

TABLA DE CONTENIDO

	PAGINA
6. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL ÁREA DE LA MINA.....	6-1
6.1 PROCESO DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO	6-1
6.2 CALIDAD DEL AIRE	6-4
6.2.1 Introducción	6-4
6.2.2 Criterio Regulador	6-6
6.2.3 Fuentes de los Contaminantes del Aire.....	6-6
6.2.4 Metodología-Impactos del Aire	6-7
6.2.5 Ubicación de Receptores Potenciales	6-8
6.2.6 Inventario de emisiones	6-9
6.2.7 Metodología y Procedimiento del Análisis de la Calidad del Aire..	6-16
6.2.8 Resultados del Modelamiento y Determinación de los Impactos....	6-20
6.2.9 Resumen e Impactos residuales potenciales de depósito.....	6-22
6.3 RUIDO Y VIBRACIÓN.....	6-26
6.3.1 Introducción y Condiciones Actuales	6-26
6.3.2 Metodología de evaluación del impacto del ruido.....	6-27
6.3.3 Impactos del ruido en la fase de operación.....	6-27
6.3.4 Impacto de las Vibraciones.....	6-30
6.3.5 Resumen e Impactos residuales	6-33
6.4 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	6-35
6.4.1 Red de Drenaje.....	6-35
6.4.2 Flujo de Agua.....	6-36
6.5 HIDROLOGÍA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	6-42
6.5.1 Metodología del Modelo.....	6-43
6.5.2 Impacto de Drenado del tajó	6-45
6.5.3 Impacto del Socavón de Filtración de la Quebrada de San francisco	6-47
6.5.4 Impacto del Transporte de Agentes Contaminantes posterior al cierre de la mina	6-49
6.5.5 Resumen e impactos residuales	6-52
6.6 CALIDAD DEL AGUA	6-60
6.6.1 Principales temas	6-60
6.6.2 Impactos durante la construcción.....	6-61
6.6.3 Impacto durante las operaciones.....	6-61
6.6.4 Impactos luego del cierre de la mina	6-62
6.6.5 Resumen e Impactos Residuales.....	6-64
6.7 ECOLOGÍA TERRESTRE.....	6-68
6.7.1 Límites	6-71
6.7.2 Interacciones, temas y preocupaciones potenciales	6-71
6.7.3 Análisis y predicción de efectos ambientales residuales	6-79

TABLA DE CONTENIDO

	PAGINA
6.8 ECOLOGÍA ACUÁTICA	6-82
6.8.1 Interacción prevista entre las actividades del proyecto y la biota acuática.....	6-82
6.8.2 Fuentes potenciales de efecto.....	6-91
6.8.3 Tipos de efecto.....	6-95
6.8.4 Medidas de mitigación.....	6-100
6.8.5 Efectos residuales potenciales.....	6-102
6.8.6 Resumen e impactos residuales	6-103
6.9 AMBIENTE DE INTERÉS HUMANO	6-105
6.9.1 Lugares arqueológicos	6-105
6.9.2 Areas recreativas.....	6-106
6.9.3 Areas históricas.....	6-107
6.10 IMPACTOS VISUALES	6-109
6.10.1 Puntos de observación.....	6-109
6.10.2 Impactos proyectados.....	6-110

LISTA DE TABLAS

	PAGINA
Tabla 6.1	Criterio para Determinar la Magnitud de los Impactos Residuales Biofísicos Adversos 6-3
Tabla 6.2	Resumen de los Contaminantes Atmosféricos Permisibles 6-6
Tabla 6.3	Emisiones Relacionadas con el Proceso..... 6-11
Tabla 6.4	Emisiones de PM10 Relacionadas con la Mina 6-12
Tabla 6.5	Inventario de Emisiones de PM10 Durante la Vida Útil de la Mina (t /año)..... 6-13
Tabla 6.6	Fuentes de Emisiones de SO2 6-15
Tabla 6.7	Resumen del Resultado del Modelo para Un disparo/día y 365 disparos /año – Concentración de PM10 en el Área de Reubicación 6-21
Tabla 6.8	Resumen del Resultado del Modelo para Un disparo /día y 365 Disparos/año – Deposición () en el Área de Reubicación..... 6-21
Tabla 6.9	Resumen del Resultado del Modelo- Caso más desfavorable Concentración de PM10 6-21
Tabla 6.10	Resumen del Resultado del Modelo – Caso más desfavorable durante la Operación– Promedio de Deposición PM10 6-21
Tabla 6.11	Resumen del Resultado del Modelo – Caso más desfavorable durante la Operación – Concentración de SO2 () 6-22
Tabla 6.12	Resumen del Resultado del Modelo – Caso más desfavorable durante la Operación Deposición Promedio de SO2 (g/m2)..... 6-22
Tabla 6.13	Emisiones Típicas Máximas de Niveles de Ruido para los Equipos Mineros 6-28
Tabla 6.14	Resumen de los Resultados de los Niveles de Ruido..... 6-30
Tabla 6.15	Modelo de Capas del Agua de Subsuelo..... 6-44
Tabla 6.16	Parámetros Hidráulicos y de Transporte Usados para el Método 6-45
Tabla 6.17	Cambio en la Descarga promedia Anual de Agua de Subsuelo a la Cuenca del Río Piura debido al drenado del Tajo 6-46
Tabla 6.18	Aproximaciones de calidad de agua en el Río Piura luego del cierre, debido a un régimen de filtración de 1L/s proveniente del depósito de Relaves de Sulfuros..... 6-67
Tabla 6.19	Hábitats Terrestres que serán Afectados en el Area Inmediata del Proyecto..... 6-73
Tabla 6.20	Resumen de la interacción entre las actividades previas a la operación y los ecosistemas acuáticos 6-83
Tabla 6.21	Resumen de interacción entre actividades operacionales y biota acuática..... 6-85

LISTA DE TABLAS

	PAGINA
Tabla 6.22	Resumen de interacción entre actividades de cierre y biota acuática..... 6-87
Tabla 6.23	Resumen de interacción entre las actividades posteriores al cierre y biota acuática..... 6-89
Tabla 6.24	Características del hábitat en las proximidades de la mina propuesta 6-97
Tabla 6.25	Resumen de las medidas de mitigación acuática 6-101

FIGURAS

Figura 6.1	Resultado del Modelamiento de la Calidad del Aire para PM ₁₀ en 24 horas 6-24
Figura 6.2	Resultado del Modelamiento de la Calidad de Aire para PM ₁₀ valores anuales 6-25
Figura 6.3	Depresiones en la Capa 1 al Final del período de Operaciones (Contornos de 0.1, 0.5, 1, 2 y 3 m)..... 6-47
Figura 6.4	Reducción de la Tabla de Agua después de Dos Años de Sequía con Filtración del Bombeo del Socavón de Filtración de 150 (Contornos de 0.5, y 1 m)..... 6-48
Figura 6.5	Predicción de la concentración de la filtración del agua subterránea a un pozo abierto, según la concentración de las colas de relave (filtración de colas 1)..... 6-51
Figura 6.6	Dirección del Flujo Natural del Agua de Subsuelo en el Area del Proyecto..... 6-57
Figura 6.7	Dirección del Flujo del Agua de Subsuelo durante la Operación de la mina..... 6-58
Figura 6.8	Dirección del Flujo del Agua de Subsuelo después de cerrar 6-59

6. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL ÁREA DE LA MINA

6.1 Proceso de Evaluación del Impacto

Los aspectos importantes fueron identificados a través de un proceso de consulta con la comunidad además de una evaluación de riesgo, el cual fue usado para identificar las áreas de interés. La evaluación de riesgos fue hecha tomando como base la información generada en los estudios de línea de base, las descripciones de los componentes del proyecto y el cronograma de actividades propuesto durante toda la vida útil de la mina. Las principales áreas de impacto ambiental son resumidas a continuación. Como parte de la evaluación de impacto ambiental, los componentes ecológicos valorados (CAVs), de la mina fueron identificados en la Sección 3.13, los cuales son categorizados a continuación, con respecto a su inclusión con los principales componentes de la evaluación de impacto que se presentan en este capítulo:

Calidad del Aire: Polvo de las operaciones mineras y las emisiones del equipo y la planta de beneficio.

Ruido y Vibración: El ruido del equipo de la planta de beneficio. La vibración proveniente de las voladuras.

Hidrología de Superficie: Flujos de agua en el Río Piura provenientes del agua de la mina.

Hidrología del Agua Subterránea: Nivel y Calidad del Agua Subterránea.

Calidad del Agua: Calidad del Agua superficial.

Ecología Terrestre: El uso de la tierra (uso y disponibilidad de terrenos agrícolas), Bosque ecuatorial seco y recursos de algarrobo, aves acuáticas y aves de orilla, biodiversidad y vida salvaje.

Ambiente Acuático: Peces y recursos pesqueros, acuáticos y vegetación ribereña.

El proceso de evaluación del impacto consistió en identificar y prever la naturaleza, grado y trascendencia de los impactos que cada componente del proyecto tendrá durante sus tres fases (construcción, operaciones, y cierre). Las medidas disponibles para prevenir, eliminar o reducir los impactos - tales como los controles ambientales implementados, mitigación y rehabilitación - fueron incorporados en el análisis para concentrar toda la atención en los impactos residuales.

La interacción entre cada CAVs, los componentes del Proyecto y sus fases se resumen en una serie de tablas que se encuentran en el Anexo VII. Las tablas de la matriz CAVs se utilizaron como una herramienta de verificación para identificar las áreas potenciales de los impactos, los trabajos de mitigación requeridos y los efectos residuales. A través de este proceso, los CAVs que pudieran estar sujetos a efectos residuales significativos, fueron seleccionados para un análisis más detallado, el cual se presenta en este Capítulo del EIA.

Los aspectos importantes del uso de tierras en el área de la mina están asociados con el diseño de la mina y su impacto en:

- las aguas superficiales;
- Los terrenos urbanos en el pueblo de Tambogrande;
- Los terrenos agrícolas e infraestructura de irrigación; y
- Los caminos.

Los impactos en el uso de los terrenos se tratarán junto con la ecología terrestre en la sección 6.7.

En la Tabla 6.1 que se incluye a continuación, se señalan los criterios que se han desarrollado para evaluar la magnitud de los impactos residuales. Sobre la base de estos criterios, los efectos residuales fueron identificados como adversos, neutros o positivos.

Tabla 6.1 Criterio para Determinar la Magnitud de los Impactos Residuales Biofísicos Adversos

Criterio	Descripción
Magnitud:	1 = Bajo: e.j., grupo específico, localizado, una generación o menor, dentro de las variaciones naturales 2 = Medio: e.j., porción de la población, 1 o 2 generaciones, cambio rápido e impredecible, temporalmente fuera del rango de variabilidad natural 3 = Alto: e.j., afecta a todo un grupo o parte de la población fuera del rango de variabilidad natural
Extensión Geográfica:	1 = < 10 hectáreas (o metros lineales en el caso de las características tal como riachuelos) 2 = 10 – 100 Ha 3 = 100-1000 Ha 4 = 1000- 10 000 Ha 5 = > 10 000 Ha
Duración:	1 = < 4 días 2 = 4 días - 4 meses 3 = 4 meses - 4 años 4 = 4 – 20 años 5 = > 20 años
Frecuencia :	1 = < 11 eventos /año 2 = 11- 50 eventos /año 3 = 51- 100 eventos /año 4 = > 100 eventos /año 5 = continuo
Reversibilidad:	R = reversible I = irreversible
Contexto Ecológico y Socio-cultural:	1 = Área prístina o área que no ha sido afectada por la actividad humana, área resistente al desgaste; 2= Evidencia de efectos adversos y/o área frágil con pequeña resistencia al desgaste.
Calificación de los Efectos Ambientales Residuales:	- = Efectos Adversos Significativos N = No hay un efecto residual significativo + = efecto positivo
Nivel de Confianza:	1 = Bajo: No se confía en el pronóstico, puede variar considerablemente. 2 = Mediano: Se confía en la predicción, de variabilidad moderada. 3 = Alto: baja variabilidad.

6.2 Calidad Del Aire

6.2.1 Introducción

El impacto potencial del Proyecto Tambogrande sobre la calidad del aire es una de las principales preocupaciones de la población local, por lo cual se ha llevado a cabo una evaluación detallada de la calidad del aire. Los impactos potenciales fueron evaluados considerando:

- La información meteorológica de la línea de base y de la calidad del aire; y
- La descripción de los componentes del proyecto y los planes de manejo ambiental.

La sección de la calidad del aire evalúa las emisiones que pudieran resultar de la operación del Proyecto Tambogrande. Además, señala los alcances de las concentraciones de la calidad del aire y su efecto en las áreas impactadas, en cumplimiento con los reglamentos y estándares del país. Los parámetros de calidad del aire que han sido evaluados fueron PM₁₀ (material particulado con un diámetro de 10 micrones o menos), SO₂ (Dióxido de Azufre), arsénico y plomo.

El impacto ambiental por la emisión y la concentración de ozono (O₃), plomo (Pb), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (COVs) y partículas (PM₁₀), provienen tanto de fuentes móviles como estacionarias, mientras que la mayor parte del monóxido de carbono (CO) y el dióxido de azufre (SO₂) son emanados por fuentes móviles. De todos los agentes contaminantes examinados, los más importantes agentes relacionados con el proyecto Tambogrande son los materiales particulados y en menor grado, el dióxido de azufre.

El material particulado es el nombre genérico que se usa para describir pequeñas partículas de material sólido o semi-sólido, gotas de líquido, aerosoles y combinaciones que se encuentran presentes en el aire del ambiente. A las partículas menores a 10 micrones se les denomina PM₁₀, las cuales se originan de varias fuentes:

instalaciones industriales, plantas, almacenes, transporte, combustible, actividades de construcción, y vehículos diesel, polvo arrastrado por el viento, erosión del suelo, etc. Estas emanaciones pueden tener influencia en las funciones respiratorias del ser humano, así como en la visión. Cuando estas partículas se combinan con el vapor de agua, se forma una mezcla de humo y niebla. Las partículas en el rango de 0.5 a 5.0 micrones pueden ser inhaladas y depositadas en los bronquios. Las partículas menores a 0.5 micrones se pueden depositar en los alvéolos o pueden ser absorbidas dentro del flujo sanguíneo. Además, las partículas transportadas por el aire pueden causar corrosión y roturas en las mallas, materiales de construcción, metales y equipos eléctricos.

El dióxido de azufre (SO_2) es un gas incoloro y altamente soluble en el agua que puede formar el ácido sulfúrico. Estas emanaciones están asociadas principalmente con la combustión de los combustibles fósiles que contienen azufre, como por ejemplo los utilizados por vehículos y equipos. La exposición humana al dióxido de azufre puede causar irritación del sistema respiratorio. El dióxido de azufre puede causar daños crónicos o agudos a las hojas de las plantas y suprimir el crecimiento y rendimiento de las mismas.

La evaluación del impacto en la calidad del aire, está basada en :

- El inventario de las fuentes potenciales de los contaminantes del aire en el emplazamiento minero;
- El estimado de los índices de las emisiones de cada una de estas fuentes;
- Las condiciones meteorológicas registradas en el área del proyecto;
- Las proyecciones de las concentraciones de contaminantes del aire, empleando un modelo computacional de la calidad del aire; y,
- La comparación entre las proyecciones en la concentración del aire con los estándares peruanos de calidad del aire.

6.2.2 Criterio Regulador

En el Perú, la calidad del aire en minería se rige por la RM 315-96-EM/VMM19/07/96. Este reglamento establece que la calidad del aire se expresa en concentraciones de PM₁₀ (partículas con diámetro aerodinámico equivalente menor a 10 µm), SO₂ (dióxido de azufre), arsénico y plomo. Para establecer los diferentes efectos potenciales se señalan tiempos promedios.

Este criterio se resume en la Tabla 6.2.

Las fuentes de emisión de la mina se encuentran a nivel del suelo y en el caso del tajo abierto, muy por debajo de éste. La topografía del área en las inmediaciones de la mina es relativamente plana. Bajo estas condiciones, se anticipa que las partículas de tamaño mayor de 10 µm podrían viajar a una distancia menor de 100 metros, y se espera que no causen impactos significativos fuera del área. Por lo tanto, se considera que una evaluación del impacto de las partículas mayores a 10 µm no sería requerida.

Tabla 6.2 Resumen de los Contaminantes Atmosféricos Permisibles

Parámetro		Reglamento Peruano para el Sector Minero (mg /m ³)
PM ₁₀	24 hr.	350
	Promedio Anual	150
SO ₂	24 hr.	572
	Promedio Anual	172
Plomo	Anual	0.5
Arsénico	24 hr.	6

6.2.3 Fuentes de los Contaminantes del Aire

Las principales fuentes potenciales de contaminantes en el aire de la mina son los siguientes:

- Operaciones de voladura con explosivos en el tajo abierto;
- Manipuleo de la roca y su transporte desde el tajo hasta la chancadora o al área de depósito de roca estéril;

- Emisiones fugitivas de los caminos no pavimentados debido al tráfico pesado de los camiones desde el tajo abierto hasta el área del depósito de roca estéril y hacia la planta concentradora;
- Emisiones de los escapes de los vehículos y de la maquinaria;
- Chancado y transporte del mineral hasta la planta concentradora; y
- Polvo fugitivo del movimiento de tierras y las actividades de construcción

Una lista detallada de las fuentes potenciales de contaminación del aire se presenta en las siguientes tablas 6.3 a 6.6. La potencial contaminación del aire debido a emisiones fugitivas desde el depósito de relaves es una de las principales preocupaciones de la población local. Sin embargo, el diseño conceptual de este depósito elimina esta posibilidad. Se espera que no ocurran emisiones fugitivas en los relaves debido a la erosión del viento, ya que dichos relaves se mantendrán permanentemente sumergidos en agua, lo cual evitará la erosión del viento en las partículas sólidas. El dique del depósito de relaves se construirá principalmente con roca estéril, la cual no estará sujeta a la erosión del viento.

6.2.4 Metodología-Impactos del Aire

Esta sección se refiere a los efectos de las emisiones provenientes del proyecto sobre el aire en el ambiente. La información detallada relacionada con las operaciones propuestas para el proyecto de Tambogrande, ha sido evaluada conjuntamente con la metodología propuesta por la Agencia de Protección Ambiental (U.S. EPA) de los Estados Unidos para generar los inventarios de las partículas y contaminantes gaseosos. Estos inventarios se usaron con un modelo de transporte y dispersión de la calidad del aire desarrollado por la U.S. EPA para hacer las predicciones de los niveles de la calidad del aire dentro y alrededor de la zona del proyecto. Estos niveles de calidad del aire fueron evaluados en relación con el criterio Peruano y el internacional para la protección de la salud humana y el ambiente, con el propósito de determinar la magnitud potencial de estos efectos. El análisis de la calidad del aire sólo considera los impactos fuera de la mina. La calidad del aire dentro de los límites

del emplazamiento minero propuesto en Tambogrande se considera como parte del ambiente industrial en el que es necesario proteger la salud del trabajador y garantizar su seguridad y a pesar que se incluyen en el modelo, no se le trata como un impacto.

En los años 2000 y 2001 se recolectó información meteorológica horaria en el área de la mina. Esta información formó parte de los estudios de línea base ambiental para el Proyecto y fue usada para recopilar información meteorológica durante todo un año. No es muy frecuente contar con este tipo de información meteorológica, por lo que ella permite una mayor confiabilidad en cuanto a las predicciones sobre la calidad del aire. La dispersión de las emisiones depende en gran medida de la velocidad y la dirección de los vientos, la precipitación y la estabilidad de la atmósfera. La velocidad promedio del viento en el área de Tambogrande es de 1.0 metros/segundo (m/s) con aproximadamente 6 por ciento de vientos suaves. El viento proviene principalmente del sudoeste. Las clases de estabilidad atmosférica, para propósitos del modelo, fueron determinadas para cada hora sobre la base de la desviación estándar de la dirección horizontal del viento y su velocidad.

6.2.5 Ubicación de Receptores Potenciales

Los estudios de la línea de base ambiental determinaron que en la actualidad, las fuentes principales de contaminación del aire son la quema de broza en los campos y las emanaciones de los escapes de los vehículos de combustión interna. Otras fuentes menores son el resultado de actividades agrícolas menores, así como la preparación de los alimentos y otras actividades tanto humanas como de animales. No existe ninguna otra actividad industrial importante en el área del proyecto que pueda ser fuente de contaminación del aire. Sin embargo, los altos niveles de polvo se generan debido a lo árido del clima y a la delgada vegetación que cubre las áreas no irrigadas, que dejan las arenas expuestas a la erosión del viento. Un programa de muestreo llevado a cabo en el año 2000, mostró que las concentraciones máximas de PM₁₀, SO₂, arsénico, plomo eran menores que los niveles máximos permisibles. Los resultados del programa de muestreo de la línea de base se presentan en el Capítulo 3.

Con el establecimiento del emplazamiento minero, además del pueblo ya existente, se ubicará a 800 metros al norte del contorno del tajo abierto, la nueva zona urbanizada, lo que hará que los residentes y los agricultores puedan estar presentes en cualquier momento cerca del perímetro del emplazamiento minero. Considerando que la dirección del viento proviene del sudoeste, se anticipa que las principales áreas de preocupación serán el pueblo y el área de los terrenos de cultivo, localizados al noreste del área propuesta para el depósito de relaves.

6.2.6 Inventario de emisiones

Esta sección presenta las condiciones atmosféricas que se generarán durante las etapas de construcción, operación y el cierre de la mina. Los cálculos detallados para las diferentes fuentes de emisión, se presentan en el Anexo V. Las emisiones han sido estimadas usando los factores de emisión desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. que se consignan en el documento EPA-AP42. Estos factores son aceptados ampliamente como herramientas para proyectar las diferentes emisiones de aire provenientes de las diversas actividades humanas.

La Tabla 6.3 presenta un resumen de las emisiones de PM_{10} que podrían generarse debida a las actividades relacionadas por el proceso. Aquí se presentan las medidas de control, los factores de emisión y los índices de emisión calculados. Tal como ya se ha descrito en el Capítulo 4, se ha considerado que el procesamiento de los óxidos estará en operación desde el año 1 al año 3 mientras que el proceso de los sulfuros se mantendrá en operación desde los años 4 al 12.

Las emisiones totales proyectadas de PM_{10} desde la Planta de Procesamiento de Óxidos son de 0.03 g/s, equivalentes a una tonelada por año. Las emisiones totales de PM_{10} desde la Planta de Proceso de Sulfuros son de 0.06 g/s, lo que equivale a 2 toneladas por año.

La Tabla 6.4 presenta un resumen de las emisiones de PM_{10} proyectadas para las actividades relacionadas con la mina. Se presentan allí los tipos de fuentes, las

medidas de control de emisión y los factores de emisión. Ya que los índices de emisión dependen de los cronogramas de movimiento de material, los índices anuales de emisión se muestran separadamente en la Tabla 6.5, la cual presenta las emisiones de PM_{10} para cada año de la vida útil de la mina. Se incluyen además en la Tabla 6.5, todas las emisiones generadas por las actividades relacionadas con las fases de construcción, operación y cierre de la mina. Se ha proyectado emisiones relativamente altas de PM_{10} (593 a 602 toneladas) durante el período comprendido entre el año 4 y el año 10. Los índices de emisión para el año 10 han sido empleados en el diseño del modelo de dispersión para predecir concentraciones ambientales en el aire, las cuales se consideran para condiciones desfavorables (considerando la mayor extensión que tendrán las operaciones a partir del año 10).

La Tabla 6.6 presenta un resumen de las emisiones de SO_2 generadas por año. Las emisiones de SO_2 son generadas principalmente por las voladuras y los escapes de los vehículos. Asumiendo un escenario pesimista, para las emisiones de escape se ha considerado que el equipo estará operando de manera permanente e ininterrumpida.

Tabla 6.3 Emisiones Relacionadas con el Proceso

FASE	Controles	Reducción por Control	Factor de Emisiones	Producción	Índice de Emisión		Tipo de Fuente		
					Con controles				
					g/s	toneladas/año			
20000 t/día Procesamiento de Sulfuros									
En la Chancadora	Control de Polvo(regar)	50%	0.0001	kg/t	926	t/h	0.01	0.4	Depósito de Material
Chancadora a la pila de alimentación de la faja transportadora	Sist. de Filtración tipo Bolsa	n/a	0.05	g/dscm	204	m³/h	0.003	0.1	Sist. de Filtración tipo Bolsa
De la Faja al alimentador de acopio de la faja	Sistema de Filtración tipo Bolsa	n/a	0.05	g/dscm	204	m³/h	0.003	0.1	Sist. de Filtración tipo Bolsa
De la faja al Acopio Tipo 1/Tipo 2	Control Sónico de Polvo	70%	0.0001	kg/t	463	t/h	0.01	0.3	Depósito de Material
De la faja al Acopio Tipo 2	Control Sónico de Polvo	70%	0.0001	kg/t	463	t/h	0.01	0.3	Depósito de Material
Acopio Tipo 1/Tipo 3 a la transportadora del molino SAG	Control Sónico de Polvo	70%	0.0001	kg/t	463	t/h	0.01	0.3	Depósito de Material
Acopio Tipo 2 a la faja del Molino SAG	Control Sónico de Polvo	70%	0.0001	kg/t	463	t/h	0.01	0.3	Depósito de Material
Total							0.06	2	
7500 t/día Procesamiento de Óxidos									
A la Chancadora	Control de Polvo(regadío)	50%	0.0001	kg/t	347.2	t/h	0.01	0.2	Depósito de Material
Chancadora a la pila de acopio	Sist. de Filtración tipo Bolsa	n/a	0.05	g/dscm	125	m³/h	0.002	0.1	Sist. de Filtración tipo Bolsa
De la faja transportadora al alimentador del acopio	Sistema de Filtración tipo Bolsa	n/a	0.05	g/dscm	125	m³/h	0.002	0.1	Sist. de Filtración tipo Bolsa
De la transportadora al Acopio	Control Sónico de Polvo	70%	0.0001	kg/t	347.2	t/h	0.01	0.2	Depósito de Material
Acopio al Molino SAG del alimentador de la faja	Control Sónico de Polvo	70%	0.0001	kg/t	347.2	t/h	0.01	0.2	Depósito de Material
Horno de Fundición	Chimenea	n/a	0.03	granos/dsf	125	m³/h	0.002	0.08	Filtro
Total							0.03	1	

Filtro de bolsas - EE.UU, EPA, NSPS límite de emisión aplicado al flujo volumétrico fuera del sistema de filtración tipo bolsa

1 lb = 7000 granos = 453.6 g

Tabla 6.4 Emisiones de PM₁₀ Relacionadas con la Mina

Fuente	Factores de Emisión		Reducción por Control	Factores de Emisión		Ubicación
				Con controles		
TRANSFERENCIA DE MATERIAL						
Remoción del Suelo	0.00011	kg/ton	-	0.00011	kg/t	Tajo/Relaves/Planta Conc.
Material de Construcción sacado del Tajo	0.00011	kg/t	-	0.00011	kg/t	Tajo
Roca estéril sacada del Tajo	0.00011	kg/t	-	0.00011	kg/t	Tajo
Mineral sacado del Tajo	0.00011	kg/t	-	0.00011	kg/t	Tajo
Disparos en el Tajo	6.0	kg/#disparo	20%	5	kg/# disparos	Tajo
Acopio de tierra	0.00011	kg/t	-	0.00011	kg/t	Acopio de tierra de primera calidad
Acopio de Material de Construcción	0.00011	kg/t	-	0.00011	kg/t	Construcción del Acopio de Materiales
Vertedero de Roca Estéril	0.00011	kg/t	-	0.00011	kg/t	Depósito de roca estéril
Roca estéril al Relave	0.00011	kg/t	50%	0.00005	kg/t	Relave de Rebalse
Construcción del Dique	0.00011	kg/t	50%	0.00005	kg/t	Dique
Construcción de la Presa de Relaves	0.00011	kg/t	50%	0.00005	kg/t	Presa de Relave
Actividad del cargador frontal	13	t/año ¹	50%	7	t/año	Tajo/Relave
Caminos no pavimentados Dentro del tajo (relacionado con el período de la mina)	0.55	kg/VKT	50%	0.28	kg/VKT	Tajo
Tajo a la planta concentradora	0.014	kg/t ²	50%	0.007	kg/t	Caminos
Tajo a la pila de materiales de construcción	0.014	kg/t ²	50%	0.007	kg/t	Caminos
Tajo al acopio de tierra de primera calidad	0.020	kg/t ²	50%	0.010	kg/t	Caminos
Tajo al vertedero de roca estéril	0.013	kg/t ²	50%	0.006	kg/t	Caminos
Tajo al depósito de relaves	0.039	kg/t ²	50%	0.019	kg/t	Caminos
Acopio de materiales de construcción a la presa de relaves	0.035	kg/t t ²	50%	0.019	kg/t	Caminos
Depósito de roca estéril a la presa de relaves	0.035	kg/t t ²	50%	0.019	kg/t	
EMISIONES DE LOS ESCAPES						
En el Tajo						
Palas de 1000kW	5	t /año ¹		5	t /año	Tajo
Camiones de carga de 150 t	23	t /año ¹		23	t /año	Tajo/Caminos
Taladros de 200 mm	2	t /año ¹		2	t /año	Tajo
Taladros secundarios de 75 mm.	1	t /año ¹		1	t /año	Tajo
Bulldozers de 300 kW	1	t /año ¹		1	t /año	Tajo/Relaves
Motioniveladoras de 200 kW	1	t /año ¹		1	t /año	Tajo/Relaves
En los caminos						
Camiones de explosivos	1	t /año ¹		1	t /año	Tajo
Mangueras	1	t /año ¹		1	t /año	Tajo/Realves/Acopio/Vertederos
Cisternas	1	t /año ¹		1	t /año	Caminos
Camiones de combustible	1	t /año ¹		1	t /año	Caminos
Personal y herramientas	1	t /año ¹		1	t /año	Caminos
Camiones Mecánicos	1	t /año ¹		1	t /año	Caminos
Camas bajas	1	t /año ¹		1	t /año	Caminos
Camionetas	1	t /año ¹		1	t /año	Caminos

¹ Asumiendo operación 24 hr/día, 365 días/año

² Asumiendo capacidad de carga de los camiones 150 toneladas

Tabla 6.5 Inventario de Emisiones de PM₁₀ Durante la Vida Útil de la Mina (t /año)

Año	<Año 1*	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Total
EMISIONES RELACIONADAS CON EL PROCESO														
Planta de Óxidos		1	1	1	0									3
Planta de Sulfuros					1	2	2	2	2	2	2	2	2	16
EMISIONES RELACIONADAS CON LA MINA														
Disparos dentro del Tajo	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	23
Remoción de Suelos	0.02	0.02	0.02	0.02										0.1
Roca Estéril y Material de Construcción Removido del Tajo	0.5	0.7	0.4	0.3	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.14	0.18	3
Óxidos removidos del Tajo	0.0	0.3	0.3	0.3	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	8
Material sacado de/a la pila de acopio de suelo	0.33	0.25	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.7
Material movido de/a pila de acopio de material de construcción	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Material movido de/al depósito roca estéril	0.5	0.7	0.4	0.3	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	4
Material movido al relave de rebalse	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.1	3
Material puesto en el dique	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Material puesto en el vertedero de relaves	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	1
Actividad de los tractores con orugas	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	85
Actividad de la Niveladora	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	85
Emisión de los caminos no pavimentados														
En el Tajo	21	35	24	37	74	78	88	98	104	109	120	115	60	961
Del tajo al molino	0	34	37	37	78	100	100	100	100	100	100	100	75	960
Del tajo a la pila de acopio de materiales de construcción	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
Del tajo a la pila de acopio de suelo	60	46	11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127
Del tajo al depósito de roca estéril	54	82	45	34	21	2	8	3	6	9	7	16	21	307
Del pozo a los relaves	0	0	0	137	303	270	242	262	271	258	263	226	41	2271
CMS a la Presa de relaves	0	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
Roca estéril a la presa de relaves	0	0	0	0	67	62	67	67	47	39	45	17	3	414

Tabla 6.5 Inventario de Emisiones de PM₁₀ para el Período de Vida de la Mina (t /año) (continuación)

Año	<Año 1*	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Total
Emisiones de los escapes														
2 - palas de 1000kW	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	66
9 –camiones de carga de 150t	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	303
2 - taladros para los disparos de 200 mm	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26
1 – Taladros secundarios para los disparos de 75 mm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
3 -tractores con oruga de 300kW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
2 -Motoniveladoras de 200kW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
3- Camiones de Reparto de Explosivos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
3 – Retroexcavadoras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
3 – Cisternas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
3 – Camiones de Combustible	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
3 – Transporte de trabajadores y herramientas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
3 – Camiones mecánicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
3 – Camas bajas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
3 - Camionetas Pick-up	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
Totales	219	280	199	336	602	571	564	590	587	574	593	534	258	5909

*: Emisiones durante la fase de construcción.

Tabla 6.6 Fuentes de Emisiones de SO₂

Origen de la Emisión	Emisiones de SO ₂ (t /año)
Disparos	
Disparos dentro del tajo	2.2
Emisiones de los tubos de escape ¹	
2 - Palas de 1000kW	3.3
9 –Camiones de carga de 150t	25.9
2 –Taladros para el disparos de 200 mm	1.3
1 - Taladros secundarios para disparos de 75 mm	0.6
3 –Tractores de oruga de 300kW	1.6
2 –Motoniveladoras de 200kW	0.7
3 – Camiones de reparto de explosivos	1.2
3 – Retroexcavadoras	0.5
3 – Cisternas	1.2
3 – Camiones de Combustible	1.2
3 – Transporte de trabajadores y herramientas	1.2
3 – Camiones mecánicos	1.2
3 – Cama baja	1.2
3 – Camionetas Pick-up	1.2
Totales	41.5

¹ Vehículos: se asume una operación de 24 h/día, 365 días/año.

Se encontró pequeñas cantidades de plomo y arsénico, tanto en el mineral como en la roca estéril. El análisis de laboratorio de las rocas y las muestras del mineral indican para los diferentes tipos de roca, que el rango de contenido de arsénico varía entre 5 y 1285 ppm, con un promedio de 311 ppm, mientras que el rango del contenido de plomo varía entre 6 y 3630 ppm con un promedio de 83 ppm. Al ser los materiales procesados y minados, estos compuestos serán liberados a la atmósfera en proporción a su concentración. Las medidas propuestas para controlar las partículas PM₁₀ deberían ser igualmente efectivas en la mitigación de la emisión de estos compuestos específicos. Dada la relativa baja concentración de estos compuestos, las emisiones no serán significativas para el ambiente.

6.2.7 Metodología y Procedimiento del Análisis de la Calidad del Aire

Un análisis detallado hecho a través del modelo de impacto de dispersión se realizó empleando los procedimientos descritos en los documentos USEPA incluyendo “Lineamientos en los Modelos de la Calidad del Aire” (Revisado, USEPA, 1996); “Procedimientos para la Estimación de la Calidad del Aire en Fuentes Estacionarias” (Revisado, USEPA, 1992); y el “Nuevo Manual de Fuentes” (USEPA, 1990). En el diseño, se utilizó el modelo Complejo de Fuentes Industriales USEPA (ISCST3 versión 00101, 10 de Abril de 2000) para determinar el impacto del proyecto en la calidad del aire. El ISCST3 está diseñado para evaluar las concentraciones de contaminación del aire de una diversidad de fuentes de emisión relacionadas con un proyecto complejo con múltiples fuentes de emisión. De acuerdo al USEPA, este modelo ha sido designado como el “preferido” para uso urbano y rural, en terrenos planos u ondulantes para una distancia de transporte de las fuentes de emisión de 50 km, y se utiliza para calcular las concentraciones y los depósitos para distintos períodos de tiempo desde una hora hasta promedios anuales. Las emisiones de contaminantes desde las diversas áreas del proyecto, se consideraron en el modelo como fuentes puntuales, volumétricas, superficiales y del tajo abierto.

6.2.7.1 Metodología del Modelamiento

El modelo denominado Complejo de Fuentes Industriales (o ISC por sus siglas en inglés), ofrece varias opciones para los diversos modelos de emisión que se podrían presentar en el Proyecto Tambogrande. La base del modelo es una ecuación Gaussiana lineal de estado uniforme para la emisión. Las fuentes de emisión del modelo en el ISC se puede clasificar en cuatro tipos: puntuales, volumétricos, superficiales y de tajo abierto. Las opciones de fuentes volumétricas y superficiales se pueden emplear también para simular fuentes lineales. El modelo ISC se puede utilizar haciendo ciertas modificaciones para aceptar información meteorológica horaria para definir la información de las condiciones de ascensión, transporte, difusión y deposición de los contaminantes. El modelo ISC se puede usar además, haciéndole ciertas modificaciones, para otras fuentes, tales como emisiones desde

chimeneas con o sin los efectos aerodinámicos causados por el impacto en estructuras cercanas, aisladas, pilas de almacenamiento y fajas transportadoras, etc. El modelo estima la concentración y el depósito resultantes de todas las fuentes en cada receptor y por cada hora meteorológica, calculando los valores totales y promedios.

El modelo ISCST3 trata al terreno elevado bajo las siguientes consideraciones:

- El eje de la pluma de dispersión se mantiene a una altitud constante a medida que pasa sobre el terreno elevado o bajo (es decir, la altura efectiva de éste disminuye a medida que la elevación del terreno se incrementa),
- La altura de mezcla permanece constante y sigue el relieve del terreno .

El modelo ISCST3 requiere de diversas opciones de ingreso y salida a fin de poder controlar la manera cómo el modelo simula la dispersión atmosférica. Las opciones del modelo, tal como lo requiere el proyecto Tambogrande para el análisis de la calidad del aire son:

Elevación Final de la Pluma: Con esta opción, la elevación final se usa para calcular la altura de la pluma que será usada para estimar la concentración a nivel del suelo y el depósito sobre todos los receptores.

Proceso en Calma: Cuando se emplea la opción del proceso en calma, las condiciones de calma se llevan de acuerdo a los métodos desarrollados por el USEPA (1984). Cuando se detecta la calma en la información meteorológica, o cuando la información se encuentra ausente, las concentraciones horarias en todos los receptores se fijan en cero, y el número de horas promediadas deberá ser mayor que el 75 por ciento del tiempo considerado en el promedio.

Arrastre. Esta opción es recomendada por el USEPA para ser usada en aplicaciones donde se requiere cumplir con las normas. Cuando se implementa esta opción, se deduce un incremento en la altura de la elevación física de la fuente, antes de calcular la ascensión de la pluma, para reflejar el efecto del arrastre causado por la alta velocidad del viento y la presencia de estructuras.

Dispersión por Flotación Inducida: Esta opción genera una modificación a los cálculos del coeficiente de dispersión (S_y y S_z), que dan cuenta de la dispersión debido a la turbulencia causada por la flotación de la pluma. Esto da como resultado una pluma simulada, con una mayor extensión horizontal y vertical que la que correspondería si se considerara una dispersión debida únicamente a la turbulencia ambiental.

Gradiente Vertical de Temperatura. El gradiente vertical de temperatura se utiliza para calcular los parámetros de estabilidad usados en la ecuación de ascensión de la pluma para condiciones estables.

Exponentes del Perfil del Viento. El ISCST3 emplea por defecto una extrapolación potencial para la velocidad del viento, en base a la medida de la elevación versus la altura de la pluma.

6.2.7.2 Datos de Ingreso para el Modelo

Información Meteorológica

Para conducir un análisis del modelo refinado ISCTS3, se recopilaron datos de las observaciones horarias de los valores de la velocidad del viento, dirección del viento, temperatura ambiental, estabilidad del tipo Pasquill-Gifford, y la mezcla de la altura para el análisis de todo el año, medidos en la estación cerca del Proyecto Tambogrande.

El USEPA, desarrolló el RAMMET, un programa pre-procesador que luego fue utilizado para convertir esta información horaria proveniente de la estación meteorológica más cercana, de acuerdo con el formato empleado en el modelo ISCTS3.

Parámetros de Descarga de los Contaminantes del Aire

Los índices de emisión de contaminantes críticos en el aire - partículas y dióxido de azufre - han sido desarrollados sobre la base de las fuentes de liberación de itinerarios operativos del proyecto Tambogrande. Se espera que las principales emisiones contaminantes provengan del tajo abierto, del depósito de relaves, de la planta concentradora, de los caminos y de otras áreas durante el periodo de operación. Estas emisiones se originan de procesos tales como el transporte de carga, transferencia de materiales, chancado, excavación, perforación, disparos, descarga de materiales, eliminación de desechos, construcción del dique de relaves, carguío, secado, almacenamiento, etc.

Estas descargas de las operaciones serán consideradas como fuentes puntuales, volumétricas, superficiales y del tajo abierto y se espera que los contaminantes se dispersen tanto horizontal como verticalmente, a medida que la pluma se desplace fuera del área donde se ubica la fuente.

La fuente principal de los parámetros provenientes del área del proyecto y empleados en el ISCTS3 incluye los tipos y la ubicación de la(s) fuente(s), sus coordenadas, las dimensiones de la(s) fuente(s) (largo y ancho) y su elevación. También incluye las emisiones esperadas de PM_{10} y SO_2 (g/h.) para el peor escenario de operación del proyecto, así como para el escenario correspondiente al momento de los disparos en el tajo abierto.

6.2.7.3 Lugares de Análisis

Los análisis efectuados para determinar la concentración y la evaluación de los impactos, se han centrado principalmente en el área a ser utilizada para la reubicación del centro urbano, inmediatamente al norte del pueblo actual, el área urbana principal de Tambogrande, y la vegetación de los alrededores - en el noreste - y el área dentro de propiedad de la mina. El modelo ISCTS3 utilizó información de los receptores consistente en la ubicación por sus coordenadas geográficas y las elevaciones del

terreno, la misma que consisten de varias series de receptores polares y zonas especiales para identificar el caso de los peores impactos.

6.2.8 Resultados del Modelamiento y Determinación de los Impactos

Se hizo un cálculo mediante el ISCTS3 para el máximo impacto previsible para un período de 24-horas para el promedio anual de la concentración del impacto y la deposición proyectada en cada una de las áreas analizadas con el modelo de las emisiones de PM_{10} y SO_2 en los peores escenarios de operación de la carga y de los disparos. Los resultados del modelo se presentan en las Tablas 6.6 a la 6.11, para el caso de los disparos y el caso de operación más desfavorable, respectivamente.

Las concentraciones de fondo para PM_{10} y SO_2 registrados en el proyecto durante los estudios ambientales de línea base, fueron agregados a las concentraciones proyectadas por la emisión de la mina. Las concentraciones de base se diferenciaron ligeramente en 3 diferentes puntos de monitoreo, razón por la cual para el análisis de cada área, se emplearon los valores de fondo más cercanos.

Para el análisis de los efectos de los disparos, se ha considerado un disparo por día para el cálculo de las emisiones máximas de 24 horas y para el promedio anual de la concentración de los contaminantes, se ha asumido 365 disparos por año. La concentración máxima de 24 horas de PM_{10} atribuible a los disparos en el tajo abierto fue de $216.1 \mu g/m^3$ en el área urbana de Tambogrande, valor que incluye la concentración de la línea base.

La proyección del impacto de las concentraciones de PM_{10} y SO_2 para la zona de reubicación del área urbana de Tambogrande, la vegetación adyacente a la mina y el área dentro de la mina fueron luego comparados con los estándares. El resultado muestra que el impacto de estas concentraciones no excederán los valores estándares fuera del área de la operación minera.

Tabla 6.7 Resumen del Resultado del Modelo para Un disparo/día y 365 disparos /año – Concentración de PM₁₀ en el Área de Reubicación

	PM ₁₀ Proyectado Causado por el Proyecto mg/m ³	Valores de Línea Base PM ₁₀ mg/m ³	Proyectado Total del PM ₁₀ con el Proyecto mg/m ³
Impacto Máx. 24-hr.	184.1	32	216.1
Impacto promedio anual	22.7	32	54.7

Tabla 6.8 Resumen del Resultado del Modelo para Un disparo /día y 365 Disparos/año – Deposición () en el Área de Reubicación

	Deposición Proyectada de PM ₁₀ Causado por el Proyecto (g/m ²)
Impacto Máx. 24-hr.	1.1
Impacto promedio anual	83.2

Tabla 6.9 Resumen del Resultado del Modelo- Caso más desfavorable Concentración de PM₁₀

Concentración PM ₁₀ (mg/m ³)	Impacto Máx. 24-hr.	Línea Base	Total	Estándar
Área de Reubicación de Tambogrande	102	32	134	350
Área Urbana Tambogrande	112.5	32	144.5	350
Vegetación de los alrededores (fuera del área de la mina)	345.9	26	371.9	350
Dentro del área de la mina	650	26	676	350

Concentración PM ₁₀ (mg/m ³)	Impacto Promedio Anual	Línea Base	Total	Estándar
Área de Reubicación de Tambogrande	15.1	32	47.1	150
Área Urbana Tambogrande	16.5	32	48.5	150
Vegetación de los alrededores (fuera del área de la mina)	47.2	26	73.2	150
Dentro del área de la mina	165.6	26	191.6	150

Tabla 6.10 Resumen del Resultado del Modelo – Caso más desfavorable durante la Operación– Promedio de Deposición PM₁₀

Deposición de PM ₁₀ (g/m ²)	Promedio Anual de Deposición
Área de Reubicación de Tambogrande	59.3
Área Urbana Tambogrande	62
Vegetación de los alrededores (fuera del área de la mina)	164.5
Dentro del área de la mina	707.5

Tabla 6.11 Resumen del Resultado del Modelo – Caso más desfavorable durante la Operación – Concentración de SO₂ ()

Concentración de SO ₂ (mg/m ³)	Impacto Máx. 24-hr.	Línea Base	Total	Estándar
Área de Reubicación de Tambogrande	11.3	1.6	12.9	572
Área Urbana Tambogrande	8.4	1.6	10	572
Vegetación de los alrededores (fuera del área de la mina)	17	3.8	20.8	572
Dentro del área de la mina	32	3.8	35.8	572

Concentración de SO ₂ (mg/m ³)	Promedio de Impacto Anual	Línea Base	Total	Estándar
Área de Reubicación de Tambogrande	1.6	1.6	3.2	172
Tambogrande	1.7	1.6	3.3	172
Vegetación de los alrededores (fuera del área de la mina)	3.2	3.8	7	172
Dentro del área de la mina	8.5	3.8	12.3	172

Tabla 6.12 Resumen del Resultado del Modelo – Caso más desfavorable durante la Operación Deposición Promedio de SO₂ (g/m²)

Deposición de SO ₂ (g/m ²)	Promedio Anual de Deposición
Área de Reubicación de Tambogrande	5.9
Área Urbana Tambogrande	6.6
Vegetación de los alrededores (fuera del área de la mina)	13.8
Dentro del área de la mina	36.7

6.2.9 Resumen e Impactos residuales potenciales de depósito

Los resultados del modelamiento indican que no se producirán impactos significativos de emisiones de polvo PM₁₀ bajo la mayor parte de las condiciones de operación. En el peor de los casos, que corresponde al modelamiento efectuado para el Año 10, hay un ligero excedente para el impacto máximo de 24 horas en el área al este de la mina tal como se muestra en la Figura 6.1. Bajo todas las demás circunstancias, se ha previsto que las emisiones concordarán con los valores máximos establecidos por la legislación vigente en el Perú como se observa en la Figura 6.2. Se usarán las mejores prácticas de control para el riego de los caminos y de las áreas de construcción. Para mitigar el efecto del polvo en el depósito de relaves se utilizará tierra saturada o estos se mantendrán saturados con agua. Los resultados del modelamiento indican que sólo

habrá un impacto menor atribuible a las emisiones de SO_2 , y que todos los valores están muy por debajo de los límites máximos permitidos en el Perú.

Existe un riesgo potencial de que se excedan las concentraciones de PM_{10} en el ambiente dentro del área de la mina, aspecto que será tratado en el marco del plan de salud y seguridad industrial de la mina como se observa en la Figura 6.1, por lo que no se considera un impacto generado por la mina sobre el ambiente circundante.

ASPECTO 1.1 - Las operaciones a desarrollarse podrían generar impactos en la calidad del aire, tanto en el centro poblado de Tambogrande como en las áreas agrícolas adyacentes.

- Riesgo potencial - baja probabilidad de exceder los valores estándar.
- Impacto –impacto bajo en la zona ubicada en las zonas adyacentes a la mina.
- Extensión geográfica – la pluma de dispersión se desarrollará principalmente hacia el norte y el este de la mina, pero a varios cientos de metros.
- Duración /frecuencia – Ocurrirá mayormente durante la temporada seca.
- Mitigación planeada –control de emisiones de vehículos y de los equipos de procesamiento. Riego de caminos y mantenimiento de los relaves sumergidos.
- Reversibilidad – reversible al momento del cierre.
- Impactos residuales – efectos residuales no significativos.
- Nivel de confianza – de medio a alto.

**Figura 6.1 Resultado del Modelamiento de la Calidad del Aire para PM₁₀ en
24 horas**

**Figura 6.2 Resultado del Modelamiento de la Calidad de Aire para PM₁₀
valores anuales**

6.3 Ruido y Vibración

6.3.1 Introducción y Condiciones Actuales

En esta sección se hace una descripción y evaluación de los impactos relacionados con el ruido y las vibraciones asociadas con el proyecto Tambogrande.

En general, la percepción humana del ruido es de naturaleza tal, que un incremento de 3dB en el nivel de éste es casi imperceptible, un incremento de 5dB sí es perceptible y un incremento de 10 dB es considerado como un incremento del 100 % del nivel de sonido. Las áreas alrededor de la zona del proyecto son principalmente rurales. El pueblo de Tambogrande (alrededor de 17,000 habitantes) es el centro poblado más cercano al área del proyecto. Las fuentes predominantes de ruido en la región son principalmente las actividades de los residentes locales, el ganado, transporte y fauna (aves). En el marco del Estudio de Impacto Ambiental, se llevó a cabo un estudio de línea base para el ruido (ver Sección 3), habiéndose ubicado tres de las estaciones de monitoreo de ruido en áreas rurales en las afueras del pueblo de Tambogrande. Para el centro poblado de Tambogrande, se registro un nivel de ruido base de 55 dBA, medido como el valor promedio de 3 horas en una zona adyacente a la carretera Sullana. Este valor corresponde también al promedio de los niveles de ruido calculados en la estación E-1 (Reservorio Municipal), durante el monitoreo realizado durante el estudio de línea base.

En las zonas urbanas, los niveles de ruido fuera de las instalaciones industriales deben limitarse de acuerdo con la zonificación urbana. Las estaciones que se encuentran fuera del área del proyecto, en el receptor más cercano, deben instalarse para monitorear los niveles de ruido. Las Municipalidades pueden establecer sus propios límites, aunque esto no es muy común y no existen normas municipales al respecto en el área del proyecto.

6.3.2 Metodología de evaluación del impacto del ruido

Los niveles de ruido serán mayores durante la fase de operación que durante la fase de construcción y de cierre. Por lo tanto, el impacto del ruido ha sido analizado principalmente para la fase de operación. La evaluación de los efectos del ruido se hizo sobre la base de la metodología mencionada con la publicación de Canter (1998). Para evaluar los efectos producidos por los equipos de la mina, los niveles de ruido que serán generados por cada máquina, equipo o instalación, han sido estimados sobre la base de los niveles registrados en la literatura para fuentes similares. Los ruidos que se producen a una distancia de 16 m (50 pies) son extrapolados a los receptores, considerándose la atenuación debida a la distancia y a otros factores. La influencia de cada fuente es acumulativa y el nivel total resultante del ruido se compara con el nivel de ruido circundante en las cercanías del área del proyecto. Para propósitos de este análisis, los niveles de ruido se basaron en información consignada por la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (1972), las que fueron registradas a 16 m (50 pies) de cada una de las fuentes.

6.3.3 Impactos del ruido en la fase de operación

El equipo de mina que se usará durante la fase de operación, dará como resultado un incremento en el nivel del ruido en las proximidades del proyecto. Las actividades generadoras de ruido serán: la excavación, el manipuleo del mineral y de materiales, la molienda y chancado del mineral, el carguío y descarga de la roca estéril, la operación de los equipos y de los vehículos de transporte de herramientas y de personal. La magnitud del ruido de los equipos de mina y el impacto de éstos dependerá del tipo de actividad, del nivel del ruido generado por los diversos componentes de los equipos, la duración de la actividad, la distancia entre la actividad y los receptores al ruido y si la topografía y las características del terreno brindan algún tipo de protección natural. La tabla 6.12 muestra los valores equivalentes de los niveles de ruido (L_{eq}) para el equipo que se utilizará durante las operaciones en la mina. En el Anexo V, se incluyen las tablas de cálculo y los resultados del modelaje del ruido.

Tabla 6.13 Emisiones Típicas Máximas de Niveles de Ruido para los Equipos Mineros

Tipo de Equipo		Cantidad de Equipo	Nivel Máximo de Ruido (dBA) a 16 m (50 pies) de la fuente
Equipo de Carguío	Pala Excavadora de 1000 kW	2	78
Equipo de Transporte	Camiones de Carga de 150t	9	88
Equipo de Perforación	Taladros de 200 mm	2	89
	Taladros Secundarios de 75 mm	1	89
Equipo de Apoyo	Tractores de Oruga de 300 kW	3	80
	Motoniveladoras de 200kW	2	85
	Camiones de reparto de explosivos,	3	82
	Retroexcavadoras,	3	80
	Cisternas,	3	88
	Camiones de Combustible,	3	82
	Transporte de trabajadores y herramientas,	6	70
	Camiones mecánicos,	3	80
	Camas bajas	3	80
	Camionetas Pick-up	20	72
Chancadora	Chancadora	1	90

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU., 1972.

El Nivel de Ruido Equivalente (Neq) es igual al ruido o vibración en estado constante, que en un período dado contendrá la misma energía acústica o de vibración.

El caso más desfavorable se considera cuando todo el equipo de la mina opere simultánea y continuamente durante por lo menos una hora. Típicamente, sólo 2 de las 3 perforadoras y 6 ó 7 de las 9 camionetas estarán operando simultáneamente. Del mismo modo, se espera que el resto del equipo tenga una disponibilidad del orden del 75%. Los receptores críticos del ruido, serían las personas que viven en el pueblo de Tambogrande, en especial en la Avenida Schaeffer, cerca de la zona de amortiguamiento que separará el tajo abierto del pueblo. Para los cálculos del nivel total de ruido generado en la mina, se asume que cada fuente individual operará en una ubicación distinta en el área de la mina. El nivel de ruido en los puntos de recepción en el pueblo de Tambogrande ha sido calculado tomando en consideración la distancia de cada fuente individual.

Se seleccionaron dos puntos de recepción localizados en el pueblo de Tambogrande para el análisis de los niveles de ruido. Los puntos de recepción han sido identificados como P1, y P3 en las siguientes ubicaciones:

P-1 : Área Urbana Tambogrande, Avenida Schaeffer, a 260 m del contorno noroeste del tajo, adyacente a la zona de protección (573042 E; 9455328 N), y

P-3 : Área de la nueva reubicación Tambogrande, a 800 m del contorno norte del tajo (573500 E, 9456148 N).

El estimado de los niveles de ruido considera una atenuación en función a la distancia a la fuente, a la absorción molecular y al exceso de atenuación anómala . (Hoover 1996).

La propagación del sonido fue calculada haciendo uso de la siguiente fórmula :

$$\text{Nivel de Ruido 1} - \text{Nivel de Ruido 2} = 20 \text{ Log } (r_2/r_1)$$

Donde:

- r es la distancia entre la fuente y el receptor,
- r1 se asume como 50 pies,
- Nivel de Ruido 1 es el nivel del ruido a 50 pies (Tabla 6-6),
- r2 es la distancia hasta el receptor, y
- Nivel de Ruido 2 es el nivel de ruido en el punto donde se ubica el receptor.

Además, se ha considerado una reducción de 0.7 dBA por cada 1000 pies de distancia para la atenuación de la absorción molecular y de 1.0 dBA por 1000 pies para el exceso de atenuación anómala. Los modelos utilizados para la distancia de los equipos para las dos estaciones y el cálculo del impacto acumulativo del ruido se presenta en el Anexo V y los resultados se resumen en la Tabla 6.13.

Los niveles combinados de ruido para los equipos de la mina en los puntos P1 y P3. fueron calculados y el efecto acumulado, asumiendo un nivel de ruido de fondo de 55 dBA durante las horas de trabajo.

Tabla 6.14 Resumen de los Resultados de los Niveles de Ruido

Estación de Diseño	Nivel Máximo de Ruido Horario (dBA) *
P-1 Calle Schaeffer: Área Urbana Tambogrande,	80.4
P-3: Área de la nueva reubicación Tambogrande	72.9

* Asumiendo que todo el equipo esté operando a su capacidad máxima, principalmente cerca al lado norte del tajo

Estos cálculos indican que, aún en el exterior, en las inmediaciones de la zona de amortiguamiento en la Av. Schaeffer y asumiendo que una parte importante de la flota del equipo de mina esté operando en la zona del límite del tajo, el nivel del ruido horario no excederá el valor límite de 70 dBA sugerido por la EPA para el requerimiento de la protección auditiva. El nivel de ruido en las áreas residenciales y al interior de las viviendas en Tambogrande, será considerablemente menor.

6.3.4 Impacto de las Vibraciones

El tajo se ubicará cerca del pueblo de Tambogrande y las vibraciones generadas por los disparos son una gran preocupación para los residentes locales. En esta sección se presenta la evaluación de los impactos potenciales en lo que respecta a los niveles de vibración, en las áreas aledañas de la mina.

Las ondas vibratorias de los disparos generan oscilaciones en la superficie. La intensidad de estas oscilaciones disminuye con la distancia de la fuente, en este caso desde el punto donde se produce la voladura o el disparo. Las vibraciones en la superficie se miden en términos de su desplazamiento, velocidad pico de la partícula y su frecuencia. El desplazamiento de la partícula es la distancia que se mueven las partículas de la superficie de un lugar a otro, cuando la onda vibratoria se desplaza a través de ésta. La velocidad pico de la partícula es la velocidad máxima que alcanzan las partículas de la superficie por efecto de la onda de la vibración. La frecuencia es el número de oscilaciones de la partícula que se producen por segundo.

El efecto de la onda vibratoria depende de la velocidad que genera la partícula, ya que la velocidad de ésta se relaciona directamente con el daño estructural que puede ocasionar la onda vibratoria. Para evitar daños estructurales, la Oficina de Minería Superficial de los EE.UU. indica que:

- La velocidad pico de la partícula no deberá exceder de 25 mm/s (1 pulgada/s) para distancias de entre 90 y 1500 m, y
- la “distancia reducida” deberá ser igual a $55 \text{ pies/lb}^{0.5}$.

Criterio de la Distancia Reducida

La “distancia reducida” se define como:

$$DE = D / P^{0.5}$$

Donde:

D: Distancia de la fuente a la estructura (en pies)

P: Máxima carga del disparo(en lb) para retardos de 8 milisegundos

La distancia crítica para el análisis de las vibraciones, es la que va del lado noroeste del tajo hacia la avenida Schaeffer, donde el desarrollo inicial del tajo estará a una distancia de 200 m. Por lo tanto, para una distancia de 200 m (658 pies), y una Distancia a Escala de $55 \text{ pies/lb}^{0.5}$, la carga máxima por disparo deberá ser 143 lb, lo que equivale a 65 kg.

Criterio de la Velocidad Pico de Partícula

La velocidad pico de partícula se genera por cada disparo y ésta no deberá exceder los 25 mm/s.

La velocidad pico de partícula se calcula mediante la siguiente expresión:

$$v = K (SD)^{-b}$$

Donde:

v: Velocidad Pico de Partícula (pulgadas/s)

K: Constante de Carga del Disparo

SD: Distancia Reducida (pies/lb^{0.5})

Para un disparo con carga normal confinada, el valor estándar para la variable K es 160. Para la constante b, que se relaciona con la capacidad de atenuación de la vibración del terreno, se recomienda el empleo de un valor típico de 1.6.

La velocidad pico de la partícula que se obtiene usando los valores de K y b antes mencionados y como distancia reducida (DR) un valor de 55, es 0.26 pies/s, lo que equivale a 6.6 mm/s. Esta velocidad pico de la partícula es menor que límite superior de 25 mm/s recomendado como límite superior. Los valores de K y b dependen de las condiciones y los procedimientos específicos que se empleen en cada lugar. Estos valores necesitarán ser ajustados en la zona de operación, para lo cual habrá que registrar información sismográfica una vez que la mina entre en operación.

Conclusiones

- a) Como se ha explicado en la Sección 5, los retardos de milisegundos entre disparos individuales minimizan las vibraciones generadas, siendo ésta una práctica estándar en la industria, por lo cual deberá ser utilizada en el proyecto de Tambogrande. Los estudios han demostrado que un retardo de 8 milisegundos tiene el efecto de evitar la superposición de las ondas de las vibraciones generadas por disparos individuales.
- b) Manhattan utilizará los procedimientos de voladura más estrictos, especialmente cuando éstas se efectúen en las cercanías del perímetro del tajo abierto, De esta manera, se puede evitar los daños por vibraciones en el centro poblado de Tambogrande.
- c) Se implementará un programa de monitoreo con sismógrafos para registrar las velocidades de partícula reales, generadas por los disparos. El monitoreo se

conducirá en el perímetro del tajo abierto e incluirá a las estructuras potencialmente vulnerables que se ubican en el pueblo. Esta información será usada para actualizar constantemente los parámetros de la plantilla de voladura.

6.3.5 Resumen e Impactos residuales

El patrón de ruido indica que habrá impactos en el área urbana del pueblo de Tambogrande, sobre todo en la zona adyacente al tajo abierto. El nivel máximo de ruido (70 dBA) se obtuvo para el punto P1. Este nivel máximo de ruido se produciría en el límite del pueblo e inclusive en la zona de protección, si una parte importante de la flota de la mina estuviera operando simultáneamente en el área noroeste del tajo. Considerando que el nivel de ruido de fondo en la zona circundante es actualmente de 55 dBA, un potencial nivel de ruido de 70 dBA sería significativo. De acuerdo con el Comité Federal Inter-Agencias de Ruido Urbano de los EEUU, sólo los niveles de ruido iguales o mayores de 75 dBA pueden dañar la capacidad auditiva de los receptores.

Se requerirá por tanto de medidas de mitigación para reducir los niveles previstos de ruido cuando todo el equipo de mina esté operando cerca del área noroeste del tajo.

Se implementarán las siguientes medidas de mitigación :

1. Se establecerá un programa de monitoreo de ruido durante las operaciones, para permitir que las medidas de planeamiento y optimización se cumplan. Los niveles de ruido horarios en el área urbana de Tambogrande se mantendrán por debajo de los 75 dBA.
2. La mayor fuente de ruido será el equipo en operación en el límite del tajo, cerca al pueblo. Se programará el uso de los equipos para reducir la cantidad de maquinaria que se encuentre trabajando al mismo tiempo en las zonas críticas. Además, se programará las operaciones a fin de minimizar la actividad en estas áreas durante la noche.
3. El desarrollo inicial del tajo requerirá de la construcción de cortinas para el amortiguamiento del ruido, tales como una berma con vegetación o una barrera acústica. Esto permitirá reducir los niveles de ruido en 10dBA.

A medida que el tajo se haga más profundo, las paredes de éste formarán una barrera natural contra el ruido y se espera que los niveles de éste disminuyan por debajo de los valores determinados por el modelo.

ASPECTO 2.1 – Las operaciones de la mina que podrían ocasionar altos niveles de ruido, vibraciones y daños a las estructuras en el pueblo como producto de los disparos.

- Riesgo potencial – Baja probabilidad de exceder los límites máximos permisible.
- Impacto – bajo impacto en la zona inmediata a la mina
- Extensión geográfica – El efecto mayor estará restringido a las zonas próximas a las áreas protegidas que se ubican en el lado noroeste del tajo.
- Duración/frecuencia – Los niveles de ruido serán altos cuando los equipos estén operando cerca del lado noroeste del tajo. Al profundizarse el tajo, los niveles de ruido disminuirán. Los disparos se llevarán a cabo sólo una vez por día.
- Plan de Mitigación – Barreras acústicas en el área noroeste del tajo. Monitoreo de la vibración por efecto de los disparos.
- Reversibilidad- Reversible, luego del cese de operaciones.
- Impactos residuales- Algunos efectos durante operaciones, más notorio durante la noche, cuando los niveles de ruido de fondo son más bajos.
- Nivel de confianza – De medio a alto.

6.4 Hidrología Superficial

6.4.1 Red de Drenaje

El proyecto Tambogrande modificará el sistema de drenaje de agua superficial en las proximidades de la mina. La quebrada Carneros y el río Piura serán desviados hacia el lado sudeste del tajo.

La derivación del río Piura se llevará a cabo dentro del área de inundación natural del río. Un canal de derivación de 1.5 km. de longitud, desplazará el canal por donde discurren actualmente los flujos bajos del río, 500 metros hacia el centro de la planicie de inundación. Se construirá una berma de protección contra inundaciones que bordeará el lado suroriental del tajo.

El canal de la quebrada Carneros se modificará también para conducir el flujo de agua a través de las instalaciones de la mina y desviarlo alrededor del tajo. Parte de los trabajos a ejecutarse incluirán el realineamiento de dos zonas de meandros que se ubican inmediatamente al norte del tajo abierto. El primer meandro tiene una longitud de aproximadamente 1 km, mientras el segundo es de 800 m. Las obras a ejecutarse reducirán estas secciones a 500 m y a 300 m respectivamente, evitando cualquier movimiento potencial de la Quebrada fuera de los meandros actuales y hacia cualquier instalación de la mina. El tramo final de la Quebrada Carneros fluye a través de la zona donde se ubicará el tajo abierto, por lo que será necesario construir un canal de 2.5 km. de longitud para desviar el flujo del agua alrededor del lado este del tajo, para luego descargarlo al río Piura.

La escorrentía superficial en el área del depósito de relaves será modificada mediante la construcción de los canales de desviación Norte y Este, para permitir que ésta discurra alrededor del depósito de relaves. Adicionalmente, se desviará un canal de irrigación existente hacia el lado Este de la zona del proyecto. Parte de esta agua será encauzada hacia la Quebrada Carneros mientras que el resto se derivará hacia el río Piura.

6.4.2 Flujo de Agua

El proyecto podrá ocasionar cambios en el flujo de las aguas, por lo menos durante períodos cortos de tiempo, es decir, durante la construcción y la operación. Durante el periodo de cierre, el flujo de agua no se verá afectado significativamente.

6.4.2.1 Impactos durante la construcción

Los impactos que se podrían generar durante la construcción se resumen en las siguientes secciones:

Construcción de las derivaciones y desagüe del tajo

El desarrollo del tajo y la construcción del dique de control de inundaciones requerirán del drenaje de los suelos que cubren la porción sudeste del área del tajo. El control del drenaje reducirá la cantidad de filtración normal del agua superficial del área del tajo hacia el río Piura durante los períodos de estiaje. Este efecto será compensado durante la construcción, mediante la descarga subsiguiente del agua drenada hacia el río Piura. La cantidad total de agua que se extraerá ha sido estimada en 370,000 metros cúbicos, considerando que existen 7.4 millones de metros cúbicos de arenas con una porosidad de 25% y un rendimiento específico del 20% (ver sección 6.6). Se estima que el proceso de drenaje se hará a lo largo de seis meses y que se emplearán 24 litros por segundo para las actividades de construcción. De no ser así, estas aguas se descargarán al río Piura durante ese período. Además del agua proveniente del drenaje de los suelos, se generará una infiltración de aguas subterráneas desde las arenas superficiales hacia las excavaciones.

El modelo hidrogeológico permite proyectar que al final del periodo de construcción, el flujo total del agua superficial que ingresaría estará en el rango de 44 a 163 litros/segundo (nominalmente 120 litros /segundo) El flujo de agua superficial provendrá tanto del río Piura como del acuífero local adyacente al tajo. Puesto que el flujo de agua superficial se encauza generalmente hacia el río Piura, se asume que el promedio anual del caudal del río Piura se reducirá en esa misma cantidad. La

reducción en el promedio de caudal podría variar entre un máximo de 230 litros /segundo durante la temporada de lluvias (se asume que el nivel del río podría subir hasta los 64 msnm) y un mínimo de 34 litros /segundo durante la época de estiaje. Este análisis se basa en el modelo SEEP/W que se presenta en el informe del Estudio de Factibilidad de la Ingeniería del Río (Klohn Crippen, 2002)

Planta Concentradora y el área del Depósito de Relaves

Durante la preparación del área para la construcción de la planta concentradora y del depósito de relaves, algunas acequias de irrigación y pequeños riachuelos deberán ser encauzados hacia el área del proyecto. El terreno ubicado entre el depósito de relaves y el río Piura será adquirido por Manhattan para su uso en el proyecto. No habrá efectos negativos en los demás usuarios del agua superficial como resultado del realineamiento de los canales y acequias de irrigación.

Suministro de agua para la Construcción

Será necesario contar con una dotación adecuada de agua corriente durante el período de construcción, la que se obtendrá de una pequeña galería de infiltración a ubicarse en la Quebrada Carneros. El agua subterránea que discurre por el valle aluvial de la Quebrada Carneros fluirá hacia el río Piura y, por lo tanto, el bombeo reducirá el flujo de estas aguas hacia el río Piura durante los periodos de estiaje. Las actividades principales que requerirán de agua son la construcción de viviendas para los residentes del pueblo, los trabajos de excavación y el riego de los caminos. Se estima que se requerirá de aproximadamente 125,000 metros cúbicos de agua para la construcción. Para estas actividades, el proyecto considera un plazo de 18 meses, de manera que se necesitará en promedio, de 2.6 L/s de agua para dichas actividades. Por lo tanto, el caudal en el río Piura podría verse reducido en 2.6 L/s debido a la extracción del agua subterránea durante los periodos de bajo caudal en el río.

La disminución del caudal del río Piura durante la fase de construcción se verá compensada con el retorno del agua proveniente del desagüe que habrá que hacer para el desarrollo inicial del tajo. Por lo tanto, el impacto potencial en el caudal del río

Piura durante este período será mínimo. Asumiendo un escenario pesimista, de un caudal bajo del río y ninguna descarga proveniente del desagüe del tajo, el promedio mensual de del caudal del río Piura en Tambogrande podría disminuir en 34 L/s, de 800 a 766 L/s (es decir, una reducción del 5%) en el mes de octubre, que corresponde al periodo más seco del año.

6.4.2.2 Impactos Durante la Operación

Durante las operaciones habrá dos áreas de impactos potenciales en el agua superficial, el desagüe del tajo y el suministro de la galería de infiltración de la quebrada San Francisco. El impacto potencial en el flujo de agua superficial se dará sólo durante la temporada seca del río, cuando el caudal de agua es bajo. Durante la temporada de lluvias y en un período normal de caudales, el impacto será mínimo. Estas condiciones se describen en las siguientes secciones:

Desagüe del Tajo

Las actividades de desagüe del tajo durante la vida útil de la mina causarán una pequeña reducción en el caudal de agua del río Piura. El desarrollo del tajo, adyacente al Río Piura, interceptará al flujo existente de agua subterránea que se ubica en las proximidades del río. El tajo actuará como un “sumidero” de agua subterránea que acopiará los flujos de filtración provenientes del área del depósito de relaves, de la quebrada Carneros y del río Piura a través del material de cubierta y de los depósitos de arena superficiales. Durante el período de bajo caudal en el Río Piura, una cantidad de agua se filtrará a través de las arenas del río hacia el tajo. Se han hecho algunas estimaciones del flujo total hacia el tajo empleando el modelo SEEPW, utilizado para el balance del agua del tajo, cuyos resultados se presentan en la Tabla 4.21 de la Descripción del Proyecto (Capítulo 4). SEEPW es un programa de cómputo comercial que permite hacer un análisis fino del modelo de filtración. Los caudales varían desde 34 L/s en la época de estiaje hasta 232 L/s en la temporada de lluvias. El plan de balance de agua de la mina es acopiar la infiltración superficial en el tajo y descargar 27 L/s hacia el río Piura durante los meses secos.

En tal sentido, se anticipa una reducción del orden de 7 L/s durante el período de estiaje. Durante la época de lluvias en la que el flujo de agua es normal, la reducción del caudal de agua en el río será mínima.

Suministro de Agua - Acuífero San Francisco

El balance de agua del proyecto indica que se requerirá de agua de reposición para la planta procesadora, especialmente durante los períodos secos. El agua se obtendrá de la galería de infiltración de la quebrada San Francisco. La necesidad de agua subterránea dependerá de la fase del proyecto, del acopio y la re-utilización del agua de filtración hacia el tajo y de la precipitación que ocurra cada año. Durante la fase de óxidos del proyecto (se ha empleado el Año 3 para el análisis), la demanda de agua subterránea será cero durante un año normal y durante los meses de estiaje será de 56 L/s en promedio.

Durante la fase de sulfuros del proyecto, se requerirá de 90 L/s en promedio (se utilizó el año 10 para el análisis) en un año normal y 183 L/s durante los meses de estiaje. Durante los meses de caudal alto no habrá necesidad del uso de agua adicional.

Durante los períodos de estiaje en el río Piura, la principal fuente de agua superficial será la quebrada de San Francisco. El bombeo de agua desde la Galería de Infiltración de la Qda. San Francisco podría reducir el flujo en la quebrada San Francisco y subsecuentemente en el río Piura. Durante la larga temporada seca, la reducción del flujo será un porcentaje de la tasa pico bombeo de 183 L/s para la fase de sulfuros, pudiendo asumirse un porcentaje nominal del 50%. La reducción en los flujos de agua superficial durante los períodos de sequía extendida, será mitigado por una reducción en la tasa de bombeo.

Depósito de Relaves

La reducción de la escorrentía superficial y de la infiltración causada por el revestimiento de la base del depósito de relaves y de los diques, antes mencionada

para el período de construcción, se mantendrá durante la fase de operación. Por lo tanto, se reducirá el caudal en el Río Piura en aproximadamente 20 L/s durante el año en las operaciones, debido a la presencia del depósito de relaves. Esta reducción se deberá a la eliminación de la escorrentía durante la temporada de lluvias, pero en los meses secos no habrá reducción en el caudal, debido a que la precipitación es nula.

6.4.2.3 Impactos luego del Cierre

El plan de cierre para el tajo considera el relleno del tajo con agua y sedimentos del río Piura y la quebrada Carneros (ver sección 5.4.1)

Las aguas de la quebrada Carneros fluirán directamente al tajo, el que en sus inicios será un lago y luego se llenará con sedimentos hasta convertirse en la planicie de inundación de la quebrada Carneros.

Inicialmente el lago tendrá una extensión superficial de 620,000 m² y un volumen de almacenaje de 46,000,000 m³. El plan de cierre establece que la inundación del tajo se llevará a cabo de manera controlada, a fin de no crear un déficit aguas abajo del tajo. El período que se necesitará para llenar el tajo de agua y de sedimentos dependerá de las condiciones de caudal que se presenten durante el período de post-cierre. El tajo se inundará gradualmente durante la temporada de caudal alto. El promedio de inundación se limitará del 10% al 20% del promedio del caudal para los meses de febrero, marzo y abril, es decir, más o menos de 10 m³/s a 20 m³/s. Con este caudal promedio, tomará uno o dos meses inundar el tajo. Una vez que el tajo está lleno, el régimen del caudal de agua superficial del río Piura y de la quebrada Carneros retornará a su condición anterior a la operación de la mina. Además, el régimen de agua subterránea pre-existente será restaurado y no existirá ningún impacto a largo plazo en el flujo del río desde el tajo.

El bombeo del agua de la quebrada San Francisco y de su acuífero se detendrá al final de las operaciones, al menos que la comunidad local considere la necesidad de usar dicho sistema de abastecimiento de agua para su beneficio. En tal caso, la

comunidad local tendría que hacerse cargo de la operación de la galería de infiltración.

Algunos de los impactos identificados para la fase de operación se mantendrán después del cierre. La modificación de la red de drenaje causada por el depósito de relaves y por el botadero de desmonte, será permanente. Sin embargo, será posible restaurar el sistema de drenaje del área utilizada por las instalaciones de la planta concentradora, ya que ésta será retirada al momento del cierre.

La reducción en el caudal de agua de escorrentía y de infiltración causada por la presencia del depósito de relaves y los diques serán restaurados a su condición anterior. El depósito de relaves continuará filtrando una pequeña cantidad de agua después del cierre, pero esto no tendrá ningún efecto medible en el régimen de las aguas subterráneas.

6.5 Hidrología de las Aguas Subterráneas

El Proyecto Tambogrande tiene el potencial de afectar los caudales naturales del agua subterránea en su área de influencia. Los siguientes componentes del Proyecto podrían tener un impacto negativo en el agua del subsuelo:

- **El tajo abierto:** La extracción del mineral mediante la excavación superficial modificará la topografía actual del terreno y creará un tajo abierto que se extenderá por debajo del nivel natural del agua subterránea. El tajo abierto se convertirá así en un sumidero durante la vida activa de la mina, debido a que toda el agua que se infiltre hacia el tajo, será extraída mediante bombeo para mantener condiciones secas en las áreas de trabajo.
- **Pozo de Infiltración de la Quebrada San Francisco:** Parte del agua requerida para la operación de la planta concentradora será extraída del acuífero aluvial de la Quebrada San Francisco, desde un pozo de infiltración.
- **Depósito de Relaves:** La filtración del agua contaminada del depósito de relaves podría tener un efecto negativo en la calidad del agua del subsuelo.

Los pobladores de Tambogrande y del Valle de San Lorenzo han expresado sus preocupaciones acerca de los potenciales impactos negativos que podría tener sobre el agua del subsuelo el desarrollo de la Mina Tambogrande. Las principales preocupaciones son:

- La contaminación del agua de subsuelo por las filtraciones provenientes del tajo abierto y del depósito de relaves que podrían afectar los cultivos del valle,
- Una depresión de la napa freática en el área del Bosque Seco al sur del Río Piura, donde el algarrobo abunda.

Para predecir y evaluar los impactos potenciales en la cantidad y la calidad del agua subterránea, se han desarrollado modelos matemáticos para evaluar los efectos que cada uno de los componentes de la mina podrían causar en los acuíferos regionales. Esta sección se presenta un resumen de la metodología utilizada y de los resultados

obtenidos de la modelación del flujo del agua subterránea y de transporte de contaminantes para el Proyecto Tambogrande.

6.5.1 Metodología de Modelación

La modelación se llevó a cabo usando un Sistema de Modelación BOSS para Agua Subterránea (GMS). Se utilizó la plataforma de software MODFLOW para la modelación del flujo y el software de transporte de masa MT3D para el modelo de transporte de contaminantes.

El modelo incluyó un área de aproximadamente 20 km por 28 km, con un alcance desde los afloramientos del basamento rocoso al suroeste de la mina, a una distancia de por lo menos 10 km río arriba del Río Piura y la Quebrada San Francisco, 12 km Río abajo de la mina y extendiéndose desde 20 km al sur de la mina hasta 6 km a 8 Km al norte de la mina. Esto incluye más de 26 km a lo largo del río Piura.

La modelación se llevó a cabo en cuatro fases:

- Pruebas de calibración de flujo consistente, para calibrar la conductividad hidráulica de la formación Tambogrande.
- Pruebas de flujo variable para el drenado del tajo con el fin de evaluar la extensión del cono de depresión y para tener un estimado del impacto de tajo en el flujo base del río.
- Simulaciones de la variación del flujo de la galería de filtración de la Quebrada San Francisco, para determinar el impacto que podría tener el bombeo en las arenas del canal de la quebrada San Francisco, durante un largo período de sequía.
- Pruebas de flujo continuo y variación del transporte de las filtraciones desde el depósito de relaves luego del cierre.

Se asumió que la recarga superficial era de 35 mm por año (10% del promedio de lluvias anuales), excepto en áreas donde aflora el basamento rocoso, donde se asumió que era de 3.5 mm por año. También se asumió que en la zona del norte del río Piura, el índice de recarga es de 100 mm por año, para tener en cuenta la filtración desde los

terrenos agrícolas de irrigación que se ubican al norte del río. Durante las épocas de sequía, el índice de recarga fue establecido conservadoramente en 0 mm por año para las áreas no irrigadas (aunque durante los años de sequía, la precipitación es del orden de 50 mm por año).

Los modelos de flujo-continuo y variable fueron establecidos con hasta 5 capas verticales, tal como se indica y comenta en la Tabla 6.15. Dentro de cada capa existen hasta 5 zonas de conductividad hidráulica definidas, sobre la base de la geología del área.

Tabla 6.15 Modelo de Capas del Agua de Subterránea

Capa	Espesor aproximado saturado en el depósito de relaves/área del tajo (m)	Elevación aproximada en el depósito de relaves/área del tajo (m)	Unidades estratigráficas
1	5	58 a 70	Formación de canales de arena en Tambogrande – A lo largo del Río Piura, Quebrada Carneros y Quebrada Socarrón Arenas eólicas – al Sur del Río Piura Cerca de la superficie del Lecho de roca (2 lomas)
2	6	52 a 58	Formación de canales de arena en Tambo Grande – A lo largo del Río Piura, Quebrada Carneros y Quebrada Socarrón Arenas eólicas – al Sur del Río Piura Cerca de la superficie del Lecho de roca (2 lomas)
3	4.5	47.5 a 52	Formación de Tambo Grande Cerca de la superficie del Lecho de roca (2 lomas)
4	4.5	43 a 47.5	Formación de Tambo Grande Cerca de la superficie del Lecho de roca (2 lomas)
5	5	38 a 43	Formación de Tambo Grande Cerca de la superficie del Lecho de roca (2 lomas)

Las conductividades hidráulicas mostradas en la Tabla 6.15 fueron calibradas con los datos de monitoreo de los pozos, asignándose una carga constante y límites de no-flujo a cada uno de las cinco capas. La conductividad del lecho para el río Piura fue

reducida en un orden de magnitud por debajo de la de las quebradas, para reflejar el efecto de las arenas más finas en el cauce del río Piura.

Tabla 6.16 Parámetros Hidráulicos y de Transporte Usados para el Método

Unidad	Conductividad Hidráulica Horizontal K_h (m/s)	Conductividad Hidráulica Vertical K_v (m/s)	Almacenaje específico (m^{-1})	Rendi- miento específico	Porosi- dad
Formación Tambogrande	4×10^{-5}	4×10^{-6}	2×10^{-4}	0.1	0.35
Formación Tambogrande (Zona de permeabilidad alta)	1×10^{-3}	1×10^{-4}	8×10^{-4}	0.2	0.25
Cauces de arena	2×10^{-4}	2×10^{-5}	8×10^{-4}	0.2	0.25
Arenas eólicas	7×10^{-5}	8×10^{-6}	8×10^{-4}	0.2	0.25
Cerca de la superficie del basamento rocoso	1×10^{-6}	1×10^{-7}	5×10^{-6}	0.01	0.02

6.5.2 Impacto de Drenaje del tajo

El flujo natural del agua de subsuelo es hacia el río Piura; a lo largo de las riberas norte y sur del mismo, tal como se ha indicado en el Capítulo 3. Actualmente, sin ningún desarrollo minero, el promedio anual estimado de la descarga del agua de subsuelo hacia el río Piura es de aproximadamente $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ a $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$

El impacto del tajo abierto sobre los niveles piezométricos y sobre la descarga en el río fue modelado reduciendo los niveles de la napa freática alrededor del perímetro del tajo abierto. En el transcurso del período de construcción, el nivel del agua subterránea a lo largo del borde del tajo fue reducido desde los niveles anteriores a la explotación minera de 59 msnm para el primer mes, a 55 m para los siguientes seis meses y finalmente a 50 metros en dos años, por un período total de simulación de construcción de 2 años y siete meses. Para los períodos de operación, el nivel del agua a lo largo del borde del tajo fue reducido a 38 msnm, la elevación promedio del contacto del suelo-basamento rocoso, por un período de 12 años.

El modelamiento del agua de subterránea predice que en condiciones promedio, el segmento de 2.1 km del río Piura que se extiende río arriba desde la confluencia con la Quebrada Carneros, experimentará el mayor impacto como resultado del drenado.

Al final de la vida útil de la mina, la porción del lecho del río más cercano al tajo experimentará la mayor influencia durante la estación seca. Este segmento del río se ubica entre dos lomas del basamento rocoso, uno asociado con el depósito de Tambogrande y el otro ubicado a 1.5 km al este, lugar donde será construida la planta concentradora. Estas lomas del basamento rocoso, esencialmente contienen depresiones en la zona que va desde el área del tajo hasta la que queda entre ellos. Se anticipan reducciones menores en el flujo base para el segmento de 1.2 km inmediatamente río abajo del tajo. No se anticipan impactos significativos en la descarga del agua del subsuelo hacia otras secciones del Río Piura. Las reducciones de la recarga del flujo base se basan en una referencia anual promedio (ver Sección 6.4 para la evaluación del impacto en el flujo de agua superficial en el Río Piura).

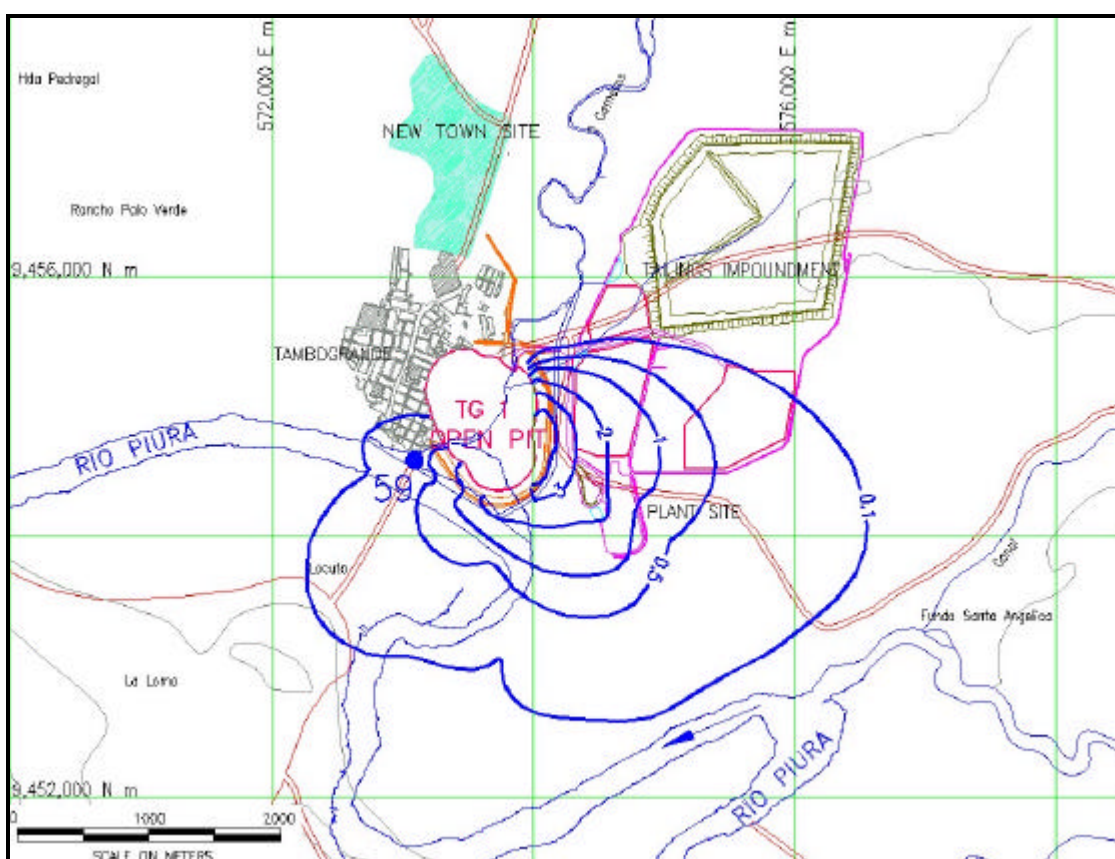
Tabla 6.17 Cambio en la Descarga promedio Anual de Agua de Subterránea a la Cuenca del Río Piura, debido al drenaje del Tajo

Segmento del Río Piura	Largo (km)	Fin del primer año de operaciones	Fin de explotación activa, antes de la inundación del pozo
<i>Confluencia real río arriba con Qda. Carneros</i>			
1 – Río arriba de Qda. San Francisco (QSF)	8.2	0%	0%
2 – Entre QSF y Estación SG	2.9	2%	6%
3 – Aguas arriba del tajo abierto	2.1	40%	91%
<i>Confluencia río abajo con Qda Carneros</i>			
4 – Inmediatamente aguas abajo del tajo	1.2	9%	22%
5.–Inmediatamente agua debajo de Palo Verde	2.5	0%	1%
6.–Aguas arriba de Las Mercedes	2.2	0%	1%
7.–Aguas arriba de Qda. Los Luises	3.1	0%	1%
8 –Inmediatamente río arriba de Qda Chica	4.1	0%	0%

El impacto estimado del drenaje del tajo sobre el régimen del agua del subsuelo del área de Tambogrande se muestra en la Figura 6.3. Las reducciones en la carga piezométrica en las capas 2 hasta la 5 son menores que la de la capa 1. La figura 6.4 muestra que la colina de Tambogrande actúa como barrera para el flujo del agua subterránea proveniente del noroeste, minimizando así las reducciones en la carga piezométrica al noroeste del tajo. El cono de depresión causado por el drenaje del tajo se extiende hacia el este y el noreste, con el contorno del descenso de nivel de 1 m

ubicado aproximadamente a 1 km. al sureste del borde del tajo. Existe un impacto menor (<0.5 m descenso de nivel) al sur del río, en la región del bosque Seco, donde crecen los algarrobos.

Figura 6.3 Depresiones en la Capa 1 al Final del período de Operaciones (Contornos de 0.1, 0.5, 1, 2 y 3 m)



6.5.3 Impacto de la Galería de Infiltración de la Quebrada de San Francisco

Durante los períodos estacionales de caudal bajo en el Río Piura, se utilizará una galería de infiltración en las arenas del cauce de la Quebrada San Francisco para abastecer de agua de proceso a la planta. La influencia del bombeo sobre el agua superficial se indica en la Sección 6.5.2. Con la finalidad de evaluar el impacto de este bombeo sobre el sistema del agua de subsuelo, el dominio del modelo para el área de la mina se extendió hacia el Este y la estratigrafía fue afinada para reflejar más

fielmente las observaciones hechas en el campo. Las condiciones de flujo constante iniciales fueron determinadas usando un índice de recarga de 100 mm por año. Luego, se llevaron a cabo simulaciones de sequía sobre el modelo expandido.

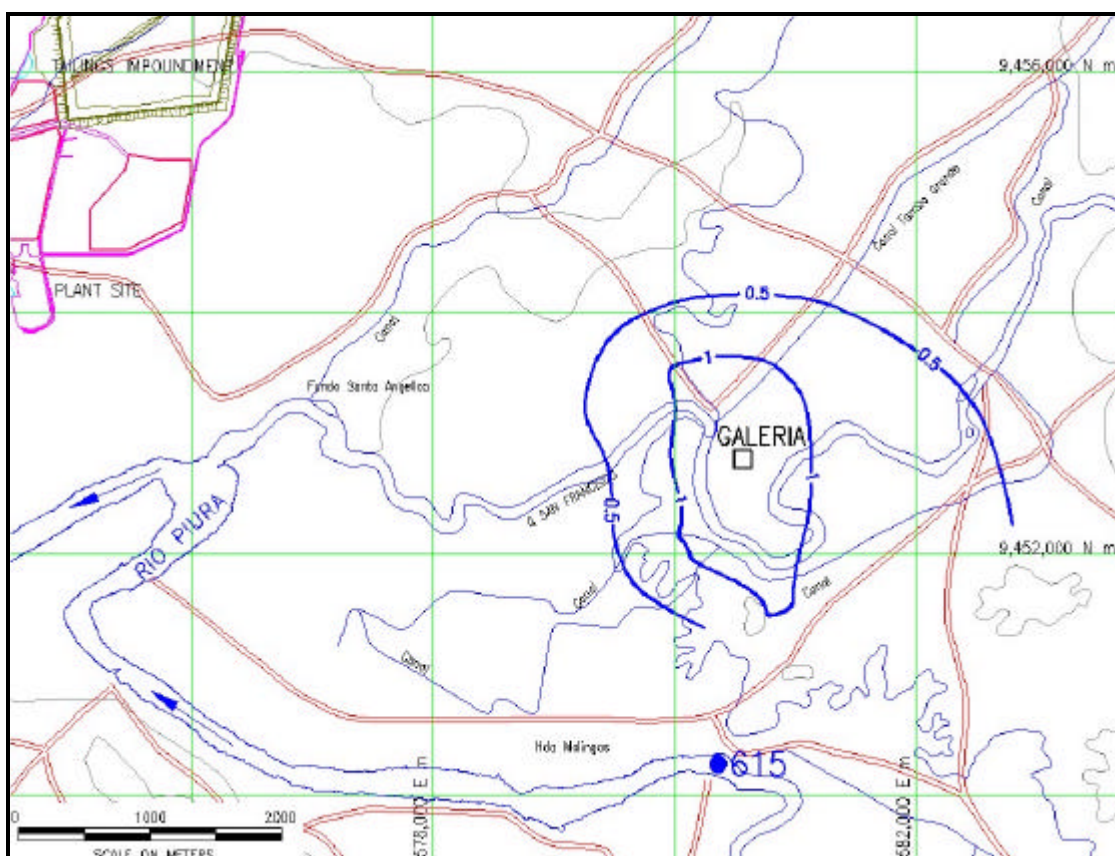
Simulaciones del peor caso de sequía fueron realizadas tomando en cuenta un caso extremo de dos años sin lluvia. Debe considerarse que la hidrología del Río Piura es tal que durante un mínimo de 4 a 6 meses del año, una cantidad suficiente de agua estará disponible en el tajo para abastecer una porción significativa, si no total de la reserva alternativa. En consecuencia, el socavón de filtración nunca tendrá que funcionar durante todo el año. La reducción incremental en la carga piezométrica se muestra en la figura 2. y es mayor en la cercanía del afloramiento de los lechos de roca. La ubicación del socavón de filtración aún no ha sido optimizada con relación a la proximidad del afloramiento del lecho de roca y puede ser reubicada durante la complementación del diseño final y la construcción con la finalidad de reducir el impacto.

El descenso de nivel máximo resuelto por el modelo es de 4m en la socavón de filtración. El radio de la zona de 0.5 m del contorno de descenso del nivel es de aproximadamente 1.8 Km., mientras el radio del área que experimenta más de 1 m de descenso de nivel incremental es menor a 0.8 Km. Esta área es principalmente una de baja productividad agrícola, ubicada dentro de las llanuras inundadas de la Quebrada San Francisco.

La capacidad de las arenas de la Quebrada de San Francisco para proporcionar el suplemento de agua que se requerirá durante una sequía, es altamente dependiente de la conductividad hidráulica. La figura 6.5 muestra los resultados cuando se les asignó una conductividad hidráulica de 1×10^{-2} m/s. Cuando ésta fue reducida por un factor de cinco a 2×10^{-3} m/s, los pozos podían suplir 150 L/s sólo por seis meses. Se espera que una galería de infiltración localizada aguas arriba en la Quebrada de San Francisco, contenga arenas acuíferas con una mayor conductividad hidráulica. La ubicación final de la galería de infiltración se definirá en la etapa de diseño final.

Se espera que el incremento gradual de la depresión de la napa freática en la vecindad de la galería de infiltración durante un extenso período de sequía, sea similar a las variaciones naturales en napa freática durante períodos de sequedad extrema.

Figura 6.4 Depresión de la Napa Freática luego de Dos Años de Sequía, con Bombeo desde la Galería de Infiltración a 150 L/s (Contornos de 0.5, y 1 m)



6.5.4 Impacto del Transporte de Agentes Contaminantes luego del cierre de la mina

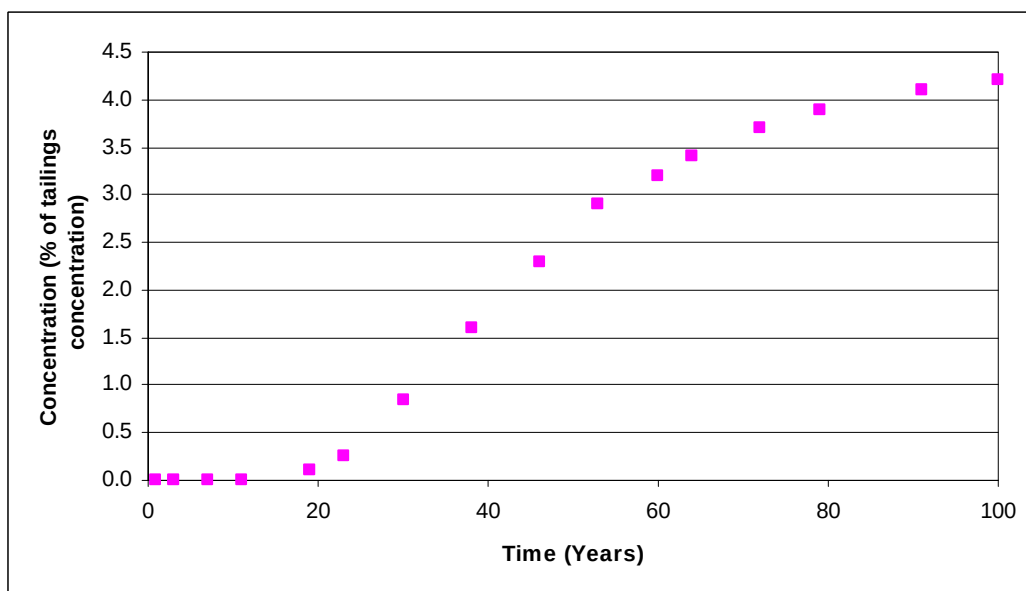
Se realizaron predicciones sobre las concentraciones de contaminantes y cargas luego del cierre de la mina. La simulación del transporte requiere en general de una información mucho más detallada del régimen del flujo subterráneo. Sin embargo, debido a la geología relativamente compleja y a la variabilidad en la conductividad hidráulica de la formación de Tambogrande, no resulta práctico en este momento desarrollar un modelo más detallado. La evaluación de la calidad de agua presentada en la Sección 6.7, asume en forma conservadora que el 100% de todos los

contaminantes que filtren desde el depósito de relaves irán directamente al río Piura. Sin embargo, para hacer una evaluación preliminar del posible desarrollo de plumas contaminantes, se hizo una modelación del flujo de agua subterránea con una capa de 5 metros en la formación de Tambogrande. Esta modelación se hizo utilizando el paquete de recarga MODFLOW, un programa que emplea la técnica de diferencias finitas. El diseño conservador con una tasa de filtración de 1 L/s corresponde a una tasa de recarga de 15 mm/año, que es menor que la recarga natural de 35 mm/año por precipitaciones y de 100 mm/año por irrigación. Las tasas actuales de filtración se encuentren en un rango de hasta 1 L/s. Se asignó a la recarga una concentración de 100% y se le permitió mezclarse con el agua del subsuelo subyacente, formando así una pluma.

Debido a que la tasa de filtración desde el depósito de relaves es menor que la tasa de recarga para la etapa de pre-minado, una gran parte de la filtración que emana de éste va hacia el tajo. La porción de la pluma que se ubica entre el depósito de relaves y el tajo abierto/ Río Piura, podría alcanzar condiciones estables recién en el año 70.

La Figura 6.4 muestra la reducción calculada en la concentración de un metal cualquiera (como sería un metal pesado) en el tajo abierto/ río Piura luego del cierre de la mina. La concentración se muestra como un porcentaje de la filtración desde el depósito de relaves, asumiendo una atenuación o absorción nula. Un soluto reactivo tendrá generalmente una menor concentración en el río que el soluto conservador. El modelo predice que la pluma alcanzará su extensión máxima aproximadamente 100 años después del cierre de la mina. Luego de que la pluma haya alcanzado su máxima extensión espacial, el modelo predice que la filtración del agua del subsuelo en el río tendrá una concentración igual a 4% de la concentración que tiene en el depósito de relaves para un constituyente conservador cualquiera.

Figura 6.5 Predicción de la concentración de la filtración del agua subterránea hacia el tajo abierto, según la concentración en el depósito de relaves (para un flujo de filtración de 1 L/s)



A pesar de que el análisis de transporte presentado en este informe es de naturaleza preliminar, éste indica que la filtración desde el depósito de relaves llegará directamente al tajo abierto de Tambogrande (y luego al río después del cierre de la mina) Se espera que la velocidad será tal, que permitirá que un sistema de monitoreo bien diseñado sea capaz de detectar el frente de la pluma aguas abajo del depósito de relaves durante la primera década después del cierre. Se requerirán investigaciones hidrogeológicas adicionales durante de diseño de detalle y antes del cierre, para verificar los resultados de estos análisis preliminares.

6.5.5 Resumen e impactos residuales

El desarrollo del tajo abierto de Tambogrande tendrá un impacto en el agua subterránea del área localizada inmediatamente al Este del mismo. Se espera que el área Oeste del tajo quede protegida por una depresión significativa de la napa freática, debido a la presencia de la loma de Tambogrande, que actúa como una barrera para el flujo proveniente del oeste. En el área de impacto, la modelación del agua del subsuelo predice que la descarga promedio de agua subterránea hacia el río Piura se reducirá en 91% inmediatamente aguas arriba del tajo, al final de las operaciones. Inmediatamente aguas abajo del tajo, se ha calculado una reducción de 22% en la descarga de agua subterránea. Esto podría ser mitigado recolectando la filtración de la cubierta hacia el río para asegurar que la disminución del flujo aguas abajo del tajo, se reduzca a menos del 10%. Estas reducciones el caudal serán más evidentes durante la temporada seca.

Bajo condiciones extremas de sequía, la extracción continua de 150 L/s del acuífero de la Quebrada de San Francisco podía generar un incremento de la zona de impacto (depresiones de la napa freática mayores de 0.5 m a 1 m) dentro del diámetro de 3.5 km. Este escenario se considera realista para la vida operativa relativamente corta que tendrá la mina.

Las simulaciones del transporte post- cierre indican que toda la filtración del depósito de relaves llegará al tajo abierto. Esto se debe a que la filtración esperada de 1 L/s desde el depósito de relaves corresponde a la tasa de recarga que es menor que el estimado actual de la recarga del agua subterránea. Por lo tanto, no se espera una gran cantidad de agua subterránea por debajo del depósito de relaves. Se espera que las concentraciones aguas abajo del depósito de relaves se incrementen gradualmente durante aproximadamente 60 años luego del cierre. Se calcula que la concentración máxima del agua del subterránea en el tajo abierto del orden del 4% de la concentración del agua que filtre a través de la base del depósito de relaves. Debido a la baja concentración calculada y a la velocidad de la pluma relativamente baja, un

sistema bien diseñado e implementado debería ser capaz de detectar el frente de la pluma antes de que ésta llegue al tajo abierto.

RESUMEN DEL TEMA 4.1 – El desagüe del tajo abierto deprimirá la napa freática al sur del río Piura y generará un impacto sobre los bosques de Algarrobo y los poblados que dependen de éstos para su supervivencia.

- Potencial de ocurrencia – Improbable; los modelos numéricos indican una depresión de la napa freática de hasta 0.1 m en el área de los algarrobos.
- Impacto – Insignificante. Las fluctuaciones naturales de la napa freática se estiman en 5 a 10 m.
- Extensión geográfica – La napa freática se deprimirá de 0.5 a 1 m hasta un área aproximada de 4 km², sólo en la zona norte del río.
- Duración/ frecuencia – Potencialmente todo el tiempo que dure la operación (con excepción de los años de El Niño, cuando debería producirse una elevación significativa de la napa freática en el acuífero de las arenas eólicas).
- Plan de Mitigación – No requerido. Sin embargo, en el caso de que el monitoreo indique que el modelo es incorrecto y se observen caídas significativas en los pozos de monitoreo, el agua podría ser inyectada hacia el acuífero durante las estaciones húmedas y guardada para la temporada seca siguiente. Esto se puede implementar usando una serie de pozos de inyección.
- Reversibilidad – Reversible luego del cierre. – La estabilización de la napa freática debería ocurrir luego de 1 a 2 años.
- Impactos residuales- Ninguno
- Nivel de confianza – Moderado

RESUMEN DEL TEMA 4.2 – El drenaje del tajo abierto deprimirá el nivel freático al norte del río Piura e impactará potencialmente las áreas agrícolas (ej: huertos de árboles frutales) que están localizados en su mayoría al noreste del área del proyecto.

- Potencial de ocurrencia – Improbable. Los modelos numéricos indican que la depresión del nivel freático, ocurrirá al norte del río Piura, dentro del área de la mina y tendrá un efecto mínimo sobre la agricultura.
- Impacto – Bajo. El nivel del agua subterránea se verá expuesto a los cambios que podrían ser similares a las variaciones normales que ocurren en los años extremadamente secos.
- Extensión geográfica – Las áreas mayormente impactadas están dentro de las áreas de la mina, donde no existe agricultura;
- Duración / frecuencia – Potencialmente todo el tiempo durante la operación, con incrementos menores del nivel freático durante los años de El Niño.
- Plan de Mitigación – Riego localizado de árboles y arbustos plantados por Manhattan.
- Reversibilidad – Reversible luego del cierre de la mina. La recuperación del nivel de la napa freática podría extenderse más allá de una temporada de lluvias.
- Impactos – Ninguno
- Nivel de confianza – Moderado

RESUMEN DEL TEMA 4.3 – La galería de infiltración generará una depresión importante de la napa freática en la cuenca de las quebradas San Francisco/Socarrón.

- Potencial de ocurrencia – Improbable, las depresiones de la napa freática ocurrirán sólo durante condiciones extremadamente secas/sequías que no es muy probable que se ocurran durante la vida de la mina.
- Impacto - bajo – La variaciones del nivel de la napa freática deberían ser similares a las que ocurren naturalmente en años extremadamente secos.
- Extensión geográfica – Durante la operación y durante períodos de sequía extensos, aproximadamente 2 km² pueden ser afectados por una disminución en el nivel freático del orden de 1 a 4 m. 7 km² adicionales podrían experimentar de 0.5 a 1 m de depresión en el nivel freático.
- Duración/ frecuencia – potencialmente cada año, durante la temporada seca en la fase de Sulfuros, es probable que el sistema necesite trabajar

durante algo mas de un año, si se presentaran condiciones de sequía extrema.

- Plan de Mitigación – Incremento potencial en irrigación, reducción de las tasas de bombeo, suplemento alternativo de abastecimiento de aguas subterráneas.
- Reversibilidad – Reversible sólo luego del cierre de la mina, cuando ya no se requiera abastecimiento de agua. La recuperación completa del nivel del agua subterránea podría tomar entre 1 y 2 años.
- Impacto Residual – Baja probabilidad de impacto durante condiciones extremas de sequía.
- Nivel de confianza - Moderado

RESUMEN DE TEMA 4.4 – Las operaciones en la mina generará una degradación en la calidad del agua de subterránea.

- Potencial de ocurrencia – Baja probabilidad, debido a la instalación del revestimiento compuesta en la base del depósito de relaves.
- Impacto bajo – Se anticipan cambios menores en la concentración del agua de subsuelo. No se usa como agua potable debido a su salinidad natural alta y a la dificultad de extraerla por el bajo rendimiento de los pozos.
- Extensión geográfica – El agua de subsuelo fluye en dirección suroeste desde el depósito de relaves hacia el río Piura.
- Duración/frecuencia –. Durante las operaciones, todas las filtraciones se discurrirán hacia el tajo abierto. Al cierre de la mina, se podría desarrollar una pluma de agua subterránea en un período de 10 años.
- Plan de mitigación – El revestimiento de bentonita atenuará el efecto de los metales disueltos. Si se detectara filtración contaminada en los pozos de monitoreo, las aguas serían recolectadas y re-bombadas hacia el depósito de relaves o tratadas antes de ser descargadas.
- Reversibilidad – Reversible en un período muy largo de tiempo.
- Impacto residual – Baja probabilidad que será mitigada por el tiempo que sería necesario para el desarrollo de la pluma. Esto permite el tiempo

suficiente para monitorear y poner en práctica medidas adicionales de litigación, si éstas fueran necesarias.

- Nivel de confiabilidad - Moderado

Figura 6.6 Dirección del Flujo Natural del Agua de Subsuelo en el Area del Proyecto

Figura 6.7 Dirección del Flujo del Agua de Subsuelo durante la Operación de la mina

Figura 6.8 Dirección del Flujo del Agua de Subsuelo luego del cierre

6.6 Calidad del agua

6.6.1 Principales temas

El Proyecto Tambogrande tiene el potencial de afectar la calidad del agua superficial natural en su área de influencia. Los siguientes son los componentes del Proyecto que podrían tener un impacto negativo en la calidad del agua superficial:

Tajo abierto: La explotación minera del depósito mineral a través de la excavación de la superficie, modificará la topografía actual del terreno, y creará un tajo abierto que se desarrollará por debajo de la napa freática. El tajo abierto se convertirá en un sumidero para agua subterránea durante la vida activa de la mina, debido a que toda el agua que se filtrará hacia el tajo será recolectada y bombeada para mantener secas las áreas de trabajo. La explotación expondrá mineral y roca estéril que contiene sulfuros y metales pesados. El arrastre de partículas suspendidas que contienen metales pesados podría dar como resultado la liberación directa de metales pesados hacia el ambiente. Además, la oxidación de los sulfuros y la generación de drenaje ácido también podría lixiviar metales pesados, llevándolos hacia la solución.

Roca estéril: Parte de la roca estéril que se extraerá del tajo abierto contendrá sulfuros y metales pesados. Si este material no es manejado adecuadamente, existe el potencial de liberar partículas que contengan metales pesados y drenaje ácido que contenga estos metales en solución.

Depósito de relaves: El agua de la pulpa de relaves contendrá complejos de cianuro y metales disueltos. La filtración de agua contaminada proveniente del depósito de relaves podría tener un efecto negativo en la calidad del agua subterránea. El agua subterránea se descargará finalmente al Río Piura y podría afectar adversamente la calidad del agua superficial. Si el depósito de relaves llegase a desaturarse, permitiendo la oxidación de los sulfuros, también filtraría drenaje ácido cargado de metales a través del agua subterránea, hacia el río.

Otros impactos potenciales se derivan de posibles derrames y liberación de materiales tales como, concentrados, reactivos, combustibles y lubricantes, y sedimentos provenientes de la escorrentía en el área del proyecto.

6.6.2 Impactos durante la construcción

La etapa de la construcción incluirá el desarrollo preliminar (excavación) del tajo abierto para proporcionar materiales de construcción para las presas del depósito, además de la construcción de la planta y las instalaciones afines. Las excavaciones requerirán de la eliminación del agua y de la disposición, tanto de suelos drenados como saturados. Todo el drenaje proveniente de las áreas de trabajo se conducirá hacia los canales y las pozas de sedimentación para su clarificación. Durante los períodos de lluvias fuertes, la carga natural de sedimentos en el Río Piura es alta y no se espera que las actividades de construcción tengan un efecto importante. En general, toda la descarga se manejará de manera tal que no exceda las cargas naturales de sedimentos en más del 10%. Los puntos de transferencia de combustible y las áreas para mantenimiento de equipos contarán con bermas de contención y tendrán sus propios sumideros de recolección para capturar todo derrame y evitar su descarga al ambiente.

6.6.3 Impacto durante las operaciones

Durante las operaciones, las principales fuentes potenciales de contaminación de agua incluyen las instalaciones de relaves, el tajo abierto, los botaderos de roca estéril y la escorrentía proveniente del área del proyecto.

El tajo abierto actuará a manera de una “depresión” del agua subterránea durante las operaciones, de manera tal que todo el flujo de agua subterránea proveniente del depósito de relaves y la filtración dentro del área del proyecto ingresará al tajo abierto y se convertirá en parte del suministro de agua para el proyecto. Se construirá un sistema de recolección de filtración es del material de cubierta alrededor del perímetro del tajo abierto en el contacto suelo/basamento rocoso. Por lo general, la filtración del material de cubierta recolectada se regresará al depósito de relaves, aunque durante los períodos de caudal bajo en el Río Piura, el agua se descargará nuevamente al río. El caudal se conducirá a través de la poza de sedimentación si hubiera un nivel alto de sólidos en suspensión. Durante la estación de caudales altos, cuando el río está

naturalmente turbio, el agua se descargará al río únicamente cuando contenga no más de 10% de sólidos en suspensión que el que contiene cuerpo receptor. Por ejemplo, si el río contuviera 200 mg/L de sólidos suspendidos, la descarga proveniente del tajo o de las pozas de sedimentación contendrá siempre menos de 220 mg/L.

El agua superficial que no discurren directamente hacia el tajo abierto o hacia el depósito de relaves, será recolectada en pozas de sedimentación antes de su descarga. Las descargas provenientes de las pozas de sedimentación cumplirán con los límites establecidos para efluentes mineros.

Toda la roca estéril que genere ácido y la roca estéril que potencialmente pudiera generar ácido, será almacenada en el depósito de relaves para evitar su oxidación. La roca estéril neutra se usará para la construcción de la presa de relaves. Se construirá una zanja de recolección de filtraciones alrededor del depósito de relaves para recolectar y monitorear la filtración y el agua de escorrentía proveniente de éste. El agua que no cumpla con los criterios de descarga será devuelta al depósito de relaves.

Durante las operaciones, la filtración drenará hacia el tajo abierto, y podrá ser recolectada y regresada al embalse. Se ha elaborado un modelo tri-dimensional MODFLOW del agua subterránea, para evaluar el destino y el transporte de la filtración y de los contaminantes potenciales provenientes del depósito de relaves hacia el Río Piura (Klohn Crispen, Informe de Relaves, 2002). La etapa crítica del proyecto se presentará al momento del cierre, cuando el régimen del flujo de agua subterránea será restablecido y discurrirá hacia el Río Piura.

6.6.4 Impactos luego del cierre de la mina

Cuando se dé inicio a los trabajos de inicio de la mina, Manhattan conocerá muy bien el comportamiento de la oxidación de los taludes del tajo y podrá proporcionar la neutralización adecuada en la forma de adición de cal a las superficies del talud del tajo antes de su inundación. Esto atenuará el efecto de la oxidación que podría haberse acumulado antes de la última lluvia. Se bombeará el agua del tajo para

secarlo y extraer de él toda afluencia contaminada, antes de inundarlo con agua de río. En consecuencia, no se espera que la inundación del tajo afecte adversamente la calidad del agua del río Piura.

El depósito de relaves ha sido diseñado con un sistema de revestimiento de bentonita geomembrana-arcilla, el cual tendrá un régimen de filtración muy bajo.

Las Tablas 6.17 y la proporcionan un estimado de las concentraciones de metal en el Río Piura durante las condiciones de caudal bajo, sobre la base los estimados de filtración desde el depósito de relaves. Los estimados son conservadores y se basan en los siguientes supuestos:

- Que habrá atenuación cero a medida que la filtración se desplace a través del sistema de revestimiento de bentonita. La bentonita tiene una alta capacidad para atenuar los metales y esto proporcionará un factor adicional de seguridad que no ha sido calculado. En el diseño de detalle se llevará a cabo un trabajo sobre este aspecto.
- No se está considerando con la atenuación adicional, debido a la volatilización y degradación con luz solar del cianuro. Dada la baja elevación, la proximidad al Ecuador y la gran cantidad de días con luz solar, la atenuación adicional debe ser significativa.
- Se ha asumido un régimen de filtración común de 1 L/s para el análisis de carga, mientras que el régimen de filtración calculado para el sistema de revestimiento compuesto es de 0.05 L/s. Además, el régimen de filtración para la fase de óxidos debe ser aproximadamente 25% del régimen de filtración de la fase sulfuros, debido a la menor superficie del embalse.
- La calidad del agua de la carga contaminante será la misma que el agua sobrenadante de proceso para las operaciones de los proceso de óxidos y de sulfuros. Esto supone ausencia de dilución o atenuación en la poza de relaves, pero también supone ausencia de generación significativa de ácidos y lixiviación de metales –lo que no se espera que suceda debido a las condiciones saturadas que se mantendría en el depósito de relaves.
- No hay absorción, atenuación o dilución a lo largo de la ruta del flujo de filtración desde el depósito de relaves hasta el Río Piura. El modelo preliminar de pluma que se presenta en la Sección 6.6.5 indica que las concentraciones reales de metales en el agua subterránea adyacente al Río Piura debe ser 5% de las concentraciones en la poza de relaves, sobre la base de la dilución únicamente.

- La calidad de agua no incluye la calidad del agua de base en el Río Piura. La mediana del caudal anual en el Río Piura es 8,300 L/s, y la mediana del caudal bajo es 900 L/s. Durante períodos secos extremos, este caudal puede reducirse de manera significativa. El monitoreo del caudal en la temporada de caudal bajo es muy difícil y los sistemas existentes tienen como límite de medición más bajo 100L/s. Las mediciones de línea de base del caudal indican que un caudal diario medio de menos de 100 L/s se presenta aproximadamente el 4% de las veces. Concordantemente, se ha seleccionado un valor mínimo de caudal bajo de 10 L/s como la condición extrema. Durante los períodos de caudal bajo extremo, la calidad del agua en el Río Piura se degrada en forma natural, debido a la influencia del caudal base de aguas subterráneas salinas.

El análisis de carga de metal es y de filtración indica que la influencia potencial sobre el Río Piura al cierre ser baja (de menos de un día cada dos años). En la Tabla 6.21 resalta el mercurio, con un ligero excedente durante eventos de caudal bajo en el Río Piura. Esto no se considera un aspecto significativo, debido a los supuestos conservadores que se han señalado línea arriba. Además, el mercurio parece estar relacionado únicamente con una parte del mineral oxidado, ya que; de dos muestras de los relaves de óxidos, una tenía mercurio no detectable y la otra tenía el nivel que ha sido utilizado en estos cálculos.

6.6.5 Resumen e Impactos Residuales

RESUMEN SOBRE EL TEMA – Las filtraciones provenientes del depósito de relaves podrían generar un impactor en la calidad del agua del Río Piura.

- Posibilidad de que esto ocurra – Sólo sería posible después del cierre del tajo abierto. Durante las operaciones, toda la filtración potencial proveniente del área del depósito de relaves ingresará al tajo abierto. Los impactos sobre la calidad del agua posteriores al cierre, son posibles sólo cuando el caudal del río sea menos de 100 L/s y si la filtración proveniente del depósito hubiera excedido consistentemente 1 L/s. La dilución del agua de filtración tendrá reducidas concentraciones afectadas por un factor de 25 veces, incluso a un régimen de filtración de 1 L/s, antes de que la pluma de contaminantes llegue al río.
- Impacto – Ligero (cuando el río fluye a 100 L/s) a moderado (cuando el caudal del río sea inferior a 20 L/s)

- Extensión geográfica – No habrá impactos durante la operación. Al cierre, el ancho de la pluma de contaminante podría ser de hasta 4 km (asumiendo una pluma de contaminante del tipo fuente no puntual, proveniente de varias fugas por debajo del embalse)
- Duración/frecuencia – Si se presentaran fugas, éstas podrían ser continuas.
- Mitigación planificada – Los criterios de diseño de la filtración del revestimiento compuesto (PEAD y bentonita) será <0.1 L/s, a pesar de que se ha usado un régimen conservador de filtración de 1 L/s para la evaluación del impacto. Si se presentarán valores por encima de los límites máximos permisibles en el agua subterránea cerca al río, que pudieran tener un impacto potencial en la calidad del agua del río durante condiciones extremas de caudal bajo, los pozos interceptores se activarían y el agua de descarga sería bombeada de retorno al depósito de relaves.
- Reversibilidad – Reversible después de muchos años. Tomará entre 20 y 70 años para alcanzar las concentraciones máximas en la pluma contaminante. Después de eso, las concentraciones regresarán gradualmente a los valores de línea base.
- Impacto residual– Efecto potencial en el largo plazo, pero de nivel bajo
- Nivel de confianza - Moderado

Tabla 6.17 Aproximaciones de la calidad del agua en el Río Piura luego del cierre debido a fugas de filtración de 1 L/s desde el Depósito de Relaves de Óxidos

Tabla 6.18 Aproximaciones de calidad de agua en el Río Piura luego del cierre, debido a un régimen de filtración de 1L/s proveniente del depósito de Relaves de Sulfuros

6.7 Ecología terrestre

Se evaluaron los impactos potenciales, que podrían ser provocados por cada uno de los componentes del proyecto en el ecosistema terrestre, en relación a lo siguiente:

- Los hallazgos del programa de monitoreo de línea de base de ecología terrestre, con particular énfasis en a los componentes ambientales valiosos seleccionados; y
- El grado en el cual se pueden evitar, minimizar o revertir los efectos previstos, a través de controles ambientales incorporados, medidas de mitigación y rehabilitación.

Los siguientes componentes valiosos del ambiente terrestre fueron seleccionados para el análisis:

- Ecosistemas de bosque seco tropical (“algarrobal”);
- Tierras agrícolas; y
- Disponibilidad de agua.

A continuación se resumen los fundamentos empleados para seleccionar cada uno de estos componentes:

Bosque seco tropical

Se seleccionó al bosque seco tropical debido a su biodiversidad naturalmente importante, múltiples usos por parte de la población humana y su escasez creciente en la región. El bosque seco tropical de la región Tumbes/Piura ha sido calificado como en peligro de extinción y se le ha asignado un nivel de prioridad “muy alto” para la conservación de la biodiversidad a nivel de Latinoamérica y la región del Caribe (Dinerstein et al. 1995). Sin embargo, con El Niño de los últimos 10 a 20 años, parecería que el bosque seco es menos sensible de lo que ha sido en períodos más secos.

La especie de árboles predominante de este ecosistema, el “algarrobo” (*Prosopis pallida*), una especie conocida en Norteamérica como “mesquite”), ha sido calificado por el Centro de Datos de Conservación del Instituto de Recursos Naturales (INRENA) en la categoría de “especie en peligro de extinción” (Del Carpio, 1996). Se sabe también de otras especies de algarrobo que se dan en el área. El algarrobo y la comunidad de plantas afines¹ se han adaptado al clima bastante árido del área del proyecto. Como miembro de la familia de las leguminosas (Fabaceae), el *Prosopis* es un huésped de bacterias que fijan el nitrógeno en nódulos a lo largo de sus raíces (Bainbridge and Virginia, 1990) y por esa razón cumple un papel importante en el aumento de la fertilidad de los suelos (Barnes and Archer 1996). En el Desierto Sonora en Norteamérica (Rundel et al. 1982; Geesing et al. 2000) se han medido en la *P. Glandulosa* índices de fijación de nitrógeno de 66 a 90 lbs/acre/año (74 – 101 kg/ha/año)

Una amplia diversidad de especies silvestres vive en y alrededor de los algarrobales, los que pueden variar desde árboles bastante espaciados de la sabana hasta grupos más densos de bosque ribereño. El algarrobo es también un recurso importante de subsistencia y de valor comercial para la población local. Las hojas se utilizan como forraje para animales, el fruto se cosecha para forraje y para consumo local o venta como ingrediente para alimentos y la madera se usa como combustible, como material de construcción y para otros fines. Debido a los índices no sostenibles de explotación de la madera para subsistencia y la venta de ésta por parte de las poblaciones locales, se considera que la abundancia del algarrobo está decayendo, particularmente cerca de los centros urbanos en crecimiento. Los hábitats de vida silvestre que dan estos asentamientos también han disminuido en el ámbito regional. Se prevé que el crecimiento urbano futuro ejercerá una mayor presión sobre el algarrobo.

Uso de tierras agrícolas

En la actualidad, el principal uso de las tierras en el área del proyecto es la agricultura para la producción de cultivos comerciales y para subsistencia. Se exporta al resto

¹ Los grupos de estos árboles se conocen en el Perú como “algarrobal” y en plural “algarrobales.”

del país y al extranjero frutas como el mango, limón, papaya y otros. Los estudios de línea de base identificaron que la alta biodiversidad de fauna, particularmente invertebrados y pájaros, estaba asociada con las tierras agrícolas y los hábitats de huertos. Por este motivo, también se seleccionaron las tierras agrícolas para la evaluación detallada.

Disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua constituye un factor de fundamental importancia en el medio naturalmente árido de los alrededores del desierto de Sechura. Con la excepción de las plantas de raíces profundas que pueden acceder a la humedad proveniente de la napa freática, se usan preferentemente los recursos de agua superficial. Más aún, el agua subterránea en el área del proyecto es bastante salina y tiende a ser de baja calidad para el consumo humano y la irrigación. Los altos niveles de productividad agrícola en una gran parte del área al norte del Río Piura son posibles gracias a un extenso sistema de irrigación que es alimentado por recursos de agua superficial. La red de irrigación es también la principal fuente de agua para consumo humano en esta área.

Las tierras que se ubican al sur del río Piura, y en otras áreas donde no se dispone de sistemas de irrigación, dependen de su proximidad a los recursos superficiales de agua para el consumo humano, agua para el ganado y para la agricultura de la planicie inundable. Las mismas tierras están también expuestas a la inundación durante los eventos de El Niño.

Se evaluaron los efectos del proyecto sobre la agricultura y la ganadería principalmente en términos ecológicos, conjuntamente con la vida silvestre. Los aspectos socio-culturales y económicos relacionados, se tratan aparte en el Capítulo 10 de este informe.

6.7.1 Límites

El radio de influencia del Proyecto se extiende desde el emplazamiento de la mina hacia el medio ambiente que lo circunda. Para los fines de evaluar los impactos biofísicos terrestres, se examinó el área geográfica que podría ser potencialmente afectada por el proyecto en cuatro niveles en función de la distancia desde el emplazamiento de la mina. Los límites de cada nivel se definieron de la siguiente manera:

- El Proyecto inmediato o emplazamiento de la mina, dentro del recinto cercado propuesto;
- El área local, que comprende la Municipalidad de Tambogrande, el Valle de San Lorenzo y las tierras al lado sur del Río Piura, dentro de un radio de 5 km del emplazamiento de la mina;
- El nivel regional, que se definió como la zona de transición del desierto al bosque seco del noroeste del Perú, con particular referencia al Departamento de Piura; y
- El nivel nacional e internacional.

A continuación se tratan los límites ecológicos y temporales que se relacionan con la ecología terrestre.

6.7.2 Interacciones, temas y preocupaciones potenciales

A continuación se evalúan los principales efectos ecológicos terrestres y las medidas de litigación propuestas, en orden descendente de magnitud relativa.

6.7.2.1 Pérdida directa de cubierta de tierra, flora, fauna y sus hábitats

Para fines de esta evaluación, se asumió que toda el área de influencia de cada componente de la mina se perturbaría durante la fase de construcción². Las áreas

² Sin embargo, la tierra no utilizada para carreteras entre los corredores angostos entre las áreas separadas de los componentes experimentará muy poca perturbación o casi nada.

superficiales de cada tipo de hábitat que podría ser afectado por el desarrollo de la mina se resumen en la Tabla 6.19.

Tal como se muestra en la Tabla 6.19, los componentes del área de la mina y sus instalaciones auxiliares generarán una alteración de aproximadamente 596 ha. La mayor parte de esta superficie son arbustos/sabana o tierras agrícolas, con una menor proporción de bosques y lecho de río, y una pequeña parte de tierras urbanas. Se podrá requerir retirar o perturbar la cubierta de suelo y la vegetación de alguna forma, en todas estas áreas de desarrollo y la vida silvestre residente será desplazada hacia hábitats similares adyacentes.

Tabla 6.19 Hábitats Terrestres que serán Afectados en el Area Inmediata del Proyecto

Componente de la mina	Área Total (ha)	Porcentaje del área total (%)	Bosque (ha)	Sabana (ha)	Tierra de cultivo (ha)	Huerto (ha)	Urbano (ha)
Tajo abierto y diques de derivación	92.47	15.0%	0	61.06*	1.8**	0	29.6
Pilas de suelo y botaderos de roca estéril	50.30	8.0%	3.71	24.01	19.15	3.4	0
Depósito de relaves	244.95	41.0%	33.64	83.74	96.76	30.8	0
Planta Concentradora	18.71	4.0%	0.09	15.62	3.00	0	0
Instalaciones auxiliares	23.61	5.0%	5.30	7.08	10.19	1.05	0
Área “cercada” restante y zona de amortiguamiento	80.00	13.0%	16.00	34.00		25.0	15.0
Nueva área de pueblo	86.00	14.0	12.00	30.00	5.00	25.00	4.00
Hábitat en la mina, zona de amortiguación y zona de expansión del pueblo	596.0	100.0%	71.0	256	136	85.0	49.0
Tipo de hábitat como porcentaje del total	100%		12%	43%	23%	14%	8%

* En la categoría arbustos/sabana se incluye aproximadamente 29 ha de lecho de río en la Quebrada Carneros y en el Río Piura.

** Este valor no incluye una área no determinada de tierras de cultivo efímeras en la llanura inundable del Río Piura.

La pérdida de hábitats naturales y de tierras agrícolas dentro del área de cada componente del Proyecto, se dará casi en su totalidad durante la preparación del lugar o durante la fase de construcción y la pérdida adicional de hábitat durante la operación será insignificante. Los efectos serán irreversibles para parte del tajo abierto y el área de almacenamiento de roca estéril. No obstante, en la mayor parte de las áreas de la instalación minera los efectos durarán sólo hasta el fin del cierre de la mina y serán parcial y totalmente reversibles a través de las medidas de mitigación y de rehabilitación. El principal enfoque de mitigación es la restricción del tráfico vehicular para las vías de acceso, con la finalidad de evitar impactos incrementales sobre el hábitat terrestre. El plan de rehabilitación incluye la recuperación y el

apilamiento de la capa de suelo orgánico proveniente de las diversas áreas de la mina durante la construcción, para el reemplazo de las áreas perturbadas, seguido de la posible suplementación con medios complementarios de crecimiento, siembra de semillas y trasplante durante la fase de cierre. La revegetación del emplazamiento de la mina con especies nativas buscará recrear los hábitat naturales que existieron originalmente. También se restablecerá el potencial agrícola en áreas que sean adecuadas para este uso agrícola.

Una preocupación es la presencia del árbol de algarrobo, *Prosopis pallida*, el cual, a pesar de ser común y abundante en el área inmediata del Proyecto y los alrededores, se considera como una especie en peligro de extinción a nivel regional. Se solicitará durante la construcción de diversos componentes del Proyecto en el área de la mina una cantidad no determinada de estos árboles, que se presentan en hábitats con bosques, arbustos/sabana y de cercos vivos. Sin embargo, el plan de rehabilitación asegurará la mitigación de esta pérdida. Un objetivo específico de este plan de rehabilitación es propagar el algarrobo y otras especies nativas durante la fase de operación, con la finalidad de establecer almácigos para la revegetación del emplazamiento de la mina durante la etapa del cierre.

6.7.2.2 Perturbación y desplazamiento de las poblaciones de vida silvestre

El emplazamiento inmediato de la mina contiene muy pocas áreas de hábitat natural no perturbado, debido al uso relativamente intenso y constante de las tierras que se ha hecho en los alrededores de Tambogrande en las últimas décadas. De igual forma, la variabilidad natural del clima y la disponibilidad de agua es bastante alta sobre una escala anual y multi-anual, particularmente debido a los efectos de El Niño, tal como se discute en detalle en la Sección 3.4. La vida silvestre existente, que comprende a aves, mamíferos pequeños e invertebrados, se han adaptado a un medio bastante variable. Ninguno se considera único en su género, raro o en peligro de extinción. Por estos motivos, la sensibilidad de la vida silvestre en el área del Proyecto se considera baja.

Durante la construcción, las poblaciones de las diversas especies de vida silvestre se desplazarán a hábitats similares dentro y junto a la mina. Los hábitats que contienen la mayor biodiversidad, es decir, áreas ribereñas, zona de arbustos y tierras agrícolas de barbecho, están bien representados fuera del área inmediata de la mina. A pesar de que habrá un cierto grado de mayor competencia temporal entre las poblaciones de vida silvestre desplazadas y las de los hábitat adyacentes que se ubican fuera del área de la mina, este efecto no se considera significativo a nivel local ni regional.

Los impactos incrementales en la vida silvestre animal durante la fase de operación se consideran insignificantes. Las áreas ribereñas, que serán perturbadas durante las primeras etapas de construcción, serán inmediatamente revegetadas y no se perturbarán nuevamente. Por lo tanto, el hábitat ribereño dentro del área de la mina estará disponible para su re-colonización por parte de las poblaciones de vida silvestre animal para cuando la mina comience su operación y se recuperará progresivamente luego. Es importante reconocer también que, en ausencia de la mina propuesta, las áreas de tierras de cultivo son perturbadas periódicamente o en cada estación. Dado el grado de actividad humana en el área inmediata de la mina en la actualidad, los efectos de la voladura, transporte y otras actividades mineras sobre la vida silvestre no se consideran importantes.

6.7.2.3 Alteración de los hábitats terrestres fuera del lugar

La disponibilidad y la calidad de agua son fundamentalmente importantes en las tierras bajas áridas de la región de Piura. Probablemente se presente una sequedad o humedad mayor en diversos grados cuando se intercepte y/o concentre por la excavación, bombeo, llenado o inundación de los flujos de agua subterránea o superficial. Las principales preocupaciones acerca de los hábitats terrestres relacionados con la cantidad y la calidad del agua incluyen:

- El efecto potencial que podría tener el proyecto sobre la vegetación y el hábitat terrestre, debido a la depresión progresiva de la napa freática en el área que rodea el tajo abierto, debido al bombeo de estas aguas durante la fase de operación de la mina;

- Inundación potencial de las áreas de tierra alta debido a la derivación del Río Piura, particularmente al lado sur del río;
- Contaminación potencial de las aguas superficiales debido a derrames o falla del depósito de relaves; y
- Contaminación potencial del agua subterránea debido a la filtración proveniente del depósito de relaves.

Efectos de la depresión de la napa freática

El Algarrobo pertenece a un tipo de plantas conocidas como “freatófitas”, las cuales tienen una raíz axonomorfa bastante larga, que le permite acceder a la napa freática. Ecológicamente, las especies freatófitas se consideran muy importantes porque sus raíces pueden desempeñar un papel importante en la transferencia de agua desde las fuentes de agua subterránea hacia las capas superiores de suelo seco, proporcionando un depósito tanto para las freatófitas como para las plantas de raíces poco profundas (Caldwell et al. 1998). Las raíces de la *Prosopis* tanto en el Perú como en otras partes del mundo alcanzan por lo general los 25 - 30 m por debajo de la superficie (Díaz Celis 1995) y en algunos casos, hasta 53 y 80 m (Philips 1963; Sosebee and Wan 1989; Valdivia 1979; Felker 1982). El algarrobo también tiene raíces secundarias de superficie, las cuales permiten al árbol utilizar la humedad superficial cuando la napa freática no es accesible, como ocurren en el caso de los árboles jóvenes (Heitschmidt et al. 1988; Hultine 1999). Se ha reportado que la velocidad de penetración vertical de la raíz en el suelo excede la velocidad del crecimiento del brote sobre la tierra en plantones (Sosebee and Wan 1989), lo que indica que la planta dedica una parte importante de su energía a “encontrar” la napa freática.

En la Sección 6.6.5 se discute la depresión prevista en la napa freática que rodea el tajo Tambogrande durante las operaciones. La elaboración de modelo indica que la napa de agua subterránea podría bajar 1 m dentro de un radio de 1 km del tajo abierto, reduciéndose a no menos de 0.5 m en el área sur del Río Piura, en donde el algarrobo es la especie dominante. La respuesta del *Prosopis* a la napa freática deprimida puede variar. En un informe, la mortalidad de *Prosopis glandulosa* fue 80 – 99 por ciento en

un área a lo largo del Río Mojave, en donde la napa freática experimentó una depresión de 3 – 7.6 m para efectos de bombeo (Lines 1999). Se informó asimismo, que sobrevivió una especie no identificada de *Prosopis*, también en el suroeste de los Estados Unidos, cuando la napa freática bajo entre 5 m y 14 m por debajo de la superficie, a lo largo de un período de 16 años (es decir, un índice de disminución de 0.6 m/año). Sin embargo, los árboles no sobrevivieron cuando la napa freática disminuyó más hasta 60 m, a una velocidad de 2.2 m/año (Judd 1971).

Sobre la base de la información que antecede, es posible que los árboles de algarrobo que se ubican en la zona norte del Río Piura y al este del tajo abierto y dentro de 1 km del punto más profundo del tajo, podrían verse adversamente afectados durante la operación. No obstante, este efecto es reversible, ya que la napa freática se recuperará luego de que el tajo sea inundado durante el cierre de la mina. Los árboles de algarrobos y otra vegetación terrestre que pudiera perderse en esta área, será reemplazada mediante el transplante de plantones producidos en el vivero de la mina.

Inundación potencial

La ubicación del caudal activo del Río Piura dentro de la planicie natural inundable, varía considerablemente con el tiempo (Sección 3.5). Como resultado de esto, los hábitats terrestres y las especies de vida silvestre animal dentro de las márgenes de la llanura inundable se ven expuestos en forma natural a las condiciones altamente variables que se producen durante cada estación de lluvias y con posterioridad a los eventos de El Niño. De manera similar, los usos de la tierra dentro de la llanura inundable han tenido que adaptarse anualmente a estos cambios. Sin embargo, existe la preocupación de que los diques de derivación propuestos al lado este y al lado sur del tajo abierto, pudieran confinar el caudal durante los años de avenidas extremas y generar mayores niveles de agua que los registrados hasta la fecha. El análisis de la topografía existente, incluyendo el cerro Tambogrande, la margen este de la Quebrada Carneros y el lado sur del Río Piura sugiere que los niveles de agua no aumentarán más de lo registrado en esta área durante los eventos extremos pasados. A manera de una medida de mitigación, el dique secundario propuesto en el lado oeste de Quebrada

Carneros al norte del tajo abierto (Figuras 1.2 y 4.2) ha sido diseñado para proteger una área urbana baja que ha sufrido varias inundaciones en el pasado.

Impactos potenciales debido a la contaminación del agua subterránea

La preocupación por la potencial contaminación del agua subterránea surge de la posibilidad de fugas desde el depósito de relaves hacia el acuífero local. Si se produjera esto, los metales y otros contaminantes contenidos en el agua de la pulpa de relaves podrían ser absorbidos por especies de raíces profundas como el algarrobo y ser transportados a las partes comestibles de las plantas, afectando así potencialmente a los consumidores.

Existen una serie de factores de diseño y naturales que mitigarán este impacto potencial.

1. El depósito de relaves (Sección 4.5) se construirá con un revestimiento de bentonita/geomembrana que ha sido diseñado para evitar pérdidas por filtración desde el depósito de relaves. El régimen máximo de filtración de diseño es de 1 L/s y el régimen esperado de filtración es menos de 0.1 L/s.
2. Se tratará continuamente la pulpa de relaves para eliminar (recuperar) los contaminantes tales como el cianuro durante la fase de procesamiento de oro, y la disposición sub-acuosa de los relaves asegurará que la liberación de los metales desde los relaves hacia el agua intersticial sea insignificante.
3. Durante las operaciones, toda el agua subterránea discurrirá hacia el tajo abierto, en donde será recolectada y regresada al depósito de relaves. Al cierre, la pluma de agua subterránea demorará 100 años para llegar hasta Río Piura.
4. La calidad del agua subterránea se controlará a través de un sistema de monitoreo de los pozos que rodean el depósito de relaves, el cual se instalará al final de la fase de construcción. Si se detectará en los pozos de monitoreo cualquier degradación en la calidad del agua atribuible a la mina, el agua subterránea podrá bombearse y devolverse al depósito de relaves o será tratada.

Por estos motivos, no se anticipan efectos importantes en la vegetación terrestre fuera del lugar de la mina.

Impactos potenciales debido a la contaminación del agua superficial

La preocupación sobre los efectos de la contaminación potencial del agua superficial se centra en la posibilidad de una falla catastrófica de la presa del depósito de relaves. Si esto se produjera, los metales disueltos en el agua liberada desde el embalse podrían ser transportados fuera del lugar y ser absorbidos por la vegetación terrestre y ribereña, con efectos adversos en la cadena alimenticia (este tema también se trata en la Sección 6.8, en relación con los ecosistemas acuáticos que son más sensibles a los cambios en la calidad del agua).

El diseño, construcción, operación y cierre del depósito de relaves (que se describe detalladamente en la Sección 4), toma en cuenta la posibilidad de eventos sísmicos y precipitaciones extremas. Esto asegurará que la integridad estructural del embalse se mantenga para siempre. Los planes de respuesta ante emergencias y de contingencias ante derrames que están siendo elaborados para la mina, proporcionarán una medida adicional de seguridad en este aspecto.

6.7.3 Análisis y predicción de efectos ambientales residuales

En la Sección 6.1.1 se describen los criterios de importancia ambiental que ha sido utilizados para la evaluación de los efectos ecológicos terrestres. Como parte de la evaluación, también se identificaron necesidades adicionales de monitoreo, los que han sido incorporados al Plan de Manejo Ambiental (Sección 4.10).

En el Anexo VII se muestran los efectos de cada componente importante del Proyecto sobre el medio terrestre y a continuación se resumen por fase del proyecto.

6.7.3.1 Construcción

Se ha programado que la fase de construcción se ejecutará a lo largo de dos ciclos anuales completos de clima, lo que podría incluir o no la precipitación promedio arriba indicada y que está asociada con el evento de El Niño. La mayoría de las alteraciones del ambiente terrestre serán mayores durante la construcción, que durante cualquiera de las fases posteriores del proyecto.

Los efectos adversos durante la construcción se presentarán sobre la vegetación terrestre, los hábitats de vida silvestre animal y los usos de las tierras existentes dentro del área inmediata del emplazamiento de la mina. Muchos de los efectos, tales como la pérdida de los suelos, vegetación y hábitat de vida silvestre animal será irreversible a lo largo de la vida de la mina, a pesar de que algunos efectos se revertirán durante la rehabilitación. Otros efectos, tales como el ruido, polvo y mayor humedad o sequedad serán mitigables.

6.7.3.2 Operación

Se prevé que la fase de operación de la mina durará aproximadamente 12 años. Los impactos potenciales en los ecosistemas terrestres variarán durante este período, dependiendo de la sensibilidad del medio ambiente del emplazamiento, en particular la distancia desde la mina y la orientación en relación con los vientos estacionales prevalecientes. Es improbable que los impactos en el lugar aumenten significativamente ya que los lugares ya habrán sido perturbados durante la construcción. Sin embargo, los efectos potenciales tales como el ruido, el polvo, y la depresión de la napa freática, probablemente aumentarán durante la operación. Si bien el polvo y el ruido se consideran completamente mitigables durante este período, la depresión de la napa freática se restablecerá únicamente durante el inicio de las actividades de cierre y rehabilitación.

6.7.3.3 Cierre y post-cierre

El plan de cierre (Sección 5.4) incluye la restauración de un medio superficial de crecimiento y su revegetación con especies nativas. La rehabilitación buscará restituir, en la medida de lo posible, los tipos de hábitat que originalmente existieron. Sin embargo, debido a las cambiantes características físicas, la titularidad, y los objetivos de uso de tierras, algunos de los hábitats originales podrían ser reemplazados con un tipo diferente de hábitat como resultado del Proyecto. Por ejemplo, los que hoy son huertos y tierras de cultivo, podrían convertirse eventualmente en arbustos/sabana o bosques de algarrobo, o viceversa, mientras que

la superficie del depósito de relaves necesitará ser planteado exclusivamente con vegetación herbácea y arbustos de raíces de poca profundidad. En forma similar, el tajo abierto inundado se convertirá en hábitat de humedales y llanuras inundables.

Luego de la rehabilitación, se prevé que existirán múltiples tipos de hábitats terrestres y usos de tierras dentro del ex emplazamiento de la mina. Dado el clima naturalmente árido, se prevé que el lugar rehabilitado pasará por un proceso de sucesión vegetal, que probablemente se estabilizará como hábitat de arbustos/sabana con una sub-capa de especies herbáceas. Los taludes superiores del tajo quedarán como superficies expuestas de roca y terrazas, que probablemente no se revegeten de inmediato. Ahí donde se dispone de un medio de crecimiento adecuado, tales como las superficies en pendiente del botadero de roca estéril rehabilitado, la ribera exterior de la berma de relaves, y los diques de derivación, las condiciones del lugar probablemente favorecerán el crecimiento de especies herbáceas anuales. En terrenos más planos, se prevé que con el tiempo se desarrollará una mayor densidad de especies madereras, particularmente una vez que los árboles de algarrobo plantados tengan acceso a la napa freática recuperada.

Invertebrados terrestres, aves, reptiles, y pequeños mamíferos reconolizarán primero el lugar. Con el tiempo, especies depredadores tales como raptores y otros comenzarán a alimentarse en estas áreas en una forma oportunista que se verá influenciada por el último uso del terreno y el grado de intervención humana. Por ello el efecto neto sobre el ecosistema terrestre será de neutro a positivo.

6.8 Ecología acuática

Esta sección presenta una evaluación de los efectos potenciales de la explotación de la Mina Tambogrande en la biota acuática. Se presenta la interacción esperada entre las actividades del proyecto y la biota acuática, seguido de una evaluación de los efectos residuales, una vez que se hayan implementado las medidas de mitigación propuestas.

6.8.1 Interacción prevista entre las actividades del proyecto y la biota acuática

La interacción potencial entre las actividades del proyecto y la biota acuática se resumen en:

- Tabla 6.20 (Actividades previas a la operación)
- Tabla 6.21 (Actividades de operación);
- Tabla 6.22 (Actividades de cierre); y
- Tabla 6.23 (Post-cierre).

Las actividades previas a la operación que podrían afectar a los peces y otra biota acuática incluyen la derivación del Río Piura y de la Quebrada Carneros alrededor del área del tajo de la mina, la preparación general del emplazamiento para el tajo, las áreas para el almacenamiento de la roca estéril y de los relaves y la planta concentradora, la construcción de una estructura de toma de agua para la planta en la Quebrada San Francisco, y la construcción de carreteras y otra infraestructura de apoyo.

Las actividades de operación que podrían afectar a la biota acuática incluyen la liberación de partículas suspendidas y disueltas provenientes de las principales áreas de trabajo (tajo abierto, áreas de relaves y de roca estéril, planta y áreas de almacenamiento de productos químicos) y el bombeo de agua desde la Quebrada San Francisco para satisfacer la demanda de la planta de procesamiento de mineral.

Las actividades de cierre que podrían afectar a la biota acuática incluyen lo siguiente: reducción temporal del caudal de agua en el Río Piura a medida que el tajo sea llenado con agua y liberación de partículas suspendidas y disueltas provenientes de las principales áreas de trabajo durante el cierre (tajo de la mina, áreas de relaves y de roca estéril, planta concentradora y áreas de almacenamiento de productos químicos, así como la estructura de la toma de agua para la planta)

Las actividades de post-cierre que podrían afectar la biota acuática incluyen lo siguiente: liberación de partículas en suspensión y disueltas provenientes de las principales áreas de trabajo después del cierre (tajo de la mina, áreas de relaves y de roca estéril, planta y áreas de almacenamiento de productos químicos y la estructura de toma de agua para la planta).

A continuación se resumen las potenciales fuentes de efectos que podría tener el proyecto para cada componente importante del mismo. Luego siguen los resúmenes de los principales tipos de efecto.

Tabla 6.20 Resumen de la interacción entre las actividades previas a la operación y los ecosistemas acuáticos

Actividad	Efectos potenciales sobre la biota acuática		Mitigación	Residual Efectos
	Fuente/Causa	Tipo		
Botaderos de roca estéril y pilas de mineral	Preparación del lugar	Se eliminarán los canales de irrigación que proporcionan hábitat para peces – las condiciones del hábitat con deficientes debido a la liberación cíclica de agua de irrigación.	Agua de irrigación disponible para uso en otros lugares.	Se eliminarán permanentemente los canales de irrigación.
	Sólidos suspendidos y material disuelto en escorrentía/filtración que resulten del retiro de la cubierta para preparar el Botadero de Roca estéril	Efectos tóxicos, daño al hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en las áreas aguas abajo.	La escorrentía y la filtración se contendrá usando bermas.	Los efectos en la biota pueden evitarse a través de la mitigación.
Tajo abierto	Derivación del Río Piura	Pérdida de hábitat; cambio en las comunidades biológicas. Pérdida de hábitat de corriente a lo largo de 600 m del canal principal y canales adyacentes.	Se moverá el canal del río para explotar el tajo abierto; el tajo abierto se llenará durante el cierre. Nuevo hábitat en reemplazo del canal.	Se prevé que la biota acuática ocupe el nuevo canal del río. Se puede reemplazar la producción de peces con hábitat adecuado en el nuevo canal.
	Derivación Quebrada Carneros	Pérdida de hábitat de corriente a lo largo de 4,000 m del canal principal.	Nuevo hábitat en reemplazo del canal	Se puede reemplazar la producción de peces con características de hábitat adecuado en el nuevo canal.
Instalaciones auxiliares (carreteras de acceso)	Sólidos suspendidos y material disuelto en la escorrentía	Efectos tóxicos, daño al hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en áreas aguas abajo el Río Piura. Durante la explotación inicial del lugar antes de concluir el dique y la derivación del río, los vehículos cruzarán la Quebrada Carneros. Después de la derivación, los camiones que llevan sobrecarga no cruzarán el riachuelo.	No se usará material de desecho de la mina que tenga DAR o potencial de lixiviación de metales. Los acercamientos de las carreteras a puentes y canaletas se diseñarán como para evitar escorrentía desde las corrientes que ingresan.	Los efectos en la biota pueden evitarse a través de la mitigación.

Tabla 6.20 Resumen de la interacción entre las actividades previas a la operación y los ecosistemas acuáticos. (Continuación)

Actividad	Efectos potenciales sobre la biota acuática		Mitigación	Efectos residuales
	Fuente/Causa	Tipo		
Otros (Exploración)	Sólidos suspendidos y material disuelto proveniente de la perforación y de las superficies del tajo/zanja expuestas	Efectos tóxicos, daño al hábitat, cambio en las comunidades biológicas.	La escorrentía se contendrá usando bermas o dispositivos para el control de limo.	Los efectos en la biota pueden evitarse a través de la mitigación.
	El equipo usado en las corrientes o cerca de las mismas resulta en un aumento del sedimento suspendido o daño al hábitat.	Daño al hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en áreas agua abajo	Se evitará el uso del equipo en corrientes y a lo largo de los bordes de la corriente. Se identificará el hábitat acuático importante antes de explotar los emplazamientos.	Los efectos en la biota pueden evitarse a través de la mitigación.
Planta Concentradora	Sólidos suspendidos y otras sustancias en la escorrentía proveniente del área de construcción.	Daño al hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en áreas aguas abajo. El lugar no está cerca a corrientes o zanjas de drenaje pro lo que no se prevé efectos sobre los recursos acuáticos durante la construcción.	La escorrentía se contendrá usando bermas u otros métodos de control. Se evitará el uso del equipo en las corrientes y cerca de las mismas.	Los efectos en la biota pueden evitarse a través de la mitigación.
Depósito de relaves	Sólidos suspendidos y otras sustancias en la escorrentía proveniente de la carretera y el área de construcción de la presa; y /o que resulte de la operación del equipo en las corrientes.	Daño al hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en áreas aguas abajo a lo largo del R. Piura. Se eliminarán los canales de irrigación que proporcionan hábitat a los peces – las condiciones del hábitat son deficientes debido a la liberación cíclica del agua de irrigación.	La escorrentía se contendrá usando bermas u otros métodos de control. Se evitará el uso de equipo en las corrientes y cerca de las mismas.	Efectos localizados en la biota
Instalaciones auxiliares –planta de cal, instalación de almacenamiento de explosivos y planta de tratamiento de agua	Sólidos suspendidos y otras sustancias en la escorrentía proveniente del área de construcción y/o que resulte de la operación del equipo en las corrientes.	Daño al hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en áreas aguas abajo a lo largo del Río Piura.	La escorrentía se contendrá usando bermas u otros métodos de control. Se evitará el uso de equipo en las corrientes y cerca de las mismas.	Efectos localizados en la biota

Tabla 6.21 Resumen de interacción entre actividades operacionales y biota acuática.

Actividad	Efectos potenciales en la biota acuática		Mitigación	Efectos residuales
	Fuente/causa	Tipo		
Botaderos de roca estéril y pilas de mineral	Sólidos en suspensión y material disuelto en escorrentía/filtración del Botadero de roca estéril	Efectos tóxicos, deterioro del hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo el río Piura	La escorrentía y filtración serán contenidos usando bermas Se evitará el ingreso de agua subterránea de material mediante un sustrato impermeable	Los efectos en la biota pueden ser evitados mediante la mitigación
Tajo abierto	El agua de captación del tajo de la mina será transferida a la instalación de relaves	Efectos tóxicos, deterioro del hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en las áreas aguas abajo a lo largo del río Piura	La mitigación comprenderá medidas para evitar que el flujo ingrese al río	Se pueden evitar los efectos en la biota acuática a través de la mitigación
Instalaciones auxiliares (Carreteras de acceso)	Sólidos en suspensión y material disuelto en escorrentía de superficies de carretera	Efectos tóxicos, deterioro del hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en áreas aguas abajo el río Piura	No se usará material de roca estéril de la mina que tenga potencial de DAR o de lixiviación de metales. Los accesos a la carretera a puentes y alcantarillas serán diseñados para evitar que la escorrentía ingrese a las corrientes	Se pueden evitar los efectos en la biota mediante la mitigación
Planta Concentradora	Sólidos en suspensión y otras sustancias en escorrentía del área de la planta	Deterioro del hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo el río Piura	La escorrentía será contenida usando bermas u otros métodos de control	Se pueden evitar efectos en la biota mediante la mitigación
Depósito de relaves	Sólidos en suspensión, metales disueltos y otras sustancias en la descarga de la presa de relaves	Efectos tóxicos; deterioro del hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo el río Piura	Las opciones comprenden el control del volumen de decantación para minimizar concentraciones, derivación de agua factible máxima y pre-tratamiento de agua contaminada que ingresa a los relaves	La biota cerca de la presa de relaves podrá estar sujeta a efectos tóxicos subletales crónicos

Tabla 6.21 Resumen de interacción entre actividades operacionales y biota acuática. (Continuación)

Actividad	Efectos potenciales en biota acuática		Mitigación	Efectos residuales
	Fuente/causa	Tipo		
Instalaciones auxiliares -planta de cal, instalación de almacenamientos de explosivos y planta de tratamiento de aguas residuales	Sólidos en suspensión y otras sustancias en escorrentía de las áreas y/o que resulten de la operación de equipos en corriente	Deterioro del hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	Se contendrá la escorrentía usando bermas u otros métodos de control; Se evitará el uso del equipo en las corrientes o cerca de las mismas	Se pueden evitar los efectos en biota a través de la mitigación
-suministro de agua	Flujo de aguas abajo reducido	Deterioro del hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en áreas aguas abajo San Francisco	Uso reducido de suministro de agua durante meses de flujo muy bajo mediante la provisión de almacenamiento extra en poza de relaves.	Reducción en flujo aguas abajo durante el periodo en que se usa la instalación de suministro de agua
-carreteras de servicio	Sólidos en suspensión y material disuelto en escorrentía	Efectos tóxicos, reducción de hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	No se usará material de roca estéril de mina con potencial de DAR o lixiviación de metales Se diseñarán los accesos de la carretera a los puentes y alcantarillas con el fin de evitar que la escorrentía ingrese a las corrientes	Se pueden evitar los efectos en la biota mediante mitigación

Tabla 6.22 Resumen de interacción entre actividades de cierre y biota acuática.

Actividad	Efectos potenciales en la biota acuática		Mitigación	Efectos residuales
	Fuente/causa	Tipo		
Botaderos de roca estéril y pilas de mineral	Sólidos en suspensión y material disuelto en escorrentía/filtración del Botadero de Roca estéril	Efectos tóxicos; deterioro del hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	Las actividades de cierre comprenderán nivelación y delimitación de superficies para controlar la escorrentía y limitar la erosión; se deberán revegetar las superficies planas	Se puede minimizar los efectos en la biota acuática mediante la mitigación
Tajo abierto	Reducción temporal de flujo aguas abajo a medida que el tajo se llena de agua	Deterioro del hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	En este periodo no se considera posible la mitigación usando un mayor flujo	Se reducirá el volumen de agua que será usado por la biota acuática
	Sólidos en suspensión y sustancias disueltas en agua liberadas aguas abajo a medida que el agua en el tajo llega a la cresta	Efectos tóxicos; deterioro del hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	Puede ser posible la mitigación, mediante el uso de cercos de sedimentos durante el periodo inicial de liberación de agua, o dejando un breve periodo de asentamiento antes de la liberación inicial	Probablemente la biota aguas abajo se verá afectada por las sustancias disueltas por un tiempo que será posterior al inicio de la liberación
Planta Concentradora	Sólidos en suspensión y otros materiales que ingresan a las corrientes durante las actividades de desmantelamiento/cierre	Efectos tóxicos, reducción de hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo el R. Piura	Se puede controlar la escorrentía de áreas expuestas y uso de equipo en sus corrientes	Se pueden minimizar los efectos en la biota acuática mediante la mitigación
Depósito de relaves	Sólidos en suspensión y otros materiales que ingresan a las áreas del río después que la superficie de relaves es inundada y el agua es liberada aguas abajo	Efectos tóxicos; deterioro del hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	El flujo inicial proveniente de la pila de roca estéril reactivo será tratado antes de ingresar a la instalación de relaves; los parámetros en la descarga de relaves serán a los niveles de diseño	Se puede afectar la biota acuática cerca al área de relaves

Tabla 6.22 Resumen de interacción entre actividades de cierre y biota acuática. (Continuación)

Actividad	Efectos potenciales en biota acuática		Mitigación	Efectos Residuales
	Fuente/causa	Tipo		
Instalaciones auxiliares— planta de cal, instalación de almacenamiento de explosivos, y planta de tratamiento de aguas residuales	Sólidos en suspensión y otros materiales que ingresan a las corrientes durante las actividades de desmantelamiento/cierre	Efectos tóxicos; deterioro del hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	Se puede controlar la escorrentía de las áreas expuestas y el uso del equipo en sus corrientes	Se puede minimizar los efectos en la biota acuática mediante la mitigación
-suministro de agua	Flujo de aguas abajo reducido	Reducción de hábitat; cambio en las comunidades biológicas – en áreas aguas abajo a lo largo de la Q. San Francisco	Se retirará la estructura para el suministro de agua durante el cierre	Ninguna

Tabla 6.23 Resumen de interacción entre las actividades posteriores al cierre y biota acuática

Actividad	Efectos potenciales en biota acuática		Mitigación	Efectos residuales
	Fuente/causa	Tipo		
Botaderos de roca estéril	Sólidos en suspensión y materiales disueltos en escorrentía/material disuelto del Botadero de Roca estéril Norte	Efectos tóxicos; deterioro del hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	La mitigación a largo plazo es posible como resultado de las actividades de cierre (nivelación y delimitación de superficies y revegetación)	Se pueden minimizar los efectos en la biota acuática mediante la mitigación
Tajo abierto	Sólidos en suspensión y material disuelto en el flujo de agua que sale del lago recientemente formado en el tajo abierto	Efectos tóxicos; deterioro del hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	Puede ser necesaria la mitigación a corto plazo del material en suspensión; se espera la reducción en sustancias tanto disueltas como en suspensión a lo largo del tiempo	Se pueden producir los efectos en la biota acuática inicialmente con una disminución a lo largo del tiempo.
Instalaciones auxiliares: -carreteras de servicio	Sólidos en suspensión y material disuelto en escorrentía/filtración de carreteras fuera de uso	Efectos tóxicos; deterioro del hábitat, cambio en las comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	Es posible la mitigación a largo plazo como resultado del diseño/construcción de carreteras y las actividades de cierre	Se pueden minimizar los efectos en la biota acuática mediante la mitigación
Planta Concentradora	Sólidos en suspensión y material disuelto en escorrentía de la planta	Efectos tóxicos; deterioro del hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	La mitigación a largo plazo es posible como actividades de cierre	Se pueden minimizar los efectos en la biota acuática mediante la mitigación
Depósito de relaves	Sólidos en suspensión y material disuelto en escorrentía/filtración de la Instalación de Relaves	Efectos tóxicos; deterioro del hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	El tratamiento en marcha de la descarga de las pilas de roca estéril reactivas; Se espera que las sustancias disueltas en la descarga de relaves mejoren con el tiempo	La biota a lo largo de Ayash será afectada en la medida que los parámetros sigan por encima de los niveles tóxicos; se puede esperar la recuperación del ecosistema cuando los niveles tóxicos bajen

Tabla 6.23 Resumen de la interacción entre las actividades posterior al cierre y biota acuática. (Continuación)

Actividad	Efectos potenciales en biota acuática		Mitigación	Efectos residuales
	Fuente/Causa	Tipo		
Instalaciones auxiliares -planta de cal, instalación de almacenamiento de explosivos y tratamiento de aguas residuales	Sólidos en suspensión y material disuelto en escorrentía/filtración de las instalaciones	Efectos tóxicos; deterioro del hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	Es posible la mitigación a largo plazo como resultado de las actividades de cierre	Se puede minimizar los efectos en la biota acuática mediante la mitigación
-carreteras de acceso	Sólidos en suspensión y material disuelto en la escorrentía de las carreteras	Efectos tóxicos; deterioro del hábitat, cambio en comunidades biológicas – en áreas aguas abajo	Es posible la mitigación a largo plazo como resultado del diseño y construcción preoperacionales y actividades de cierre	Se puede minimizar los efectos en la biota acuática mediante la mitigación

6.8.2 Fuentes potenciales de efecto

A continuación se describen los mecanismos en los que las principales actividades mineras podrían afectar la biota acuática, desde la etapa de pre-operación hasta después del cierre.

6.8.2.1 Tajo abierto

Pre-operación: El Río Piura y la Quebrada Carneros serían derivados alrededor del tajo TG1 durante la etapa pre-operación. Se eliminarán los canales existentes y se construirán canales nuevos.

Operación: La filtración y la escorrentía en el tajo abierto serán enviadas al depósito de relaves. Se evitará que el agua que contiene altos niveles de sólidos en suspensión y disueltos ingrese al río Piura.

Cierre: Se dejará que el tajo se llene de agua mediante la derivación controlada del flujo del río Piura. Posteriormente, se liberará el agua al río Piura durante las actividades posteriores al cierre si la calidad del agua fuera aceptable. Se puede requerir el acondicionamiento del agua con cal, o la liberación controlada durante periodos de alto caudal del río.

Post-cierre: El tajo abierto se llenará con sedimentos de la Quebrada Carneros y del río Piura. En un corto periodo de tiempo, el lago del tajo abierto se convertirá en tierras mojadas, y en una área de inundación.

6.8.2.2 Botaderos de roca estéril y pilas de acopio de mineral

Pre-operación: Se eliminará la cubierta de las áreas de los botaderos roca estéril antes de colocar la roca estéril de la mina. Las superficies expuestas serán susceptibles a la erosión durante las lluvias, dando como resultado el ingreso potencial de partículas sólidas y disueltas en los cuerpos de agua cercanos. La escorrentía proveniente de los Botaderos de Roca estéril ingresará potencialmente al río Piura y será transportada aguas abajo. Se construirán estructuras para el control de sedimentos.

Operación: En los botaderos se almacenará la roca estéril y suelos de cubierta de la mina. Los botaderos de roca estéril sólo recibirán material neutro que no tenga potencial de DAR. Toda la roca de roca estéril, que es generadora de ácido será almacenada en el depósito de relaves. Las superficies expuestas en los botaderos serán susceptibles a la erosión durante las precipitaciones y serán fuentes de ingreso potencial de sustancias sólidas y disueltas en la Quebrada Carneros y/o en el río Piura. La biota acuática en las zonas que se ubican aguas abajo de los botaderos de roca estéril podrían estar

expuestas a mayores concentraciones de sólidos en suspensión, metales y otras sustancias disueltas. El DAR que se origina en los botaderos de roca estéril tiene potencial tóxico para la vida acuática en la corriente aguas abajo que recibe el agua de la infiltración de superficie. La escorrentía del material reactivo será recolectada y bombeada de retorno al depósito de relaves.

Cierre: Se nivelarán y delimitarán las superficies del botadero de roca estéril y luego serán sembradas durante el cierre. Estas actividades minimizarán la potencial erosión de la superficie y los posteriores efectos de los sólidos en suspensión en la biota acuática.

Post-cierre: Las medidas de mitigación propuestas para el control de la erosión de la superficie, los bajos índices de filtración estimados y las concentraciones estimadas de sólidos en suspensión y metales, sugieren que la biota acuática puede ser protegida de materiales provenientes de los botaderos de roca estéril.

6.8.2.3 Instalaciones auxiliares

Pre-operación: Se construirán carreteras para permitir el acceso a la mina, a los botaderos de roca estéril y al depósito de relaves en el área de la mina. Se espera que sean usadas para las actividades de pre-operación y de operación de la mina. Las carreteras deficientemente construidas o sin pavimentar podrían dar como resultado el transporte de sedimentos o de sustancias disueltas hacia zonas ubicadas aguas abajo. Durante los periodos de lluvia fuerte, el flujo del material en suspensión y disuelto a lo largo de las superficies de la carretera periódicamente ingresan a las corrientes, usualmente a puntos bajos en la carretera como son las intersecciones. La existencia de puentes inadecuados o la colocación inadecuada de alcantarillas podría bloquear el movimiento de cardúmenes.

Operación: Se usarán carreteras de servicio en toda la fase de operación.

Cierre: Se requerirían disposiciones especiales para el cierre de carreteras, con el fin de asegurar un mantenimiento adecuado.

Post-cierre: Las medidas de diseño y construcción durante la fase de pre-operación y las medidas adicionales durante el cierre pueden evitar los efectos negativos potenciales en la biota acuática luego del cierre.

6.8.2.4 Otras interacciones potenciales del proyecto

Desde 1998 se han realizado actividades de exploración en la zona del proyecto. Es posible que se realicen trabajos de exploración adicionales durante la fase pre-operativa mientras se revisan los hallazgos de exploración inicial.

Estas actividades de exploración podrían afectar los recursos ecológicos acuáticos, liberando sedimentos en suspensión desde las carretera y las plataformas de perforación, incluyendo una variedad de productos químicos como son los lodos de perforación (bentonita) lubricantes y combustibles. Estos compuestos pueden ocasionar daños a los peces o afectarlos indirectamente, eliminando por ejemplo los organismos que les sirven de alimento.

Pre-operación: Los suelos estarán expuestos durante la construcción de la planta y potencialmente se constituirán en la fuente de sedimentos en suspensión hacia el río Piura, que recibe flujos durante los periodos de fuertes precipitaciones. El uso de equipo en el cauce puede también ocasionar concentraciones elevadas de sólidos en suspensión, en áreas aguas abajo.

Operación: Los reactivos, combustibles, petróleo, sólidos en suspensión y otros materiales en la escorrentía del área tienen el potencial de afectar la vida acuática. Los diseños propuestos incorporan sistemas de recolección de desechos que minimizarán el ingreso de sustancias potencialmente dañinas a la vida acuática.

Cierre: Las estructuras y el equipo serán desmantelados y eliminados durante el cierre. Existen compuestos potencialmente perjudiciales en el agua escorrentía del lugar, que podrían ingresar al río Piura y las aguas abajo. Las medidas de mitigación han sido incluidas en los planes de cierre para contener la escorrentía del lugar y para evitar el ingreso de material en suspensión y disuelto al sistema del río Piura.

Post-cierre: Las medidas durante la etapa del cierre deberían evitar los efectos en la biota acuática al término de ésta.

6.8.2.5 Depósito de relaves

Pre-operación: Los efectos potenciales serán originados por la operación del equipo y los trabajos de movimiento de tierras durante la construcción de la carretera de acceso a la zona donde se construirá la presa del depósito de relaves. El agua será derivada alrededor de la presa del depósito de relaves,

con estructuras de derivación diseñadas para transportar el agua alrededor de la instalación, para el tamaño máximo del diseño.

Operación: El depósito de relaves descargará menos de 1 L/s de agua que consistirá de una mezcla de agua de los relaves, agua de proceso de la planta concentradora y agua bombeada de la mina. El agua de descarga podría contener concentraciones altas de material potencialmente tóxico como cobre, zinc, plomo, cianuro, y amoníaco. Durante las operaciones, toda filtración será descargada en el tajo abierto para ser luego devuelto al depósito de relaves.

Cierre y post-cierre: Se colocará una cubierta de suelo saturada sobre la superficie de los relaves para evitar la oxidación de éstos. Se colocará además una cubierta de vegetación sobre la cubierta de suelo saturado. La escorrentía del agua superficial será conducida hacia un vertedero de cierre permanente. Se necesitará la mezcla con agua subterránea, principalmente por difusión, para transportar los contaminantes potenciales de los relaves hasta los cauces de agua de superficial. Se espera que las concentraciones de compuestos químicos en el efluente se mantengan durante varios años después del cierre.

6.8.2.6 Instalaciones auxiliares: Planta de cal, almacenamiento de explosivos, tratamiento de aguas residuales

Pre-operación: La construcción de la planta de cal, la instalación de almacenamiento de explosivos y la planta de tratamiento de aguas residuales tienen todos el potencial de incrementar los niveles de sólidos en suspensión en las áreas aguas abajo, como resultado de las superficies expuestas y del uso de equipo en los cauces cercanos.

Operación: Se tomarán las medidas necesarias para evitar que el material usado en estas instalaciones ingrese a los cuerpos de agua adyacentes y pueda afectar la biota acuática.

Cierre: Las estructuras y los equipos serán desmantelados y removidos durante la etapa del cierre. Las medidas de mitigación a adoptarse serán similares a las descritas anteriormente para la planta concentradora.

Post-cierre: Las medidas implementadas durante el cierre evitarán los efectos en la biota acuática luego del cierre.

6.8.2.7 Instalaciones auxiliares: Suministro de agua

Pre-operación: No aplicable

Operación: Durante la operación, se usará la estructura de suministro de agua para abastecer de agua a la planta. Ello podría reducir el flujo de agua superficial en Quebrada San Francisco y el río Piura, si se bombea agua del subsuelo durante el periodo de bajo caudal.

Cierre y post-cierre: La estructura de suministro de agua será removida durante el cierre.

6.8.3 Tipos de efecto

6.8.3.1 Sedimentos en suspensión

Los sedimentos en suspensión pueden afectar de manera negativa la producción biológica, bloqueando la luz y evitando la producción primaria por el asentamiento de las partículas sólidas en áreas de hábitat sensibles (por ejemplo, alisando el terreno utilizando para el desove y los recursos alimenticios bénticos), perjudicando a los peces y dañando sus tejidos suaves como las branquias.

6.8.3.2 Pérdida del hábitat acuático en los cauces de agua

En la zona adyacente al tajo abierto propuesto

El tajo abierto de Tambogrande y las instalaciones de la mina estarán ubicados cerca de la confluencia de la Quebrada Carneros y el río Piura. Se requerirá la derivación de una parte del río Piura y la parte inferior de la Quebrada Carneros.

Río Piura

La extensión aproximada del cauce adyacente a la mina propuesta es de 600 m. Las características del hábitat que existe actualmente en dicha áreas se resumen en la Tabla 2.5. Las características del hábitat son similares a aquellas que se observan en cualquier otro lugar del río, a pesar de que la red de canales en el área plana cerca de la Quebrada Carneros proporciona un hábitat importante, en especial para los cíclidos adultos en desove y los juveniles. Aguas arriba, los caudales posteriores y laterales se

producen periódicamente y representan elementos de hábitat importantes, considerando las características homogéneas de las áreas de los cauces principales.

Quebrada Carneros

La extensión aproximada del cauce que será derivado alrededor del tajo abierto será de 4 km y comprenderá todo el Tramo 1 y los 2 km inferiores del Tramo 2. Los 200 m interiores del Tramo 1, fluyen durante la temporada seca a través del área de inundación del río Piura. Se han observado cardúmenes de peces adultos y crías dentro de la porción del cauce que discurre hacia la planicie de inundación del río Piura, no así en áreas que se ubican aguas arriba dentro de este mismo tramo. El patrón ribereño durante la temporada seca se caracteriza por presentar meandros irregulares, con un confinamiento ocasional y cruzamiento entre las secuencias de arena dentro del cauce. Los cauces primario y secundario tienden a mostrar una reducida variedad de hábitat. La cubierta en las orillas y en el cauce mismo es insignificante. Ocasionalmente, la vegetación de pastos se extiende sobre las orillas y sobre el cauce de la quebrada.

Tabla 6.24 Características del hábitat en las proximidades de la mina propuesta

Característica	Rio Piura	Quebrada Carneros	
	Cerca del tajo abierto	Tramo 1 (cerca de la confluencia con el río Piura)	Tramo 2 (cerca del depósito de relaves)
Longitud	600 m	2,000 m	2,000 m
Ancho del canal	Aprox. 300 m de planos, durante la temporada seca, que se extienden a 500-600 m durante las crecidas	50 m	Principalmente 15-20 m, aunque hasta 50-100 m en algunas áreas
Ancho húmedo en temporada seca (observado)	25-30 m	3-4 m	1.5-4 m
Complejidad del hábitat	Red relativamente grande de canales pequeños, algunos de los cuales están conectados a la boca de la Q. Carneros	Complejidad relativamente baja, dominada por profundidades angostas (<15 cm) durante la temporada seca	Complejidad relativamente baja, dominada por profundidades angostas (<15 cm) durante la temporada seca Dos dobleces de ángulo derecho y un circuito en el canal del río proporcionan algo de complejidad del canal
Productividad del hábitat	Area importante para peces jóvenes, y desove, en especial de cíclidos (mojarra)	Los 200 m más bajos, el segmento que fluye a lo largo del área de inundación del río Piura, es muy productivo para los jóvenes/peces Encima de esa zona, a lo largo de Tambogrande, la productividad parece ser baja (no se observaron peces y el hábitat es deficiente)	Las características del hábitat son deficientes principalmente debido a las angostas profundidades, aunque se capturaron crías de varias especies. En general, el potencial productivo va de deficiente a moderado.

Suministro de agua de la Quebrada San Francisco

La extracción de agua desde la toma a ubicarse cerca de la Quebrada San Francisco, reducirá el caudal de agua en esa zona, lo que podría afectar al caudal del río Piura

durante los periodos de bajo caudal. Los volúmenes de hábitat acuático afectados serán insignificantes durante las épocas de caudal alto en la temporada de lluvias. Durante la temporada seca, la reducción del caudal sería similar a las condiciones que se observan actualmente en las épocas de sequía.

6.8.3.3 Concentraciones elevadas de metales

Las concentraciones elevadas de metales que podrían resultar del proyecto tienen el potencial de ser tóxicos si no son contenidos y manejados adecuadamente. Los criterios de diseño ambiental se basan en las concentraciones de liberación que no causarán efectos sub-letales en la biota acuática.

Los incrementos en las concentraciones de metales y otros compuestos, serán particularmente importantes en las áreas con caudal bajo o nulo, como en los cauces posteriores o laterales y los estanques temporales. Los cauces posteriores y laterales son usados por los peces adultos para el desove y por los peces jóvenes para el crecimiento. Los estanques temporales que forman las áreas de inundación proporcionan refugio para las especies de peces adaptadas a duras condiciones de escasez de oxígeno y constituyen fuentes de repoblación de peces cuando aumentan los niveles de agua. Periódicamente, los caudales en el río Piura, en el área del proyecto, son bajos. El repoblamiento de peces cuando los flujos empiezan a aumentar provendría probablemente de pequeños estanques temporales y refugios más grandes, incluyendo reservorios, en zonas que se ubican tanto aguas arriba como aguas abajo. Las altas concentraciones de metales podrían aumentar el stress del ambiente causado por el bajo nivel de oxígeno y las altas temperaturas que existen en los estanques y otras áreas con baja velocidad del flujo agua.

6.8.3.4 Otros cambios químicos

Otros componentes que podrían afectar las condiciones biológicas en las corrientes del área del proyecto comprenden los reactivos usados en la planta, los residuos de explosivos (por ejemplo, nitrato de amonio), los nutrientes de los desechos humanos y

jabones, los lubricantes y combustibles. Muchos de estos productos tienen un potencial de ser tóxicos y podrían ser letales o causar daños sub-letales a la biota. Los nutrientes pueden causar eutricación, alterando el balance ecológico y produciendo condiciones inadecuadas para recursos valiosos como son los peces.

6.8.3.5 Cambios en el caudal de agua

Las reducciones en el caudal de agua pueden reducir el área de hábitat usual e impedir el movimiento de los peces durante los periodos migratorios críticos. Un mayor caudal de agua también puede también crear barreras, si los perfiles de velocidad impiden la navegación de los peces en periodos críticos. Asimismo, el mayor flujo puede desplazar temporalmente a los peces e invertebrados aguas abajo.

6.8.3.6 Barreras para los movimientos de peces

Se puede impedir el movimiento de los peces si se permiten cambios en el caudal (tal como se describió anteriormente), barreras químicas, como áreas que contienen sustancias potencialmente tóxicas, puentes inadecuados o colocación de alcantarillas. El bloqueo de movimiento de peces puede ocasionar el colapso de las poblaciones, si las especies no pueden moverse al hábitat crítico que requieren para ciclos de vida importantes como es la del desove.

6.8.3.7 Incremento de la presión de pesca

Una mayor presencia humana debido a la construcción y operación de la mina, podría dar como resultado una mayor presión de pesca sobre los recursos locales. Este efecto no se considera significativo debido al relativamente alto nivel de desarrollo de la carretera y la población y al relativamente bajo nivel de pesca. Sin embargo, la continua expansión de la comunidad podría aumentar las presiones de pesca.

6.8.4 Medidas de mitigación

Se pueden usar medidas estándar de mitigación para evitar o minimizar los efectos potenciales en los recursos acuáticos para una serie de actividades del proyecto. Se han incorporado medidas de mitigación en el diseño de la mina y planes de manejo ambiental, las mismas que buscan minimizar los efectos potenciales del proyecto en la biota acuática y que se resumen en la Tabla 6.25

Tabla 6.25 Resumen de las medidas de mitigación acuática

Actividad del proyecto	Pre-Operación	Operación	Cierre	Post-Cierre
Botaderos de roca estéril y pilas de mineral	Se minimizará las sustancias en suspensión y disueltas usando bermas para contener la escorrentía y dispositivos de control de sedimentos.	Como para la preoperación;	Los botaderos de roca estéril serán nivelados, delimitados y sembrados	Como para el cierre
Planta Concentradora	Se minimizarán los sólidos en suspensión y las sustancias disueltas usando bermas para contener la escorrentía y dispositivos para el control de sedimentos.	Los derrames y escorrentía de la zona serán recogidos y tratados antes de la descarga	Reclamación del área de la planta	Como para el cierre
Depósito de relaves	Como para los botaderos y pilas de mineral	Como para los botaderos de roca estéril y las pilas	Se colocará una cubierta de suelo saturada y una cubierta de vegetación para rehabilitar el área de relaves. Un vertedero de rebose permanente manejará los flujos superficiales.	Como para el cierre
Instalaciones auxiliares –carreteras	Se minimizará los sólidos en suspensión y el material disuelto evitando el uso de material reactivo y el diseño de carreteras para evitar la erosión en los niveles y terraplenes.	Como para la preoperación	Como para la preoperación	Como para la preoperación
Instalaciones auxiliares –exploración	El control de las sustancias de las actividades de exploración se realizarán usando bermas y dispositivos de control de sedimentos.	n/a	n/a	n/a
Instalaciones auxiliares -planta de cal, almacenamiento de explosivos, instalación de tratamiento de relaves, suministro de agua	Como para los botaderos de roca estéril y pilas de mineral	Como para la pre-operación	Como para la pre-operación	Como para la pre-operación

6.8.5 Efectos residuales potenciales

A continuación se detallan los efectos residuales potenciales para cada fase del proyecto, después de la implementación de la mitigación estándar. Después de las descripciones se incluye un resumen de las medidas de compensación.

Pre-operación

Los efectos residuales preoperacionales en el ecosistema del río Piura consisten en la reubicación de los canales del río Piura y la Quebrada Carneros. La capacidad productiva de las extensiones de la corriente reubicadas puede potencialmente ser restablecida en los nuevos canales de derivación.

Operación

Los efectos operacionales residuales en el ecosistema del río Piura incluyen el flujo reducido en la parte inferior de la Quebrada San Francisco y cerca al Río Piura cuando el agua es extraída para ser usada en la planta, durante los periodos de caudal extremadamente bajo.

Se pueden mitigar otros efectos potenciales en los recursos ecológicos acuáticos para la mayoría de las zonas y actividades operacionales, incluyendo la escorrentía y/o filtración de las instalaciones de la planta, botaderos de roca estéril e instalaciones auxiliares (planta de cal, almacenamiento de explosivos, carreteras de servicio). Se pueden evitar los efectos residuales negativos para estas zonas y actividades.

Cierre

La mayoría de las actividades de cierre comprenden medidas de mitigación para evitar efectos ambientales a largo plazo.

No se esperan efectos residuales en la biota acuática en el ecosistema del río Piura como producto de las actividades de cierre. Se concluirá con el drenaje en el tajo abierto y será dirigido a la instalación de relaves y el tajo abierto será llenado con

flujos del río Piura. Los flujos en el drenaje de la Quebrada Carneros y las áreas aguas abajo del río Piura regresarán a las condiciones anteriores a la extracción.

En la cuenca de la Quebrada San Francisco, se eliminará la toma de agua durante el cierre de manera que no haya impactos residuales.

Post-cierre

Sólo se ocasionarán efectos residuales en la biota acuática si con el tiempo se forma una importante pluma de contaminantes de la filtración de la poza de relaves. El monitoreo de agua subterránea, durante las operaciones y el cierre, monitoreará los índices de filtración y la calidad de agua de filtración. Se podrían implementar obras de mitigación, como los pozos de retrobombeo y tratamiento de agua. Por lo tanto, la probabilidad de los efectos residuales en la biota acuática es muy baja.

Posible mitigación de efectos residuales

Se reducirá potencialmente la producción de peces como resultado de la eliminación del hábitat (por ejemplo, porciones de corriente derivadas alrededor de los tajos de la mina y reducción temporal (por ejemplo, evitamiento de peces o pérdida de la producción de alimentos en las áreas donde se encuentra metales). Las medidas para mitigar las reducciones potenciales en producción de peces comprenden mejoramiento del hábitat en nuevos canales de derivación para fomentar anticipados aumentos en la producción natural de peces.

6.8.6 Resumen e impactos residuales

El proyecto afectará la biota acuática en las cuencas del río Piura, Quebrada Carneros y Quebrada San Francisco. El actual consumo humano de peces es bajo, en relación con otros recursos. Los hábitats de las corrientes serán alterados en las partes más bajas de Quebrada Carneros y segmentos del río Piura. Se derivarán partes del río Piura y la Quebrada Carneros. Se reducirá el flujo durante las operaciones en el río Piura, en los periodos de bajo caudal, a pesar de que se tomarán medidas de

mitigación para limitar el impacto. Las elevadas concentraciones de metal pueden ser el resultado de la actividad minera, sin embargo, durante las operaciones estas serán contenidas en el lugar.

Existe un bajo riesgo de que las concentraciones de metal puedan degradar la calidad de agua en el río Piura durante los periodos de bajo caudal. El modelamiento de agua subterránea indica que el desarrollo de una pluma de contaminantes tomaría de 20 a 100 años antes de que llegue al río Piura. Ello permitiría tiempo para monitorear la efectividad del sistema de revestimiento para el depósito de relaves y del desarrollo e índice de movimiento de una pluma, de formarse una.

A medida que los canales de corriente alternadas regresen a las condiciones anteriores a la extracción, la biota regresará pero las comunidades biológicas pueden diferir de aquellas bajo las condiciones existentes, en particular por la abundancia de peces y la composición de las especies. Entre las posibles medidas para compensar la potencial reducción a corto plazo en la producción de peces tenemos el mejoramiento del hábitat en canales recientemente derivados y/o el borde del tajo durante el cierre.

6.9 Ambiente de interés humano

6.9.1 Lugares arqueológicos

La Sección 3.11 y el informe del estudio de Línea Base Ambiental (Klohn Crippen, 2002) contienen las investigaciones arqueológicas de línea base. De acuerdo a los hallazgos de esta evaluación, tres de los lugares arqueológicos identificados serían afectados por las instalaciones de la mina. Estos lugares son Cerro Tambogrande, Cerro Curban y Bonapira.

Cerro Tambogrande

La zona identificada como Cerro Tambogrande está ubicada en el pueblo de Tambogrande en el que se han encontrado anteriormente piezas de cerámica del periodo Sicán Tardío (1100 – 1470 ad), a pesar de que no hay ruinas arqueológicas visibles. Algunos escritos españoles de la época colonial mencionan que el pueblo de Tambogrande está ubicado en la cima de lo que era un Inca Tambo. No obstante, construcciones más modernas en el pueblo de Tambogrande ya han eliminado rastros de las estructuras antiguas.

La investigación realizada como parte del estudio de la línea base no encontró algún lugar arqueológico específico en la colina de Tambogrande. Sin embargo, se explotaría una parte de esta colina para la extracción de mineral, y se explotaría una parte del tajo abierto en esta área. Es posible entonces que el tajo abierto pueda afectar un posible lugar arqueológico que podría existir en el cerro de Tambogrande.

Antes de proceder a la extracción de la mina, y después de una exhaustiva investigación arqueológica de Cerro Tambogrande, el Instituto Nacional de Cultura (INC) necesitaría emitir un Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA).

Cerro Curban

La zona arqueológica identificada como Cerro Curban está ubicada 2 km al sur este del pueblo de Tambogrande, en la cima de un pequeño cerro.

Existen algunos fragmentos pequeños de cerámica en esta zona, pero no hay estructura visible. El estudio de línea base recomienda una inspección visual detallada de esta área antes de proceder a la explotación de la mina.

En esta área se construirían las instalaciones de la planta de proceso, cubriendo cualquier posible ruina arqueológica. Como en el caso de Cerro Tambogrande, el INC tendría que emitir un CIRA para esta área.

Bonapira

Está ubicado al sureste del pueblo de Tambogrande, en la margen derecha del río Piura. Existen en esta área fragmentos de cerámica del periodo de Estados Regionales (1100 – 1470 ac), especialmente en aquellos que no son usados para la agricultura. No hay signos de estructuras visibles. El estudio de línea base arqueológico indica que el potencial arqueológico del área es bajo.

Esta zona está ubicada entre el futuro borde del tajo abierto y el canal de derivación de la Quebrada Carneros, de manera que se verá probablemente más afectado por la explotación de la mina. Como en los casos de Cerro Tambogrande y Cerro Curban, el INC necesitará emitir un CIRA para esta área antes de la construcción de la mina.

6.9.2 Áreas recreativas

Los habitantes de Tambogrande emplean el río Piura para actividades recreativas como la pesca y la natación. El acceso al tramo del río Piura adyacente a Tambogrande estará limitado durante la etapa de construcción del Canal de Derivación del río Piura. Sin embargo, una vez que el canal sea construido, no se verá afectado el acceso al río Piura para actividades recreacionales. Dependiendo del diseño y disposición final del canal de derivación, la distancia entre el pueblo de Tambogrande y el banco más cercano del río Piura podría aumentar en

aproximadamente 100 a 300 m. La Figura 6.9 ilustra la parte de los bancos del río Piura usados actualmente para actividades recreativas.

Aunque la Quebrada Carneros tiene un caudal de agua mucho menor que el río Piura, la derivación de esta quebrada alrededor del tajo abierto podría afectar la facilidad de acceso del pueblo de Tambogrande a la corriente. La población local también usa la Quebrada Carneros para nadar y bañarse.

6.9.3 Áreas históricas

Existen algunos lugares y construcciones de valor histórico en el área del pueblo de Tambogrande que serían afectados por la explotación del tajo abierto. La Plaza de Armas de Tambogrande, la Catedral, la Estatua de Jesucristo y el cementerio estarán ubicados en la zona amortiguadora alrededor del tajo abierto. La zona amortiguadora comprende la parte del pueblo entre el borde superior y la Avenida Schaeffer. La Figura 6.9 muestra estos lugares.

Estos lugares serán luego separados del resto del pueblo de Tambogrande, y serán preservados. Manhattan planifica facilitar el acceso a todos los cuatro lugares a través de pasillos por la zona de amortiguación.

La separación de estos cuatro lugares del resto del pueblo ocasionará un impacto negativo en el ambiente de interés para los humanos.

Figura 6.9 Lugares arqueológicos y de recreación con interés

6.10 Impactos visuales

En esta sección se evalúan los potenciales impactos en la calidad visual y estética del área del Proyecto Tambogrande. El término estética hace referencia a las características de los objetos visibles así como aquellos de las personas que los observan, cuya combinación hace que un objeto sea agradable o no para el gusto de las personas. Sin embargo, no existe un acuerdo general respecto a lo que se considera hermoso, o si cierto paisaje es atractivo o no.

6.10.1 Puntos de observación

Se han seleccionado dos puntos de observación para el análisis de los potenciales impactos visuales generados por el Proyecto Tambogrande: la estatua de Jesucristo ubicada en la parte superior del cerro Tambogrande y la carretera Sullana - Tambogrande.

En el caso del área de Tambogrande, el pueblo mismo está ubicado en un cerro aislado al medio de una gran planicie. La vegetación y los campos de cultivo cubren la mayor parte del terreno que lo rodea, y el río Piura discurre inmediatamente hacia el oeste del pueblo. La estatua de Jesucristo ubicada en la parte superior del cerro Tambogrande es el principal punto de observación, a partir del cual se pueden observar todas las instalaciones de la mina. La estatua tiene un mirador a partir del cual se puede observar todo el cerro. Aunque es difícil dar una apreciación objetiva de la calidad visual del paisaje alrededor del pueblo de Tambogrande, se puede decir que el paisaje es visualmente atractivo. El verdor del valle de San Lorenzo al este y al norte, el bosque de algarrobos hacia el oeste y el río Piura que discurre al lado del cerro hacen de este paisaje algo impresionante.

La carretera Sullana - Tambogrande es otro punto de observación. Los vehículos que transportan a los habitantes locales y a los visitantes que llegan a Tambogrande y a otros pueblos en el valle de San Lorenzo transitan por esta carretera. Varias de las instalaciones de la mina podrán ser observadas desde esta carretera, en particular el

depósito de relaves. La calidad visual actual desde la carretera es menor que desde el cerro Tambogrande. No se pueden ver ni el río Piura ni el bosque de algarrobos desde la carretera. No obstante, hay abundante vegetación alrededor de la carretera en todas las direcciones.

6.10.2 Impactos proyectados

En esta sección se evalúan los impactos que puede producir el proyecto Tambogrande en la calidad visual. Los impactos son proyectados en términos cualitativos desde los dos puntos de observación. Sin embargo, la evaluación del impacto es subjetiva, tal como se explicó al inicio de esta sección.

Desde la estatua de Jesucristo, se pueden ver con claridad todas las instalaciones de la mina. El tajo abierto se puede observar inmediatamente al sur y al sureste de la estatua, mientras que la pila de roca de la mina, las instalaciones de procesamiento y el depósito de relaves se pueden observar hacia el este y noreste. El tajo abierto se verá como una inmensa cavidad en la tierra, con un diámetro de 1.5 km y una profundidad final de 250 m. La instalación de relaves alcanzará, al término de la vida de la mina, una altura máxima de 45 m con respecto a su base. La base de la estatua está ubicada a una altura de 97 msnm, mientras que la base del depósito de relaves está a una altura de 70 a 74 msnm. El depósito de relaves se ve como un valle verde ubicado por debajo de la horizontal. Con la extracción, el depósito de relaves será una estructura visible en el cerro, que alcanzará los 120 msnm, unos 20 m por encima de la horizontal, vista desde la estatua. El depósito de relaves cubrirá un área de 200 hectáreas, pero el ángulo de visión de la estatua será 45 grados.

Desde la carretera Sullana – Tambogrande, se podrá ver con claridad el depósito de relaves, aunque no el tajo abierto. El depósito de relaves se verá directamente delante de la carretera. El impacto será negativo, a medida que el depósito de relaves altera claramente los alrededores de terrenos agrícolas naturales, y se verá como un cerro alto de 45 m con una superficie rocosa.

El mayor impacto visual se producirá durante la operación de la mina. Después del cierre de la mina, el impacto del tajo abierto será menor, a medida que el tajo es llenado con agua y sedimentos, y un gran lago cubrirá la cavidad. El lago puede ser visualmente atractivo, lo que en realidad mejorará la calidad visual desde la estatua. En relación al depósito de relaves, la reclamación y revegetación proporcionarán una cobertura verde para el nuevo “cerro”. Existen otras instalaciones de la mina, que serán descontinuadas después del cierre, como el botadero de roca de roca estéril, la pila de suelo, la planta de procesamiento y las instalaciones auxiliares. Se desmantelarán algunas construcciones y se reclamará y revegetará el terreno. Por lo tanto, el único impacto visual permanente a largo plazo será el nuevo lago del tajo y el depósito de relaves.

REFERENCIAS

Bainbridge, David A y Ross A. Virginia. 1990. *Restoration in the Sonoran Desert of California*. **Restoration and Management Notes**. 8(1): 3-14.

Barnes, Paul W. Y Steve Archer. 1996. *Influence of an overstory tree (Prosopis glandulosa) on associated shrubs in a savanna parkland: implications for patch dynamics*. **Oecologia**. 105(4): 493-500.

Caldwell, M.M., T.E. Dawson, y J.H. Richards. 1998. *Hydraulic lift: consequences of water efflux from roots of plants*. **Oecologia** 113: 151-161

Díaz Celis, A. 1995. **Los Algarrobos**. Edit. Libertad. Trujillo - Perú. Obra auspiciada por el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Perú.

Felker, P. 1982. **Mesquite: an all purpose leguminous arid land tree**. Univ. Texas Press. U.S.A. pg. 62.

Geesing, Dieter, Peter Felker y Ralph L Bingham. 2000. *Influence of mesquite (Prosopis glandulosa) on soil nitrogen and carbon development: implications for global carbon sequestration*. **Journal of Arid Environments**. 46(2): 157-180.

Heitschmidt, R. K.; R. J. Ansley; S. L. Dowhower [y otros]. 1988. *Some observations from the excavation of honey mesquite root systems*. **Journal of Range Management**. 41(3): 227-231.

Hultine, Kevin R. 1999? *The Evolutionary Relationship Between Drought Tolerance and Distribution of Mesquites*. **Aridus**, Volume 12, Number 1. School of Renewable Natural Resources, University of Arizona. Tucson, AZ 85721E-mail khultine@ag.arizona.edu

Judd, B. Ira, James M. Laughlin; Herbert R. Guenther and Royal Handegarde. 1971. *The lethal decline of mesquite on the Casa Grande National Monument*. **Great Basin Naturalist**. 31(3): 153-160.

Lines, Gregory C.. 1999. **Health of Native Riparian Vegetation and Its Relation to Hydrologic Conditions along the Mojave River, Southern California**. Inform de investigación sobre recursos hídricos 99-4112. Estudio geológico de EE.UU. (resumen) [http://ca.water.usgs.gov/projects99/absa_ca515.html; a partir de junio del 2002]

Phillips, Walter S. 1963. *Depth of roots in soil*. **Ecology**. 44: 424.

Rundel, P. W., E. T. Nilsen; M. R. Sharifi [y otros]. 1982. *Seasonal dynamics of nitrogen cycling for a Prosopis woodland in the Sonoran Desert*. **Plant and Soil**. 67: 343-353.

Sosebee, R. E. Y C. Wan. 1989. *Plant ecophysiology: a case study of honey mesquite*. En: Wallace, Arthur;, E. Durant McArthur y Marshall R. Haferkamp, compiladores. **Proceedings--symposium on shrub ecophysiology and biotechnology**; 1987 Junio 30 - Julio 2; Logan, UT. Gen. Tech. Rep. INT-256. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station: 103-118.

Valdivia, S. 1979. **El algarrobo, una especie forestal prometedora para los trópicos áridos**. Piura, Perú. pg. 23.