.35 resume las pruebas de acuíferos seleccionados en el emplazamiento.

Coffey (2001) llevó a cabo pruebas Lugeon en las rocas intrusivas cerca del terraplén del futuro depósito de relaves. Encontraron que la conductividad hidráulica saturada varió de menos de $1,3 \times 10^{-7}$ a $1,5 \times 10^{-4}$ cm/s. También se consigna un resumen de estas pruebas en la Tabla 3.35.

Un análisis de los datos contenidos en la Tabla 3.35 indica que la conductividad hidráulica saturada promedio de las rocas intrusivas cerca del tajo abierto es $6,6 \times 10^{-5}$ cm/s.

Esto refleja la naturaleza altamente fracturada del cuerpo mineral como resultado de la roca intrusiva. Sin embargo, rocas intrusivas similares, pero no mineralizadas, cerca del futuro depósito de relaves tienen una conductividad hidráulica saturada promedio de $7,2 \times 10^{-5}$ cm/s, indicando un sistema menos conductivo y/o menos fracturas. Sobre la base de dos pruebas de extracción por aire comprimido en la piedra caliza, la conductividad hidráulica saturada promedio es $6,4 \times 10^{-6}$ cm/s, que es un orden de magnitud menor que cualquiera de las áreas de rocas intrusivas en el emplazamiento. Esto indica que la piedra caliza pudiera, en líneas generales, ser un acuífero menos conductivo. Sin embargo, efectivamente parece tener zonas de mucha fracturación y conductividad hidráulica a profundidades de hasta 200 m (ABX, 1994; WMC, 2000a).

Un análisis del cambio en la conductividad hidráulica saturada con profundidad debajo de la superficie del suelo es un indicio de cómo las fracturas son menos frecuentes o más pequeñas con profundidad en el emplazamiento. El Gráfico 3.20 muestra los resultados de las pruebas de permeabilidad, extracción por aire comprimido y conductividad hidráulica Lugeon frente a

profundidad debajo de la superficie del suelo para rocas intrusivas en el emplazamiento. El análisis del Gráfico 3.20 indica que no existe una relación clara entre la profundidad debajo de la superficie del suelo y la conductividad hidráulica saturada en la piedra caliza o rocas intrusivas cerca del futuro tajo abierto. Cerca del terraplén del futuro depósito de relaves al parecer existe una endeble relación de menor conductividad hidráulica con profundidad. Esto indica que el flujo general de agua subterránea en el área es, en parte, regulado por fracturación, más que la matriz de roca relativamente impermeable para rocas intrusivas y piedra caliza. Vector Peru (2001) señala que la conductividad hidráulica en sedimentos no consolidados (2 pozos) varía de 10^{-5} a 10^{-3} cm/s en el emplazamiento (WMC, 2000b).

Hemos comparado los valores de conductividad hidráulica saturada en la Tabla 3.35 y el Gráfico 3.20 con valores similares informados por terceros. BGW (1995) empleó una conductividad hidráulica saturada horizontal de $1,5 \times 10^{-5}$ cm/s en su modelo MODFLOW del emplazamiento, y una conductividad hidráulica saturada vertical de $1,0 \times 10^{-7}$ cm/s. WMC (2000a) empleó una conductividad hidráulica saturada de piedra caliza de $2,0 \times 10^{-4}$ cm/s para su valor alto, y $5,0 \times 10^{-6}$ cm/s para su valor bajo al momento de calcular el desaguado de la mina en el emplazamiento.

El coeficiente de almacenamiento fue calculado por BGW (1995) para las rocas intrusivas cerca de la superficie propuesta tomando como base una simple observación muy cerca de un pozo de bombeo de extracción por aire comprimido. El coeficiente de almacenamiento se estimó en 0,0001. Lo más probable es que este coeficiente de almacenamiento represente un coeficiente de almacenamiento de acuífero confinado porque los intervalos examinados para ambos pozos estuvieron 166,5 m debajo de la superficie del suelo en promedio. Cuando BGW (1995) llevó a cabo su modelo MODFLOW, asumieron una producción específica (coeficiente de almacenamiento no confinado) de 0,03 y un coeficiente de almacenamiento confinado de 10^{-5} en la piedra caliza.

En resumen, los valores de conductividad hidráulica saturada típica y el coeficiente de almacenamiento en la mina de Cerro Corona se dan para varios tipos de roca en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.1.10.1

Conductividad Hidráulica de las Rocas en el Área del Tajo y Depósito de Relaves

Unidad geológica	Conductividad hidráulica saturada (cm/s)	Coefficiente de almacenamiento (sin unidades)
Piedra caliza cerca del tajo abierto y lejos de la mina a tajo abierto	$1,5 \times 10^{-5}$ – $6,4 \times 10^{-6}$ (horizontal) $1,0 \times 10^{-7}$ (vertical)	0,03 (no confinado) $1,0 \times 10^{-5}$ (confinado)
Rocas intrusivas cerca del tajo abierto	$7,9 \times 10^{-4}$ (promedio)	$1,0 \times 10^{-4}$
Rocas intrusivas cerca del depósito de relaves	$7,2 \times 10^{-5}$ (promedio)	No hay estimados
Sedimentos no consolidados	10^{-5} – 10^{-3}	No hay estimados

Características de flujo de agua subterránea

Se han medido los niveles de agua subterránea en perforaciones y pozos revestidos y no revestidos en el emplazamiento de Cerro Corona. Estas mediciones indican que el agua subterránea en el emplazamiento por lo general está muy cerca a la superficie del suelo y, en algunas áreas, la superficie potenciométrica está encima del nivel del suelo.

Durante la estación de lluvias, los niveles de agua aumentan como consecuencia de la recarga de precipitación y disminuyen durante la estación seca. Los manantiales son frecuentes por todo el emplazamiento (Figura 3.20) con algunas descargas en los caudales de 10 L/s. Estos manantiales representan la superficie subterránea (o potenciométrica) en sus elevaciones de descarga.

La elevación de agua subterránea y dirección de flujo en el emplazamiento parece estar controlada tanto por la geología como por la topografía, siendo la topografía la principal variable de control. Con pocas excepciones, la napa subterránea en el emplazamiento refleja la topografía. La Figura 3.20 presenta el mapa de superficie acuática potenciométrica antes del minado para la mina de Cerro Corona. Este mapa se construyó a partir de datos del modelo MODFLOW desarrollado por BGW (1995) como base. Mediciones adicionales de nivel de agua y elevaciones de descarga de manantiales se superpusieron en la superficie modelada por BGW para obtener la superficie potenciométrica antes del minado que aparece en la Figura 3.20.

El análisis de la Figura 3.20 indica que el flujo de agua subterránea por lo general es topográficamente controlado, con rutas de flujo de Cerro Corona que manan en todas las

direcciones de las áreas topográficas altas. Además, las aguas subterráneas descargan en los drenajes (quebrada Hualgayoc, quebrada Las Gordas y quebrada Las Águilas). Esto significa que el flujo de agua subterránea de Cerro Corona aporta a los manantiales y quebradas en todo el emplazamiento, quizás hasta al este de la quebrada Las Gordas en la divisoria de drenaje bajo (Figura 3.20).

Las gradientes de agua subterránea, que imitan la topografía son bastante empinadas cerca del área del tajo. Estas gradientes son típicamente 0,16 m/m sureste hacia el río Hualgayoc, 0,24 m/m hacia el noreste, y 0,26 m/m este hacia la quebrada Las Gordas. Las gradientes de agua subterránea en la quebrada Las Gordas desde el norte y sur son aproximadamente 0,30 m/m, donde se ubicará el depósito de relaves. Aunque las unidades de piedra caliza cerca del depósito de relaves al sur de la quebrada Las Gordas por lo general buzan hacia el suroeste (Figura 3.5), el flujo de agua subterránea parece seguir el rumbo noroeste hacia la quebrada Las Gordas desde el sureste (Figura 3.20). El flujo en la quebrada Las Gordas desde el norte parece por lo general seguir la inclinación y rumbo de las unidades de piedra caliza en relación con el área del depósito de relaves.

Áreas de recarga/descarga de aguas subterráneas

La recarga de aguas subterráneas en el emplazamiento de Cerro Corona proviene de la precipitación que cae sobre los delgados suelos aluviales y turbíferos que cubren la mayoría de las pendientes más altas, o cae directamente sobre los afloramientos de roca. Las áreas topográficamente altas tienden a ser las áreas de recarga. Debido a que la escorrentía de la precipitación es típicamente baja y la superficie potenciométrica es alta, la precipitación directa es el principal mecanismo de recarga más que las corrientes que fluyen sobre los afloramientos o contactos expuestos.

Las áreas de descarga típicamente se encuentran en el contacto entre la piedra caliza/rocas intrusivas o los contactos calizos/aluviales. Estas áreas de descarga son los manantiales.

Algunos manantiales ocurren dentro de las rocas intrusivas, pero la mayoría están en el contacto de piedra caliza con otras unidades. El flujo de los manantiales desde el emplazamiento es variable, pero cerca del área del tajo abierto el flujo del manantial promedia aproximadamente 13 L/s tomando como base las mediciones de campo realizadas por Knight Piésold y WMC (2000a). Si se asume que el área de drenaje contributivo para los manantiales alrededor del depósito de Cerro Corona es aproximadamente 3,5 km² y si el flujo del manantial también representa la recarga promedio para el área, entonces los 13 L/s se

traducen en alrededor de 8,2% de la precipitación anual de 1 433 mm/año o una tasa de recarga de aproximadamente 0,12 m/año.

Típicamente, es muy probable que la recarga para el emplazamiento de Cerro Corona varíe de 5 a 10% de la precipitación anual o entre 0,07 y 0,14 m/año. BGW (1995) calculó una tasa de recarga anual de entre 0,6 y 0,7 m/año dependiendo de la elevación. Consideramos que estos valores de recarga pueden ser demasiado altos. WMC (2000a) calculó que la tasa de recarga para las rocas intrusivas fue aproximadamente el 10% de la precipitación anual y la piedra caliza no perturbada tuvo una tasa de infiltración de aproximadamente 5% de la precipitación anual.

3.1.11 Calidad de agua superficial

El objetivo de la presente sección es documentar, según lo establecido por las normas nacionales, las condiciones existentes de las aguas superficiales aguas arriba y aguas abajo del área del proyecto e identificar las fuentes que estarían afectando actualmente la calidad del agua de forma previa al desarrollo del proyecto.

Como parte del proceso del análisis de la información existente, se revisaron los siguientes documentos relevantes:

- Condiciones de Línea de Base Ambiental, preparado por Knight Piésold Consulting (KP, 1996).
- Monitoreo de Línea Base de Calidad de Agua, preparado por Water Management Consultants (WMC, 2001).
- Estudio de Impacto Ambiental- Cerro Corona, elaborado por Vector S.A (Vector, 2001).
- Estudio de Factibilidad Definitivo (EFD), preparado por GRD Minproc Limited (Minproc, 2002).
- Revisión sobre la Suficiencia de los Datos de Línea Base - Proyecto Cerro Corona, elaborado por Montgomery Watson Harza Perú S.A (MWH, 2004).
- Proyecto Cerro Corona- “Due Diligence” Ambiental, elaborado por Knight Piésold Consultores S.A. (KP, 2004)

En líneas generales, estos estudios establecieron las condiciones de calidad de las aguas superficiales aguas arriba y aguas abajo del área del proyecto, habiendo desarrollado para ello muestreos en las cuencas de los ríos Tingo y Hualgayoc. Entre las conclusiones a las que

llegaron dichos reportes, se indica que estas cuencas están fuertemente influenciadas por las actividades mineras desarrolladas en la zona y por la meteorización del medio geológico, resultado que se evidencia a partir de los valores registrados de pH, conductividad, sulfatos y algunos metales.

A fin de actualizar la base de datos sobre calidad de agua superficial, Knight Piésold desarrolló una actualización de la línea base entre mayo del 2004 (temporada seca) y febrero del 2005 (temporada húmeda). En ella se definieron con mayor precisión las áreas que sufren impactos actualmente, así como los parámetros indicadores de variaciones en la calidad del agua. Estos indicadores fueron seleccionados, a partir de la Ley General de Aguas, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad a realizar por el Proyecto Cerro Corona.

Las Figura 3.21a y 3.21b muestran las ubicaciones de las estaciones muestreadas durante la evaluación realizada por Knight Piésold. Asimismo, la Tabla 3.36 presenta una descripción de las mismas.

En la línea base se compilaron los resultados obtenidos en los estudios previos (Knight Piésold 1996, Vector 2001 y WMC 2001) en las cuencas de los ríos Tingo y Hualgayoc a fin de comparar la evolución de los parámetros en el tiempo. La línea base abarcó también puntos de muestreo en canales de riego utilizados por los agricultores de la zona, con el objeto de registrar su calidad antes del inicio de las actividades del proyecto.

Por motivos de orden social, los trabajos de investigación de campo para la actualización de la línea base se efectuaron en cinco salidas durante los meses de mayo, julio, octubre y diciembre del 2004 (temporada seca) y febrero del 2005 (temporada húmeda). La actualización de la línea base comprendió la toma de muestras de agua en 28 puntos ubicados en la cuenca del río Tingo (14 puntos en el río Tingo, 9 puntos en quebradas tributarias del río Tingo, 1 punto en la descarga de la relavera, 2 puntos en descargas de plantas de tratamiento de agua, 1 punto en la captación de un sistema de distribución de agua potable y 1 punto en el reservorio final de dicho sistema de distribución). En la cuenca del río Hualgayoc, se tomaron muestras de agua en 9 puntos (4 puntos en el río Hualgayoc, 1 en el río Llaucán, 1 en el río Llaucano y 3 puntos en quebradas tributarias del río Hualgayoc). Esta línea base incluyó puntos que pueden constituirse en fuentes de aporte de contaminantes a los ríos Tingo y Hualgayoc. Los resultados, tanto de las mediciones de campo como de los análisis de laboratorio de las muestras colectadas, se presentan en la Tabla 3.37 (cuenca del río Tingo) y Tabla 3.38 (cuenca del río Hualgayoc). Adicionalmente, se tomaron muestras de agua en 7

puntos ubicados en canales de riego identificados en la zona cercana al área del proyecto. Los resultados de las mediciones de campo y de los análisis de laboratorio de las muestras colectadas en los canales de riego se presentan en la Tabla 3.40. En el mes de febrero del 2005 se realizó un inventario de las bocatomas de los canales de riego en la zona comprendida entre la desembocadura de la quebrada Las Gordas y el sector conocido como Maygasbamba. La ubicación y descripción de estas bocatomas se presentan en la Figura 3.22a y en la Tabla 3.39.

Las fotografías 3.50 a 3.68 corresponden a los puntos muestreados y a otros puntos de interés.

Asimismo, en esta línea base se ha considerado el análisis de la calidad de agua para consumo humano del Proyecto Manuel Vásquez. Este proyecto abastece de agua a varias comunidades (un total de 1 480 familias) captándola desde la parte alta de la quebrada La Hierba en donde se reciben las descargas de 15 manantiales para ser conducida y distribuida a la red de usuarios a través de una tubería. La tubería cruza por la parte media de las quebradas Las Águilas y Las Gordas e ingresa a la zona del proyecto por el extremo oeste de la quebrada Las Águilas. La tubería cruza por la parte superior del Tajo el Zorro y luego sigue un curso noreste en dirección a Bambamarca a través de un recorrido por tubería de aproximadamente 25 km. En febrero del presente año, se tomaron muestras de agua en el punto de captación y en la salida al final de la tubería (inmediaciones de Bambamarca). La calidad del agua en este caso fue comparada con la Clase I del D.L N° 17752 (agua para consumo humano con desinfección simple). La Tabla 3.41 presenta los resultados de los análisis de laboratorio realizados en estas muestras.

Los resultados generados a lo largo de las cuencas de los ríos Tingo y Hualgayoc durante los meses de mayo y julio del 2004 fueron analizados de manera conjunta dentro del recorrido de cada cuenca utilizando para ello gráficos, con la finalidad de identificar las áreas donde pudiesen existir potenciales fuentes de contaminación. Estos gráficos están referidos a los datos generados a comienzo de la temporada seca por los datos de mayo (Gráficos 3.21a hasta 3.21o por Tingo y Gráficos 3.25a hasta 3.25o por Hualgayoc) y los gráficos referidos a los datos generados de la temporada seca por los datos de julio (Gráficos 3.22a hasta 3.22s para la cuenca del río Tingo y Gráficos 3.26a hasta 3.26s para la cuenca del río Hualgayoc). Los resultados generados a lo largo de las mismas cuencas en el mes de febrero (temporada húmeda) fueron analizados utilizando gráficos de manera análoga (Gráficos 3.23a hasta 3.23r para el Tingo y Gráficos 3.27a hasta 3.27r por Hualgayoc).

Los datos generados entre octubre y diciembre del 2004 no fueron integrados en este análisis gráfico por tratarse de muestras colectadas en momentos distintos del ciclo hidrológico anual y mas bien fueron comparados con los datos generados en los estudios previos realizados por Vector (2001), Water Management Consultants (2001) y Knight Piésold (1996) para examinar su variación en el tiempo (Tablas 3.43 y 3.44 para la cuenca del río Tingo y Tablas 3.45 y 3.46 para la cuenca del río Hualgayoc). En cuanto a calidad de agua, los resultados de la línea base fueron evaluados con respecto a los estándares de la Clase III de la Ley General de Aguas, D.L N° 11752 y sus modificatorias D.S. N° 007-83-SA y D.S. N° 003-2003-SA. Para el caso de los efluentes, los resultados fueron evaluados de acuerdo con los límites máximos permisibles de la R.M N° 011-96-EM/VMM.

3.1.11.1 Línea base de la cuenca del río Tingo

Esta sección sintetiza los datos obtenidos en las estaciones de muestreo ubicadas a lo largo del río Tingo y en los principales tributarios: quebrada La “M”, quebrada Las Águilas, quebrada Las Gordas y quebrada San Lorenzo. Los valores registrados han sido comparados con los estándares de calidad (ECA) establecidos en la Ley General de Aguas D.L. N° 17752 y sus modificatorias D.S. N° 007-83-SA y D.S N° 003-2003-SA (Clase III).

Con relación a los ECAs es importante señalar que para el caso de N-nitratos el ECA correspondiente a la Clase III (0,1 mg/L) es muy inferior a los valores guías internacionales, así por ejemplo el CCME considera para la suma de nitratos mas nitritos una concentración de 100 mg/L en aguas usadas en la agricultura, igualmente el valor guía del Consejo Australiano y Neozelandés de Medio Ambiente y Conservación (ANZECC) para calidad de aguas de uso en irrigación establece un rango recomendado entre 25 - 125 mg/L para cultivos regados por periodos de hasta veinte años. Para el caso del níquel total el ECA correspondiente a la Clase III (0,002 mg/L) es también muy inferior a los valores guías internacionales citados, los que establecen en ambos casos (CCME y ANZECC), una concentración máxima aceptable de 0,2 mg/L en aguas de regadío.

Los resultados de laboratorio se presentan en el Anexo D-6. En la siguiente sección se discute la variación de cada uno de los parámetros determinados a lo largo del tramo monitoreado del río Tingo y sus tributarios durante el programa de muestreo realizado en los años 2004 y 2005.

Parámetros fisicoquímicos de campo (pH, conductividad, oxígeno disuelto)

En el mes de mayo, durante el desarrollo de la línea base, a lo largo del río Tingo y en las quebradas La “M” (aguas arriba de las operaciones mineras en dicha quebrada), Las Gordas y Las Águilas, se registraron valores de pH que variaron entre neutros a ligeramente alcalinos (7,14 a 8,4; Gráfico 3.21a). La conductividad específica registrada en el punto T-2, aguas arriba de la descarga de la quebrada Las Gordas, fue de 327 $\mu\text{S}/\text{cm}$; esta conductividad se incrementó a 354 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto T-7, ubicado en el mismo río Tingo, aguas abajo de la descarga de la quebrada Las Gordas. Este incremento de conductividad específica se debe a los niveles de sólidos totales disueltos (STD) en las aguas de la quebrada Las Gordas. Los mayores registros ($>600 \mu\text{S}/\text{cm}$) corresponden a la quebrada La “M” (estaciones T-4 y T-5) así como al punto T-6 ubicado en el río Tingo, aguas abajo de su confluencia con la quebrada La “M”, en la vecindad de la planta de tratamiento de agua de mina de la Mina Carolina (Gráfico 3.21b). Estos valores reflejan un mayor contenido relativo de sales (aniones y cationes). El oxígeno disuelto varió entre 6,3 mg/L (T-6) y 7,98 mg/L (T-3) (Gráfico 3.21c).

En el mes de julio, en las descargas de la quebrada La “M” (T-5) y la quebrada San Lorenzo (T-6₀), los valores de pH registrados (Gráfico 3.22a) fueron 5,22 y 4,32 respectivamente. El contacto de las aguas ácidas con la roca madre caliza del río Tingo estabiliza el pH aguas abajo de las descargas de dichas quebradas a valores en el rango entre neutro y ligeramente alcalino. El Gráfico 3.22a muestra la variación del pH a lo largo de la sección evaluada del río Tingo y de sus principales tributarios. El gráfico señala que el pH en el río Tingo aumentó ligera y gradualmente luego de los aportes de las quebradas Las Águilas (T-0) y Las Gordas (QC-04), mientras que disminuyó entre las estaciones T-7 y T-3_A, tramo a lo largo del cual existe un botadero de desmonte de roca. El pH en el río Tingo también disminuyó aguas abajo de la confluencia de la quebrada La “M” (T-3_B) en donde se registró un valor de 6,58 debido al carácter ácido del agua aportada por la quebrada La “M” (pH 5,22). Aguas abajo del punto T-3_B, antes de la confluencia de la quebrada San Lorenzo (T-6_A) el pH se incrementó hasta 7,33 debido al contacto de las aguas del río Tingo con la roca caliza. La quebrada San Lorenzo aporta al río Tingo aguas con pH ácido (4,32) pero con un caudal pequeño por lo que no genera una disminución notoria en el pH del río. Aguas abajo de la confluencia de la quebrada San Lorenzo, la descarga de la planta de tratamiento de agua (T-8) registró un pH de 8,53 (debido al empleo de cal en el proceso de tratamiento) por lo que el pH en el río Tingo se incrementó entre T-6_A y T-6_B de 7,33 a 7,89 (Gráfico 3.22a).

Un apreciable incremento en la conductividad específica se registró entre las estaciones T-7 (408 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y T-3_A (528 $\mu\text{S}/\text{cm}$) tramo en el cual, como se mencionó anteriormente, existe

un botadero de desmonte de roca (Gráfico 3.22b). También se registró un incremento significativo entre las estaciones T-6_A y T-6_B como consecuencia de los aportes de la quebrada San Lorenzo y de la planta de tratamiento de agua de mina; estas estaciones (T-6₀ y T-8, respectivamente) registraron conductividades de 2 640 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1 942 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente (Gráfico 3.22b).

Las concentraciones de oxígeno disuelto en el tramo muestreado del río Tingo (entre el punto T1, aguas arriba del área del proyecto y el punto T6_B, aguas abajo de la planta de tratamiento de agua de mina de Carolina (fuera del área del proyecto) fluctuaron entre 7,5 mg/L y 6,69 mg/L (Tabla 3.37 y Gráfico 3.22c), indicando un buen grado de aireación en todo el tramo evaluado.

En el mes de octubre, el efluente de la relavera La Jalca (MA-02) registró un pH de 7,65. En la zona correspondiente al puente Pújupe (PUJU) el pH registró un valor de 7,44 (Tabla 3.37). En el río Tingo - Maygasbamba (BA-01), aguas arriba de la ciudad de Bambamarca, el pH (8,26) indica el carácter alcalino de las aguas y la conductividad específica (490 $\mu\text{S}/\text{cm}$) indica una concentración moderada de iones en solución.

En el mes de febrero del 2005, durante la temporada húmeda, el pH varió entre los valores de 7,11 (T-3_A, río Tingo aguas arriba de la confluencia de la quebrada La “M”) y 5,46 (T-6_A, río Tingo aguas arriba de la confluencia de la quebrada San Lorenzo) según se muestra en el Gráfico 3.23a. Esta disminución en el pH registrado en el tramo comprendido entre el punto ubicado aguas arriba de la confluencia de la quebrada La “M” con el río Tingo y el punto ubicado aguas arriba de la confluencia de la quebrada San Lorenzo con el mismo río, es consistente con lo observado durante el muestreo de julio en la temporada seca (Gráfico 3.23a). En la descarga de la relavera la Jalca (MA-02) el pH registró un valor de 6,29 y aguas abajo del punto T-6_B en el puente Pújupe (PUJU) el pH registró un valor de 7,79.

En cuanto a la conductividad específica en el río Tingo ésta se incrementó gradualmente durante el muestreo de febrero desde su nacimiento fuera del área del proyecto (T-L, quebrada La Hierba) donde registró 123 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta 409 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Gráfico 3.23b) en el punto T-6_B. Esta tendencia creciente en los valores de conductividad específica en las aguas del río Tingo durante su recorrido aguas abajo del área de estudio es consistente con la tendencia observada en julio, aunque evidencia la dilución ocurrida como producto de las lluvias. En la descarga de la relavera La Jalca (MA-02) la conductividad específica registró un valor de 1 235 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y aguas abajo del punto T-6_B, en el puente Pújupe (PUJU), registró un valor de 444 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La concentración de oxígeno disuelto en el río Tingo en el mes de febrero registró una tendencia decreciente entre 6,77 mg/L en T-1 y 4,87 mg/L en T-6_B en el tramo estudiado (Gráfico 3.23c). En el puente Pújupe (PUJU) la concentración de oxígeno disuelto indica un buen grado de aireación (7,43 mg/L). Estos valores de oxígeno disuelto registrados se encuentran por encima del ECA mínimo de 3,0 mg/L (Clase III de la LGA).

Parámetros generales

En el mes de mayo, los sólidos totales suspendidos (STS) mostraron una tendencia creciente (Gráfico 3.21d) desde el punto T-2 (13 mg/L), en el río Tingo aguas arriba de la quebrada Las Gordas, hasta el punto T-6 (83 mg/L) ubicado en el río Tingo, aguas abajo de la quebrada La “M”. En la quebrada La “M”, aguas abajo de las operaciones mineras en dicha quebrada (T-4), se registró una concentración de 83 mg/L. Antes de su descarga en el río Tingo, la quebrada La “M” (T-5) registró una concentración de 53 mg/L de STS.

Los valores más elevados de STD (Gráfico 3.21e) correspondieron a T-4 (333 mg/L). Los STD presentaron concentraciones consistentes con los valores de conductividad específica registrados. La variación en los valores de alcalinidad total a lo largo del río Tingo y sus tributarios se muestra en el Gráfico 3.21f. Las aguas provenientes de la quebrada Las Gordas (QC-03) tuvieron valores relativamente altos (202 mg/L) de alcalinidad influenciadas por el aporte (198,6 mg/L) de la quebrada Chorro Blanco (QC-02) (tributario de la quebrada Las Gordas que discurre por al noroeste del campamento Bella Unión); estos niveles permitieron a las aguas del río Tingo alcanzar en el punto T-7 (aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Las Gordas) una alcalinidad total de 194,6 mg/L. Aguas debajo de T-7, en el punto T-3, se registró un descenso en la alcalinidad total (79,2 mg/L) debido a la existencia de drenajes ácidos y filtraciones provenientes de desmontes ubicados en la margen derecha del río Tingo. La alcalinidad total presentó valores que se incrementaron progresivamente desde el punto T-1 hasta el punto T-3. Del mismo modo, el incremento en la concentración de sulfatos en el río Tingo, sugiere la contribución de drenajes o filtraciones ácidas provenientes de relaves y/o botaderos de desmonte cercanos; la mayor concentración de sulfatos (259,4 mg/L) se registró en el punto T-6 aguas abajo de la descarga de la quebrada La “M” (Gráfico 3.21g).

En el mes de julio, los STD presentaron concentraciones consistentes con los valores de conductividad específica registrados (Gráficos 3.22e y 3.22b). Los sólidos totales suspendidos (STS) mostraron concentraciones que fluctuaron entre menos de 5 mg/L y 6 mg/L entre las estaciones T-1 y T-3_A. En la quebrada La “M”, aguas arriba de su confluencia

con el río Tingo (T-5), se registró una concentración de 80 mg/L de STS los cuales se redujeron a 38 mg/L en el punto T-3_B, ubicado en el río Tingo aguas abajo de su confluencia con la quebrada La “M”. Aguas arriba de la confluencia del río Tingo con la quebrada San Lorenzo (T-6_A), el valor de STS se incrementó a 69 mg/L para luego reducirse a 42 mg/L aguas abajo de la descarga de la planta de tratamiento de agua de mina de la Mina Carolina (T-6_B). La variación en los valores de STS a lo largo del tramo evaluado en el río Tingo, se muestra en el Gráfico 3.22d.

Los valores más elevados de STD en río Tingo se registraron en T-3_B (572 mg/L) y este parámetro presentó concentraciones consistentes con los valores de conductividad específica registrados (Tabla 3.37 y Gráfico 3.22e). La alcalinidad total presentó valores que se incrementaron progresivamente desde el punto T-1 hasta el punto T-3_A como consecuencia de los aportes de las quebradas Las Águilas y Las Gordas. Tanto la descarga de la quebrada La “M” (T-5) como la descarga de la quebrada San Lorenzo (T-6₀) presentaron niveles bajos de alcalinidad (Gráfico 3.22f).

Con relación a los sulfatos (Gráfico 3.22i), los incrementos registrados entre el punto T-7 (ubicado aguas abajo de la descarga de la quebrada Las Gordas) y el punto T-3_A (ubicado aguas arriba de la descarga de la quebrada La “M”) son indicadores de la actividad geoquímica de los desmontes ubicados a orillas del río Tingo, tal como muestra el incremento de sulfatos desde 169,7 mg/L hasta 231,5 mg/L. A su vez, las quebradas La “M” y San Lorenzo, así como la planta de tratamiento de agua de mina, aportan sulfatos al río Tingo.

En el mes de octubre, en el efluente de la relavera La Jalca (MA-02), los STD alcanzaron los 1 420 mg/L. En el río Tingo, a la altura del puente Pújupe (PUJU), la concentración de STD alcanzó los 370 mg/L. La alcalinidad en el efluente de la relavera La Jalca así como en el río Tingo a la altura del puente Pújupe, alcanzaron valores moderados (124 mg/L y 46 mg/L, respectivamente). Los sulfatos registraron valores significativos en el punto MA-02 (843 mg/L), mientras que en el punto PUJU los sulfatos registraron 177 mg/L (Tabla 3.37).

En el mes de febrero, durante la temporada húmeda, los STD en el tramo estudiado del río Tingo registraron una tendencia creciente (Gráfico 3.23e). El valor de STD más bajo corresponde a la quebrada La Hierba (91 mg/L, en el punto T-L), el nivel de STD muestra un incremento significativo en T-1 (161 mg/L). Los aportes de la quebrada Las Águilas en T-0 (559 mg/L), la quebrada Las Gordas en QC-04 (302 mg/L), la descarga de la planta de tratamiento de Minera San Nicolás (604 mg/L, en T-3₀) y el aporte de la quebrada La “M”

(472 mg/L, en T-5) contribuyen al incremento gradual de STD que alcanza 396 mg/L aguas abajo de la confluencia de la quebrada La “M”, en el punto T-3_B. Esta tendencia en la variación de los STD observada en febrero es consistente con la tendencia registrada en julio aunque no se observa estrictamente una dilución de los sólidos disueltos en todo el tramo estudiado sino más bien incrementos de concentración en varios puntos, lo que indicaría ocurrencia de mayores niveles de lixiviación de minerales y desmontes de roca en varios puntos a consecuencia de las lluvias. Con relación a los STS (Gráfico 3.23d), en el río Tingo en el mes de febrero estos registraron un ligero incremento desde la quebrada La Hierba (T-L), aguas arriba del área del proyecto (<3 mg/L) hasta aguas abajo de la confluencia de la quebrada Las Gordas (T-7) donde se registró un valor de 9 mg/L. En el río Tingo, aguas arriba de su confluencia con la quebrada La “M” (T-3_A), los STS registraron un valor de 106 mg/L, elevándose hasta 236 mg/L aguas abajo de dicha confluencia (T-3_B). Aguas arriba de la confluencia de la quebrada San Lorenzo en el río Tingo y del efluente de la planta de tratamiento de agua de la Mina Carolina (T-6_A) los STS alcanzaron 84 mg/L, mientras que aguas abajo de dicha quebrada y de las descarga de la planta de tratamiento de Mina Carolina (T-6_B) el valor de STS es de 81 mg/L. Es notorio que los incrementos más significativos de STS en el río Tingo durante el mes de febrero se registraron aguas abajo de los desmontes ubicados a orillas del río Tingo agua abajo de la quebrada Las Gordas (entre los puntos T-7 y T-3_A) y aguas abajo de la desembocadura de la quebrada La “M” (T-5). Los STS se incrementaron de 9 mg/L (T-7) a 106 mg/L (T-3_A) debido a los drenajes provenientes de los desmontes citados anteriormente. Este parámetro se incrementó, también, de 106 mg/L (T-3_A) a 236 mg/L (T-3_B) como resultado del aporte de la quebrada La “M” al río Tingo (660 mg/L en el punto T-5). La alcalinidad durante el mes de febrero (Gráfico 3.23f) varió desde 12 mg/L, en la quebrada La Hierba (T-L), aguas arriba del área del proyecto hasta 18 mg/L aguas arriba de la confluencia con la quebrada Las Gordas (T-2). La quebrada Las Gordas, aguas arriba de su confluencia con el río Tingo (QC-04) presentó una alcalinidad de 169 mg/L, lo que se manifestó en una elevación de la alcalinidad del río Tingo de 18 mg/L a 37 mg/L, según se muestra en el Gráfico 3.23f. El aporte de la quebrada La “M”, medido en el punto T-5, redujo la alcalinidad en el río Tingo aguas abajo de su confluencia (T- 3_B) de 42 a 9 mg/L. Aguas abajo de la descarga de la planta de tratamiento de agua de mina (T-6_B), la alcalinidad registrada en el río Tingo fue 6 mg/L. Los sulfatos durante el mes de febrero (Gráfico 3.23h) registraron incrementos a lo largo del tramo estudiado del río Tingo. En la quebrada La Hierba (T-L), aguas arriba del área del proyecto se registró 45 mg/L de sulfatos, valor que se incrementó a 107 mg/L (T-0_B) luego del aporte de la quebrada Las Águilas (358 mg/L, en T-0). El aporte de la quebrada La “M” (T-5) en el río Tingo produjo un incremento en la concentración de los sulfatos de 135 mg/L (T-3_A) a 260 mg/L (T-3_B) para luego

reducirse, por dilución aguas abajo de la descarga de la planta de tratamiento de agua de mina, a 174 mg/L (T-6_B). En la descarga de la relavera La Jalca (MA-02) los STD registraron un valor de 979 mg/L mientras que los STS alcanzaron los 66 mg/L (Tabla 3.37). En el río Tingo aguas abajo de T-6_B, en el puente Pújupe (PUJU) los STD registraron un valor de 323 mg/L, ligeramente superior al registrado en T-6_B. En cuanto a los STS, se registró un valor de 44 mg/L en PUJU, mientras que la alcalinidad en dicho punto registró un valor de 58 mg/L, superior al registrado en T-6_B, al parecer debido a la disolución de la roca madre caliza durante el recorrido de dicho tramo. La concentración de sulfatos en la descarga de la relavera La Jalca (MA-02) registró un valor de 694 mg/L, mientras que en el río Tingo en el punto PUJU los sulfatos (166 mg/L) al igual que los STD (323 mg/L) no reflejaron cambios significativos.

Nitratos y nitrógeno amoniacal

En el mes de mayo, la concentración de nitratos presentó valores por encima del límite (0,1 mg/L) en la quebrada Las Gordas, aguas abajo de la quebrada Chorro Blanco (QC-03), el río Tingo (T-6 y T-7) y la quebrada La “M” (T-4 y T-5). Los mayores valores (0,34 mg/L y 0,3 mg/L) se encontraron en los puntos T-4 y T-5 respectivamente (Gráfico 3.21h). Los valores más elevados de nitratos se presentaron en los tributarios del río Tingo (quebradas Las Águilas, Las Gordas y La “M”). En el mes de julio, en los puntos T-3_B (río Tingo aguas abajo de la confluencia con la quebrada La “M”), T-6_A (río Tingo aguas arriba de la planta de tratamiento de agua de mina de la Cia Minera Carolina y de la confluencia de la Quebrada San Lorenzo) y T-6_B, (río Tingo aguas abajo de la confluencia de la Quebrada San Lorenzo y de la descarga de la planta de tratamiento de agua de la Mina Carolina), los nitratos alcanzaron valores por encima del ECA respectivo (Tabla 3.37 y Gráfico 3.22g).

En el mes de octubre, los nitratos y nitritos en el punto PUJU (río Tingo, aproximadamente 5 km aguas abajo de la planta de tratamiento de agua de mina Carolina) la concentración de nitratos más nitritos alcanzó un valor de 8,026 mg/L, mientras que en el punto BA-01 (río Tingo - Maygasbamba agua arriba de Bambamarca) alcanzó los 10,124 mg/L (Tabla 3.37). Ambos casos estuvieron por encima del estándar de calidad ambiental (ECA) de nitratos para la Clase III del D.L N°17752 (0,1 mg/L).

En el mes de julio, el mayor valor para el nitrógeno amoniacal (3,46 mg/L), fue registrado en la descarga de la quebrada La “M” (T-5) (Tabla 3.37). Las variaciones en la concentración de nitrógeno amoniacal en la quebrada La “M” y aguas abajo de la descarga de la misma en el río Tingo, mostraron relación inversa con las variaciones en las concentraciones de cianuro

total y cianuro WAD en dicho sector, indicando la ocurrencia de la hidrólisis parcial del cianuro en nitrógeno amoniacal, lo que explica el incremento en la concentración de nitrógeno amoniacal de 0,74 mg/L (T-3_B) a 1,28 mg/L (T-6_A).

Los nitratos más nitritos en el mes de febrero (Gráfico 3.23g) mostraron incrementos de concentración progresivos. Aguas arriba del área del proyecto, en la quebrada La Hierba (T-L) la concentración de nitratos más nitritos fue de 0,044 mg/L, por debajo del ECA de nitratos respectivo (0,1 mg/L). La concentración de nitratos más nitritos excedió el ECA de nitratos respectivo, aguas abajo de la confluencia de la quebrada La “M” (T-3_B) donde se registraron 0,377 mg/L y se mantuvo por encima del ECA aguas abajo de la confluencia de la quebrada San Lorenzo y de la entrega de la planta de tratamiento de agua de mina de Mina Carolina (T-6_B) donde se registraron 0,176 mg/L. En la descarga de la relavera La Jalca (MA-02) se registró una concentración de nitratos más nitritos de 0,156 mg/L (Tabla 3.37) mientras que en el río Tingo, en el puente Pújupe (PUJU), la concentración de nitratos más nitritos se registraron 0,479 mg/L, excediendo el ECA correspondiente. Es importante señalar que en ninguno de los puntos muestreados ni en temporada seca ni en temporada húmeda se superaron los valores guías internacionales de nitratos para aguas de uso agrícola citados al comienzo de la presente discusión (CCME y ANZECC).

Cianuro total y cianuro WAD

En el mes de mayo, se registró presencia de cianuro total en el punto T-4, (ubicado en la quebrada La “M” aproximadamente a 500 m aguas arriba de su confluencia con el río Tingo) con una concentración de 7,04 mg/L (Tabla 3.37), la cual que excede el valor de referencia (1,0 mg/L para efluentes según la R.M N° 011-96-EM/VMM). Asimismo, en el río Tingo, aguas abajo del puente Tingo y del punto T-3_B (T-6) el cianuro WAD (1,128 mg/L) excedió el ECA respectivo (0,1 mg/L) para cuerpos receptores según la Clase III del D.L N° 17752.

En el mes de julio, las descargas de la quebrada La “M” (T-5) y de la planta de tratamiento de agua de mina (T-8) incrementaron su concentración de cianuro total y WAD en el río Tingo (Gráfico 3.22j). Las concentraciones de cianuro WAD excedieron el límite respectivo en los puntos T-5, T-3_B (río Tingo, aguas abajo de la quebrada La “M”) y T-6_B (río Tingo aguas abajo de la confluencia de la Quebrada San Lorenzo y de la descarga de la planta de tratamiento de agua de mina de Mina Carolina). La descarga de la planta de tratamiento de agua de mina (2,234 mg/L) excedió el límite del cianuro total.

En el mes de octubre, en el punto PUJU (río Tingo aguas arriba del puente Pújupe) se registró una concentración de cianuro WAD (0,286 mg/L) por encima del ECA respectivo (0,1 mg/L). Para el caso del efluente de la relavera La Jalca (MA-02), el NMP para cianuro total corresponde al establecido por la R.M N° 011-96-EM/VMM (1,0 mg/L) siendo el valor registrado de 0,538 mg/L, es decir por debajo de la norma para efluentes minero-metalúrgicos (Tabla 3.37).

En el mes de febrero, durante la temporada húmeda, el cianuro WAD registró concentraciones por debajo del ECA respectivo (0,1 mg/L) desde la quebrada La Hierba (T-L) hasta aguas arriba de la quebrada La “M” (T-3_A) según muestra el Gráfico 3.23i. A partir del aporte de la quebrada La “M” (T-5) con una concentración de cianuro WAD de 6,0 mg/L, muy por encima del ECA, se registró aguas abajo de su desembocadura (T-3_B) una concentración de 1,72 mg/L de cianuro WAD; concentración que decreció sólo ligeramente aguas abajo de la confluencia de la Quebrada San Lorenzo y de la descarga de la planta de tratamiento de agua de mina (T-6_B) donde registró 1,026 mg/L. En la descarga de la relavera la Jalca (MA-02) el cianuro total registró un valor 0,42 mg/L, por debajo del NMP establecido por la R.M N° 011-96-EM/VMM (1,0 mg/L), mientras que en el río Tingo, aguas abajo de T-6_B, en PUJU (aguas arriba del puente Pújupe), el cianuro WAD registró un valor de 0,189 mg/L, por encima del ECA correspondiente (Tabla 3.37). La concentración de cianuro WAD registrada en T-6_B se debe, también, a la descarga de la planta de tratamiento de agua de mina (T-8) que registró una concentración de cianuro total (1,084 mg/L) que excede el NMP establecido por la R.M N° 011-96-EM/VMM.

Metales totales y disueltos

En el mes de mayo al inicio de la temporada seca, el muestreo comprendió metales totales, según establece la Ley General de Aguas. Para el caso del plomo, tal como figura en el Gráfico 3.21i se registraron excedencias del límite respectivo (0,1 mg/L) en la quebrada Las Gordas aguas debajo de la quebrada Chorro Blanco (QC-03), en la quebrada La “M” (T-4) y en el río Tingo (T-6). Asimismo, la concentración de cobre total (Gráfico 3.21j) mostró valores por encima del límite respectivo (0,5 mg/L) en los puntos T-4 (6,213 mg/L) y T-5 (5,56 mg/L), ubicados ambos aguas abajo de las operaciones mineras que se llevan a cabo en la quebrada La “M” y en el punto T-6 (1,743 mg/L).

En cuanto al arsénico y el mercurio, las concentraciones respectivas se mantuvieron por debajo de los ECAs (0,2 y 0,01 mg/L, respectivamente) a excepción de las aguas que discurren por la quebrada La “M” (T-4) en donde se registraron valores de 0,308 mg/L y

0,015 mg/L de arsénico y mercurio respectivamente (Gráficos 3.21l y 3.21m). Las concentraciones de zinc, selenio y cadmio mantuvieron niveles por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) (25 mg/L, 0,05 mg/L y 0,05 mg/L, respectivamente) en todos los puntos muestreados en la cuenca del río Tingo (Gráficos 3.21k, 3.21n y 3.21ñ), encontrándose las mayores concentraciones de zinc y cadmio en el punto T- y en el punto T-4 en selenio.

La concentración de hierro total presentó una variación creciente a lo largo del río Tingo (Gráfico 3.21o), con excepción del punto ubicado aguas arriba de la confluencia de la quebrada La “M” (T-3) en donde se registró una reducción, al parecer debido a la dilución que se estaría produciendo por el aporte de tres quebradas que confluyen. Aguas abajo del punto T-3_B (T-6) se reporta la concentración más elevada de hierro total (21,53 mg/L), lo que está relacionado con la actividad geoquímica de los desmontes de roca acumulados a orillas del río Tingo en el tramo indicado.

En el mes de julio, durante la temporada seca se muestrearon metales totales y disueltos, los cuales registraron variaciones de concentración a lo largo del río Tingo. La cantidad de plomo total se incrementó en el río Tingo (Gráfico 3.22k) tras el aporte de algunas quebradas (Las Gordas, La “M” y San Lorenzo). La concentración de plomo total se mantuvo por debajo del límite respectivo a lo largo de todo el tramo muestreado en el río Tingo, a excepción del punto T-6_A, aguas arriba de la planta de tratamiento de agua de mina (0,129 mg/L). Asimismo, la Quebrada San Lorenzo presentó valores por encima de dicho límite. Los mayores valores de plomo disuelto (0,173 mg/L) se registraron en la descarga de la Quebrada San Lorenzo (T-6₀).

En el mes de julio, el cobre total excedió el límite en los puntos T-5, quebrada La “M” antes de su confluencia con el río Tingo, (5,467 mg/L); punto T-3_B, aguas abajo de la confluencia de la quebrada La “M”, (1,402 mg/L); T-6_A, Río Tingo aguas arriba de la planta de tratamiento de agua de mina de la Cia Minera Carolina y de la confluencia de la Quebrada San Lorenzo (1,981 mg/L) y T-6_B, ubicado en el río Tingo aguas abajo de la planta de tratamiento de agua de Mina Carolina (1,562 mg/L). La concentración del cobre disuelto mostró un patrón de variación similar al del cobre total (Gráfico 3.22l).

En el mes de julio, la concentración de zinc total a lo largo del río Tingo (Gráfico 3.22m) mostró incrementos con el aporte de las quebradas Las Águilas, Las Gordas, La “M” y San Lorenzo. También se registró un incremento entre las estaciones T-7 y T-3_A, tramo en el que

se encuentra un botadero de desmonte de roca; en ninguno de los casos esta concentración excedió el ECA. La variación en las concentraciones de zinc disuelto mostró el mismo patrón de comportamiento (Gráfico 3.22m).

El arsénico total y el cadmio total en julio registraron también concentraciones por debajo de los estándares de calidad ambiental (ECAs) respectivos a lo largo del tramo evaluado del río Tingo y los mayores valores fueron registrados en el punto T-5 (0,148 mg/L y 0,008 mg/L, respectivamente) y T-6₀ (0,149 mg/L y 0,047 mg/L, respectivamente). La concentración de arsénico y cadmio disueltos presentaron el mismo patrón de variación (Gráficos 3.22n y 3.22ñ).

En el mes de julio, entre las estaciones T-7 y T-3_A, a lo largo del botadero de desmonte ubicado en el extremo noroeste del pie del cerro Las Gordas, la concentración de hierro total se incrementó, lo que indica la actividad geoquímica del material allí depositado. El aporte de la quebrada La “M”, la quebrada San Lorenzo y la planta de tratamiento de agua de mina, generaron también un incremento en la concentración de hierro total en el río Tingo. El Gráfico 3.22o muestra la variación en las concentraciones de hierro total y hierro disuelto a lo largo del río Tingo. El hierro disuelto muestra un patrón de variación similar al del hierro total siendo importante remarcar que en el caso de la quebrada La “M”, la mayor parte del hierro descargado se encuentra en forma de sólidos insolubles (oxihidróxidos y otros minerales complejos insolubles).

En el tramo evaluado del río Tingo, el cromo total y el selenio total mostraron concentraciones por debajo de los ECAs tal como se muestra en los Gráficos 3.22p y 3.22q.

Asimismo, el mercurio total y el mercurio disuelto (Gráfico 3.22r) registraron máximos relativos de concentración en los puntos T-5 y T-6_A, pero manteniéndose en el caso del mercurio total por debajo del ECA respectivo (0,01 mg/L) en todos los casos. Finalmente, la concentración de níquel total excedió el ECA respectivo (0,002 mg/L) en las estaciones T-6_A, Río Tingo aguas arriba de la planta de tratamiento de agua de mina de la Mina Carolina y de la confluencia de la Quebrada San Lorenzo (0,01 mg/L); T-6₀, drenaje de la Quebrada San Lorenzo (0,029 mg/L); T-8, descarga de la planta de tratamiento de agua de mina de Mina Carolina (0,02 mg/L) y T-6_B, aguas abajo de la confluencia de la Quebrada San Lorenzo y de la descarga de la planta de tratamiento de agua de mina de Mina Carolina (0,01 mg/L). El níquel total y níquel disuelto mostraron el mismo patrón de variación (Gráfico 3.22s).

En el mes de octubre, se evaluaron metales totales y disueltos en las estaciones MA-02 (efluente de la relavera La Jalca) y en el punto PUJU (río Tingo aguas arriba del puente Pújupe) cuyos resultados se presentan junto con los resultados de los demás puntos de muestreo y de manera consolidada en la Tabla 3.37. En el punto PUJU se registraron concentraciones de cobre total (1,58 mg/L) y níquel total (0,00756 mg/L) que exceden los ECAs correspondientes (0,5 mg/L y 0,002 mg/L, respectivamente). El cobre y el níquel disueltos en el punto PUJU alcanzaron valores de 0,563 mg/L y 0,00641 mg/L, respectivamente.

En el mes de febrero, durante la temporada húmeda el plomo total en el río Tingo se mantuvo por debajo del ECA respectivo (0,1 mg/L) desde la quebrada La Hierba, aguas arriba del área del proyecto (T-L) hasta aguas abajo de la confluencia de la quebrada Las Gordas (T-7). Aguas abajo del depósito de desmonte a orillas de la quebrada Las Gordas, aguas arriba de la confluencia de la quebrada La “M” (T-3_A) se registró un valor de 0,587 mg/L, por encima del ECA respectivo, debido al parecer al aporte de lixiviados provenientes del depósito de desmonte en la quebrada Las Gordas (Gráfico 3.23j). El aporte de la quebrada La “M” (T-5) incrementa la concentración de plomo total en el río Tingo aguas abajo de su confluencia (T-3_B) donde registra 0,582 mg/L, por encima del ECA. Aún en el punto T-6_B, aguas abajo de la descarga de la planta de agua de mina, el plomo total excede el ECA respectivo al registrar 0,122 mg/L.

Con respecto a la concentración de cobre total durante el mes de febrero, ésta se mantuvo por debajo del ECA respectivo (0,5 mg/L) hasta el aporte de la quebrada La “M” (T-5); en el río Tingo, aguas abajo del aporte de la quebrada La “M”, se registró un valor de 3,43 mg/L (T-3_B), por encima del ECA (Gráfico 3.23k). Tanto en los puntos T-6_A y T-6_B el cobre total excede el ECA respectivo al registrar 2,46 y 2,31 mg/L, respectivamente. El zinc total registró concentraciones por debajo del ECA respectivo (25 mg/L) a lo largo de todo el tramo estudiado del río Tingo siendo el valor más alto el registrado en la descarga de la planta de tratamiento de San Nicolás (T-3₀) con 7,26 mg/L (Gráfico 3.23l). El arsénico total registró concentraciones por debajo del ECA respectivo (0,20 mg/L) entre la quebrada La Hierba (T-L) y aguas arriba de la quebrada La “M” (T-3_A); aguas abajo de la confluencia de la quebrada La “M” (T-3_B) la concentración de arsénico total en el río Tingo (0,34 mg/L) excedió el ECA (Gráfico 3.23m). El cadmio total no registró excedencias del ECA correspondiente (0,05 mg/L) en el tramo estudiado del río Tingo, siendo el mayor registro en la descarga de la planta de agua de mina de San Nicolás (T-3₀) con 0,0405 mg/L (Gráfico 3.23n). El hierro total registra su mayor valor en la descarga de la quebrada La “M” (T-5) en

el río Tingo con 45,4 mg/L, siendo la menor concentración aguas abajo la registrada en T-6_B (aguas abajo de la descarga de la planta de tratamiento de agua de Mina Carolina) con 17,7 mg/L (Gráfico 3.23ñ). El cromo y el selenio totales en el río Tingo se mantienen por debajo de los ECAs correspondientes (1,0 y 0,05 mg/L, respectivamente) a lo largo del tramo estudiado del río Tingo, siendo los mayores registros los obtenidos aguas abajo del aporte de la quebrada La “M” (T-3_B) con 0,00445 mg/L de cromo total y 0,0026 mg/L de selenio total (Gráficos 3.23o y 3.23p). El mercurio total en el río Tingo (Gráfico 3.23q) no registró excedencias del ECA respectivo (0,01 mg/L) pese a que la quebrada La “M” confluye con éste con una concentración por encima del ECA (0,018 mg/L en el punto T-5); aguas abajo de la confluencia de la quebrada La “M” (T-3_B) la concentración de mercurio total registró 0,0053 mg/L debido a la ocurrencia de dilución. El níquel total, excedió el ECA en todos los puntos muestreados en el río Tingo aguas abajo de la confluencia de la quebrada La “M” (Gráfico 3.23r) y fue en el punto (T-5), ubicado en la quebrada La “M” agua arriba de su desembocadura en el río Tingo, donde el níquel total registró su mayor concentración (0,0279 mg/L). La descarga de la relavera la Jalca (MA-02) no mostró excedencias de los NMPs para ninguno de los metales disueltos regulados por la R.M N° 011-96-EM/VMM a excepción del hierro disuelto que registró valores de 3,46 y 2,83 mg/L en octubre del 2004 (temporada seca) y en febrero del 2005 (temporada húmeda) respectivamente (Tabla 3.37) por encima del NMP correspondiente (2,0 mg/L). En el río Tingo, aguas abajo de T-6_B, en el punto PUJU se excedieron los ECAs de cobre total y níquel total (0,5 y 0,002 mg/L) al registrar 0,908 y 0,0055 mg/L, respectivamente (Tabla 3.37).

La descarga del efluente de la planta de tratamiento de agua de la Mina Carolina (T-8) registró, en febrero, una concentración de cobre disuelto (1,25 mg/L) que excedió el NMP respectivo (1,0 mg/L) y que contribuyó a la concentración de cobre total registrada en T-6_B. Se debe señalar que, pese a registrarse excedencias del ECA para níquel total en algunos puntos, en ningún caso la concentración de este metal excedió los valores guía internacionales citados al comienzo de la presente discusión (CCME y ANZECC) los cuales establecen una concentración máxima aceptable de 0,2 mg/L en aguas para irrigación.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Las concentraciones de DBO registradas en el mes de mayo, durante la temporada seca, no excedieron en ningún caso el ECA respectivo (15 mg/L). La mayor concentración fue registrada en el punto T-3 (2,5 mg/L) y las menores concentraciones, registradas en los puntos T-2, T-6 y T-7, estuvieron por debajo del límite de detección del método analítico (< 2 mg/L).

En el mes de octubre, las DBO registrada en los puntos PUJU (93 mg/L) y BA-01 (43,33 mg/L) excedieron el ECA respectivo (Tabla 3.37).

Durante el mes de febrero, en la temporada húmeda, la DBO excedió el ECA correspondiente (15 mg/L) en la quebrada Las Águilas, antes de su confluencia con el río Tingo (T-0), en la descarga de la relavera la Jalca (MA-02), en la quebrada La “M” antes de su confluencia con el río Tingo (T-5) y en el río Tingo aguas abajo de su confluencia con la quebrada La “M” (T-3_B). En dichos puntos, la DBO registró 15,2; 34,4; 36,9 y 17,6 mg/L, respectivamente.

Bacterias coliformes

En el mes de mayo, en ninguno de los cinco puntos de muestreo en el río Tingo (T-2, QC-01, T-7, T-3 y T-6), los resultados obtenidos para coliformes totales superaron el ECA correspondiente (5 000 NMP/ 100mL; Clase III, Ley General de Aguas), siendo el mayor valor registrado 1 400 NMP/ 100mL en el punto T-3 (Río Tingo aguas abajo de la confluencia de la Quebrada San Lorenzo y aguas abajo de la descarga de la planta de tratamiento de agua de mina de la Mina Carolina). La misma situación se dio para el caso de las coliformes fecales cuyo ECA es de 1 000 NMP/ 100mL, Clase III de la Ley General de Aguas. El mayor valor registrado para estas últimas se dio también en el punto T-3 (350 NMP/ 100mL). Los resultados del análisis bacteriológico se presentan en la Tabla 3.37.

Durante el mes de febrero, en la temporada húmeda, las poblaciones de bacterias coliformes totales y fecales no excedieron el ECA respectivo en ninguno de los puntos muestreados en el río Tingo y sus tributarios. La mayor población de bacterias coliformes totales registrada (130 NMP/ 100mL) correspondió al sector ubicado aguas arriba de la confluencia de la quebrada La “M”, mientras que la mayor población de bacterias coliformes fecales registrada (60 NMP/ 100mL, respectivamente) correspondió a la quebrada Las Gordas, antes de su confluencia con el río Tingo (QC-04).

3.1.11.2 Línea base de la cuenca del río Hualgayoc

Esta sección sintetiza los datos obtenidos en las estaciones de muestreo ubicadas a lo largo del río Hualgayoc. Los valores registrados han sido comparados con los límites establecidos en la Ley General de Aguas D. L. N°17752 y sus modificatorias D.S. N° 007-83-SA y D.S N° 003-2003-SA (Clase III). Los resultados de laboratorio junto con los certificados de control y aseguramiento de la calidad para los procedimientos de laboratorio se presentan en el Anexo D-6.

Se debe señalar, al igual que en la discusión de la línea base del río Tingo, que los ECAs para el caso de N-nitratos para la Clase III (0,1 mg/L) es muy inferior a los valores guías internacionales como del CCME que establece para la suma de nitratos más nitritos una concentración de 100 mg/L en aguas usadas en la agricultura, igualmente el ANZECC para calidad de aguas superficiales para uso en irrigación establece un rango recomendado entre 25- 125 mg/L para cultivos regados por periodos de hasta veinte años. Para el caso del níquel total, el ECA correspondiente a la Clase III (0,002 mg/L) es también muy inferior a los valores guías internacionales citados los que establecen, en ambos casos (CCME y ANZECC), una concentración máxima aceptable de 0,2 mg/L en aguas de regadío.

Parámetros fisicoquímicos de campo (pH, conductividad, oxígeno disuelto)

Como resultado de la medición de parámetros fisicoquímicos de campo en el mes de mayo, se registraron a lo largo del río Hualgayoc valores de pH que se encontraron en el rango comprendido entre neutro y ligeramente alcalino (Gráfico 3.25a). Aguas abajo del poblado de Hualgayoc y del puente Tahona (H-3), el pH descendió de 8,58 a 7,01 como consecuencia de los drenajes de bocaminas y filtraciones ácidas de botaderos de desmonte que ocurren entre los puntos H-2 y H-3. En el río Llaucano, aguas abajo de Bambamarca (H-4), el pH se elevó nuevamente a 7,96 debido a la naturaleza calcárea del lecho que recorre el curso de agua. En el mes de mayo, la conductividad específica, registró un aumento gradual a lo largo del recorrido del río Hualgayoc alcanzando un máximo relativo de 518 $\mu\text{S}/\text{cm}$, aguas abajo del puente Tahona (H-3) lo que sugiere una contribución de STD a partir de los drenajes de las bocaminas de la zona, así como de los drenajes de desmontes de roca y relaves acumulados a orillas del río (Gráfico 3.25b). Por su parte, las concentraciones de oxígeno disuelto registradas fluctuaron entre 6,66 mg/L (H-4) y 8,58 mg/L (H-2), indicando un buen grado de aireación en todo el tramo evaluado (Gráfico 3.25c).

En el mes de julio, el pH a lo largo del tramo evaluado en el río Hualgayoc alcanzó un mínimo relativo aguas abajo del puente Tahona (H-3) de 2,93. La reducción registrada en el pH, entre las estaciones H-2 y H-3, se debe a los drenajes de bocaminas y desmontes de roca que descargan al río Hualgayoc aguas abajo del poblado (Gráfico 3.26a). Asimismo, la conductividad específica mostró un máximo relativo de 1 439 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aguas abajo del puente Tahona (Gráfico 3.26b). La concentración de oxígeno disuelto desde el punto H-2 (río Hualgayoc, aguas arriba del pueblo del mismo nombre) hasta el punto H-4 (río Llaucano, aguas abajo de Bambamarca) varía en el rango de 6,55 mg/L a 5,94 mg/L (Gráfico 3.26c).

En el mes de octubre, el valor de pH registrado en la quebrada Mesa de Plata (MESA) fue de 3,57 (Tabla 3.38). Dicho valor de pH es un indicador de la generación de drenaje ácido en dicha zona. La elevada conductividad específica en el punto de muestreo de la quebrada (1 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$) es un indicador de la presencia de concentraciones significativas de iones en solución, provenientes del drenaje ácido. La concentración de oxígeno disuelto en dicha quebrada (5,21 mg/L) indicó niveles aceptables de aireación.

En los puntos de monitoreo SWQ-11 y SWQ-15 (también muestreados por KP en 1995) que corresponden a quebradas que confluyen con el río Hualgayoc fuera del área del proyecto, aguas arriba del puente Tahona se registraron valores de pH de 3,39 y 2,56, así como valores de conductividad específica de 1 308 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 2 760 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando la generación de drenaje ácido de roca (DAR) y la concentración significativa de iones en solución como consecuencia del DAR (Tabla 3.38). Las concentraciones de oxígeno disuelto en ambos puntos fueron moderadas (5,09 mg/L y 4,47 mg/L, respectivamente) e indicaron niveles aceptables de aireación. En el punto H-3₀, ubicado en el río Hualgayoc, cerca al Socavón Real y aguas abajo del poblado de Hualgayoc, tanto el pH (7,39) como el valor de conductividad específica (383 $\mu\text{S}/\text{cm}$) no indicaron ningún incremento en la generación de DAR en dicho sector sino más bien la dilución del drenaje proveniente de la quebrada Mesa de Plata, aguas arriba de dicho punto.

En el mes de febrero, durante la temporada húmeda, el pH en el río Hualgayoc mostró la misma tendencia que durante el mes de julio (temporada seca). El pH aguas arriba del poblado de Hualgayoc (H-2) registró su mayor valor (8,41) mientras el menor valor (6,66) fue registrado aguas abajo del puente Tahona (H-3). Aguas abajo de Bambamarca en el río Llaucano (H-4) el pH fue de 7,81 (Gráfico 3.27a), mientras que en el río Hualgayoc (H-3₀), aguas abajo del poblado el pH registró 7,11 (Gráfico 3.27a). En la quebrada Mesa de Plata (MESA), antes de su confluencia con el río Hualgayoc aguas abajo del pueblo de Hualgayoc, el pH fue de 3,29 (Tabla 3.38). En los puntos SWQ-11 y SWQ-15 el pH registró 3,17 y 7,07, respectivamente; mientras que en el río Llaucán aguas arriba del pueblo de Bambamarca (BA-02) este parámetro fue de 7,98. La conductividad específica, por otro lado, registró un incremento de 284 a 354 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre el punto ubicado aguas arriba del pueblo de Hualgayoc (H-2) y el punto ubicado aguas abajo del pueblo de Hualgayoc (H-3₀). Aguas abajo del puente Tahona (H-3) la conductividad específica registró su mayor valor, alcanzando 444 $\mu\text{S}/\text{cm}$.; lo que evidencia un mayor grado de dilución aguas abajo del poblado y de la quebrada Mesa de Plata en temporada húmeda que en temporada seca (Gráfico 3.27b). En el río Llaucano, aguas abajo de Bambamarca (H-4) la conductividad específica registró 303

$\mu\text{S}/\text{cm}$ debido a la dilución ocurrida. En la quebrada Mesa de Plata antes de su confluencia con el río Hualgayoc (MESA) la conductividad específica registró 965 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que explicaría el incremento de 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ observado entre H-2 y H-3₀ (incremento de 284 a 354 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En los puntos SWQ-11 y SWQ-15 la conductividad específica registró 816 y 405 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, mientras que en el río Llaucán aguas arriba de Bambamarca (BA-02) fue de 293 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciando la ocurrencia de dilución en este punto. El oxígeno disuelto indica buenos grados de aireación en todo el tramo estudiado, por encima del ECA mínimo de 3,0 mg/L (Gráfico 3.27c).

Parámetros generales

En el mes de mayo, a comienzos de la temporada seca, las concentraciones de STD fueron consistentes con los valores registrados de conductividad específica y el valor máximo registrado mostró un máximo relativo (233 mg/L) aguas abajo del puente Tahona (H-3).

Aguas abajo, en el punto H-4 ubicado en el río Llaucano, aguas abajo de Bambamarca, la concentración de STD se redujo (129 mg/L) por el efecto de dilución de los diversos tributarios (Gráfico 3.25d). Asimismo, los sólidos totales suspendidos (STS) se incrementaron significativamente aguas abajo del puente Tahona, en el punto H-3 (Gráfico 3.25e). Los valores de STS, STD y conductividad específica indican la existencia de fuentes de contaminación (drenajes de mina y desmontes) aguas abajo del poblado de Hualgayoc.

Del mismo modo, la alcalinidad total se redujo significativamente aguas abajo de dicho poblado (de 150,5 en H-2 a 23,1 mg/L en H-3) indicando la existencia de fuentes generadoras de ácido en el tramo comprendido entre estos puntos H-2 y H-3 (Gráfico 3.25f). Aguas abajo de Bambamarca (H-4) la alcalinidad total se incrementó a consecuencia de la disolución parcial de la roca caliza que conforma el lecho del río (Gráfico 3.25f). En cuanto a la variación en la concentración de sulfatos, los datos son consistentes con lo que se ha venido afirmando. Las concentraciones de sulfatos se incrementaron entre los puntos H-2 (7 mg/L) y H-3 (228 mg/L) y aguas abajo de Bambamarca (H-4), volvieron a reducirse (40 mg/L) debido a la dilución ocurrida por el aporte de los diversos tributarios (Gráfico 3.25g).

En el mes de julio, durante la temporada seca, los STD variaron de manera consistente con la variación mostrada en los valores de conductividad específica. En el punto H-3, se registró el mayor valor de STD (Gráfico 3.26d). Por su parte, los sólidos totales suspendidos (STS) mostraron sus valores máximos en las estaciones H-3₀ y H-3 (Gráfico 3.26e). La alcalinidad total en el río Hualgayoc se comportó de una manera consistente con la variación de pH,

reduciéndose en el tramo comprendido entre el punto H-2 (172 mg/L) y el punto H-3₀ (21 mg/L), aguas abajo del poblado. Aguas abajo del puente Tahona (H-3), la alcalinidad total fue mínima (<0,1 mg/L), acorde con el pH ácido registrado (Gráfico 3.26f). La concentración de sulfatos, por otro lado, aumentó desde el punto H-2 hasta el punto H-3 (11,9 mg/L hasta 649,2 mg/L, Gráfico 3.26g). El aumento en la concentración de sulfatos en dicho tramo indica la existencia de descargas de bocaminas y de desmontes.

En el mes de octubre, los valores de STD así como los valores de alcalinidad obtenidos en los puntos MESA, SWQ-11 y SWQ-15, confirman que se trata de sectores en donde ocurre generación significativa de DAR. Los valores de STD en dichos puntos fueron 917 mg/L, 1 200 mg/L y 2 634 mg/L respectivamente; mientras que la alcalinidad registró valores por debajo de 1 mg/L en los tres puntos mencionados (Tabla 3.38). Las concentraciones relativamente elevadas de sulfatos en dichos puntos (639 mg/L, 635mg/L y 1 604 mg/L, respectivamente) confirman el hecho que en dichos puntos ocurre generación de DAR.

En el punto de muestreo BA-02, el valor de STD fue moderado (216 mg/L), al igual que la concentración de sulfatos (62 mg/L) según se muestra en la Tabla 3.38.

En el mes de febrero, durante la temporada húmeda, los valores de STD en el río Hualgayoc registraron un incremento gradual consistente con la variación registrada en conductividad específica (Gráfico 3.27e) siendo el mayor valor registrado de 314 mg/L aguas abajo del puente Tahona (H-3). Esta concentración de STD en el punto H-3 es reflejo de la confluencia de la quebrada Mesa de Plata que registró 724 mg/L en el punto (MESA), antes de su confluencia con el río Hualgayoc (Tabla 3.38). En los puntos SWQ-11 y SWQ-15 los STD registraron 488 y 272 mg/L respectivamente, mientras que en el río Llaucán, aguas arriba de Bambamarca (BA-02) este parámetro registró un valor de 171 mg/L, lo cual evidencia el grado de dilución ocurrida en este punto. En el río Llaucano, aguas abajo de Bambamarca (H-4), los STD registraron un valor de 177 mg/L. Los STS en febrero se incrementaron desde 52 mg/L aguas arriba del pueblo de Hualgayoc (H-2) a 84 mg/L aguas abajo del pueblo de Hualgayoc (H-3₀) luego de la confluencia de la quebrada Mesa de Plata la cual confluye con el río Hualgayoc aportando 100 mg/L de STS. En el río Hualgayoc, aguas abajo del puente Tahona (H-3) el valor de STS registró su mayor nivel alcanzando 140 mg/L (Gráfico 3.27d).

En los puntos SWQ-11 y SWQ-15 los valores de STS registraron 84 y 108 mg/L, respectivamente; mientras que en el río Llaucán, aguas arriba de Bambamarca (BA-02) los STS registraron 18 mg/L. En el río Llaucano, aguas abajo de Bambamarca, los STS

registraron 46 mg/L (H-4). La alcalinidad total en el mes de febrero mostró una reducción de 145 mg/L (H-2) a 102 mg/L (H-3₀), aguas abajo del pueblo de Hualgayoc debido a la confluencia de la quebrada Mesa de Plata (MESA) la cual neutraliza parte de la alcalinidad del río debido a su pH ácido (3,29).

La alcalinidad en el río Hualgayoc alcanzó su valor más abajo aguas abajo del puente Tahona (H-3) donde registró 25 mg/L (Gráfico 3.27f). En los puntos SWQ-11 y SWQ-15 la alcalinidad registró menos de 1 mg/L y 40 mg/L, respectivamente; mientras que en el río Llaucán (BA-02), aguas arriba de Bambamarca, ésta registró 106 mg/L. En el río Llaucano (H-4), aguas abajo de Bambamarca, la alcalinidad registró 111 mg/L. Los sulfatos durante el mes de febrero, al igual que durante la temporada seca, mostraron una tendencia creciente entre los puntos H-2 y H-3, registrando el mayor valor aguas abajo del puente Tahona (H-3) donde registró 236 mg/L (Gráfico 3.27g); la quebrada Mesa de Plata antes de su confluencia con el río Hualgayoc (MESA) registró 549 mg/L de sulfatos lo que se vería reflejado en el incremento observado entre H-2 y H-3₀ de 13 a 76 mg/L. En los puntos SWQ-11 y SWQ-15 los sulfatos registraron 349 y 167 mg/L respectivamente, mientras que en el río Llaucán (BA-02) éstos registraron 37 mg/L. En el río Llaucano (H-4) los sulfatos registraron 44 mg/L.

Nitratos y nitrógeno amoniacal

En el mes de mayo, al comienzo de la temporada seca, la concentración de nitratos se mantuvo por debajo del límite respectivo (0,1 mg/L) en las cuatro estaciones a lo largo del río Hualgayoc, según se muestra en el Gráfico 3.25h.

En el mes de julio, durante la temporada seca, se registraron las concentraciones de nitratos y nitrógeno amoniacal en el recorrido del río Hualgayoc. En cuanto a la concentración de nitratos, ésta excedió el ECA respectivo (0,1 mg/L) aguas abajo del punto H-2, en los puntos H-3₀ (0,36 mg/L), H-3 (0,16 mg/L) y H-4 (1,25 mg/L) según se muestra en el Gráfico 3.26h.

La concentración de nitrógeno amoniacal experimentó un incremento a partir del punto H-2 (aguas arriba del pueblo Hualgayoc), alcanzando su valor máximo en H-3₀ (0,47 mg/L). El valor en H-4 fue de 0,1 mg/L, según muestra el Gráfico 3.26i. Esto sugiere que el ingreso de aguas residuales de origen doméstico a partir del pueblo de Hualgayoc elevan los niveles de nitrógeno amoniacal. La concentración de cianuro WAD en el río Hualgayoc se mantuvo por debajo del ECA respectivo (0,1 mg/L) y del límite de detección (<0,004 mg/L) en todos los puntos muestreados sobre el río Hualgayoc (Gráfico 3.26j).

En el mes de octubre, los N-nitratos más nitritos en las estaciones H-3₀ (0,117 mg/L), SWQ-11 (7,158 mg/L), SWQ-15 (0,152 mg/L) y H-4 (2,459 mg/L) excedieron el ECA de nitratos respectivo (0,1 mg/L). Las relativamente altas concentraciones de N-nitratos más nitritos aguas abajo de Bambamarca (H-4), por encima del ECA de N-nitratos respectivo es el reflejo de una actividad agrícola más intensiva en dicha zona (Tabla 3.38).

Durante el mes de febrero, durante la temporada húmeda, los N-nitratos más nitritos registraron concentraciones por encima del ECA de N-nitratos respectivo (0,1 mg/L) en todos los puntos muestreados (Gráfico 3.27h) aguas abajo del punto H-1. Dichas concentraciones en H-2 (0,116 mg/L), H-3₀ (0,180 mg/L), H-3 (0,178 mg/L), SWQ-11 (0,149 mg/L), SWQ-15 (0,162), BA-02 (1,208 mg/L) y H-4 (1,308 mg/L); al igual que en el análisis de la variación de la concentración de nitratos en la cuenca del río Tingo tampoco superaron, en ninguno de los puntos, los valores guías internacionales citados al comienzo de la presente discusión (CCME y ANZECC).

Cianuro WAD

En el mes de julio, durante la temporada seca, las concentraciones de cianuro WAD de las muestras colectadas en el río Hualgayoc durante el desarrollo de la línea base (Gráfico 3.26j), se mantuvieron por debajo del límite de detección analítico (0,004 mg/L) y del ECA correspondiente (0,1 mg/L). En el mes de octubre, las concentraciones de cianuro WAD en los puntos MESA, BA-02, SWQ-11 y SWQ-15 también registraron valores por debajo del límite de detección (0,005 mg/L) y del ECA respectivo. En H-4 la concentración de cianuro WAD registró 0,008 mg/L, por debajo del ECA correspondiente (Tabla 3.38).

En el mes de febrero, durante la temporada húmeda, las concentraciones de cianuro WAD, en H-1, H-2, MESA, H-3₀, H-3, H-4, BA-02, SWQ-11 y SWQ-15 registraron valores por debajo del límite de detección (0,005 mg/L) y del ECA correspondiente en todos los puntos muestreados (Tabla 3.38).

Metales totales y disueltos

En el mes de mayo, al comienzo de la temporada seca, se tomaron muestras para análisis de metales totales, según establece la Ley General de Aguas, observándose que la concentración de plomo total excedió el ECA respectivo (0,1 mg/L) en las estaciones H-3 (0,139 mg/L) y H-4 (0,149 mg/L) según se muestra en la Tabla 3.38 y el Gráfico 3.25i. Por su parte, las concentraciones de cobre y cadmio total excedieron los ECAs respectivos (0,5 y 0,05 mg/L) aguas abajo del puente Tahona, H-3 (0,627 y 0,102 mg/L de cobre y cadmio totales;

respectivamente) para luego reducirse por debajo de los ECAs respectivos aguas abajo de Bambamarca (H-4), donde se registraron valores de 0,105 mg/L y 0,008 mg/L de cobre total y cadmio total respectivamente, como consecuencia de la dilución ocurrida por la confluencia de los demás tributarios (Gráfico 3.25j y 3.25k). Los incrementos significativos observados en el punto H-3 para el hierro (32,07 mg/L), zinc (15,16 mg/L) y arsénico (0,083 mg/L) son consistentes con los valores de conductividad específica, alcalinidad total y sulfatos observados e indican la ocurrencia de descargas ácidas provenientes de minas y desmontes o relaves en el tramo comprendido entre las estaciones H-2 y H-3 (Gráficos 3.25l, 3.25m y 3.25n). En todos los puntos evaluados, el mercurio se mantuvo por debajo del ECA respectivo (0,01 mg/L) y por debajo del límite de detección analítico (0,0002 mg/L) en los puntos H-1, H-2 y H-3; sólo en el punto H-4 se registró 0,0005 mg/L de mercurio total, valor que se encuentra por debajo del ECA respectivo (Gráfico 3.25ñ). Las concentraciones de zinc total, arsénico total y mercurio total se mantuvieron en todos los casos por debajo de los ECAs respectivos en el mes de mayo. En cuanto al selenio total, la concentración de este metal se mantuvo también por debajo del ECA respectivo (0,05 mg/L) y del límite de detección analítico (0,002 mg/L) en todas las estaciones muestreadas (H-1, H-2, H-3 y H-4) en mayo, según se muestra en el Gráfico 3.25o.

En el mes de julio, durante la temporada seca, con relación a los metales totales, se observó que las concentraciones de plomo, zinc y arsénico (Gráficos 3.26k, 3.26l y 3.26m) se incrementaron aguas abajo del punto H-2, de modo tal que aguas abajo del puente Tahona (H-3) se registraron valores por encima de los ECAs correspondientes (0,1; 25 y 0,2 mg/L, para el plomo, zinc y arsénico, respectivamente). Es así que en H-3 el plomo total (0,2 mg/L), zinc total (45,16 mg/L) y el arsénico total (0,206 mg/L) exceden los ECAs respectivos. Aguas abajo del pueblo de Bambamarca, en el río Llaucano (H-4), las concentraciones de estos metales se redujeron por debajo de los ECAs respectivos debido a la dilución. Así, las concentraciones de plomo, zinc y arsénico registradas en H-4 fueron de 0,015; 0,976 y 0,014 mg/L, respectivamente. Las concentraciones de plomo, zinc y arsénico disueltos mostraron los mismos patrones de variación (Gráficos 3.26k, 3.26l y 3.26m). El mercurio total mostró concentraciones por debajo del ECA (0,01 mg/L) y de los 0,0002 mg/L, a excepción del punto H-3₀ en donde se registró un valor de 0,0005 mg/L.

El mercurio disuelto mantuvo concentraciones por debajo de los 0,0002 mg/L a lo largo de todo el tramo evaluado del río Hualgayoc (Gráfico 3.26n). En cuanto al selenio y al cromo, la concentración de ambos elementos se mantuvo por debajo de 0,002 mg/L (Gráficos 3.26ñ y 3.26o). Por su parte, el cadmio total y el cobre total mostraron incrementos de concentración

aguas abajo del punto H-2, registrando en el punto H-3 valores por encima de los ECAs correspondientes (Gráficos 3.26p y 3.26q). Tanto el cadmio disuelto como el cobre disuelto mostraron patrones de variación similares a los de sus concentraciones totales.

Del mismo modo, la concentración de hierro total mostró un incremento progresivo aguas abajo del punto H-2, hasta el punto H-3. Este incremento progresivo es un indicador de la existencia de drenajes de bocaminas y de desmontes de roca en dicho tramo. Tanto la concentración de hierro disuelto como la de hierro total mostraron un patrón de variación similar (Gráfico 3.26r). Por último, el níquel total mostró concentraciones por debajo del ECA respectivo a lo largo del tramo evaluado, con excepción del punto H-3 en donde registró 0,034 mg/L, valor por encima del ECA. La concentración de níquel disuelto mostró el mismo patrón de variación que el níquel total (Gráfico 3.26s).

En el mes de octubre, el arsénico total excedió el ECA para la Clase III de la Ley General de Aguas (0,2 mg/L) aguas abajo de Hualgayoc en los puntos SWQ-11 (0,444 mg/L) y SWQ-15 (0,215 mg/L) (Tabla 3.38). Asimismo, en dichos puntos las concentraciones de arsénico disuelto fueron de 0,187 mg/L y 0,204 mg/L, respectivamente. El cadmio total registró excesos con respecto al ECA respectivo (0,05 mg/L) en los puntos MESA (0,096 mg/L), SWQ-11 (0,413 mg/L) y SWQ-15 (0,491 mg/L). En dichas estaciones el cadmio disuelto registró niveles de 0,0898 mg/L; 0,414 mg/L y 0,505 mg/L; respectivamente. El cobre total excedió el ECA respectivo (0,5 mg/L) en los puntos MESA (1,25 mg/L), SWQ-11 (1,57 mg/L) y SWQ-15 (6,11 mg/L). El cobre disuelto en las citadas estaciones registró concentraciones de 1,17 mg/L; 1,6 mg/L y 6,3 mg/L respectivamente. La concentración de níquel total registrada excedió el ECA respectivo (0,002 mg/L) en los puntos MESA (0,014 mg/L), H-3₀ (0,00217 mg/L), SWQ-11 (0,017 mg/L) y SWQ-15 (0,138 mg/L). Las concentraciones de níquel disuelto en las citadas estaciones fueron 0,0133 mg/L; 0,00192 mg/L; 0,0175 mg/L y 0,142 mg/L, respectivamente. El plomo total excedió el ECA correspondiente (0,1 mg/L) en los puntos MESA (0,174 mg/L), SWQ-11 (0,242 mg/L) y SWQ-15 (0,867 mg/L). El plomo disuelto registró en dichas estaciones concentraciones de 0,137 mg/L, 0,241 mg/L y 0,668 mg/L respectivamente. El zinc total excedió el ECA respectivo (25 mg/L) en los puntos SWQ-11 (47,3 mg/L) y SWQ-15 (85,1 mg/L). En el caso del zinc disuelto, las concentraciones registradas en las estaciones indicadas fueron 48,1 mg/L y 88,7 mg/L respectivamente. La diferencia entre los resultados obtenidos para el zinc disuelto (mayores) y los obtenidos para el zinc total (menores) no es estadísticamente significativa ya que la diferencia porcentual relativa entre ambos (1,69%) se encuentra por debajo del porcentaje de error relativo de los métodos analíticos empleados. El porcentaje de

dispersión relativo (%RPD) para zinc total en dicho análisis fue 11,4%, mientras que para el análisis de zinc disuelto el %RPD fue 4,03%. Es decir, que el porcentaje de error en la precisión del análisis es mayor que la diferencia porcentual registrada entre las concentraciones de zinc disuelto y zinc total, por lo que en ningún caso debe interpretarse que la concentración de zinc disuelto excede a la de zinc total y que en el mejor de los casos las concentraciones de ambos son iguales.

En el mes de febrero, durante la temporada húmeda, los ECAs para el plomo (0,1 mg/L), cobre (0,5 mg/L) y cadmio (0,05 mg/L) totales fueron excedidos en las aguas del río Hualgayoc únicamente aguas abajo del puente Tahona (H-3) donde se registraron 0,15; 0,54 y 0,0672 mg/L; respectivamente (Gráficos 3.27i, 3.27j y 3.27ñ). El níquel total excedió el ECA respectivo (0,002 mg/L) en los puntos H-3₀ (0,00223 mg/L) y H-3 (0,0102 mg/L) según se muestra en el Gráfico 3.27q. En la quebrada Mesa de Plata, antes de su confluencia con el río Hualgayoc (MESA), la concentración de plomo, cobre, cadmio y níquel totales excedieron los ECAs respectivos al registrar 0,201; 0,874; 0,0898 y 0,0138 mg/L, respectivamente (Tabla 3.38). En el punto SWQ-11 el plomo, cobre, cadmio y níquel excedieron los ECAs respectivos al registrar (0,151; 1,21; 0,0503 y 0,0096 mg/L; respectivamente). En el punto SWQ-15 el plomo, el cadmio y el níquel totales excedieron los ECAs respectivos al registrar valores de 0,109; 0,0617 y 0,0072 mg/L, respectivamente. En el río Llaucán, aguas arriba de Bambamarca (BA-02), así como en el río Llaucano aguas abajo de Bambamarca (H-4) el plomo, cobre, cadmio y níquel totales se mantuvieron por debajo de los ECAs respectivos. En cuanto al hierro total, como indicador de generación de DAR en el río Hualgayoc, éste registró su mayor concentración aguas abajo del puente Tahona (H-3) con 25,0 mg/L (Gráfico 3.27o).

La quebrada Mesa de Plata, antes de su confluencia con el río Hualgayoc, registró un valor de 44,2 mg/L de hierro total (Tabla 3.38) lo que se refleja en el río Hualgayoc, aguas abajo del pueblo de Hualgayoc (H-3₀) donde se registró un valor de 9,58 mg/L (Gráfico 3.27o). El zinc (Gráfico 3.27k), arsénico (Gráfico 3.27l), mercurio (Gráfico 3.27m), selenio (Gráfico 3.27n) y cromo (Gráfico 3.27p) totales en los puntos H-2, H-3₀, H-3 y H-4 no registraron excedencias de los ECAs respectivos. En la quebrada Mesa de Plata (MESA), así como en los puntos SWQ-15 y BA-02 las concentraciones de zinc, mercurio, selenio y cromo se mantuvieron por debajo de los ECAs correspondientes. El arsénico total excedió el ECA respectivo (0,2 mg/L) en el punto SWQ-11 (0,219 mg/L). Las concentraciones de zinc, mercurio, selenio y cromo totales en el punto SWQ-11 se mantuvieron por debajo de los ECAs respectivos. Con relación al níquel total, sin embargo, se debe señalar que en ninguno de los puntos

muestreados se excedieron los valores guía internacionales (CCME y ANZECC) referidos al comienzo de la presente discusión (0,2 mg/L). El cianuro WAD en la cuenca del río Hualgayoc registró concentraciones que estuvieron por debajo del ECA respectivo en todos los puntos (Gráfico 3.27r) y fueron inferiores al límite de detección del método analítico (<0,005 mg/L).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Las concentraciones de DBO registradas en el mes de mayo, al comienzo de la temporada seca, no excedieron en ningún caso el ECA respectivo (15 mg/L). La mayor concentración fue registrada en el punto H-3 (2 mg/L) y las menores concentraciones, registradas en los puntos H-1 y H-2, estuvieron por debajo del límite de detección del método analítico. En el mes de octubre, se excedió el ECA en los puntos H-4 (26,1 mg/L), y BA-02 (40,3 mg/L) (Tabla 3.38).

En el mes de febrero, durante la temporada húmeda, la DBO las aguas del río Hualgayoc excedieron el ECA respectivo aguas abajo del pueblo de Hualgayoc (H-3₀) y también en el río Llaucán, aguas arriba de Bambamarca (BA-02), al registrar 68,0 y 35,6 mg/L respectivamente. En el punto SWQ-15 también se excedió el ECA respectivo al registrarse un valor de 17,4 mg/L.

Bacterias coliformes

En el mes de mayo se tomaron muestras para análisis de bacterias coliformes en los puntos H-1, H-2 y H-3. Se superaron los ECAs para bacterias coliformes totales en H-1 (16 000 NMP/ 100mL) y H-3 (> 16 000 NMP/ 100mL), mientras que las bacterias coliformes fecales excedieron el ECA respectivo únicamente en H-3 (3 500 NMP/ 100mL).

En el mes de julio se tomaron muestras para coliformes en los puntos H-2, H-3₀, H-3 y H-4. El ECA para coliformes totales fue excedido en H-2 (>16 000 NMP/ 100mL), en H-3₀ (30 000 NMP/ 100mL) y en H-4 (>16 000 NMP/ 100mL). En cuanto a las coliformes fecales, los valores registrados en H-2 (16 000 NMP/ 100mL), en H-3₀ (4 100 NMP/ 100mL) y en H-4 (>16 000 NMP/ 100mL) superaron el ECA respectivo.

En el mes de octubre se colectaron cinco muestras para análisis de bacterias coliformes en los puntos H-3₀, H-4, SWQ-11, SWQ-15 y BA-02. El ECA para bacterias coliformes totales fue excedido en H-3₀ (>16 000 NMP/ 100mL) y en H-4 (>16 000 NMP/ 100mL). En cuanto a coliformes fecales, el ECA respectivo fue excedido únicamente en el punto H-3₀ (>16 000

NMP/100 mL), el cual se ubica aguas abajo del pueblo de Hualgayoc. Los resultados del análisis bacteriológico se presentan en la Tabla 3.38.

En el mes de febrero, durante la temporada húmeda, la población de bacterias coliformes totales en el río Hualgayoc excedió el ECA respectivo en los puntos H-3₀ (>16 000 NMP/ 100mL) y H-4 (>16 000 NMP/ 100mL). En cuanto a las bacterias coliformes fecales el ECA respectivo fue excedido en los puntos H-1 (1 400 NMP/ 100mL), H-3₀ (>16 000 NMP/ 100mL) y H-4 (> 16 000 NMP/ 100mL).

3.1.11.3 Línea base de calidad de agua de canales de riego

Esta sección sintetiza los datos obtenidos en los puntos de muestreo ubicados en los canales de riego ubicados en las cercanías del área del proyecto, en los meses de julio y diciembre del 2004 y febrero del 2005. Los valores registrados han sido comparados con los ECA establecidos en la Ley General de Aguas D. L. N°17752 y su modificatoria D.S. N° 007-83-SA y D.S. N° 003-2003-SA (Clase III). La información detallada de estos resultados se presenta en la Tabla 3.40. Los canales identificados para tomas de muestra fueron los canales San José, Lipia, Villena, Chorro Rosario, Las Águilas, Gualte y Tres Amigos.

Adicionalmente y como parte de la línea base, durante el mes de febrero se realizó un inventario de los canales de riego existentes en la zona del río Tingo- Maygasbamba (Tabla 3.40 y Figura 3.22b). Dicho inventario abarcó los canales que atraviesan las comunidades de Pilancones, Maraycucho, Pújupe, Palo Blanco, Apán Alto, Mulla, Cumbe, Chontabamba, Achorco, La Lucma, La Unión, Chontabamba Bajo, San José del Cumbe, Agomarca, Mayhuas, El Capulí, Ahijadero, Pampagrande y Maygasbamba. Dichos canales de acuerdo con la información levantada en las comunidades sirven a un total de alrededor de 700 usuarios. Durante el trabajo de campo se estableció que la distancia de la desembocadura de la quebrada Las Gordas a la bocatoma del primer canal aguas abajo (Pilancones) es de 2,61 km.

Parámetros fisicoquímicos

En el mes de julio, en el canal San José el pH y la conductividad específica registraron valores de 8,46 y 402 $\mu\text{S}/\text{cm}$; respectivamente. En el mes de diciembre se colectaron muestras en el campo para la determinación de pH y conductividad específica determinándose en el caso del pH valores que variaron entre 6,94 (Canal Lipia) y 8,24 (Chorro Rosario). Los valores de conductividad específica variaron entre 48 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Canal Lipia) y 278 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Canal Gualte).

En el mes de febrero los valores de pH registrados variaron entre 6,88 (Canal Las Águilas) y 8,01 (Chorro Rosario). Los valores de conductividad específica variaron entre 59 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Canal Las Águilas) y 359 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Canal El Gualte). Los resultados analíticos se muestran en la Tabla 3.40.

Parámetros generales

Las concentraciones de STD en todos los canales muestreados en julio y diciembre fueron consistentes con los valores registrados de conductividad específica y el valor máximo registrado fue 191 mg/L en el canal El Gualte. El valor mínimo de STD (41 mg/L) fue registrado en el canal Lipia. Asimismo, los STS mostraron su mayor valor en el canal Chorro Rosario (612 mg/L) y su menor valor (3 mg/L) en el canal Lipia. La alcalinidad total presenta valores bajos en todos los canales muestreados, alcanzando su mayor valor (65 mg/L) en el canal El Gualte y su menor valor (10 mg/L) en el canal Villena. En cuanto a la concentración de sulfatos, los valores registrados son moderados, siendo el mayor valor registrado de 63 mg/L en el canal El Gualte y el menor valor registrado 21 mg/L en el canal Tres Amigos. Los resultados analíticos de laboratorio se muestran en la Tabla 3.40.

Las concentraciones de STD en todos los canales muestreados en el mes de febrero fueron consistentes con los valores registrados de conductividad específica siendo el mayor valor registrado de 217 mg/L (Canal El Gualte). Asimismo, los STS registraron su mayor valor (45 mg/L) en Chorro Rosario. La alcalinidad total presentó valores bajos en todos los canales muestreados al igual que en el muestreo de diciembre y fluctuaron entre 10 mg/L (Canal Las Águilas) y 98 mg/L (Canal El Gualte). En cuanto a la concentración de sulfatos esta varía entre 16 mg/L (Canal Lipia) y 94 mg/L (Canal El Gualte). Los resultados analíticos se presentan en la Tabla 3.40.

Nitratos

Con excepción del canal Tres Amigos, los demás canales excedieron el ECA establecido para las concentraciones de nitratos (0,1 mg/L) en el mes de diciembre. La mayor concentración de N-nitratos más nitritos registrada fue de 0,438 mg/L, en el canal El Gualte y el menor valor (0,055 mg/L) se registró en el canal Tres Amigos. En el mes de febrero las concentraciones de nitratos más nitritos excedieron el ECA respectivo en los canales El Gualte (0,169 mg/L) y Las Águilas (0,265 mg/L). En ningún caso, sin embargo, las concentraciones de nitratos más nitritos superaron los valores guía internacionales referidos a principios de la presente discusión (CCME y ANZECC).

Cianuro total

Las concentraciones de cianuro total se mantuvieron, en todos los casos por debajo del límite de detección (0,005 mg/L), menos el Canal Las Águilas, que presentó 0,007 mg/L.

En el mes de febrero, la concentración de cianuro WAD, se mantuvo por debajo del ECA respectivo (D.S. N° 003-2003-SA) en todos los canales muestreados.

Metales totales y disueltos

La línea base para canales de riego comprendió un muestreo de metales totales y disueltos. En el mes de diciembre para el caso del plomo total, se excedió el ECA respectivo (0,1 mg/L) en los canales El Gualte (0,275 mg/L) y Chorro Rosario (1,0 mg/L). Las concentraciones de cobre, arsénico, mercurio, zinc, selenio, cadmio y cromo totales permanecieron por debajo del ECA respectivo en todos los canales muestreados. El níquel total excedió el ECA respectivo (0,002 mg/L) en el canal Villena (0,00252 mg/L) y en el canal Chorro Rosario (0,00624 mg/L); dicha concentración se encuentra, sin embargo, por debajo del valor guía referido al comienzo de la presente discusión (CCME y ANZECC).

Las mayores concentraciones de cobre total (0,217 mg/L), cadmio total (0,0106 mg/L), arsénico total (0,148 mg/L), selenio total (0,0015 mg/L), cromo total (0,0049 mg/L) y zinc total (1,83 mg/L), en el mes de diciembre se presentaron en el canal Chorro Rosario. El mercurio, en el mes de diciembre, registró concentraciones por debajo del límite de detección del método analítico en todos los casos.

En cuanto a los metales disueltos, el zinc (0,16 mg/L), el cadmio (0,000923 mg/L) y el níquel (0,00082 mg/L) registraron su mayor concentración en el canal Las Águilas. El cobre, el plomo y el arsénico disueltos en el canal Chorro Rosario (0,152 y 0,0203, 0,0123 mg/L, respectivamente) registraron las mayores concentraciones de los canales muestreados. Para los casos de mercurio, selenio y cromo, las concentraciones registradas estuvieron por debajo del límite de detección analítico del método respectivo.

En el mes de febrero, en la temporada húmeda, el plomo total en Chorro Rosario (0,30 mg/L) fue la única excedencia registrada en cuanto a metales totales. La mayor concentración de cobre total (0,0845 mg/L), cadmio total (0,0028 mg/L), arsénico (0,0645 mg/L) y zinc total (0,481 mg/L) se presentaron en el canal Chorro Rosario. En cuanto a los metales disueltos las mayores concentraciones de arsénico (0,00624 mg/L), cadmio (0,000644 mg/L) y níquel (0,00075 mg/L) se registraron en el Canal El Gualte.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La DBO en los canales muestreados durante el mes de diciembre se mantuvo por debajo del ECA respectivo (15 mg/L) en todos los casos, siendo la mayor concentración la registrada en el canal Tres Amigos (2,6 mg/L). En todos los demás canales, la DBO registró concentraciones por debajo del límite de detección del método analítico. En el mes de febrero la DBO se mantuvo por debajo del ECA respectivo en todos los canales muestreados, registrándose la mayor concentración en Chorro Rosario (4,2 mg/L).

Bacterias coliformes

Las poblaciones de bacterias coliformes totales y fecales permanecieron por debajo de los ECAs respectivos en todos los canales muestreados en el mes de diciembre, a excepción del canal Chorro Rosario donde se registró 5 000 NMP/ 100mL de bacterias coliformes fecales y 9 000 NMP/ 100mL de bacterias coliformes totales (los ECAs son de 1 000 y 5 000 NMP/ 100mL, respectivamente). De los demás canales muestreados en diciembre, la mayor población de coliformes totales (1 400 NMP/100 mL) fue la registrada en el canal Lipia y la menor población de coliformes totales (40 NMP/100 mL) correspondió al canal El Gualte. En cuanto a las bacterias coliformes fecales, la mayor población entre los canales que no exceden los ECAs respectivos fue registrada en el canal Lipia (700 NMP/100 mL) y la menor población (20 NMP/100 mL) se registró en el canal Tres Amigos. En el mes de febrero, las mayores poblaciones de bacterias coliformes totales y fecales (450 NMP/ 100mL) se registraron en el Canal Villena, por debajo del ECA correspondiente, mientras que las menores poblaciones de coliformes fecales y totales correspondieron al canal Tres Amigos (<20 NMP/ 100mL).

3.1.11.4 Proyecto de suministro de agua potable Manuel Vásquez

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, el pH tanto en la captación (MV-E) como a la salida de la tubería (MV-S) está en el rango de neutralidad (7,03 y 7,79; respectivamente) (Tabla 3.41). La conductividad específica registra valores de 219 y 218 μ S/cm y el OD concentraciones de 7,23 y 7,39 mg/L, respectivamente. Los sólidos totales disueltos en la captación registraron un valor de 72 mg/L, mientras que en la salida de la tubería el valor fue de 108 mg/L. Los STS registraron en ambos puntos de muestreo concentraciones por debajo de los 3 mg/L. La alcalinidad total en la captación y en la salida de la tubería registró valores de 89 y 88 mg/L respectivamente, mientras que la concentración de sulfatos en ambos puntos registró un valor de 22 mg/L.

La concentración de N-nitratos estuvo por encima del ECA correspondiente para la Clase I en ambos puntos (0,309 y 0,310 mg/L) pero por debajo de los valores guía internacionales (OMS, CCME y USEPA). La concentración de cianuro WAD se mantuvo por debajo del ECA respectivo en ambos puntos. Las concentraciones de todos los metales totales analizados registraron valores por debajo de los ECAs respectivos. El material extraíble en hexano (MEH) registró concentraciones por debajo del límite de detección (< 5 mg/L). Los fenoles registraron concentraciones (0,016 y 0,005 mg/L) por encima del ECA respectivo (0,0005 mg/L) aunque por debajo del valor guía de la OMS (0,02 mg/L) mientras que las sustancias activas en azul de metileno (SAAM) o detergentes registraron concentraciones por debajo del ECA correspondiente. Los hidrocarburos poliaromáticos (PAHs) registraron concentraciones por debajo de los valores guía de la OMS. Los ésteres de ftalatos, los PCBs y los pesticidas organoclorados y organofosforados registraron concentraciones por debajo de los ECAs respectivos.

3.1.11.5 Resultados del monitoreo de efluentes de Mina Carolina

El monitoreo regular de efluentes realizado por Sociedad Minera Corona en la mina Carolina registró información de calidad de efluentes que está referida a la R.M N° 011-96-EM/VMM. La información registrada comprendió datos acopiados entre enero del 2000 y setiembre del 2004 por el personal de la Mina Carolina (Tabla 3.42) y se refiere a los efluentes de las cuatro estaciones de monitoreo comprendidos en su PAMA. Dichas estaciones de monitoreo comprenden: el efluente del depósito de relaves La Jalca (UPC-01), el drenaje de la cancha de relaves saturada (UPC-02), agua de mina proveniente de la bocamina Alfa nivel 3668 (UPC-03) y agua de mina proveniente de la bocamina Tingo nivel 3485 (UPC-04).

En la estación UPC-01 se registraron valores de pH por encima del LMP (10,5) establecido por la norma en once de las treinta y siete oportunidades en que fue monitoreado. Los sólidos totales suspendidos excedieron el LMP respectivo (100 mg/L) en cuatro oportunidades, el hierro disuelto excedió el LMP correspondiente (5,0 mg/L) en cinco oportunidades, mientras que el plomo y el zinc disueltos excedieron los LMP (0,4 3,0 mg/L y 3,0 mg/L, respectivamente) en veintidós y ocho oportunidades, respectivamente.

En la estación UPC-02 no se registraron valores de pH por encima del LMP establecido por la norma en ninguna de las cuarenta y cuatro oportunidades en que fue monitoreada. Del mismo modo los sólidos totales suspendidos se mantuvieron por debajo del LMP respectivo en todos los monitoreos realizados. El hierro disuelto excedió el LMP correspondiente en tres oportunidades,

mientras que el plomo y el zinc disueltos excedieron los LMP en doce y cuatro oportunidades, respectivamente.

En la estación UPC-03 no se registraron valores de pH por encima del LMP establecido por la norma en ninguna de las cuarenta y cuatro oportunidades en que fue monitoreada. Los sólidos totales suspendidos excedieron el LMP respectivo en uno de los cuarenta y cuatro monitoreos realizados. El hierro, el plomo y el zinc disueltos excedieron los NMPs respectivos en una sola oportunidad.

En la estación UPC-04 se registraron valores de pH por encima del LMP establecido por la norma en 3 oportunidades. Los sólidos totales suspendidos excedieron el LMP respectivo en veintiséis de los cuarenta y cuatro monitoreos realizados. El hierro, el plomo y el zinc disueltos excedieron los NMPs respectivos en veintitrés oportunidades.

El registro de datos de monitoreo de efluentes muestra que casi la totalidad de las excedencias registradas ocurrieron entre enero del 2000 y diciembre del 2001. A partir de la toma de muestras de julio del 2002 se observan notorias mejorías en la calidad de los efluentes, con únicamente dos excedencias de STS en la estación UPC-01 en mayo y junio del 2004 y 5 excedencias en UPC-04 entre julio y noviembre de 2002, así como una excedencia de zinc disuelto (3,52 mg/L) en UPC-04 en junio del 2004. Todos los demás parámetros monitoreados en las cuatro estaciones citadas se mantuvieron por debajo de los LMP respectivos a partir de julio del 2002.

Durante el periodo documentado para el monitoreo de efluentes de mina Carolina se observa una mayor proporción de incumplimiento con la R.M N° 011-96-EM/VMM en cuanto a metales disueltos en las estaciones de monitoreo UPC-01 (efluente de la relavera La Jalca) y en UPC-04 (efluente de la bocamina Tingo). La calidad de los efluentes de mina Carolina registró una mejora notoria luego de diciembre del 2001. A partir del año 2002 se observa una reducción muy notoria en los niveles de concentración de plomo, hierro, cobre y zinc disueltos, como consecuencia de la reducción y cierre posterior de actividades (la Mina Carolina interrumpió sus actividades el año 2003).

3.1.11.6 Discusión de los resultados obtenidos en la línea base con los resultados de estudios anteriores

En las Tablas 3.43 y 3.44 se bosqueja una comparación entre los resultados obtenidos por los estudios de Línea Base realizados por Knight Piésold (1996), Water Management Consultants (2001), Vector (2001) y el actual estudio de Knight Piésold (2004-2005) para río Tingo. Para

las muestras colectadas en el río Tingo en la temporada seca, de manera conservadora se tomaron como referencia los valores más bajos de Knight Piésold (1996) correspondientes al mes de setiembre junto con los del mes de julio del 2001 y 2004 (Vector y Knight Piésold, respectivamente) y los de octubre del 2000 (Water Management Consultants) con la finalidad de examinar las tendencias de los parámetros durante la temporada seca (Tabla 3.43). Los grupos de valores comparados se han seleccionado tratando de reducir el sesgo por diferencias de estacionalidad (temporada seca y húmeda). Para las muestras colectadas en el río Tingo en la temporada húmeda se tomaron como referencia los datos obtenidos por Knight Piésold (1996) en enero y abril de 1995, con los de febrero del 2001 (Water Management Consultants) y los datos colectados en febrero del 2005 por Knight Piésold (Tabla 3.44). En el caso de las muestras colectadas para el río Hualgayoc en la temporada seca, fue posible comparar los resultados obtenidos durante el mes de julio de los años 1995 (Knight Piésold), 2001 (Vector) y 2004-2005 (Knight Piésold) con los de octubre del 2000 (Water Management Consultants, 2001) y que se muestran la Tabla 3.45. Las muestras colectadas para el río Hualgayoc en la temporada húmeda (febrero del 2005) fueron comparadas con los resultados obtenidos por Knight Piésold en enero de 1995 y los obtenidos en febrero del 2001 (Water Management Consultants) y que se muestran en la Tabla 3.46.

Debido a que los resultados comparados corresponden a muestras recogidas con distintos métodos, en lugares que no coinciden exactamente, en diferentes momentos del año y analizadas por diferentes laboratorios con diferentes técnicas y diferentes límites de detección, la presente comparación es únicamente referencial pero permite tener una idea de la tendencia general en cuanto a mayores y menores niveles de elementos en determinadas porciones de cada una de las cuencas. Así por ejemplo, en las Tabla 3.43 y 3.44 (temporadas seca y húmeda, respectivamente) puede observarse que los niveles más bajos de metales totales (As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn) se registran en la porción alta del sector evaluado del río Tingo, mientras que los niveles de concentración más altos se presentan en los niveles medio y bajo del sector evaluado del mismo río. En cuanto a la cuenca del río Hualgayoc, los datos muestran que las concentraciones de varios metales (Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn) son significativamente mayores (temporadas seca y húmeda) en las aguas de la quebrada Mesa de Plata que en el sector del río Hualgaoc ubicado aguas arriba del poblado de Hualgayoc (Tablas 3.45 y 3.46). Los antecedentes (WMC, 2001) señalan como principal fuente del impacto en la calidad de agua del río Hualgayoc a la quebrada Mesa de Plata, debido a que recoge los efluentes provenientes de las antiguas operaciones mineras ubicadas al noreste de Cerro Corona. La tendencia observada en trabajos previos (Knight Piésold, 1996; Water Management Consultants, 2001; Vector, 2001) a mostrar mayores concentraciones de metales

totales en el drenaje de Mesa de Plata se mantuvo en los trabajos de muestreo realizados entre los años 2004 y 2005.

La relativamente elevada concentración de sulfatos (639 y 549 mg/L, en temporada seca y húmeda), la elevada concentración de sólidos totales suspendidos (102 y 100 mg/L) y la prácticamente ausencia de alcalinidad total (<0,1 mg/L) registrados entre los años 2004 y 2005 (temporada seca y temporada húmeda) mostrados en la Tabla 3.38 confirman la generación de drenaje ácido en la zona de la quebrada Mesa de Plata.

3.1.11.7 Conclusiones

Los Gráficos 3.24a a 3.24h resumen la variación de los parámetros más representativos de la calidad de agua (pH, STD, alcalinidad total, sulfatos, cianuro WAD, Cu, Fe y Pb) en la cuenca del río Tingo, tanto para la temporada seca como para la temporada húmeda. Del análisis realizado y de la revisión de las tendencias mostradas en dichos gráficos se concluye que las aguas del río Tingo no presentan una degradación significativa de su calidad, aguas arriba de su confluencia con la quebrada Las Gordas. Aguas abajo de la confluencia con dicha quebrada y debido a la ocurrencia de drenajes provenientes de botaderos de desmonte, de la confluencia de las quebradas La “M” y San Lorenzo y de la descarga de la planta de tratamiento de agua de Mina Carolina, ocurre una degradación significativa en la calidad del río Tingo en cuanto a contenido de metales totales, sólidos totales suspendidos y cianuro WAD que persiste aguas abajo del área del proyecto incluso hasta la altura del puente Pújupe. La presencia de bacterias coliformes fecales y totales detectada en algunos puntos de muestreo está asociada a la existencia de descargas de aguas residuales domésticas de pequeñas comunidades, así como a actividades de pastoreo en la zona.

Los Gráficos 3.28a a 3.28h resumen la variación de los parámetros más representativos de la calidad de agua (pH, STD, alcalinidad total, sulfatos, cianuro total y cianuro WAD, Cu, Fe y Pb) en la cuenca del río Hualgayoc tanto para la temporada seca como para la temporada húmeda. Del análisis realizado y de la revisión de las tendencias mostradas en dichos gráficos se concluye que las aguas del río Hualgayoc no presentan una degradación significativa de su calidad, aguas arriba del pueblo de Hualgayoc. Aguas abajo de la confluencia con la quebrada Mesa de Plata (altamente afectada por la presencia de pasivos mineros) ocurre una degradación de la calidad del agua del río Hualgayoc en cuanto a metales totales y sólidos totales suspendidos que se agrava aguas abajo por los efectos de la presencia de pasivos ambientales y actividades mineras existentes, tal como se observa aguas abajo del puente Tahona y en las quebradas aledañas (puntos SWQ-11 y SWQ-15). La presencia de bacterias coliformes fecales y totales detectada en

algunos puntos de muestreo está asociada a la existencia de descargas de aguas residuales domésticas de pequeñas comunidades y a actividades de pastoreo aguas arriba del pueblo de Hualgayoc. Aguas abajo del pueblo de Hualgayoc, los niveles de bacterias coliformes fecales y totales en el agua del río se ven significativamente incrementadas debido a las descargas de aguas residuales domésticas del pueblo.

Los diagramas de Piper mostrados en los Gráficos 3.29 y 3.30 ilustran el aumento gradual en la predominancia de sulfatos aguas abajo de la quebrada Las Gordas en el caso del río Tingo y el Gráfico 3.31 ilustra el aumento en la predominancia de sulfatos aguas abajo de quebrada Mesa de Plata en el caso del río Hualgayoc. Dicho aumento en predominancia de sulfatos es un indicador de la oxidación de sulfuros metálicos (pirita de hierro) y de la consiguiente generación de DAR.

En cuanto a la calidad de agua en los canales de riego muestreados, los resultados muestran concentraciones de plomo total en los canales El Gualte y Chorro Rosario que excedieron el ECA respectivo por lo que es importante considerar el monitoreo del agua de los canales especialmente en cuanto a metales totales. El níquel excedió el ECA respectivo en los canales Villena y Chorro Rosario muestreados en diciembre pero se mantiene por debajo de los valores guía internacionales para aguas de riego citados. Las concentraciones de nitratos más nitritos registradas en ningún caso excedieron los valores guía internacionales referidos en el presente estudio. Únicamente en el canal Chorro Rosario se excedió el ECA para bacterias coliformes fecales y totales durante el muestreo de diciembre.

El agua captada por el proyecto Manuel Vásquez así como en la salida de la tubería es adecuada para consumo humano salvo, por el contenido de compuestos fenólicos que excede el ECA respectivo. Los compuestos fenólicos en las concentraciones registradas pueden provenir de la descomposición de sustancias húmicas presentes en materia vegetal y afecta únicamente el sabor del agua en los niveles de concentración registrados, aunque las concentraciones registradas no exceden el valor guía de la OMS. Sólo se detectó presencia de bacterias coliformes fecales a la entrada de la tubería Manuel Vásquez, en ausencia de DBO. El agua captada por el proyecto Manuel Vásquez sin tratamiento previo no es apta para consumo humano.

3.1.12 Calidad de aguas subterráneas

Esta sección sintetiza los datos obtenidos en los puntos de muestreo de agua subterránea. Al no existir una norma nacional que establezca los estándares de calidad en aguas subterráneas se utilizó para las comparaciones la Ley General de Aguas D. L. N°17752, su reglamento D.S.

N° 007-83-S.A y su modificatoria D.S N° 003-2003-SA considerando los valores establecidos para aguas de Clase I. Asimismo, los resultados fueron comparados con normas internacionales OMS (Organización Mundial de la Salud), USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) y CCME. Con relación a los ECAs, al igual que en la discusión para aguas superficiales, es importante señalar que para el caso de N-Nitratos el ECA para la clase I (0,01 mg/L) es significativamente menor que los valores guía internacionales correspondientes tal como el del CCME (10 mg/L), la OMS (11,3 mg/L) y la USEPA (10 mg/L). Asimismo, para el caso del níquel total el ECA para la clase I (0,002 mg/L) es significativamente menor que los valores guía internacionales correspondientes tal como el de la OMS (0,02 mg/L) y la USEPA (0,1 mg/L).

El total de estaciones muestreadas durante la evaluación realizada por Knight Piésold entre los años 2004 y 2005 se muestra en la Figura 3.23 y la información detallada de los resultados se presenta en las Tablas 3.47 hasta la 3.49. Los resultados obtenidos en el presente estudio son comparados en forma tabulada con los reportados en estudios previos (Knight Piésold 1996 y Water Management Consultants, 2001) en las Tablas 3.50, 3.51, 3.53 y 3.54. A continuación se describe la calidad de las aguas subterráneas (piezómetros) y de los manantiales muestreados; éstos últimos en temporada seca (mayo- diciembre del 2004) y temporada húmeda (febrero del 2005). Los informes de laboratorio así como los certificados de control y aseguramiento de la calidad correspondiente se adjuntan en el Anexo D6.

3.1.12.1 Pozos de agua subterránea

Se realizaron mediciones y se tomaron muestras en los piezómetros de la relavera La Jalca denominados P-3A y P-3B, en los piezómetros cercanos a la planta concentradora denominados P-1A, P-2A y P-2B, así como también, en los piezómetros denominados GWW-01 (quebrada Las Gordas), W-1 y W-2 (cerro Corona). Todos los resultados del muestreo de piezómetros realizado durante el presente estudio se presentan en la Tabla 3.47.

Los valores de pH en todos los piezómetros muestreados se encontraron cercanos a la neutralidad. La conductividad específica fue relativamente elevada en los piezómetros P-1A, P-2B, P-3B y P-2A registrándose valores entre 1 048 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1 108 $\mu\text{S}/\text{cm}$; dichos valores son consistentes con los contenidos de STD, los cuales variaron entre 1 495 mg/L y 1 585 mg/L. Los valores de conductividad específica en los piezómetros P-3A y W-2 (723 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 141 $\mu\text{S}/\text{cm}$) son consistentes con los valores registrados de STD (1 045 mg/L y 211 mg/L) reflejan que se trata de aguas que proceden de acuíferos distintos y diferenciados de los correspondientes a los primeros cuatro piezómetros citados. Por otra parte, la

conductividad específica en el piezómetro W-1 fue baja (56 $\mu\text{S}/\text{cm}$) al igual que el contenido respectivo de STD (85 mg/L). Con relación al piezómetro GWW-01 la conductividad específica (117 $\mu\text{S}/\text{cm}$) fue relativamente baja con un valor de STD también significativamente bajo (50 mg/L).

La alcalinidad total en todos los piezómetros en el área de la presa y de la planta concentradora varió entre 10,9 y 25,3 mg/L y esto se debe mayormente al contenido de bicarbonatos. Los piezómetros en el área del cerro Corona (W-1 y W-2) presentaron valores de alcalinidad marcadamente distintos a los del área de la relavera Jalca y de la planta concentradora (<0,1 mg/L en W-1 y 119 mg/L en W-2). Así también, los mayores niveles de sulfatos en los piezómetros P-1A, P-2B, P-3B y P-2A (entre 1 470 mg/L y 1 802 mg/L) en comparación con los piezómetros W-1 y W-2 (45,1 mg/L y 54,4 mg/L, respectivamente), reflejan diferencias entre los acuíferos. La concentración de sulfatos en el piezómetro P-3A (855,6 mg/L), fue menor a los 1 470 mg/L detectados en el piezómetro P-3B también ubicado en la relavera La Jalca. El contenido de sulfatos en el piezómetro GWW-01 (34,6 mg/L) fue relativamente bajo. La OMS recomienda un máximo concentración de sulfatos de 400 mg/L por razones organolépticas y los niveles de sulfatos registrados en los piezómetros P-1A (1 802 mg/L), P-2B (1 613 mg/L), P-3B (1 470 mg/L) y P-2A (1 680 mg/L) excedieron dicho valor. Los valores de STS en estos dos piezómetros (P-3A y P-3B) fueron de 35 y 944 mg/L y aunque las normas nacional e internacional existentes no establecen un límite para este parámetro en agua para consumo humano tomaremos de manera referencial el valor máximo recomendado por el Banco Mundial (BM) para efluentes (50 mg/L). El valor de STS en el piezómetro P-1A (950 mg/L), ubicado dentro del área de la planta concentradora de la Mina Carolina, fue elevado superando el valor máximo recomendado por el BM para efluentes. El valor de STS en el piezómetro GWW-01 (133 mg/L) fue moderado en comparación con los valores respectivos obtenidos en los piezómetros de la relavera pero por encima del valor máximo recomendado por el BM.

En relación con las concentraciones de cianuro WAD, en los piezómetros monitoreados las mismas se encontraron por debajo del estándar de la Clase I de la Ley General de Aguas. En los piezómetros P-2B y P-2A se excedió, sin embargo, el valor guía de la OMS para cianuro total (0,07 mg/L) al registrarse valores de 0,102 mg/L y 0,167 mg/L respectivamente. Las concentraciones de N-nitratos excedieron el límite (Clase I) en los piezómetros P-2B (0,28 mg/L), P-3B (0,62 mg/L), P-2A (0,18 mg/L), P-3A (0,17 mg/L), W-1 (0,1 mg/L) y W-2 (0,65 mg/L).

En cuanto a los metales totales, los piezómetros monitoreados registraron excedencias de los ECAs respectivos en algunos de los metales regulados por el D.L N° 17752 para la clase I.

En el piezómetro P-1A se encontraron niveles de mercurio (0,0186 mg/L), zinc (13,56 mg/L) y níquel (0,03 mg/L) por encima de los estándares establecidos para la Clase I. El cadmio total excedió el ECA para la Clase I (0,01 mg/L) y el valor guía de la OMS (0,003 mg/L) en los piezómetros P-1A (0,318 mg/L), P-2B (0,023 mg/L), P-3B (0,027 mg/L) y P-2A (0,021 mg/L). El cobre total excedió el ECA para la clase I en el piezómetro P-1A (1,143 mg/L) y W-1 (1,337 mg/L). En el piezómetro P-3B se excedió el ECA del mercurio (0,0112 mg/L). El plomo total excedió el ECA respectivo (0,05 mg/L) en todos los piezómetros monitoreados, excepto en el W-2 (0,039 mg/L), siendo el mayor valor el registrado en P-1A (15,47 mg/L).

En cuanto al hierro y al manganeso se excedieron los valores guía establecidos por la OMS (0,3 mg/L) y USEPA (0,3 mg/L) en todos los piezómetros muestreados, siendo la mayor concentración de hierro total la registrada en P-1A (427,1 mg/L) y la menor en P-3A (1,907 mg/L); mientras que la mayor concentración de manganeso se registró en P-1A (74,18 mg/L) y la menor en GWW-1 (0,511 mg/L). La plata se excedió el límite de la USEPA (0,05 mg/L) en los pozos P-1A (0,326 mg/L) y P-3B (0,091 mg/L). Por su parte, las concentraciones de selenio se mantuvieron por debajo del ECA para la clase I del D.L N° 17752 (0,01 mg/L), así como de los valores guía de la OMS (0,01 mg/L) y de la USEPA (0,05 mg/L) en todos los piezómetros muestreados.

También se detectaron concentraciones variables de hidrocarburos por debajo del estándar del CCME que establece para áreas disturbadas (Nivel III) un valor máximo aceptable de 200 mg/L. Las concentraciones de hidrocarburos poliaromáticos se encontraron por debajo de los límites de detección respectivos en todos los casos.

3.1.12.2 Manantiales

Los manantiales dentro del área de la propiedad de la mina y aquellos ubicados fuera del límite de la propiedad y que constituyen fuente de aprovisionamiento de agua para la población fueron muestreados entre mayo y diciembre del 2004, y en febrero del 2005 se incluyen los manantiales que drenan hacia la margen derecha del río Tingo denominados puntos de muestreo CG-01, CG-02 y GCH-01, cuyas coordenadas de ubicación y resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.48. Los valores de pH registrados en temporada seca y

húmeda en CG-01 (7,33 y 8,02); CG-02 (8,6 y 8,18) y GCH -01 (7,61 y 8,01) se encontraron en el rango entre neutro y ligeramente alcalino, rango normal para las aguas naturales.

Asimismo, los valores de conductividad específica en CG-01 (497 y 446 $\mu\text{S}/\text{cm}$), CG-02 (363 y 369 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y GCH-01 (404 y 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$) fueron consistentes con las concentraciones de STD en CG-01 (228 y 238 mg/L), CG-02 (172 y 195 mg/L) y GCH-01 (196 y 198 mg/L) registradas en ambas rondas de muestreo. En los tres manantiales, los valores de conductividad específica y los valores de STD indicaron concentraciones moderadas de sales. Las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) en CG-01 (5,81 mg/L), CG-02 (6,71 mg/L) y GCH-01 (6,39 mg/L) indicaron buenos grados de aireación y muy probablemente la ausencia de actividad anaeróbica. Las alcalinidades totales fueron moderadas (entre 174 mg/L y 230 mg/L en temporada seca y entre 170 y 206 mg/L en temporada húmeda) y los valores de pH registrados se debieron a la presencia de bicarbonatos del tipo $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, compuestos típicos de aguas subterráneas. Por su parte, las concentraciones de sulfatos fueron bajas (entre 9,5 mg/L y 35,8 mg/L para la temporada seca y entre 24 y 33 mg/L en temporada húmeda) y características de acuíferos predominantemente carbonatados. Respecto a las concentraciones de N-nitratos, los manantiales CG-01 (Fotografía 3.69) y GCH01 excedieron el ECA respectivo (0,01 mg/L) en temporada seca (0,45 y 0,36 mg/L en CG-01 y GCH-01; respectivamente) mientras que en temporada húmeda las concentraciones de N-nitratos más nitritos en CG-01 (0,708 mg/L), CG-02 (0,219 mg/L) y GCH-01 (0,514 mg/L) exceden el ECA de N-nitratos respectivo debido principalmente a las actividades agrícolas y de pastoreo en la zona; actividades que aportan sustancias nitrogenadas al acuífero a través de la fijación de nitrógeno por leguminosas y de las excretas de ganado, respectivamente. Es importante, sin embargo, volver a señalar que el ECA nacional establecido por la Ley General de Aguas (clase I) para N-nitratos no guarda proporción con los estándares y valores guía internacionales para calidad de agua potable (CCME, OMS y USEPA) siendo el ECA nacional menor que los valores guía internacionales en un factor de 1 000. Las concentraciones de los metales Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, As, Se y Hg se encuentran por debajo de los estándares respectivos (Ley General de Aguas – clase I) en los tres manantiales en ambas rondas de muestreo y la presencia de aceites y grasas es muy poco significativa. Los fenoles en CG-02 (0,001 mg/L) y CGH-01 (0,001 mg/L) excedieron en febrero el ECA respectivo (0,0005 mg/L) pero se mantienen por debajo del valor guía de la OMS (0,02 mg/L). Los fenoles en los niveles de concentración encontrados afectan única y ligeramente el sabor del agua. Los surfactantes aniónicos (sustancias activas al azul de metileno) registraron valores por debajo del límite de detección respectivo ($<0,1$ mg/L) para ambas rondas de muestreo y en ambos casos por debajo de los ECAs correspondientes (0,5 mg/L). El material extraíble en

hexano registró una concentración por debajo del límite de detección (<5 mg/L) para las muestras colectadas en octubre y febrero. Cabe notar que la materia extraíble en hexano muestra un ECA (0,5 mg/L), 10 veces menor que el límite de detección de las mejores técnicas de análisis existentes. Todos los metales totales presentaron concentraciones por debajo de los ECAs establecidos para la clase I del D.L N°17752. Los ésteres de ftalatos, policloruros de bifenilos, así como los pesticidas organoclorados y organofosforados analizados en ambas rondas de muestreo registraron concentraciones por debajo de los ECAs correspondientes. Las concentraciones de los hidrocarburos poliaromáticos analizados registraron, en todos los casos, concentraciones por debajo de los valores guía recomendados por la OMS. En los análisis bacteriológicos realizados para la ronda de muestreo de febrero sólo se detectó presencia de coliformes fecales (20 NMP/ 100mL) y totales (20 NMP/ 100mL) en el manantial CG-02. La DBO en los tres manantiales registró valores por debajo del ECA respectivo.

Los manantiales que drenan al río Tingo, así como los que drenan en el río Hualgayoc fueron muestreados en mayo y octubre del 2004 y en febrero del 2005 y las muestras correspondientes fueron analizadas para todos los parámetros contemplados en la Ley General de Aguas y referidos a los ECA para la clase I de la citada norma. Entre los manantiales que drenan hacia la margen izquierda del río Tingo están los denominados puntos de muestreo AP-01 y SN-01, mientras que los drenan hacia la margen derecha están los puntos de muestreo MAN-01, MAN-03 y MAN-04. Las coordenadas de ubicación y resultados de calidad de agua correspondientes se presentan en la Tabla 3.48. Los informes de laboratorio así como los certificados de control y aseguramiento de la calidad correspondiente se adjuntan en el Anexo-D6.

Con relación al manantial AP-01 (Fotografías 3.70 y 3.71) el pH fue 6,4 en octubre (ligeramente por debajo del rango de 6,5 a 8,5 aceptado por la OMS) y 7,69 en febrero, la conductividad específica fue, por otro lado 64 μ S/cm en octubre y 222 μ S/cm en febrero reflejando el moderado contenido de sales disueltas. El oxígeno disuelto (4,76 y 7,1 mg/L) reflejó un grado entre moderado y bueno de aireación. La alcalinidad total y la dureza fueron relativamente bajas, registrándose valores para la primera de 25 y 89 mg/L y de 19,5 y 105,2 mg/L para la segunda. También se registró una baja concentración de sulfatos (4 y 24 mg/L).

Los valores de los sólidos totales disueltos registrados (146 y 136 mg/L) fueron consistentes con los valores de conductividad específica respectivos. Las concentraciones de N-nitratos más nitritos registradas (0,307 y 0,358 mg/L) estuvieron por debajo del valor guía de la OMS

para N-nitratos (11,3 mg/L); así también la concentración de sulfuros fue inferior al ECA respectivo (0,002 mg/L). Las concentraciones de cianuro total y cianuro WAD (<0,005 mg/L) se mantuvieron por debajo del límite de detección en ambas rondas de muestreo y para el cianuro WAD por debajo del ECA respectivo (0,08 mg/L). Los fenoles en AP-01 excedieron en febrero (0,001 mg/L) el ECA respectivo (0,0005 mg/L) pero se mantienen por debajo del valor guía de la OMS (0,02 mg/L). Los fenoles en los niveles de concentración encontrados afectan única y ligeramente el sabor del agua. Los surfactantes aniónicos (sustancias activas al azul de metileno) registraron valores por debajo del límite de detección respectivo (0,1 mg/L) para ambas rondas de muestreo y en ambos casos por debajo de los ECAs correspondientes (0,5 mg/L). El material extraíble en hexano registró una concentración por debajo del límite de detección (<5 mg/L) para las muestras colectadas en octubre y febrero. Cabe notar que la materia extraíble en hexano muestra un ECA (0,5 mg/L), 10 veces menor que el límite de detección de las mejores técnicas de análisis existentes.

Todos los metales totales presentaron concentraciones por debajo de los ECAs establecidos para la clase I del D.L N°17752. Los ésteres de ftalatos, policloruros de bifenilos, así como los pesticidas organoclorados y organofosforados analizados en ambas rondas de muestreo registraron concentraciones por debajo de los ECAs correspondientes. Las concentraciones de los hidrocarburos poliaromáticos analizados registraron, en todos los casos, concentraciones por debajo de los valores guía recomendados por la OMS. En cuanto a las bacterias coliformes en la ronda de muestreo de octubre se detectó 2 NMP/100 mL de coliformes fecales, por encima del ECA respectivo (0 NMP/ 100mL) y 4 NMP/100 mL de coliformes totales y en febrero de 2005 se detectó 20 NMP/100 mL de coniformes totales y fecales en el punto CG-02. Los valores guía de la OMS establecen que no debe haber presencia ni de bacterias coliformes fecales ni de bacterias coliformes totales en el agua para consumo humano. La DBO registrada en AP-01 en octubre (8,4 mg/L) excedió el ECA respectivo (5 mg/L).

Con relación al manantial SN-01 que drena hacia la margen izquierda del río Tingo se determinó el pH y la conductividad en el laboratorio registrándose en temporada seca y temporada húmeda valores de pH de 7,72 y 7,80; respectivamente y valores de 427 y 438 μ S/cm para la conductividad específica. Los STD (278 y 247 mg/L; respectivamente) son consistentes con los valores de conductividad registrados. La alcalinidad en el manantial SN-01 (168 y 160 mg/L; respectivamente) fue moderada en ambas rondas de muestreo al igual que el contenido de sulfatos (63 y 73 mg/L). La concentración de N-nitratos más nitritos (0,562 y 0,445 mg/L; respectivamente) en el manantial SN-01 excede el ECA de N-

nitratos para la clase I pero se encuentra por debajo del valor guía de la OMS (11,3 mg/L). La concentración de sulfuros (<0,002 mg/L) se encuentra por debajo del ECA respectivo. El cianuro total y el cianuro WAD (<0,005 mg/L) se encuentran por debajo del ECA (0,08 mg/L) y del límite de detección respectivo. El material extraíble en hexano (<5mg/L) se encontró por debajo del límite de detección. Cabe reiterar que la materia extraíble en hexano muestra un ECA (0,5 mg/L), 10 veces menor que el límite de detección de las mejores técnicas de análisis existentes. Todos los metales analizados registran concentraciones por debajo de los ECAs respectivos. Los ésteres de ftalatos, policloruros de bifenilos, así como los pesticidas organoclorados y organofosforados analizados para las muestras colectadas en ambas rondas de muestreo registraron concentraciones por debajo de los ECA correspondientes. Las concentraciones de los hidrocarburos poliaromáticos analizados registraron, en todos los casos, concentraciones por debajo de los límites recomendados por la OMS. No se detectó presencia de bacterias coliformes fecales ni totales en este manantial en ninguno de las dos rondas de muestreo.

En el mes de febrero se identificaron y colectaron muestras de tres manantiales (MAN-01, MAN-03 y MAN-04) ubicados cerca del lindero norte fuera de la propiedad y que drenan al río Tingo por la margen derecha. Los valores de pH registrados (entre 7,81 y 8,14) estuvieron en el rango ligeramente alcalino, mientras la conductividad específica varió entre 318 y 396 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El oxígeno disuelto (entre 5,47 y 7,17 mg/L) indica grados moderados de aireación. Los STD (entre 165 y 238 mg/L) son consistentes con los valores de conductividad registrados en dichos manantiales. La alcalinidad registró valores entre 155 y 182 mg/L propios de acuíferos con predominancia de roca caliza. Los sulfatos registraron valores bajos (entre 14 y 44 mg/L). Los N-nitratos más nitritos excedieron el ECA de N-nitratos para la clase I en los manantiales MAN-03 (0,659 mg/L) y MAN-04 (0,038 mg/L), ambos valores, sin embargo por debajo de los valores guía internacionales citados al comienzo de la presente discusión (OMS, CCME y USEPA). Los sulfuros en los tres manantiales registraron valores por debajo del ECA respectivo. El cianuro WAD registró concentraciones por debajo del ECA respectivo (0,08 mg/L) en los tres manantiales muestreados. El material extraíble en hexano (MEH) registró concentraciones por debajo del límite de detección (<5 mg/L). Los fenoles excedieron el ECA respectivo (0,0005 mg/L) en MAN-03 (0,001 mg/L) aunque se mantienen por debajo del valor guía de la OMS (0,02 mg/L). Los fenoles en los niveles de concentración encontrados afectan única y ligeramente el sabor del agua. Los surfactanes aniónicos (SAAM) registraron concentraciones por debajo de los ECAs respectivos en los tres manantiales. El arsénico total excedió el ECA de la clase I (0,1 mg/L) al registrar 0,124 mg/L en MAN-01. Todo los demás metales totales analizados registraron concentraciones por

debajo de los ECAs respectivos. Los ésteres de ftalatos, policloruros de bifenilos, así como los pesticidas organoclorados y organofosforados analizados en febrero registraron concentraciones por debajo de los ECAs correspondientes. Las concentraciones de los hidrocarburos poliaromáticos analizados registraron, en todos los casos, concentraciones por debajo de los valores guía recomendados por la OMS. No se registró presencia de bacterias coliformes totales y fecales en ninguno de estos tres manantiales muestreados. La DBO para la muestra colectada en MAN-01 excedió el ECA para la clase I (5,0 mg/L) al registrar 8,5 mg/L.

En la cuenca del río Hualgayoc se muestrearon entre octubre del 2004 y marzo del 2005 siete manantiales de especial importancia porque constituyen actuales fuentes de abastecimiento de agua potable para el pueblo de Hualgayoc. Los manantiales que drenan hacia el río Hualgayoc fueron denominados AP-04, AP-05, AP-06, AP-07, AP-08, AP-09 (Fotografías 3.72 a 3.77) y Chorro Colorado cuyas coordenadas de ubicación, así como los valores correspondientes a los parámetros analizados, se detallan en la Tabla 3.49.

Los valores de pH registrados en los manantiales que drenan al río Hualgayoc se encontraron entre 6,99 y 7,69 (octubre- noviembre) y entre 6,97 y 7,84 (febrero- marzo) mientras la conductividad específica varió entre 128 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (AP-05, manantial de Coymolache) y 820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (AP-07, manantial de Mesa de Plata) en el mes de octubre y entre 175 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (AP-05) y 978 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (AP-07) en febrero. Las concentraciones de OD en octubre variaron entre 4,48 mg/L y 5,18 mg/L; y entre 5,17 y 7,7 mg/L en febrero - marzo indicando, en ambas rondas de muestreo, grados entre moderados y buenos de aireación. La alcalinidad total varió entre 38 mg/L (AP-09, manantial en la denominada Cuadratura Hualgayoc) y 158 mg/L (AP-06, manantial de Peña Blanca) en el mes de octubre y entre 78 mg/L (AP-09) y 165 mg/L (AP-06) en febrero; mientras que la dureza varió entre 55,7 mg/l (AP-05, manantial de Coymolache) y 463,5 mg/L (AP-07, manantial de Mesa de Plata) en el mes de octubre y entre 75,4 mg/L (AP-04) y 551,2 mg/L (AP-07) en febrero. La concentración de sulfatos, por otro lado, varió entre 5 mg/L (AP-05, manantial de Coymolache) y 364 mg/L (AP-07, manantial de Mesa de Plata) en octubre y entre 5 mg/L (AP-04 y AP-05) y 377 mg/L (AP-07) en febrero. Los sólidos totales disueltos variaron entre 163 mg/L (AP-05, manantial de Coymolache) y 650 mg/L (AP-07, manantial de Mesa de Plata) en octubre y entre 78 (AP-04) y 723 mg/L (AP-07) en febrero, guardando consistencia con los valores de conductividad específica correspondientes.

Las concentraciones de N-nitratos más nitritos (octubre y febrero) en los manantiales AP-04 (0,071 y 0,074 mg/L), AP-05 (0,016 y 0,079 mg/L), AP-06 (8,207 y 0,472 mg/L), AP-07 (9,473 y 1,235 mg/L), AP-08 (0,276 y 0,238 mg/L), AP-09 (0,311 y 0,825 mg/L) y Chorro Colorado (0,083 y 0,127 mg/L) excedieron el ECA de N-nitratos respectivo (0,01 mg/L) pero se mantuvieron por debajo del valor máximo recomendado por la OMS (11,3 mg/L). Las concentraciones de sulfuros en ambas rondas de muestreo se mantuvieron por debajo del ECA respectivo (0,002 mg/L) en los siete manantiales que drenan al río Hualgayoc. Las concentraciones de cianuro WAD se encontraron por debajo del ECA respectivo (0,08 mg/L) en los manantiales muestreados en ambas oportunidades, correspondiendo la mayor concentración registrada (0,010 mg/L) al punto AP-05 (manantial de Coymolache) en el mes de octubre. Los fenoles exceden el ECA respectivo (0,0005 mg/L) en AP-05 (0,001 mg/L) y en Chorro Colorado (0,030 mg/L) y su presencia afectaría ligeramente el sabor del agua. Los surfactantes aniónicos (sustancias activas al azul de metileno) registraron valores por debajo del ECA respectivo (0,5 mg/L) en ambas rondas de muestreo. El material extraíble en hexano registró concentraciones por debajo del límite de detección (<5 mg/L) para las muestras colectadas. Excepto el cadmio total que excede ligeramente el estándar fijado por el DL No 1775 en la estación AP-07, todos los otros metales presentaron concentraciones por debajo de los ECAs establecido para la Clase I en ambas rondas de muestreo.

Los ésteres de ftalatos, policloruros de bifenilos, así como los pesticidas organoclorados y organofosforados analizados para las muestras colectadas en octubre y en febrero registraron concentraciones por debajo de los ECAs correspondientes. Las concentraciones de los hidrocarburos poliaromáticos analizados registraron, en todos los casos, concentraciones por debajo de los límites recomendados por la OMS. En cuanto a las bacterias coliformes, se detectó la presencia de coliformes totales y fecales en los puntos AP-04 (800 NMP/100mL y 140 NMP/100mL, respectivamente) y AP-05 (2 200 NMP/100mL y 390 NMP/ 100mL, respectivamente) durante el muestreo de octubre, pero en los puntos AP-06, AP-07, AP-08 y AP-09 no se detectó presencia de bacterias coliformes fecales ni totales. En el muestreo de febrero se detectó presencia de bacterias coliformes totales y fecales en los puntos AP-05 (110 NMP/100 mL y 40 NMP/ 100mL), AP-04 (500 NMP/100 mL y 140 NMP/ 100mL respectivamente), AP-08 (20 NMP/100mL en ambos casos), AP-09 (40 NMP/100 mL y 20 NMP/100mL respectivamente) y Chorro Colorado (20 NMP/100mL en ambos casos). La DBO registrada en todos los manantiales muestreados en febrero se mantuvo por debajo del ECA respectivo. El ECA, sin embargo, se excedió en el muestreo de octubre en los manantiales AP-04 (10,3 mg/L), AP-05 (9,3 mg/L), AP-06 (7,8 mg/L) y AP-07 (7,3 mg/L).

La eventual presencia de bacterias coliformes fecales y bacterias coliformes totales, así como de DBO en los manantiales por encima de los ECAs respectivos indica que dichas aguas no son aptas para consumo humano sin tratamiento previo.

Asimismo, a principios de marzo, se muestrearon los manantiales Tres Chorros y Chorro Maygasbamba que drenan al río Tingo- Maygasbamba aguas arriba del pueblo de Bambamarca. En los manantiales Tres Chorros y Chorro Maygasbamba, que constituyen fuentes de aprovisionamiento de agua potable para el pueblo de Bambamarca el pH registrado fue 8,02 y 7,95 respectivamente (Tabla 3.48). La conductividad específica registró valores de 350 y 341 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que el oxígeno disuelto registró concentraciones de 5,26 y 7,36 mg/L; respectivamente. Los STD registraron concentraciones de 198 y 237 mg/L, la alcalinidad total concentraciones de 163 y 154 mg/L y los sulfatos concentraciones de 6 y 10 mg/L; respectivamente. Las concentraciones de N-nitratos más nitritos registradas (2,847 y 3,589 mg/L) exceden el ECA de N-nitratos para la clase I (0,01 mg/L) pero se encuentran por debajo del valor guía de la OMS (11,3 mg/L). Las concentraciones de sulfuros registradas se encuentran por debajo del límite de detección ($<0,002$ mg/L). El cianuro WAD registrado ($<0,005$ mg/L) se mantuvo por debajo del ECA para la clase I (0,08 mg/L). La concentración del material extraíble en hexano (MEH) registrada en ambos manantiales se mantuvo por debajo del límite de detección (< 5 mg/L). Las concentraciones de fenoles en Tres Chorros (0,017 mg/L) y Chorro Maygasbamba (0,058 mg/L) en los niveles de concentración encontrados pueden provenir de sustancias húmicas producto de la descomposición de materia vegetal; estas concentraciones exceden el ECA para la clase I (0,0005 mg/L) y el valor guía de la OMS (0,02 mg/L) y afectan, en los niveles de concentración encontrados, única y ligeramente el sabor del agua. Los surfactantes aniónicos (SAAM) registraron, en los dos manantiales, concentraciones por debajo de los ECAs respectivos. Todos los metales totales registraron concentraciones por debajo de los ECAs respectivos en ambos manantiales. Los ésteres de ftalatos, policloruros de bifenilos, así como los pesticidas organoclorados y organofosforados analizados en ambos manantiales en el mes de febrero registraron concentraciones por debajo de los ECAs correspondientes. Las concentraciones de los hidrocarburos poliaromáticos analizados registraron, en todos los casos, concentraciones por debajo de los valores guía recomendados por la OMS. La DBO para las muestras colectadas en los manantiales Tres Chorros y Chorro Maygasbamba no excedió el ECA para la clase I (5,0 mg/L). En los manantiales Tres Chorros y Chorro Maygasbamba se detectó presencia de bacterias coliformes fecales (220 y 1 300 NMP/100mL, respectivamente) y bacterias coliformes totales (800 y 3 000 NMP/ 100mL, respectivamente) por lo que dichas aguas no son aptas para consumo humano sin tratamiento previo.

3.1.12.3 Comparación con resultados de estudios anteriores

Con relación a los estudios previos en calidad de aguas subterráneas, el estudio de Knight Piésold (1996) realizó monitoreos periódicos en seis piezómetros en el área del proyecto. Los piezómetros denominados MW-1A y MW-3 ubicados en el área de la planta y de la relavera Jalca respectivamente fueron monitoreados en cinco y cuatro oportunidades, respectivamente (Knight Piésold, 1996). Así también, Water Management Consultants (WMCSA, 2001) realizó entre setiembre del 2000 y febrero del 2001 dos muestreos de los piezómetros W-2, W-3 y W-4 y un muestreo en el piezómetro W-5, estos cuatro puntos ubicados en el área de Cerro Corona. Tanto los piezómetros P-1A, P-2B, P-3B, P-2A y P-3A muestreados en el 2004 como el piezómetro MW-1A muestreado en 1995 mostraron concentraciones de sulfatos, aluminio, arsénico, calcio, cadmio, hierro, manganeso, mercurio, níquel y plomo por encima de los valores guía de la OMS; algunos de estos valores también excedieron los ECA establecidos para la clase I. El piezómetro MW-3 excedió los valores guía de la OMS (KP 1996) para aluminio, hierro, manganeso y plomo, algunos de estos metales también sobrepasaron los ECA de la Ley General de Aguas. La Tabla 3.50 muestra los resultados comparativos de los piezómetros muestreados en el área de la planta y de la relavera Jalca en ambas fechas. En el área del tajo de Cerro Corona se muestrearon (KP 1996) los piezómetros denominados MW-4 y MW-5A en cuatro oportunidades. Ambos piezómetros mostraron excedencias en los valores guía de la OMS para hierro, manganeso y plomo. En cuanto a los resultados obtenidos de los muestreos realizados entre los años 2000 y 2001 (WMCSA, 2001) en el área de Cerro Corona se registraron concentraciones de plomo total por encima del ECA para la clase I respectivo (0,05 mg/L) en los piezómetros W-3 (0,099 mg/L) y W-4 (0,591 mg/L) en cuanto al piezómetro W-2 la concentración de plomo total (0,012 mg/L) se encuentra por debajo del ECA pero excede el valor guía recomendado por la OMS (0,01 mg/L). El manganeso total excedió el valor guía de la OMS (0,1 mg/L) en los cuatro piezómetros muestreados en el área de Cerro Corona, registrándose una concentración máxima de 0,896 mg/L en W-3. El hierro total excedió también el valor guía de la OMS (0,3 mg/L) en los cuatro piezómetros muestreados registrándose una concentración máxima de 7,669 mg/L en W-5. El níquel total excedió el ECA respectivo (0,002 mg/L) en W-3 (0,003 mg/L) y W-5 (0,004 mg/L), sin embargo se mantiene siempre por debajo de los valores guía citados (OMS, CCME y USEPA). Asimismo, el aluminio total excedió el valor guía de la OMS (0,2 mg/L) en los piezómetros W-3 (0,210 mg/L), W-4 (0,835 mg/L) y W-5 (0,532 mg/L). Las concentraciones de N-nitratos excedió el ECA en los cuatro piezómetros muestreados pero en ningún caso los valores guía internacionales citados al comienzo de la presente discusión (OMS, CCME y USEPA) siendo la mayor concentración registrada de 1,890 mg/L en W-2. El piezómetro W-1 muestreado en el 2004 registró concentraciones de

cobre total (1,337 mg/L), plomo total (0,250 mg/L), níquel total (0,010 mg/L) y N-nitratos (0,10 mg/L) por encima de los ECAs respectivos. Así también en los piezómetros W-1 y W-2 se exceden valores guía de la OMS para aluminio, cadmio, hierro, manganeso, plomo y antimonio. En el piezómetro W-2 se excedió en el muestreo del 2004 el ECA de N-nitratos (0,01 mg/L) al registrarse 0,65 mg/L. La Tabla 3.51 muestra los resultados comparativos de los piezómetros muestreados en el área del tajo en los años 1995 y 2004.

En el estudio de Knight Piésold (1996) se muestrearon los manantiales denominados SP-1, SP-2, SP-11 y SP-12 y que drenan hacia el río Tingo; así como los manantiales SP-3, SP-4, SP-5, SP-6, SP-7, SP-8, SP-9 y SP-10 que drenan hacia el río Hualgayoc. Estos manantiales fueron inventariados en Marzo del 2005 determinándose que los denominados SP-2 al SP-8 (un total de siete) son utilizados por los pobladores para irrigación y como abrebaderos para el ganado. El manantial SP-12 abastece junto con el agua de la parte alta del río Tingo al proyecto de agua potable Manuel Vásquez. En la Tabla 3.52 se resume la ubicación y descripción de dichos manantiales, cuyas imágenes se muestran en el archivo de fotografías (Fotografías 3.78- 3.92)

La Tabla 3.53 muestra los resultados comparativos (KP 1996 y KP 2004- 2005) para los manantiales que drenan hacia el río Tingo. La ubicación y resultados de calidad de aquellos que drenan hacia el río Hualgayoc se muestran en la Tabla 3.54. Para los manantiales que drenan hacia el río Tingo se registraron, en los puntos SP-1 y SP-2, los valores más bajos de pH en 1995 (6,34 y 6,38 respectivamente), los cuales estuvieron ligeramente por debajo del intervalo recomendado por la OMS (6,5- 8,5). El pH en el punto AP-01 (6,4) es también ligeramente inferior al límite inferior del intervalo recomendado por la OMS. Los valores de conductividad específica registrados en los manantiales SP-11 y SP-12 (367 μ S/cm y 366 μ S/cm) registrados en 1995, son comparables a los valores registrados en los manantiales CG-02 y GCH-01 (363 μ S/cm y 404 μ S/cm, respectivamente en mayo del 2004 y 369 μ S/cm y 350 μ S/cm en febrero del 2005). La alcalinidad total alcanzó niveles de 900 mg/L y 996 mg/L en SP-11 y SP-12, mientras que en CG-02 y GCH-01 este parámetro alcanzó niveles de 174 mg/L y 190 mg/L en mayo y 173 y 170 mg/L en febrero; respectivamente. Las concentraciones de sulfatos en los manantiales que drenan hacia el río Tingo variaron entre 1 mg/L y 29 mg/L en 1995 mientras que en mayo del 2004 variaron entre 9,5 mg/L y 35,8 mg/L y entre 6 y 73 mg/L en febrero - marzo de 2005. En cuanto a la concentración de N-nitratos, en 1995 se excedió el ECA para la Clase I (0,01 mg/L) en los puntos SP-11 y SP-12 (0,3 mg/L y 0,2 mg/L respectivamente en abril - mayo). En octubre del 2004, la concentración de N-nitratos excedió el ECA respectivo en el punto AP-01 (0,307 mg/L) y en

febrero del 2005 se excedió el ECA en todos los manantiales monitoreados menos en MAN-01 ($<0,005$ mg/L). Las concentraciones de N-nitratos, sin embargo, se encuentran muy por debajo del valor guía recomendado por la OMS (11,3 mg/L). Las concentraciones de los metales totales regulados por el D.L N° 17752 se encontraron por debajo de los ECAs respectivos en los cuatro puntos muestreados (SP-1, SP-2, SP-11 y SP-12) durante el año 1995, menos en el níquel total en los puntos SP-11 y SP-12 (0,02 mg/L en ambos casos); del mismo modo, en los años 2004 y 2005, las concentraciones de metales totales se mantuvieron por debajo de los ECAs respectivos en todos los puntos muestreados.

Para los manantiales que drenan hacia el río Hualgayoc, se registraron valores de pH dentro del rango recomendado por la OMS durante los muestreos de 1995 y del 2004-2005. Durante el muestreo de 1995, los valores de conductividad específica registrados variaron entre 263 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (SP-10) y 375 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (SP-7), mientras que en el 2004 los valores de conductividad específica variaron entre 128 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (AP-05) y 820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (AP-07) en octubre y en el 2005 entre 175 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (AP-04) y 978 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (AP-07). Los valores de alcalinidad durante 1995 variaron entre 118 mg/L (SP-10) y 928 mg/L (SP-7), mientras que en el 2004 variaron entre 38 mg/L (AP-09) y 158 mg/L (AP-06) en octubre y entre 78 mg/L (AP-09) y 165 mg/L (AP-06) en 2004-2005. Las concentraciones de sulfatos durante los muestreos de 1995 variaron entre 1 mg/L (SP-3 y SP-6) y 27 mg/L (SP-10), mientras que en el 2004 variaron entre 5 mg/L (AP-05) y 364 mg/L (AP-07, manantial de Mesa de Plata) en octubre y entre 5 mg/L (AP-04 y AP-05) y 377 mg/L (AP-07) en febrero del 2005. En todos los casos las concentraciones de sulfatos registraron valores por debajo del valor guía recomendado por la OMS (400 mg/L). La máxima concentración de N-nitratos durante el muestreo de 1995 fue 1,4 mg/L (SP-3), mientras que en el muestreo del 2004 se registró un máximo de N-nitratos más nitritos de 9,473 mg/L (AP-07, manantial de Mesa de Plata) en octubre. Las concentraciones de N-nitratos se mantienen en todos los casos por debajo del valor guía recomendado por la OMS para agua potable (11,3 mg/L). El cianuro WAD se mantuvo por debajo del ECA (0,08 mg/L) durante el muestreo del 2004 en todos los casos, siendo el mayor valor el registrado en AP-05 (0,01 mg/L). Las concentraciones de metales totales tanto en el muestreo de 1995 como los muestreos del 2004 y 2005 registraron valores por debajo de los ECAs respectivos a excepción del cadmio total en AP-07 (manantial de Mesa de Plata) que registra 0,0114 y 0,0148 mg/L en octubre del 2004 y febrero del 2005, respectivamente. Así también el níquel total excede el ECA respectivo (0,002 mg/L) durante el 2004, en el manantial AP-07 (0,0021 mg/L) y en ocho manantiales monitoreados durante 1995; en ninguno de estos caso, sin embargo, se excede el valor guía de la OMS (0,02 mg/L). Por último, en 1995 se registra en SP-6 un valor de selenio que excede el ECA para clase I (0,01 mg/L).

3.1.12.4 Conclusiones

De la discusión presentada en la sección previa concluimos que la calidad del agua en los piezómetros ubicados en el tajo de Cerro Corona muestra excedencias de los ECAs de comparación (clase I) en el piezómetro MW-6 (nitratos, cadmio, níquel, plomo y zinc totales) muestreado por Knight Piésold en 1995 y en el piezómetro W-1 (nitrato, cobre, níquel y plomo totales) muestreado en el presente estudio. El piezómetro MW-6 se encuentra en la zona de Mesa de Plata, fuera del área de formaciones calizas y la calidad de agua en el piezómetro W-1 estaría influenciada por la presencia del pórfido intrusivo de Cerro Corona. Los piezómetros ubicados en el área de la antigua planta de Mina Carolina y la relavera muestran excedencias en los ECAs de varios metales lo que se debería al hecho de estar ubicados fuera de las áreas de formaciones caliza y dentro de estructuras mineralizadas con posible contribución de metales proveniente de los relaves depositados en dicha área. El diagrama Piper correspondiente (Gráfico 3.32) muestra que el agua en los piezómetros MW-1A y W-1 (Cerro Corona) así como la de los piezómetros P-1A, P-2A, P-2B, P-3A y P-3B (área de la relavera Jalca y planta de mina Carolina) son predominantemente del tipo Ca-SO_4 , mientras que la correspondiente a los piezómetros MW-3, MW-4 y MW-5A es del tipo $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$ y que las aguas correspondientes a los piezómetros MW-7A y W-2 (base de Cerro Corona) son del tipo Ca-HCO_3 , estos dos últimos fundamentalmente debido a que están ubicados en zonas de formación de roca madre caliza.

Los manantiales muestreados en el 2004 y 2005, por otro lado, no exceden los valores guía internacionales ni para N-nitratos ni para ninguno de los metales considerados. Sin embargo, el manantial MAN-01 registra una concentración de arsénico total (0,124 mg/L) que excede el ECA respectivo (0,1 mg/L) y el manantial AP-07 ubicado en la quebrada Mesa de Plata y que merece particular consideración en el programa de monitoreo excede el ECA para cadmio total y níquel total. Asimismo, las concentraciones de níquel total, excedieron el ECA respectivo (0,002 mg/L) en varios de los manantiales muestreados en 1995 al registrarse valores de 0,01 y 0,02 mg/L (el valor guía de la OMS para el níquel es 0,02 mg/L). El selenio total, por otro lado excedió en el manantial SP-6 (0,05 mg/L) el ECA respectivo (00,01 mg/L) en una oportunidad en el muestreo de 1995. La concentración de fenoles por encima del valor guía de la OMS (0,02 mg/L) en los manantiales Chorro Colorado, Tres Chorros y Chorros Maygashamba afectaría ligeramente el sabor del agua potable. El diagrama de Piper correspondiente (Gráfico 3.33) indica que a excepción de los manantiales AP-07 (quebrada Mesa de Plata) y AP-09 (margen derecha del río Hualgayoc) tanto los manantiales muestreados en 1995 y en el presente estudio corresponden a aguas con una predominancia de Ca-HCO_3 que es característica de acuíferos formados por roca madre caliza. Estos resultados indican que, en términos generales, el agua de

los manantiales cumple con la clase I excepto por el contenido de bacterias coliformes y DBO. La presencia de bacterias coliformes fecales y totales, así como las excedencias de DBO registradas en algunos manantiales no permite que estas aguas puedan ser utilizadas directamente para consumo sin tratamiento previo.

3.2 Ambiente biológico

3.2.1 Ecosistema terrestre

El estudio de línea base biológica consta de una descripción de los hábitats, así como del análisis de los datos obtenidos de flora y fauna en el área del proyecto durante las evaluaciones realizadas en mayo del 2004. Estos datos se complementan con los registrados en los estudios realizados durante el desarrollo de la Línea Base Ambiental por Knight Piésold Consulting (1995) y durante el EIA ejecutado por Vector (2001).

La información obtenida sobre las especies de flora y fauna presentes en la zona, fue comparada con las listas nacionales e internacionales de especies raras, vulnerables o en peligro de extinción y en el caso de las aves también con listas de endemismos.

3.2.1.1 Región biogeográfica y zonas de vida

Región biogeográfica

El área de estudio se encuentra dentro del Dominio Andino Patagónico, Provincia Altoandina (Cabrera y Willink, 1973), sector que según Monasterio (1980), correspondería a la Provincia del Páramo y al Dominio Amazónico el cual comprende desde Venezuela hasta los Andes del Norte del Perú a los 8° de latitud.

Weberbauer (1945) le da el nombre de Jalca o Páramo del norte del Perú al territorio Altoandino ubicado entre los 8°30' y los 6°30' latitud sur, el cual se diferencia de la Puna por tener una menor altitud, mayor humedad y el suelo con un horizonte A más oscuro. De acuerdo con ello y a la clasificación de las Regiones Naturales del Perú (Pulgar Vidal, 1967), la mayor parte del área de estudio se encuentra dentro de la denominada Jalca (3 500-4 000 msnm) y una pequeña porción de la misma en la región de la Puna.

De esta descripción, se puede concluir que la posición biogeográfica de este sector de los Andes del Perú constituye una transición entre los Páramos del Norte y la Puna del Sur.

Zonas de vida

Las “zonas de vida” presentes en el área de trabajo se identificaron en base al Mapa Ecológico del Perú y la Guía Descriptiva del mismo (INRENA, 1995), herramientas que permiten obtener en base a los datos climáticos existentes (temperatura, precipitación y evapotranspiración), los tipos de vegetación definidos y la vida silvestre que podría presentarse en el área de estudio.

Identificadas las zonas de vida en el Mapa Ecológico y basándose en el Diagrama Bioclimático correspondiente (INRENA, 1995), el área de estudio se ubicó dentro de las zonas páramo muy húmedo - Subalpino Tropical (pmh-SaT) y páramo pluvial - Subalpino tropical (pp-SaT). La segunda de estas zonas comprende un área más pequeña que la primera y se encuentra principalmente en los picos de las montañas a elevaciones por sobre los 4 000 msnm (Figura 3.24).

En estas zonas, la abundante radiación y un suelo rico en materia orgánica ayudan a que la producción de biomasa por parte de las plantas sea importante. La vegetación terrestre en general tiene follaje pequeño y consta de hojas filiformes con abundante tejido esclerófilo y frutos o semillas pequeñas. Las especies que evolucionaron en este sistema muestran estructuras altamente adaptadas y eficientes ecológicamente. Esta descripción del suelo es concordante con los resultados de la línea base de suelos del área de estudio.

Este ecosistema tiene una biomasa verde a lo largo de todo el año, especialmente en las áreas húmedas, formada por pastos, ciperáceas, poáceas y arbustos. La vegetación está uniformemente compuesta por arbustos y pastizales combinados con gramíneas y carrizos (*Calamagrostis spp* y *Paspalum spp*). Las actividades agropastoriles se observan en la mayor parte de las áreas y el pastoreo modifica actualmente la composición vegetal natural de algunas áreas al incluir algunas especies invasoras como *Rumex acetosella*.

3.2.1.2 Flora

Lugares de evaluación

La metodología de evaluación se incluye en el Anexo C. Los transectos que se utilizaron durante el estudio de flora, se muestran en la Figura 3.25. Una lista de los mismos se incluye a continuación:

Fondo de quebrada Las Gordas

En el fondo de quebrada Las Gordas se trabajaron 6 estaciones de muestreo (grupo de transectos I) que se establecieron en el área del futuro depósito de relaves. Las coordenadas de referencia son: 760 836 E y 9 252 534 N. La altitud aproximada es de 3 651 m.

Ladera suroeste del cerro Candela

En la parte media de la ladera suroeste del cerro Candela se trabajaron 6 estaciones de muestreo (grupo de transectos II) que se establecieron en el área del Botadero Norte de desmonte. Las coordenadas de referencia son: 761 949 E y 9 251 629 N. La altitud aproximada es de 3 872 m.

Ladera noreste del cerro Las Gordas

En la parte superior de la ladera noreste del cerro Las Gordas, área cercana al depósito de relaves, se trabajaron 6 estaciones de muestreo (grupo de transectos III). Las coordenadas de referencia son: 761 773 E y 9 252 777 N. La altitud aproximada es de 3 760 m.

Ladera noroeste del cerro Las Gordas

En la parte superior de la ladera noroeste del cerro Las Gordas, área cercana al depósito de relaves, se trabajaron 6 estaciones de muestreo (grupo de transectos IV). Las coordenadas de referencia son: 761 151 E y 9 252 752 N. La altitud aproximada es de 3 808 m.

Ladera noreste del cerro Coymolache

En la parte media de la ladera noreste del cerro Coymolache, área correspondiente al Botadero Sur de desmonte, se trabajaron 6 estaciones de muestreo (grupo de transectos V). Las coordenadas de referencia son: 761 949 E y 9 251 629 N. La altitud aproximada es de 3 863 m.

Ladera noroeste del cerro Las Gordas

En la parte baja de la ladera noroeste del cerro Las Gordas, área ubicada aguas abajo de la futura presa de relaves, se trabajaron 6 estaciones de muestreo (grupo de transectos VI). Las coordenadas de referencia son: 760 996 E; 9 252 833 N. La altitud aproximada es de 3 658 m.

Identificación, lista y riqueza de especies florísticas

La Tabla 3.55 muestra el ordenamiento sistemático de las especies de flora en el área del proyecto de acuerdo a Cronquist (Jones y Luchsinger, 1979). Esta tabla contiene las especies

registradas durante el presente estudio y a ellas se han agregado algunas especies que no fueron encontradas en la actual evaluación pero que fueron registradas al realizarse el Estudio de Impacto Ambiental (Vector, 2001) y durante el Estudio de Línea de Base (Knight Piésold, 1995).

Entre las especies que se registraron figuran: herbáceas de los géneros *Calamagrostis*, *Festuca* y *Stipa*, además de las especies *Paranephelium uniflorus*, *Werneria nubigena*; arbustos como *Lupinus jelskianus*, *Monnina conferta* e *Hypericum laricifolium* y árboles como *Polylepis racemosa*.

El área del proyecto posee en general una cobertura vegetal homogénea, dominada por pastos naturales altos (pajonal) de aspecto macollante y siempre verde, herbáceas dicotiledóneas diversas y algunos estratos arbustivos propios de las zonas denominadas Jalca o Páramo. En las partes altas, asociados a roquedales, se encuentran estratos de plantas inferiores como musgos y helechos.

La lista de las especies florísticas incluidas en la Tabla 3.55, ordenamiento sistemático de la flora en el área del proyecto, nos indica una “riqueza específica” conformada por 212 especies distribuidas en 46 familias; algunos ejemplares se muestran en las Fotografías 3.93 a 3.95. La mayoría de especies identificadas tienen una amplia distribución a través de los andes peruanos.

La Tabla 3.56 muestra la riqueza de especies para las divisiones Pteridophyta y Angiosperma en el área del proyecto. Dentro de la división Angiosperma, la Clase con mayor riqueza de especies es la Dicotyledoneae (72,2%), siendo la familia Asteraceae la que tiene el mayor número de especies representantes. Por su parte, la Clase Monocotyledoneae representa el 25,5 % del total de especies, siendo la familia Poaceae la de mayor riqueza específica.

Especies endémicas

De acuerdo con Brako y Zarucchi (1996), dentro del área del proyecto se han determinado 38 de las especies endémicas para el Perú (Tabla 3.57). Siendo importante aclarar que se trata de endemismos regionales.

Identificación de formaciones vegetales

De acuerdo con Roig (1973), la homogeneidad será la característica básica para definir las formaciones vegetales, de tal manera que la vegetación será representada a tres niveles:

fisonómico (igual fisonomía o aspecto), florístico (una determinada composición de especies debe repetirse en toda el área) y ecológico (los factores ecológicos que puedan apreciarse deben regir en toda la comunidad). De este modo, la formación vegetal será una unidad de trabajo del método fisonómico y sociológico.

Las investigaciones fitosociológicas en una formación vegetal permiten revelar las características de distribución de las especies considerando:

- Especies dominantes: aquellas que presentan mayores valores de abundancia-dominancia o simplemente las que tienen mayor índice de presencia.
- Especies indicadoras: aquellas ligadas fuertemente a ciertas condiciones del ambiente. Identifican y permiten individualizar florística y ecológicamente a una comunidad o formación vegetal.
- Especies con mayor amplitud ecológica: son las que aparecen en todos o casi todos los muestreos.
- Especies endémicas: aquellas que se encuentran sólo en una región geográfica. Serán determinadas como tal por fuente bibliográfica (Brako y Zarucchi, 1996).

En el área de estudio, las formaciones vegetales determinadas según la metodología de muestreo, se encuentran presentes en todos los alrededores del área del proyecto, de tal manera que no resultan formaciones únicas o exclusivas de la zona de estudio, sino que más bien, conforman el panorama paisajístico de áreas aledañas similares y con mayor extensión.

El procedimiento de análisis de las curvas especie-área (Magurran, 1988, Krebs, 1989) se aplicó a los transectos de vegetación a fin de asegurar que el número de seis estaciones de muestreo por formación vegetal representa un esfuerzo de muestreo adecuado para estimar la diversidad local calculada en base al índice de diversidad de Shannon-Wiener (Gráficos 3.34a - 3.34f).

Se ha observado que esta diversidad no es baja pero sí variable según las características ecológicas del espacio evaluado. La Tabla 3.58 presenta los valores de riqueza, diversidad local e índices de uniformidad registrados en los transectos evaluados y muestra la variación en la diversidad señalada anteriormente. Asimismo, basándose en la abundancia relativa de especies (medida en base a la cobertura vegetal) registrada en las áreas evaluadas, se ha podido determinar las especies con mayor frecuencia de individuos y a través de esta información se han reconocido algunas asociaciones en cada área.

La información resultante permite detallar las especies florísticas que conforman los diferentes estratos en las formaciones analizadas, así como la caracterización de las especies dominantes y que denotan, desde el punto de vista fisonómico, la formación vegetal en estudio.

Las formaciones vegetales identificadas en la zona de estudio se describen a continuación y su ubicación se muestra en el Figura 3.25.

Vegetación ribereña o asociada a zonas húmedas

Esta formación se desarrolla sobre terrenos con poco drenaje y con una gran concentración de materia orgánica (Fotografía 3.96). Se encuentra asociada con ambientes acuáticos como los fondos de quebrada (grupo de transectos I en el fondo de la quebrada Las Gordas). Se estima que esta formación vegetal ocupa aproximadamente el 3,4% del área del proyecto.

Según la actual evaluación de campo (grupo de transectos I), se registraron 23 especies distribuidas en 10 familias botánicas, encontrándose los siguientes porcentajes de distribución: Poaceae (26,1%), Asteraceae (21,7%), Cyperaceae (13,0%), Iridaceae y Campanulaceae (8,7%) y el resto de familias conformando cada una de ellas un 4,4% del total de especies (Tabla 3.59 y Gráfico 3.35a). Se señala también, que en monitoreos efectuados durante las evaluaciones anteriores fueron registradas en la zona de la quebrada las Gordas, especies de poáceas como *Cortaderia sp* “cortadera” y *Calamagrostis eminens* “ichu” así como juncáceas como *Luzula racemosa* “incapa cucán”.

El índice de diversidad local para esta área fue de 2,862 bits/individuo, este valor constituyó el más bajo entre los hábitats monitoreados; asimismo el índice de uniformidad fue de 0,633 siendo en este caso también el menor registro entre las formaciones analizadas. Estos valores indican que la formación vegetal asociada a zonas húmedas fue la que presentó la menor diversidad de especies y que las especies registradas no fueron igualmente abundantes, mostrando marcadas variaciones en cuanto a sus coberturas. Debido a la escasa información existente sobre diversidad en jalcas similares, los valores de comparación se hacen en función de las diversidades locales en la misma área, por lo que se trata de una comparación relativa.

Basándose en la cobertura vegetal de los transectos se ha podido observar cuales son las especies con mayor frecuencia de individuos y a través de esta información se ha reconocido en el área la asociación *Carex spp* + *Calamagrostis spp* establecida en la línea base (Knight Piésold, 1995). En el área muestreada destacan como “especies dominantes” y de “mayor

amplitud ecológica”: *Isolepis inundata*, *Carex pichinchensis*, *Carex fecunda* “suda” y *Paspalum pilgerianum* “nudillo”. No se reportaron endemismos.

Vegetación asociada a roquedal

Los muestreos determinaron que esta formación vegetal se encuentra presente en casi todas las laderas del área del proyecto y en ella existe una menor cobertura vegetal que en las demás formaciones, la cual es complementada con rocas y en menor porcentaje con suelo desnudo (Fotografía 3.97). Está presente el pajonal disperso acompañado de arbustos de bajo porte tales como *Senecio sp.*, *Pernettya prostrata* “macha-macha” y *Monnina sp* y hierbas diversas tipo acaules o subacaules adheridas al suelo (*Hypochaeris sp.* y *Paranephelius sp.*). Se estima que esta formación vegetal ocupa aproximadamente el 9,3% del área del proyecto.

Según la evaluación de campo realizada en la parte media de la ladera noroeste del cerro Las Gordas (grupo de transectos IV), se registraron 43 especies distribuidas en 18 familias botánicas, encontrándose los siguientes porcentajes de distribución: Asteraceae (37,2%), Poaceae (16,3%), Rosaceae (7%), Scrophulariaceae (4,7%), Apiaceae (4,7%), y el resto de familias conformando cada una de ellas un 2,3% del total de especies (Tabla 3.60 y Gráfico 3.35b).

El índice de diversidad local para esta área fue de 4,211 bits/individuo, este valor constituyó uno de los más altos entre los hábitat monitoreados. El índice de uniformidad fue de 0,776 lo que indica que la abundancia relativa de las especies registradas no fue muy homogénea existiendo algunas especies dominantes y otras poco comunes.

La cobertura vegetal en los transectos evaluados varió entre 45% y 100%. Las especies dominantes *Achyrocline alata* “kumu-kumu”, *Alchemilla aphanoides* y *Alchemilla orbiculata* “chili fruta” son herbáceas nativas características de zonas con pendientes rocosas. Otra especie característica y representada con un alto porcentaje de cobertura fue la herbácea invasora *Rumex acetosella* (Fotografía 3.98). Por otra parte, si bien los porcentajes de sus coberturas fueron relativamente menores, también se encontraron arbustos típicos de afloramientos rocosos tales como: *Senecio spp.*, *Pernettya prostrata* “macha-macha” y *Monnina salicifolia* “muchuy” (Fotografía 3.99).

También fue registrada en esta formación, dentro del grupo de las especies poco comunes, *Miconia rotundifolia*, Melastomatácea endémica que habita entre los 3 500 a 4 000 m de altitud y que ha sido reportada para Amazonas, Cajamarca, Cusco y Huánuco.

Formación de pastizal bajo y pajonal disperso

El pastizal bajo se caracteriza por la presencia de vegetación cespitosa, hierbas adheridas al suelo, plantas forrajeras como *Trifolium repens* “trébol” y pajonal disperso en forma de manojos o macollas, en los que dominan principalmente gramíneas altas de los géneros *Calamagrostis*, *Festuca* y *Stipa* (“ichu”). Rodeadas por esta formación se encuentran parcelas de cultivo y cercos vivos de *Polylepis racemosa* “queñoa” (Fotografía 3.100). La distribución de los especímenes de *Polylepis* plantados por los comuneros se muestra en la Figura 3.25.

Esta formación vegetal es la dominante en el área del proyecto y se estima que ocupa aproximadamente un 79,8% del área total del mismo.

En general, se puede observar que en los sectores del valle y en las laderas bajas predomina el pastizal bajo por ser las zonas con mayor uso agropastoril, mientras que las laderas medias se caracterizan por estar dominadas por un pajonal disperso y las laderas medias-altas están mayormente cubiertas por un pastizal-pajonal homogéneo, pudiendo encontrarse algunos arbustos pequeños y hierbas dispersas. Los transectos de evaluación, se ubicaron a modo de obtener información de la flora característica de esta formación y recabar la línea base del área propuesta a ser utilizada como botadero de desmonte y depósito de relaves.

En la ladera norte del cerro Las Gordas (grupo de transectos III), predomina el pastizal bajo (Fotografía 3.101); se registraron 29 especies distribuidas en 13 familias botánicas, encontrándose los siguientes porcentajes de distribución por familia: Asteraceae (24,1%), Poaceae (20,7%), Rosaceae (10,3%), Fabaceae (10,3%), Iridaceae (6,9%) y el resto de familias representando, cada una de ellas, un 3,5% del total de especies (Tabla 3.61 y Gráfico 3.35c). En este transecto destacan como “especies dominantes” y de “mayor amplitud ecológica”: *Alchemilla orbiculata* “chili-fruta” y *Alchemilla aphanoides*, ambas herbáceas nativas, seguidas de la especie introducida *Rumex acetosella* y de la forrajera *Trifolium repens* “trébol”.

El índice de diversidad local para esta área fue de 3,411 bits/individuo; el índice de uniformidad fue de 0,702. En este sector se identificó la presencia de las especies endémicas *Lupinus jelskianus* “quitatauri”, *Poa fibrifera* y *Verbena fasciculata*.

En ladera suroeste del cerro Candela (grupo de transectos II) predomina el pajonal disperso (Fotografía 3.102). Se registraron 35 especies distribuidas en 13 familias botánicas, encontrándose los siguientes porcentajes de distribución por familia: Asteraceae (34,3%),

Poaceae (14,3%), Fabaceae (14,3%), Rosaceae (5,7%), Caryophyllaceae (5,7%) y el resto de familias representando, cada una de ellas, un 2,9% del total de especies (Tabla 3.62 y Gráfico 3.35d).

El índice de diversidad local para esta área fue de 3,380 bits/individuo; el índice de uniformidad fue de 0,658. En este transecto destacan como “especies dominantes” y de “mayor amplitud ecológica”: *Alchemilla aphanoides* y *Poa subspicata* “ckachu”, ambas herbáceas nativas. Asimismo, se establece la presencia de las especies endémicas *Senecio kingbishopii* y *Verbena fasciculata*.

En la ladera suroeste del cerro Candela (grupo de transectos V) el pastizal y el pajonal se distribuyen de manera homogénea (Fotografía 3.103). Se registraron 39 especies distribuidas en 13 familias botánicas, encontrándose los siguientes porcentajes de distribución por familia: Poaceae (33,3%), Asteraceae (18%), Rosaceae (10,3%), Caryophyllaceae (7,7%), Scrophulariaceae (7,7%), Fabaceae (5,1%) y el resto de familias representando, cada una de ellas, un 2,6% del total de especies (Tabla 3.63 y Gráfico 3.35e).

El índice de diversidad local para esta área fue de 4,0176 bits/individuo y el índice de uniformidad de 0,760; este fue el sector de pastizal/pajonal que alcanzó la mayor diversidad y uniformidad en cuanto a la abundancia relativa de sus especies. En este transecto destacan como “especies dominantes” y de “mayor amplitud ecológica”: *Trifolium repens* “trébol”, *Alchemilla orbiculata* “chili fruta”, *Vulpia australis*, *Dactylis glomerata*, *Agrostis breviculmis* y *Festuca glabrata*. Dos de las especies comunes en los transectos evaluados *Dactylis glomerata* y *Rumex acetosella* son especies introducidas e invasoras.

Formación de matorral bajo

Formación vegetal que en el área de estudio se distribuye generalmente en franjas (Fotografía 3.104). Esta formación fue registrada en la parte baja de la ladera este del cerro Las Águilas y en la parte media de la ladera noroeste del cerro Las Gordas (grupo de transectos VI). Se estima que esta formación vegetal ocupa el 0,3% del área del proyecto.

Según la evaluación de campo, se registraron 47 especies distribuidas en 19 familias botánicas, encontrándose los siguientes porcentajes de distribución por familia: Asteraceae (31,9%), Poaceae (17,0%), Scrophulariaceae (8,5%), Rosaceae (6,4%), Apiaceae (4,3%), Fabaceae (4,3%) y el resto de familias conformando cada una de ellas un 2,1% del total de

especies (Tabla 3.64 y Gráfico 3.35f). En base a estos valores, en el área de estudio, la mayor riqueza de especies corresponde a esta formación.

El índice de diversidad local para esta área fue de 4,590 bits/individuo este valor constituyó el más alto entre los hábitat monitoreados; asimismo el índice de uniformidad fue de 0,826, siendo en este caso también el mayor registro. Estos valores indican que la formación vegetal asociada al matorral fue la que presentó la mayor diversidad de especies y que las especies registradas estuvieron más uniformemente distribuidas en cuanto a su abundancia relativa.

Destacan como “especies dominantes” y de “mayor amplitud ecológica”: *Hypericum laricifolium* “chinchango” (Fotografía 3.105), *Bartsia crisafulli*, *Paranephelius uniflorus* “chchahue chchahue” (Fotografía 3.106), *Rumex acetosella* y *Werneria nubigena* “callhua-callhua”. La cobertura vegetal en los transectos evaluados varió entre 100% y 95% y basándose en ella, se ha podido observar cuales son las especies con mayor frecuencia de individuos y reconocer la asociación *Hypericum laricifolium* + *Orthosanthus chimboracensis* reportada en la línea de base (Knight Piésold, 1995).

Además de la especie dominante *Hypericum laricifolium* “chinchango” se destaca la presencia de otra especie arbustiva *Lupinus jelskianus* “quitatauri”, endémica regional distribuida entre los 2 500 y 3 500 m de altitud y reportada para Cajamarca.

Identificación de especies con estatus de conservación

Para el análisis de las especies con estatus de conservación, se comparó la lista florística con los dispositivos legales de conservación vigentes tanto nacionales como internacionales, entre los cuales figuran, el Listado de Flora Amenazada en el Perú (R.M N° 01710-77-AG/DGFF), la Lista de CITES (Convención para el Comercio Internacional de Especies de Flora y Fauna Amenazadas) de especies amenazadas por presión de comercio y la Lista de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales) de especies amenazadas; esta última lista establece el riesgo relativo de extinción de cada especie.

De acuerdo con la Lista Oficial de Especies de Flora y Fauna Amenazada en el Perú (Resolución Ministerial N° 01710-77-AG/DGFF), la única especie categorizada como especie en vías de extinción dentro del área del proyecto es *Polylepis racemosa* “queñoa”, especie categorizada como vulnerable en la Lista de UICN, entidad que atribuye la disminución de sus poblaciones a la pérdida o degradación de su hábitat. Cabe destacar que dentro del área del proyecto, los especímenes de *Polylepis racemosa* registrados no se encuentran

distribuidos en parches de bosques naturales, sino que han sido plantados por los comuneros locales a fin de ser utilizados como cerco vivo y para leña y ocupan aproximadamente un 0,2% del área del proyecto.

Amplitud de nicho ecológico de la flora

Para caracterizar a la flora desde el punto de vista de su amplitud de nicho ecológico, se calcularon índices de diversidad de Shannon-Wiener con los datos cuantitativos de cobertura de especies por todos los transectos evaluados, de modo que se obtuvieron indicadores del grado de tolerancia de cada especie para sobrevivir en condiciones diferentes. Las especies que pueden tolerar diferentes condiciones ambientales y por lo tanto prosperar en una zona mayor son conocidas como “generalistas” o de nicho amplio, mientras que aquellas que tienen mayores restricciones en cuanto a ciertas condiciones ambientales son conocidas como “especialistas” o de nicho restringido. En la Tabla 3.65 se presentan, en orden ascendente, los índices de diversidad de transectos por especie evaluada los cuales reflejan la amplitud del nicho ecológico. Los mayores valores indican la presencia de especies generalistas o de nicho amplio, mientras que los valores “0” o que tienden a 0 indican especies “especialistas” o de nicho estrecho. Entre las generalistas tenemos a especies como *Paspalum pilgerianum* e *Hipochaeris sesiliflora*, mientras que entre las especialistas tenemos a *Acaena ovalifolia* y *Acaulimalva parnassiaefolia*. Para calificar a la amplitud de nicho de las especies determinadas se le asignó un rango cualitativo explicado a continuación: muy restringido (de 0 a 0,5), restringido (de 0,5 a 1), medianamente distribuido (de 1 a 1,5), amplio (de 1,5 a 2) y muy amplio (de 2 a 2,5).

3.2.1.3 Fauna

Identificación y listado de especies

En la Tabla 3.66 se presenta el número total de especies determinadas durante la presente evaluación, estas especies fueron determinadas por observación directa, rastros y/o a través de encuestas. A su vez, la Tabla 3.67 incluye las especies que potencialmente pueden encontrarse en el área y cuya probable presencia ha sido indicada en estudios previos; este último listado fue compilado a partir del EIA elaborado por Vector (2001) y la Línea Base realizada por Knight Piésold (1995).

De las especies encontradas en la presente evaluación, la clase más representada es la de las aves con un 82,5% de las especies observadas, posteriormente los mamíferos con un 12,5% de las especies reportadas; mientras que los reptiles y anfibios estuvieron representados, cada uno de ellos, por un 2,5% de las especies. La mayoría de estas especies frecuenta zonas de

pastizal, pajonal y campo abierto indistintamente, y algunas son específicas de áreas con presencia de *Polylepis*.

El procedimiento de análisis de las curvas especie-área (Magurran, 1988; Krebs, 1989) se aplicó a los transectos de evaluación de aves (Gráficos 3.36a - 3.36e).

Riqueza de especies

Durante la presente evaluación se reportaron un total de 40 especies, que incluyen 33 especies de aves, 5 especies de mamíferos, 1 especie de reptil y 1 especie de anfibio (Tabla 3.66). A esta lista se pueden agregar otras 38 especies consideradas como potenciales (Tabla 3.67), las mismas que, si bien no han sido registradas en el presente estudio, cabe mencionarlas debido a que su presencia potencial ha sido establecida a partir de trabajos realizados con anterioridad dentro del área.

Hábitat

En la zona estudiada se identificaron 4 tipos de hábitat para la fauna, los cuales están relacionados con las formaciones vegetales determinadas en la sección de flora y vegetación.

La metodología empleada en la identificación de hábitat de fauna está fundamentada en las observaciones de campo realizadas en los estudios de línea base. Estos estudios permiten concluir que existen preferencias de algunas especies sobre determinados ambientes y esto a su vez ha permitido separar a las especies de fauna identificadas en la zona según sus preferencias de hábitat:

- Fauna asociada a zonas de roquedal
- Fauna asociada a vegetación ribereña o de áreas húmedas
- Fauna asociada a zonas de pastizal bajo y pajonal disperso
- Fauna asociada a matorral

3.2.1.4 Avifauna

Se registraron 33 especies a partir de las cuales se realizaron los análisis de diversidad alfa (local), equidad y sensibilidad. Asimismo, en la Tabla 3.67 se incluyen 20 especies de aves que potencialmente pueden encontrarse en el área.

Diversidad local de avifauna

La comunidad de aves del área del proyecto es medianamente diversa, los índices de Shannon-Wiener calculados a partir de los transectos de evaluación variaron entre 3,4 y 2,6 bits/individuo. Los resultados del análisis de diversidad y equidad para la avifauna en el área del proyecto se muestran en la Tabla 3.69 y el Gráfico 3.37. En la presente evaluación, el orden mejor representado fue el de los Passeriformes, siendo la familia Furnariidae (canasteros, bandurritas) la que concentró el mayor número de especies (18,2%), seguida de la familia Emberizidae (espigueros) con un 15,2% de las especies y con un 12,1% del total de especies las familias Tiranidae (dormilonas) y Troquilidae (picaflores). Debido a la escasa información existente sobre diversidad de avifauna en jalcas similares, los valores de comparación se hacen en función de las diversidades locales en la misma área, por lo que se trata de una comparación relativa.

Lugares de evaluación

Ladera norte del cerro Las Gordas

La dirección del transecto II fue del sureste al noroeste. Las coordenadas de inicio fueron: 761 464 E; 9 253 012 N; las del final: 761 940 E, 9 252 900 N. Altitud aproximada de 3 684 m. La mayor diversidad local se registró en la ladera norte del cerro Las Gordas, donde el índice de diversidad de Shannon-Wiener alcanzó un valor de 3,455 bits/individuo, mientras que el índice de similitud fue de 0,884. El área monitoreada correspondió a la ladera norte media y alta del cerro Las Gordas; la cual se caracteriza por una vegetación del tipo Pastizal bajo/Pajonal disperso; registrándose en la zona algunas pequeñas parcelas de especies forrajeras (ej. *Avena sp.*); conforme uno avanza por el transecto hacia la cima del cerro Las Gordas, el pajonal se hace más continuo y dominante. Dentro del área de avistamiento se incluyen sectores con algunos individuos de *Polylepis racemosa* que conforman cercos vivos; la existencia de estos parches determina la presencia, en este sector, de especies como *Conirostrum cinereum* “mielerito cinereo”, *Patagona gigas* “picaflor gigante” y *Ochthoeca fumicolor* “pitajo ahumado”, las cuales no fueron observadas en los otros transectos. Dentro del área de estudio se incluyen algunos pequeños sectores de roquedal donde se pudo registrar la presencia de *Colaptes rupicola* “pito”.

Ladera sur de la relavera La Jalca

La dirección del transecto V fue del suroeste al noreste. Las coordenadas de inicio fueron: 760 022 E, 9 251 775 N; las del final: 760 607 E, 9 251 834 N. Altitud aproximada de 3 514 m. La menor diversidad local se registró en la ladera sur de la relavera Jalca, donde el índice de diversidad de Shannon-Wiener alcanzó un valor de 2,659 bits/individuo y el índice de

equidad fue de 0,801. Esta zona se encuentra impactada por las actividades mineras previas, actividades que podrían estar condicionando los valores de diversidad encontrados. En los alrededores al área impactada la vegetación dominante es del tipo Pastizal bajo/ Pajonal disperso con algunos parches pequeños de roquedal donde se registró la presencia de *Colaptes rupicola* “pito”. Asimismo, en la zona existen parches de vegetación ribereña asociada a angostas quebradas; próximas a estos hábitats se registraron las especies *Catamenia inornata* “corbatita azulada” y *Oreotrochilus stella* “picaflor cordillerano”.

Ladera norte del cerro Coymolache

La dirección del transecto I fue del noreste al suroeste. Las coordenadas de inicio fueron: 761 502 E; 9 250 891 N; las del final: 760 739 E; 9 250 612 N. Altitud aproximada de 3 962 m. La diversidad local registrada fue de 3,235 bits/individuo y el índice de equidad fue de 0,849. En la zona evaluada predominan la vegetación asociada a roquedal y el pajonal. En este transecto se observan especies características de zonas con afloramientos rocosos, entre ellas *Agriornis montana* “arriero”, *Muscisaxicola alpina* “dormilona gris” y *Cinclodes fuscus* “churrete cordillerano”, que al igual que la mayoría de aves pequeñas (Passeriformes) prefieren las áreas rocosas donde encuentran alimento, refugio y lugares de anidamiento. Así también, rapaces como *Buteo poecilochrous* “aguilucho cordillerano” prefieren estos hábitat para nidificar o como refugio desde donde vuelan a zonas abiertas para capturar a sus presas.

Ladera oeste del cerro Las Águilas

La dirección del transecto IV fue de noreste al suroeste. Las coordenadas de inicio fueron: 760 276 E; 9 252 654 N; las del final: 759 969 E, 9 252 091 N. Altitud aproximada de 3 657 m. La diversidad local registrada fue de 3,322 bits/individuo, el índice de equidad fue de 0,849. En la zona evaluada predominó la vegetación asociada a roquedal y la vegetación asociada a zonas húmedas. En este transecto se observaron especies características de afloramientos rocosos y zonas con predominancia de pastizal. Se registraron especies típicas de áreas rocosas como *Phalcoboenus megalopterus* “chinalinda”, observada generalmente en parejas o grupos, tanto esta especie, como *Colaptes rupicola* “pito” anidan en este tipo de hábitat. El periodo de reproducción de *Colaptes rupicola* es de noviembre a marzo y de julio a agosto.

Laderas sur y noreste del cerro Candela

La dirección del transecto III fue de noreste al suroeste. Las coordenadas de inicio fueron: 762 940 E; 9 251 964 N; las del final: 762 425 E, 9 251 689 N. Altitud aproximada de 3 950 m. La diversidad local registrada fue de 3,335 bits/individuo, el índice de equidad fue de

0,9303. En la zona evaluada predominaron la vegetación del tipo pastizal bajo/pajonal y algunos parches de afloramientos rocosos. Se registraron *Colaptes rupicola* “pito”, *Buteo polyosoma* “aguilucho común”, *Agriornis montana* “arriero”, *Muscisaxicola alpina* “dormilona gris”, *Polioxolmis rufipennis* “tiránido palmeado rufo” y *Cinclodes fuscus* “churrete cordillerano”.

La Figura 3.26 señala la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la fauna silvestre.

Amplitud de nicho de la avifauna

De forma similar al análisis de amplitud de nicho de la flora, la amplitud de nicho para la avifauna se calculó utilizando índices de diversidad de Shannon-Wiener de transectos por especies de avifauna. En la Tabla 3.69 se muestran los valores calculados para amplitud de nicho. Entre las especies generalistas o de nicho amplio tenemos a *Phrygilus unicolor*, *Zonotrichia capensis* y *Asthenes humilis*. Estas especies pueden explotar diversos recursos en formaciones vegetales diferentes de modo que pueden prosperar en hábitats diferentes y en un área mayor. Entre las especies especialistas o de nicho restringido tenemos a *Geossita tenuirostris*, *Patagona gigas* y *Eriocnemis vestitus*. Estas especies presentan restricciones de hábitat debido a sus particulares requerimientos. Como ejemplo podemos citar a *Patagona gigas* que necesita la presencia de flores productoras de néctar que no están presentes de modo contínuo en las distintas formaciones vegetales. Para calificar la amplitud de nicho de las especies determinadas se le asignó un rango cualitativo explicado a continuación: muy restringido (de 0 a 0,5), restringido (de 0,5 a 1), medianamente distribuido (de 1 a 1,5), amplio (de 1,5 a 2) y muy amplio (de 2 a 2,5).

Sensibilidad, prioridades de conservación e investigación de la avifauna

De las especies registradas durante el actual estudio de avifauna y enmarcadas dentro de la caracterización de la avifauna de Stotz *et al*, 1996 (Tabla 3.70), alrededor del 50% presenta una sensibilidad baja, mientras que el otro 50% se considera tienen una sensibilidad media. Ninguna de las especies reportadas presenta alta sensibilidad a los impactos.

En relación a las especies que potencialmente pueden encontrarse en la zona, alrededor del 47,06% presentan una sensibilidad baja, mientras que el 47,06% presenta una sensibilidad media y el 5,88% una alta sensibilidad a los impactos (Tabla 3.71). La especie que presenta una alta sensibilidad es *Notiochelidon flavipes* “golondrina de patas pálidas”.

3.2.1.5 Mastozoofauna

En la zona de estudio se han registrado 5 especies de mamíferos, mediante observación directa, captura, encuestas y/o registro de indicios como excrementos y huellas, estas especies son: *Pseudalopex culpaeus* “zorro andino”, *Conepatus semistriatus* “zorrino”, *Lagidium peruanum* “vizcacha”, *Akodon mollis* “ratón campestre de pelo suave” y *Odocoileus virginianus* “venado cola blanca”.

Asimismo, la revisión bibliográfica sugiere que otras 5 especies podrían ser registradas en el área de proyecto. Ninguna de estas especies se encuentra listada dentro de las categorías nacionales de protección

Las encuestas efectuadas a los residentes locales fueron una herramienta útil para confirmar la presencia de algunos mamíferos en la zona, tales como, *Pseudalopex culpaeus* “zorro andino” y *Odocoileus virginianus* “venado cola blanca”.

Lugares de evaluación

Ladera suroeste del cerro Corona

Área del futuro tajo abierto. La dirección del transecto 1 fue del noroeste al sureste. Las coordenadas de inicio fueron: 763 029 E; 9 251 944 N; las del final: 763 237; 9 251 733 N. Altitud aproximada de 3 943 m.

Ladera sureste del cerro Las Flacas

Área cercana a la futura planta de procesamiento. La dirección del transecto 2 fue del suroeste al noreste. Las coordenadas de inicio fueron: 762 530 E; 9 252 306 N; las del final: 762 553 E; 9 252 565 N. Altitud aproximada de 3 933 m.

Área del campamento de Mina Carolina

La dirección del transecto 3 fue del sureste al noroeste. Las coordenadas de inicio fueron: 761 370 E; 9 251 904 N; las del final: 761 169 E, 9 251 995 N. Altitud aproximada de 3 980 m.

Parte alta de la quebrada Las Gordas

Área del futuro depósito de relaves. La dirección del transecto 4 fue del sureste al noroeste. Las coordenadas de inicio fueron: 761 639 E; 9 251 971 N; final: 761 508 E; 9 252 083 N. Altitud aproximada 3 600 m.

Ladera noroeste del cerro Las Gordas

Aguas abajo del futuro depósito de relaves. La dirección del transecto 5 fue del noreste al suroeste. Las coordenadas de inicio fueron: 761 023 E; 9 252 851 N; las del final: 760 931 E, 9 252 739 N. Altitud aproximada de 3 658 m.

La Figura 3.26 señala la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la mastozoofauna.

3.2.1.6 Herpetofauna

Reptiles

La única especie observada durante el presente estudio fue *Stenocercus eunetopsis* (Fotografía 3.107), lagartija de la familia Tropiduridae, descrita en 1991 y registrada únicamente para un área restringida cerca del pueblo de Udimá en la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. El registro de esta especie para el área de Hualgayoc, colindante con la provincia de Santa Cruz, amplía un poco su distribución hacia el oriente, así como su registro altitudinal. De la especie se sabe que vive en hábitat abiertos, comúnmente donde hay grietas y roquedales; es muy activa durante las horas de sol y se esconde al atardecer, siendo más visible durante la estación seca (Cadle, 1991). El individuo capturado se refugiaba cerca de un área con dominio de pastizal (Fotografía 3.108).

Por otra parte, dentro de las especies que han sido nombradas en anteriores reportes y que potencialmente podrían encontrarse en el área, se distinguen: *Stenocercus melanopygus*, *Stenocercus chrysopygus*, *Proctoporus ventrimaculatus* y *Dicrodon sp.* Las especies del género *Stenocercus* son frecuentes a lo largo de todo el año y habitan en áreas pedregosas donde hacen sus guaridas debajo de piedras o construyen galerías subterráneas dentro del pastizal; son reptiles diurnos e insectívoros; los individuos de *S. chrysopygus* al parecer son los menos comunes. En relación con *Proctoporus ventrimaculatus*, esta especie se ha encontrado únicamente en el departamento de Cajamarca, habiendo sido reportada en la ecorregión de la serranía esteparia (CONAM, 2004).

Anfibios

En la actual evaluación sólo fue registrado un individuo del género *Telmatobius*. Según los estudios anteriores, se considera que potencialmente en el área de estudio también se podrían reportar especímenes de *Telmatobius latirostris* y *Telmatobius brevipes*, especies estrictamente acuáticas, que en algunos lugares de Cajamarca son utilizadas para alimentación humana. Asimismo, se contempla la posible presencia de especies endémicas como *Bufo*

cophotis y *Phrynopus sp*, esta última especie de hábitos nocturnos. Otras especies que potencialmente podrían ser observadas son *Eleutherodactylus cajamarcensis*, *Atelopus peruensis*, propios de los bofedales, pastizales y afloramientos rocosos y *Gastrotheca monticola* que se encuentra entre la vegetación (pastizales y arbustos) y pedregales (Bazán et al, 1998).

Lugar de evaluación

Ladera norte del cerro Las Gordas

Las coordenadas de referencia son: 761 441 E; 9 252 994 N. Altitud aproximada de 3 684 m.

La Figura 3.26 señala la ubicación del punto de muestreo para la evaluación de la herpetofauna.

Especies amenazadas, endémicas y con estatus especial de conservación

El análisis de esta sección considera primeramente a las especies que fueron reportadas para el área del proyecto durante la actual evaluación y posteriormente analiza la situación de aquellas especies que se ha considerado podrían estar en la zona. En relación a este último punto, se debe tener en cuenta que la presencia de estas especies es sólo probable, ya que si bien el rango de su distribución puede incluir esta zona, el hecho de que el área del proyecto esté perturbada previamente por actividades mineras y agropastoriles, puede determinar que dichas especies no ocupen este hábitat y tal como ocurrió en la actual evaluación, no sean reportadas.

En la Tabla 3.72 se muestra la relación de especies consideradas dentro de alguna categoría de conservación ya sea nacional e internacional; especificándose tanto las especies registradas actualmente como aquellas cuya presencia no ha sido confirmada pero que potencialmente pueden encontrarse dentro del área.

En base a los criterios de clasificación de estado y/o amenaza del INRENA (D.S. N° 034-2004-AG), ninguna de las especies registradas en la presente evaluación se encuentra considerada dentro de las categorías de conservación establecidas actualmente. Por otra parte, basándose en la posibilidad de encontrar alguna de las siguientes especies en la zona, se detalla su clasificación: *Telmatobius brevipes* (en peligro), *Atelopus peruensis* (en peligro) y *Falco peregrinus* (casi amenazado).

Según la clasificación de especies protegidas elaborada por la CITES (Convention on the International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), se registran 13 especies dentro del Apéndice II (especies de comercio controlado con independencia del país de procedencia, sea firmante o no del convenio). Mientras que en el Apéndice I (especies amenazadas con comercio permitido sólo en casos excepcionales) se registra *Falco peregrinus*, especie categorizada como casi amenazada por el INRENA. Esta especie migratoria, anida en otras latitudes y según lo que se conoce sobre ella, es común observarla en Ecuador y Perú entre los meses de octubre y abril.

3.2.2 Vida acuática

La información que se presenta a continuación es un resumen de los datos colectados durante el estudio de línea base ambiental del Proyecto Cerro Corona, la cual comprende las evaluaciones realizadas por Knight Piésold en 1995 y en el 2004. La metodología empleada en el presente estudio se detalla en el Anexo C.

3.2.2.1 Comunidades de perifitos y plancton

Esta sección es una descripción de la información existente, compilada a partir de informes elaborados anteriormente para Sociedad Minera Corona S.A. (SMC). Los documentos revisados en esta compilación son:

- Línea Base Ambiental desarrollada por Knight Piésold (1995)
- Estudio de Impacto Ambiental ejecutado por Vector (2001).

La información recopilada consiste en observaciones cualitativas, no habiendo sido realizados estudios cuantitativos de estos componentes. Los datos recopilados son presentados a continuación a fin de complementar los estudios realizados para el presente EIA.

Perifitos

Microflora que crece sobre el sustrato del cauce de agua, erróneamente llamados cianobacterias. El componente mayor de este grupo son las algas epifitas. Las especies de perifitos determinadas en las muestras de agua de la cuenca Tingo (río Tingo y quebrada Las Águilas) y la cuenca Hualgayoc (río Hualgayoc) se presentan en la Tabla 3.73.

Según el análisis de las muestras, en el río Hualgayoc se identificaron 4 especies de perifitos. Ningún perifito fue encontrado en las muestras del río Tingo o de la quebrada Las Águilas. Una de las especies encontradas, *Anabaena circinalis*, se considera tóxica para el ganado

cuando se presenta en grandes concentraciones en zonas de abrevadero debido a que tiene la capacidad de producir saxitoxina, una neurotoxina con LD₅₀ de 10 µg/kg (probado en ratones).

Plancton

Microorganismos que se encuentran móviles en la columna de agua. Hay dos clases de plancton: fitoplancton (microflora) y zooplancton (microfauna). Los análisis realizados en el estudio de línea base de 1995 (Knight Piésold) han contemplado las dos clases de organismos.

Fitoplancton

Microorganismos fototróficos unicelulares o multicelulares que viven suspendidos dentro de la columna de agua. Su presencia y composición depende de las condiciones ambientales específicas. Debido a su capacidad de autotrofismo, son portadores de clorofila, producen oxígeno que puede ser utilizado por otros organismos. Se consideran la base de la red trófica de un ecosistema acuático. El fitoplancton estuvo presente en los tres cauces evaluados río Hualgayoc, quebrada las Águilas y río Tingo (Tabla 3.74).

Zooplancton

Son los consumidores primarios o secundarios del fitoplancton y representan la segunda etapa de la red trófica, sirviendo de alimento para los siguientes niveles en la red. Este grupo contiene a los protozoarios, rotíferos, cladóceros, copépodos, anélidos, alevinos y las primeras etapas de larva de algunos insectos acuáticos, crustáceos o moluscos. No se identificó ninguna especie de zooplancton en las muestras de agua del río Tingo, quebrada Las Águilas y río Hualgayoc.

3.2.2.2 Análisis biofísico del hábitat acuático

El análisis biofísico del hábitat acuático permite una estimación de la capacidad de cada punto evaluado para sostener la vida acuática. Este análisis involucra una evaluación del sustrato como hábitat de bentos; una evaluación de la cantidad y calidad de hábitat para peces y el estado de la cuenca en términos de la cantidad de erosión, fuentes de contaminación del agua o sustrato y diversidad morfológica.

La topografía del área del Proyecto Cerro Corona es por lo general accidentada, compuesta por una sucesión de montañas o cerros, con elevaciones que varían entre los 2 800 y 3 700 metros de altitud. Esta variabilidad en la topografía trae como resultado una variabilidad alta de hábitats acuáticos.

La matriz de evaluación biofísica utilizada en los puntos de muestreo se presenta en la Tabla 3.75, la clave para esta matriz se presenta en la Tabla 3.76. El análisis ha sido detallado para cada cuenca, las coordenadas UTM, la altitud y la referencia de cada estación de monitoreo se presentan en la Tabla 3.77.

Cuenca del río Tingo

Dentro del área abarcada por el estudio de vida acuática, el cauce del río Tingo tiene dos nombres: aguas arriba de la confluencia con la quebrada que viene de la laguna Mamacocha se conoce como río Tingo y aguas abajo de esta confluencia y hasta la confluencia con el río Llaucán, a la altura de Bambamarca, se conoce como río La Quebrada.

Dentro de esta cuenca y del área del estudio (pero fuera del área del proyecto) está la quebrada La "M". El punto de muestreo B4 se encuentra en la cabecera de esta quebrada.

Esta cuenca tiene una longitud de 25,5 km entre su cabecera y la confluencia con el río Llaucán, de los cuales 835 m se ubican dentro de los límites de propiedad del Proyecto Cerro Corona. Las evaluaciones de campo realizadas han permitido identificar que el río Tingo posee un valor medio a medio alto en cuanto a sus condiciones de calidad biofísica del hábitat y en términos generales se puede decir que su sustrato es inadecuado para los peces, en especial para los alevinos. Asimismo, si bien la morfología del río es generalmente apropiada para peces pequeños requiere de una mayor cobertura de refugio (pozas y áreas de flujo laminar de mayor profundidad) para desarrollar una buena población. Por otra parte, la vegetación ribereña sólo en algunos lugares evaluados es adecuada para controlar la temperatura o proveer de alimento a bentos y peces. Un resumen de los resultados de estas evaluaciones se presenta en la Tabla 3.78 y en la Figura 3.27 se presenta las ubicaciones de muestreo para la evaluación de vida acuática.

Punto de muestreo B1

El río a esta altura tiene un ancho total promedio de 11,3 m y un ancho con agua de 2,8 m en promedio. La profundidad promedio es de 16,7 cm y drena un área aproximada de 4 772 240 m² (477 ha). El sustrato está compuesto principalmente de piedras (entre 6,4 y 25,6 cm de diámetro). Estas proveen hábitats para peces en las etapas de vida juvenil y adulto en los espacios formados debajo de ellas y en las áreas de aguas tranquilas (aguas abajo de las rocas). La cantidad de agua durante todo el año es suficiente para sostener la vida de los peces.

En la zona ribereña no hay presencia de árboles que provean la sombra necesaria para mantener la temperatura del agua y a través de esto mantener el nivel de oxígeno disuelto en el agua.

La calidad de hábitat en este punto de muestreo está clasificado como de calidad media porque el sustrato no es adecuado para los alevinos de peces pero es adecuado para los juveniles y adultos; en general, la morfología está por debajo de lo adecuado para peces pero hay algunas zonas del área de muestreo que proveen un hábitat adecuado para estos; la vegetación ribereña es insuficiente para proveer alimentación para bentos y peces y controlar la temperatura del agua; no se presentan desechos de madera de tamaño grande en el cauce.

En las Fotografías 3.109, 3.110 y 3.111 se pueden apreciar las características del punto de muestreo.

Punto de muestreo B2

El río a esta altura tiene un ancho total promedio de 4,9 m y un ancho con agua de 2,3 m en promedio. La profundidad promedio es de 20,8 cm y drena un área aproximada de 9 901 126 m² (990 ha). El sustrato está compuesto principalmente de piedras (entre 6,4 y 25,6 cm de diámetro) y gravas (entre 0,02 y 6,4 cm diámetro). Estas proveen hábitats para peces en las etapas de vida alevino y juvenil. La cantidad de agua durante todo el año es suficiente para sostener la vida de los peces.

En la zona ribereña no hay presencia de árboles que provean la sombra necesaria para mantener la temperatura del agua y a través de esto mantener el nivel de oxígeno disuelto en el agua.

La calidad de hábitat en este punto de muestreo está clasificada media-alta porque a pesar de que el sustrato es adecuado para los alevinos de peces, no es bueno para los juveniles y adultos; la morfología es solamente adecuada para alevinos y juveniles de peces aunque hay algunas zonas del área de muestreo que proveen un hábitat adecuado para adultos; la vegetación ribereña es insuficiente para proveer alimentación para bentos y peces y controlar la temperatura del agua; no se presentan desechos de madera de tamaño grande en el cauce.

En las Fotografías 3.112 y 3.113 se puede apreciar las características del punto de muestreo.

Punto de muestreo B3

El río a esta altura tiene un ancho total promedio de 5,8 m y un ancho con agua de 4,5 m en promedio. La profundidad promedio es de 17,3 cm y drena un área de 10 463 728 m² (1 046 ha). El sustrato está compuesto principalmente de piedras (entre 6,4 y 25,6 cm de diámetro). Estas proveen hábitats para peces en las etapas de vida juvenil y adulto en los espacios formados debajo de ellas y en las áreas de aguas tranquilas (aguas abajo de las rocas). La cantidad de agua durante todo el año es suficiente para sostener la vida de los peces.

En la zona ribereña no hay presencia de árboles que provean la sombra necesaria para mantener la temperatura del agua y a través de esto mantener el nivel de oxígeno disuelto en el agua.

La calidad de hábitat en este punto de muestreo está clasificada como media-alta porque a pesar de que el sustrato es adecuado para los alevinos de peces, no es bueno para los juveniles y adultos; la morfología es solamente adecuada para alevinos y juveniles de peces aunque hay algunas zonas del área de muestreo que proveen un hábitat adecuado para adultos; la vegetación ribereña es insuficiente para proveer alimentación para bentos y peces y controlar la temperatura del agua; no se presentan desechos de madera de tamaño grande en el cauce.

En las Fotografías 3.114 y 3.115 se puede apreciar las características del punto de muestreo.

Punto de muestreo B4

El río a esta altura tiene un ancho total promedio de 2,4 m y un ancho con agua de 1,0 m en promedio. La profundidad promedio es de 9,3 cm y drena un área aproximada de 2 620 962 m² (262 ha). El sustrato está compuesto principalmente de piedras (entre 6,4 y 25,6 cm diámetro). Estas proveen hábitats para peces en las etapas de vida juvenil y adulto en los espacios formados abajo de ellas y en las áreas de aguas tranquilas (aguas abajo de las rocas). La cantidad de agua durante todo el año es suficiente para sostener la vida de los peces.

En la zona ribereña no hay presencia de árboles que provean la sombra necesaria para mantener la temperatura del agua y a través de esto mantener el nivel de oxígeno disuelto en el agua.

La calidad de hábitat en este punto de muestreo está clasificada como media-alta porque a pesar de que el substrato es adecuado para los alevinos de peces, no es bueno para los juveniles y adultos; la morfología es solamente adecuada para alevinos y juveniles de peces aunque hay algunas zonas del área de muestreo que proveen un hábitat adecuado para adultos; la vegetación ribereña es insuficiente para proveer alimentación para bentos y peces y controlar la temperatura del agua; no se presentan desechos de madera de tamaño grande en el cauce.

En las Fotografías 3.116, 3.117 y 3.118 se pueden apreciar las características del punto de muestreo.

Punto de muestreo B5

El río a esta altura tiene un ancho total promedio de 6,1 m y un ancho con agua de 4,2 m en promedio. La profundidad promedio es de 23,3 cm y drena un área de 21 088 597 m² (2 109 ha). El substrato está compuesto principalmente de piedras (entre 6,4 y 25,6 cm de diámetro). Estas proveen hábitats para peces en las etapas de vida juvenil y adulto en los espacios formados abajo de ellas y en las áreas de aguas tranquilas (aguas abajo de las rocas).

La cantidad de agua durante todo el año es suficiente para sostener la vida de los peces.

En la zona ribereña, la presencia de árboles provee la sombra necesaria para mantener la temperatura del agua y a través de esto mantener el nivel de oxígeno disuelto en el agua en algunas partes del río.

El hábitat en este punto de muestreo está clasificado como de calidad media-alta porque a pesar de que el substrato es adecuado para los alevinos de peces, no es bueno para los juveniles y adultos; la morfología es adecuada para alevinos y juveniles de peces; la vegetación ribereña es suficiente para proveer alimentación para bentos y peces y controlar la temperatura del agua; no se presentan desechos de madera de tamaño grande en el cauce.

En las Fotografías 3.119, 3.120 y 3.121 se pueden apreciar las características del punto de muestreo.

Punto de muestreo B6

El río a esta altura tiene un ancho total promedio de 5,9 m, un ancho con agua de 3,9 m en promedio. La profundidad promedio es de 24,3 cm y drena un área aproximada de

51 482 758 m² (5 148 ha). El substrato está compuesto principalmente de piedras (entre 6,4 y 25,6 cm de diámetro). Estas proveen hábitats para peces en las etapas de vida juvenil y adulto en los espacios formados abajo de ellas y en las áreas de aguas tranquilas (aguas abajo de las rocas). La cantidad de agua durante todo el año es suficiente para sostener la vida de los peces.

En algunas en partes del río, la presencia de árboles en la zona ribereña provee la sombra necesaria para mantener la temperatura del agua y a través de esto el nivel de oxígeno disuelto en el agua.

La calidad de hábitat en este punto de muestreo está clasificada como media-alta porque a pesar de que el substrato es adecuado para los alevinos de peces, no es bueno para los juveniles y adultos; la morfología es adecuada para alevinos y juveniles de peces; la vegetación ribereña es suficiente para proveer alimentación para bentos y peces y controlar la temperatura del agua; no se presentan desechos de madera de tamaño grande en el cauce.

En las Fotografías 3.122 y 3.123 se puede apreciar las características del punto de muestreo.

Cuenca del río Hualgayoc

A la altura de Tahona, el río Hualgayoc cambia su nombre a río Arascorgue y continúa con este nombre hasta su confluencia con el río Llaucán. El río Llaucán confluye con el río La Quebrada a la altura de Bambamarca cambiando su nombre a río Llaucano. El río tiene una longitud de 14 km entre su cabecera y la confluencia con el río La Quebrada a la altura de Bambamarca. Ninguno de sus tramos recorre el área del Proyecto Cerro Corona.

Las evaluaciones de campo realizadas han permitido identificar, que como hábitat, este río posee una calidad biofísica que va de media a media alta tanto para peces como para bentos (sin considerar los factores de calidad de agua). En términos generales, el sustrato es inadecuado para los peces, sobre todo para los alevinos. La morfología del río es generalmente apropiada para peces pequeños (alevinos y juveniles), sin embargo se requiere una mayor cobertura de refugio (pozas y áreas de flujo laminar de mayor profundidad) para el mejor desarrollo de las poblaciones. En algunos lugares evaluados se ha considerado que la vegetación ribereña es suficiente para proveer de alimento al bentos y a los peces y para controlar la temperatura del agua. Los desechos de madera que podrían servir como hábitat para los peces estuvieron ausentes en todos los lugares evaluados. Un resumen de los resultados de estas evaluaciones de campo se presenta en la Tabla 3.79.

Punto de muestreo B7

El río a esta altura tiene un ancho total promedio de 3,0 m y un ancho con agua de 2,4 m en promedio. La profundidad promedio es de 28,3 cm y drena un área de 6 533 763 m² (653 ha).

El substrato está compuesto principalmente de roca madre y bolones (rocas con diámetro mayor de 25,6 cm). Estas proveen hábitats para peces en las etapas de vida juvenil y adulto en los espacios formados abajo de ellas y en las áreas de aguas tranquilas (aguas abajo de las rocas). La cantidad de agua durante todo el año es suficiente para sostener la vida de los peces.

En algunas partes del río, la presencia de arbustos en la zona ribereña provee sombra para mantener la temperatura del agua y a través de esto mantener el nivel de oxígeno disuelto en el agua.

La calidad de hábitat en este punto de muestreo está clasificada como media-alta porque a pesar de que el substrato no es adecuado para los alevinos de peces, es bueno para los juveniles y adultos; la morfología es solamente adecuada para juveniles y adultos de peces; la vegetación ribereña es suficiente para proveer alimentación para bentos y peces y controlar la temperatura del agua; no se presentan desechos de madera de tamaño grande en el cauce.

En las Fotografías 3.124 y 3.125 se puede apreciar las características del punto de muestreo.

Punto de muestreo B8

El río a esta altura tiene un ancho total promedio de 4,5 m y un ancho con agua de 2,4 m en promedio. La profundidad promedio es de 19,3 cm y drena un área de 9 982 452 m² (998 ha).

El substrato está compuesto principalmente de piedras (entre 6,4 y 25,6 cm diámetro). Estas proveen hábitats para peces en las etapas de vida juvenil y adulto en los espacios formados abajo de ellas y en las áreas de aguas tranquilas (aguas abajo de las rocas). La cantidad de agua durante todo el año es suficiente para sostener la vida de los peces.

No hay presencia de árboles en la zona ribereña como para proveer la sombra necesaria al agua como para mantener su temperatura y a través de esto mantener el nivel de oxígeno disuelto en ella.

La calidad de hábitat en este punto de muestreo está clasificada como media porque a pesar de que el substrato es adecuado para los juveniles y adultos, no es bueno para los alevinos de peces; la morfología es solamente adecuada para juveniles y adultos de peces aunque hay algunas zonas del área de muestreo que proveen un hábitat adecuado para los alevinos; la vegetación ribereña es insuficiente para proveer alimentación para bentos y peces y controlar la temperatura del agua; no se presentan desechos de madera de tamaño grande en el cauce.

En la Fotografía 3.126 se puede apreciar las características del punto de muestreo.

Punto de muestreo B9

No fue posible determinar el ancho total promedio del río a esta altura debido al nivel de perturbación del sitio. El río tiene un ancho con agua de 3,7 m en promedio, una profundidad promedio de 13,8 cm y drena un área de 18 560 510 m² (1 856 ha). El substrato está compuesto principalmente de bolones (rocas con diámetro mayor de 25,6 cm) y piedras (entre 6,4 y 25,6 cm de diámetro). Estas proveen hábitats para peces en las etapas de vida juvenil y adulto en los espacios formados abajo de ellas y en las áreas de aguas tranquilas (aguas abajo de las rocas). La cantidad de agua durante todo el año es suficiente para sostener la vida de los peces.

No hay presencia de árboles en la zona ribereña pero en algunas partes existen arbustos que proveen sombra al agua y mantienen su temperatura, manteniendo de esta manera el nivel de oxígeno disuelto en el agua.

La calidad de hábitat en este punto de muestreo está clasificada como media porque a pesar de que el substrato es adecuado para los juveniles y adultos, no es bueno para los alevinos de peces; la morfología es solamente adecuada para juveniles y adultos de peces; la vegetación ribereña es insuficiente para proveer alimentación para bentos y peces y controlar la temperatura del agua; no se presentan desechos de madera de tamaño grande en el cauce. Adicionalmente, existe una barrera a la migración de peces en el límite aguas arriba de este punto de muestreo.

En las Fotografías 3.127 y 3.128 se puede apreciar las características del punto de muestreo.

Punto de muestreo B10

El río a esta altura tiene un ancho total promedio estimado en 15,0 m y un ancho con agua estimado en 15,0 m. La profundidad promedio es de 83,6 cm. El substrato está compuesto

principalmente de bolones (rocas con diámetro mayor de 25,6 cm). Estas proveen hábitats para peces en las etapas de vida juvenil y adulto en los espacios formados abajo de ellas y en las áreas de aguas tranquilas (aguas abajo de las rocas). La cantidad de agua durante todo el año es suficiente para sostener la vida de los peces.

En algunas partes del río, la presencia de árboles en la zona ribereña provee sombra como para mantener la temperatura y a través de esto mantener el nivel de oxígeno disuelto en el agua.

La calidad de hábitat en este punto de muestreo está clasificada como media-alta porque a pesar de que el substrato es adecuado para los alevinos de peces, no es bueno para los juveniles y adultos; la morfología es adecuada para alevinos y juveniles de peces; la vegetación ribereña es suficiente para proveer alimentación para bentos y peces y controlar la temperatura del agua; no se presentan desechos de madera de tamaño grande en el cauce.

En las Fotografías 3.129 y 3.130 se puede apreciar las características del punto de muestreo.

3.2.2.3 Comunidades de peces

Los estudios de los peces fueron realizados en 6 estaciones de muestreo. En la Tabla 3.80 se presentan los resultados de cada estación de muestreo y en la Figura 3.27 se presentan las ubicaciones de dichas estaciones. La fotografía 3.121 ilustra el procedimiento de electro pesca.

Cuenca del río Tingo

En la cuenca del río Tingo se ubicaron 4 puntos de muestreo para peces, distribuidos aguas arriba, dentro y aguas abajo del área del Proyecto Cerro Corona. En términos generales, los peces se presentan solamente aguas arriba del puente Tingo. Aguas abajo de este punto, el río recibe una cantidad alta de aguas contaminadas, provenientes de varios puntos, lo que inutiliza el agua para la vida de los peces. A continuación se describe cada punto, incluyendo las observaciones sobre los puntos donde no se realizó el muestreo con el electropescador.

Punto de muestreo B1

En el punto de muestreo B1 (en el río Tingo a la altura de Hueco Grande) se realizó un muestreo con electropescador sobre un tramo de 60 m de largo y por una duración de 340 segundos (tiempo activo del electropescador). No se observaron ni capturaron peces.

Considerando que el pH del agua fue de 4,2 no se considera que el sitio sea adecuado para peces.

Aguas abajo de este punto existe un pantano que aparentemente funciona en cuanto al tratamiento biológico del agua. Los residentes locales de la zona indicaron que hay truchas entre el puente Tingo y el pantano.

Punto de muestreo B2

En el punto de muestreo B2 (en el río Tingo a la altura de la confluencia con la quebrada Las Águilas) se realizó un muestreo con electropescador sobre un tramo de 100 m de largo y por una duración de 711 segundos (tiempo activo del electropescador). Solamente la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) fue capturada en este sitio. Un total de 10 ejemplares de trucha fue capturado y varios ejemplares más fueron observados. El número de peces capturados por unidad de esfuerzo fue 0,84 peces por minuto por 100 m. Los resultados de la evaluación de peces se encuentran en la Tabla 3.80.

Los tamaños de las truchas capturadas estuvieron entre 5,0 y 10,1 cm de largo total del cuerpo y entre 6,0 y 49,5 g de peso total. La muestra evaluada de la población de truchas en este sitio sugiere que tiene abundancia de peces juveniles y alevinos pero carece de adultos grandes. Esta situación puede estar siendo producida por la sobrepesca en el río.

Punto de muestreo B3

En el punto de muestreo B3 (en el río Tingo a la altura del Centro Comunal de la Comunidad Campesina de Tingo) se realizó un muestreo con electropescador sobre un tramo de 50 m de largo y por una duración de 240 segundos (tiempo activo del electropescador). No se capturaron ni observaron peces. Según lo indicado por los residentes de la zona, no existen peces en este tramo del río.

Entre este punto de muestreo y el puente Tingo aguas arriba, ingresan varios cursos de agua con aparentes residuos de actividades mineras antiguas. Se considera que el ingreso de estas aguas al río Tingo ha afectado la calidad de hábitat para los peces hasta el punto en que éstos ya no existen en esta sección del río.

Punto de muestreo B4

Este punto de muestreo se encuentra en la quebrada La "M", aguas arriba de las operaciones de la Compañía Minera San Nicolás. En este punto de muestreo no se realizó una evaluación

de peces con el electropescador debido a la poca cantidad de agua y hábitat disponible para peces. De esta manera no se capturaron ni observaron peces. Según lo indicado por los residentes de la zona, no existen peces en este tramo de la quebrada.

Punto de muestreo B5

El punto de muestreo B5 se realizó en el río Tingo aguas abajo de la confluencia con la quebrada La “M”, a la altura de la planta de tratamiento de agua de mina de la Mina Carolina. En este punto se realizó un muestreo con electropescador sobre un tramo de 20 m de largo y por una duración de 252 segundos (tiempo activo del electropescador). No se capturaron ni observaron peces. Según lo indicado por los residentes de la zona, no existen peces en este tramo del río.

Además de contener las aguas indicadas en la descripción del punto de muestreo B3, este punto de muestreo contiene el agua que proviene de la quebrada La “M”. No se considera que el agua de esta quebrada ni el agua del río Tingo por debajo de su confluencia, sean adecuadas para sostener la vida de los peces.

Punto de muestreo B6

El punto de muestreo B6 se encuentra en el río Tingo a la altura del puente Pujupe, aguas abajo de la confluencia de la quebrada que proviene de la laguna Mamacocha. El río Tingo a esta altura lleva el nombre de río La Quebrada. Los pobladores de esta zona indicaron que no existen peces en esta zona. Como resultado, no se realizó una evaluación de peces con el electropescador. No se capturaron ni observaron peces durante los otros trabajos en esta zona.

Cuenca del río Hualgayoc

En la cuenca del río Hualgayoc se ubicaron 2 puntos de muestreo para peces, distribuidos aguas arriba y aguas abajo del área del Proyecto Cerro Corona. En términos generales, los peces se presentan solamente aguas arriba del pueblo de Hualgayoc. Aguas abajo de este punto el río recibe una cantidad alta de aguas contaminadas, provenientes de varios puntos, lo que deja el agua inhabitable para los peces. A continuación se describe cada punto de análisis, incluyendo observaciones sobre los puntos donde no se realizó el muestreo con el electropescador.

Punto de muestreo B7

En el punto de muestreo B7 (en el río Hualgayoc a la altura del punto de monitoreo ambiental M-11 de la Mina Carolina) se realizó un muestreo con electropescador sobre un tramo de

25 m de largo y por una duración de 167 segundos (tiempo activo del electropescador). No se capturaron ni se observaron peces. Según lo indicado por los residentes de la zona, no existen peces en este tramo del río.

La topografía en este punto tiene una pendiente relativamente alta, lo que ha causado la formación de algunos saltos de agua. Estos saltos no proveen una barrera a la migración hacia aguas arriba de adultos de trucha pero sí a la migración de los juveniles y alevinos.

Punto de muestreo B8

En el punto de muestreo B8 (en el río Hualgayoc a la altura del lugar conocido como La Peña Blanca) se realizó un muestreo con electropescador sobre un tramo de 30 m de largo y por una duración de 167 segundos (tiempo activo del electropescador). En este sector se capturaron peces de las especies *Oncorhynchus mykiss* (trucha) y *Astroblepus simonsii* (bagre). Los resultados de la evaluación se encuentran en la Tabla 3.80. El número de peces capturados por unidad de esfuerzo fue 0,72 peces por minuto por 30 m.

El tamaño de la trucha capturada fue de 480,0 mm de largo total de cuerpo y 1 000,0 g de peso total (aproximado). El tamaño del bagre capturado fue 160,0 mm largo total de cuerpo y 388,0 g peso total. La muestra evaluada de la población de peces en este sitio sugiere que hay abundancia de adultos grandes.

Punto de muestreo B9

El punto de muestreo B9 se encuentra en el río Hualgayoc aguas abajo del pueblo de Hualgayoc, a la altura del puente Tahona. En este punto de muestreo no se realizó una evaluación de peces con electropescador debido a la poca cantidad de agua y hábitat disponible para peces. De esta manera, no se capturaron ni observaron peces. Según lo indicado por los residentes de la zona, no existen peces en este tramo de la quebrada. Adicionalmente, existe una barrera a la migración de peces en el límite aguas arriba de este punto de muestreo.

Punto de muestreo B10

Este punto de muestreo se ubicó en el río Llaucano, aguas abajo de la confluencia del río La Quebrada y también aguas abajo de la ciudad de Bambamarca. El río en este punto de muestreo está influenciado por las aguas contaminadas del río La Quebrada y otros ríos aguas arriba de Bambamarca. Adicionalmente está siendo afectado por las descargas de las aguas residuales de la ciudad de Bambamarca.

No se realizó una evaluación en este punto con electropescador debido al tamaño del río (ancho y profundidad), factores que afectan la eficiencia del electropescador y la seguridad del equipo.

Según lo indicado por residentes de la zona, no existen peces en este tramo del río.

3.2.2.4 Comunidad de macroinvertebrados bentónicos

Los índices de calidad ambiental pueden indicar el estado de salud del cauce en cada punto.

Algunas especies del bentos son sensibles a la presencia de contaminantes en el agua (especies de los grupos Ephemoptera, Plecoptera, y Tricoptera – EPT); otras especies son facultativas – es decir pueden sobrevivir en aguas limpias o aguas contaminadas (Coleóptero, Hemíptero, Crustácea y la mayoría de Díptera); y existen especies que están normalmente presentes en grandes cantidades sólo en aguas contaminadas con materiales orgánicos (Chironomidae y Annelidae - CA). El monitoreo de las poblaciones en cada grupo puede ser usado como un indicador de la contaminación ambiental; por ello el análisis de los resultados no sólo incluye el cálculo de índices de diversidad y riqueza sino además de calidad ambiental (Tabla 3.81 y Gráficos 3.38a - 3.38e).

Un aspecto importante a tomarse en cuenta es la posibilidad de que existan especies endémicas de insectos acuáticos en la cuenca del río Hualgayoc y la parte alta de la cuenca del río Tingo. Trabajos previos tanto en el Neotrópico (Roldán, 1988 en Colombia y Miserendino, 2001 en Argentina) como en otras regiones, han demostrado que en estos ecosistemas se observa un alto grado de endemismos, debido tanto al sedentarismo de los macroinvertebrados acuáticos como a la existencia de barreras en las zonas de cabecera de los sistemas hidrográficos.

Las siguientes secciones describen el estado de calidad ambiental en cada estación de monitoreo. La Fotografía 3.110 muestra la toma de una muestra de macroinvertebrados bentónicos utilizando el muestreador Hess.

Cuenca del río Tingo

La salud ambiental de la cuenca del río Tingo, según el análisis de bentos, cambia entre la parte alta y la parte baja. En la parte alta la calidad de agua es mejor que en la parte baja debido, en parte, a la influencia de la industria minera. La riqueza promedio de la cuenca es de 2,91 familias en cada punto de muestreo, lo que significa la presencia de pocas especies en

cada punto. La diversidad es variable. Los órdenes dominantes son Coleoptera, Diptera y Ephemoptera. El análisis de la cuenca en general se presenta en las Tablas 3.81 y 3.82.

Punto de muestreo B1

Dos muestras de bentos fueron colectadas en este sitio, una sobre un sustrato rocoso (B1a) y la otra sobre un sustrato de grava (B1b).

La abundancia de individuos y la riqueza en la muestra B1a fueron bajas ($N = 62$ y $S = 7$) y el valor de EPT porcentual es cero, así como la relación entre EPT y CA. A pesar de esto, los valores del índice de diversidad y el índice de equidad se mantuvieron dentro del rango alto ($H' = 2,4674$ y $E = 0,8789$). Las familias dominantes fueron: Elmidae (Coleoptera), Hyalellidae (Amphipoda) y Chironomidae (Diptera). (Gráfico 3.39a).

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B1b fueron bajas ($N = 90$ y $S = 4$) y el valor de EPT porcentual fue cero, así como la relación entre EPT y CA. Los valores del índice de diversidad y el índice de equidad también fueron bajos ($H' = 1,4115$ y $E = 0,7058$). Las familias dominantes fueron: Elmidae (Coleoptera) y Chironomidae (Diptera). (Gráfico 3.39b).

De acuerdo con el índice biótico de familias (IBF) (Tabla 3.84) se califica el agua en este punto como Regular (Clase IV) para la muestra B1a y Buena (Clase III) para la muestra B1b. El análisis de S/T califica el agua en este punto como contaminada por material orgánico (Tabla 3.85).

Punto de muestreo B2

Dos muestras de bentos fueron colectadas en este sitio, una sobre un sustrato rocoso (B2a) y la otra sobre un sustrato de grava (B2b).

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B2a fueron moderadas ($N = 158$ y $S = 7$), el valor de EPT porcentual fue 71% y la relación entre EPT y CA fue 6,6 lo que indica una calidad de agua buena. El índice de diversidad fue alto ($H' = 2,0851$) mientras el índice de equidad fue bajo ($E = 0,7427$). Las familias dominantes fueron: Helicopsichidae (Tricoptera), Baetidae (Ephemoptera) y Elmidae (Coleoptera) (Tabla 3.83 y Gráfico 3.39c).

La abundancia de individuos en la muestra B2b fue moderada ($N = 103$) y la riqueza específica fue alta ($S = 11$); el valor de EPT porcentual fue 68% y la relación entre EPT y CA fue 8,8 lo que indica una calidad de agua buena. El índice de diversidad fue alto ($H' = 2,1304$) mientras el índice de equidad fue bajo ($E = 0,6158$). Las familias dominantes fueron: Helicopsichidae (Tricoptera) y Elmidae (Coleoptera), tal como refieren la Tabla 3.83 y el Gráfico 3.39d.

De acuerdo con el IBF (Tabla 3.84) se califica el agua en este punto como Muy Buena (Clase II) para ambas muestras. El análisis de S/T califica el agua en este punto como limpia (Tabla 3.85).

Punto de muestreo B3

Dos muestras de bentos fueron colectadas en este sitio, una sobre un sustrato rocoso (B3a) y la otra sobre un sustrato de arena (B3b).

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B3a fueron muy bajas ($N = 8$ y $S = 2$), el valor de EPT porcentual fue 38% y la relación entre EPT y CA fue 0,6 lo que indica que el agua está contaminada por materia orgánica. El índice de diversidad y el índice de equidad fueron muy bajos ($H' = 0,9544$ y $E = 0,9544$). Solamente se presenta una especie de Chironomidae (Diptera) y una especie de Baetidae (Ephemoptera). (Tabla 3.83 y Gráfico 3.39e).

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B3b fueron muy bajas ($N = 1$ y $S = 1$) y el valor de EPT porcentual fue cero, así como la relación entre EPT y CA (debido a que ninguno de los órdenes estaba representado). Los valores del índice de diversidad y el índice de equidad también fueron cero (Tabla 3.82 y Gráfico 3.39f). Solamente se presenta una especie de Elmidae (Coleoptera).

De acuerdo con el IBF (Tabla 3.84) se califica el agua en este punto como Relativamente Mala (Clase V) para la muestra B3a y Muy Buena para la muestra B3b, lo que demuestra que el cálculo del IBF para la muestra B3b fue afectado por la poca cantidad de bentos encontrado. El análisis de S/T califica el agua para B3a como contaminada con materia orgánica (Tabla 3.85). No se pudo determinar el índice de S/T para la muestra B3b debido a que no se encontraron las especies necesarias para realizar el cálculo.

Punto de muestreo B4

Sólo se colectó una muestra representativa de bentos sobre un sustrato de grava (B4b). No hubo suficiente agua para colectar una muestra adecuada. Sin embargo, para tener una idea de la composición de la comunidad de bentos en este sitio, se hizo un análisis cuantitativo.

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B4 fueron muy bajas ($N = 27$ y $S = 1$) y el valor de EPT porcentual fue cero, así como la relación entre EPT y CA (debido a que solamente habían Chironomidas presente en la muestra). Debido a esto, los valores del índice de diversidad y el índice de equidad también fueron cero (Tabla 3.82 y Gráfico 3.39g). Sólo se presentó una especie de Chironomidae (Diptera).

De acuerdo con el índice biótico de familias (Tabla 3.84) se puede calificar el agua en este punto como Mala (Clase VI) para la muestra B4, lo que demuestra que el cálculo del IBF para la muestra ha sido afectado por la poca cantidad de bentos encontrados. El análisis de S/T califica el agua en este punto como contaminada por materia orgánica (Tabla 3.85).

Punto de muestreo B5

Dos muestras de bentos fueron colectadas en este sitio, una sobre un sustrato rocoso (B5a) y la otra sobre un sustrato de grava (B5b). La toma de muestra en este punto se hizo difícil debido a la turbidez del agua.

La abundancia de individuos y la riqueza específica en ambas muestras fueron muy bajas ($N = 1$ y $S = 1$) y el valor de EPT porcentual fue cero, así como la relación entre EPT y CA (debido a que no había ninguno de los órdenes necesarios para realizar el cálculo). Debido a esto, los valores del índice de diversidad y del índice de equidad también fueron cero (Tabla 3.82 y Gráficos 3.39h y 3.39i). Solamente se presenta una especie de Ditiscidae (Coleoptera) en B5a y una especie de Isotomidae (Collembola) en B5b.

De acuerdo con el índice biótico de familias (Tabla 3.84), el agua en este punto se califica como Excelente (Clase I) para la muestra B5a y Muy Buena para la muestra B5b, lo que demuestra que el cálculo del IBF para las muestras ha sido afectado por la poca cantidad de bentos encontrados. No se pudo determinar el índice de S/T para las muestras (Tabla 3.85) debido a que no hubo ninguna de las especies necesarias para realizar el cálculo.

Punto de muestreo B6

Dos muestras de bentos fueron colectadas en este sitio, una sobre un sustrato rocoso (B6a) y la otra sobre un sustrato de grava (B6b). La toma de muestra en este punto se hizo difícil debido a la turbidez del agua.

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B6a fue baja ($N = 22$ y $S = 4$). El valor de EPT porcentual fue 59% y la relación entre EPT y CA fue 2,6 (lo que indica que el agua no estuvo contaminada con materia orgánica). El índice de diversidad y el índice de equidad fueron bajos ($H' = 1,5290$ y $E = 0,7645$). La familia dominante fue Baetidae (Ephemoptera). Estos valores se indican en la Tabla 3.83 y el Gráfico 3.39j.

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B6b fue baja ($N = 7$ y $S = 2$). El valor de EPT fue 100% lo que originó que la relación EPT y CA no pudiera ser determinada. El índice de diversidad y el índice de equidad fueron bajos ($H' = 0,5917$ y $E = 0,5917$). La familia dominante fue Baetidae (Ephemoptera). (Tabla 3.83 y Gráfico 3.39k).

De acuerdo con el índice biótico de familias (Tabla 3.84), se califica el agua en este punto como Buena (Clase III) para la muestra B6a y Muy Buena para la muestra B6b, lo que demuestra que el cálculo del IBF para las muestras ha sido afectado por la poca cantidad de bentos encontrados. El índice de S/T para la muestra B6a confirma que no hay contaminación por materia orgánica. No se pudo determinar el índice de S/T para la muestra B6b (Tabla 3.85) debido a que no estaban presentes las especies necesarias para realizar el cálculo.

3.2.2.5 Cuenca del río Hualgayoc

La salud ambiental de la cuenca del río Hualgayoc, según el análisis de bentos, cambia entre la parte alta de la cuenca y la parte baja. En la parte alta de la cuenca la calidad de agua es mejor que en la parte baja debido, en parte, a la influencia de la industria minera existente.

Los grupos dominantes son Diptera, Ephemoptera y Coleoptera, la riqueza promedio es 6,83 familias para cada punto de muestreo y la diversidad es alta. El análisis de la cuenca en general se presenta en las Tablas 3.81 y 3.82 y en los Gráficos 3.40a al 3.40e. El punto B9 no fue considerado para la evaluación de macroinvertebrados bentónicos, debido a que el lugar no es adecuado para la vida de estos organismos. Los puntos individuales son discutidos a continuación:

Punto de muestreo B7

Dos muestras de bentos fueron colectadas en este sitio, una dentro de una cascada (B7a) y la otra dentro de una poza (B7b).

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B7a fueron altas ($N = 132$ y $S = 14$), el valor de EPT porcentual fue 36% y la relación entre EPT y CA fue 5,9 lo que indica que el agua no estuvo contaminada por materia orgánica. Los valores del índice de diversidad y el índice de equidad se mantuvieron dentro del rango alto ($H' = 2,9935$ y $E = 0,7863$). Las familias dominantes fueron: Hyalellidae (Amphipoda) y Baetidae (Ephemoptera). Esto se muestra en la Tabla 3.83 y el Gráfico 3.41a.

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B7b fueron moderadas ($N = 68$ y $S = 9$) y el valor de EPT porcentual fue cero, así como la relación entre EPT y CA. Los valores del índice de diversidad y el índice de equidad fueron altos ($H' = 2,8504$ y $E = 0,8992$). Las familias dominantes fueron: Chironomidae (Diptera) y Elmidae (Coleoptera). Esto se muestra en la Tabla 3.83 y el Gráfico 3.41b.

De acuerdo con el índice biótico de familias (Tabla 3.84), se califica el agua en este punto como Regular (Clase IV) para la muestra B7a y Buena (Clase III) para la muestra B7b. El análisis de S/T califica el agua en este punto como contaminada por materia orgánica para ambas muestras (Tabla 3.85).

Punto de muestreo B8

Dos muestras de bentos fueron colectadas en este sitio, una sobre un sustrato fangoso (B8a) y la otra sobre un sustrato de grava (B8b).

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B8a fueron altas ($N = 299$ y $S = 14$), el valor de EPT porcentual fue 58% y la relación entre EPT y CA fue 9,1 lo que indica que el agua no estuvo contaminada por materia orgánica. El valor del índice de diversidad fue alto ($H' = 2,2603$) mientras que el índice de equidad fue bajo ($E = 0,5937$).

Las familias dominantes son: Baetidae (Ephemoptera) y Elmidae (Coleoptera).

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B8b fueron altas ($N = 104$ y $S = 12$), el valor de EPT porcentual fue 3% y la relación entre EPT y CA fue 0,4 lo que indica que el agua está contaminada por materia orgánica. Los valores del índice de diversidad y el

índice de equidad son altos ($H' = 3,0879$ y $E = 0,8613$). Las familias dominantes fueron: Elmidae (Coleoptera), Hyalellidae (Amphipoda) y Dugesidae (Tricladina) (Tabla 3.83, Gráficos 3.41c y 3.41d).

De acuerdo con el índice biótico de familias (Tabla 3.84), se califica el agua en este punto como Buena (Clase III) para ambas muestras. El análisis de S/T califica la muestra B8a como agua sin contaminación orgánica y a la muestra B8a como contaminada de materia orgánica (Tabla 3.85).

Punto de muestreo B10

Dos muestras de bentos fueron colectadas en este sitio, ambas sobre un sustrato de rocas grandes. La toma de muestra en este punto se hizo difícil debido a la turbidez del agua.

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B10a fueron bajas ($N = 5$ y $S = 2$), el valor de EPT porcentual fue 40% y la relación entre EPT y CA fue 0,7, lo que indica que el agua estuvo contaminada por materia orgánica. El valor del índice de diversidad fue bajo ($H' = 0,9710$) mientras que el índice de equidad fue alto ($E = 0,9710$). Las únicas familias presentes fueron: Baetidae (Ephemoptera) y Chironomidae (Diptera) (Tabla 3.83 y Gráfico 3.41e).

La abundancia de individuos y la riqueza específica en la muestra B10b fueron bajas ($N = 37$ y $S = 7$), el valor de EPT porcentual fue 11% y la relación entre EPT y CA fue 0,3 lo que indica que el agua estuvo contaminada por materia orgánica. Los valores del índice de diversidad y el índice de equidad fueron moderados ($H' = 2,2968$ y $E = 0,8181$). Las familias dominantes fueron: Dugesidae (Tricladina) y Chironomidae (Diptera) (Tabla 3.83 y Gráfico 3.41f).

De acuerdo con el índice biótico de familias (Tabla 3.84), se califica el agua en este punto como Relativamente Mala (Clase V) para la muestra B10a y Buena (Clase III) para la muestra B10b, lo que demuestra que el cálculo del IBF para la muestra B10b ha sido afectado por la poca cantidad de bentos encontrados. El análisis de S/T califica ambas muestras con agua contaminada de materia orgánica (Tabla 3.85).

3.2.2.6 Análisis de calidad de agua para la vida acuática

El siguiente análisis ha sido realizado contemplando los estándares de calidad establecidos en la Ley General de Aguas – Clase VI (preservación de vida acuática) y los límites máximos

permisibles establecidos en el Guía de Estándares Ambientales de Canadá (CCME, 2003) para la protección de la vida acuática. Las Tablas 3.86 y 3.87 muestran las características químicas del agua superficial en las cuencas Tingo y Hualgayoc en el mes de mayo del 2004. Las Tablas 3.88 y 3.89 muestran las características químicas del agua superficial en las cuencas Tingo y Hualgayoc en el mes de julio 2004. La descripción de los sitios se presenta en la sección de calidad de agua del presente documento.

Calidad de agua en la cuenca del río Tingo

El muestreo que se hizo en el mes de mayo del 2004 indica excedencias de los estándares establecidos por la norma nacional para agua de Clase VI para los siguientes elementos y en los siguientes puntos:

- Los sitios T4, T5 y T6 exceden los estándares para arsénico y mercurio; asimismo el sitio T6 excede el estándar del cadmio y del cianuro WAD. A su vez, los sitios T3, T4, T5 y T6, T7, QC-01 y QC-03 exceden el estándar para plomo.

La comparación de los resultados con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el Guía de Estándares Ambientales de Canadá determinó los siguientes resultados:

- Todos los sitios excedieron los LMP para aluminio y cobre.
- El sitio T4 excedió los LMP para plata, mercurio, arsénico, cadmio, hierro, plomo y selenio. El sitio T5 excedió los LMP para arsénico, plata, mercurio, plomo, hierro y cadmio y el sitio T6 excedió los LMP para arsénico, cadmio, hierro, plomo, plata, mercurio y cianuro WAD.
- Los sitios T2, T3, T7, QC-01, y QC-03 excedieron los LMP para arsénico, hierro y plomo.
- El sitio QC-02 excedió los LMP para cadmio y arsénico.

El muestreo en los mismos puntos en el mes de julio del 2004 arrojó los siguientes resultados con respecto a la Ley General de Aguas (Clase VI):

- Las muestras T3, T5 y T6 excedieron los estándares para arsénico y mercurio. Las muestras T3_B, T5 y T6_B excedieron el estándar para cianuro WAD.
- Las muestras T5, T6 y T8 excedieron el estándar para cadmio y las muestras T6 y T7 excedieron el estándar para plomo.

El muestreo en los mismos puntos en el mes de julio del 2004 arrojó los siguientes resultados con respecto a los límites máximos permisibles establecidos en la Guía de Estándares Ambientales de Canadá.

- Todas las muestras excedieron el límite para aluminio. Las estaciones T5 y T6₀ no estuvieron dentro del rango aceptable para pH (6,5 a 9). T5 presentó un pH de 5,22 y T6₀ presentó un pH de 4,32.
- Las estaciones T3, T5, T6, QC-03 y QC-04 excedieron los LMP para arsénico y plomo.
- Cuatro muestras (T3, T5, T6 y T8) excedieron los LMP para cadmio y cianuro WAD.
- Todas las muestras con excepción de T0, T1 y T2 excedieron el LMP para cobre. Asimismo, todas las muestras menos T1 y T2 excedieron el LMP para hierro y todos los sitios menos QC-04 excedieron la concentración de dióxido de sílice en el agua.
- Tres muestras T3, T5 y T6 excedieron el LMP para mercurio y una muestra (T6) excedió el LMP para níquel.

Calidad de agua en la cuenca del río Hualgayoc

El muestreo que se hizo en el mes de mayo del 2004, en la cuenca Hualgayoc, indicó excedencias de los estándares de calidad de agua para Clase VI de los siguientes elementos y en los siguientes puntos:

- Dos muestras (H3 y H4) excedieron los estándares para arsénico, cadmio y plomo.
- La estación H4 excedió el estándar para mercurio.

El muestreo que se hizo en el mes de mayo del 2004 en la cuenca Hualgayoc indicó excedencias de los límites máximos permisibles establecidos en la Guía de Estándares Ambientales de Canadá para agua designada para la protección de la vida acuática en los siguientes puntos y para los siguientes elementos:

- Las muestras H3 y H4 excedieron los LMP para cadmio, arsénico, aluminio, hierro, plomo, zinc y cobre.
- Las muestras H1 y H2 excedieron los LMP para aluminio, hierro y zinc
- La estación H4 excedió el LMP para mercurio y la estación H1 excedió el LMP para plomo

El muestreo en el mes de julio del 2004 indicó excedencias de los estándares para agua de Clase VI para los siguientes elementos y en los siguientes puntos:

- La estación H3 excedió los estándares para arsénico, cadmio, mercurio y plomo.

El muestreo en los mismos puntos en el mes de julio del 2004 arrojó los siguientes resultados con respecto a los límites máximos permisibles establecidos en la Guía de Estándares Ambientales de Canadá.

- La muestra H3 no estuvo dentro del rango aceptable para pH (6,5 a 9). Esta muestra presentó un pH de 2,93. Asimismo, excedió el LMP para níquel.
- Las muestras H3 y H4 excedieron los LMP para arsénico, aluminio cadmio, cobre, hierro, plomo y zinc.
- La muestra H4 excedió los LMP para mercurio y aluminio.
- La muestra H2 excedió el LMP del zinc.

Correlaciones entre índices bióticos y parámetros físico-químicos

Adicionalmente a la evaluación de la calidad de agua en relación con los estándares para agua de Clase VI (Ley General de Aguas), se realizó un análisis sobre las correlaciones entre los índices de diversidad, IBF, EPT/CA y S/T y las concentraciones de metales y otros parámetros físico-químicos. Los resultados de estas correlaciones se presentan en el Anexo E. Se resumen los resultados a continuación y en Tabla 3.90.

En los casos donde se hallaron relaciones significativas entre la variable diversidad y las variables físico-químicas, éstas fueron negativas, exceptuando la variable de pH que tiene una correlación significativa positiva. Las correlaciones significativas negativas son particularmente altas en los casos de la conductividad eléctrica, STS, nitratos, sulfatos, arsénico total, calcio total, cobre total, antimonio total, hierro total, magnesio total, manganeso total, mercurio total, plata total, sodio total y zinc total, lo que sugiere que la comunidad de macroinvertebrados bentónicos es sensible a estos parámetros y al pH.

En los casos donde se hallaron relaciones significativas entre la variable IBF y las variables físico-químicas, éstas fueron positivas, exceptuando la variable dióxido de sílice que tiene una correlación negativa. Las correlaciones significativas positivas son particularmente altas en el caso del antimonio total, arsénico total, bario total, mercurio total, níquel total y plata

total, lo que sugiere que la comunidad de macroinvertebrados bentónicos es sensible a estos parámetros y al dióxido de sílice.

No hubo correlaciones significativas entre la variable EPT/CA y los parámetros físico-químicos.

El único caso que no se ajusta al esperado teórico es la alcalinidad total en correlación con el índice S/T. La correlación en este caso parece indicar que a menor alcalinidad la comunidad es más tolerante a otros contaminantes ya que el S/T es un indicador de tolerancia. El esperado teórico en este caso es que a menor alcalinidad haya una reducción en la tolerancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos hacia otros contaminantes.

3.3 Ambiente socioeconómico

El Estudio de Impacto Social del Proyecto Cerro Corona y su correspondiente Línea de Base Social ha sido realizado entre julio de 2004 y enero de 2005 por Social Capital Group (SCG), empresa consultora especializada en investigación y gerenciamiento para el tratamiento efectivo de aspectos sociales del desarrollo de los sectores público y privado. Esta sección presenta un resumen de las principales características socio-económicas del área de influencia, de acuerdo con el referido estudio (Anexo F).

Para efectos del estudio, considerando que el proyecto se ubica en el distrito de Hualgayoc, perteneciente a la provincia del mismo nombre en el departamento de Cajamarca, se han delimitado dos áreas; un área de influencia directa y otra de influencia indirecta. El área de influencia directa se ha definido como aquella en la cual, por efectos del proyecto, se prevé potencialmente impactos negativos en su acceso a los recursos naturales o su estructura social, económica y cultural independientemente de que, a su vez, reciba impactos sociales positivos. Por área de influencia indirecta se entiende a aquellos lugares que, sin recibir impactos directos, generan respuestas sociales potenciales a la presencia y actividades del proyecto.

En la primera área, se ha comprendido a la Comunidad de El Tingo, incluyendo su Anexo Predio La Jalca, que incluye a dos Caseríos, Pilancones y Coymolache, que tienen una dinámica propia en relación con la Comunidad; y el centro urbano del distrito ya mencionado. En la segunda, se ha tomado en cuenta la ciudad de Bambamarca, capital de la provincia de Hualgayoc, las localidades que se encuentran en las Cuencas del Tingo-Maygasbamba y del Hualgayoc-Arascorgue, incluyendo a los usuarios del Proyecto de Agua Potable Manuel Vásquez Díaz.

De igual forma se ha considerado dentro del área de influencia indirecta el distrito y puerto de Salaverry, punto de llegada de la ruta de transporte del proyecto en el departamento de La Libertad y las localidades que se encuentran en ese mismo trayecto.

El método que se ha seguido para levantar y procesar la información ha tenido en cuenta entre otros aspectos, el marco legal del Ministerio de Energía y Minas y en particular La Guía de Relaciones Comunitarias. En este sentido se ha tenido especial cuidado en aplicar una serie de técnicas de recolección de datos como la aplicación de entrevistas estructuradas para efectos del censo, encuesta y empadronamiento de hogares en las localidades y, semi-estructuradas a informantes clave: autoridades, funcionarios, líderes de opinión y representantes de grupos de interés. En esta misma línea, aparte de la realización de talleres de diagnóstico rural participativo, se ha hecho participar a pobladores del área de influencia directa como guías y personal de apoyo con el objeto de validar los resultados del estudio. Lo expresado se detalla en la Tabla 3.91.

En lo que se refiere específicamente a este resumen cabe advertir que se ha optado por presentar los resultados del estudio de línea base social en un bloque, esto es no por cada localidad como aparece originalmente, sino por cada zona de influencia, pero tratando de destacar las particularidades que se han verificado al interior de ellas. Por otra parte, como todo resumen, ha debido sacrificar determinados detalles que se desarrollan con mayor detenimiento en el Estudio de Impacto Social (Anexo F), privilegiando la información y los resultados que permitan sintetizar las exigencias del Ministerio de Energía y Minas y, a su vez, ofrecer un conocimiento rápido y fluido de la línea base social del proyecto.

En relación al Proyecto Cerro Corona que motiva este estudio, debe indicarse que su ejecución, por un plazo de 14,5 años, consiste en la explotación a tajo abierto de un yacimiento de cobre y oro que se ubica dentro de los linderos de la Comunidad El Tingo. Este proyecto se realiza en un medio en el cual han convivido históricamente la minería y las actividades agropecuarias y en un momento en el que nuevos conflictos ponen a prueba esa coexistencia. El gran reto para esta empresa y las que como ella representan la nueva minería, con alta tecnología para mitigar cualquier efecto sobre el medio ambiente y con significativo compromiso social, es lograr revertir por un lado, la imagen negativa que se tiene de esta actividad y, por otro, hacer realidad el hecho de que Cajamarca y en especial esta zona tiene dos potenciales para su desarrollo: la minería y las actividades agropecuarias (PNUD, 2002).

3.3.1 Area de influencia directa

Contexto histórico y regional

El Proyecto Cerro Corona se ubica en una zona históricamente influenciada por la actividad minera. Desde fines del siglo XVIII cuando fue descubierto el cerro Hualgayoc en el período colonial hasta la actualidad, la minería ha caracterizado el desarrollo todas las actividades de la región.

En un primer período, la minería en Hualgayoc se caracterizó por el uso intenso de mano de obra, capital escaso y poca tecnología. A ello se sumó - el limitado cuidado ambiental que la vieja minería practicó. A partir de la década de 1970, Hualgayoc inició un período de expansión minera caracterizada por una pequeña minería que en líneas generales mostró un comportamiento similar a las minas que operaron en las décadas pasadas. Hoy en día, Hualgayoc pretende seguir el proceso que la minería está adoptando a nivel nacional, especialmente en cuanto al uso intensivo de capital en el campo de la explotación, el cuidado del medio ambiente, y la promoción de proyectos a favor del desarrollo local.

Una particularidad de la minería en esta zona es el hecho de no haberse desarrollado en un medio dominado por comunidades campesinas sino más bien por los regímenes de hacienda que dominaron este espacio desde la Colonia. Este proceso fue facilitado por el rápido proceso de mestizaje del que fue objeto la población indígena en Cajamarca durante los primeros años de la conquista española. La desaparición del quechua y de creencias o ritos indígenas es sólo una manifestación de este hecho.

Durante el período colonial, la minería y la hacienda compitieron por la mano de obra escasa, cuando no eran sus dueños los mismos propietarios. Estas circunstancias condujeron al establecimiento de una serie de procedimientos por los cuales los mineros y terratenientes buscaron agenciarse de mano de obra, y así se instauró un circuito de trabajo que involucraba otras zonas de la región como Cajamarca y Chota.

Contribuía a la escasez de mano de obrala poca presión tributaria sobre la población indígena, al no tener la necesidad de buscar trabajo en las minas, a diferencia de lo que sucedió en otras zonas del país. Además, hasta fines del siglo XVIII, Cajamarca no había tenido una tradición minera que le permitiese tener una población especializada en estas labores.

Por otro lado, la movilización de mano de obra y el atractivo que la explotación minera supuso para comerciantes y mineros permitió el desarrollo de una población residente permanente en el recientemente constituido pueblo de Hualgayoc.

Es recién en el período republicano, en especial a partir del siglo XX, que la progresiva proletarización del campesinado activa un sistema combinado del trabajo agrícola con el minero.

Sin embargo, el crecimiento comercial de la región, junto con los problemas de debilidad institucional y rivalidad política, condujeron a una serie de enfrentamientos entre distintos sectores sociales, organizados en bandas armadas y grupos pandilleros. Este fenómeno que caracterizó a Hualgayoc durante las primeras décadas del siglo XX solo pudo ser detenido con la intervención represiva del Estado. No obstante, el bandolerismo y pandillaje de Hualgayoc fue un fenómeno que merece atención porque configuró el desarrollo político y social de la región.

No sería hasta fines de la década de 1960 que la estructura política y social volvería a ser alterada. La reforma agraria desarrollada por el Gobierno de Velasco Alvarado transformó radicalmente el paisaje socio económico tradicional caracterizado por la convivencia de las actividades mineras y agropecuarias en la población campesina.

Una de las haciendas que se vio afectada por la Reforma Agraria fue la Hacienda Pilancones, territorio del hacendado/minero Eloy Santolaya ubicada sobre los actuales territorios de los caseríos de Pilancones y Coymolache (Predio La Jalca). Desde el primer período de gobierno de Fernando Belaúnde, Eloy Santolaya había optado por la venta de algunos tierras a sus colonos, y es por ello que un sector de la población se haya en posesión de sus terrenos y por lo tanto desafecta al régimen de Hacienda cuando se dio la Reforma Agraria del Gobierno de las Fuerzas Armadas.

Los campesinos de la hacienda, ya en posesión de las tierras expropiadas, optaron por anexarse a la Comunidad Campesina de El Tingo, con el propósito de facilitar el traspaso legal de sus tierras y salvaguardarlas.

Otro fenómeno importante que configura las características sociales y políticas de la región es la organización de las rondas campesinas. A fines de la década de 1970, el robo de ganado y bienes de los campesinos por parte de abigeos organizados condujo a la población a constituir estas organizaciones locales. Hay que precisar la distinción entre esta organización comunal

de la sierra norte del Perú y aquella que se organizó como Comités de Autodefensa en muchas zonas andinas durante los años de conflicto armado interno (1980-2000). La eficacia en la defensa de sus propiedades convirtió a las rondas de Cajamarca en la institución más importante del mundo andino en la actualidad rural.

Actualmente, el nuevo ascenso de la minería desde la última década, ha puesto en la agenda del día el uso racional de la tierra, tanto en lo que toca a la superficie como en lo que hay debajo de ella, la riqueza minera.

Conviene señalar que Hualgayoc es parte de esa nueva estructura que hoy caracteriza la región Cajamarca, basada en la coexistencia sobre un mismo territorio de actividades agropecuarias, especialmente ganaderas, y de explotaciones mineras. Estas actividades, por lo demás, se dan en un medio en el cual la pobreza es un elemento que tiene un peso muy importante en cada una de estas actividades. Cajamarca es una de las regiones más pobres del país (según FONCODES en el año 2000 era el segundo departamento más pobre del país y según el INEI para el año 2003 tiene el quinto lugar; en cualquier caso está entre los más pobres) y Hualgayoc es, entre las 13 provincias que conforman ese departamento, la más pobre (PNUD, 2002).

Por otra parte, dentro de ese panorama, Hualgayoc no se aparta de algunos indicadores que caracterizan la predominante y tradicional actividad agropecuaria de la región. Así, las unidades agropecuarias, según el CENAGRO 1994, tienen en su mayor parte el nivel de minifundios, 50,1% a nivel regional y 69% a nivel provincial; dominando la propiedad privada sobre la comunal, las tierras en un 80% son de secano en la región, mientras que en la provincia llegan al 67,8% y, tan destacable como esto, el hecho de que la mayor aptitud de las tierras para la crianza de ganado, ha permitido que predomine tanto a nivel regional como provincial la producción lechera sobre la agrícola. Estos elementos configuran una importante identidad entre ambas circunscripciones territoriales.

Por último, cabe agregar otro tipo de identidad que aunque no tiene la misma intensidad que la primera, es importante señalar. La región en los últimos años, con más énfasis en la provincia de Cajamarca, ha sentido los impactos de la actividad minera en su desarrollo. Producto de ella se vienen produciendo una serie de cambios que, a su vez, suscitan conflictos y percepciones de diversa índole que de alguna manera se replican en la provincia de Hualgayoc en tanto pasa por similares experiencias en relación con la actividad minera.

Demografía

La provincia de Hualgayoc, según estimados del INEI para el 2004, tiene 85 086 habitantes, distribuidos en los distritos de Chugur, Hualgayoc y Bambamarca. El 77,9% se encuentran en el medio rural. El distrito de Hualgayoc, según el censo de 1993 albergaba al 25,2% de la población de la provincia y se podría estimar, sobre este porcentaje, que debe llegar aproximadamente a los 21 441 habitantes. Sin embargo el área de influencia directa del proyecto cuenta, conforme al Censo de SCG, con 2 651 habitantes y 565 hogares que se distribuyen entre las diversas localidades del modo en que se indica en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.3.1.1
Población del Área de Influencia Directa

Localidad	N° de Habitantes	N° de Hogares
El Tingo	657	130
Pilancónes	503	90
Coymolache	252	46
Hualgayoc pueblo	1 239	299
Total	2 651	565

Elaborado en base a EIS - Línea de Base Social, SCG

Desde luego, el hecho de que Hualgayoc sea la localidad donde se concentra el comercio y los principales servicios públicos de la zona ha permitido que este lugar se convierta en un centro urbano cuya importancia, menor que la de Bambamarca, capital provincial, se revela en un mayor número de habitantes. Siguen el resto de localidades, esencialmente rurales, encabezados por El Tingo, luego Pilancónes y Coymolache.

En lo que concierne a la dinámica de esta población, cabe indicar que conforme al empadronamiento de hogares efectuado por SCG la población de Hualgayoc ha ido disminuyendo a una tasa anual de 0,52% durante la década de los 80 y con mayor fuerza en la década de los 90 con una tasa de 1,9% anual. Esto último atribuible al retiro de la minería y la imposibilidad de que el medio rural absorba la creciente población en busca de trabajo. En esto también pesa la falta de servicios o de una infraestructura educativa que cubra mejor las expectativas de desarrollo de la población.

Calidad de las viviendas y acceso a servicios básicos

El predominio del medio rural en la zona de estudio y el escaso desarrollo que la región andina ha tenido en su infraestructura básica se confirma en el estudio de SCG, no obstante es

preciso señalar que el carácter urbano de Hualgayoc le permite contar, en la parte de servicios básicos, con una mejor dotación de la que tienen El Tingo y los otros anexos de la misma comunidad.

Cuadro 3.3.1.2
Porcentaje de Viviendas por Tipo de Material Predominante en las Paredes

LOCALIDAD	Adobe	Ladrillo	Quincha	Piedra con barro	Otros Materiales	Número de Viviendas
El Tingo	92,3	6,1	0,8	0,8	0	130
Pilancones	94,4	1,1	1,1	0	3,4	90
Coymolache	80,4	6,5	0	4,4	8,7	46
Huagayoc	95,2	3,8	0	1,0	0	104

Elaborado en base a EIS - Línea de Base Social. SCG

Como se aprecia en el Cuadro 3.3.1.2, el material predominante en las viviendas de toda el área de influencia directa es el adobe. A ello cabe agregar que en lo que se refiere a la calidad de los pisos, salvo el centro urbano de Hualgayoc donde predominan los pisos de cemento con un 40,2% de las viviendas, en el resto de localidades, entre el 80 y el 95% de las viviendas tienen piso de tierra. En lo que respecta a los techos, en todos los casos predomina el uso de la calamina en rangos que van desde el 85,4% en el caso de El Tingo hasta el 97,1 % en el caso de Hualgayoc.

Esta breve descripción nos indica que la única diferencia importante entre las viviendas del centro urbano de Hualgayoc, la comunidad El Tingo y los anexos Pilancones y Coymolache se encuentra en la calidad de los pisos. Sin embargo, como se ve a continuación, hay otras diferencias más destacables, una de ellas se da en el nivel de los servicios a los cuales accede la población a partir de su vivienda.

En efecto, conforme al Cuadro 3.3.1.3, mientras la población de Hualgayoc tiene un acceso que podría calificarse entre mediano y alto a los servicios de agua, desagüe y luz, es evidente la escasez y las diferencias que en este aspecto tienen las viviendas de El Tingo, Pilancones y Coymolache. En lo que concierne al servicio de agua, El Tingo y Pilancones han avanzado en el establecimiento de una red pública llegando a porcentajes superiores al 50% de viviendas, aún así lejos del 90% alcanzado por Hualgayoc. Dentro de esto Coymolache destaca como un

anexo prácticamente carente de este servicio de no ser por un 6,4% de las viviendas que sí lo tienen.

Cuadro 3.3.1.3
Porcentaje de Viviendas que Cuentan con Acceso
a Servicios Básicos

Localidad	Agua	Desague	Letrina/pozo ciego	Luz
El Tingo	56,9	0	90,1	6,1
Pilancones	52,2	0	76,9	0
Coymolache	6,4	2,2	50,0	8,7
Hualgayoc	90,3	62,5	18,2	84,6

Elaborado en base a EIS - Línea de Base Social. SCG

En lo que respecta al desagüe, en el medio rural si bien es cierto no existe un servicio de este tipo, ha progresado la instalación de letrinas o pozos ciegos que neutralizan en parte la falta de esta infraestructura, aunque como es de apreciar, Coymolache es el anexo que en este aspecto también se encuentra atrasado respecto de las otras localidades de carácter rural.

En lo que concierne al servicio de electricidad, Hualgayoc goza de la mayor parte de este servicio y las pocas viviendas que en el medio rural acceden a éste es porque se encuentran cerca de este centro urbano como en el caso de Coymolache o de alguna empresa minera que les permite acceder a los conductores de electricidad.

Otra diferencia no menos importante se encuentra en las condiciones de la vivienda conforme al número de quienes la habitan en este sentido, mientras en Hualgayoc pueblo, hay un 12,5% de viviendas con hacinamiento, en las otras localidades la situación se presenta con porcentajes más altos, que van desde el 27% en El Tingo hasta el 42% en Pilancones, pasando por el 34,8% en Coymolache.

Por último, en lo que respecta a esta sección y las diferencias entre las diversas localidades, cabe indicar que, salvo en el caso de Hualgayoc donde las viviendas en propiedad alcanzan al 56,7% con un 25% de alquiladas, en el resto hay un claro predominio de viviendas usadas por sus propietarios en porcentajes que van desde el 71% en Coymolache, hasta el 90% y 92,3% en los casos de Pilancones y El Tingo respectivamente. En esto pesa indudablemente el mayor carácter urbano de Hualgayoc que se confirma por el hecho de que mientras en la

comunidad y los anexos un alto porcentaje de viviendas poseen cercos y caminos de herradura en más de un 60% y además cuentan con canales o acequias entre un 37 y 50%, en el caso del citado pueblo la existencia de cercos está por debajo del 20,2%, los caminos en menos del 14% y las acequias no llegan al 8%.

Transporte, vías y medios de comunicación

La forma en que diversas vías de comunicación y de transporte entrelazan El Tingo, Pilancones y Coymolache con Hualgayoc confirma el nivel centralizador de este centro urbano respecto de las localidades que a su alrededor tienen carácter rural. Todas las carreteras afirmadas y trochas carrozables que usan estos pueblos tienen como dirección más importante Hualgayoc. Así, la carretera longitudinal de la sierra, afirmada de Cajamarca a Bambamarca, la misma que pasa por Coymolache permite que esta población, en tanto haya transporte público por esta vía, llegue a Hualgayoc. En caso contrario, lo que es más frecuente, la población se traslada en acémilas o a pie.

El Tingo tiene una carretera afirmada que igualmente conduce a Hualgayoc y se sirve de ella especialmente los domingos, pues, son los días en que generalmente se moviliza la población y el transporte público. Pilancones, en la misma dirección, tiene una trocha carrozable en la que si bien es cierto no hay transporte público, los particulares se prestan a movilizar la población los días domingos, sea hasta Hualgayoc o a un lugar donde puedan conectar con un transporte de servicio público.

En buena cuenta, las vías descritas y los medios de transporte con que cuentan estas poblaciones tienden a dirigirse en mayor medida a Hualgayoc. Esto se debe al parecer al hecho de que es el centro comercial más cercano a estas localidades y el punto a partir del cual la población puede conectarse también con otras vías regionales como las que conducen a Cajamarca y Bambamarca o con vías nacionales que los llevan a Trujillo, Lambayeque o Lima. Se trata en este último caso de la carretera que une Cajamarca con la costa y en este punto con la Panamericana.

Cabe agregar que, aparte de estas vías de comunicación y de trochas carrozables que comunican a El Tingo y Coymolache con el distrito de Chugur, existen numerosos caminos de herradura que permiten el desplazamiento de la población dentro de sus propias localidades o hacia otras localidades cercanas. En este caso el medio de transporte es la acémila si acaso el camino no se hace a pie.

Dentro de este panorama no se puede obviar los medios de comunicación que utilizan los habitantes de la zona de influencia para tomar conocimiento y desde luego formarse una opinión respecto de los asuntos tanto locales como nacionales, hecho que se ilustra en la Tabla 3.92.

Sobre este particular es notorio el hecho de que la radio, en el caso de las noticias locales, aparece como el medio de comunicación más importante, seguido de lo que resulta de las relaciones interpersonales a nivel familiar o vecinal. En lo que respecta al uso de los mismos medios para tomar conocimiento del acontecer nacional, salvo en los casos de El Tingo y Hualgayoc, donde prevalece la televisión, se mantiene el predominio de la radio. Aquí cabe indicar también la reducción que experimenta la información transmitida por familiares o vecinos, lo que da cuenta del valor de los aparatos de TV y radio para que la población se mantenga vinculada a los hechos de carácter nacional.

Perfil económico de la población

Un hallazgo importante del estudio realizado por SCG es, conforme se ve en la Tabla 3.93, el alto porcentaje de población mayor de 15 años que no trabajó la semana anterior al censo, la mayor parte mujeres, hecho que explicaría que buena parte de las expectativas de la población respecto del proyecto minero, como se detalla más adelante, estén relacionadas a la oferta de empleo.

Cabe subrayar sin embargo, que éste es el único elemento común de Hualgayoc pueblo con las otras localidades que son parte de la zona de influencia directa del Proyecto Cerro Corona, pues, en lo que se refiere propiamente a las ocupaciones que mejor caracterizan el medio de vida de la población, es evidente que Hualgayoc concentra ocupaciones que corresponden a su naturaleza fundamentalmente urbana. Así destacan las labores como comerciante, seguida de la de obreros en otros sectores, vale decir trabajadores ajenos a labores agropecuarias y mineras, empleados de servicios y una serie de ocupaciones que tienen que ver con la presencia del aparato público en salud, educación y defensa. No escapa a estas ocupaciones, labores de tipo artesanal o fabril como es el caso de los que hacen trabajos de textilería. Los trabajos ligados al sector agropecuario no ocupan a más del 9,3% de la población de 15 años a más.

Otro es el panorama de El Tingo, Pilancones y Coymolache. En estas localidades, la ocupaciones que predominan son las ligadas al sector agropecuario. Sumando las labores de productor agropecuario, ganadero, agricultor y peón agrícola, se encuentran rangos que van

desde el 26,7% en el caso de El Tingo, hasta porcentajes que suman 42,5% y 47,3% los mismos que corresponden a Pílancones y Coymolache respectivamente. Sin duda, esta diferencia nos indica que dentro de la zona de influencia directa existe en un caso, el predominio de las actividades fundamentalmente urbanas y, en los otros la prevalencia del sector agropecuario.

Esta tabla nos muestra una diferencia adicional, El Tingo aparece como la localidad más ligada a la actividad minera por el porcentaje de mano de obra que tiene en este sector (Proyecto Tantahuatay y Mina San Nicolás), el mismo que constituye, después de las ocupaciones agropecuarias, el que sigue en orden de importancia.

Todo lo expresado en las tendencias que siguen a las ocupaciones principales se confirma a nivel de las ocupaciones secundarias. En éstas, que complementan los ingresos de no menos de un tercio de la población, se nota que allí donde predominan las actividades agropecuarias, son éstas las que proveen la segunda fuente de trabajo de los habitantes de Pílancones, Coymolache y El Tingo. Es más, conforme a la tendencia que sigue esta última localidad en cuanto a sus ocupaciones, resulta que después de las ocupaciones agropecuarias, las actividades mineras son la segunda alternativa más importante confirmándose su mayor proximidad a éstas.

Por otra parte, en el caso de Hualgayoc, el predominio de las actividades urbanas se confirma de igual modo, pues, las ocupaciones secundarias más relevantes, antes de las de carácter agropecuario están vinculadas al sector comercial. Sin embargo, cabe subrayar que, no obstante que el crecimiento urbano de la población de este lugar va desplazando las actividades agropecuarias, su presencia dentro de las ocupaciones secundarias revela que aún hay un sector de la población que vive o tiene parte de su existencia ligada a ese sector de la economía.

Teniendo en cuenta la importancia de las actividades agropecuarias en la zona de influencia directa, veamos en qué condiciones se desarrolla ésta. Lo primero que se puede sostener es, en cuanto a la propiedad de la tierra, el claro predominio del uso privado y familiar sobre el usufructo comunal, el mismo que sólo se presenta en El Tingo en un porcentaje de 11% sobre el total de las parcelas que poseen. Cabe señalar, además, que la propiedad territorial, desigualmente distribuida, tiene las características de una economía de pequeña escala, minifundista (unidades menores de 3 ha) (Cuadro 3.3.1.4).

Cuadro 3.3.1.4
Tamaño de las Unidades Agropecuarias

EXTENSIÓN HAS	El Tingo %	Pilancones %	Coymolache %	Hualgayoc %
De 0 a 5	85.8	94,0	66.7	84,7
+ de 5 a 20	13.2	5,6	20.8	11,9
+ de 20 a 100	1.0	0,4	12.5	3,4

Elaborado en base a EIS - Línea de Base Social. SCG

Sin embargo, conviene anotar que ésta no es una realidad homogénea. En el caso de Coymolache se observa una menor presencia de unidades agropecuarias pequeñas y/o medianas (de 0 a 5 hectáreas) (66.7%) y una mayor presencia de unidades agropecuarias que van desde una extensión mediana a una grande (5 a 20 ha.) (20.8%); lo cual mostraría en este particular caso, considerando el tamaño de las propiedades, un nivel de diferenciación económica mucho más marcado que el existente en las otras localidades.

Lo segundo que podemos apreciar en cuanto a las condiciones en que se desarrollan las actividades agropecuarias es por una parte, el predominio de tierras usadas para la ganadería, esto quiere decir principalmente pastos naturales seguidos de pastos cultivados y, por otra parte, la limitada presencia de sistemas de riego (Tabla 3.94).

Este es un factor que limita la actividad agropecuaria y que, a su vez, muestra parte del nivel de atraso que existe en esta actividad, la principal para la mayor parte de habitantes. Contradictoriamente, la importancia que tiene el agua para la supervivencia de la población y en particular para una mejor explotación de las actividades agropecuarias no se condice con una situación en la cual existe un aprovechamiento limitado de este recurso (Cuadro 3.3.1.5).

Cuadro 3.3.1.5
Forma de Aprovechamiento del Agua en Terrenos Cultivados
(En porcentajes)

Tipo de uso	El Tingo	Pilancones	Coymolache	Hualgayoc
Con Riego	27,0	23,7	33,3	27,1
Secano	73,0	76,3	66,7	72,9

Elaborado en base a EIS - Línea de Base Social. SCG

En tercer lugar, asociado a lo anterior, esto es al predominio de la actividad ganadera sobre la agrícola, la línea de base trabajada por SCG precisa que la producción de papa, cultivo que tiene los mayores volúmenes entre los campesinos, sólo se dedica a la venta en rangos que van desde el 6,7% hasta el 15,4%. En buena cuenta esto significa que para los habitantes de Pílancones, Coymolache y El Tingo, la agricultura es, en lo fundamental, una actividad de autoconsumo.

No pasa lo mismo con los habitantes de Hualgayoc que, aunque en menor número ocupados en las actividades agropecuarias, dedican la mayor parte de su producción de papa, un 62,2%, al comercio.

En cuanto a la ganadería, la influencia de Cajamarca como cuenca lechera y desde luego el mercado que desde la década del 40 se ha abierto en este sentido, ha hecho que dentro de este rubro los campesinos opten principalmente por el ganado vacuno y lechero, pero con el predominio del tipo criollo sobre los animales mejorados o de raza (Cuadro 3.3.1.6).

Cuadro 3.3.1.6
Porcentaje de Familias con Actividad Ganadera
por Tipo de Ganado y Lugar de Pertenencia

Familias de:	Criollo	Mejorado	De raza
El Tingo	81,0	19,1	5,0
Pílancones	96,5	8,0	4,5
Coymolache	73,8	28,6	26,1
Hualgayoc	8,0	11,9	0

Elaborado en base a EIS - Línea de Base Social. SCG

Tomando siempre como referencia sólo el ganado vacuno, cabe anotar adicionalmente que no todas las familias tienen el mismo tamaño de hato. Esto se revela en todos los casos, pero lo más importante es que la tendencia es hacia una mayor concentración de ganado en hatos que se encuentran entre 1 y 10 cabezas de ganado, cualquiera sea el tipo o raza de ganado que posean (Tabla 3.95).

Sólo en el caso de Coymolache se rompe esta regla, pues allí la concentración de hatos mayores de 11 cabezas es lo que marca tanto la propiedad de ganado criollo como de ganado mejorado y de raza. En lo que se refiere a Hualgayoc habría que indicar que los datos confirman la menor importancia que tiene dentro de esta población la actividad pecuaria.

En suma, junto con el predominio del ganado criollo que también es notoria en esta tabla, prevalecen hatos que corresponden a microproductores, ambas características constituyen parte también de los aspectos que definen la ganadería lechera en toda la región.

Tal como se muestra en la Tabla 3.96, no obstante que más del 80% de la producción de leche se orienta al mercado, los niveles de productividad son bajos. Esto, entre otros factores se debe a las características de la crianza, antes anotadas, pues, sólo teniendo en cuenta el hecho de que el ganado criollo requiere menos tecnología o una cría no intensiva, es evidente que la baja productividad está íntimamente vinculada a lo antedicho y alejada, por lo expuesto de los estándares que demanda un mercado cada vez más competitivo.

Una característica que se puede anotar en la producción lechera de esta zona es el hecho que en muy poco volumen este producto sirve también a la elaboración de quesos a pesar de que, lo poco que se produce, también en su mayor parte se dedica a la venta.

Cabe agregar que la crianza de vacunos está asociada al manejo de ganado ovino y aunque éste tiene menor importancia frente a la producción de leche, su tenencia es destacable porque no sólo provee guano para las tierras, de lana y cueros y carne a las familias, sino que a su vez funciona como una especie de seguro para salvar situaciones de orden económico. Es en virtud de esta especial dinámica que los carneros que, en el último año, se han vendido en porcentajes que van desde el 15% en el caso de El Tingo hasta el 33% en de Coymolache, pasando por un 18% y 30% en Hualgayoc y Pílancones, respectivamente; porcentajes, en todos los casos, bastante superiores a los de venta de ganado vacuno en pie. Esto confirma lo ya expresado: el ganado ovino es parte del sistema de vida de los campesinos por lo que les provee y funciona además como una reserva o ahorro.

Consistente con el perfil económico de la población tal como se muestra hasta ahora, las fuentes de ingreso de las diversas familias en cada uno de los sectores y la comunidad bajo análisis, demuestran el particular peso que tienen las actividades agropecuarias para éstas y la poca significación que, por otro lado, tiene para Hualgayoc. En esta última localidad, el flujo comercial, la existencia de 68 establecimientos en una amplia gama de bienes y servicios (bodegas, grifo, ferretería, funeraria, farmacia, restaurante, etc.), le dan de hecho una tónica distinta a la población de este lugar, confirmando su posición urbana dentro de la zona de influencia directa.

Asimismo, conforme a la Tabla 3.97, en los ingresos más importantes para las familias de El Tingo ocupan el primer lugar con 48,6% las ocupaciones no agropecuarias respecto de las de este renglón sumando las actividades agrícolas y pecuarias. Esto ocurre porque los pobladores de la comunidad tanto en términos de ocupación principal como secundaria tienen una mayor participación en la minería, donde los ingresos son naturalmente mayores. Por otra parte, en esta misma tabla, se puede notar que entre las actividades agrícolas y ganaderas, la segunda es la que provee mayores ingresos a los campesinos, cuestión que certifica la importancia que tiene la crianza, especialmente de ganado lechero, en la economía de las familias de esta zona.

Dentro del perfil económico que se ha descrito de las localidades bajo el área de influencia directa los indicadores que nos muestran la forma en que se distribuyen los ingresos monetarios de las familias son los que aparecen en la Tabla 3.98.

Conforme a este cuadro hay brechas económicas importantes en cada lugar, pero entre todos sobresale Coymolache tanto en las diferencias entre el cuartil con menores y mayores ingresos, como en los promedios y lo que figura como ingreso mínimo y máximo de las familias.

Por último, es preciso destacar que dentro de las características económicas hasta aquí descritas, a pesar de que no hay una importante tradición comunitaria por el predominio que en el pasado tuvo el régimen de hacienda, no obstante el temprano mestizaje cultural de esta población, se mantienen importantes formas de cooperación en el trabajo agrícola y pecuario, especialmente en las localidades donde predomina este tipo de producción. En una situación distinta como la de Hualgayoc las formas de cooperación se dan especialmente alrededor del préstamo en dinero. Esto no excluye la cooperación que se desarrolla con los familiares o amigos que viven fuera de la localidad.

Salud

En el área de estudio existen tres establecimientos de salud. En Hualgayoc se ubican el Centro de Salud del Ministerio de Salud (MINSA) y la Posta Médica de ESSALUD; mientras que en El Tingo existe un Puesto de Salud dependiente del MINSA.

Según fuentes oficiales, el perfil epidemiológico del distrito de Hualgayoc, comprendido su centro urbano y desde luego la Comunidad y sus anexos, muestra como tercera causa de enfermedad la referida a niveles nutricionales. Esto, sin duda, se debe a la existencia de

población especialmente vulnerable que se encuentra entre las familias que viven en la pobreza o en la extrema pobreza, realidad que, como se verá más adelante, no es extraña al ámbito en que se pretende desarrollar el proyecto minero, pero, es preciso anotar que las dos primeras causas de morbilidad, enfermedades respiratorias e infecciosas, también son atribuibles a condiciones socio-económicas y en particular al elevado número de hogares que, como se ha visto, no tienen acceso a los servicios básicos de agua, desagüe y electricidad (Tabla 3.99) .

Una situación similar se presenta en el Puesto de Salud de El Tingo, establecimiento que junto con el de Hualgayoc concentra la mayor atención de la población en situación de enfermedad. Véase al respecto la Tabla 3.100.

En efecto, una rápida comparación nos muestra al igual que en la Tabla anterior el predominio de las enfermedades respiratorias seguidas de las infecciosas y las que tienen que ver con el estado nutricional.

Cabe indicar, además, dos cuestiones igualmente relevantes en el estudio de base social. De una parte el hecho de que en todas las localidades examinadas, los efectos de las campañas preventivas, sobre todo entre los niños, no han sido eficaces. En efecto, los niños de 1 a 5 años que son objeto de campañas de vacunación, en su mayor parte no han recibido la segunda dosis. Esto es especialmente llamativo en el mismo Hualgayoc donde no se ha alcanzado para el grupo objetivo ni al 2% de la población que debía recibir la vacuna de refuerzo. En los casos de El Tingo, Pílancones y Coymolache, según el censo y registro realizado por SCG, los niños de 1 a 5 años con vacunación completa llegan sólo a 8%, 28,4% y 26,9% respectivamente. Una de las razones para que esto ocurra es indudablemente la falta de conocimiento de buena parte de la población respecto a la importancia de estas vacunaciones en la población infantil.

La otra cuestión relevante es la que aparece en la Tabla 3.101 en la que, según los datos recogidos por SCG, un alto porcentaje de la población afectada por alguna dolencia no acude a los establecimientos de salud existentes y una de las razones fundamentales que se alega para ello, por lo menos en un tercio de estas personas, es la falta de recursos económicos.

Educación

En términos de educación la situación para las localidades de la zona de influencia no es promisorias. A pesar de que la estadística educativa de nivel nacional el Perú ha mejorado sustantivamente el problema de cobertura escolar con la mayor presencia del Estado (en El

Tingo la cobertura escolar es del orden del 81,9% y en Hualgayoc Pueblo está por encima del 90%), en las zonas rurales la carencia de una infraestructura y equipamiento adecuados así como conocidas deficiencias en el magisterio, no permiten que este importante servicio se brinde con la calidad deseable. Es más, el prolongado tiempo que transcurrió para llegar al actual nivel de cobertura de este servicio en el medio rural ha producido que el capital humano carezca de calificaciones para mejorar sus condiciones de vida.

El área de influencia directa cuenta actualmente con un centro educativo inicial, ubicado en Hualgayoc; cuatro centros educativos primarios, dos de los cuales se encuentran en Hualgayoc, uno en El Tingo y uno en Pilancones; y dos centros educativos secundarios; ubicados en Hualgayoc y El Tingo.

Conforme a la información recogida existe una importante tasa de analfabetismo, personas que no saben leer ni escribir, la mayor parte mujeres, que puede asociarse al hecho de que dentro de la población con 6 o más años de edad hay un importante sector que carece de algún nivel de estudio.

Por otra parte, como se puede ver en la Tabla 3.102, la población con algún nivel educativo en más de un 50% como promedio sólo ha hecho estudios primarios, cuestión que tiende a marginar a la mayor parte de la población de los avances que se producen hoy en todos los campos de la vida y específicamente frente a las mayores calificaciones que hoy se requieren para entrar a la nueva oferta laboral y mejorar la productividad de las actividades en las que se desarrollan habitualmente.

Lo expuesto se confirma al revisar los oficios aprendidos de otras personas o por experiencia. Los cinco más importantes resultan ser, ganchillero a mano, agricultor, tejedor, chofer y albañil.

Es probable que la ausencia de centros de educación superior en el área esté limitando también una mejor calificación de los recursos humanos en esta zona.

La pobreza y el índice de desarrollo humano en la zona

De acuerdo con el cuadro que se viene trazando respecto de las condiciones socio-económicas que se dan en las localidades es obvio que al tratar de precisar o medir la situación en términos del Índice de Desarrollo Humano (IDH) o de los niveles de pobreza de acuerdo con las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) se tienen que reflejar las cuestiones comunes que

se han anotado así como algunas de las particularidades de las localidades objeto de esta línea de base social.

En lo que corresponde al IDH, se observa que, en general, el área de influencia directa del Proyecto Cerro Corona se encuentra en un nivel mediano de desarrollo humano, con la excepción de Coymolache que muestra un nivel alto. Esta diferencia se explica principalmente por las diferencias en ingresos entre esta localidad y las demás localidades del área de influencia directa, producto de una mejor productividad lechera, hatos de mayor tamaño y un mejor acceso al mercado. Los indicadores relacionados al logro educativo, sin embargo, son similares en las cuatro localidades estudiadas.

En lo que respecta a las condiciones de vida medidas a través de las NBI, se observa que es precisamente Coymolache la localidad que muestra la mayor proporción de hogares en condiciones de pobreza extrema y la segunda más alta en lo que refiere a pobreza, luego de Pílancones (Tabla 3.103). Esta combinación de ingresos altos y condiciones de vida deterioradas indica que la pobreza en Coymolache tiene un carácter inercial por el cual mejoras en la capacidad económica tienen poca incidencia en las condiciones de vida. La situación inversa se presenta en Hualgayoc, donde, aún siendo la localidad con menor promedio de ingresos, muestra la menor proporción de hogares con NBI, lo que indica un proceso reciente de empobrecimiento.

Finalmente, los niveles de pobreza y extrema pobreza que se muestran en la Tabla son consistentes con la probada falta de acceso que tiene la mayor parte de los pobladores del medio rural a los servicios básicos en términos de salud y educación como por la proporción de personas mayores de 15 años que no trabajaban la semana anterior al Censo efectuado por SCG.

Organizaciones e instituciones

Una conclusión que se obtiene directamente del estudio de base social realizado por SCG en relación al marco institucional en que se desenvuelve la zona es, sin duda, la escasa o débil presencia del Estado en la zona, lo que se nota en su falta de representatividad y dirección en los temas de desarrollo que más les afectan. Cabe indicar que pese a que existen en Hualgayoc servicios de salud, educación, Gobernación, Juzgados de Paz y Municipio Distrital, la presencia de las entidades de gobierno nacional o regional es limitada, pues, si bien físicamente existen establecimientos que corresponden a esos niveles de decisión, su participación en el tema de desarrollo local es débil.

El Gobierno local, presente en cada una de las localidades de la zona de influencia a través de sus Agentes Municipales, no ha logrado ejercer efectivamente su capacidad de decisión para definir la orientación de la gestión que pudiera hacerse en esta parte de Hualgayoc.

Esta debilidad de los organismos del Estado en los diferentes niveles se refleja en el hecho de que a pesar de existir desde el año 2001 una Mesa Distrital de Concertación para la Lucha Contra la Pobreza, ésta se mantiene sin jugar el papel protagónico que le cabría, de haber una mejor presencia del Estado.

Lo descrito es un factor importante en la formación de una serie de organizaciones que, como los Comedores Populares y los Comités de Vaso de Leche cumplen funciones de asistencia social con el apoyo de fondos especiales del Estado y algunas veces con el auxilio de la iglesia u otras organizaciones sin fines de lucro. Pero, sin duda la organización más importante y que se constituye precisamente por la debilidad del Estado es la de las Rondas Campesinas. Dentro del área de influencia directa, cada uno de los caseríos cuenta con su propio Comité de Rondas, que se articula en el Comité Zonal que incluye a El Tingo, Pilancones, Coymolache y la localidad vecina de Palo Blanco. El Comité Zonal, a su vez, pertenece al Frente Distrital de Rondas Campesinas de Hualgayoc.

Según el estudio de base social, las rondas campesinas, son consideradas la organización con mayor credibilidad y representatividad por parte de la población del área de estudio. De organizaciones nacidas para combatir la delincuencia, cuestión en la que han demostrado particular eficacia obligando a su reconocimiento por el Estado, hoy han asumido en la práctica nuevas funciones, son representantes de cada pueblo en lo que se refiere al tema ambiental y de hecho se han movilizadado en más de una ocasión frente a este problema y, eventualmente, han actuado colaborativamente con las empresas mineras en temas de seguridad. En virtud de ello, son quienes orientan y toman decisiones respecto de los temas de aceptación social de las inversiones mineras influyendo directamente en los compromisos que estas asumen frente al desarrollo local.

Esta importancia no ha disminuido en estas localidades a pesar de que en los niveles superiores de organización de las rondas, distrital o provincial, la mayor ingerencia política, así como posiciones encontradas en relación con el manejo del tema ambiental y de la explotación minera, ha generado fracciones y discrepancias internas que restan capacidad de centralización o de dirección que se pretendería desde Hualgayoc o Bambamarca, capital de la

provincia. Cabe señalar, sin embargo, que la posición de las rondas campesinas de los caseríos del área de influencia directa frente al tema minero es, en general, positiva.

Cabe indicar que las Rondas Campesinas no son una organización sencillamente local. La importancia que adquirieron en la década del 70 en la sierra norte como caso original y único a nivel nacional, ha concitado el interés no sólo de las organizaciones políticas, sino también de ONGs ambientalistas, de desarrollo rural o defensoras de los derechos humanos que tienden a fortalecer las capacidades humanas de sus dirigentes y asociados en general. La Iglesia que jugó un papel importante en su formación es también una institución que ve con simpatía este tipo de organizaciones.

Más allá de las Rondas Campesinas, la organización social de la CC El Tingo muestra cierto nivel de complejidad que se deriva de su proceso de conformación y se caracteriza por el fraccionamiento interno. La autoridad máxima de la comunidad es la Asamblea Comunal, que es administrada por una Directiva. Sin embargo, solamente parte de los jefes de familia de la Comunidad son reconocidos como comuneros. La brecha es más notoria en el caso del Predio La Jalca, en el que solamente 30 jefes de familia son reconocidos como comuneros en vista de que fueron ellos a los que el Estado les asignó las tierras del Predio durante la Reforma Agraria. Los demás pobladores de la Comunidad no se encuentran representados en la Asamblea.

El Predio La Jalca, por su parte, cuenta con una Junta Administrativa que funciona, en la práctica, como la directiva de la Asamblea del Predio. Sin embargo, Coymolache cuenta asimismo con una Coordinación General, cargo a través del cual se articula el accionar de las diferentes autoridades locales del caserío. De otro lado, cada caserío cuenta con su propio Teniente Gobernador y su propio agente municipal.

Percepciones sobre la minería

Las percepciones existentes sobre la minería en la zona son ambivalentes. Por un lado, los pasivos ambientales que han dejado varios centros mineros en la zona, los mismos que reconoce el Estado y sobre los cuales viene trabajando (MINEM, 1997), producen como es natural opiniones negativas sobre la minería y el medio ambiente, pero por otro lado, la pobreza y la nueva imagen que viene proyectando la nueva minería a través de sus compromisos ambientales y sociales, lo mismo que la tradición minera de la zona, permiten que, a su vez, esa misma población muestre su interés en nuevas inversiones en ese campo.

Cuadro 3.3.1.7
Respuestas en Porcentajes a la Pregunta:
¿Considera que hay Contaminación?

Localidad	SI	NO	NO SABE
El Tingo	86%	8,5%	5,4%
Pilancones	83,3	16,7	0
Coymolache	58,7	41,3	0
Huagayoc	68,3	26,9	4,8

Elaborado en base a EIS - Línea de Base Social. SCG

Así, tal como se demuestra en el Cuadro 3.3.1.7 en todas las localidades las personas entrevistadas sostienen, en porcentajes que van desde el 58% hasta el 86%, que en el lugar que habitan hay contaminación. Ésta, que según sus propias manifestaciones afecta principalmente al agua, es señalada como responsabilidad de las actividades que ejecutan en la zona las diversas empresas mineras. Por eso al ser preguntados respecto de las causas de contaminación en el agua las respuestas, como se observa en el Cuadro 3.3.1.8, no pueden ser más concluyentes.

Cuadro 3.3.1.8
Causas de la Contaminación del Agua

Localidades	Por Actividades Mineras	Por otras causas
El Tingo	81,3%	18,8%
Pilancones	86,8%	13,2%
Coymolache	91,2%	8,8%
Hualgayoc	78,1%	21,9%

Elaborado en base a EIS - Línea de Base Social. SCG

Sin embargo, tal como ya se ha expresado, así como la población expresa su punto de vista contrario a la explotación minera por los motivos expuestos; de la misma manera, por otras razones manifiestan su acuerdo con la apertura de nuevas explotaciones y en particular con el Proyecto Cerro Corona el titular de mismo ha venido exponiendo ante diversos grupos de interés su compromiso con el tema ambiental y el desarrollo local. Es por esta razón que la respuesta afirmativa hacia la instalación de nuevas empresas mineras en la zona no está desligada de sus expectativas, las que van desde la provisión de los servicios básicos de los cuales carecen, los problemas de infraestructura en caminos, escuelas, teléfonos, etc., hasta el

tema de trabajo y de contaminación ambiental que se encuentran entre los cinco problemas más importantes que, según ellos, afectan a sus comunidades.

En suma, la población del área de influencia directa tiene una percepción de la actividad minera como ambientalmente negativa, socialmente ambigua y potencialmente positiva. Así, de un lado, dada la precariedad de las condiciones de vida de la mayor parte de la población y la débil presencia del Estado, se espera de la minería la solución de muchos (sino todos) los problemas de estas localidades. De otro lado, consideran que la minería ha ocasionado y ocasiona daños ambientales que van en detrimento de su calidad de vida, y que los aportes que han venido realizando son pequeños en comparación con el daño ocasionado. Finalmente, mantienen altas expectativas en relación con los nuevos proyectos mineros por desarrollarse, especialmente en lo que refiere a empleo, compras locales (esto especialmente en Hualgayoc) y apoyo al desarrollo de la zona en actividades ajenas a la minería, especialmente las agropecuarias.

Familias en el área del proyecto

En la medida que, por diversas circunstancias, existen al momento de concluirse este estudio 17 familias que ocupan parte del área específica en la cual debe ejecutarse el proyecto, se ha considerado conveniente hacer una línea base especial para este grupo a fin de evaluar con mayor objetividad el impacto social correspondiente. Cabe advertir, sin embargo, que las familias allí ubicadas tienen condiciones que las distinguen en atención al hecho que Sociedad Minera Corona ya ha venido comprando las tierras allí ocupadas.

En virtud de ese proceso hay por lo menos tres tipos de familias: a) seis (6) son poseionarios, es decir, uno de los miembros del hogar tiene derechos reconocidos sobre su terreno o vivienda, b) ocho (8) son “guardianes” o “encargados” por y con autorización de los poseionarios, que residen en otro lugar y, c) tres (3) son de residentes precarios u ocupantes de hecho de terrenos no propios. De los seis (6) poseionarios, cinco ya han vendido sus tierras a Sociedad Minera Corona, estando una en proceso de negociación.

Antes de pasar a resumir las características socio-económicas de este grupo debe tenerse en cuenta que de las 17 familias, 15 pertenecen al caserío de Coymolache y 2 al de Pílancones. Ambos caseríos, formalmente parte de la Comunidad El Tingo pero que, como ya se indicó oportunamente, funcionan como entes con autonomía propia.

Población y viviendas

Según el censo aplicado por SCG, las 17 familias que se encuentran en la zona del proyecto suman 80 personas; siendo el promedio de miembros por hogar de 4,71. En lo relativo a la tenencia de las viviendas que ocupan, ésta es en general privada, habiéndose declarado 10 de las 17 como propiedad de sus residentes actuales, sin embargo, contrastando esta información con la calidad de residencia de cada familia, se ha identificado que de esas 10 viviendas declaradas como propias, sólo 5 pertenecen a familias que son efectivamente posesionarias, mientras que 3 corresponden a familias encargadas y 2 a residentes precarios (Cuadro 3.3.1.9).

Cuadro 3.3.1.9
Tenencia de la Vivienda Según Calidad de Residencia

Tenencia	Posesionario	Encargada	Residente precario	Total
Propia	5	3	2	10
Alquilada	0	1	0	1
Cedida por terceros	1	1	0	2
Guardianía	0	3	1	4

Fuente: Censo SCG, 2004

El acceso a servicios básicos es una problemática para la mayoría de los hogares. Sólo 2 viviendas tienen acceso a agua mediante red pública, siendo la principal fuente de agua para uso doméstico los ríos o manantes. De igual modo, 6 viviendas no acceden a servicio higiénico alguno, registrándose a las letrinas como el tipo de servicio higiénico usado en el resto de viviendas. Asimismo, ninguno de los hogares accede a la electricidad.

Perfil económico de las familias

Entre las 17 familias asentadas en el área del proyecto se encuentran 51 personas de 15 años a más, que conforman la fuerza laboral de estas familias. Este grupo se caracteriza por estar conformado mayoritariamente por varones (28 hombres que representan el 54,9% del total) predominantemente jóvenes (entre 15 a 29 años) y que se ocupan principalmente en la ganadería (21,6%) y, si se suma además a quienes tienen actividades agrícolas y pecuarias, es evidente el mayor peso que en conjunto tienen estas actividades frente a las que no tienen este carácter, en especial frente a la ocupación de transportistas que sigue en orden de importancia. (13,7%,). Esta información se resume en el Gráfico 3.42

En tanto las actividades ligadas a la tierra resultan más importantes es oportuno indicar que de las 17 familias estudiadas todas poseen o han poseído en los últimos doce meses al menos una parcela sobre un total de 26, en su mayoría minifundios, menores a 3 hectáreas. La cantidad promedio de parcelas por familia es de 1 ó 2 existiendo, como excepción, una familia que declara poseer cinco. En general, la tenencia de estas tierras obedece a un régimen privado; así, 20 de las 26 parcelas fueron declaradas como propias por las familias, incluso entre las encargadas y residentes precarias (Tabla 3.104).

La mayor parte de las tierras son de secano, sólo 7 de un total de 31 parcelas poseen acceso a algún sistema de riego. Por otro lado, el uso predominante de las tierras corresponde a pastos naturales, los que abarcan el 49,3% del total de la superficie de las parcelas, seguida de los pastos cultivados (37,4%). Ello pone en evidencia cómo la pertenencia a los caseríos Pilancones y Coymolache influye en la vocación ganadera de los terrenos de estas familias.

Por esta razón, resulta lógico que la actividad agrícola, en general, sea como ya se ha determinado para los caseríos a los que pertenecen estas familias, fundamentalmente de autoconsumo, cultivando principalmente papa, ollucos y oca. En cambio, la actividad ganadera, orientada al mercado, dentro de la que prevalece la ganadería lechera, es la que mejor define los rasgos principales de estas familias que, al igual que en sus localidades de pertenencia tienden a criar en mayor proporción ganado criollo con un promedio de 7 cabezas por hogar.

**Cuadro 3.3.1.10
Propiedad de Ganado Vacuno por Especie**

Tipo		Cabezas de ganado por familia			Número de Familias que crían vacunos
		Promedio	Mínimo	Máximo	
Vacunos	Criollos	7,0	2	14	11
	Mejorados	20,5	11	30	2
	Raza	7,6	1	26	5

Fuente: Censo SCG, 2004.

No puede pasarse por alto, tal como se observa en el Cuadro 3.3.1.10 que el número minoritario de familias (2) que poseen ganado mejorado tienen en promedio hatos mayores que los que aparecen con ganado criollo lo que eventualmente podría indicar una fuente de diferenciación social.

En la Tabla 3.105 se puede verificar la importancia comercial de la producción lechera y el uso mínimo que se le da a un sub-producto como es el queso.

En el tema de la crianza de ganado, cabe agregar que las familias, objeto de esta línea base social, al igual que en los caseríos de la zona de influencia directa, conducen una ganadería de tipo mixto, por lo cual es razonable encontrar junto al ganado vacuno, la crianza de ganado ovino, también por lo general criollo. Este tipo de ganado, en lo que se refiere al aprovechamiento de sus carnes, pellejo, lana etc., en su mayor proporción sirven al consumo de las familias y el resto constituye una especie de reserva permanente a la cual se acude para enfrentar situaciones de demanda económica vendiendo algunas cabezas de ganado en pie.

Por último y coherente con lo anteriormente expuesto cabe indicar que la mayor fuente de ingresos de las familias la provee la actividad ganadera que aporta el 43% de los ingresos totales del hogar, seguida de las ocupaciones principal y secundaria no agropecuarias, que aportan el 37,5%. En cuanto a los ingresos de los hogares, el promedio anual es de S/. 27 804; cifra que esconde marcadas diferencias entre éstos, siendo el mínimo ingreso registrado de tan sólo S/. 245 anuales, mientras que el máximo asciende a S/. 115 368.

Salud

Las familias estudiadas no cuentan en la actualidad con ningún establecimiento de salud para su atención en sus lugares de residencia. Los establecimientos de salud más cercanos a esta población son el Centro de Salud del MINSA y la Posta Médica ESSALUD (EX IPSS), ambos ubicados en el centro poblado urbano de Hualgayoc, y la Posta Medica del MINSA existente en el caserío de El Tingo. Cuando se presentó alguna enfermedad entre los miembros de estas familias (48 casos), el 64,6% (31 casos) asistió a algún establecimiento de salud para atención médica, siendo la Posta de Salud de El Tingo la más concurrida (Cuadro 3.3.1.11).

Cuadro 3.3.1.11
Lugar en el que se atendió en casos de malestar, dolencia, accidente o enfermedad

Lugar	Frecuencia	Porcentaje
No recibió atención profesional	17	35,4
Posta de Salud MINSA – El Tingo	18	37,5
Farmacia	9	18,8
Posta ESSALUD - Hualgayoc	2	4,2
Clínica o consultorio particular	1	2,1
Médico particular	1	2,1
Total	48	100

Fuente: Censo SCG, 2004

En ese sentido, tomando como fuente de información oficial la Posta de Salud de “El Tingo”, se podría afirmar que estas familias se encuentran dentro de una población que, en términos de morbilidad, tiende a presentar mayores casos de enfermedades del aparato respiratorio, seguidas por enfermedades infecciosas y enseguida por casos de desnutrición (ver sección 3.3.1 – Salud).

Educación

El acceso de las 17 familias a establecimientos educativos en su lugar de residencia es mínimo ya que en el caso del caserío de Pílancones existe una sola escuela (educación inicial y primaria), mientras que en el caserío de Coymolache no existe establecimiento educativo alguno. El ausentismo escolar involucra a 3 de los 19 miembros de las familias en edad escolar, tasa comparativamente alta.

El analfabetismo es un problema que abarca cerca de la tercera parte de la población de las familias (31,4%). En el caso de las mujeres la probabilidad de ser analfabeto es tres veces mayor que en los varones.

En cuanto a la población que sí ha logrado algún nivel de preparación académica, predomina un bajo nivel educativo. Los resultados del censo evidencian que la mayor parte de la población (52,2%) ha estudiado sólo la primaria, mientras que 19,4% ha cursado estudios secundarios. Sólo dos pobladores han logrado seguir estudios universitarios (Cuadro 3.3.1.12).

Cuadro 3.3.1.12
Población de 6 años a más según Nivel Educativo, 2004

Nivel Educativo Alcanzado	Frecuencia	Porcentaje
Sin nivel	17	25,4
Primaria	35	52,2
Secundaria	13	19,4
Superior Universitaria	2	3
Total	67	100

Fuente: Censo SCG, 2004.

En este contexto, el aprendizaje de diversos oficios se convierte en la principal fuente de capacitación para el desempeño laboral y, según los resultados del censo de SCG la mitad de los miembros de 15 años a más de estas familias (50,7%) declaró haber adquirido algún oficio, siendo el principal el de desborrador de bobinas textiles (13,4%).

Índice de desarrollo humano y pobreza

Las familias asentadas en el área del Proyecto presentan un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0,73, lo que las sitúa en un nivel mediano alto. Si se analizan los indicadores que componen el IDH, se encuentra que para las 17 familias los indicadores que se alejan más de los valores máximos esperados son el promedio de años de estudio de la población de 25 y más años (4,3 años en promedio respecto a 16 años que es el esperado) y la tasa de alfabetización adulta de la población de 15 años a más (68,6 respecto a 100). Ambos indican los escasos logros educativos de los miembros de estas familias (Tabla 3.106).

Cabe señalar que los ingresos promedio mensual per cápita se muestran cercanos al valor máximo esperado (461 nuevos soles respecto al valor máximo esperado de 471,8 nuevos soles). Este último indicador está impactado por los ingresos que reciben el 20% de las familias con más altos ingresos. Sin embargo, es relevante indicar que la mitad de los pobladores del caserío reciben un ingreso per cápita mensual por debajo de 294.6 nuevos soles. De esta forma, la diferencia encontrada en los ingresos de las familias, estaría mostrando la desigualdad social existente entre ellas.

Si analizamos la situación socioeconómica de estas familias de acuerdo al enfoque de las Necesidades Básicas Insatisfechas, se encuentra que el 64,75% de ellas se encuentran en situación de pobreza y de este grupo, el 35,3% se encuentra en situación de extrema pobreza.

Las Necesidades Básicas Insatisfechas que predominan en las 17 familias son las referentes a la presencia de viviendas sin servicio higiénico (52,9%), seguido por viviendas con hacinamiento (29,4%)

Redes sociales y participación

Según el censo de SCG, se aprecia que la ayuda mutua entre los miembros de las familias estudiadas es altamente utilizada entre aquellas familias que residen en la misma localidad; ayuda mutua que se da en primer lugar en los trabajos agrícolas y en el intercambio de trabajos no agropecuarios, ambos con el 76,5% de las respuestas para cada caso (13 familias cada uno).

De otro lado, entre las familias que residen en el área del Proyecto Corona, la organización que cuenta con mayor nivel de participación es la Ronda Campesina con 13 menciones entre los jefes de hogar encuestados (76,5%). Otra organización clave por sus objetivos funcionales es el Vaso de Leche, al que respondieron pertenecer 11 familias (64,7%).

En estrecha relación con el nivel de participación se aprecia el grado de confianza que le asignan estas familias a sus organizaciones locales. El 56,3% de las familias censadas consideran que la Ronda Campesina es la organización más confiable. La importancia de las Rondas Campesinas se ratifica en su poder de convocatoria a reuniones o Asambleas Comunales, así como a Faenas o Trabajos comunales, ambos espacios tradicionales de congregación y discusión en muchas zonas rurales.

Percepciones de las familias sobre el reasentamiento

Teniendo en cuenta la posibilidad que algunas de las familias que hoy se encuentran en el área del proyecto, por alguna circunstancia, aún estén cuando se inicie sus actividades el Titular de la concesión minera, SCG preguntó a las familias sobre su disposición para ser reubicados. Al respecto 9 de las 17 familias se declaran dispuestas a ello, mientras que 8 no contemplan esta posibilidad. Sin embargo, esto parece ser reflejo de una posición en base a la cual se pretende fortalecer su capacidad de negociación frente a SMC. Cabe resaltar, además, que de estas 8 familias que declaran que no se irían de sus tierras, 4 son familias que residen en sus tierras en calidad de posesionarias y 4 son encargadas; estas últimas aparentemente procuran atribuirse derechos sobre parcelas en las que sólo son guardianes.

3.3.2 Area de influencia indirecta

En esta parte de la Línea Base Social del Proyecto Cerro Corona se presenta lo que corresponde a las poblaciones que se han definido como pertenecientes a la zona de influencia indirecta, es decir aquellos lugares que sin recibir impactos directos, generan respuestas sociales potenciales a la presencia y actividades del proyecto, esto es: a) Bambamarca, distrito y capital provincial de Hualgayoc, b) las localidades que se encuentran a lo largo de las cuencas de los ríos Hualgayoc – Arascorgue y El Tingo – Maygasbamba, ambas ubicadas entre Hualgayoc y Bambamarca y c) las localidades que se encuentran a lo largo de la ruta de transporte que ha de usar el proyecto.

Ciertamente, ninguna de estas localidades tiene el impacto directo que sí es notable en las localidades de Hualgayoc. En estas últimas, aparte del reasentamiento humano que se viene dando desde antes de la puesta en operación del proyecto, se prevé impactos inmediatos sobre su economía y otras condiciones de vida. No ocurre lo mismo en Bambamarca, las cuencas mencionadas y los pueblos que se encuentran en la ruta de transporte que, recibiendo impactos indirectos no necesariamente atribuibles al proyecto como en el caso de la contaminación por pasivos ambientales de centros mineros cerrados, tienen o desarrollan, por una serie de factores que luego se reseña, una posición o determinadas conductas respecto de la presencia de un nuevo proyecto minero.

Tratándose de una zona de influencia indirecta no se ha seguido la misma metodología de investigación que hasta este momento ha primado en el estudio de línea base. En este caso se ha privilegiado el análisis de información secundaria como es el caso de la información censal y sus estimados por parte del INEI y del CENAGRO 1994 y, por otra parte se han hecho entrevistas no estructuradas preferentemente a dirigentes de grupos de interés a fin de obtener alguna información relevante que no ha podido ser logrado mediante el otro mecanismo, en particular lo que se refiere a las percepciones existentes respecto de las actividades mineras y del Proyecto Cerro Corona en especial.

Como puede advertirse, entonces, la línea base social de la zona de influencia indirecta va a diferir en cuanto al contenido y forma, aunque siempre poniendo de relieve las características socio-económicas de los lugares que se incluyen, pero con un mayor énfasis en las potenciales respuestas sociales de la población, resumidas en las percepciones de la población.

Consideraciones de contexto

Dentro del área de influencia indirecta hay dos sub área que conviene distinguir, una, la que corresponde a Bambamarca y las localidades de las cuencas, geográfica y políticamente se encuentra estrechamente vinculada a Hualgayoc, es decir a la zona de influencia directa del proyecto, otra, en la que están comprendidas las localidades de la ruta de transporte hacia el puerto Salaverry, tiene una vinculación más o menos lejana, dependiendo de su ubicación respecto del punto de partida. En otras palabras, en la zona de influencia indirecta, no hay una realidad homogénea ni las mismas intensidades en lo que se refiere al modo en que el proyecto pueda afectar a esas poblaciones.

En efecto, Bambamarca respecto de Hualgayoc es distrito y capital de la provincia, por tanto políticamente, en términos de demarcación se encuentran en un mismo territorio, con el agregado que la primera ciudad tiene, dentro de este marco, preeminencia sobre la otra. Geográficamente, comparten las mismas cuencas, esto es la del El Tingo – Maygasbamaba y la del Hualgayoc –Arascorgue. Dicho sea de paso, los nombres con que empiezan y terminan las denominaciones de estas cuencas corresponden a localidades de Hualgayoc y Bambamarca respectivamente.

En buena cuenta, considerando el territorio que políticamente comparten Hualgayoc y Bambamarca es evidente la relación inmediata y cercana que existe entre estas localidades, pero, asimismo, es obvio que al vincularse por compartir las mismas cuencas las localidades que están comprendidas en éstas también tienen estrecha relación con la zona de influencia directa. Esto distingue claramente a esta parte de la zona de influencia indirecta con las otras localidades fuera de la provincia de Hualgayoc, pues, con aquellas, más que continuidad geográfica o política, lo que hay es una obligada ruta de transporte por realidades diversas entre provincias de los departamentos de Cajamarca y La Libertad.

Vistas las grandes diferencias dentro de la zona de influencia indirecta conviene detenerse en algunas diferencias e identidades entre Hualgayoc (ZID), Bambamarca y las localidades de las cuencas (ZII). En cuanto a lo primero, las diferencias, cabe expresar que mientras Hualgayoc es un distrito históricamente minero, con dinámicas propias de esta actividad y con una población que se identifica con ella, Bambamarca, no obstante su proximidad, es claramente dentro de su territorio una población que se identifica con las actividades agropecuarias, predominantes a pesar del peso que tiene la población urbana de la capital Bambamarquina.

A esa diferencia se agrega otra, Bambamarca, no obstante el lugar privilegiado que ocupa la actividad agropecuaria en su desarrollo, no se dedica, como en el caso de Hualgayoc a la ganadería lechera. A estas cuestiones, se añaden algunas rivalidades que han surgido históricamente entre una y otra población y tienden a remarcar estas diferencias.

En este contexto, la ubicación de las cuencas entre ambos distritos, si bien es cierto marca un elemento claro de continuidad geográfica, a su vez, es fuente de algunas diferencias respecto de la actividad minera. Bambamarca y las localidades de las cuencas, quienes viven en forma predominante de las actividades agrarias se sienten afectados por la minería que es la actividad que caracteriza a Hualgayoc y por ello, no es extraño que en la primera ciudad se concentre una parte importante de las actividades que se promueven alrededor del tema ambiental y de la minería.

En ese mismo contexto, la preeminencia de Bambamarca como capital provincial, como sede de la mayor parte de organizaciones del Estado y de la sociedad civil, pero a la vez, como lugar al que confluye la población rural, cuyas organizaciones más importantes son las rondas campesinas, permite que la intensidad de la influencia indirecta del proyecto minero y de la minería en general sea mayor que en las otras áreas.

Desde luego, situaciones como ésta no pueden ser observadas en las provincias de La Libertad que son parte de la ruta de transporte pero que no tienen ninguna otra relación con Hualgayoc, sede del proyecto minero. En el caso de las provincias de Cajamarca, la situación es algo diferente, pues, políticamente tienen vecindad y comparten como parte de una misma región, con mayor o menor intensidad dependiendo de su proximidad a las explotaciones mineras, el complejo de relaciones que se dan alrededor de la minería y las actividades agropecuarias. En este caso, sin duda, Cajamarca es la provincia que más siente los efectos de la minería, pero no del Proyecto Cerro Corona en particular, pues, como en el resto de las localidades es sólo parte de la ruta de transporte. En esta medida, la descripción de la línea de base tiene en forma obligada un tratamiento distinto.

En suma, en la zona de influencia indirecta se distinguen situaciones diferentes. Bambamarca y las localidades de la cuenca, en términos de graduación, tienen mayores vínculos, a pesar de sus diferencias, con Hualgayoc, lugar donde se ubica el proyecto. Hay además, una mayor intensidad en las relaciones producto de esos vínculos. En las localidades de la ruta de transporte, el vínculo por su naturaleza resulta más débil, aunque en el caso de Cajamarca,

como Región, esa debilidad de algún modo es atenuada porque directa o indirectamente recibe los impactos de la actividad minera.

Bambamarca

Demografía y perfil económico

Bambamarca como distrito alberga aproximadamente al 70% de la población de la provincia de Hualgayoc y, desde luego este es uno de los factores que contribuye, junto con su condición de ciudad capital, a destacar su importancia dentro de la zona de influencia indirecta del proyecto. Por otra parte, esa misma población en más de un 70% se ubica en el medio rural y por tanto, aunque la ciudad de Bambamarca con 16 961 habitantes, según estimados del INEI para el año 2004, tiene una población económicamente activa que en más de un 51% se centra en el área de servicios, no hay duda que existe una poderosa influencia del medio rural dentro del cual se desarrolla. Esto último debe ser especialmente considerado, pues, ayuda a entender la lógica que manejan las organizaciones sociales o los grupos de interés frente a las explotaciones mineras.

Cabe indicar también, en lo que respecta a las características de la población rural de Bambamarca que ésta, dedicada en mayor proporción a la agricultura con un 79% de tierras de secano, a diferencia de la población de la zona de influencia directa, no destaca por la producción lechera. El ganado que poseen, sólo en un 24,8% es dedicado a este tipo de comercio. Aún así, las actividades agropecuarias en las que los campesinos involucrados son fundamentalmente pequeños agricultores y minifundistas, no logra convertirse en una fuente de auto-sostenimiento de las familias, pues, de todas ellas no menos del 60% buscan realizar otras actividades, principalmente artesanales, para poder subsistir.

Salud y educación

En este contexto, la ciudad de Bambamarca, dado su peso demográfico, cuenta con un Hospital de Apoyo del Ministerio de Salud y el mayor número de centros de salud y de centros educativos de la provincia, incluidos institutos de educación superior no universitaria. No obstante ello, en lo que respecta al analfabetismo y los niveles educativos de su población, no se aparta de la realidad que se ha encontrado en Hualgayoc y las localidades rurales del área de influencia directa del proyecto. Conforme al censo del año 1993 Bambamarca tenía un 40,3% de población analfabeta, en la ciudad este porcentaje era de 25% y, en cuanto a los niveles educativos el 48%, la mayoría de la población, sólo tenía estudios primarios. En otras palabras, Bambamarca no cuenta con un capital humano mejor calificado que el que se ha mostrado para otras zonas de la provincia.

Dinámica institucional y minería

En cuanto a las explotaciones mineras y el medio rural en que éstas se desarrollan, Bambamarca tiene, desde hace buen tiempo un papel muy activo. Así, la Iglesia y en particular la parroquia de la provincia, fue la que impulsó la formación de las rondas campesinas y aunque no ejerce labor directriz en este campo su posición frente a la minería, crítica en tanto afecte los medios de vida de los campesinos, es importante.

Por otra parte, en un plano en el cual trabajan diversas fuerzas políticas, el Frente de Defensa de los Intereses de Hualgayoc que recibe como otras organizaciones el apoyo de CONACAMI y OXFAM, la Central de Rondas Campesinas de la Provincia y el SUTEP, todas ellas cumplen una función de vigilancia y de reclamo frente a los posibles problemas que pueda generar la explotación minera. Esto no se reduce al reclamo por los problemas surgidos con la minería, sino que implica también un especial interés por conocer como se manejan en la Municipalidad los fondos derivados del Canon y las posibles contribuciones de las empresas mineras. Junto a ello, estas organizaciones buscan también ser parte en las negociaciones con las empresas mineras. Por ejemplo, Bambamarca, según la información presupuestal del Municipio Provincial, recibió el año 2004, por concepto de Canon S/. 1 314 412.00 y se prevé que este año recibirá S/. 5 799 976.00. De esta manera el Canon, como fuente de ingresos del Municipio pasa de constituir el 12% el año 2004 a ser el 43,67% el presente año.

Indudablemente el tema minero, tal como se expone, ha pasado a ser parte de la agenda pública de las principales organizaciones de la zona y tal hecho es reforzado por la preeminencia que tiene la capital provincial dentro del proceso político. Esto reforzado, además, porque varias de las localidades que se encuentran en las cuencas que son afluentes del Llaucano pertenecen al distrito de Bambamarca y son parte activa en los reclamos frente a la contaminación de sus aguas.

Percepciones sobre el Proyecto Cerro Corona

Dentro de estas circunstancias los diversos grupos de interés de Bambamarca, por la experiencia negativa que han recogido de la explotación minera, exacerbada por los sucesos del cerro Quilish y la contaminación de las aguas de su cuenca, no tienen una percepción positiva de la minería. Sin embargo, en la medida que han conocido los compromisos del Proyecto Cerro Corona respecto del medio ambiente abrigan la esperanza de que esto en efecto sea así y sugieren para una adecuada convivencia entre la empresa minera y las poblaciones aledañas que no se cometan errores, atribuido a otras empresas, como tener

relaciones comunitarias deficientes, contaminar el medio ambiente o corromper a las autoridades.

Por último, recogidas las percepciones que los grupos de interés tienen sobre el Proyecto Cerro Corona, manifiestan su preocupación por el efecto que pueda tener sobre el medio ambiente y asimismo sobre el costo de vida. Aún así y conociendo que no van a ser beneficiarios como en el caso de las poblaciones directamente involucradas en el proyecto, tienen expectativas sobre la influencia que pueda ejercer el proyecto para inyectar mayor dinamismo comercial en la zona mejorando fuentes de empleo e ingresos para la población.

Cuencas del río Hualgayoc – Arascorgue y de El Tingo – Maygasbama

Demografía, perfil económico y acceso a servicios

Las poblaciones establecidas a lo largo de los ríos Hualgayoc – Arascorgue y Tingo Maygasbamba han sido consideradas como parte del Área de Influencia Indirecta por la expectativa de impactos negativos en fuentes de agua por el Proyecto Cerro Corona. Según los datos censales de 1993 y la información recogida por SCG, en la cuenca del río Tingo-Maygasbamba se ubican 11 caseríos, mientras que en la cuenca del río Hualgayoc – Arascorgue 15 caseríos. En promedio cada uno de estos caseríos está compuesto en promedio por 100 viviendas, destacando el centro poblado menor de Llaucán, ubicado en la cuenca del Hualgayoc-Arascorgue, con 12 000 habitantes que se distribuyen en 31 caseríos.

En su mayor parte, la población de las cuencas vive de las actividades agropecuarias, aunque también ocasionalmente trabajan en otras labores, como obreros de empresas mineras, de manufacturas o construcción. Un buen número de caseríos, 13 de los 23 que hay en estas cuencas reciben agua para consumo doméstico a través del proyecto Manuel Vásquez Díaz pero en general carecen de los servicios básicos de agua, desagüe y electricidad. Casi todos tienen un centro educativo principalmente de nivel primario, debiendo acudir a Bambamarca o Hualgayoc u otro lugar cercano para acceder a otros niveles educativos.

La Dinámica social y el tema ambiental

Actualmente, el tema de ambiental es una de las principales preocupaciones de estas poblaciones, básicamente por la contaminación de sus ríos y fuentes de agua a causa de las actividades mineras pasadas que han dejado importantes pasivos y, según manifiestan sus dirigentes, por algunas empresas que aún siguen operando en la zona. Esto ha dado lugar a algunas manifestaciones de rechazo que, en el caso de las poblaciones de la Cuenca del Hualgayoc-Arascorgue condujo a movilizaciones contra una empresa minera a la que le

atribuyen la contaminación y muerte de más de 10 000 truchas. En el caso de las localidades de la otra cuenca, la del río Tingo –Maygasbamba, la situación no es diferente aunque cabe advertir que aquí hay un mayor grado de organicidad. Aquí se ubican 37 canales de uso agrícola, algunos de los cuales poseen padrones de hasta 250 usuarios. A su vez, muchos de los usuarios de canales se han organizado en Juntas de Regantes con una directiva organizada y reconocida por la Administración Técnica de Distrito de Riego.

La Junta de Usuarios del Río Tingo Maygasbamba es la organización que aglutina a las 37 Juntas de Regantes. En la actualidad, sus dirigentes se han convertido en un importante grupo de interés en la región en el nuevo contexto generado por la proximidad de nuevos proyectos mineros, renovando la vigencia del problema medio ambiental pasado.

A esta organización le siguen las rondas campesinas con las cuales se entrelazan y activan en el tema medioambiental, hecho coincidente con la existencia y funcionamiento de una Comisión de Ecología y Medio Ambiente de la Municipalidad Provincial de Bambamarca.

Compromiso ambiental y el Proyecto Cerro Corona

En estas condiciones, el 11 de octubre de 2004, contando con la presencia de autoridades políticas de nivel provincial, autoridades edilicias, representante del Gobierno Regional, empresas mineras de la Cuenca del Tingo-Maygasbamba y el titular del Proyecto Cerro Corona como garante, se suscribió un acuerdo para descontaminar las aguas que discurren por dicha cuenca.

Hacia el mes de enero de 2005 este acuerdo no había comenzado a cumplirse y entre la población ha comenzado a generarse un ambiente nuevamente adverso a la minería, que culminó en la toma de instalaciones de una empresa minera que derivó, gracias al involucramiento del MINEM, en acuerdos relacionados al futuro de esas operaciones y a la creación de un Comité de Vigilancia Ambiental con la participación de los usuarios de la cuenca; aspectos que forman parte del contexto en el cual se va a desarrollar el nuevo proyecto Cerro Corona.

No obstante lo anterior y a pesar que los grupos de interés de estos caseríos y la población en general no mantienen grandes expectativas en cuanto a la posibilidad de que el nuevo proyecto minero les otorgue empleos directos, la principal expectativa gira en torno a la superación de la contaminación del agua, cuyos efectos en esta población son particularmente

importantes por el lugar que ocupan las actividades agropecuarias en su subsistencia y la generación de ingresos, con especial énfasis en los caseríos más cercanos a Bambamarca.

La ruta de transporte Hualgayoc – Puerto Salaverry

Descripción de la ruta

Para la puesta en operación del Proyecto Cerro Corona se ha previsto el empleo del Puerto Salaverry (distrito de Salaverry, provincia de Trujillo) como zona de embarque de los concentrados. Para el desplazamiento desde la zona de operaciones hasta el puerto, existe una ruta principal potencialmente utilizable y otra alterna (ver Mapas N° 17 y N° 18 del Anexo F).

La RUTA PRINCIPAL Hualgayoc – Yanacocha – Cajamarca – Chilete – Tembladera – Desvío Pacasmayo – Trujillo – Salaverry, atraviesa once distritos de las provincias de San Miguel, Cajamarca, San Pablo y Contumazá en el departamento de Cajamarca; mientras que en el departamento de La Libertad atraviesa 15 distritos de las provincias de Chepen, Pacasmayo, Ascope y Trujillo para luego llegar al distrito de Salaverry, lugar donde se encuentra el Puerto de Salaverry (Tabla 3.107).

LA RUTA ALTERNA Hualgayoc – El Empalme – Llapa – San Miguel – División La Conga – Chilete – Tembladera – Desvío Pacasmayo – Trujillo – Salaverry, luego que deja la provincia y distrito de Hualgayoc, atraviesa ocho distritos de las provincias de San Miguel, San Pablo y Contumazá en el departamento de Cajamarca; mientras que en el departamento de La Libertad atraviesa 15 distritos de las provincias de Chepen, Pacasmayo, Ascope y Trujillo para luego llegar al distrito de Salaverry (Tabla 3.108).

Características sociales de los pueblos de la ruta

La mayor parte de pueblos cuyos caseríos se cruzan por cualquiera de las rutas son fundamentalmente poblaciones rurales mayormente dedicadas a la agricultura, en algunos casos complementando con otras actividades. Salvo los casos de la ciudad de Cajamarca y Trujillo, la ruta no cruza otros centros urbanos de la misma importancia que los indicados.

A propósito del contexto regional en que se ubica el proyecto ya se han hecho algunas referencias sobre Cajamarca y algunas de sus identidades con la zona del proyecto, sobre todo, por la convivencia entre la minería y las actividades pecuarias en especial. Cabría agregar quizás, que en tanto ciudad capital es el núcleo donde se concentran los servicios del Estado, es la sede del Gobierno Regional y constituye también un foco importante de irradiación de la opinión pública.

En cuanto a Trujillo, una de las principales ciudades del norte, dada su ubicación en la costa y su importancia como parte de la ruta comercial, ofrece la infraestructura necesaria para actividades de este tipo. Es conocida por su contribución a la producción azucarera y al desarrollo de la cultura costeña, también por sus especiales características políticas. Ha sido desde siempre una ruta o lugar de llegada para los comerciantes y la población Cajamarquina.

Ventajas y desventajas de las rutas

Comparando ambas rutas, conforme al cuadro que sigue se pueden encontrar las ventajas y desventajas de cada una de las rutas (Tabla 3.109).

El Puerto de Salaverry

En lo que respecta al distrito y puerto de Salaverry punto de embarque en la ruta de transporte del proyecto está ubicado en el departamento de La Libertad, provincia de Trujillo. Limita por el norte con el distrito de Moche y Laredo, por el este con el Distrito del Poroto, por el sur con la Provincia de Virú y por el oeste con el Océano Pacífico.

El área del distrito es de 390,55 km² y se puede dividir el distrito en área residencial y área industrial, además de la zona portuaria. La zona residencial está dividida en Salaverry Tradicional o Cercado y 7 Asentamientos Humanos.

Transporte: vías de acceso, transporte público y de carga

El distrito de Salaverry se conecta por vía terrestre con Lima, Trujillo, Chimbote a través de distintos puntos de ingreso desde la carretera Panamericana, mientras que por vía marítima se encuentra a 255 millas del puerto del Callao. Por vía aérea, el aeropuerto más cercano se encuentra en el distrito de Huanchaco –Trujillo, a 20 kilómetros de Salaverry.

Al interior del distrito, existen vías terrestres para el transporte de carga y cuyo destino es el puerto y la zona industrial. Mientras que las vías de transporte urbano se encuentran adecuadamente señalizadas.

El transporte público urbano, conecta Salaverry con la ciudad de Trujillo y el distrito de Moche. Prestan este servicio, automóviles, combis y mototaxis. Mientras que los servicios de transporte pesado son prestados por una sola compañía cuya sede principal está en la ciudad de Trujillo.

Demografía, viviendas y acceso a servicios básicos

De acuerdo con el Censo de 1993, la población del distrito de Salaverry es de 8 278 personas, y tiende a disminuir entre los grupos más jóvenes, manifestándose a esa fecha una tendencia al envejecimiento poblacional. Según la misma fuente, existían un total de 1 441 familias, las cuales son nucleares principalmente y el tamaño de la familia varía de entre 4 y 5 miembros.

En Salaverry Tradicional predominan las casas de madera, generalmente antiguas y en su mayoría en buen estado de conservación, mientras que las casas de material noble son relativamente nuevas. En los Asentamientos Humanos el material de las viviendas varía entre material noble, madera y esteras y en su mayoría suelen tener pisos de tierra. El material de las viviendas se hace más precario conforme ésta se aleje más de la Plaza de Armas.

Respecto a los servicios públicos, al año 2003, el 58% de los habitantes accedió a agua potable, 57,3% a alcantarillado y 80% de los habitantes accede a energía eléctrica.

Respecto a la recolección de desechos sólidos, se recogen alrededor de 6 toneladas métricas de desechos sólidos domésticos y el servicio de limpieza municipal limpia diariamente las calles.

Principales actividades económicas

Las principales actividades económicas se ubican en el sector terciario (58% de la PEA), esto es en servicios y comercio, sigue el sector primario (22% de la PEA): Pesca y Pecuario; y luego el sector secundario (20%). El trabajo portuario se desarrolla en el mar, en tierra, y en los buques; y el personal, calificado y no calificado que labora en el puerto es contratado por Enapu o en las Agencias Navieras. Las fábricas emplean mano de obra no calificada de Salaverry y contrata trabajadores de otras zonas para los puestos calificados.

Servicios de salud, morbilidad y mortalidad

El distrito de Salaverry funcionan dos establecimientos de salud (un Centro y un Puesto) dependientes del Ministerio de Salud y otro perteneciente al Sistema Nacional de Seguros, ESSALUD.

El primero fue creado hace 44 años y brinda atención primaria y de segundo nivel en el caso de partos. Cuenta con una ambulancia para casos de emergencia. El Centro de atención de ESSALUD funciona en un local prestado por la municipalidad distrital. Este espacio cuenta

con 5 ambientes, los que son usados como sala de espera, farmacia, dirección, tóxico y consultorio.

El número de personal que labora en los centros de salud es muy reducido para la cantidad de pobladores que habitan en el distrito. En total sólo 5 médicos atienden en este distrito para un total de 12 mil pobladores.

Las enfermedades más frecuentes entre los pobladores del distrito de Salaverry para el año 2003 fueron las infecciones agudas a las vías respiratorias, las enfermedades a la cavidad bucal y las infecciones intestinales. Mientras que las principales causas de mortalidad fueron las enfermedades respiratorias y las enfermedades del sistema circulatorio. Cabe señalar que la mortalidad se concentra especialmente en los mayores de 65 años.

Educación

Existen 24 centros educativos, 6 de ellos son estatales, 11 particulares, 4 administrados por el municipio local y 3 centros educativos de carácter parroquial. En total hay 159 docentes y 2 362 alumnos. Nueve son Centros de Educación inicial, 8 centros de educación primaria, 5 centros de educación secundaria, un centro ocupacional comercial para adultos y un centro educativo de educación especial. La infraestructura no es uniforme en estos centros educativos.

Respecto al nivel de instrucción de la población, los datos del Censo de 1993 señalan que la mayor parte de la población mayor de 5 años del distrito ha alcanzado algún grado de instrucción primaria (36,0%) o secundaria (39,1%). Cabe destacar, asimismo, que el 11,9% de la población en este rango de edad ha realizado estudios superiores de corte técnico.

Organizaciones e instituciones sociales y políticas

El tejido social del distrito de Salaverry involucra a una serie de organizaciones e instituciones que, de manera directa o indirecta se encuentra relacionada a las actividades portuarias o a la pesca, una de las principales actividades económicas. Las autoridades políticas son el Alcalde y el Gobernador, el cual, cuenta con Tenientes Gobernadores en los asentamientos humanos del distrito. Las principales instituciones del Estado que se encuentran en la zona son ENAPU, la Capitanía de Puerto, el Ministerio de Salud, que cumple también funciones relacionadas a la actividad portuaria, y la Policía Nacional del Perú, que cuenta con una comisaría.

En lo que respecta a las organizaciones de la sociedad civil, se encuentran 10 Clubes de Madres que realizan también las funciones de Comité de Vaso de Leche y diferentes organizaciones gremiales relacionadas al trabajo portuario y pesquero, y que conforman la red orgnziacional más densa en el distrito: El sindicato de Pescadores Artesanales, el Gremio de Trabajadores Portuarios, el Gremio de Estibadores del Puerto Salaverry, el Sindicato y Gremio de Estibadores y Maniobristas de Puerto Salaverry, el Gremio de Tarjadores de Puerto Salaverry, el Sindicato de Trabajadores Carreros Marítimos de Puerto de Salaverry y el Frente de Defensa Multigremial de Salaverry. Finalmente, existe una asociación de jóvenes, Casa de la Juventud.

Solamente una ONG desarrolla actualmente actividades en esta zona, especialmente con jóvenes. La Iglesia Católica, por su parte, ha asumido un rol activo en la educación.

Percepciones sobre medio ambiente y minería

En años anteriores se han hecho trabajos de embarco de minerales para diferentes proyectos mineros sin haber tenido problemas ya sea en el plano laboral o logístico.

Respecto al uso del puerto, los trabajadores portuarios están de acuerdo con que desde Salaverry se exporten concentrados de minerales ya que esta situación, por las leyes aplicables, aumentará sus ingresos aunque no sean partícipes directos del trabajo de carga y descarga. Mientras que para los demás, el uso constante del puerto es signo de más trabajo y de mayores ingresos.

Los pobladores consideran que únicamente la zona cercana a los muelles del Puerto podría tener residuos de minerales debido al trabajo de carga que se realiza, pero no creen que esto afecte sus actividades. Sin embargo, consideran que el transporte de minerales y fertilizantes que son llevados a los depósitos cercanos a las áreas residenciales, contamina el medio ambiente.

Según las autoridades del distrito y representantes sindicales sostienen que nunca se han presentado problemas de contaminación por minerales, mientras que perciben la actividad minera como una oportunidad que traerá beneficios al país. Y a pesar de los potenciales problemas de contaminación que podrían tener lugar en el puerto consideran que es muy importante el uso de este dentro de las actividades de la actividad minera ya que tendrá impacto en la economía local y de los trabajadores.

Situación y desarrollo social del distrito de Salaverry

Según los estudios Socio Demográficos del INEI para 1993 57,6% de los hogares tenían Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), afectando a 3 786 pobladores.

Los pobladores reconocen que dentro del distrito no hay oportunidades para seguir estudios superiores; falta inversión privada en el sector pesquero; el desempleo local está asociado a las condiciones poco favorables de las empresas locales; el uso de internet se ha convertido en un medio para encontrar oportunidades laborales y de cooperación para el desarrollo. Por otro lado, creen que muchas empresas ignoran el real potencial que posee el puerto y sostienen que el gobierno se ha olvidado del puerto como fuente potencial de ingresos y de empleo.

De otro lado, las áreas y situaciones de riesgo identificadas son: la presión urbana y ocupación de áreas no convenientes; contaminación del suelo y sub suelo; contaminación del aire; contaminación del mar. Erosión Marina; empantanamiento; Riesgo por seguridad, debido a incendios, accidentes y por deterioro social.

Percepciones acerca de conflictos y problemas sociales

Los problemas sociales más sentidos son el consumo de drogas, de alcohol, la prostitución y la delincuencia. El consumo de drogas afecta principalmente a los jóvenes, mientras que el consumo de bebidas alcohólicas afecta a gran parte de la población, aunque no es reconocido como problema por todos los pobladores de la zona.

La prostitución está asociada a la llegada de buques y sus tripulantes que demandan este servicio, aunque también a la demanda de la población local. Mientras que el robo se ejerce de manera frecuente contra transeúntes, extranjeros, viviendas locales y camiones que salen con carga del puerto. En este último caso las empresas han optado por poner camionetas que acompañen la salida del transporte del puerto.

3.4 Ambiente de interés humano

3.4.1 Arqueología

Con el objeto de caracterizar el medio arqueológico existente en el área del proyecto, Knight Piésold realizó un levantamiento de la línea base arqueológica (Anexo G) que consistió en una inspección y evaluación del área del proyecto.

Para los efectos del presente estudio, se evaluó la información de las prospecciones arqueológicas previas efectuadas por la consultora TAMARA S.A y Vector en los años 1995

y 2001, respectivamente. Estas evaluaciones ubicaron inicialmente 19 posibles sitios, algunos de los cuales eran minas coloniales, por lo cual esta cantidad disminuyó a 10. De los diez sitios establecidos, tres son de origen colonial (Hualgayoc viejo, Ingenio y Cerro Jesús), 4 no presentan impacto alguno y 3 supuestos “abrigos rocosos” presentan impacto directo (Cerro Corona) o indirecto (río Tingo). A estos sitios arqueológicos hay que agregar un camino inca de unos 150 m de longitud, ubicado en Coymolache, fuera del denuncia y destruido durante la construcción de la carretera a Cajamarca.

De los trabajos de prospección, se pudo determinar la existencia de tres posibles “abrigos rocosos de origen arqueológico” en el área del tajo minero de Cerro Corona, en los cuales se ubicaron unidades de excavación de 2 x 2 m, las cuales brindaron una estratigrafía de origen natural, no encontrándose vestigios arqueológicos en ninguno de ellos, mas aún dos de los tres supuestos abrigos rocosos, específicamente los abrigos 1 y 3, resultaron ser de origen artificial pues su oquedad y su forma tratan de mantener una dimensión y forma constante; pudiendo haber tenido uso minero durante la época colonial o quizás a principios de la república. Por su parte, el abrigo rocoso 2, tiene una apariencia más natural y presenta características distintas a los otros abrigos, como el permanecer seco, que es un punto favorable para ser habitado, pero las excavaciones confirmaron, que no presentó ocupación humana. Lo evidente es que en ninguno de los tres abrigos rocosos existió ocupación prehispánica.

Teniendo estos conocimientos previos se evaluaron arqueológicamente los denominados abrigos rocosos, encontrándose que los mismos se constituían como minas coloniales, las cuales son frecuentes en la zona. Una vez caracterizados los supuestos “abrigos rocosos de origen arqueológico”, se prosiguió a ubicar 10 pozos de sondeo de 2x1 de aproximadamente 40-80 cm de profundidad que se establecieron a fin de cubrir estratégicamente el área de estudio (Tabla 3.110). De igual forma, ninguno de los pozos de sondeo brindó vestigios arqueológicos. Estos trabajos permitieron concluir que en toda el área del denuncia minero no existe evidencia de restos arqueológicos; conclusión que fue confirmada durante la visita de supervisión de campo a cargo del personal del INC-Cajamarca. Las unidades de evaluación arqueológica se muestran en la Figura 3.28.

Como resultado de la evaluación arqueológica, el INC otorgó el CIRA N° 2004-0176 para el área donde se llevarán a cabo las operaciones mineras del Proyecto Cerro Corona. Antes del inicio de la etapa de construcción se contará con el CIRA respectivo para otras áreas que serán también incluidas dentro de las actividades del proyecto.

3.4.2 Paisaje

Debido a que el paisaje es producto de la interacción de otros componentes ambientales evaluados, en esta sección se incluye una descripción de esa interacción. En las siguientes secciones se presenta una caracterización del paisaje del área de estudio.

En el área evaluada se describieron e integraron los siguientes componentes paisajísticos propuestos por Móniz (Móniz y Schmidt, 1996):

- Elementos y procesos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos de relevancia en el paisaje.
- Elementos y procesos biológicos y ecológicos de dimensión paisajística, prestando especial atención a la cubierta vegetal.
- Elementos antrópicos, centrado en los usos y aprovechamientos del suelo y en su grado de integración en el paisaje, núcleos urbanos, hábitat disperso, infraestructuras, elementos culturales, etc.

A continuación se presentan los elementos paisajísticos sistemáticamente agrupados en “órdenes”.

Orden de naturaleza

El orden de naturaleza está conformado por los elementos físicos y biológicos que destacan visualmente. Entre los elementos físicos tenemos al relieve como principal componente, mientras que en los elementos biológicos tenemos a la vegetación.

Las características del relieve que resaltan visualmente en el entorno se enumeran a continuación considerando diferentes puntos de ubicación del observador:

Cerros: Los cerros que destacan y rodean el área de estudio son: Las Gordas, Candela, Corona, Las Águilas, María, Coymolache, Pilancones y Mecheros. Estos cerros presentan pendientes y formas variables y aristas y caras desnudas. No presentan rasgos marcados de erosión hídrica sin embargo existen algunas huellas de desprendimientos de material coluvial.

Quebradas: destacan las quebradas Las Águilas y Las Gordas de topografía ondulada y la quebrada Mesa de Plata que rodea el cerro Corona. Se aprecia visualmente un cambio gradual en la anchura de quebradas como Mesa de Plata que es amplia y de suave pendiente en las inmediaciones del cerro Corona y angosta y abrupta conforme discurre hacia Hualgayoc.

La formación vegetal que destaca mejor visualmente es el pastizal bajo y pajonal disperso debido a que es la dominante en la zona del proyecto ocupando mas del 80% del área total.

El pastizal bajo se caracteriza por la presencia de vegetación cespitosa, hierbas adheridas al suelo y plantas forrajeras. Las demás formaciones vegetales están representadas en menor cantidad por lo que constituyen menores contribuciones al paisaje; entre éstas tenemos a la vegetación asociada a zonas húmedas, vegetación asociada a roquedal y vegetación de matorral bajo. Sin llegar a constituir una formación vegetal tenemos a las plantaciones de *Polylepis* “queñua”, planta de interés especial puesto que es la única especie arbórea presente en el lugar; sin embargo, desde una posición panorámica del proyecto destaca poco en el paisaje, pudiéndose observar sólo desde las cercanías.

Orden de sociedades

Como parte de este orden se describen las obras culturales que destacan visualmente en el paisaje, como centros poblados, caminos u otra modificación del entorno por causa humana. En el área estudiada encontramos algunas viviendas aún en uso y algunas abandonadas. Además se aprecian caminos realizados con fines de exploración minera principalmente en el cerro Corona. Los otros elementos culturales que resaltan en el entorno son la relavera La Jalca, las instalaciones de la mina Carolina, botadero de desmonte y restos de edificaciones de la mina Santolaya ubicados al nor oeste del cerro Las Gordas, el campamento Las Águilas ubicado al nor oeste del cerro Las Águilas y las labores mineras antiguas de Arpón como socavones, botaderos de desmonte y campamento ubicadas en la parte media de la quebrada Mesa de Plata, todos estos elementos son considerados como pasivos ambientales (Figura 1.2). Finalmente destacan en menor magnitud los campos de cultivo de tuberosas y pastos mejorados dispersos en el área de estudio.

Orden espacial

El orden espacial integra los órdenes anteriormente descritos, es decir evalúa y resume la interacción del orden de naturaleza y el orden de sociedades de modo que exprese el efecto visual de estas relaciones. Integrando esta información se puede concluir que la topografía no es un significativo factor determinante para la existencia de diferentes formaciones vegetales, dependiendo de condiciones como exposición, altitud y pendientes debido a la dominancia del pastizal bajo y pajonal disperso indistintamente en cerros y quebradas. La formación asociada a zonas húmedas está determinada por las condiciones topográficas, presentándose en depresiones y áreas de escasa pendiente.

El efecto de la ocupación humana sobre el paisaje se asocia principalmente con el área de cerro Corona que por motivos de exploración presenta profundos rasgos de actividad humana como carreteras, socavones y plataformas. La relavera La Jalca ubicada en la quebrada Las Águilas destaca en el entorno debido a sus dimensiones y coloración que difiere con la coloración de la vegetación natural. Entre las construcciones humanas de mayor impacto visual destacan las instalaciones de la mina Carolina ubicadas al norte del cerro Coymolache, edificaciones de la mina Santolaya ubicadas al noroeste del cerro Las Gordas, el campamento Las Águilas ubicado al noroeste del cerro Las Águilas, y edificaciones de la mina Arpón ubicadas en la parte media de la quebrada Mesa de Plata.

Estas instalaciones son discordantes con el entorno debido a sus dimensiones, infraestructura y coloración. Otra infraestructura como viviendas y cercos son de menor efecto visual y pasan casi desapercibidas desde una visión panorámica del área del proyecto. Finalmente, el camino entre la mina Carolina, el área de exploración de cerro Corona y el camino entre mina Carolina y la Comunidad Campesina El Tingo son las vías de acceso más conspicuas debido a su longitud (Figura 1.2).

Dinámicas

Un análisis del conjunto de elementos paisajísticos muestra una serie de dinámicas resultantes de la interacción de la información presentada. La principal dinámica que se observa en el área que moldea el paisaje está constituida por procesos geológicos como plegamientos de la corteza (Fotografías 3.131 y 132). Procesos iniciales erosivos como los ejercidos por el viento y agua no son muy evidentes, sin embargo la presencia de quebradas de longitud y anchura variable indican una actividad erosiva considerable a través del tiempo. Estos procesos se evidencian en zonas como la quebrada Mesa de Plata. Un importante factor erosivo y causante de pérdida de cobertura vegetal está representado por la actividad humana.