

ANEXO C

LINEA DE BASE

A continuación se presenta una descripción del ambiente del área de influencia del proyecto minero El Peñón. Este capítulo contiene la descripción, análisis y caracterización de los diferentes componentes y elementos que constituyen los medios físico, biótico y socioeconómico, tanto del área de influencia directa (AID), como del área indirecta (AII), donde se implementará este proyecto.

En este contexto, el área de influencia directa (AID) se puede definir como aquella zona en la cual tienen lugar los impactos directos de las obras y actividades del proyecto en cada uno de los elementos identificados por componente ambiental. Complementariamente, el área de influencia indirecta (AII) es aquella donde tienen lugar los impactos indirectos del proyecto. Ambas áreas pueden tener una extensión variable en función del área que afecten los impactos. En general, el área de influencia directa corresponde a aquellas cercanas y contiguas a las fuentes de impacto; siendo aquella derivada de los efectos sobre la calidad del aire y/o emisión de ruidos la más extensa. Por otra parte, el AII generalmente se corresponde con aquella relacionada a los impactos socioeconómicos y en este caso incluye a las comunas de Antofagasta y Taltal.

1 UBICACION GEOGRAFICA

El proyecto El Peñón se ubica en la II Región de Chile, a 24°23' Latitud Sur y 69°29' Longitud Oeste. Las coordenadas U.T.M. del proyecto son N7.300.000 y E451.000; la altitud promedio en esta zona es cercana a 1.740 m.s.n.m. (Figura 1).

El área de estudio se encuentra en la unidad natural Pampa Desértica que, en términos de relieve, corresponde a la Depresión Intermedia de la II Región¹.

¹ MOP, 1994. Atlas Ambiental de Chile. MOP, Santiago.

2 MEDIO AMBIENTE FISICO

2.1 *Clima*

El clima de la región es de tipo desértico, con aridez que fluctúa desde desierto absoluto hasta condiciones desérticas marginales de estepa en altura². La zona costera corresponde a un desierto húmedo con predominio de abundante nubosidad estratiforme. En la costa, las precipitaciones medias anuales alcanzan valores promedio que varían entre los 5 y 10 mm. La humedad relativa alcanza valores de 65 a 76 %. Más hacia el interior, desde el borde oriental de la cordillera de la costa hasta la cota 2.480 m.s.n.m., se presenta el desierto normal con precipitaciones casi nulas y significativos cambios térmicos diarios. La diferencia entre evaporación y precipitación alcanza valores que oscilan entre 2.903 y 3.252 m.s.n.m.³.

A alturas sobre los 2.480 m.s.n.m., se presenta el desierto marginal en altura, caracterizado por un régimen de precipitaciones medias anuales convectivas en el período estival (verano), variando estas entre 14 y 200 mm, la diferencia entre precipitación y evaporación fluctúa entre los 1.504 y 3.252 mm³, la humedad relativa promedio anual fluctúa entre 25 y 46 %, con un promedio anual de 40 %. A esta altura se registra también un importante descenso de la temperatura.

Por sobre los 2.500 m.s.n.m. en esta región se presentan precipitaciones invernales de tipo nival; las que son de menor magnitud e importancia que las precipitaciones de lluvia registradas en verano (invierno boliviano). En esta zona, las precipitaciones de verano son de origen convectivo, y se caracterizan por su gran intensidad y corta duración y, en general, se limitan a zonas muy localizadas dentro de una cuenca, e incluso dentro de una subcuenca⁴. Estos eventos ocurren preferentemente entre los meses de enero y marzo (invierno boliviano).

Superando los 4.000 m.s.n.m., en la altiplanicie, se presenta un clima de estepa en altura, con precipitaciones estivales importantes y temperatura media anual de 0°C. A esta altitud, la humedad relativa alcanza un promedio anual de un 27 %.

En la II Región se encuentran tres tipos principales de climas⁵:

- Bwn : Clima Desértico, con nublados abundantes.
- BW : Clima Desértico Normal.
- BWH : Clima de Desértico Marginal de Altura.

El clima dominante en el área del proyecto El Peñón es el segundo de ellos (BW) que se describe a continuación.

² Dirección General de Aguas. Abril, 1986. Balance Hidrológico Nacional, II Región.

³ Dirección General de Aguas. Mayo, 1997.

⁴ Op. cit. 1

⁵ Clasificación climática de W. Köppen. Santiago 1974. Elmer Rodríguez T. Publicación N°1, Instituto de Geografía, Universidad católica de Chile. 69 pp.

Clima Desértico Normal (BW)

Las características de este clima son las ya indicadas en términos generales anteriormente, presentando las temperaturas diarias una fuerte oscilación fluctuando aproximadamente entre -0,5 y 30°C; las temperaturas medias mensuales en la zona de este clima son inferiores a 18 °C.

En este clima se caracteriza por una carencia casi absoluta de precipitaciones. Estas ocurren con escasa frecuencia y en forma impredecible, con características torrenciales típicas de las lluvias de desiertos.

En este clima, la humedad relativa es baja, alcanzando valores promedio anuales de un 40%.

2.2 Meteorología

2.2.1 Metodología

En el AID del proyecto no existen estaciones meteorológicas. Por lo anterior, el análisis siguiente se realizó en base a la información obtenida de las estaciones meteorológicas más cercanas al área de influencia del Proyecto, pertenecientes a la Dirección General de Aguas, del Ministerio de Obras Públicas. Adicionalmente, se analizó información de vientos medidos en el área del proyecto El Peñón. Estas estaciones meteorológicas se indican a continuación.

Estación	Parámetros	Altitud (m.s.n.m.)	Tipo de Clima
Antofagasta	Humedad relativa.	10	Bwn
Baquedano	Temperatura, precipitaciones, humedad relativa y evaporación.	1.032	Bw
El Peñón	Vientos.	1.600	Bw
Toconao Experimental	Temperatura, precipitaciones, humedad relativa y evaporación.	2.430	Bw
Peine	Temperatura, precipitaciones, humedad relativa y evaporación.	2.480	BWH
Vaquillas	Temperatura, precipitaciones y evaporación.	3.300	Bw
Socaire	Temperatura, precipitaciones, humedad relativa y evaporación.	3.350	BWH

La estación meteorológica “Baquedano”, es la que mejor puede representar el clima del área del proyecto.

2.2.2 Temperatura

Las temperaturas medias anuales para las estaciones meteorológicas más cercanas al AID del proyecto se presentan en la Tabla 1. Estas fluctúan entre 10,5 °C y 16,5 °C . Las temperaturas máximas medias mensuales fluctúan entre 12,9 °C y 20 °C, y las temperaturas mínimas medias mensuales fluctúan entre 7 °C y 11,7 °C. En la estación Baquedano los valores correspondientes son 15,7; 17,9 y 11,7°C.

Tabla 1: Temperaturas medias en las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona del proyecto.

Temperatura (°C)	Estaciones				
	Baquedano	Toconao Exp.	Peine	Vaquillas	Socaire
Media Anual	15,7	15,2	16,5	10,8	10,5
Máxima Media Mensual	17,9	19,4	20	12,9	12,9
Mínima Media Mensual	11,7	8,3	11	7,4	7

Fuente: Dirección General de Aguas.

2.2.3 Precipitación

Las precipitaciones pluviométricas medias anuales para las estaciones meteorológicas consideradas se presentan en la Tabla 2. Estas fluctúan entre 2,6 mm y 27 mm. La máxima precipitación de agua en 24 horas fluctúa entre 13,2 mm y 30,5 mm. En la estación Baquedano la precipitación media anual alcanza a 2,6 mm y la máxima precipitación en 24 horas es de 17,5 mm.

Tabla 2: Precipitaciones en las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona del proyecto.

Precipitaciones (mm)	Estaciones				
	Baquedano	Toconao Exp.	Peine	Vaquillas	Socaire
Media Anual	2,6	19,8	14,1	27	21,8
Máxima Mensual	17,5	38	36	49,7	40
Mínima Mensual	0	0	0	0	0
Máxima Media Mensual	2,5	6,4	5,3	49,7	7,4
Mínima Media Mensual	0	0	0,3	0	0
Máxima 24 horas	17,5	19	23	13,2	30,5

Fuente: Dirección General de Aguas.

2.2.4 Humedad Relativa

Las humedades relativas medias anuales para las estaciones meteorológicas más cercanas al AID del proyecto se presentan en la Tabla 3. Estas fluctúan entre un 21 y 71,2 %. Las humedades relativas máximas medias mensuales, fluctúan entre 31 % y 78 %, mientras que las humedades relativas mínimas medias

mensuales, fluctúan entre 3 % y 67 %. En la estación Baquedano la humedad relativa media anual es 24,1% y las máximas y mínimas medias mensuales son 49 y 13%, respectivamente.

Tabla 3: Humedad relativa en las estaciones meteorológicas

Humedad Relativa (%)	Estación				
	Antofagasta	Baquedano	Toconao Exp.	Peine	Socaire
Media Anual	71,2	24,1	21	30,5	22,1
Máxima Media Mensual	78	49	31	62	67
Mínima Media Mensual	67	13	13	6	3

Fuente: Dirección General de Aguas.

2.2.5 Evaporación

Las evaporaciones medias anuales para las estaciones meteorológicas consideradas se presentan en la Tabla 4. Estas fluctúan entre 1.530,7 mm y 3.266,5 mm. Los valores máximos de las medias mensuales de la evaporaciones acumuladas fluctúan entre 351,1 mm y 500,1 mm, mientras que los valores mínimos de las medias mensuales de evaporaciones acumuladas fluctúan entre 112,4 mm y 164,5 mm. En la estación Baquedano la evaporación media anual es de 2.964,7 mm, la máxima media mensual alcanza a 402,5 mm y la mínima media mensual es de 164,5 mm.

Tabla 4: Evaporación en las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona del proyecto.

Evaporación (mm)	Estación				
	Baquedano	Toconao Exp.	Peine	Vaquillas	Socaire
Máxima Anual	4.005,9	4.022,8	4.002,8	2.461,7	3.895,3
Media Anual	2.964,7	2.923,1	3.266,5	1.530,7	3.004,7
Mínima Anual	1.431,0	1.061,4	1.478,0	600,1	1.277,3
Máxima Media Mensual	402,5	500,1	430,7	351,1	463,9
Mínima Media Mensual	164,5	136,3	157,6	112,4	119

Fuente: Dirección General de Aguas.

2.3 Vientos

2.3.1 Metodología

En el área del Proyecto El Peñón se realizaron tres campañas de medición de velocidad y dirección del viento: entre Julio y Agosto de 1996 (Invierno), Enero de 1997 (Verano), y entre Abril y Mayo de 1997 (Otoño).

Para todas las campañas de medición de velocidad y dirección de vientos, se instaló un anemómetro en el sector del Campamento de Exploración de la mina El Peñón (Figura 2).

En el Anexo A del EIA, se presentó toda la información registrada sobre dirección y velocidad de vientos en el área de la mina-planta. A continuación, se analiza la información proporcionada por las campañas señaladas.

2.3.2 Campaña de Invierno

Esta campaña se realizó durante los meses de Julio a Agosto de 1996. En este sector de la mina-planta (Campamento de Exploración del proyecto) los vientos presentan las siguientes direcciones principales: NE, con un 32,4 % de ocurrencia; NW, con un 12,5 %, y ENE y NNW, ambas con 12,2 % de ocurrencia.

Durante este período, la velocidad media horaria fue de 4,67 m/s, con un rango entre 3,53 y 5,24 m/s. La velocidad máxima fluctuó entre 6,39 y 10,83 m/s.

Durante el día predominan las direcciones E y NW, mientras que durante la noche predominan las direcciones NE y ENE.

2.3.3 Campaña de Verano

Esta campaña se realizó durante el mes de Enero de 1997. En este sector de la mina-planta (Campamento de Exploración del proyecto) los vientos presentan tres direcciones principales: NE, con un 23,4 % de ocurrencia; NW y con un 14,3 % y NNW 12,8 % de ocurrencia.

Durante este período, la velocidad media horaria fue de 7,3 m/s, con un rango entre 2,67 y 12,45 m/s. La velocidad máxima fluctuó entre 5,90 m/s y 10,30 m/s.

Durante el día predominan las direcciones NE y NW, mientras que durante la noche predominan las direcciones NE y NNW.

2.3.4 Campaña de Otoño

Esta campaña se realizó durante los meses de Abril y Junio de 1997. En este sector de la mina-planta (Campamento de Exploración del proyecto), los vientos presentan tres direcciones principales: ENE con un 34,5% de ocurrencia; NW con un 17,5% y E con 12,0% de ocurrencia.

Durante este período, la velocidad media horaria fue de 9,40 m/s, con un rango entre 4,60 y 13,14 m/s. La velocidad máxima fluctuó entre 10,42 m/s y 28,14 m/s.

Durante el día predominan las direcciones ENE y NW, mientras que durante la noche predominan las direcciones ENE y E.

2.4 Calidad del Aire

2.4.1 Metodología

En abril de 1996, se monitoreó la concentración de material particulado respirable (PM-10), en el Campamento de Exploración de la mina⁶. Los resultados de esta campaña se presentan en la Tabla 5, detallándose la fecha del muestreo y las concentraciones máximas. En el Anexo B del EIA se presentó el informe emitido por SK Ecología S. A.

Tabla 5: Resultados de campaña de monitoreo ¹ de pm-10

Día	Fecha	Concentración de PM-10 (µg/m ³ N)
1	01-04-1996	11
2	04-04-1996	< 5
3	07-04-1996	13
4	10-04-1996	17
5	13-04-1996	15
6	16-04-1996	15
7	19-04-1996	25
8	22-04-1996	15
9	25-04-1996	25
10	28-04-1996	22
	Promedio	16
	Rango	< 5 - 25

¹ SK Ecología, 1996. Campaña de monitoreo realizada por SK Ecología S.A. y supervisada por Behre Dolber Chile & Cía. Ltda.

El equipo utilizado para el monitoreo de PM-10 correspondió a un muestreador de alto volumen, marca Wedding & Associates, para la clasificación de las partículas con diámetro aerodinámico menor que 10 µm (diez micrones). Como procedimiento de medición, se utilizó la metodología de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USA EPA, CFR 40, Part. 50). Las mediciones se realizaron cada tres días y por períodos de 24 horas.

No se efectuaron mediciones de aerosoles ácidos, ya que en el área de influencia (AID) del proyecto no existen fuentes emisoras, estimándose por ello que los niveles actuales son nulos. Por la misma razón, no se midieron niveles de anhídrido sulfuroso, estimándose que en la zona del proyecto los niveles son imperceptibles.

⁶ SK Ecología S.A. 1996. Campaña de monitoreo realizada por SK Ecología S.A. y supervisada por Behre Dolbear Chile & Cia. Ltda.

2.4.2 Análisis

El AID del proyecto El Peñón es considerada una zona de “aire puro” con niveles muy bajos de partículas en suspensión y ausencia de gases. En efecto, no existen en esta área fuentes emisoras de material particulado o gases de origen industrial. La única emisión corresponde a erosión eólica del terreno.

Durante el período de monitoreo los niveles de PM-10, fluctuaron entre <5 y 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, con un promedio de 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (Tabla 5). Estas concentraciones cumplen holgadamente con la norma vigente establecida por el D.S. 185 del Ministerio de Minería, (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en 24 horas).

2.5 Ruido y Vibraciones

El entorno del Proyecto El Peñón, se encuentra rodeado de barreras naturales constituidas por cerros y pampas, tales como los cerros Dominador y Dorado, y las pampas El Peñón y Providencia (Figura 1). Estas barreras impedirán la difusión de los eventuales ruidos y vibraciones que se generen en las etapas de construcción y operación del proyecto. Además, dada la ubicación aislada del proyecto, no existen comunidades cercanas que puedan ser afectadas por las emisiones de ruido y vibraciones del proyecto.

Actualmente, no existen en el área del Proyecto fuentes emisoras de ruido y vibraciones industriales o antrópicas en general, por lo que los niveles basales de estas variables son bajos. Así, quizás la principal fuente de ruido de carácter natural es el viento cuando se presenta con fuerza. Bajo estas condiciones los niveles típicos de ruido son inferiores a 45 decibeles (dB).

Por lo señalado anteriormente, no se estimó necesario efectuar mediciones de calidad del ruido ni de vibraciones en las cercanías del proyecto durante los estudios ambientales de línea de base.

2.6 Geología

2.6.1 Metodología

La descripción geológica regional y local se realizó en base a antecedentes bibliográficos y observaciones de terreno. Para la descripción geológica regional, se utilizó la “Hoja Aguas Blancas”, publicada por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) en escala 1:250.000.⁷ Para la geología local, se utilizó un estudio realizado por Minera Meridian Ltda. como parte del proyecto El Peñón⁸.

⁷ Marinovic N., Smoje I., Makshev V., Hervé M., y Mpodozis C., 1995, *Hoja Aguas Blancas. Región de Antofagasta*, Carta Geológica de Chile, Escala 1:250.000, Servicio Nacional de Geología y Minería.

⁸ Basada en el mapa geológico *El Peñón (3103)*, *Geology*, de escala 1:6.000 de Minería Meridian Limitada, 1996, y en el informe inédito de Marud. D. y Pierson J., 1995, *Regional Geology of the El Peñón Area, Región II, Chile*.

2.6.2 Geología Regional

La región de El Peñón está dominada geológicamente, por depósitos detríticos cuaternarios y neógenos y por rocas esencialmente volcánicas, pertenecientes a la Formación Augusta Victoria de edad paleocena-eocena.

El Cuaternario en el área del proyecto está representado por depósitos aluviales y coluviales modernos (Qac), distribuidos en toda la región; localmente, en el sector de El Peñón, se disponen perimetralmente en torno a las rocas de la Formación Augusta Victoria. Consisten en gravas y arenas de composición polimíctica (aluviales) y monomíctica (coluviales), con origen en corrientes de barro, avenidas o procesos compuestos de transporte. Estos depósitos aluviales tienen un espesor variable entre pocos centímetros hasta dos metros.

Inmediatamente al norte de la Pampa El Peñón, se han identificado depósitos salinos (TQn) asignados al Plioceno-Pleistoceno. Estos corresponden a nitratos y sulfatos depositados en las depresiones de la Pampa y en laderas de relieves relativamente bajos. Según los autores de la carta geológica de Aguas Blancas, los nitratos se depositan en mantos delgados de hasta 1,5 m de potencia y los sulfatos no sobrepasan los 0,50 m de espesor.

El yacimiento El Peñón está asociado a las rocas de la Formación Augusta Victoria (KTav) de amplia distribución en la Depresión Central de la región de Antofagasta. Esta formación (Cretácico Superior-Eoceno) se dispone regionalmente, en una faja de una amplitud máxima de 60 km, aproximadamente, y en una clara orientación NNE. La unidad se distribuye a lo largo de la Depresión Intermedia y en el extremo norte de la Cordillera de Domeyko; escasos afloramientos se exponen entre la Sierra de Argomedo y Sierra de Varas. Esta formación constituye un complejo ígneo, compuesto por lavas, tobas, brechas y aglomerados volcánicos, cuya litología varía desde basáltica a riolítica, y por cuerpos subvolcánicos, domos y pequeños “stocks” de amplia gama composicional desde gabros a pórfidos cuarcíferos, siendo los domos principalmente dacíticos. La unidad incluye, además, conglomerados, areniscas y flujos de ignimbritas. El espesor estimado de esta formación, de disposición prácticamente horizontal, es de 500 m, aproximadamente.

Al NE y NW del área del proyecto afloran intrusivos del Cretácico Superior-Eoceno. En el límite oriental de la Pampa de El Peñón se han identificado intrusivos dioríticos con variaciones a monzodioritas y gabros, los mismos que afloran en el sector norponiente. Hacia el sur de la Pampa antes citada, se disponen intrusivos correspondientes a pórfidos monzoníticos, monzodioritas y monzogranitos.

2.6.3 Geología Local⁹

El área de El Peñón está cubierta por un conjunto de rocas volcánicas del Cretácico Superior al Paleógeno. Estas volcanitas son de composición predominantemente intermedia; sin embargo, se han preservado centros de efusiones ácidas, en las áreas de El Peñón y Cerro Tostado. Estos centros

⁹ Basada en el mapa geológico, *El Peñón (3103)*, *Geology*, de escala 1:6.000 de Minería Meridian Ltda, 1996, y en el informe inédito de Marud D. y Pierson J., 1995, *Regional Geology of the El Peñón Area, Región II, Chile*.

corresponden a complejos de domos que parecen no estar relacionados con estructuras de calderas volcánicas. Tobas félsicas (ácidas) y unidades piroclásticas representan anillos tobáceos y a otros depósitos relacionados con el emplazamiento de estos domos. El fallamiento y los múltiples episodios que involucran la formación de los domos, han complicado las relaciones geológicas entre las diferentes unidades expuestas.

Formación Augusta Victoria

Tal como se estableciera, toda el área mapeada corresponde a rocas de la Formación Augusta Victoria, asignada al Cretácico Superior-Eoceno (Paleógeno). Se trata de un complejo ígneo que puede ser subdividido en dos unidades designadas Dacitas Dominador y Riолitas Peñón (Figura 3)

La primera unidad está constituida por dacitas y por flujos tobáceos andesíticos (Ta1) y dacita y flujos lávicos andesíticos (Ta2). Estas rocas afloran en el sector oriental de la Figura 3; al oeste y en contacto con la falla NNE de la Zona Estructural El Peñón y en el vértice NW del mismo mapa.

La segunda unidad ocupa la parte central de la carta geológica, en afloramientos dispuestos en dirección NNE y está separada de la primera por brechas intrusivas, hidromagmáticas y tectónicas (Trx).

Las rocas más jóvenes de la Unidad Riолita El Peñón corresponden a un dique traquiandesítico (Ty) y a brechas volcanoclásticas estratificadas y/o brechas eruptivas hidrotermales (Trb) constituyendo, en general, cuerpos de pequeñas dimensiones distribuidos mayoritariamente en el sector oriental del área mapeada.

El resto de la unidad corresponde al denominado flujo bandeado riолítico que incluye: riолitas bandeadas indiferenciadas; riолitas de flujos foliadas; riолita de sanidina; riолita de textura esferulítica e ignimbrita riодacítica, débilmente soldada (símbolos Tr6 a Tr1 y Ti). De este conjunto, el más importante desde el punto de vista de su distribución areal, es la subunidad Tr4 denominada “Lath-like Flow Foliation Rhyolite”.

La riолita de sanidina (Tr2) aflora exclusivamente en El Peñón y puede constituir la más antigua de las litologías riолíticas. Esta unidad es, típicamente, gris claro a beige y contiene entre 2% y 5% de cristales alargados o equidimensionales de sanidina flotando en una matriz silíceo afanítica.

Las ignimbritas (Ti) han sido mapeadas a través de toda el área y parecen estar relacionadas a la extrusión de los domos riолíticos. Desde el punto de vista del volumen, son pequeñas y presentan grados diversos de soldamiento.

Las ignimbritas son blancas, grises, púrpura pálido a beige y contienen, típicamente, trazas a 2% de cristales de feldespato; 2 a 20% de elementos líticos de forma irregular, y trazas a 10% de fragmentos aplanados de piedra pómez.

En las proximidades de los domos, las ignimbritas no están soldadas o sólo débilmente, con grandes clastos juveniles, lejos de los domos. Por ejemplo, en el valle situado al oeste de El Peñón, las ignimbritas están fuertemente soldadas y más ampliamente distribuidas.

Estructura

En el área mapeada se distinguen tres importantes direcciones estructurales: norte, noroeste y noreste.

Las direcciones estructurales más obvias son las noreste y norte. A lo largo de estas direcciones se han emplazado domos extraídos en diferentes episodios. Esto es más evidente al oeste de El Peñón, donde flujos de riolitas han utilizado una fractura de rumbo noreste, desde el Cerro Tostado al Cerro Tres Tontos, para alcanzar la superficie.

Otros ejemplos incluyen el lineamiento norte-sur de domos aislados situados al oriente de El Peñón y una serie de pequeños domos bandeados cerca de la cima principal del Cerro Tostado.

Los fluidos hidrotermales también han utilizado estas discontinuidades estructurales, ascendiendo a través de conductos, para formar vetas de cuarzo mineralizado, stockwork y sistemas de brechas en El Peñón y en la Mina Encantada (Figura 3).

Es probable que la mineralización en El Peñón se produjera, contemporáneamente, con la fase de retracción en el emplazamiento de los domos. La reactivación de estos sistemas estructurales es evidente por las últimas deformaciones estructurales del sistema de vetas y por el desplazamiento de algunos complejos de domos ácidos. En las áreas de El Peñón, Dominador Norte, Laguna Seca, y Tres Tontos (Figura 1) se observan prominentes estructuras o lineamientos de dirección noroeste, todas ellas localmente mineralizadas. En el Cerro Tostado (Figura 1), las zonas de fractura noreste están ocupadas por dioritas y granodioritas, las que sugieren características tardías.

Alteración y Mineralización

Se distinguen dos estilos de alteración en el área mapeada:

- 1) alteración epitermal sulfídica baja de cuarzo - adularia o de cuarzo - alunita;
- 2) alteración sulfídica / porfírica alta de cuarzo - alunita.

Las zonas de alteración de baja sulfidización son más abundantes y forman zonas discretas de venas / brechas de cuarzo y stockworks íntimamente asociados con las estructuras. Las zonas de alteración de alta sulfidización forman difusas y amplias áreas coloreadas de anomalías de alteración hidrotermal, con un control estructural menos evidente.

Se identificaron siete zonas mayores de alteración al interior del área estudiada; la mayoría de ellas son de tipo de cuarzo - adularia y contienen cantidades anómalas de metal precioso.

El área de El Peñón es una amplia, pero discreta, zona de alteración de cuarzo - adularia / sericita. Esta zona está hospedada al interior de una serie de domos riolíticos y estrechamente asociada a estructuras de dirección noreste y norte.

En la superficie, la mineralización se presenta en sulfosales argentíferas, haluros y electro, en venas bandeadas de cuarzo brechoso y brechas hidrotermales.

La razón media de plata / oro en toda la zona mineralizada es de 25:1. Los sondeos indican que las vetas y brechas aumentan con la profundidad. En Laguna Seca el oro está restringido a las venas de cuarzo. Los contenidos más altos son 10,5 gramos por tonelada de oro, y 66,5 gramos por tonelada de plata, en una veta de 0,3 m de espesor.

Un número limitado de muestras recolectadas en el área de la Mina Encantada (Figura 1), arrojó valores anómalos de antimonio, cobre, molibdeno, oro, y plata. El valor más alto de contenido en oro es de 1,7 ppm. Por otro lado, en la región de Tres Tontos (Figura 1) se obtuvieron valores geoquímicos de 3,4 ppm de oro y 224 ppm de plata.

2.7 Geomorfología

2.7.1 Metodología

La descripción geomorfológica del área del proyecto se realiza en base a cartografía del Instituto Geográfico Militar de Chile, complementado con observaciones de terreno.

2.7.2 Relieve

La región del proyecto El Peñón está situada en la Depresión Intermedia, la que corresponde en esta latitud, al Desierto de Atacama, flanqueada hacia el oriente por la Cordillera de Domeyko.

La geomorfología de la región se caracteriza por serranías montañosas unidas por glaciares o planicies inclinadas; éstas últimas reciben el nombre local de pampas.

Las serranías, Sierra de Peñafiel, Sierra de Varas, de Argomedo, etc., se disponen en una dirección general NNE, siguiendo los afloramientos de la Formación Augusta Victoria.

En la Figura 1 se presentan las mayores alturas del área. Estas corresponden al Cerro Paisaje (2.658 m), al este; al Cerro Pan de Azúcar (2.264 m), al noroeste, y al Cerro Tostado (2.101 m), en el sur. Otras cimas importantes son el Cerro Dominador (1.977 m) y algunas cumbres, sin nombre, situadas en la parte central de la región; allí se destacan relieves aislados que se alzan por sobre cotas entre 1.946 y 2.615 m.s.n.m.

Entre la Pampa El Peñón, al este, y la Pampa Providencia, al oeste, se despliega una línea de cumbres de orientación NE, cuya elevación promedio es del orden de 1.900 m.s.n.m.

Las zonas intermedias dejadas por las serranías, están ocupadas por las pampas, las que, en algunos casos, adoptan la forma de corredores intermontanos (Pampa Providencia). Las pampas más importantes son la anteriormente nombrada y la Pampa El Peñón. La base de estas pampas o planicies inclinadas de piedemonte, presentan altitudes del orden de 1.800 m.s.n.m. (Pampa El Peñón) y de 1.630 m.s.n.m., aproximadamente, en la Pampa Providencia.

Sus orígenes al pie de las montañas puede situarse a unos 2.200 m.s.n.m., al este de El Peñón, o a 1.750 m.s.n.m., en la Pampa Providencia.

La diferencia entre las cotas máximas y mínimas corresponde a la amplitud del relieve; para la zona estudiada, ésta es de 870 m.s.n.m., aproximadamente.

2.7.3 Drenaje

Las condiciones climáticas de hiperaridez imperantes en el norte del territorio nacional desde el Mioceno Superior,¹⁰ se manifiestan por una ausencia de precipitaciones y, consecuentemente, en la inexistencia de un escurrimiento permanente. El régimen hidrológico es temporal o esporádico, de modo que el drenaje es funcional solamente en ocasiones de lluvias importantes.

Las quebradas, de lechos secos, son de tipo consecuente, es decir, escurren siguiendo las pendientes naturales del terreno, y no constituyen una verdadera red de drenaje; en sectores topográficamente deprimidos, pueden organizarse redes que expresan localmente, el endorreismo del escurrimiento superficial. Son comunes en la región del proyecto las quebradas, que luego de un corto recorrido, desaparecen bajo las acumulaciones detríticas de la Pampa.

Los “talwegs” se constituyen como colectores principales con ocasión de lluvias suficientemente importantes para que se establezca un escurrimiento efectivo (5 mm como límite o umbral para que se produzca escurrimiento en una región hiperárida¹¹).

2.7.4 Características del Modelado

El paisaje del norte chileno y, en particular, el del AID del proyecto, corresponde al modelado típico de un sistema morfogenético de erosión de región árida¹². Se trata, en términos generales, de vastas planicies inclinadas y de relieves residuales. Las primeras, que en el lenguaje nortino se les llama pampas, corresponden a lo que en geomorfología se denominan glacis. Un glacis es, en consecuencia, una forma de relieve que consiste en una superficie plana y poco inclinada, a menudo excavada según su pendiente, por regueros poco profundos denominados rills¹³. Por su ubicación al pie de las montañas reciben el nombre genérico de glacis de piedemonte; es el caso de la Pampa El Peñón y de la Pampa Providencia.

La Pampa El Peñón posee una pendiente bastante fuerte, del orden de 25° y su directriz tiene una orientación ENE; su inclinación debe estar controlada por un substrato rocoso próximo.

La Pampa Providencia corresponde a dos glacis asimétricos, siendo más tendido el situado en el sector oriental de ella. Estas formas están cubiertas por potentes mantos detríticos de gravas, arenas y limos provenientes de la erosión de las montañas circundantes. El caliche está normalmente, interestratificado con estos depósitos, formando una costra relativamente continua, extremadamente competente.

2.8 Suelo

¹⁰ Alpers C. y Brimhall G., 1988, *Middle Miocene Climatic Change in the Atacama Desert, Northern Chile: Evidence from Supergene Mineralization at La Escondida*, Geological Society of América Bulletin. 100 : 1640-1656.

¹¹ Tricart J. y Cailleux A., 1969, *Traité de Geomorphologie, Tome IV, Le Modelé des Regions Sèches*, SEDES, París.

¹² Foucault A. y Raoult J. F., 1985, *Diccionario de Geología*, Masson S.A.

¹³ Ibíd.

2.8.1 Metodología

La clasificación de capacidad de uso de los suelos es un sistema de agrupamiento de estos, que se realiza con fines de uso y conservación. Bajo este sistema, los suelos se agrupan de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones para la producción agrícola, ganadera y forestal¹⁴.

2.8.2 Análisis

Los suelos del área de El Peñón no tienen características agrológicas debido a sus condiciones climáticas extremas, inestabilidad estructural, condiciones fisicoquímicas muy limitantes y muy baja riqueza orgánica en su constitución.

Los procesos de pedogénesis (procesos básicos de formación de suelos) son muy limitados, principalmente por efecto del clima; la mayoría de los procesos son de carácter geológico. Predominan las texturas sueltas, con presencia de grandes sectores salinos y depósitos calizos, conformando horizontes petrocálcicos, en su mayor proporción. Son suelos muy escasos en humedad freática, muy pobres en materia orgánica y tienen muy baja capacidad de retención de agua útil para las plantas¹⁵. Los factores principales que contribuyen a estas condiciones de suelo incluyen condiciones de clima muy seco y gradientes topográficos moderados a altos.

De acuerdo a las características de los suelos de El Peñón, estos se ubican en la clase VIII del sistema de clasificación de CIREN CORFO. En esa clase, se incluyen todos aquellos terrenos con muy serias limitaciones en cuanto a su topografía, suelos, pendientes, clima, erosión, etc., que determinan que no sea posible darles un uso agrícola, ganadero o forestal.

2.9 Hidrología

2.9.1 Metodología

La caracterización hidrológica de la zona de El Peñón se realizó en base a los antecedentes del Balance Hidrológico Nacional, II Región, de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas del año 1986.

2.9.2 Análisis

Descripción Hidrológica de la Zona

¹⁴ CIREN-CORFO, Julio 1988, *Materiales y Símbolos Utilizados por el Proyecto Aerofotogramétrico Chile/OEA/BID*.

¹⁵ Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), 1996, *Metodologías para la Caracterización de la Calidad Ambiental*.

La zona donde se emplaza el proyecto minero El Peñón se encuentra ubicada en una cuenca de tipo arreica con origen en la Cordillera de Domeyko (Figura 1).

La cuenca hidrográfica se desarrolla entre los 24° y 25° de latitud sur, aproximadamente. Limita al sur con la cuenca exorreica Quebrada de Taltal; al oeste con el océano Pacífico; al este con las cuencas del Salar de Atacama y el Salar de Punta Negra (Figura 4).

El clima de la región es de tipo desértico, con grados de aridez que fluctúan desde el desierto absoluto hasta condiciones desérticas marginales de estepa en altura¹⁶. La zona costera corresponde a un desierto húmedo con predominio de abundante nubosidad estratiforme. Más hacia el interior, desde el borde oriental de la Cordillera de la Costa hasta la cota 2.500 m.s.n.m., se presenta el desierto normal con precipitaciones casi nulas y fuertes oscilaciones térmicas diarias.

Entre los 2.500 y 4.000 m.s.n.m., se presenta el desierto marginal en altura caracterizado por un régimen de precipitaciones convectivas en el período estival (verano) del orden de 250 mm/año máximo. Sobre los 4.000 m.s.n.m. en la altiplanicie, se presenta un clima de estepa en altura con precipitaciones estivales importantes.

Por sobre los 2.500 m.s.n.m. se presentan precipitaciones invernales de tipo nival en esta región, son de menor magnitud y de menor importancia comparadas con las registradas en verano. En esta zona, las precipitaciones de verano son de origen convectivo, y se caracterizan por su gran intensidad y corta duración, y en general, se limitan a zonas muy localizadas dentro de una cuenca, e incluso dentro de una subcuenca¹⁷. Estos eventos ocurren preferentemente entre los meses de enero y marzo.

Características del Área del Proyecto

La Pampa El Peñón es la zona específica donde se emplaza el proyecto, ubicada al norte de la Pampa Providencia, y se encuentra demarcada por los cerros Paisaje (2.658 m.s.n.m.), al noreste, Dominador (1.977 m.s.n.m.), al oeste, y Pan de Azúcar (2.264 m.s.n.m.), al noroeste. El área de Laguna Seca se ubica aproximadamente 17 km, (en línea recta) al suroeste del proyecto El Peñón. Esta zona es una planicie de altura promedio de 1.600 m.s.n.m. (Figura 1)

En el área que abarca el proyecto, no se observa la existencia de escurrimientos permanentes de agua por las quebradas, debido a que los eventuales cursos de agua que se generan durante las lluvias, se infiltran en el suelo y/o se secan rápidamente, debido a las altas temperaturas diurnas y a la sequedad del clima.

El AID del proyecto es de tipo arreico, no obstante, se observa un incipiente drenaje hacia el sector Pampa Providencia en dirección este-oeste, drenaje que es sumido en la planicie. El sector Laguna Seca corresponde al desagüe natural de la Pampa Providencia y Pampa Loreto (Figura 1).

¹⁶ Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, Abril, 1986, *Balance Hidrológico Nacional, II Región*.

¹⁷ *Ibíd.*

2.10 Hidrogeología

2.10.1 Metodología

La siguiente información se basa en el estudio “Preliminary Water Resource Investigation” de 1994, elaborado por Water Management Consultants (Chile) Ltda., el que está centrado en el potencial hidrogeológico del sector Laguna Seca y en datos recopilados por Minera Meridian Ltda. desde 1990, los cuales forman parte de los estudios de exploración en el AID del proyecto.

2.10.2 Análisis

La Mina

La mina está ubicada en una zona de clima desértico con un promedio anual de precipitaciones inferior a 10 mm y una tasa de evaporación media anual cercana a los 3.000 mm. En consecuencia, el potencial de recarga por infiltración de las precipitaciones es muy bajo. No obstante, es posible que exista alguna recarga menor por infiltración de precipitaciones en sectores más altos hacia el este. Por lo mismo, es probable que el agua presente en el sector de la mina sea de naturaleza fósil.

La recarga de los acuíferos de la región es, probablemente, limitada. No obstante, el potencial de almacenamiento en los depósitos sedimentarios que rellenan las cuencas parece ser elevado.

Otros acuíferos potenciales en la región son los sistemas de fallas y fracturas de rocas, las que pueden actuar como conductos para el movimiento del agua. En la mayoría de los casos, estos sistemas tienen un bajo potencial de almacenamiento, pero pueden presentar un alto rendimiento. Si la falla está conectada con una gran zona de almacenamiento o de recarga, puede dar origen a un recurso de largo plazo. Sin embargo, las fallas también pueden actuar como barreras a la circulación del agua subterránea dificultando la estimación de recursos a largo plazo, aun cuando se hayan detectado pozos de gran rendimiento.

La configuración del relieve preterciario constituye el control más importante del flujo del agua subterránea en el área estudiada. Las alturas topográficas preterciarias corresponden, en orden decreciente, a la Cordillera de Domeyko; a la altura estructural este-oeste, y al eje estructural que une la mina El Peñón a Cachinal de la Sierra y El Guanaco. Si existe un flujo de agua en la Formación Augusta Victoria, se desplazaría hacia el este, desde el eje antes señalado, hacia la Cordillera de Domeyko.

Las fallas este-oeste, noroeste y noreste, permiten la posibilidad de flujo de agua subterránea a través de esta configuración paleogeográfica. Dos estructuras regionales en extensión, de rumbo noreste y noroeste, se interceptan cerca del Pique La Calle, al suroeste de El Peñón, para crear una obstrucción al flujo subterráneo y superficial (Quebrada del Profeta) que se desplaza desde la Cordillera de Domeyko hacia el sureste (Figura 1). Se conoce la existencia de importantes espesores de sedimentos saturados

hacia el sureste, siguiendo el eje de la Quebrada del Profeta. Esta área ofrece el mayor potencial en recursos de agua subterránea de la región de El Peñón.

El yacimiento está emplazado a lo largo de una de las estructuras regionales de rumbo noreste; los recursos de agua subterránea al noreste de esta estructura pueden ser muy limitados.

La pequeña cuenca aluvial situada inmediatamente al noroeste de El Peñón, parece corresponder a un medio graben, más profundo en el lado oeste, adyacente a una falla norte-sur; limitado por el norte por estructuras este-oeste y por el alto topográfico del basamento y, por el sureste, por la falla regional noreste. Los recursos de agua subterránea de esta cuenca parecen ser limitados, debido a la escasa extensión areal.

Las estructuras de rumbo este-oeste que cortan la Cordillera de Domeyko, se ubican generalmente al norte de la coordenada U.T.M. N7.310.000. Es posible concebir que estas estructuras puedan transmitir el agua subterránea a través de la cordillera, desde áreas de recarga situadas al este. Estas estructuras son preterciarias y están interrumpidas por fallas más jóvenes, las que tenderían a reducir este potencial.

Una de estas estructuras se encuentra alrededor de la coordenada U.T.M. N7.305.000, en la Cordillera de Domeyko. Esta estructura puede conducir agua subterránea hasta la parte norte de la Pampa Loreto. Una falla noreste situada al sur de la falla este-oeste, puede ofrecer un potencial similar.

Estructuras de orientaciones diversas se interceptan directamente al sur de El Peñón, donde converge el drenaje de la Pampa Loreto, donde las aguas tendrían una posición más superficial que en las cercanías de la Cordillera de Domeyko.

El sitio más prometedor de existencia de agua es aquel situado a 13 km al sur de El Peñón, a lo largo del drenaje de la Pampa Loreto. Otros dos sitios se ubican en el flanco oeste de la Cordillera de Domeyko, pero son de valor incierto.

Sondajes Mineros en el Área

En el área específica de la mina y planta del proyecto El Peñón se han realizado numerosos sondajes mineros de exploración, entre los cuales sólo algunos han interceptado la napa. En la Tabla que se presenta a continuación se entregan los resultados de aquellos sondajes que han interceptado la napa; de ellos se desprende que en el área de la mina y planta el nivel freático se encuentra como mínimo a aproximadamente 190 m desde la superficie (Figura 5).

Sondaje	Coordenadas (UTM)		Cota (m.s.n.m.)		Nivel Napa (m)
	Norte	Este	Inicial	Final	
PC006	7031002,67	450480,67	1822,91	1637,40	191,5
PQ004	7301223,55	449918,90	1888,00	1616,30	271,3

Sondaje	Coordenadas (UTM)		Cota (m.s.n.m.)		Nivel Napa (m)
	Norte	Este	Inicial	Final	
PQ005	7301263,37	449987,97	1896,00	1612,56	283,4
PQ010	7301248,51	449971,65	1893,00	1612,11	280,9
PQ012	7301592,31	449870,91	1861,00	1591,38	269,6
PQ013	7301496,04	449901,96	1854,00	1589,46	264,5
PQ023	7301302,03	450069,76	1840,00	1631,29	208,7
PQ043	7301238,59	449906,56	1885,52	1601,18	284,3

Laguna Seca

La depresión que caracteriza el sector Laguna Seca posee un relleno detrítico constituido esencialmente, por arena fina a media e intercalaciones de gravas y, localmente, niveles de bloques rocosos. Este depósito detrítico constituye un acuífero cuyo nivel de agua se sitúa a una profundidad de entre 40 a 100 m.¹⁸

Las aguas almacenadas en las formaciones detríticas de Laguna Seca constituyen un “sistema acuífero, es decir, un dominio acuífero finito cuyas partes constitutivas están en contacto hidráulico continuo y está circunscrito por medio de límites que constituyen un obstáculo a toda propagación de influencia apreciables hacia el exterior, por una constante de tiempo dado”¹⁹. Esta definición permite hacer un distingo con el conjunto de aguas subterráneas de la mina las que constituyen otro sistema acuífero.

El yacimiento El Peñón está inserto en rocas volcánicas estratificadas de la Formación Augusta Victoria (K Tav), del Cretácico. El agua subterránea eventualmente presente en el área de la mina, está incluida en las fracturas y discontinuidades del macizo rocoso el que corresponde a un medio fisurado. Un “medio fisurado es un medio permeable heterogéneo y discontinuo, en el cual el agua escurre esencialmente, a través de una red de fisuras abiertas, diversamente conectadas (red acuífera), cuyas orientaciones están distribuidas en general de manera anisótropa. Se caracteriza por un fracturamiento y por conductividades hidráulicas (direccionales) y no por un coeficiente de permeabilidad (de Darcy)”²⁰. Una red acuífera “es un conjunto de fisuras y diaclasas abiertas, diversamente conectadas de un acuífero discontinuo. Se opone, por una parte, a un acuífero continuo constituido por un medio poroso y, por otra parte, a una red kárstica constituida por cavidades naturales”²¹.

Se trata, en consecuencia, de dos sistemas hidrogeológicos independientes. La depresión de la napa en la zona de Laguna Seca, no significa que haya una respuesta inmediata en el área de la mina. Para que esto sea posible es necesario que se establezca una relación o comunicación entre ambos medios lo cual, en la práctica, parece poco probable en razón a la distinta naturaleza geológica de éstos.

Si se llegara a establecer esta comunicación hidráulica, el tiempo de respuesta de la red acuífera del macizo montañoso, sería en tan largo plazo que sus efectos serían despreciables o probablemente imperceptibles.

¹⁸ Golder Associates Ltd., 1997, *Geophysical Survey Results, Phase I Groundwater Exploration and Groundwater Supply Development*, El Peñón, Chile.

¹⁹ Ibid.

²⁰ Ibid.

²¹ Ibid.

Uso Actual de Aguas Subterráneas en el AID

Actualmente, Minera Meridian Ltda. tiene la concesión para bombear dos pozos ubicados a aproximadamente 15 km al suroeste (en línea recta) del Campamento, en una zona denominada Laguna Seca, que corresponde a la prolongación del desagüe de las Pampas Loreto y Providencia (Figura 6).

Uno de los pozos, RPA-103, corresponde a un antiguo pozo de captación de agua subterránea. La diagráfia litológica de éste se desconoce puesto que Minera Meridian Ltda. lo adquirió ya construido. Este pozo tiene una profundidad aproximada de 140 m y el nivel de agua es de 40 metros bajo el nivel de la superficie del suelo²². El diámetro del pozo es de diez pulgadas. La concesión para el bombeo de este pozo, otorgada a Minera Meridian Ltda., es de 10 l/s, aunque un estudio de *Water Management Consultants* (Chile) Ltda. (1994) recomienda que el pozo sólo se bombee a una razón de 2 l/s.

El segundo pozo, FMC-P1, fue perforado en 1995 alcanzando una profundidad de 180 metros y un diámetro de aproximadamente ocho pulgadas²³. El nivel de agua en el pozo FMC-P1 también es de aproximadamente 40 metros bajo el nivel de superficie del suelo. El rendimiento de éste es de 4 l/s y la concesión para bombeo otorgada a Minera Meridian Ltda. es de 10 l/s.

Propiedades del Acuífero en Laguna Seca

Las transmisividades derivadas de las pruebas de bombeo en los dos pozos son similares: 50 m²/día para el pozo RPA-103, y 70 m²/día para el pozo FMC-P1²⁴. Para las respectivas espesuras saturadas de 90 m y 130 m, estas transmisividades rinden una conductividad hidráulica de aproximadamente 0,6 y 0,5 m/día, respectivamente. Las propiedades del acuífero subyacente a estos pozos son esencialmente idénticas.

2.11 Calidad del Agua

2.11.1 Metodología

La información disponible de la calidad química del agua subterránea en el área del proyecto El Peñón corresponde a muestreos efectuados por Water Management Consultant (Chile) Ltda., Behre Dolbear Chile & Cía. Ltda. y GEOTECNICA CONSULTORES S. A. en pozos de propiedad de Minera Meridian Ltda. Los resultados se encuentran resumidos en las Tabla 6. La ubicación de los puntos de muestreo se muestran en la Figura 6.

²² Water Managemnet Consultants (Chile) Ltda., 1994, *Evaluation of Water Supply Well RPA-103, El Peñón Project, Región II, Chile*, pp. 1.

²³ Water Managemnet Consultants (Chile) Ltda., 1995, *Completion Report Well FMC-P1, El Peñón Project, Región II, Chile*, pp. 3.

²⁴ Ibíd.

Tabla 6: Análisis de aguas subterráneas.

Parámetro	Unidad	RPA - 103 ¹ OCT. 94	RPA - 103 ² AGO. 96	RPA - 103 ³ MAY. 97	FMC-PI ² AGO. 96	FMC-PI ³ MAY. 97	Norma NCh 409/84
Requisitos Físicos							
EC ⁴	µmhos/cm	----	1.471	----	1.472	----	----
pH	----	7,78	7,9	7,30	7,8	7,39	6,0 - 8,5
Residuos Sólidos Filtrables	mg/l	1.195	1.200	1.134	1.200	1.291	1.000 ⁷
Turbiedad	NTU	----	0,38	<5	1,5	<5	5
Color	Escala Pt-Co	----	10	<0,5	10	<0,5	20
Olor	---	----	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
Sabor	---	----	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida
Requisitos Químicos							
N-NH3	mg/l	----	<0,25	<0,01	<0,25	<0,01	0,25
As	mg/l	<0,05	<0,05	<0,04	<0,05	0,04	0,05
Cd	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
CN	mg/l	----	<0,1	<0,025	<0,1	<0,025	0,2
Cl	mg/l	136	154	158	145	147	250 ⁷
Cu	mg/l	0,08	0,05	<0,05	0,05	<0,05	1,0 ⁷
Compuestos fenólicos	mg/l	----	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002
Cr	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05
Detergente	mg/l	----	<0,2	0,42	<0,2	0,41	0,50
F	mg/l	----	0,86	0,75	0,85	0,72	1,50
Fe	mg/l	<0,05	0,26	<0,05	0,22	0,06 ⁶	0,3 ⁷
HCO ³⁻	mg/l	58	----	----	----	----	----
Hg	mg/l	----	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
K	mg/l	4,8	----	----	----	----	----
Li	mg/l	0,06	0,06	----	0,05	----	----
Mg	mg/l	6,45	7,1	6,60	7,1	6,70	125
Mn	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,1 ⁷
Mo	mg/l	<0,05	<0,01	----	<0,01	----	----
Na	mg/l	115	----	----	----	----	----
Ni	mg/l	<0,01	<0,1	----	<0,1	----	----
N-NO3	mg/l	8,40	5,8	12	4,2	12	10 ⁷
N-NO2	mg/l	----	<0,002	<0,01	<0,002	<0,01	1
Pb	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,05
Se	mg/l	<0,01	<0,005	<0,01	<0,005	<0,01	0,01
SiO ₂	mg/l	15,6	----	----	----	----	----
SO ₄	mg/l	606	599	576	616	661	250 ⁷
Zn	mg/l	<0,02	0,06	0,06	0,97	0,45	5 ⁷
Requisitos Bacteriológicos							
Coliformes Fecales Totales	NMP/100 ml ⁵	----	0	0	49	0	5

■ Parámetro que sobrepasa la norma.

¹ Evaluation of Water Supply Well RPA-103, El Peñón Proyect, Water Management Consultant's (Chile) Ltda., Nov. 1994.

² Proyecto El Peñón, Informe de Línea Base, Behre Dolbear Chile & Cía. Ltda., Agosto 1996.

³ Muestras tomadas por el CIMM y GEOTECNICA CONSULTORES S. A., Mayo 1997 (promedios de 2 muestras).

⁴ Conductividad eléctrica a 25° C.

⁵ NMP/100 ml = Número más Probable (límite que no debe sobrepasar el 5% de las muestras).

⁶ Se consideró el valor menor de las muestras de agua, ya que al parecer en una de las muestras ocurrió contaminación de ésta, ya sea en terreno o en el laboratorio (ver Anexo C).

⁷ El Ministerio de Salud puede aceptar un contenido mayor de estas sustancias, siempre que ello no implique un peligro para a salud pública.

2.11.2 Análisis

Muestreo de 1997

El día 03 de Mayo de 1997, se tomaron muestras de agua en duplicado en los dos pozos, RPA-103 y FMC-P1, de Minera Meridian Ltda. Estas fueron colectadas y posteriormente analizadas por el Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM) en Antofagasta, con la presencia de un representante de GEOTECNICA CONSULTORES S. A., durante la toma de muestras.

Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados en las muestras corresponden a los indicado por la Norma Chilena Oficial de Agua Potable (NCh409/Of.84).

Los resultados de los análisis de laboratorio y su comparación con los valores máximos o rangos indicados por la referida norma, se presentaron en la Tabla 6. El certificado del análisis de las muestras de agua subterránea se presentó en el Anexo C del EIA.

Muestreos Anteriores a 1997

La calidad del agua en los pozos también se evaluó por Water Management Consultants (Chile) Ltda., en octubre de 1994 y junio de 1995. Asimismo, Behre Dolbear Chile Cía. Ltda. tomó muestras de ambos pozos en marzo de 1996. Los resultados de todos los análisis hechos antes de 1997 se resumen en la Tabla 6. Los certificados del análisis de estas muestras de agua se presentaron en el Anexo C del EIA.

Resultados

Como se puede observar en la Tabla 6, en general, las aguas subterráneas muestradas se caracterizan por un pH neutro a ligeramente básico (pH entre 7,76 y 7,9). Los contenidos de sales y de metales son bajos; la calidad de las aguas no presentan problemas de índole bacteriológico.

No obstante lo anterior, al comparar los resultados del análisis con los valores indicados por la norma NCh 409/Of.84, se observan excedencias importantes en el ion sulfato (SO_4^{2-}) y en residuos sólidos filtrables. Además, las concentraciones de nitrato (NO_3^-), en ambos pozos muestreados, también exceden, levemente, dicha norma. Cabe mencionar que el AID del proyecto El Peñón se ubica en una zona donde las concentraciones de sales como, por ejemplo, nitrato de sodio (caliche), en los suelos son altas. Asimismo, cabe mencionar que el “Ministerio de Salud puede aceptar un contenido mayor” de sulfato (SO_4^{2-}), nitrato (NO_3^-) y hierro (Fe), entre otros, “siempre que ello no implique un peligro para la salud pública”²⁵. De lo contrario, la excedencia de estos parámetros, con respecto a la NCh409/Of.84, excluye su potencial uso para consumo humano --aún cuando este no es un objetivo para la compañía-- al menos que sea previamente tratada.

²⁵ NCh 409/Of. 78

Además, cabe destacar que los resultados del análisis de agua subterránea, específicamente en lo que se refiere a la detección de coliformes fecales totales, en las muestras de 1996 del pozo FMP-P1, no se corroboraron durante la campaña de 1997. La presencia de coliformes fecales en la muestra de agua tomada en 1996 se atribuye, muy probablemente, a la contaminación de ésta durante su manipulación.

3 MEDIO AMBIENTE BIOLOGICO

3.1 Vegetación y Flora

3.1.1 Metodología

El área de estudio, correspondiente al área de emplazamiento de la mina, emplazamiento de botaderos de estériles, acueducto y zona de captación de agua (Figura 7), fue visitada por Geotécnica Consultores S.A. durante los días 19 y 20 de abril de 1997. Behre Dolbear Chile & Cía. Ltda. realizó dos campañas de terreno en 1996: la primera, a fines de marzo y, la segunda, entre el 29 de noviembre y 2 de diciembre. Desde el punto de vista altitudinal, los estudios comprenden un área situada aproximadamente entre los 1.650 y 2.000 m.s.n.m.

En todas las campañas de terreno la metodología consistió en recorrer toda el área, tanto en camioneta como a pie, constatando la presencia de vegetación en aquellos puntos donde esta existiere, incluyendo quebradas, laderas de cerros y planicies.

Descripción de la Región

Biogeográficamente, el área de la Mina El Peñón, se encuentra dentro de la provincia del desierto del dominio andino patagónico del reino Neotropical²⁶. En términos fitogeográficos, se encuentra en la zona xeromórfica, que se extiende desde el extremo norte del país hasta el río Petorca, aproximadamente.

De acuerdo a la clasificación y distribución de vegetación natural de Chile²⁷, en la región de Antofagasta (II Región) es posible distinguir dos regiones ecológicas, cuatro subregiones y 13 formaciones vegetales.

El área comprendida por la mina El Peñón, se encuentra en la región del Desierto, subregión del Desierto Absoluto, cercana al límite entre las formaciones vegetales Desierto Interior y Desierto Interior de Taltal.

La región del Desierto, también denominada Ecosistema de Carácter Xérico, se extiende desde el extremo norte del país, hasta el río Elqui en la IV Región de Coquimbo²⁸. Corresponde a la porción

²⁶ Cabrera A. y Willink, 1973, *Biogeografía de América Latina*, Serie de Biología, Monografía N° 13, Organización de Estados Americanos (OEA), Washington, Estados Unidos, pp. 129.

²⁷ Gajardo R., 1994, *La Vegetación Natural de Chile: Clasificación y Distribución Geográfica*, ed. Universitaria, Santiago, Chile 165 pp.

austral del desierto de la costa del Pacífico de América del Sur. Aún, cuando el límite oeste es la costa oceánica, corresponde principalmente a un desierto interior con una altitud promedio de 1.500 m.s.n.m. Abarca los acantilados costeros, las serranías de la Cordillera de la Costa, las depresiones interiores y las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes.

La subregión del Desierto Absoluto, corresponde a aquella área del desierto en la que las precipitaciones son casi inexistentes y el aporte hídrico proviene de napas subterráneas o de aluviones ocasionales que descienden desde la Cordillera de los Andes. La vida vegetal está prácticamente ausente, exceptuando situaciones puntuales. Esta zona corresponde a ecosistemas desérticos del interior, específicamente al Hiperdesierto²⁹.

La formación vegetal Desierto Interior, se extiende desde el límite con Perú hasta aproximadamente los 25° de latitud sur. Carece de vida vegetal, salvo en condiciones muy locales donde existen napas subterráneas. La comunidad vegetal tipo está constituida por *Pluchea absinthioides* y *Distichlis spicata*, la cual se encuentra ampliamente distribuida como comunidad rural en lugares que han sufrido intervención humana o que se encuentran bajo influencia de aguas con alta salinidad.

La formación vegetal Desierto Interior de Taltal, también denominado Jaral Desértico³⁰, difiere de la formación anterior, debido a la posibilidad de recibir influencias climáticas provenientes del sur. Carece casi completamente de vida vegetal, salvo la presencia ocasional de comunidades arbustivas. La comunidad tipo *Atriplex deserticola* (cachiyuyo) - *Lycium minutifolium* (calpiche), es posible de encontrar cercana a aguadas. Presenta como especies acompañantes a *Acaena canescens* (cadillo) y *Distichlis spicata* (grama salada) y como especies comunes a *Adesmia atacamensis* (allaval), *Criplantha gnaphalioides* (té de burro), *Ephedra breana* (pingo-pingo), *Menonvillea virens* y *Salpiglossis parvulus*.

3.1.2 Análisis

Se recorrió completamente el área de influencia del proyecto (20 km² aproximadamente), sin que se encontrara vegetación natural o indicios de ella. Se realizaron observaciones en quebradas, laderas de cerros y planicies, cubriendo toda la variedad de configuraciones que presenta el relieve. Los puntos seleccionados se presentan en la Figura 7.

Las únicas especies vegetales existentes en el área del proyecto corresponden a las especies arbóreas *Eucaliptus globulus* (eucalipto) y *Acacia melanoxylon* (aromo australiano), que se encuentran en el Campamento de Exploración (Figura 7) y a la especie herbácea *Triticum sp.* que se encuentra en los pozos de captación de agua en el sector Laguna Seca (Figura 7). Todas estas especies arbóreas fueron introducidas al lugar y son mantenidas cuidadosamente por el personal de la empresa.

²⁸ Quintanilla V., 1988, *Fitogeografía y Cartografía de la Vegetación de Chile Arido*, Contribuciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Santiago de Chile, Santiago, 28 pp.

²⁹ *Ibid.*

³⁰ Fuenzalida H. y Pisano E., 1965, *Biogeografía*, pp. 228 - 267, en: CORFO, *Geografía Económica de Chile*, Texto refundido. CORFO, Santiago, Chile, 428 pp.

Esta información concuerda plenamente con la obtenida en la campaña anterior, realizada por Behre Dolbear Chile & Cía Ltda.

En síntesis, debido a la baja o nula precipitación que ocurre en el área, no existe vegetación natural, tal como ha sido descrito para esta ecorregión por numerosos autores.

3.2 Fauna

.3.2.1 Metodología

El área de estudio correspondió principalmente al área de influencia del proyecto (túnel de la mina, zonas de campamento, etc.), zona de toma de agua y en el sector del campamento abandonado de la Oficina Salitrera Dominador (Figura 7).

Durante los días 19, 20 y 21 de abril de 1997, Geotécnica Consultores S.A. prospectó toda el área de estudio en busca tanto de evidencias directas como indirectas para el reconocimiento de la fauna presente en el área. Asimismo, Behre Dolbear Chile & Cía Ltda. prospectó el AID durante el Otoño de 1996 y el Verano de 1997.

En el caso de los mamíferos, las evidencias directas, durante todas las campañas a terreno, correspondieron a visualizaciones por medio de binoculares para los grandes mamíferos, y por medio de capturas con trampas tipo Sherman de captura viva para micromamíferos.

En el caso de la campaña de Geotécnica Consultores S.A., se realizó un esfuerzo de trampeo de 168 trampas/noche (dos noches consecutivas), en sitios donde se presumía la posible presencia y/o se detectaron evidencias indirectas (e.g. madrigueras, huellas, fecas y restos óseos) de la existencia de micromamíferos.

Tres sitios fueron seleccionados para realizar el trampeo (ver Figura 7):

1. Quebrada sector Campamento: coordenadas U.T.M. N7.299.998 y E449.437, se instalaron 12 estaciones separadas cada 10 m con dos trampas por estación.
2. Quebrada sector Toma de Agua: coordenadas U.T.M N7.289.878 y U.T.M. E437.149, se instalaron 10 estaciones separadas cada 10 m con dos trampas por estación.
3. Sector Oficina Salitrera Dominador: coordenadas U.T.M. N7.305.728 y U.T.M. E448.501, se instalaron 20 estaciones separadas cada 10 m con dos trampas por estación, las que incluían tanto quebrada como lugares planos. Este sitio probablemente fue utilizado como corral en la época de funcionamiento del campamento salitrero, ya que se observó la presencia de restos vegetales como pastos y semillas, entre otros, los cuales probablemente serían utilizados por los micromamíferos, como fuente de alimento.

Dentro de las evidencias indirectas para la detección de los mamíferos se pueden mencionar la presencia de huellas, fecas y madrigueras. Cabe destacar que se realizó una búsqueda dirigida para detectar la probable presencia de guanacos (*Lama guanicoe*) en el área. Además se consideraron los relatos y las entrevistas realizadas a los trabajadores y profesionales de la compañía minera.

La presencia de aves, durante todas las campañas fue determinada por evidencias directas como la observación por medio de binoculares e indirectas tal como la colecta de plumas para su posterior identificación, búsqueda de nidos, huellas y de las entrevistas con el personal de la empresa.

Los reptiles fueron reconocidos por observación directa y/o a través de su captura. Para esta fauna se realizó una búsqueda dirigida.

Descripción de la Región

De acuerdo a Quintanilla (1983), el proyecto minero El Peñón se localiza dentro del "Ecosistema de Carácter Xeromórfico" (desde la línea de la concordia hasta los 26° S, latitud de Chañaral). De acuerdo a criterios vegetacionales, el sitio de estudio se inserta en la "Ecorregión del Desierto Perárido Tropical", cuya distribución geográfica incluye el sector oriental de la Cordillera de la Costa hasta aproximadamente los 2.500 m.s.n.m. extendiéndose desde la I Región hasta el norte de la III Región (26° S). Esta Ecorregión, se caracteriza por las condiciones extremas de temperatura, donde las precipitaciones son prácticamente nulas, las condiciones de sequedad son extremas, y la humedad no supera el 40%. Debido a estas condiciones, la vegetación es sumamente escasa y, cuando existe, es muy dispersa, encontrándose sólo representantes de los géneros *Adesmia sp* y *Atriplex sp*. Como consecuencia, la fauna de estos sitios es extremadamente escasa, con excepción de los lugares donde existen cursos irregulares de agua. Asociados a la vegetación, es posible observar insectos (tenebriónidos, tisanuros, formícidos) y arañas. Dentro de los vertebrados es posible encontrar algunas especies de lagartijas (*Garthia peñai*, *Tropidurus tarapacensis* y *Phrynosaura reichei*) y en forma excepcional una especie de ave, el zorzal del norte (*Turdus chiguanco chiguanco*). Respecto de mamíferos y batracios, su presencia es prácticamente inexistente (Quintanilla 1983).

En base a las evidencias directas e indirectas durante la Campaña de Otoño de 1997, fueron identificados un total de 5 especies de vertebrados en el sitio de estudio (Tabla 7).

Tabla 7: Fauna identificada desde 1996¹.

Nombre Científico	Nombre común	Campañas		
		Otoño 1996 ¹	Verano 1997 ¹	Otoño 1997 ²
Mamíferos				
Canidae				
<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Zorro culpeo	X	X	X
Muridae				
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	Lauchón orejado	X	X	X
Aves				
Laridae				
<i>Larus modestus</i>	Gaviota garuma			X
Furnariidae				
<i>Upucerthia andaecola</i>	Bandurilla de las piedras	X		
Hirundinidae				
<i>Progne modesta</i>	Golondrina negra	X		
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina dorso negro		X	X
Emberizidae				
<i>Zonotrichia capensis</i>	Chincol			X
Reptiles				
<i>Liolaemus</i> sp.	Lagartija		X	
Total especies	8	4	4	5

¹ Riqueza específica del área de estudio determinada por evidencias directas e indirectas en las campañas de Invierno 1996 y Verano 1997, realizadas por Behre Dolbear Chile y Cía. Ltda. 1976-1977.

La presencia de la especie se indica con una X.

² Campaña realizada por Geotécnica Consultores S.A.

Mamíferos

Una especie de macromamífero fue detectado vía evidencia indirecta. La presencia del zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) fue determinada a través de huellas y por información del personal de la minera. Es necesario destacar que las huellas se encontraron fuera del AID del proyecto (U.T.M. E435.656 y U.T.M. N7.290.528) en el fondo de una quebrada. Sin embargo, según los lugareños, también ha sido detectado en las cercanías del campamento. La presencia de esta especie ya había sido determinada en campañas anteriores (Otoño de 1996 y Verano de 1997) realizadas en este sector (Tabla 7).

La búsqueda de evidencias indirectas de la presencia de guanacos en el área resultó infructosa, lo que estaría relacionado con la casi total inexistencia de vegetación y de disponibilidad de agua.

Una especie de micromamífero fue identificada en el sitio de estudio (Tabla 7), ésta corresponde al lauchón orejado (*Phyllotis xanthophygus*; el que fue capturado mediante el uso de trampas Sherman. El único individuo de este roedor fue capturado en el sitio denominado 2, sector quebrada toma de agua (Figura 7).

Al igual que en el caso del zorro culpeo, la presencia del lauchón orejudo había sido determinada en las campañas anteriores (Otoño de 1996 y Verano de 1997) (Tabla 7). En la campaña Verano de 1997 un único individuo fue capturado en el sector de la Oficina Salitrera Dominador (punto 3, Figura 7).

Aves

Ninguna especie de ave fue observada durante la campaña de Otoño de 1997. Sin embargo, por descripciones del personal en el área se infiere la presencia ocasional de dos especies no mencionadas previamente para el área: la gaviota garuma y el chincol. La golondrina de dorso negro había sido previamente detectada en la campaña del Verano de 1997. Las especies bandurillas de las piedras y la golondrina negra sólo fueron detectadas en el área de estudio durante la campaña Otoño de 1996.

Reptiles

Aún cuando ninguna especie de reptil fue registrada en el área de estudio durante la campaña de Otoño de 1997, anteriormente había sido reportada una especie en el área de estudio. Se trata de un ejemplar del género *Liolaemus*, el cual se detectó por avistamiento y que no fue posible capturar.

3.2.2 Análisis

En total, en el área de estudio se han registrado ocho especies de vertebrados (dos especies de mamíferos, cinco especies de aves y una especie de reptil). En la campaña Otoño 1997, se registraron cinco especies de vertebrados, de las cuales el chincol y la gaviota garuma, no se registraron en campañas anteriores.

De cinco especies vertebradas registradas durante la campaña de Otoño de 1997, dos de estas están clasificadas en alguna categoría de conservación según Glade (1993); es así como, la gaviota garuma (*Larus modestus*) está en la categoría “Vulnerable” y el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) en la categoría “Inadecuadamente conocido”. Las otras especies determinadas para la zona que incluyen el lauchón orejudo (*Phyllotis xanthopygus*), el chincol (*Zonotrichia capensis*), la bandurrilla de las piedras (*Upecarthia andeacola*), golondrina negra (*Progne subis*) y la golondrina de dorso negro (*Pygochelidon cyanoleuca*)³¹, no tienen antecedentes de tener problemas de conservación.

3.3 Paisaje

El reconocimiento del paisaje resulta fundamental para el manejo ambiental, ya que se presenta como una herramienta de gestión territorial que permite, por un lado potenciar el recurso visual y los valores del paisaje existente, y por otro enmascarar aquellas actividades y/o elementos perturbadores de la armonía y equilibrio de un paisaje determinado.

³¹ Glade A., 1993, *Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile*, Corporación Nacional Forestal (CONAF), 68 pp.

- Como objetivos específicos para el AID del proyecto se definieron y caracterizaron las unidades de paisaje; se determinaron la incidencia visual; se identificaron los recursos paisajísticos, y se evaluó la calidad y fragilidad visual.

3.3.1 Metodología

El esquema metodológico presenta dos etapas, la visita a terreno y el estudio de gabinete o taller, los cuales contemplaron las siguientes actividades:

Etapas de Terreno

Se efectuó una visita a terreno entre los días 19 y 21 de abril de 1997, donde se realizó una visualización general del territorio de estudio.

Según el método de observación directa *in situ*, se efectuaron los siguientes trabajos³²:

- Determinación de las cuencas visuales.
- Identificación de los puntos de observación con apoyo de un posicionador satelital GPS.
- Toma de fotografías panorámicas y puntuales del paisaje reconocido.
- Elaboración de croquis y cortes esquemáticos.
- Toma de los antecedentes de terreno y condiciones de visibilidad.

Como apoyo se utilizó el plano de Layout operaciones del proyecto El Peñón en escala 1: 10.000 y material cartográfico del IGM escala 1: 50.000.

Etapas Gabinete

Recopilados los antecedentes de terreno, se procedió con el siguiente esquema de trabajo:

- Determinación del área de estudio a partir de la(s) cuenca(s) visual(es), por el método de apreciación directa en terreno y apoyo de rayos visuales proyectados desde uno o más puntos de observación .
- Definición y caracterización de la(s) unidad(es) de paisaje mediante las condiciones espaciales del territorio.
- Determinación de la incidencia visual y condiciones de visibilidad.
- Inventario de los recursos visuales presentes en el área de estudio. Este se realiza de acuerdo a³³:

³² Litton, B. (1973). Landscape control points: A procedure for predicting and monitoring visual impacts USDA. California.

³³ Vallejo F., Monsalve S., Mussa J., Vodanovic P. (1995). Caracterización y Monitoreo de Recursos Paisajísticos en la Reserva Forestal Ñuble. Escuela de Ecología y Paisajismo. Universidad Central. Santiago Chile.

- *Proyecciones visuales.* Se definen como líneas de visión que dominan en el paisaje y que permiten la obtención de una porción de territorio de importancia estética.
- *Marcas visuales.* Son elementos puntuales que en forma individual adquieren cierta significancia en el observador y que pueden ser de carácter negativo o positivo.
- *Cursos de agua.* Se definen como aquellos cuerpos de agua que poseen una significancia visual en el observador.
- *Cubiertas vegetales dominantes.* Se reconocen aquellas con mayor relevancia en la composición del paisaje.
- *Areas singulares.* Deben corresponder a aquellos sectores o zonas que conforman el paisaje y dominan por sus características únicas y distintivas, aportando positivamente en la apreciación estética del territorio.
- *Area de alteración mayor.* Incluyen sectores en que la modificación del paisaje ha ocupado una amplia superficie o bien las alteraciones producidas son altamente impactantes y dominan en la percepción del paisaje.

Calidad Visual

Se procede a un análisis de la calidad visual utilizando una adaptación de los métodos aplicados por USDA Forest Service and Bureau of Land Management de los Estados Unidos³⁴. Dicha adaptación otorga tres niveles de calidad visual (alta, media, baja) a una selección de los principales componentes del paisaje, definiendo específicamente para este estudio los que poseen real relevancia en la percepción de los paisajes desérticos (Tabla 8)

Tabla 8: Caracterización de paisaje.

Elemento	Calidad Visual Alta	Calidad Visual Media	Calidad Visual Baja
Morfología o Topografía	Pendientes de más de un 30%, estructuras morfológicas muy modeladas y de rasgos dominantes.	Pendientes entre 15 y 30%, estructuras morfológicas con modelado suave u onduladas.	Pendientes entre 0 a 15%, dominancia del plano horizontal de visualización, ausencia de estructuras de contraste o jerarquía visual.
Acción Antrópica	Libre de actuaciones antrópicas estéticamente no deseadas.	La calidad escénica está modificada en menor grado por obras, no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad escénica.
Fondo Escénico	El paisaje circundante potencia e incrementa el conjunto.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad estética del conjunto.	El paisaje circundante no ejerce influencia visual al conjunto.
	Combinaciones de color	Alguna variedad e intensidad	Muy poca variación de color

³⁴ USDA Forest Service, (1974). National Forest Landscape Management. Washinton D.C.

Elemento	Calidad Visual Alta	Calidad Visual Media	Calidad Visual Baja
Color	intensas y variadas o contrastes agradables.	en color y contrastes, pero no actúa como elemento dominante.	o contraste, colores homogéneos o continuos.
Singularidad o Rareza.	Paisaje único, con riqueza de elementos singulares.	Característico, pero similar a otros de la región.	Paisaje común, inexistencia de elementos únicos o singulares.

Fragilidad Visual

Se seleccionan los puntos de observación más significativos dentro del territorio y se procede a un análisis de su fragilidad visual, según el modelo general de fragilidad visual en el que son analizados y clasificados los paisajes o porciones de él, en función de una selección de los principales componentes del paisaje, divididos en cuatro factores³⁵:

- Biofísicos
- Visualización
- Singularidad
- Accesibilidad

Evaluable los paisajes se aplica la siguiente escala valórica (Tabla 9):

- Fragilidad visual **Alta** - Baja capacidad de absorción visual.
- Fragilidad Visual **Media** - Capacidad de absorción visual moderada.
- Fragilidad visual **Baja** - Alta capacidad de absorción visual.

Tabla 9: Fragilidad visual de paisaje.

Factores	Elementos de Influencia	Alta	Media	Baja
Biofísicos	Pendiente	Pendientes de más de un 30%, y que se encuentren cercanos a los puntos de observación	Pendientes entre 15 y 30%, terrenos con modelado suave u ondulados.	Pendientes entre 0 a 15%, plano horizontal de dominancia.
	(Vegetación) Densidad	Cubierta vegetal discontinua, o ausencia de vegetación.	Presencia de agrupaciones de vegetación aislada.	Cubierta vegetal continua, 100% de ocupación de suelo.
Visualización	Tamaño de la cuenca visual	Visión de carácter cercana o próxima (0 a 1.000 m).	Visión media (1.000 a 3.000 m).	Visión de carácter lejano o a zonas distantes(> 3000 m).
	Forma de la	Cuencas alargadas, generalmente	Cuencas irregulares, mezcla de ambas	Cuencas regulares extensas,

³⁵ Escribano M^o del M, de Frutos., Iglesias E., Mataix C., Torrecilla I. (1987). El Paisaje, Cátedra de Planificación y Proyectos. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Factores	Elementos de Influencia	Alta	Media	Baja
	cuenca visual	unidireccionales en el flujo visual.	categorías.	generalmente redondeadas.
	Compacidad	Vistas panorámicas abiertas.	Vistas simples o múltiples.	Vistas cerradas u obstaculizada.
Singularidad	Unicidad de paisaje	Paisajes singulares, notables con riqueza de elementos únicos y distintivos.	Paisajes de importancia visual, pero habituales, sin presencia de elementos singulares.	Paisajes comunes, sin riqueza visual o muy alterados.
Accesibilidad	Visual	Percepción visual alta, visible a distancia y sin mayor restricción.	Visibilidad media, ocasional; combinación de ambos niveles.	Baja accesibilidad visual; vistas repentinas, escasas o breves.

3.3.2 Análisis

Determinación de los Puntos de Observación

La Figura 8 indica los trece puntos de observación que se identificaron en el territorio. Estos permiten reconocer y evaluar la totalidad del paisaje en estudio.

Determinación del Área de Estudio

Tras el análisis de los puntos de observación *in situ* y apoyo de material cartográfico se determinó el área de influencia visual utilizando como base la identificación de las cuencas visuales, que permiten reconocer las condiciones de visibilidad presentes en el área de estudio (Figura 8).

Según este principio, se identificaron tres cuencas visuales, todas ellas con características espaciales similares y cuyos límites están dados por los cordones de cerros que las rodean:

- Cuenca N° 1 abarca el sector norte del proyecto.
- Cuenca N° 2 corresponde a la Pampa El Peñón.
- Cuenca N° 3 comprende la Pampa Providencia.

En el extremo oeste de la cuenca N° 1, la vista se fuga a paisajes lejanos, transformándose en fondo escénico. En la cuenca N° 3, los límites son más difusos y dependen, en gran medida, del punto de observación debido a la distancia en que estos se encuentran.

Descripción de las Cualidades Espaciales del Territorio

De acuerdo a las características espaciales, el territorio afectado se comporta como una unidad autocontenida, en donde fue definida una sola unidad de paisaje de carácter homogénea que encierra el

área correspondiente al proyecto como a su entorno de acción. Esta demuestra la existencia de un paisaje de tipo panorámico de gran amplitud visual. Los puntos de fuga se encuentran en todas direcciones sin destacar ningún elemento de fijación en la percepción, salvo los cerros de formas modeladas y onduladas, que se encuentran rodeando las cuencas enmarcándolas y otorgándoles límite. La acción antrópica de mayor significancia se ubica en la cuenca N° 2 y se manifiesta en las actividades de exploración y presencia de campamentos.

Se puede resumir, que las condiciones espaciales del AID del proyecto generalmente incluyen cuencas visuales amplias y abiertas, de tipo redondeada y sin focalización de vistas, donde los elementos morfológicos y fondo escénico son los que dominan en la percepción del paisaje.

Incidencia Visual y Condiciones de Visibilidad del Territorio

La incidencia visual del terreno es alta donde no existen elementos de camuflaje y donde domina la monocromía y la ausencia de elementos que actúen como barrera a la visibilidad.

Las proyecciones visuales determinadas en terreno, desde los puntos de observación, arrojan como resultado que la visualización de éste es óptima, y sólo el elemento distancia disminuye la incidencia visual. Por lo tanto, el territorio que ocupa el proyecto incide y es percibido en un área extensa.

Inventario de Recursos Visuales

Proyecciones visuales: No existen sectores puntuales de interés paisajístico en el AID del proyecto El Peñón. Sin embargo, debido a la amplitud del paisaje, existen numerosas vistas panorámicas, observándose desde cada una de ellas una porción importante del territorio, adquiriendo, gran importancia estética, la totalidad del paisaje.

Marcas visuales: Los elementos que en forma individual adquieren cierta significancia en el observador son los distintos campamentos, estación de bencina y el pozo de agua. Se deben reconocer como marcas visuales de carácter lineal las huellas de los vehículos en las laderas de los cerros y los caminos que cruzan el territorio cortando y dividiendo el paisaje.

Cuerpos de Agua: En el área no existen cuerpos de agua.

Cubierta Vegetal: La principal estructura vegetal está representada por los árboles plantados en el campamento, los que no adquieren significancia visual.

Áreas Singulares: Por sus características y riqueza de elementos, y por presentar importancia histórica, se reconocen como un área de singularidad paisajística las ruinas de la oficina salitrera Dominador.

Áreas de Alteración Mayor: Por presentar gran cantidad de excavaciones y cortes, producto de las actividades de prospección, se define como un área con alto grado de perturbación el sector de los pit Dominador y Amatista y el cerro Martillo. Sin embargo, debido a la escala de trabajo, las alteraciones

son visibles desde planos de visión cercanos y medios, perdiendo significancia visual desde el plano lejano.

3.3.3 Calidad Visual

Debido a la ausencia de elementos que dominen y ejerzan influencia visual en el paisaje del AID del proyecto, el resultado de la evaluación otorga una calidad visual **media** para la unidad (Tabla 10). Los componentes valorados, si bien no contienen baja calidad escénica, no destacan dentro del conjunto del paisaje de la región, ni incrementan su valor estético.

Tabla 10: Evaluación de la calidad visual.

Elemento	Calidad Visual
Morfología o Topografía	Media
Acción antrópica	Media
Fondo escénico	Media
Color	Media
Singularidad	Media

3.3.4 Fragilidad Visual

El resultado de la evaluación otorga a la unidad una fragilidad visual **Alta** (Tabla 11), por poseer una gran accesibilidad visual, con vistas panorámicas y falta de elementos que enmascaren o mitiguen, quedando las alteraciones expuestas prácticamente desde todos los puntos de visualización. Estas sólo son atenuables por el tamaño y forma de la cuenca visual que aumenta el número de vistas, con lo que posibles actuaciones pueden ser menos focalizadas, reduciendo su impacto en la configuración global del paisaje. Sin embargo, la amplitud visual que presenta la unidad, indica la dificultad para enmascarar impactos futuros.

Tabla 11: Fragilidad visual.

Factores	Elementos de Influencia	Valoración
Biofísicos	Pendiente	Media
	Vegetación	Alta
Visualización	Tamaño de la cuenca visual	Media
	Forma de la cuenca visual	Baja
	Compacidad	Alta
Singularidad	Unicidad de paisaje	Media
Accesibilidad	Visual	Alta

3.3.5 Conclusión

El paisaje es frágil debido a la alta visibilidad y accesibilidad que posee. Consecuentemente, cualquier acción a la que sea sometida será percibida desde distintos puntos de observación. Los componentes que se describieron arrojan como resultado que el paisaje es altamente receptivo de vistas.

4 MEDIO AMBIENTE HUMANO Y CALIDAD DE VIDA

4.1 Recursos Arqueológicos, Antropológicos e Históricos

4.1.1 Metodología

Como parte del Estudio de Línea Base, se realizó una caracterización de los recursos arqueológicos presentes en el área de influencia directa del Proyecto y en sectores aledaños en la Pampa El Peñón. En el Anexo G del EIA se presentaron los informes originales del Arqueólogo de GC a cargo de las prospecciones arqueológicas.

El trabajo en terreno se realizó por Behre Dolbear Chile & Cía Ltda., los días 26 a 28 de marzo de 1996 y después durante los días 19 a 22 de abril de 1997 y los días 16 y 17 de noviembre de 1997, por Geotécnica Consultores S.A. Durante estas últimas campañas a terreno, se realizó una prospección sistemática a base de transectas Norte-Sur, previa inspección de fotos áreas³⁶, en donde se situaron tres puntos de interés ocupacional:

- a) ocupaciones y/o explotaciones mineras en áreas de mineralización,
- b) estructuras arquitectónicas en depresiones con pampas de nitrato, y
- c) cuenca cercana con depósitos aluvionales (Laguna Seca).

La exploración comprendió todas las áreas del proyecto (Figura 9). El área fue dividida en tres sectores de evaluación, de acuerdo a sus distintas situaciones geográficas y de instalaciones:

- a) Los sectores con las instalaciones actuales y espacios orientados al proceso tecnológico y de extracción.
- b) Se amplió la prospección a la zona de pampas de nitrato, teniendo como eje la Oficina Salitrera “Dominador”.
- c) Se extendió el registro hacia la guirnalda de cuencas reducidas, ubicadas al SW, correspondiente a Laguna Seca.

³⁶ Fotos aéreas del Instituto Geográfico Militar de Chile.

Los sitios ubicados fueron determinados por GPS³⁷, incluyendo sus datos de función, data aproximada, estado de conservación y relevancia.

4.1.2 Antecedentes Arqueológicos Generales

El área prospectada se ubica en la depresión intermedia hiperárida al oeste de la serranía de Domeyko, carente de recursos hídricos y vegetacionales. Se le considera un área culturalmente periférica o borde de dos polos de poblamiento de data arqueológica: la costa y el río Loa, respectivamente.

En la costa aledaña del Desierto de Atacama, el poblamiento ha mantenido un curso continuo de ocupación humana del orden de los 10.000 años^{38, 39}, localizan sus asentamientos más densos en torno a pequeñas vertientes originadas por aguas subterráneas traspasadas desde la depresión intermedia al borde costero, o por captación de neblinas rasantes infiltradas en las altas cumbres⁴⁰. Desde estos enclaves costeros se han detectado estaciones arqueológicas en la depresión intermedia, en ambientes similares a El Peñón, en donde los indígenas prehispánicos se proveían de rocas adecuadas para tallar sus instrumentos, mejores que las halladas en el mismo litoral. (Ej. cercanías de oficinas salitreras Alemania, Altamira, etc). Este patrón consiste en la ubicación de nódulos de calcedonia, jaspe, por ejemplo, asociados a rodados trasladados desde las playas del Pacífico, para la talla de estos materiales, para luego trasladarlas pretalladas al litoral.

Por otro lado, la mayor lejanía con respecto a los asentamientos prehispánicos del río Loa y San Pedro de Atacama, hacen más improbable los contactos con economías continentales de pastoreo y agricultura⁴¹. La ausencia de recursos locales de agua y forraje, hacen por lo demás imposible la ocupación de cazadores y de grupos de caravaneros (llamas cargadas), que solían cruzar el desierto desde los valles agrarios hacia la costa, tras operaciones de intercambio⁴².

Por todo lo anterior, queda claro que esta área no posee poblaciones prehispánicas ni coloniales, quedando abierta a su colonización a partir del siglo XX, cuando se expande la industria salitrera y cuprífera.

Prospección Arqueológica

Laguna Seca

Corresponde a una depresión con tres a cuatro subcuencas continuas, de baja profundidad, cubiertas con sedimentos finos aluviales, sometidos a intensa erosión eólica (deflación). El análisis aerofotogramétrico sugería un recurso potencial, eventualmente utilizado por ocupaciones humanas. El análisis directo en terreno demostró que no se trata de cuencas con recursos lacustres estables, útiles

³⁷ GPS = Geographical Position System (Geoposicionamiento Satelital).

³⁸ Llagostera A., 1979, *Ocupación Humana en la Costa Norte de Chile Asociados a Peces Local - Extintos y a Litos Geométricos 9680 años A. C.*, Actas VII Congreso de Arqueología Chilena, Santiago de Chile.

³⁹ Bittman B., 1984, *El Proyecto Cobija: Investigaciones Antropológicas en la Costa del Desierto de Atacama (Chile)*, Simposio Culturas Atacameñas, Universidad del Norte, Antofagasta.

⁴⁰ Núñez L. y Varela J., 1967, *Sobre los Recursos del Agua y el Poblamiento Prehispánico de la Costa del Norte Grande de Chile*, Estudios Arqueológicos, N° 3-4, Universidad de Chile, Antofagasta.

⁴¹ Núñez L., 1965, *Desarrollo Cultural Prehispánico del Norte de Chile*, Estudios Arqueológicos, N° 1, Universidad de Chile, Antofagasta.

⁴² Ibíd.

para las instalaciones humanas, sino depósitos de aguas y rellenos aluvionales causados por precipitaciones esporádicas que afectan las tierras bajas y el litoral de la II Región. Por otra parte, no se advierten recursos litológicos útiles para la confección de artefactos líticos, lo cual, asociado al déficit total de apoyo florístico, faunístico e hídricos-potables, justifican la ausencia de registro arqueológico consistente con el ambiente inhóspito local.

En dos registros asociados a las playas de estas cuencas, se ubicaron bloques de sílice afectada por termofracturas, con desmembramiento de lascas, similares al resultado de talla a percusión, común entre pueblos arcaicos (caza-recolección posglacial). Sin embargo, la ausencia de bulbos y ondas de percusión y la no aplicación de sistemas de percusión directa o indirecta, transforman estos hallazgos en una suerte de pseudoindustria lítica. No se registraron talleres propiamente tales.

Peñón 1

Colina aislada con dos pircados usados como refugios transitorios. A juzgar por el registro de loza inglesa, sincrónica con las registradas en la Oficina Dominador, esta leve ocupación de exploradores de vetas ocurrió entre 1900 a 1925. Se ubica en el área de exploración.

Peñón 2

Corresponde a una ocupación vinculada con la mantención de mulares a nivel de corral, a modo de estación de carretas, con restos de horno y área de residencia. El registro de zapatones de trabajos reforzados con cuero de lobo marino (uso de *cachuchos*) la intensa utilización de cueros de lobos, restos de alimentos del Pacífico, botellas de vidrio y sellos de loza, similares a los ubicados en la Oficina Dominador, los vincula con la ocupación salitrera del área (1900-1925). La alta frecuencia de huellas del movimiento de carretas entre oficinas, entre las zonas de los *particulares* o explotación directa y planta de procesamiento, da cuenta del gran uso de mulares y carretas asociadas a las rampas de descarga en los carros del ferrocarril local. Se ubica en el área de exploración.

Peñón 3

Se trata de un campamento minero vinculado con el proceso salitrero (1900-1925). En el estudio arqueológico realizado en 1996 para Minera Meridian Ltda., se describe este sitio como un campamento donde se observaron “restos de varias viviendas-habitaciones, ubicadas en semicírculo alrededor de un área central en la cual se encuentran los restos de un horno. Se observaron los restos de siete viviendas, de las cuales cinco son de planta rectangular con la entrada orientada hacia la zona del horno (norte). Una vivienda es planta circular y la última es subrectangular con la puerta de entrada orientada hacia el sur. Las estructuras rectangulares tienen una planta de aproximadamente 3 x 2,5 metros. Las viviendas están marcadas por los restos de cimientos de barro, que probablemente soportaban una estructura liviana de palos y latón.”⁴³

El material cultural encontrado en superficie corresponde a tarros choqueros, cinceles de fierro para extraer el caliche, sacos, zapatos y ropas diversas como también restos de alimentos, básicamente huesos de bovino, cuescos de duraznos y semillas de maní.

⁴³ Behre Dolbear Chile & Cia. Ltda., 1996, *Proyecto El Peñón, Informe Línea Base*, Minería FMC Ltda.

Peñón 4

Es un campamento minero (“Tres Tontos”) constituido de dos grandes estructuras asociadas a un área de corral para mantención de animales de carga. Es posible que se vincule con labores extractivas salitreras (1900-1925) sometidas a intenso deterioro después del proceso de desarme.

En el informe arqueológico anteriormente citado, se describe: “restos de un campamento que constaba de dos grandes pabellones y una pesebrera. Se observan restos de una tercera estructura con hornos adosados. Este campamento fue desarmado y sólo quedan los restos de las fundiciones de las construcciones. Aparentemente, los muros eran de barro con techos de calamina (zinc). Se observan también restos de paredes de calamina. Los pabellones correspondían a habitaciones para obreros. Cada una de ellas medía 3 x 3 metros. El campamento ocupa una superficie aproximada de 50 x 40 metros. Un camino de exploración cruza este campamento.”⁴⁴

Peñón 5

Se trata del complejo arquitectónico-industrial más significativo del área (Figura 9), perteneciente a la sociedad minera y comercial Renacimiento. El análisis de fotos aéreas jerarquizó una gran ocupación nuclear de la oficina propiamente tal (unidad de administración y residencias), con cinco zonas ocupadas con instalaciones industriales complementarias.

El área prospectada fue equivalente a tres hectáreas, que cubre el total de la organización del espacio industrial. El modelo constructivo fue el más moderno del área, con capacidad para cerca de 2.000 personas, pulpería, biógrafo, filarmónica (lugar de baile organizado), instalación eléctrica, acceso del ferrocarril, carretas y camiones. Se acepta que sólo tuvo un trayecto de desarrollo limitado a los años 1925-1930, tal como se constata por los sellos de la loza doméstica de origen europeo, en donde una de ellas sitúa específicamente el siguiente dato: “Cía. de Sal ... El ... Of Dominador 1925”.

La oficina se ha desarmado para recuperar ladrillos, paralelo a los primeros bloques de cemento introducidos aquí con éxito en la arquitectura industrial, reemplazando el tradicional uso de *calaminas*. Las bases se consolidaron con bloques de roca pegados con cemento, restando estructuras y muros bien conservados. Por otra parte, las secciones industriales se advierten bien conservadas a pesar de que las maquinarias fueron levantadas. Llama la atención entre las instalaciones complementarias más norteñas, el área de mantención de ganado mular y caballar, constituyendo extensos pisos de guano de coloración café claro, asociado a un gran bebedero.

Peñón 6

A unos 500 m al oeste de la Oficina se situó una unidad arquitectónica exótica, consistente en una estructura circular en el centro de un gran recinto cuadrangular. Se propone que allí se movía mineral en seco, con la técnica del giro de mulas para arrastrar piedras de “molino”, a partir de un eje central. Esta técnica es de data colonial y habría pervivido aquí, en relación a la mina expuesta en la cercanía a este sitio. La presencia de abundante carbón y suelos cenicientos, sugiere también una posible labor complementaria de fundición. No se cuenta con adecuada información para establecer un vínculo entre este trapiche de acción mular, con el alto índice de corrales localizados a no más de 100 m del trapiche

⁴⁴ Ibíd.

referido. Lo que parece ser cierto es que este trapiche-fundición no se correlaciona con el patrón de explotación salitrera.

Peñón 7

A unos 200 m de la Oficina se ubica un extenso basural extendido longitudinalmente, con intervenciones de maquinaria pesada, que ha alterado el gran potencial documental de este sitio en términos de arqueología industrial, que sin dudas será el próximo gran tema de la arqueología salitrera. El basural da cuenta de restos de alimentos extrarregionales (frutas), regionales (choros y ostiones), restos de platos, pelota de trapo, sombreros, textiles, impresos, latas de conserva, botellas, vacunos, etc.

El basural está bien conservado, de modo que fuera de la intervención de maquinaria pesada, prevalece el aislamiento de la oficina para mantener su preservación de parte de coleccionistas, vendedores de antigüedades o saqueo de vándalos. Todo este complejo arquitectónico y deposicional es de relevancia en términos de arqueología industrial. No se sitúa en la zona de exploración y explotación del Proyecto.

Peñón 8

Campamento salitrero complementario a Oficina Dominador. El informe arqueológico preparado para Minera Meridian Ltda. en 1996, lo describe como “un campamento, aproximadamente anexo a la oficina principal y no a una oficina diferente. Consta de los restos de varios pabellones para alojar a los obreros, de arquitectura similar a los de la Oficina Dominador descritos anteriormente. Las piezas tienen las mismas dimensiones, vale decir 3 x 3 metros, con una puerta para cada pieza. En el extremo de cada pabellón había una pila con llave de agua. Los restos de este campamento abarcan una superficie aproximada de una hectárea. No se observan restos de una zona industrial por lo que se infiere que este campamento fue utilizado exclusivamente como zona de vivienda. No se encontraron datos significativos respecto a este campamento.”⁴⁵

Cerro Martillo

El Cerro Martillo se ubica al EN de la planta con una cota de máxima altura fluctuante entre 2.026 a 2.033 m.s.n.m., extendiéndose con rumbo norte-sur, sin vestigios arqueológicos desde su cota inferior a la cúspide (1.878-2.033 m.s.n.m.). El análisis de los alrededores del Cerro Martillo permite identificar planicies periféricas intervenidas por la extracción salitrera y piques mineros de exploración, sin asociaciones a ocupaciones humanas que constituyan restos arqueológicos desde los rumbos norte-sur. Sin embargo, desde el cerro con rumbo 310° NW, se localizó en la planicie aledaña una zona arqueológica identificada en la foto aérea. Se trata de una instalación salitrera dispuesta en la pendiente de una elevación separada del Cerro Martillo por una quebrada de poca magnitud y a una distancia aproximada entre 1.000 a 1.500 m. De estas ruinas se observan las bases de rocas de las construcciones asociadas a bloquetas de cemento, similares a las usadas en la oficina aledaña (“Dominador”). Esta instalación se separa en dos sectores de la misma época con el entorno de la pampa salitrera intervenida por el proceso de extracción. Los vestigios de las instalaciones adquieren un valor patrimonial asociados a las llamadas “calicheras” o zonas de explotación preparadas con pircados típicos de estas faenas.

⁴⁵ Ibíd.

En la Tabla 12 se presenta en forma sinóptica los sitios registrados (diez), de estos, cinco logran relevancia por representatividad, complejidad, exclusividad y carácter monumental (Peñón 5, 6, 7, 8 y Cerro Martillo).

Tabla 12: Síntesis del análisis o estudio arqueológico.

Nombre	Estado Conservación	Tipo de Sitio	Epoca	Relevancia	Area de Riesgo
LAGUNA SECA	-	Taller lítico (según 1 ^{er} informe)	Prehispánico (?)	Laguna Seca no sería zona arqueológica ocupada por cazadores-recolectores. Hay evidencias de pseudoartefactos	Relacionado al Proyecto (captaciones de agua), pero alejado de exploración y proceso productivo
PEÑON 1	Bueno	Dos pircados de exploración minera	Inicio siglo XX	Modelo reiterativo en el área, sin valor patrimonial	Area de intervención directa
PEÑON 2	Bueno	Campamento y corral	Inicio siglo XX	Modelo reiterado en el área, sin valor patrimonial	Area de exploración
PEÑON 3	Bueno	Campamento minero	Inicio siglo XX	Modelo reiterado en el área, sin valor patrimonial	Area de exploración
PEÑON 4	Bueno	Campamento minero	Inicio siglo XX	Modelo reiterado en el área, sin valor patrimonial	Area de exploración
PEÑON 5	Bueno	Complejo arquitectónico-industrial Oficina Dominador	1925-1930	Modelo único en el área. Máxima relevancia patrimonial	Fuera del área de intervención
PEÑON 6	Bueno	Instalación de molienda y fundición de minerales	Inicio siglo XX	Modelo único en el área. Máxima relevancia patrimonial	Fuera del área de intervención
PEÑON 7	Bueno	Basural del sitio 5: Of. Dominador	1925-1930	Modelo único en el área. Máxima relevancia patrimonial	Fuera del área de intervención
PEÑON 8	Bueno	Campamento minero	Inicio siglo XX	Modelo único en el área. Máxima relevancia patrimonial	Fuera del área de intervención
CERRO MARTILLO	Bueno	Area administrativa, extractiva y de asentamientos Of. Dominador	1925-1930	Modelo único en el área. Máxima relevancia patrimonial	Fuera del área de intervención

4.1.3 Análisis

En el área de intervención directa de la mina (socavón, instalaciones, etc.) no se registran sitios arqueológicos, salvo Peñón 1 (inicio siglo XX) que carece de magnitud y valor patrimonial.

En el área de exploraciones se sitúan los sitios Peñón 2, 3 y 4, los que carecen de valor patrimonial.

Los cuatro casos de sitios relevantes: (Peñón 5, 6, 7 y 8), correspondientes a las instalaciones mineras del Complejo Dominador y mina aledaña, no se ubican en el área directa ni indirecta de intervención. El aislamiento de estas ruinas permitió salvaguardarlas del virtual saqueo y desmantelamiento que sufren estos asentamientos en el desierto chileno.

En el área de Cerro Martillo se encuentra el quinto sitio relevante y que corresponde a los vestigios de una oficina salitrera y que se localiza a 1,5 km del cerro. Por lo tanto, dicho hallazgo no se ubicaría en el área de intervención directa del proyecto.

El área Laguna Seca no tendría un carácter arqueológico consistente, careciendo de restos prehispánicos confiables.

4.2 Socioeconomía

4.2.1 Metodología

La descripción y análisis socioeconómico para el AID del proyecto se realizó basado en la bibliografía disponible, especialmente la del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). En este estudio se ha considerado:

- Un área de influencia amplia constituida por la II Región de Antofagasta en general.
- Un área de influencia más restringida conformada por las comunas de Antofagasta y Taltal, las más cercanas al Proyecto.

4.2.2 Análisis

Características Demográficas

Según el último censo (1992), la II Región cuenta con 410.724 habitantes, que representan sólo el 3,1% del total de la población nacional. Con una superficie de 126.443,9 km², que la convierte en la segunda región más extensa del país, presenta una densidad poblacional de apenas 3,3 habitantes/km².

La comuna de Antofagasta, la capital regional, con una población de 228.408 personas, concentra el 55,6% de los habitantes de la región. La comuna de Taltal, en cambio, tiene menor importancia poblacional y, con 10.852 personas, sólo concentra el 2,6% del total regional (Tabla 13).

Tabla 13: Población nacional, II región y comunas de Antofagasta y Taltal

Area	Superficie (km ²)	Densidad (hab/km ²)	Total	Hombres	Mujeres	Indice de Masculinidad (%)
Chile	756.626,3*	17,6	13.348.401	6.553.254	6.795.147	96,44
II Región	126.443,9	3,5	410.724	206.786	203.938	101,40
Antofagasta	30.622,5	7,6	228.408	113.405	115.003	98,61
Taltal	20.835,0	0,5	10.852	5.929	4.923	120,43

* Excluida la superficie territorial antártica; INE, 1995.

La tasa de crecimiento anual de la población regional en el período intercensal 1982-92, es de 1,84 %. La comuna de Antofagasta (con un 2,04%) y Taltal (con un 2,67%) crecen a una tasa mayor que la regional. Esta última, incluso revierte el crecimiento negativo que había experimentado entre 1970-1982 (Tabla 14).

Tabla 14: Variación intercensal y tasa de crecimiento media de la población II Región de Antofagasta

Area	Tasa Media de Crecimiento %	
	1970-1982	1982-1992
Región	2,54	1,84
Antofagasta	3,76	2,04
Taltal	-1,21	2,67

Fuente: INE, Censos 1970, 1982 y 1992.

De acuerdo a estimaciones oficiales, al año 2.000, la II Región contaría con 468.411 habitantes, en tanto que la población de las comunas de Antofagasta y Taltal llegaría a 257.976 y 12.339 personas, respectivamente.⁴⁶

La distribución histórica de la población en la región se relaciona estrechamente con las características que asume la economía regional. Con posterioridad a la crisis salitrera, la población se concentra y crece alrededor de dos ejes urbanos: Calama-Chuquicamata, activado por la gran minería del cobre; y el puerto de Antofagasta, el centro administrativo y de servicios hacia donde converge la red de comunicaciones de la región.

Actualmente, las áreas urbanas de la región concentran 399.515 habitantes, lo que corresponde al 97,3% de la población total regional, mientras que en el sector rural solamente residen 11.209 habitantes, que representan el 2,7% restante. La comuna de Antofagasta, el centro urbano más importante de la región, presenta una tasa de ruralidad de sólo un 0,7%; Taltal, en tanto, presenta un índice de ruralidad mayor, de un 13,3%.

El índice de masculinidad actual de la región es bastante equilibrado, de 101,4 (Tabla 13). Sin embargo, el mismo llega a 219,3 en el área rural, muy influida por la presencia de actividades mineras con concentración de varones. En la comuna de Antofagasta, eminentemente urbana, este índice llega a 98,6; mientras en que en Taltal, con una mayor presencia rural, es más alto, de 120,4.

⁴⁶ Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Antofagasta, 1996.

La estructura de edad de la población regional es bastante similar a la existente en el país, que muestra una tendencia al envejecimiento, producto de la disminución de las tasas de fecundidad y al aumento de la esperanza de vida. Las comunas de Antofagasta y Taltal muestran una distribución etárea parecida a la de la región, aunque en la última existe una ligera proporción menor en el estrato de los jóvenes (15 a 24 años), ocasionada probablemente por migraciones estudiantiles y laborales.

Históricamente la Región de Antofagasta ha sido protagonista de importantes migraciones intra e interregionales, las que se dirigen fundamentalmente hacia las ciudades de Antofagasta y Calama, sus dos núcleos económicos más importantes.⁴⁷

De acuerdo al último censo, un 28,5% de la población de la región había nacido en otras regiones del país o el extranjero (Tabla 15). Este porcentaje es más alto en las comunas de Antofagasta y Taltal, donde llega a un 43,3% y un 37,0%, respectivamente. En Antofagasta, un 36,3% de los inmigrantes provienen de otras comunas de la región, un 62,0% de otras regiones del país (de las Regiones IV, Metropolitana, III y I, principalmente) y un 1,7% del extranjero. En Taltal, un 23,2% corresponde a inmigración intrarregional, un 76,1% a extrarregional (IV, III y Metropolitana, principalmente) y un 0,7% a internacional.

⁴⁷ Bahr Jurger, 1985, *Agriculture, Copper Mining and Migration in the Andean Cordillera of Northern Chile*. Mountain Research and Development, vol. 5(3): 279-290.

Tabla 15: Migraciones a la II Región y comunas de Antofagasta y Taltal.

Población	II Región	%	Antofagasta	%	Taltal	%
No Migrantes	287635	70,0	125.839	55,1	6.656	61,3
Migrante	116945	28,5	98.959	43,3	4.012	37,0
Sin Información	6144	1,5	3.610	1,6	184	1,7
Total	410724	100,0	228.408	100,0	10.852	100,0
Migrantes						
Misma Región	-	-	35.926	36,3	930	23,2
Otras Regiones	113629	97,2	61.360	62,0	3.053	76,1
Extranjero	3.316	2,8	1.673	1,7	29	0,7
Total	116.945	100,0	98.959	100,0	4.012	100,0
Otras Regiones						
I	12.158	10,7	6.881	11,2	170	5,6
II	17.676	15,6	9.606	15,7	872	28,6
IV	36.520	32,1	16.530	26,9	1.001	32,8
V	9.288	8,2	5.506	9,0	247	8,1
VI	2.373	2,1	1.472	2,4	57	1,9
VII	3.447	3,0	1.799	2,9	84	2,8
VIII	6.055	5,3	3.118	5,1	114	3,7
IX	2.643	2,3	1.478	2,4	62	2,0
X	2.868	2,5	1.699	2,8	66	2,2
XI	109	0,0	76	0,1	0	0,0
XII	337	0,3	245	0,4	4	0,1
Metropolitana	20.155	17,7	12.950	21,1	376	12,3
Total	113.629	100,0	61.360	100,0	3.053	100,0

Fuente: Censo 1992, Sistema REDATAM.

Producto Interno Bruto (PIB)

Las últimas cifras publicadas por el Banco Central de Chile, señalan que en 1992 la Región de Antofagasta aportó con un 6,8% en la composición del PIB nacional. Este porcentaje la ubica como la cuarta región más importante del país.

La estructura que presenta la composición del PIB regional es totalmente atípica respecto de la nacional, ya que es la única región en que la mayor parte del PIB es generado por el sector primario de la economía, a diferencia del resto del país donde siempre es más importante el sector terciario. La situación anterior se explica por la importancia de la minería que representa casi el 60% del PIB de la región (Tabla 16).

Tabla 16: Distribución del producto interno bruto (PIB) por rama de actividad, Chile y II Región

(millones de pesos)

Rama de Actividad	II Región			País		
	1990	% Aumento 1985/1990	% Incidencia	1990	% Aumento 1985/1990	% Incidencia
Agropecuario	460	13,3	0,2	347.870	46,7	9,0
Pesca	2.809	50,1	1,0	48.069	36,8	1,2
Minería	162.038	22,9	59,6	396.352	167	10,3
Industria	17.119	28,8	6,3	780.646	37,5	20,3
Elec. Gas y Agua	12.217	171,5	4,5	97.644	129	2,5
Construcción	16.137	151,8	5,9	237.306	59,2	6,2
Comercio	10.468	19,7	3,9	667.182	453	17,3
Transporte	16.640	29,3	6,1	312.301	53,5	8,1
Serv. Financieros	8.943	57,6	3,3	580.928	50,7	15,1
Propiedad Vivienda	7.162	6,2	2,6	208.428	7,6	5,4
Serv. Personales	15.347	23,2	5,6	344.634	19,1	9,0
Adm. Pública	4.965	-1,5	1,8	141.028	2,2	3,7
(Imputaciones Bancarias)	-2.527	124,8	-0,9	-315.542	46,3	-8,2
Totales	271.778	-	100,0	3.846.846	-	100,0

Fuente: Banco Central, Cuentas Nacionales.

Principales Actividades Productivas

El Sector Minero

La minería contribuye con un 59,6% al PIB regional, en tanto que en el país la misma sólo alcanza al 10,3% (Tabla 16). La contribución de la minería regional al PIB nacional del mismo sector es de un 40,9%. La producción minera es la actividad económica más importante de la Región de Antofagasta.

Actualmente, la actividad minera regional emplea a 21.990 personas⁴⁸. Esta cifra significa un 14,1% del total de ocupados en la II Región y el 23,9% del empleo minero de todo el país (Tabla 17). Desde hace más de un año, sin embargo, la ocupación minera se encuentra por debajo de su participación promedio en la generación regional de empleo (que presenta una tasa media de un 14,9% entre 1991 y 1996). En la actualidad, el 46,0% de los ocupados en la minería residen en Calama-Chuquicamata, un 29,4% en la ciudad de Antofagasta, y el 24,6% restante en otros lugares urbanos y rurales de la región.

Tabla 17: Población en la fuerza de trabajo por rama de actividad económica, ocupados y desocupados
II Región y país

⁴⁸ Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 1997, *Encuesta Nacional de Empleo*, Trimestre Móvil (Diciembre 1996 - Febrero 1997).

Rama Actividad Económica	II Región		País	
	Ocupados		Ocupados	
	Nº (Miles)	%	Nº (Miles)	%
Agricultura y Pesca	7.440	4,8	811.200	15,3
Minas y Canteras	21.990	14,1	91.870	1,7
Industria Manufacturera	14.150	9,0	853.800	16,1
Electricidad, Gas y Agua	1.220	0,8	39.190	0,7
Construcción	21.800	13,9	424.680	8,0
Comercio	25.040	16,0	926.040	17,5
Transporte, Almac. y Com.	16.010	10,2	416.470	7,9
Serv. Financieros	13.470	8,6	367.660	6,9
Serv. Comunales, Soc. y Pers.	35.380	22,6	1.360.900	25,7
No Bien Especificadas	-	-	340	0,0
Totales	156.500	100,0	5.292.150	100,0

Fuente: Encuesta Nacional de Empleo, Trimestre Móvil Diciembre 1996- Febrero 1997.

En la ciudad de Antofagasta, en la actualidad, un 7,7% de los ocupados tiene empleo en el sector minero. De acuerdo al censo de 1992 (no se dispone de información desagregada para años posteriores), en la comuna de Taltal un 44,3% de los ocupados se desempeñarían en la minería.

El sector minero regional presenta actualmente una tasa de desocupación de un 1,7% (370 personas), más baja que tasa general de la región que llega a un 2,7%. No existen tasas desagregadas por rama de actividad económica para áreas poblacionales menores. Según el Censo de 1992, la comuna de Antofagasta presentaba una tasa de desocupación del 10,0% en minería, más alta que la general (que llegaba a un 9,3%). Taltal, en tanto, el mismo año presentaba una tasa de un 8,4% en este sector, la que era más baja que la general.⁴⁹

La Región es el principal centro productor minero del país. Durante el año 1996, del total de la producción minera nacional, la Región de Antofagasta produjo alrededor del 57% del cobre, el 55% del molibdeno, el 30% de la plata y el 23% del oro (Tabla 18), además de casi la totalidad del salitre, yodo y litio producidos en el país⁵⁰. Las exportaciones mineras de la región representan un 42,9% del total de divisas generadas por las exportaciones nacionales del sector; un 25,4% de las exportaciones totales del país y un 97,3% de las exportaciones regionales.

En los últimos años, la producción minera regional se ha visto fuertemente incrementada por la puesta en marcha de varios proyectos mineros. Esta situación ha redundado en un aumento de los volúmenes de producción metálica. Entre 1993 y 1996 la producción regional de cobre ha subido en un 51,3%, la de oro en 108,1% y la de plata en 24,2% (Tabla 18). La producción no metálica, en cambio, ha sufrido cierto retroceso, especialmente en el rubro salitrero.

⁴⁹ Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 1992, *Censo de 1992*, Tabulados Especiales SIDCEN.

⁵⁰ Instituto Nacional de Estadísticas (INE) Antofagasta, 1997, y Banco Central, 1997.

Excluyendo las inversiones destinadas a mantener las tasas de producción actual, se estima que la II Región atraerá en los próximos años alrededor de US\$ 5.000 millones en nuevas inversiones en el sector minero-energético.

Tabla 18: Volúmenes de producción de minería metálica en 1996, país y II Región.

Mineral	País	II Región			Aporte Regional
	1996	1993	1996	% Aumento	
Cobre (ton. fino)	3.141.152	1.174.968	1.778.076	51,3	56,6
Molibdeno (ton. fino)	17.415	10.388	9.536	-8,2	54,8
Oro (kg. fino)	51.838	5.719	11.903	108,1	23,0
Plata (kg. fino)	1.129.868	272.927	339.087	24,2	30,0

Fuentes: Banco Central, 1997; INE Antofagasta, 1994 y 1997.

El Sector Industrial

El sector de la industria manufacturera representa un 6,3% del PIB de la Región (Tabla 16). Este porcentaje de participación es muy inferior al que presenta este mismo sector a nivel nacional, donde alcanza un 20,3%. De esta manera, el aporte regional en relación al PIB industrial del país es muy bajo, de apenas un 2,2%. La contribución del sector industrial al PIB regional se ha mantenido prácticamente constante entre 1985 y 1990 (6,4 a 6,3%)⁵¹.

Este sector emplea a 14.150 personas, que representan un 9,0% del total de ocupados en la II Región y el 1,7% del empleo industrial con respecto a todo el país (Tabla 17). Entre 1991 y 1996 se detecta una disminución de un 10,2% a 9,8% del sector industrial en la captación del empleo regional total. Actualmente presenta una tasa de desocupación de un 4,7%, más alta que la tasa general de la región, pero más baja que la del país (5,4%). La ciudad de Antofagasta concentra el 60,5% de los ocupados en el sector industrial, un 20,7% se ubica en Calama-Chuquicamata y el 18,8% restante en otros lugares de la región.

En la II Región existen 44 grandes empresas industriales (con más de 50 trabajadores) y 55 medianas y pequeñas empresas (menos de 50 trabajadores). De acuerdo al último catastro industrial (1994), las primeras ocuparían un total de 9.645 trabajadores y las segundas a 1.265. En cuanto al Valor Bruto de la Producción (VBP) industrial de la región, la gran empresa aporta un 94,4% y la pequeña y mediana sólo un 5,6%⁵².

El Sector Pesquero

Este sector genera sólo un 1,0% del PIB regional (a 1990), un porcentaje más bajo que el presente a nivel del país, donde alcanza un 1,2%. La II Región contribuye con un 5,8% del PIB nacional del sector.

Entre 1985 y 1990 el PIB pesquero del país ha aumentado en un 36,8%. En la II Región este sector ha crecido a tasas más altas, alcanzando 50,1% durante el mismo período. En los últimos dos años, sin

⁵¹ Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Antofagasta, 1997 y Banco Central, 1997.

⁵² Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 1994, *Encuesta Industrial*, Tabulados Especiales.

embargo, se ha producido una baja considerable en los volúmenes regionales de desembarque de productos pesqueros, del orden del 42,6%.⁵³

El sector pesquero, después de la minería, es el segundo rubro exportador dentro de la II Región. El principal producto es la harina de pescado, que representa alrededor del 90% de las exportaciones del sector. Dentro del 10% restante, destacan las exportaciones de algas, conservas de pescados y mariscos y pescados congelados y refrigerados.

Lamentablemente, las estadísticas de empleo no entregan cifras separadas entre Agricultura y Pesca, sino que están fusionadas en una. No obstante, se calcula que es el sector pesquero el que absorbe aproximadamente un total de 4.000 trabajadores,⁵⁴ lo que representaría un 2,5% del total de ocupados de la región. El sector artesanal, para el que se cuenta con cifras, ocupa actualmente a 1.988 personas, de las cuales 661 se ubican en la comuna de Antofagasta y 421 en Taltal⁵⁵.

La pesca artesanal registra un total de 828 embarcaciones menores distribuidas en 26 caletas. Las comunas de Antofagasta y Taltal cuentan con un registro de 267 y 188 embarcaciones artesanales, respectivamente. La pesca industrial, en tanto, cuenta con 22 embarcaciones mayores, cuya captura es procesada en 25 plantas (5 reductoras de harina de pescado y 20 conserveras y congeladoras). Además, existen 1 planta de tratamiento de algas y 1 centro de cultivo⁵⁶.

En la comuna de Antofagasta existen 16 empresas dedicadas a la pesquería, sólo dos de éstas tienen plantas productoras de harina o de conservas. En Taltal existen 4 empresas pesqueras y solamente una de ellas tiene una línea de conservería.

El Sector Agropecuario

Las actividades agropecuarias son muy poco significativas respecto a su contribución al PIB regional, la que alcanza apenas al 0,2%, lo que contrasta con lo que ocurre a nivel nacional, donde este sector representa un 9,0% del PIB (Tabla 16).

Se calcula que este sector absorbe alrededor del 1,1% del empleo regional (1.352 personas).⁵⁷ A esta cifra se debe agregar una proporción de personas (especialmente mujeres y jóvenes), no incluidos en las estadísticas oficiales, con lo que la cantidad de empleados en esta actividad debería subir a unas 2.000-2.500 personas.

La desocupación dentro de este sector es prácticamente nula, ya que las comunidades agrícolas rurales, que se encuentran ubicadas en su mayoría en la provincia de El Loa, resuelven sus problemas mediante la migración a los sectores urbanos (Calama y Antofagasta).

⁵³ Mientras en 1994 se desembarcaron 710.040 toneladas, en 1996 el desembarco sólo llega a 407.496 toneladas Instituto Nacional de Estadísticas (INE) Antofagasta, 1997.

⁵⁴ Incluyendo el empleo pesquero industrial, que normalmente las estadísticas oficiales agrupan en el Sector Industria Manufacturera.

⁵⁵ Servicio Nacional de Pesca (SERNAP) II Región, 1997.

⁵⁶ Servicio Nacional de Pesca (SERNAP) II Región, 1996.

⁵⁷ SIDCEN, *Censo de 1992*, Tabulados Especiales.

La agricultura se desarrolla en las zonas interiores de la región, en particular en localidades de la provincia de El Loa. En el sector costero sólo existen quintas agrícolas en sectores urbanos, siendo las más importantes las del sector La Chimba en Antofagasta.

Aparte de la generación de empleo, la importancia que se le asigna al sector agrícola de la II Región tiene que ver con su valoración histórico-cultural, ya que la mayor parte de los cultores de esta actividad económica son descendientes de antiguas culturas andinas (de origen atacameño o kunza, quechua y aymará)⁵⁸.

Desocupación y Pobreza

En la II Región existe actualmente una tasa de desempleo del 2,7%, que se ubica por debajo de la tasa nacional, que alcanza al 5,4%⁵⁹. Los mayores índices de desocupación regional se producen a nivel de los sectores Industria (4,7%) y Construcción (4,6%); las tasas menores se producen en Agricultura, Pesca, Electricidad y Transporte con 0,0%, respectivamente⁶⁰.

De acuerdo a estimaciones oficiales, en la II Región existen 109.462 personas viviendo en condiciones de pobreza, lo que representa un 26,3% de la población regional total. En términos absolutos, la mayor cantidad de pobres se ubica en Antofagasta y en Calama. Las comunas de Antofagasta y Taltal presentan un 24,3% y un 40,7% de pobres, respectivamente⁶¹.

Educación

Durante 1996, el total de alumnos matriculados en la II Región llegó a 110.351 de los cuales 9.505 correspondieron a la enseñanza prebásica, 72.669 a la enseñanza básica y 28.177 a la enseñanza media (Tabla 19).

⁵⁸ La mayor parte de ellos se concentra en la provincia de El Loa. El sector de San Pedro (comuna del mismo nombre) es de tradición kunza; el ubicado entre los ríos Loa y Salado (comuna de Calama y Ollagüe) presenta influencia quechua y, recientemente, aymará (por migraciones provenientes del altiplano de la I Región).

⁵⁹ Encuesta Nacional de Empleo, Trimestre Móvil, Diciembre 1996-Febrero, 1997

⁶⁰ Ibid.

⁶¹ Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), Encuesta CASEN, 1994.

Tabla 19: Matricula año 1996, por nivel de enseñanza y dependencia, II Region y comunas de Antofagasta y Taltal.

Nivel	Enseñanza	Tipo	Región (personas)			Antofagasta (personas)			Taltal (personas)	
			Municipal	Particular*	Particular Pagada	Municipal	Particular*	Particular Pagada	Municipal	Particular*
Prebásica			5.658	1.763	2.084	3.116	800	1.330	235	0
Subtotal			5.658	1.763	2.084	3.116	800	1.330	235	0
Básica	Niños		50.172	14.684	6.094	26.794	7.886	4.713	1.751	46
	Adultos		682	0	0	505	0	0	17	0
	Especial	Especial	564	473	0	275	265	0	14	0
Subtotal			51.418	15.157	6.094	27.574	8.151	4.713	1.782	46
Media	Niños	Científico-Humanista	9.946	3.133	2.906	4.543	1.616	2.125	212	0
		Técnico-Pofesional	8.809	632	0	5.054	632	0	456	0
	Adultos	Científico-Humanista	1.615	505	0	897	505	0	14	0
		Técnico-Pofesional	631	0	0	538	0	0	93	0
Subtotal			21.001	4.270	2.906	11.032	2.753	2.125	775	0
Totales			78.077	21.190	11.084	41.722	11.704	8.168	2.792	46

Fuente: SEREMI Educación II Región, 1997.

* Particular subvencionada.

Un 70,8% de la matrícula es atendida por el sistema municipal de educación, un 19,2% por establecimientos particulares subvencionados, y un 10,0% por particulares no subvencionados (pagados). La región cuenta con 205 establecimientos educacionales (prebásica, básica y media, enseñanza de niños y adultos), 3 universidades, 4 institutos profesionales y 13 centros de formación⁶².

La comuna de Antofagasta cuenta con 95 establecimientos educacionales, que atienden una matrícula total de 61.594 alumnos. Un 67,7% del alumnado estudia en colegios municipales, un 19,0% en particulares subvencionados y un 13,3% en particulares no subvencionados. En esta comuna se ubica la mayor parte de los establecimientos (59,0%) y de alumnos (73,7%) en la educación particular pagada.

La comuna de Taltal sólo cuenta con 9 establecimientos educacionales, que atienden una matrícula total de 2.838 alumnos. Un 98,4% del alumnado estudia en 8 colegios municipales, mientras que el 1,6% restantes lo hace en 1 escuela particular subvencionada. En esta comuna no existen establecimientos particulares pagados.

En la II Región en general, se mantienen desde hace algunos años altos índices de cobertura en la educación básica (del orden de un 99%). La educación prebásica y media, sin embargo, muestran coberturas más deficitarias. En la prebásica la cobertura sería de un 34,1%, en tanto que en la media sería

⁶² Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) Educación II Región, 1997.

de un 83,1% (si se compara la matrícula actual con la población entre 3 y 5 años y 14 y 17 años, respectivamente).

Las posibilidades de cursar estudios universitarios o de formación profesional están restringidas en las ciudades de Antofagasta y Calama. La primera cuenta con dos universidades con aporte estatal (Universidad Católica del Norte y Universidad de Antofagasta) y una privada (Universidad José Santos Ossa). También, existen varias instituciones superiores (institutos profesionales y centros de formación técnica) que ofrecen carreras cortas de 2 o 3 años (como Técnico en Computación e Informática, Mecánica Automotriz, Administración de Empresas, Secretaría Ejecutiva, etc.) y una serie de cursos más breves.

Salud

Las estadísticas de salud de la II Región señalan, para 1996, una tasa de natalidad de 23,2 nacidos vivos (26,5 en Antofagasta y 15,1 en Taltal) por mil habitantes, una tasa de mortalidad general de 5,4 por 1.000 habitantes (6,4 en Antofagasta y 4,3 en Taltal), una tasa de mortalidad infantil de 14,0 por mil nacidos vivos (12,0 en Antofagasta y 9,6 en Taltal) y una tasa de desnutrición de 4,5% (peso-talla)⁶³.

La infraestructura de salud pública de la región cuenta con 5 hospitales: Antofagasta (Tipo I), Calama y Tocopilla (III) y Taltal y Mejillones (IV). Existen además 10 consultorios urbanos (la mayoría de las cuales se encuentran en Antofagasta) y 13 postas rurales.

El sistema público de salud satisface la mayor parte de las necesidades de la población regional. En 1996, el Servicio Nacional de Salud (SNS) realizó 537.246 consultas y controles y ofreció aproximadamente 382.520 días/cama de hospital, de los cuales se ocupó alrededor de un 55,9%. Las instituciones privadas, en tanto, ofrecieron otros 215.350 días/cama, de los cuales se utilizó un 62,3%.

El sistema privado de salud de la región incluye 3 hospitales y 10 clínicas, que presentan una oferta total de 590 camas y disponibilidad o acceso a prácticamente todas las especialidades. El sistema privado cuenta también con moderna infraestructura y equipamiento.

Respecto a la atención secundaria y terciaria, cuya situación normalmente se evalúa a través de la relación camas hospitalarias por cada mil personas, la región presenta en la actualidad una tasa aproximada de 4,0 camas por cada mil habitantes (sector público y privado). La cantidad de habitantes por médicos es de 1.160,2.

Vivienda y Servicios

No existen datos actualizados sobre el déficit de vivienda en la II Región⁶⁴. Sólo se sabe que la mayor parte del déficit se concentra a nivel de los sectores de más bajos ingresos, en las viviendas básicas y progresivas.

⁶³ Servicio Salud Antofagasta, 1997.

⁶⁴ En 1993 se calculaba un déficit regional de 13.442 viviendas (SERPLAC II Región, 1993). Dado que las estimaciones anteriores se basan en la demanda activa del sector estatal, el déficit real, en consecuencia, debería ser mayor.

Durante los últimos cinco años, la región presenta un promedio anual de construcción de 3.128 viviendas (sector público y privado)⁶⁵. Si se considera para el mismo período una tasa media de nupcialidad anual de 2.592 nuevos matrimonios (que teóricamente requerirán casa), existiría un excedente promedio de 536 viviendas al año destinadas a paliar el déficit habitacional regional.

El déficit habitacional regional se concentra principalmente en los sectores de menores ingresos, que son los que presionan a nivel de las viviendas básicas y progresivas ofrecidas por los programas gubernamentales, los que han aumentado considerablemente su oferta durante los últimos años⁶⁶. Los sectores medios y altos, en cambio, son atendidos por el sector privado, que demuestra un gran dinamismo, especialmente en la ciudad de Antofagasta.

De acuerdo a estimaciones oficiales, la II Región presentaría un alto porcentaje de cobertura domiciliaria de agua potable (99,4%)⁶⁷. Las comunas de Antofagasta y Taltal, en tanto, presentan coberturas del orden del 99,8% y 99,3%, respectivamente. En general, los déficits se producen en sectores urbanos marginales y, especialmente, en las áreas rurales.

La cobertura de alcantarillado público urbano alcanza a un 92,7% a nivel regional. En las comunas de Antofagasta y Taltal, la cobertura llega a un 98,1% y a un 95,0%, respectivamente. Lo mismo que con los otros servicios básicos, en este caso los déficits se producen en los sectores marginales de las ciudades y, fundamentalmente, en la zona rural.

Transporte y Energía

La II Región posee 2 aeropuertos (Cerro Moreno en Antofagasta y El Loa en Calama), 4 aeródromos secundarios (Tocopilla, Taltal, Antofagasta y San Pedro de Atacama) y 9 aeródromos menores. En los últimos años se ha producido un fuerte aumento en el movimiento de pasajeros aéreos en la II Región, con un incremento de un 48% sólo en los últimos cuatro años⁶⁸.

Las principales obras portuarias de la Región son el Puerto Comercial de Antofagasta, el Muelle Mecanizado de Soquimich en Tocopilla, el Muelle Mecanizado de Coloso de la Compañía Minera Escondida, el Terminal Químico de Enaex en Mejillones y el Muelle N° 5 de Soquimich Tocopilla. El puerto de Antofagasta, utilizado por CODELCO, es uno de los más importantes del país. Con un potencial de movimiento de carga de 5 millones de toneladas anuales, en la actualidad funciona prácticamente a la mitad de su capacidad (en 1996 se transfirieron 2.512.792 toneladas)⁶⁹.

Las transformaciones efectuadas por CODELCO en la Central Térmica Tocopilla y su interconexión con los sistemas de producción y distribución de energía eléctrica de las regiones de Tarapacá y de Antofagasta, dieron origen en 1987 al Sistema Interconectado del Norte Grande (SING). En los últimos años se ha producido un considerable aumento de la demanda de electricidad (sólo en los últimos 5 años se incrementa

⁶⁵ Instituto Nacional de Estadísticas (INE) Antofagasta, 1997.

⁶⁶ En 1996 el gobierno construyó 1.402 soluciones habitacionales (1.031 viviendas básicas y 371 viviendas progresivas). La comuna de Taltal no registra construcción estatal en ese año, mientras que en Antofagasta se construyeron 551 viviendas básicas y 371 progresivas (SERPLAC II Región, 1997).

⁶⁷ La cobertura real debiera ser menor, ya que este porcentaje regional es un promedio de los porcentajes comunales.

⁶⁸ Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Antofagasta, 1997.

⁶⁹ Ibíd.

en un 54,3%)⁷⁰, generada principalmente por la activación de nuevos proyectos mineros, lo que ha permitido la instalación de una nueva planta eléctrica en Mejillones.

4.3 *Infraestructura y Vialidad*

La II Región cuenta con 5.552 km de vías interurbanas, de los cuales 1.332 km (un 24,0%) corresponden a caminos pavimentados, 1.550 km (un 27,9%) a caminos de ripio estabilizado y 2.670 km (48,1%) a caminos de tierra⁷¹. Alrededor del 90% del flujo vehicular se concentra en los caminos de la red vial básica, que agrupa el tramo de la carretera panamericana (Ruta 5-Norte) en su paso por la región y los caminos que conectan Calama con Antofagasta y Tocopilla.

Respecto al área del proyecto, la infraestructura vial más importante está constituida por la Ruta 5 y la Ruta B-55, que une la Ruta 5 con el paso internacional de Socompa.

4.3.1 *Metodología*

La metodología utilizada se basa en la recopilación de antecedentes relacionados al tráfico actual que presentan las vías más importantes de la red vial definida, recurriendo a los volúmenes de tránsito medidos por la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, en su Plan Nacional de Censos de Tránsito⁷². Estos censos de tránsito se realizan cada dos años, y se mide durante todo un día laboral, considerando tres distintas épocas del año (verano, invierno y primavera).

4.3.2 *Infraestructura Vial*

La II Región cuenta con más de 1.500 km de caminos principales. El sistema vial está constituido principalmente por la carretera panamericana (Ruta 5), la cual cruza de Sur a Norte la Región en una longitud de 440 km. Entre las otras vías pavimentadas de mayor importancia regional se puede mencionar la Ruta 1, que comunica Antofagasta con Tocopilla (271 km); la Ruta B-24, que comunica Calama con Tocopilla, pasando por Chuquicamata (166 km), y la Ruta 23-CH, que une Calama con San Pedro de Atacama (103 km).

Con respecto a los accesos desde y hacia el área del proyecto (sector mina-planta), estos se realizan a través de un camino secundario minero que se une a la Ruta 5 en el km 1.258, a unos 110 km al sur de Antofagasta. Este camino secundario es de aproximadamente de 40 km, y lo mantiene Minera Meridian Ltda.

⁷⁰ Ibíd.

⁷¹ Ibíd.

⁷² Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad, Departamento de Estudios Sección Censos, 1994, *Volúmenes de Tránsito en los Caminos de Chile*.

No existe presencia humana en los alrededores del AID del proyecto. La localidad más cercana a éste es Rosario, 50 km en línea recta al occidente del proyecto, que consiste en una pasada de camioneros y unas pocas (2-3) viviendas anexas.

4.3.3 Locomoción colectiva

Los censos tomados por el Ministerio de Obras Públicas reportan el tráfico registrado por tipo de vehículo en ambos sentidos durante 24 horas. La Tabla 20 presenta el tránsito medio diario anual (TMDA) para las principales rutas en el tramo de interés al proyecto (Ruta 5 y la B-55). Los resultados en esta tabla consideran el tránsito total de los siguientes medios de transporte:

- autos/station wagons,
- camionetas,
- camiones simples de 2 ejes,
- camiones simples de más de 2 ejes,
- semirremolques,
- buses y taxibuses.

De acuerdo a lo esperado, la vía con el mayor índice de tránsito corresponde a la Ruta 5, particularmente, entre Copiapó y la bifurcación La Negra, a 22 km al sur de Antofagasta, con un TMDA de 2.600. Del mismo modo, la vía con el menor índice de tránsito corresponde a la B-55, con un TMDA de 381⁷³.

Tabla 20: Caminos clasificados según su transito medio diario anual (TMDA) ¹.

Nombre del Camino	Ruta	Tránsito Desde/Hacia	Lugar de Control	TMDA
Hacia Socompa	B-55	Socompa	Bif. Socompa	381
Longitudinal Norte	5	Antofagasta	Bif. Socompa	1.475
Longitudinal Norte	5	Copipo	Bif. Socompa	966
Longitudinal Norte	5	Copipo	Bif. Uribe	487
Longitudinal Norte	5	Iquique	Bif. Las Bombas	581
Longitudinal Norte	5	Iquique	Bif. La Negra	671
Longitudinal Norte	5	Antofagasta	Bif. Norte a Taltal	1.033
Longitudinal Norte	5	Copipo	Bif. La Negra	2.600

¹ MOP, Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad, Departamento de Estudios Sección Censos, (Volúmenes de Tránsito en los Caminos de Chile, 1994).

⁷³ Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad, Departamento de Estudios Sección Censos, 1994, *Volúmenes de Tránsito en los Caminos de Chile*.

4.4 Usos de Suelo

En el área del proyecto, los suelos no tienen usos turísticos, recreacionales, de planificación urbana, de infraestructura o de otro tipo, dada la ubicación aislada y el clima extremadamente árido.

4.5 Áreas de Contingencia

Como parte de este Estudio de Impacto Ambiental, el Artículo 12 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, Ley 19.300, requiere que se identifiquen las “áreas donde puedan generarse contingencias sobre la población y/o el medio ambiente, con ocasión de la ocurrencia de fenómenos, naturales ...” dentro del AID de un proyecto. Es decir, dentro del AID del proyecto, se requiere un análisis de las variables que presentan una estrecha relación con riesgos naturales, como avalanchas, temblores/terremotos, inundaciones y vulcanismo, entre otros.

Es importante distinguir la diferencia entre riesgo y peligro. Este último es la capacidad destructora que determinados aspectos de eventos, como inundaciones, erupciones volcánicas, avalanchas, etc., tienen en sí mismo. El riesgo, por otro lado, es la posibilidad de que dichos peligros afecten a un determinado número de personas y sus bienes e instalaciones, alterando la vida y la economía de una población⁷⁴.

A continuación se consideran algunas variables que comúnmente presentan un riesgo natural a proyectos mineros. Estas se evalúan en base a los datos proporcionados en este capítulo, específicamente en relación al proyecto El Peñón.

4.5.1 Sismicidad y Riesgo Sísmico

La principal fuente de información utilizada para la evaluación del peligro sísmico de la zona del proyecto es el estudio de regionalización y peligro sísmico realizado por Martín *et. al.*, (1990), donde se han incluido los recientes avances del conocimiento de la sismicidad en Chile, principalmente la experiencia acumulada luego de ocurrido el sismo del 3 de marzo de 1985⁷⁵.

Marco Sismotectónico Regional

Chile se ubica en el borde de una gran franja geológicamente activa de Sudamérica, caracterizada por el movimiento de convergencia entre las placas de Nazca y la placa Sudamericana (Figura 10). Este movimiento convergente se traduce en la subducción de la placa de Nazca por debajo del continente Sudamericano a razón de unos pocos centímetros por año, según un plano inclinado hacia el Este con buzamiento entre 15 a 40° respecto a la horizontal (Plano de Benioff).

⁷⁴ Oscar González-Ferrán, 1995, *Volcanes de Chile*, Instituto Geográfico Militar.

⁷⁵ Martín, A., Kausel, E. y Barrientos, S., 1990, *Hacia una Nueva Regionalización y Cálculo del Peligro Sísmico en Chile*, Memoria para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile.

El movimiento relativo de ambas placas produce tensiones y deformaciones a lo largo del Plano de Benioff que, cuando son liberadas, originan la casi totalidad de los sismos de la región (sismos de subducción o sismos en la zona de Benioff). Una pequeña fracción de movimientos sísmicos se produce al interior de la Placa Sudamericana (sismos intraplaca o sismos continentales), debido a los esfuerzos a que está sometido el continente, originados por el movimiento de convergencia. Los sismos continentales son detectados espacialmente en la parte superior de la Placa Sudamericana, generalmente hacia el Este de la Cordillera de los Andes. La profundidad de los sismos continentales en su mayoría no sobrepasan los 60 km, a diferencia de los sismos de la zona de Benioff que tienen profundidades de foco creciente según sea la distancia respecto a la fosa marina.

Sismicidad Local

El proyecto se encuentra localizado en la Región Sísmica 2 de sismicidad media, de acuerdo a la Norma Sísmica Chilena⁷⁶ (Figura 11).

De acuerdo a la estadística sísmica de Chile, la región comprendida entre las latitudes 24° y 25° reporta 121 eventos sísmicos de magnitud, M_s , mayor o igual a 4,5, reportados entre 1906 y 1985⁷⁷. Estos eventos sísmicos ocurren en la zona de Benioff, debido al proceso de subducción, aumentando los valores de hipocentros a medida que avanzamos a la zona cordillerana.

En la actualidad, no se conoce la existencia de fallas activas cercanas al AID del proyecto a las cuales se pueda asociar alguna sismicidad superficial⁷⁸.

Peligro Sísmico

El peligro sísmico se define como la probabilidad de que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que cierto valor fijado.

Martín *et. al.* (1990), en base a las fuentes sísmicas definidas en su estudio, estimaron la probabilidad de peligro sísmico a nivel nacional y utilizando la ley de atenuación propuesta en el mismo trabajo, que está en función de la distancia hipocentral “R” y la magnitud del sismo, (M_s).

Para la zona del proyecto y para una probabilidad de excedencia del 10% (90% de probabilidad de ocurrencia), se obtiene una aceleración máxima de 490 y 500 cm/seg^2 para un período de retorno de 50 y 100 años, respectivamente.

Los resultados de aceleraciones máximas (a_{max}) mediante el análisis de probabilidad muestran que la zona en estudio tiene alto peligro sísmico por su cercanía a la zona de subducción. De acuerdo a la historia sísmica de la zona del proyecto El Peñón, se han alcanzado sismos de magnitud 8,0 y 8,5 en la escala de Richter. Estos son, normalmente, de tipo superficial y ocurren en la zona de mayor acoplamiento entre las placas de Nazca y Sudamericana (proceso de subducción).

⁷⁶ Instituto Nacional de Normalización, 1993, *Diseño Sísmico de Edificios*, NCh 433/Of.93.

⁷⁷ *Ibíd.*

⁷⁸ Marinovic N., Smoje I., Maksaev V., Hervé M., y Mpodozis C., 1995, *Hoja Aguas Blancas*, Región de Antofagasta, Carta Geológica de Chile, escala 1:250.000, Servicio Nacional de Geología y Minería.

4.5.2 Riesgo Volcánico

En Chile existen al menos 150 volcanes potencialmente activos, lo que representa un 10% del total de centros de erupción existentes en el planeta⁷⁹. La zona norte de Chile concentra la densidad más alta de volcanes del mundo.

La II Región de Chile cuenta con 42 volcanes, de los cuales más de diez se consideran activos. El área de El Peñón se ubica aproximadamente a 100 km del volcán más cercano: El Llullaillaco, el cual es el segundo volcán activo más alto del planeta (6.723 m.s.n.m.)⁸⁰. Cabe mencionar que, en términos de peligro asociado al volcanismo *habitualmente* “el área afectada se circunscribe a unos pocos kilómetros cuadrados en torno al volcán o centro eruptivo y a los valles que de él descienden”⁸¹.

Por lo anterior, y dada las amplias distancias entre los volcanes más cercanos al AID del proyecto, ellos se consideran suficientemente alejados como para no causar ningún daño al proyecto. La eventual erupción de cualquiera de estos volcanes, incluyendo el Llullaillaco, sólo se notaría por posibles caídas de cenizas, dependiendo de la dirección de los vientos. Cabe señalar que estos tienden a tener una dirección predominante del SW, hacia la Cordillera de los Andes.

4.5.3 Crecidas

Considerando los antecedentes disponibles de precipitación para la cuenca donde se ubica el proyecto, se determinaron los eventos de crecida para diferentes períodos de retorno, los que potencialmente podrían afectar el proyecto.

Estimación de Eventos de Crecidas

Las precipitaciones de diseño fueron determinadas a través de un análisis de frecuencia, el que fue realizado considerando los datos aportados por las estaciones pluviométricas de Antofagasta, a cargo de la Dirección General de Agua (DGA) y de la Universidad Católica del Norte. Aunque no son las estaciones más cercanas al área del proyecto (ver sección 4.2.2.1), estas fueron consideradas puesto que cuentan con registros de precipitaciones máximas para 24 horas desde 1969⁸². La proyección de estos valores a la zona del proyecto, se realiza mediante la aplicación de un gradiente de precipitación obtenido por la DGA, cuyos resultados se presentan en la Tabla 21⁸³.

Considerando que las cuencas donde se han estimado las crecidas no cuentan con registros fluviométricos, los caudales máximos se estimaron a través de métodos indirectos. Para tal efecto, se ha

⁷⁹ González-Ferrán O., 1995, *Volcanes de Chile*, Instituto Geográfico Militar.

⁸⁰ *Ibíd.*

⁸¹ *Ibíd.*

⁸² Cabe mencionar que los datos utilizados para estos cálculos no corresponden a los datos presentados en la sección 4.2.2 de este informe. Esto debido a que estos últimos corresponden a registros de la DGA (en las estaciones más cercanas al AID del proyecto), pero únicamente desde mediados de los 1980.

⁸³ Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Abril, 1987, Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días.

utilizado la fórmula del Método Racional, la que relaciona las características morfométricas de las cuencas con la precipitación.

Tabla 21: Precipitaciones máximas en 24 horas

Período de Retorno (años)	Coefficientes de Frecuencia ¹	Precipitación Antofagasta DGA (mm) ²	Precipitación U. Católica del Norte (mm) ³	Precipitación Adoptada (mm)
10	1,000	17	24,5	21
20	1,188	20	29	25
50	1,425	24	35	30
100	1,598	27	39	33

¹ Balance Hidrológico Nacional, II Región, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Abril 1986.

² Precipitación Extrapolada de Estación Pluviométrica Antofagasta, Dirección General de Aguas (DGA).

³ Precipitación Extrapolada de Estación Meteorológica U. Católica del Norte.

Nota: Aunque no son las estaciones más cercanas al área del proyecto (ver sección 4.2.2.1), estas fueron consideradas puesto que cuentan con registros de precipitaciones máximas para 24 horas desde 1969.

Parámetros Morfométricos de las Cuencas

En la zona en estudio sólo se considera la principal cuenca aportante que confluye al área del proyecto, cuyas características son las siguientes:

Área cuenca aportante (km ²)	:	6,1
Longitud total del cauce principal (km)	:	12,5
Longitud desde el centro de gravedad de la cuenca y el punto de salida (km)	:	6,3
Pendiente media de la cuenca (%)	:	6,3

Riesgo por Crecidas

Los resultados de los análisis de crecidas para los diferentes períodos de retorno (10, 20, 50 y 100 años) se muestran en la Tabla 22. Estos datos fueron extrapolados a partir de datos de estaciones costeras de la región. Por lo tanto es posible suponer condiciones potencialmente más favorables desde este punto de vista para la zona del proyecto.

De acuerdo a estos datos, para un período de retorno de 100 años, el caudal de crecida para la quebrada que drena la Pampa El Peñón corresponde a 7,1 m³/s, considerando una precipitación máxima en 24 horas de 33 mm.

Tabla 22: Caudales de diseño

Período de Retorno (años)	Caudal de Diseño m ³ /s
10	4,0
20	4,7
50	6,3
100	7,1

Coeficiente de Escorrentía

Teniendo presente algunas de las características naturales de la zona, en especial la pendiente del terreno, el tipo de suelo y sus características de permeabilidad y saturación, además de las características areicas generales del escurrimiento de estas zonas, es posible predecir que frente a un cierto volumen de precipitación una parte importante de éste infiltraría, dejando sólo una pequeña proporción para el escurrimiento superficial.

Coeficientes de Escorrentía

Período de Retorno (años)	Coeficiente de Escorrentía
10	0,09
20	0,09
50	0,10
100	0,10

4.5.4 Riesgo de Avalanchas

Las zonas que pudieran ser afectadas por avenidas de barro y piedras en la Región de Antofagasta, no comprenden el sitio de emplazamiento del proyecto El Peñón, debido a su lejanía de los potenciales lugares de descarga y poca pendiente del terreno.