



LAGUNA RESOURCES CHILE LTDA.

Proyecto “Arqueros”

CAPÍTULO 2

Línea de Base Ambiental

0		Entrega Final					
B		Revisión Cliente					
A		Revisión Interna	GZ	AV	GL		
REV	FECHA	EMITIDO PARA	POR	J.Proy.	Aprobó	J.Proy	Aprobó
			MYMA			CLIENTE	
CONSULTOR		N° Documento					
		CODIGO MYMA				REV	
		MY – 12 2011				0	

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO ARQUEROS

Capítulo 2

Línea de Base Ambiental

ÍNDICE DE CONTENIDOS

2. LÍNEA DE BASE AMBIENTAL	2-1
2.1 INTRODUCCIÓN.....	2-1
2.2 ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO	2-2
2.3 PROYECTOS CON RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA.....	2-3
2.3.1 Proyectos que cuentan con Resolución de Calificación Ambiental favorable....	2-3
2.4 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	2-9
2.5 DESCRIPCIÓN MEDIO FÍSICO	2-10
2.5.1 Clima y Meteorología.....	2-10
2.5.1.1 Introducción.....	2-10
2.5.1.2 Objetivos	2-10
2.5.1.3 Metodología	2-10
2.5.1.4 Resultados	2-11
2.5.1.5 Conclusiones.....	2-26
2.5.2 Calidad del Aire	2-27
2.5.3 Geomorfología.....	2-27
2.5.3.1 Introducción.....	2-27
2.5.3.2 Objetivos	2-27
2.5.3.3 Metodología	2-28
2.5.3.4 Resultados	2-28
2.5.3.5 Conclusiones.....	2-34
2.5.4 Geología.....	2-34

2.5.4.1	Introducción.....	2-34
2.5.4.2	Objetivos	2-34
2.5.4.3	Metodología	2-34
2.5.4.4	Resultados	2-35
2.5.4.5	Conclusiones.....	2-46
2.5.5	Hidrología	2-47
2.5.5.1	Introducción.....	2-47
2.5.5.2	Objetivos	2-47
2.5.5.3	Metodología	2-47
2.5.5.4	Resultados	2-48
2.5.5.5	Conclusiones.....	2-62
2.5.6	Hidrogeología	2-62
2.5.6.1	Introducción.....	2-62
2.5.6.2	Objetivos	2-63
2.5.6.3	Metodología	2-63
2.5.6.4	Resultados	2-63
2.5.6.5	Conclusiones.....	2-68
2.5.7	Calidad del Agua	2-68
2.5.7.1	Introducción.....	2-68
2.5.7.2	Objetivos	2-68
2.5.7.3	Metodología	2-68
2.5.7.4	Resultados	2-69
2.5.7.5	Conclusiones.....	2-75
2.5.8	Suelos	2-76
2.5.8.1	Introducción.....	2-76
2.5.8.2	Objetivos	2-76
2.5.8.3	Metodología	2-76
2.5.8.4	Resultados	2-78
2.5.8.5	Conclusiones.....	2-86
2.5.9	Bibliografía del componente medio físico.....	2-87
2.6	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO BIÓTICO.....	2-88
2.6.1	Flora y vegetación terrestre	2-88
2.6.1.1	Introducción.....	2-88

2.6.1.2	Objetivos	2-89
2.6.1.3	Metodología	2-89
2.6.1.4	Resultados	2-102
2.6.1.5	Conclusiones.....	2-142
2.6.2	Fauna	2-143
2.6.2.1	Introducción.....	2-143
2.6.2.2	Objetivos	2-143
2.6.2.3	Metodología	2-144
2.6.2.4	Resultados	2-149
2.6.2.5	CONCLUSIONES	2-164
2.6.2.6	BIBLIOGRAFÍA	2-166
2.7	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO HUMANO.....	2-170
2.7.1	Introducción.....	2-170
2.7.2	Objetivos	2-171
2.7.3	Área de Influencia.....	2-171
2.7.4	Metodología.....	2-173
2.7.5	Resultados	2-173
2.7.5.1	Dimensión Geográfica	2-173
2.7.5.2	Dimensión Demográfica.....	2-175
2.7.5.3	Dimensión Antropológica	2-178
2.7.5.4	Dimensión Socioeconómica.....	2-186
2.7.5.5	Dimensión Bienestar Social	2-188
2.7.6	Conclusiones	2-191
2.7.6.1	Respecto de las comunas y grupos humanos del área de influencia	2-191
2.7.6.2	Respecto a grupos humanos del entorno del Proyecto: comunidades collas...	2-192
2.8	DESCRIPCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL	2-194
2.8.1	Arqueología	2-194
2.8.1.1	Introducción.....	2-194
2.8.1.2	Objetivos	2-195
2.8.1.3	Metodología	2-195
2.8.1.4	Resultados	2-199
2.8.1.5	Conclusiones.....	2-206

2.9	DESCRIPCIÓN DEL PAISAJE	2-210
2.9.1	Introducción.....	2-210
2.9.2	Objetivos	2-211
2.9.2.1	Objetivo general.....	2-211
2.9.2.2	Objetivos específicos.....	2-211
2.9.3	Metodología.....	2-211
2.9.3.1	Identificación de puntos de observación (PO) y rutas de observadores	2-212
2.9.3.2	Descripción de las características de visualización (Cuencas visuales).....	2-213
2.9.3.3	Identificación y delimitación de las unidades homogéneas de paisaje (Ups) ...	2-214
2.9.3.4	Evaluación de la calidad visual.....	2-215
2.9.3.5	Evaluación de la fragilidad visual.....	2-218
2.9.3.6	Evaluación de la sensibilidad visual	2-222
2.9.4	Resultados	2-223
2.9.4.1	Características generales del paisaje.....	2-223
2.9.4.2	Puntos de observación (PO) y rutas de observadores.....	2-224
2.9.4.3	Territorio Visual, descripción de las características visuales (Cuencas Visuales)..	2-226
2.9.4.4	Delimitación de las unidades homogéneas de paisaje.....	2-229
2.9.4.5	Evaluación de la Calidad y Fragilidad Visual.....	2-231
2.9.5	Conclusiones.....	2-232
2.9.6	Bibliografía componente Paisaje	2-234
2.10	DESCRIPCIÓN DE RIESGOS NATURALES	2-236
2.10.1	Introducción.....	2-236
2.10.2	Objetivos	2-236
2.10.3	Definición y Justificación del Área de Influencia del Proyecto.....	2-236
2.10.4	Generalidades	2-236
2.10.4.1	Sismicidad y Tectonismo	2-237
2.10.4.2	Volcanismo.....	2-241
2.10.4.3	Inundaciones.....	2-246
2.10.4.4	Flujos de Detritos, Crecidas y Avalanchas	2-247
2.10.4.5	Procesos Geomorfológicos de Ladera; Desprendimientos de rocas y Deslizamientos	2-248

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Proyectos con RCA favorable en las comunas de Diego de Almagro y Copiapó.	2-4
Tabla 2-2: Área de Influencia del Proyecto Arqueros por componente.....	2-9
Tabla 2-3: Precipitaciones mensuales para las estaciones Lobo y Marte.....	2-20
Tabla 2-4: Dirección predominante del viento durante el día, estación La Coipa	2-23
Tabla 2-5: Descripción de unidades geomorfológicas	2-32
Tabla 2-6: Calidad del agua en la Cuenca de Pedernales (muestreo diciembre - 1974) ...	2-51
Tabla 2-7: Características físicas de las subcuencas.....	2-59
Tabla 2-8: Relación entre la Elevación y Área Tributaria para la subcuenca 2.....	2-60
Tabla 2-9: Relación entre la elevación y área tributaria para la subcuenca Carachitas.....	2-61
Tabla 2-10: Subcuencas de la Cuenca de Pedernales.....	2-67
Tabla 2-11: Ubicación puntos de monitoreo en quebrada Las Ternerás	2-71
Tabla 2-12: Coordenadas pozos del sector acueducto y tendido eléctrico	2-72
Tabla 2-13: Vértices del polígono del área de estudio.....	2-91
Tabla 2-14: Superficies de las áreas de estudio.....	2-91
Tabla 2-15: Superficie prospectada de las obras del Proyecto Arqueros	2-92
Tabla 2-16: Categorías de recubrimiento del suelo utilizadas en el proceso de fotointerpretación y validación de terreno.....	2-95
Tabla 2-17: Estratificación por tipos biológicos y codificación de especies dominantes	2-98
Tabla 2-18: Rango de valores para la altura de los estratos vegetales	2-98
Tabla 2-19: Rango de valores para la cobertura vegetal.....	2-99
Tabla 2-20: Categorías de grado de artificialización registradas para las formaciones relevadas	2-99
Tabla 2-21: Códigos de abundancia relativa de acuerdo a criterio de Braun – Blanquet.	2-101
Tabla 2-22: Comparación entre tres formas de clasificación de la vegetación chilena para las zonas comprendidas por el área de estudio.....	2-105

Tabla 2-23: Resumen de áreas protegidas III Región de Atacama	2-109
Tabla 2-24: Distribución de especies por familia	2-111
Tabla 2-25: Listado de flora vascular terrestre encontrada dentro del área de proyecto .	2-113
Tabla 2-26: Abundancia relativa de flora del área de proyecto según criterio de Braun-Blanquet	2-115
Tabla 2-27: Resumen uso de suelo presentes en botadero	2-116
Tabla 2-28: Formaciones vegetales registradas en el área de botadero	2-116
Tabla 2-29: Flora vascular registrada en matorral bajo muy abierto de <i>Adesmia echinus</i> con <i>Calceolaria pinifolia</i> (Botadero)	2-117
Tabla 2-30: Flora vascular registrada en matorral bajo semidenso de <i>Calceolaria pinifolia</i> (Botadero).....	2-118
Tabla 2-31: Flora vascular registrada en matorral bajo semidenso de <i>Adesmia echinus</i> con <i>Stipa frigida</i> (Botadero)	2-118
Tabla 2-32: Resumen uso de suelo presentes en el Depósito de Relaves.....	2-119
Tabla 2-33: Formaciones vegetales registradas en el área del Depósito de Relaves.....	2-121
Tabla 2-34: Flora vascular registrada en matorral bajo abierto de <i>Adesmia echinus</i> con <i>Stipa frigida</i> (Depósito de relaves)	2-123
Tabla 2-35: Flora vascular registrada en matorral bajo semidenso de <i>Adesmia echinus</i> con <i>Stipa frigida</i> (Depósito de relaves)	2-123
Tabla 2-36: Flora vascular registrada en Estepa altoandina de <i>Stipa frigida</i> (Depósito de relaves).....	2-124
Tabla 2-37: Flora vascular registrada en Pajonal de <i>Deyeuxia velutina</i> (Depósito de relaves)	2-124
Tabla 2-38: Resumen uso de suelo presentes en el área de Pit	2-125
Tabla 2-39: Formaciones vegetales registradas en el área de Pit.....	2-125
Tabla 2-40: Flora vascular registrada en matorral bajo abierto de <i>Adesmia echinus</i> con <i>Stipa frigida</i> (área de pit).....	2-126

Tabla 2-41: Flora vascular registrada en matorral bajo muy abierto de <i>Adesmia echinus</i> (área de pit)	2-126
Tabla 2-42: Resumen uso de suelo presentes en la Planta y Campamento nuevo.....	2-127
Tabla 2-43: Formaciones vegetales registradas en el área de Planta y campamento nuevo	2-127
Tabla 2-44: Flora vascular registrada en matorral bajo abierto de <i>Adesmia echinus</i> con <i>Stipa frigida</i> (Planta y Campamento nuevo).....	2-128
Tabla 2-45: Flora vascular registrada en matorral bajo muy abierto de <i>Adesmia echinus</i> con <i>Cristaria andicola</i> (Planta y Campamento nuevo)	2-128
Tabla 2-46: Resumen uso de suelo presentes en Línea eléctrica	2-130
Tabla 2-47: Formaciones vegetales registradas en el área de estudio Línea eléctrica....	2-130
Tabla 2-48: Flora vascular registrada en matorral bajo de <i>Adesmia echinus</i> con <i>Ephedra breana</i> (Línea eléctrica)	2-131
Tabla 2-49: Flora vascular registrada en matorral bajo de <i>Adesmia echinus</i> (Línea eléctrica)	2-132
Tabla 2-50: Flora vascular registrada en matorral bajo de <i>Adesmia hystrix</i> (Línea eléctrica)	2-133
Tabla 2-51: Flora vascular registrada en Vega alto andina (Línea eléctrica)	2-134
Tabla 2-52: Flora vascular registrada en Estepa alto andina de <i>Stipa frigida</i> (Línea eléctrica)	2-134
Tabla 2-53: Resumen uso de suelo presentes en Acueducto	2-135
Tabla 2-54: Resumen uso de suelo presentes en la Relaveducto.....	2-136
Tabla 2-55: Formaciones vegetales registradas en el área de Relaveducto	2-136
Tabla 2-56: Flora vascular registrada en matorral bajo de <i>Adesmia echinus</i> con <i>Stipa frigida</i> (Relaveducto)	2-137
Tabla 2-57: Flora vascular registrada en Estepa altoandina de <i>Stipa frigida</i> con <i>Cristaria andicola</i> (Relaveducto)	2-137

Tabla 2-58: Resumen uso de suelo presentes en el camino nuevo	2-138
Tabla 2-59: Formaciones vegetales registradas en el área de Relaveducto	2-138
Tabla 2-60: Flora vascular registrada en matorral bajo de Adesmia echinus con Stipa frigida (Camino nuevo)	2-138
Tabla 2-61: Número de géneros y especies por familias registradas en el área de estudio ..	2-139
Tabla 2-62: Flora vascular del área de estudio según tipo biológico y origen.....	2-141
Tabla 2-63: Ubicación de transectos para reptiles y aves terrestres en el área del proyecto Arqueros (Datum: WGS84)	2-148
Tabla 2-64: Ubicación de transectos para reptiles y aves terrestres a lo largo del trazado del tendido eléctrico (Datum: WGS84).....	2-149
Tabla 2-65: Estadística de los Vertebrados (ordenados por clase) del proyecto Arqueros....	2-152
Tabla 2-66: Vertebrados en el área de influencia del proyecto Arqueros	2-152
Tabla 2-67: Abundancia de reptiles y aves terrestres en distintos sectores del Proyecto Arqueros (Área mina).....	2-159
Tabla 2-68: Abundancia de reptiles y aves terrestres en los transectos del trazado del tendido eléctrico.	2-162
Tabla 2-69: Registros indirectos de la fauna a lo largo del trazado del tendido eléctrico.	2-164
Tabla 2-70: Dimensiones y Componentes del Artículo 8 del Reglamento del SEIA	2-170
Tabla 2-71: Área de Influencia local y comunal.....	2-172
Tabla 2-72: Distribución de la Población por Sexo.....	2-176
Tabla 2-73: Distribución de la Población por Zona Urbana/Rural.....	2-177
Tabla 2-74: Distribución de la Población por grupos de edad	2-177
Tabla 2-75: Población económicamente activa de la región de Atacama.....	2-187
Tabla 2-76: Población económicamente activa de la comuna de Diego de Almagro.....	2-187

Tabla 2-77: Estadísticas Vitales del año 2006	2-189
Tabla 2-78: Coordenadas de los ocho sectores de Prospección Sistemática	2-196
Tabla 2-79: Criterios de valoración para la calidad visual (CV) del paisaje	2-215
Tabla 2-80: Rangos cuantitativos de valoración de la Calidad Visual del paisaje.....	2-218
Tabla 2-81: Criterios de valoración de la Fragilidad Visual.....	2-218
Tabla 2-82: Rangos cuantitativos de Valoración de la Fragilidad Visual.....	2-222
Tabla 2-83: Matriz de combinación	2-222
Tabla 2-84: Puntos y rutas de observación identificados	2-224
Tabla 2-85: Cuencas Visuales	2-227
Tabla 2-86: Unidades de Paisaje	2-229
Tabla 2-87: Resultados Calidad visual	2-231
Tabla 2-88: Resultados Fragilidad visual	2-231
Tabla 2-89: Clases de Sensibilidad visual por CV.....	2-232
Tabla 2-90: Sismos importantes y/o destructivos (1570- 2010) Magnitud Richter (Ms) ≥ 7 ...	2-240
Tabla 2-91: Centros volcánicos en el área del Proyecto Arqueros	2-245

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Ubicación general del Proyecto	2-2
Figura 2-2: Tipología de ingreso al SEIA de los Proyectos con RCA favorables	2-8
Figura 2-3: Clasificación climática de la Región de Atacama	2-17
Figura 2-4: Temperatura media mensual, estación La Coipa	2-19
Figura 2-5: Valores mensuales de precipitaciones para las estaciones Lobo y Marte	2-21
Figura 2-6: Valores mensuales de humedad relativa, estación La Coipa	2-22
Figura 2-7: Velocidad del viento, estación La Coipa	2-22

Figura 2-8: Dirección promedio anual del viento, estación La Coipa	2-24
Figura 2-9: Valores mensuales de presión atmosférica, estación La Coipa	2-25
Figura 2-10: Valores mensuales de radiación solar, estación La Coipa	2-25
Figura 2-11: Unidades geomorfológicas a nivel regional.....	2-30
Figura 2-12: Principales dominios estructurales en el sector central de Atacama	2-37
Figura 2-13: Fallas principales en el sector de la Cordillera de Domeyko entre la Laguna del Negro Francisco y Salar de Pedernales.....	2-39
Figura 2-14: Unidades geológicas del área del Proyecto	2-46
Figura 2-15: Ubicación de las estructuras de botadero y rajo con respecto a las subcuencas	2-57
Figura 2-16: Subcuenca de la quebrada Carachitas que contendrá la estructura del depósito de relave del proyecto Arqueros	2-58
Figura 2-17: Curva hipsométrica de la subcuenca 2	2-59
Figura 2-18: Curva hipsométrica de la subcuenca cabecera Carachitas	2-61
Figura 2-19: Hidrogeología Zona de Estudio.....	2-66
Figura 2-20: Distribución de los puntos de toma de muestras para Calidad de Agua.....	2-74
Figura 2-21: Distribución de uso del suelo a nivel regional	2-80
Figura 2-22: Principales actividades de la metodología implementada	2-90
Figura 2-23: Zonas vegetales de Chile. Scnmithüsen (1956), según modificación presentada por Jürke Grau (1995).....	2-103
Figura 2-24: Representación de las formaciones vegetales descritas por Gajardo (1994) en relación a los sectores del Proyecto.....	2-106
Figura 2-25: Representación de los pisos vegetales descritos por Lubert y Pliscoff (2006) en relación a los sectores del Proyecto.....	2-107
Figura 2-26: Distribución especies por familia.....	2-112
Figura 2-27: Tramos línea eléctrica.....	2-129

Figura 2-28: Riqueza de especies por familia (en orden alfabético) presentes en el área de estudio	2-140
Figura 2-29: Número de especies por formación vegetal	2-141
Figura 2-30: Puntos y Rutas de observación	2-225
Figura 2-31: Área de Influencia, Cuenca Visual	2-228
Figura 2-32: Unidades de Paisaje	2-230
Figura 2-33: Distribución de los sismos históricos en el área del Proyecto	2-239
Figura 2-34: Centros volcánicos en el área del Proyecto Arqueros	2-244

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 2.1	Medio Físico
Anexo 2.2	Componente flora y vegetación
Anexo 2.3	Componente fauna
Anexo 2.4	Componente medio humano
Anexo 2.5	Componente arqueología
Anexo 2.6	Componente paisaje

2. LÍNEA DE BASE AMBIENTAL

2.1 INTRODUCCIÓN

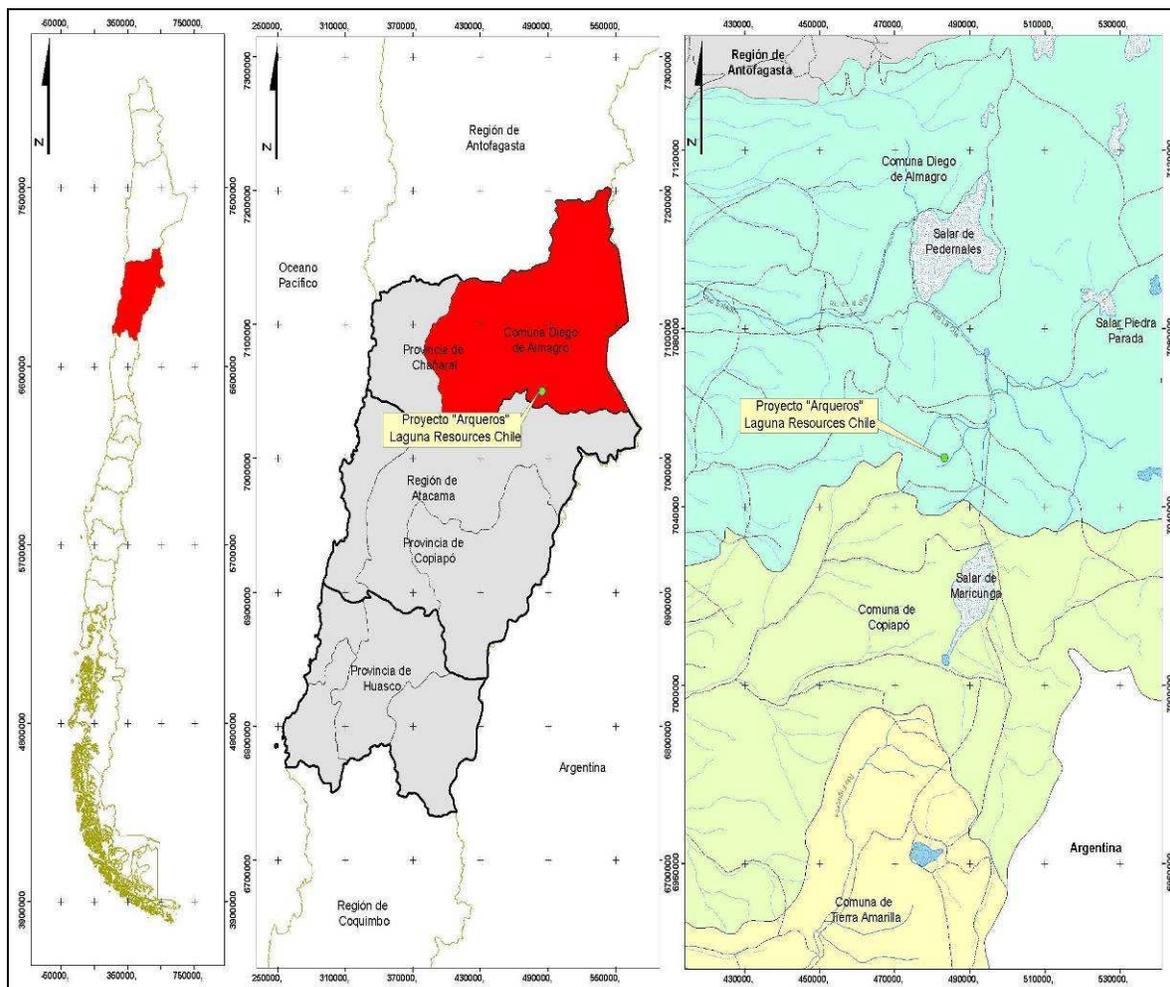
El presente capítulo corresponde a la descripción de la Línea Base Ambiental del proyecto “Arqueros” de Laguna Resources Chile Ltda, en la que se describen, analizan y evalúan los elementos del medio ambiente que se relacionan y que se encuentran al interior del área de influencia definida por el proyecto y cuyo objetivo responde a identificar el estado actual de los componentes ambientales, previo a la ejecución del proyecto, y disponer de la información necesaria para evaluar posteriormente los impactos que se pudiesen generar o presentar sobre éstos elementos, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 12 letra b) de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del medio Ambiente; y el artículo 12 letra f) del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA).

A continuación se presenta una breve descripción del área de emplazamiento del proyecto, la identificación de los proyecto que poseen RCA y la descripción y caracterización de los distintos componentes ambientales, clasificados como Medio Físico, Medio Biótico, Medio Construido, Patrimonio Cultural, Medio Humano y Paisaje, cuya descripción ha sido obtenida de la revisión de antecedentes bibliográficos, entrevistas, campañas de terreno y de los antecedentes de la descripción del proyecto provenientes del Estudios de Factibilidad actualmente en elaboración.

2.2 ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

El Proyecto “Arqueros”, se encuentra ubicado en la Región de Atacama, en la Provincia de Chañaral, en la comuna de Diego de Almagro. En la Figura 2-1 se presenta la ubicación general del Proyecto.

Figura 2-1: Ubicación general del Proyecto



2.3 PROYECTOS CON RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

De acuerdo a lo señalado en el Artículo 12 de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, donde se establece que “la descripción de la línea base deberá considerar todos los proyectos que cuenten con resolución de calificación ambiental, aún cuando no se encuentren operando”, a continuación se identifican los proyectos sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) que cuentan con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable, ubicados en la comuna de Diego de Almagro y también, aquellos cercanos al Proyecto que se encuentren en la comuna de Copiapó. Para ello, se ha revisado la fuente de información oficial del Servicio de Evaluación Ambiental. Se consideraron todos los proyectos que han ingresado al SEIA desde el año 2008, en la Región de Atacama.

2.3.1 Proyectos que cuentan con Resolución de Calificación Ambiental favorable

A continuación, en la Tabla 2-1 se presentan los proyectos que cuentan con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) ubicados en las comunas Diego de Almagro y Copiapó.

Tabla 2-1: Proyectos con RCA favorable en las comunas de Diego de Almagro y Copiapó

N°	Nombre	Titular	N°RCA	Tipo	Comuna	Sector productivo	Tipología de ingreso	Monto de inversión US\$	Mano de Obra (máxima operación)	Vida Útil (años)
1	Flotación de Escorias Convertidor Teniente Fundición Potrerillos	CODELCO - DSAL	227/2011	DIA	Diego de Almagro	Minería	i4	60.000.000	45	5
2	Modificación Proyecto Prospección Minera Fortuna	Minera MMX de Chile S.A.	228/2011	DIA	Copiapó	Minería	i4	11.222.766	30	0,7
3	V Etapa Depósito de Relaves Pampa Austral	CODELCO - DSAL	220/2011	DIA	Diego de Almagro	Minería	i4	6.000.000	4	5
4	Prospecciones Mineras Cerro Maricunga	Minera Atacama Pacific Gold Chile Ltda.	232/2011	DIA	Copiapó	Minería	i4	20.000.000	90	1,5
5	Proyecto Prospección Radíss	Sumitomo Metal Mining Chile Ltda	165/2011	DIA	Diego de Almagro	Minería	i4	10.000.000	60	2
6	Procesamiento de Papeos de Hierro Mina Carmen	Minera Santa Fé	116/2011	DIA	Caldera-Chañaral-Diego de Almagro	Minería	i4	50.000.000	300	5,5
7	Adecuación del Bodegaje de Barros Anónicos Refinería Electrolítica Potrerillos	CODELCO - DSAL	87/2011	DIA	Diego de Almagro	Minería	ñ1	100.000	2	25
8	Adecuación Instalaciones para Inyección Fundentes Silíceos a Convertidor Teniente	CODELCO - DSAL	68/2011	DIA	Diego de Almagro	Minería	i4	910.000	2	15

N°	Nombre	Titular	N°RCA	Tipo	Comuna	Sector productivo	Tipología de ingreso	Monto de inversión US\$	Mano de Obra (máxima operación)	Vida Útil (años)
9	Prospección Mina Carmen	Minera Santa Fé	003/2010	DIA	Diego de Almagro	Minería	i4	5.000.000	15	1
10	Planta de recuperación de Cobre Solubre	FOSFOQUIM S.A.	030/2010	DIA	Diego de Almagro	Minería	ñ5	4.900.000	35	Indefinido
11	Explotación de Minerales Remanentes Rajo Turquesa	CODELCO - DSAL	011/2010	DIA	Diego de Almagro	Minería	i4	0	16	0,5
12	Prospección Geológica Mina Vieja	CODELCO - DSAL	230/2010	DIA	Diego de Almagro	Minería	i4	6.000.000	100	0,6
13	Prospección Minera Lobo Marte Etapa II	Minera Santa Rosa SCM	041/2010	DIA	Copiapó	Minería	i4	15.000.000	150	3,3
14	Ampliación Proyecto Procesamiento de Desmontes de Hierro Mina Carmen	Minera Santa Fé	231/2010	DIA	Caldera-Chañaral-Diego de Almagro	Minería	i4	10.000.000	300	6
15	Explotación Veta Mina Esperanza	Sociedad Minera Legal Esperanza Una de Sierra Áspera	193/2010	DIA	Diego de Almagro	Minería	i4	4.740.000	80	5
16	Modificación Proyecto Prospección Minera Fortuna	Minera Santa Rosa SCM	072/2010	DIA	Copiapó	Minería	i4	3.500.000	50	1
17	Procesamiento de Desmontes de Hierro Mina Carmen	Minera Santa Fé	073/2010	DIA	Diego de Almagro-Caldera	Minería	i4	5.000.000	210	2
18	Modificación Ampliación Tranque Pampa Austral, IV Etapa	CODELCO - DSAL	016/2011	DIA	Diego de Almagro	Minería	o7	0	0	Indefinido

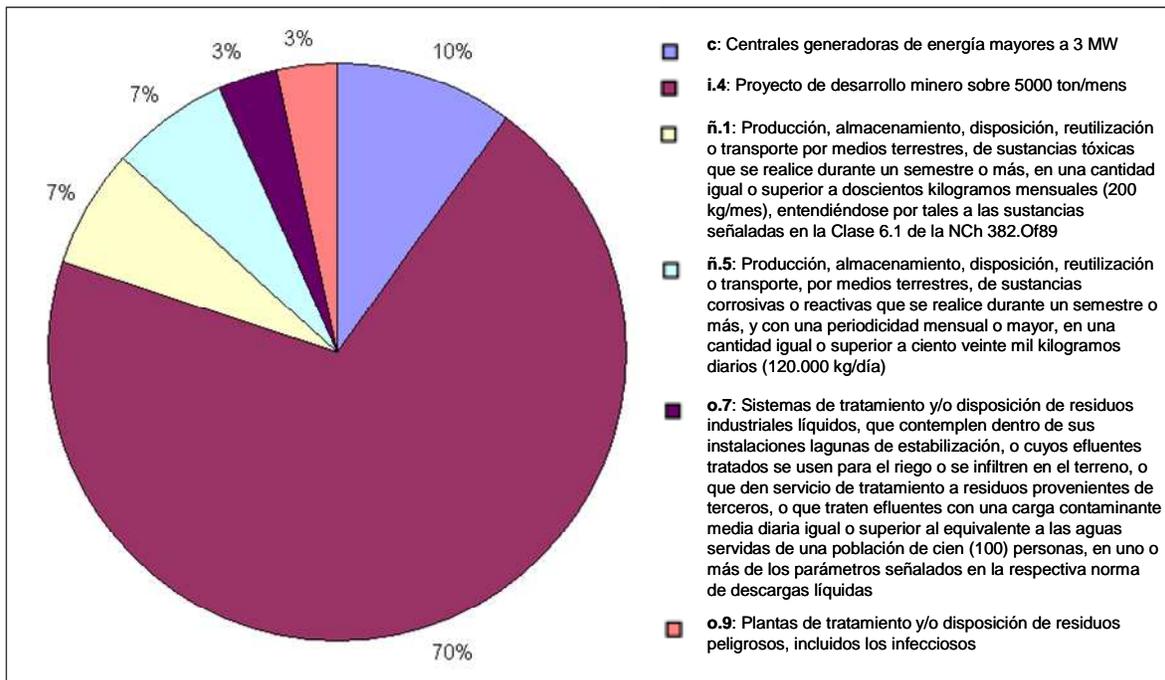
N°	Nombre	Titular	N°RCA	Tipo	Comuna	Sector productivo	Tipología de ingreso	Monto de inversión US\$	Mano de Obra (máxima operación)	Vida Útil (años)
19	Explotación de Minerales Can-Can	Compañía Minera Mantos de Oro	088/2010	DIA	Copiapó	Minería	i4	21.800.000	0	3
20	Prospecciones Geológicas para delimitación de recursos remanentes División Salvador	CODELCO - DSAL	321/2010	DIA	Diego de Almagro	Minería	i4	13.000.000	24	1,7
21	San Antonio	CODELCO - DSAL	202/2011	DIA	Diego de Almagro	Minería	i4	282.500.000	350	23
22	Declaración de Impacto Ambiental Prospección Inca de Oro	CODELCO CHILE	162/2009	DIA	Diego de Almagro	Minería	i4	2.300.000	30	2
23	Transporte de Residuos Sólidos Industriales Peligrosos y No Peligrosos	Sociedad Constructora Pérez González Ltda.	157/2009	DIA	Diego de Almagro	Minería	ñ1	5.000	22	5
24	Modificación Altura Chimeneas Proyecto EMELDA	EMELDA S.A.	120/2009	DIA	Diego de Almagro	Energía	c	32.000.000	20	Indifenido
25	Prospección Minera Lobo Marte	Minera Santa Rosa SCM	130/2009	DIA	Copiapó	Minería	i4	3.000.000	50	1
26	Modificación del Manejo del efluente generado por la planta de ácido sulfúrico de Fundición Potrerillos	CODELCO - DSAL	001/2009	DIA	Diego de Almagro	Minería	ñ5	496.300	0	25
27	Modificación Centro de Manejo Integral de Residuos Industriales Sólidos	CODELCO - DSAL	078/2009	DIA	Diego de Almagro	Minería	o9	418.675	3	3

N°	Nombre	Titular	N°RCA	Tipo	Comuna	Sector productivo	Tipología de ingreso	Monto de inversión US\$	Mano de Obra (máxima operación)	Vida Útil (años)
28	EMELDA, Empresa Eléctrica Diego de Almagro	Bautista Bosch Ostalé	250/2008	DIA	Diego de Almagro	Energía	c	32.000.000	20	25
29	Proyecto Trinidad	Sociedad Contractual Minera Trinidad	238/2008	DIA	Diego de Almagro	Minería	i4	12.000.000	85	10
30	Central Termoeléctrica Diego de Almagro	ENLASA Generación Chile S.A.	161/2008	DIA	Diego de Almagro	Energía	c	20.500.000	5	25

Fuente: Elaboración propia.

En total, hay 30 proyectos que tienen una RCA favorable en el área de influencia del Proyecto Arqueros, de los cuales 21 ingresaron al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) por la letra i4 del Reglamento del SEIA (ver Figura 2–2).

Figura 2–2: Tipología de ingreso al SEIA de los Proyectos con RCA favorables



Fuente: Elaboración propia.

De esos 30 proyectos, 27 de ellos pertenecen al sector productivo minero, y los 3 restantes al sector energético. Los proyectos con RCA favorable analizados implican una inversión total de US\$ 632.392.741 para la Región de Atacama, y con un empleo de 2.098 personas (considerando sólo la etapa de operación de los proyectos).

2.4 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

En consideración a lo señalado en la letra f) del Artículo 12 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N°95/2001), el área de influencia del proyecto se define y justifica, para cada uno de los elementos del medio ambiente afectados, tomando en consideración los impactos ambientales potenciales relevantes sobre ellos.

En consecuencia, el área de influencia del proyecto ha sido definida considerando los componentes ambientales que serán potencialmente afectados, y los sectores donde se desarrollarán y ejecutarán las actividades y obras físicas del proyecto en sus fases de construcción, operación y cierre, como se indica en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Área de Influencia del Proyecto Arqueros por componente

Componente ambiental	Área de influencia
Clima y meteorología	Análisis de variables a nivel regional y local.
Geomorfología	Análisis de variables a nivel comunal, Diego de Almagro y Copiapó, y a nivel local.
Geología	Análisis a nivel regional.
Hidrología	Análisis a nivel regional, comunal y local.
Hidrogeología	Análisis a nivel regional, comunal y local.
Calidad de agua	Análisis de variables a nivel local y regional.
Suelos	Análisis a nivel regional, comunal y local.
Flora y vegetación terrestre	Análisis a nivel local.
Fauna terrestre	Análisis a nivel local.
Medio humano	Análisis a nivel regional y comunal.
Patrimonio cultural	Análisis a nivel local.
Paisaje	Análisis a nivel local: cuenca visual: área percibida desde puntos de mayor accesibilidad física y visual en torno al área del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

2.5 DESCRIPCIÓN MEDIO FÍSICO

2.5.1 Clima y Meteorología

2.5.1.1 Introducción

En esta sección se presentan los resultados de los estudios de línea base de clima y meteorología, a partir de información bibliográfica, estudios y mediciones efectuadas para el Proyecto.

2.5.1.2 Objetivos

- Realizar una descripción de los componentes ambientales de Clima.
- Caracterizar las condiciones meteorológicas del área del Proyecto, específicamente referido a las variables temperatura (°C), pluviometría (mm), humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s), dirección del viento (grados), radiación solar (Watts/m²) y presión atmosférica (mbar).

2.5.1.3 Metodología

2.5.1.3.1 Clima

Para la caracterización del clima se realizó un análisis a nivel regional de acuerdo a la metodología de Köppen, extraída del “Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama”, Ediciones Universidad de La Serena, Chile (2008).

2.5.1.3.2 Meteorología

Para la zona de estudio, la única estación meteorológica disponible con registros para el análisis de esta componente, es la localizada en el sector de La Coipa, de propiedad de Compañía Minera Mantos de Oro, distante a 15 km del Proyecto Arqueros. Por otro lado, existen otras dos estaciones meteorológicas, la estación Las Vegas localizada a más de 50 km al poniente del área del proyecto, y la estación de Chimberos instalada en el actual campamento del mismo nombre, y de propiedad del Titular, sin embargo, la primera sólo registra datos de precipitación, y la segunda sólo registra datos de los últimos tres meses

(septiembre a noviembre 2011), por lo que no son suficientes (muestra significativa) para considerarlos dentro del análisis.

El periodo de medición para la estación del sector de La Coipa es desde enero de 2008 hasta diciembre de 2008.

Para la caracterización meteorológica se revisó y analizó los datos obtenidos de la estación emplazada en el sector de La Coipa, a 15 km aproximadamente al sur de la LAT y a unos 20 km del sector de instalaciones: Mina-Rajo-Planta-Depósito de Relaves, que recoge ampliamente las condiciones meteorológicas del área de influencia del proyecto.

Para el caso del análisis y resultados de las precipitaciones, se tomó como base el estudio “Caracterización de línea de Base Ambiental. Proyecto Actividades de Exploración. Mantos de Oro” y del Estudio de Impacto Ambiental “Reinicio y Expansión Proyecto Lobo Marte”. Esto se debe principalmente a que los registros para esta variable en la estación La coipa de donde se realizó el análisis de las demás variables, no son datos representativos de la zona de estudio, arrojando valores erróneos, lejanos a los valores promedio entregados por la meteorología general de la zona y otros estudios.

2.5.1.4 Resultados

2.5.1.4.1 Clima

a) Factores determinantes del clima en la región

De acuerdo a la latitud donde se encuentra la Región de Atacama (26°S - 29°S), ésta coincide con el modelo de circulación general de la atmósfera con el cinturón de anticiclones subtropicales ubicado cerca de los 30° de latitud. Específicamente en esta zona se ubica el “Anticiclón del Pacífico Sur”, que se localiza geográficamente sobre el océano, entre las latitudes 20° y 35° en invierno y entre los 20° y 40° en verano. El anticiclón mencionado es uno de los principales factores responsables de las características semiáridas y desérticas de la zona norte del país y que lleva asociado las condiciones de tiempo con cielos despejados y escasa ocurrencia de precipitaciones. En el hemisferio sur, la influencia del sistema de altas presiones se manifiesta con vientos que rotan en sentido contrario a los punteros de un reloj, lo que en las costas de la Región de Atacama se registran como vientos de componente S y SSW.

En el sector norte de la Región se manifiesta la presencia de los vientos alisios (del este), los que desplazan masas de aire desde el sector amazónico, cargadas de humedad, que en la temporada estival se manifiestan con precipitaciones producidas por la condensación de la masa de aire húmeda al enfrentar y ascender la pared oriental de la cordillera de los Andes. La nubosidad formada en este proceso es de gran desarrollo vertical y puede producir precipitaciones de variada intensidad por períodos cortos de tiempo en sectores acotados en la zona cordillerana del norte del país.

En la zona sur de la Región de Atacama, las esporádicas precipitaciones registradas son producto de la presencia de otro tipo de convergencia ubicada a los 60° de latitud, donde confluyen masas de aire frío provenientes de la región subpolar y subantártica, con masas de aire húmedo y más cálido de origen subtropical marítimo (por la presencia del anticiclón). En esta zona es donde se forman, al chocar ambas masas de aire, los sistemas frontales que llevan asociada las precipitaciones en períodos de invierno en la zona central del país, alcanzando regiones ubicadas más al norte como la Región de Atacama cuando el desplazamiento latitudinal estacional que presenta el anticiclón lo permite.

Adicionalmente, la presencia del anticiclón determina la escasa formación de nubes en la zona interior de la Región, debido a la circulación de subsidencia del aire, lo que a su vez, conlleva la formación de una capa de inversión térmica, que actúa limitando el desplazamiento vertical de la capa de nubosidad baja costera, que se forma a diario por la diferencia térmica entre la masa oceánica y la continental, que se manifiesta como niebla.

El desplazamiento latitudinal que manifiesta el anticiclón, hace que las precipitaciones se registren durante el período del invierno, cuando se presenta desplazado hacia menores latitudes, permitiendo eventualmente la llegada de sistemas frontales provenientes de la zona de convergencia de vientos del oeste. Durante el verano, el sistema de altas presiones está más desplazado hacia el sur, por lo tanto, la zona presenta un bloqueo para el paso de sistemas frontales con precipitaciones asociadas. Al respecto se ha evidenciado que a iguales latitudes, las zonas costeras presentan menores índices de precipitaciones que las zonas cordilleranas, las que por efecto orográfico se ven aumentadas, llegando a duplicar el monto de precipitaciones.

En los sectores de alta cordillera, las precipitaciones registradas pueden presentarse en forma de nieve. A estas alturas son dos fenómenos sinópticos los que pueden causar este tipo de precipitaciones durante la época del invierno:

- Frentes migratorios desde el SW, que pueden penetrar hasta estas latitudes debido al desplazamiento del anticiclón subtropical hacia el norte y por la presencia en el sur del país de un sistema de altas presiones de frío, lo que hace un pasadizo para los sistemas frontales pudiendo afectar a zonas más al norte.
- Núcleo frío en altura, formado a partir de la segregación de una vaguada en altura.

En la época de verano, las precipitaciones registradas en la alta cordillera son producto de la advección de vientos desde el este, llevando masas de aire cargadas de humedad provenientes de la selva amazónica, que en su desplazamiento y al chocar con la pendiente oriental de la cordillera de Los Andes, es obligada a ascender y al disminuir su temperatura por efecto de la altura se condensa formando nubosidad convectiva, que pasa hacia el lado occidental, donde se registran las precipitaciones.

La zona costera es afectada por la presencia de dos fenómenos meteorológicos de escala sinóptica: por un lado el “Anticiclón del Pacífico” ya mencionado, que determina la presencia de una capa de inversión térmica bien definida que confina la nubosidad estratificada, y el fenómeno de “vaguada costera”, que corresponde a una prolongación del centro de baja presión. El tiempo asociado a la presencia de la vaguada costera varía, dependiendo si se trata del lado norte o sur del fenómeno. Si la zona es afectada por el lado norte de la vaguada, el tiempo asociado corresponde a cielos cubiertos debido a la advección de aire húmedo desde el oeste, aumentando la humedad y disminuyendo las temperaturas, pudiendo penetrar por los valles hasta los 1.000 m de altura. Por el contrario, si corresponde la zona afectada al lado sur de la vaguada, las condiciones de tiempo son determinadas por la circulación de vientos con tendencia este, produciendo una circulación a la inversa de lo ya descrito, es decir, desde las laderas cordilleranas comprimiendo la masa de aire, aumentando su temperatura y descendiendo la altura de la inversión térmica. Estos vientos al llegar a la zona de la costa, disipan la nubosidad baja dejando cielos despejados, aumentando la temperatura y disminuyendo la humedad.

La influencia del relieve de la Región en el clima, se manifiesta como una barrera física a la influencia oceánica como agente moderador de las temperaturas y por la circulación de

vientos de meso escala y micro escala, como las brisas de valle-montaña, producto del diferenciamiento en el calentamiento de las laderas y de los valles, por la incidencia de la radiación solar en las superficies inclinadas.

En resumen, la aridez de la Región de Atacama se debe a:

- Efecto de bloqueo al desplazamiento de los sistemas frontales hacia menores latitudes que adopta el Anticiclón Subtropical del Océano Pacífico.
- Disipación de la formación de nubosidad en los sistemas de altas presiones.
- Presencia de corriente fría de Humboldt en las zonas costeras, lo que disminuye la capacidad de la superficie del océano para producir evaporación.
- El efecto de bloqueo que tienen las altas cumbres de la cordillera de Los Andes, al fenómeno estival de precipitaciones, causadas por el desplazamiento de masas húmedas provenientes de la región amazónica.

b) Clasificación climática de la Región de Atacama

Según la clasificación de Köppen descrita en el “Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama”, Ediciones Universidad de La Serena, Chile (2008), en la Región de Atacama se distinguen cuatro tipos de climas: “Tundra de Alta Montaña” (EB), “Desértico Frío de Montaña” (BWk’G), “Desértico Transicional” (BW_i) y “Desértico Costero con Nublados Abundantes” (BW_n), cuya descripción se presenta a continuación (ver Figura 2–3):

b.1) Clima de Tundra de Alta Montaña (EB)

Bajo esta clasificación se agrupan aquellos ambientes que, debido a su altitud (por sobre los 4.000 a 4.500 m.s.n.m.), presentan bajas temperaturas a lo largo de todo el año, inclusive durante la temporada de verano, en donde no se superan los 10°C. En estas alturas se combinan las características del clima desértico y polar, junto a los altos índices de radiación solar, debido a la baja densidad del aire.

Se presenta una temperatura media anual de -1,7°C en el sector Cuenca Río Nevado, donde la oscilación diaria de la temperatura puede alcanzar valores superiores a 15°C. Las precipitaciones, cuyo valor promedio anual el sector Cuenca Río Nevado alcanza los 22 mm., se producen por lo general en forma de nieve, y ocurren a lo largo de todo el año,

ya que durante los meses estivales está presente el fenómeno de precipitaciones estivales altiplánicas.

b.2) Clima Desértico Frío de Montaña” (BWk’G)

La zona donde se presenta este tipo de clima se ubica por sobre los 1.500 y hasta los 4.000 m.s.n.m. Corresponde a un clima de desierto frío, donde las temperaturas están reguladas de acuerdo a la altura geográfica.

Presenta una atmósfera transparente, con bajos contenidos de humedad, donde los estudios estadísticos indican un 72% de días despejados al año, por esto la oscilación térmica es significativa en altitud, debido a que durante el día se expone a una fuerte radiación solar y por la noche, debido a los cielos despejados, la pérdida de calor acumulada durante el día se libera sin obstáculos que la atenúen.

Las precipitaciones son más abundantes en este clima y se producen casi exclusivamente en los meses de invierno, de mayo a agosto, siendo de origen frontal y muchas veces nivosas.

Las bajas temperaturas invernales hacen que la línea de nieves eternas se ubique entre los 5.000 y 6.000 m, por lo que a las más altas cumbres de la cordillera de la Región, localmente se les denomine "nevados", tales como el Incahuasi, Tres Cruces, Ojos del Salado, etc.

b.3) Clima Desértico Transicional (BW_i)

La zona donde se presenta este tipo de clima se ubica entre la franja de la zona costera y los 1.200 y 1.500 m.s.n.m. Es una zona árida con escasas precipitaciones invernales, con influencia del Anticiclón del Pacífico y menor influencia costera.

Respecto de la zona de la costa, la frecuencia de días despejados al año aumenta a un 33% y una oscilación térmica diaria mayor. La transparencia de la atmósfera cambia, debido a una disminución de la humedad ambiental. Los valores medios mensuales de humedad relativa varían entre un valor máximo de 67% en el mes de mayo y un mínimo de 59% en diciembre.

Las temperaturas medias mensuales de Copiapó fluctúan entre valores de 21°C y 22°C en los meses de verano y entre 14°C y 19°C para el período de abril a noviembre. La

amplitud térmica es mucho mayor que en el litoral, ya que la diferencia entre el mes más cálido y el más frío es de 7° a 8° C en Copiapó y Vallenar, mientras que se estima inferior a 6° en la zona costera. Mucho mayor es la amplitud térmica diaria, que alcanza del orden de 13° a 15° C.

Respecto a las precipitaciones, éstas aumentan con la latitud y con la altitud, concentrándose en los meses de invierno. Los totales anuales llegan a 12 mm en Copiapó (291 m.s.n.m), 19 mm en El Salvador (2.400 m.s.n.m), 32 mm en Vallenar (470 m.s.n.m) y 34 mm en Los Loros (948 m.s.n.m).

b.4) Clima Desértico Costero con Nublados Abundantes (BWn)

La zona característica con este tipo de clima en la Región de Atacama está delimitada por una franja costera de aproximadamente 30 kilómetros de ancho, que se extiende entre Chañaral y Quebrada Los Choros.

Debido a que la capa de aire en contacto con el mar frío, influenciado por la corriente fría de Humboldt, que está adyacente a la línea de la costa, es comprimido por la subsidencia de aire seco y con mayor temperatura debido a la influencia del anticiclón, estableciéndose dos capas de aire bien definidas que no se mezclan, cuya superficie virtual de contacto está definida por la inversión térmica. Esta primera capa puede presentar una altura de 1.000 m, dando lugar a la formación de nubosidad estratiforme de desarrollo vertical, cubriendo la zona litoral durante la noche y replegándose hacia mar adentro durante el día, lo que se manifiesta con nubosidad durante el día y nieblas durante la noche, presentando un bajo porcentaje de días despejados al año en la ciudad de Caldera (12%).

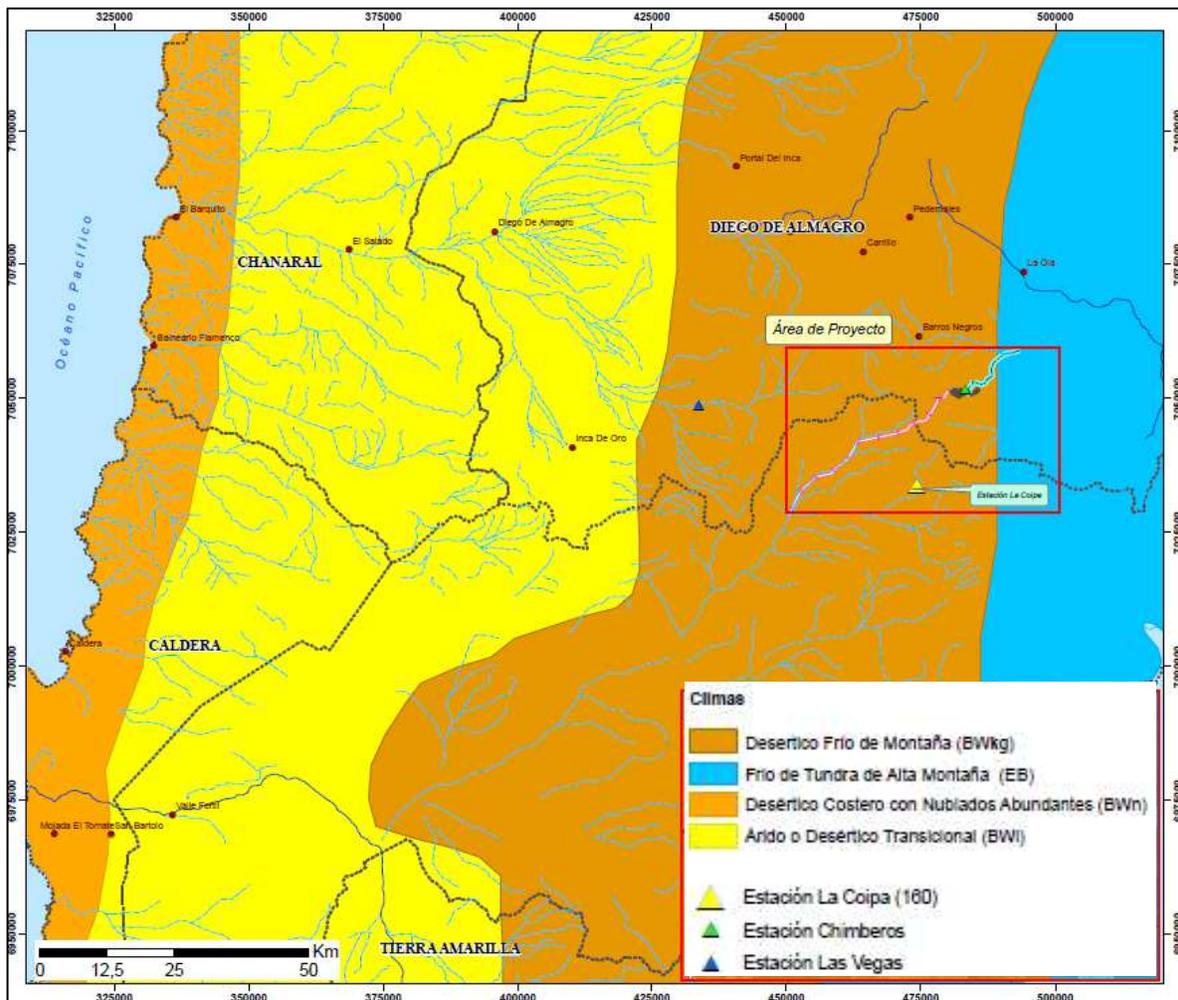
Por tratarse de una zona costera se presentan altos índices de humedad relativa, donde el promedio máximo se registra en el mes de invierno de julio y agosto con un 78% y en los meses de verano, específicamente diciembre y enero, disminuye a un 72%.

De acuerdo a las temperaturas registradas en la zona costera, la zona puede ser clasificada como templada. Las temperaturas promedio mensuales fluctúan entre los 12°C, para los meses de julio y agosto, y 18°C para los meses de enero y febrero. Los valores de temperatura máxima y mínima dan cuenta de una oscilación térmica con

valores definidos para la región de 7,5°C, lo que refleja la influencia marina como agente moderador de las temperaturas.

Las precipitaciones son mayormente de tipo frontal y aumentan de norte a sur, donde en Chañaral se alcanzan 12 mm al año, en Caldera 27 y en El Totoral 32, las cuales ocurren casi exclusivamente en invierno.

Figura 2-3: Clasificación climática de la Región de Atacama



Elaboración Propia.

Fuente: Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama”, Ediciones Universidad de La Serena, Chile (2008).

c) Clasificación climática del área del proyecto

Considerando el área donde se emplaza la totalidad del Proyecto, se establece que los climas que afectan directamente son: b.1) Clima de Tundra de Alta Montaña (EB) y b.2) Clima Desértico Frío de Montaña” (BWk'G).

El clima Desértico de Frío de Montaña afecta la zona que abarca el Botadero, la Planta, el Rajo, el Tendido Eléctrico (LAT) y la extensión del Acueducto en más del 90% del su trazado. Todas estas obras e instalaciones, situadas sobre los sobre los 3800 m.s.n.m, con altos índices de radiación solar y temperaturas bajas incluso en época estival, no superando los 10°.

Si se toma en cuenta la extensión de la LAT y el Acueducto, estos presentan tramos en donde su clima puede variar según la altura y otras variables.

En cuanto al clima de Tundra de Alta Montaña, afecta principalmente la obra del Acueducto en su porción nororiental, en su nacimiento.

El campamento, ubicado a unos 3.700 m de altura aproximadamente, el depósito de relave (3.700-3.900 m.s.n.m) y el acueducto, se sumergen en un ambiente con bajo contenido de humedad y precipitaciones principalmente en invierno, muchas veces de tipo nivosas (ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1).

2.5.1.4.2 Meteorología

Los datos que se exponen a continuación, son registros de la estación meteorológica ubicada en el sector de La Coipa, cercana a 15 km de las instalaciones del Proyecto Arqueros, específicamente del tendido eléctrico (LAT) y a 20 km de las demás instalaciones y obras.

Cabe destacar que los datos analizados corresponden al período enero a diciembre del 2008. Para la variable dirección y velocidad de vientos, se consideró sólo datos de julio en adelante para el mismo año, ya que los datos registrados evidencian errores, considerando lo improbable de obtener datos con registro “cero”, tanto en dirección, como velocidad.

Como ya se mencionó, para la variable precipitaciones se consideraron valores del Estudio de Impacto Ambiental “Reinicio y Expansión Proyecto Lobo Marte”, el que realizó

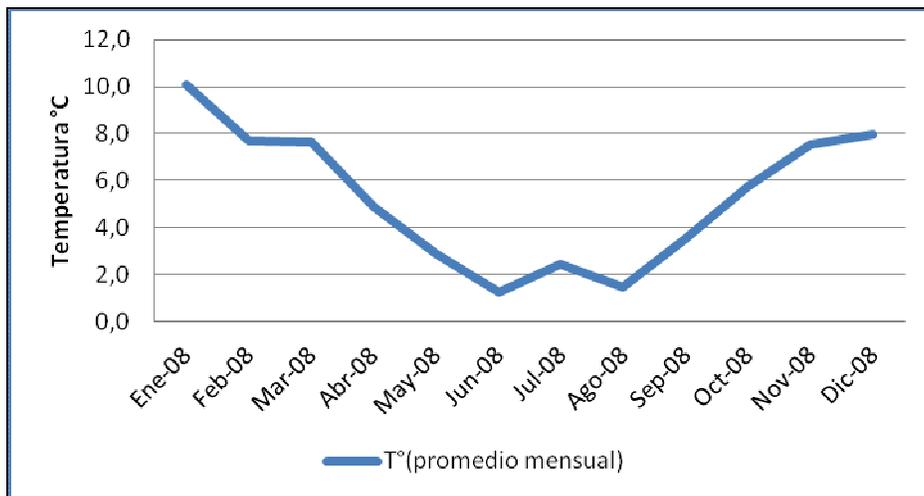
la instalación de estaciones meteorológicas para su estudio. Estas estaciones se encuentran a más de 40 km del proyecto “Arqueros”, en condiciones de altura, similares al proyecto, en términos de clasificación climática estas estaciones se encuentran sobre condiciones de frío de alta montaña.

Para este estudio se instalaron cuatro estaciones, de las cuales sólo dos presentan mediciones de precipitaciones en el período julio 2009 y julio 2010: Estación Lobo y Estación Marte

a) Temperatura y precipitaciones

Para el período considerado entre enero y diciembre del 2008, como se grafica en la Figura 2-4, se registró un promedio anual de 5,3° C, donde siete meses presentaron promedios mensuales sobre los 5° C. La temperatura máxima registrada fue de 10,1° C (enero 2008), en tanto que la mínima fue de 1,3° C (junio 2008).

Figura 2-4: Temperatura media mensual, estación La Coipa



Respecto a las precipitaciones, se registró un promedio anual de 4,7 mm de agua caída para la estación de Lobo, siendo los meses de julio 2010 y enero 2009 los más lluviosos, con valores superiores a los 18 mm; para los meses restantes los valores fluctúan entre 0,1 y 8,0 mm. La estación Marte presenta un promedio anual de 0,5 mm, presentando su valor más alto el mes de enero de de 2009 con 5,5 mm.

Los valores de precipitaciones para el resto de los meses del período son nulos, a excepción del mes de marzo de 2010 con 0,2 mm.

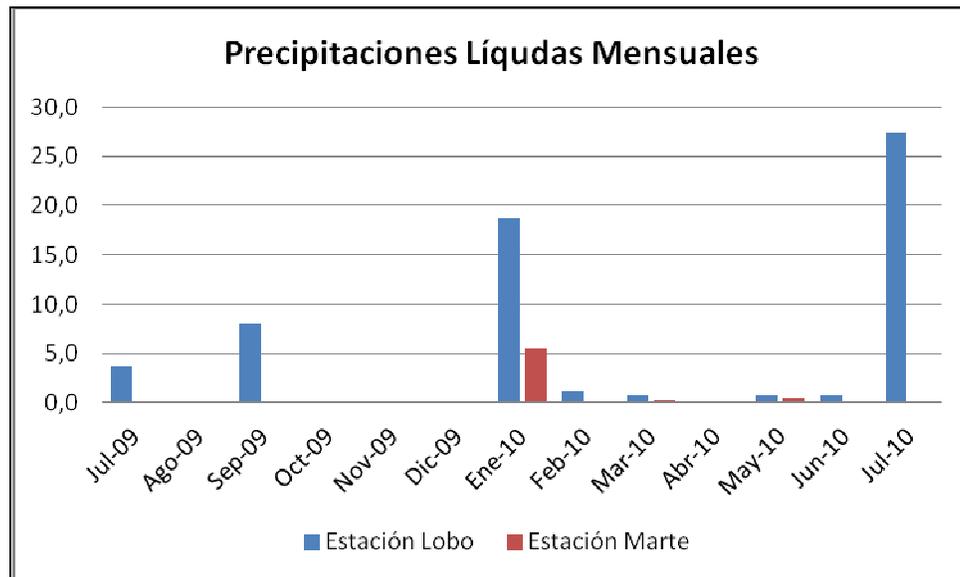
En la Tabla 2-3 y Figura 2-5 se muestra la precipitación mensual en mm para la estaciones de Lobo y Marte, donde se puede apreciar la baja tasa de precipitación en el sector.

Las diferencias en las precipitaciones de las estaciones Lobo y Marte en el periodo considerado (jul 09 – jun 10) se deben principalmente a la diferencia de localización que tienen las estaciones. Entre Lobo y Marte existe una distancia de 5,1 km aprox. y en situaciones de altura distintas, Lobo está a 4.114 msnm y Marte a 4.070. Esta diferencia entre los registros de ambas estaciones está marcada por emplazamiento; la estación Marte se encuentra en una loma muy pronunciada, lo que hace que la estación quede más expuesta a situaciones de viento, en cambio Lobo por su parte, no presenta esa característica.

Finalmente es importante señalar que las precipitaciones son un fenómeno localizado que varía mucho de un lugar a otro.

Tabla 2-3: Precipitaciones mensuales para las estaciones Lobo y Marte

Meses	Precipitaciones (mm)	
	Estación Lobo	Estación Marte
Jul-09	3,7	0,0
Ago-09	0,0	0,0
Sep-09	8,0	0,0
Oct-09	0,0	0,0
Nov-09	0,1	0,0
Dic-09	0,1	0,0
Ene-10	18,7	5,5
Feb-10	1,1	0,0
Mar-10	0,7	0,2
Abr-10	0,0	0,0
May-10	0,7	0,5
Jun-10	0,7	0,0
Jul-10	27,4	0,0
Promedio Anual	4,7	0,5

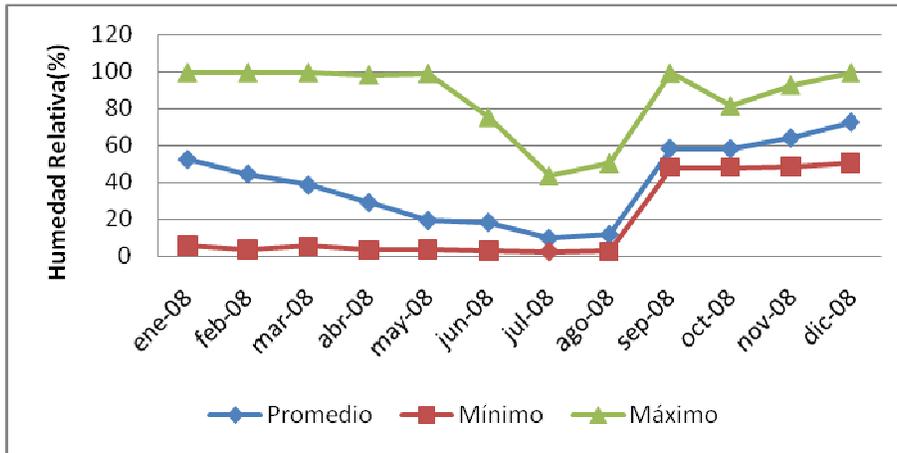
Figura 2-5: Valores mensuales de precipitaciones para las estaciones Lobo y Marte

Por otro lado el estudio “Caracterización de línea de Base Ambiental. Proyecto Actividades de Exploración. Mantos de Oro” expone resultados para la variable precipitación con un valor promedio anual (período 1983 - 1988) de 19,3 mm y 9,0 mm para las estaciones Coipamet I y Coipamet II respectivamente. Los valores mínimos y máximos para estas estaciones fluctúan entre los 2,8 mm y 33 mm. Cabe destacar que estas últimas se encuentran a menor distancia (15 km aproximadamente) del proyecto “Arqueros”, que las estaciones del proyecto Lobo Marte.

b) Humedad relativa

La humedad relativa para el período en estudio (ver Figura 2-6), se registró una media anual de 39,7%, presentándose los promedios mensuales más altos entre los meses de septiembre y enero, siendo el mes con mayor porcentaje de humedad relativa, diciembre, con un 72,4%. Los meses donde se registran los porcentajes mínimos, son julio y agosto con valores menores al 3%.

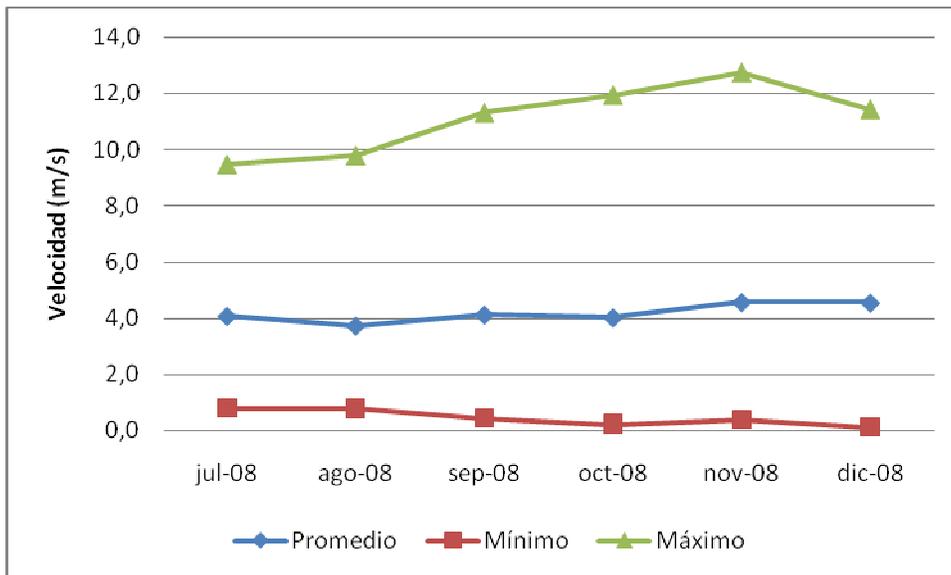
Figura 2-6: Valores mensuales de humedad relativa, estación La Coipa



c) Velocidad y dirección del viento

La intensidad del viento presenta un comportamiento regular durante el año, como se grafica en la Figura 2-7, con un valor promedio anual para el período de mediciones de 4,2 m/s, siendo noviembre y diciembre los meses de mayor intensidad, con 4,6 m/s.

Figura 2-7: Velocidad del viento, estación La Coipa



Según la Figura 2-8, la dirección anual que predomina para las 24 h del día (para los meses indicados) es de NE, con velocidad promedio de los vientos de entre los 3,6 y 5,7

m/s. Se suman en menor porcentaje vientos provenientes del WS, con velocidades promedio de entre 5,7 y 8,8.

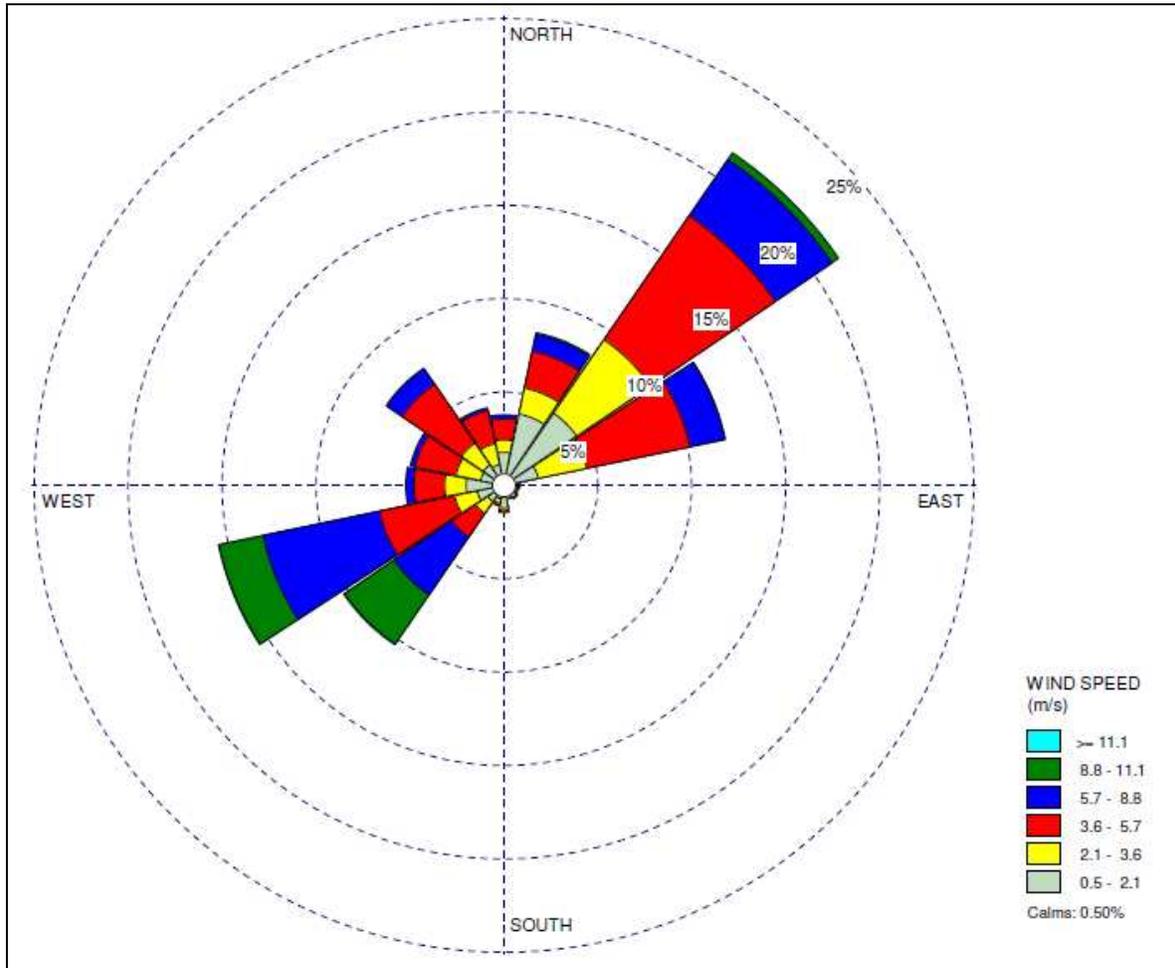
Por otro lado, la tendencia de la dirección de los vientos para distintos períodos del día es variable (ver Tabla 2-4), por ejemplo de las 0 a las 6 am, los vientos presentan predominan en un alto porcentaje NE, con una velocidad predominante que se mueve entre 3,6 y 5,7. Entre las 6 y 12 del día, el predominio es de igual forma NE, pero en un menor porcentaje del tiempo y con velocidad promedio de 3,76 m/s. Pasadas las 12 del día y hasta las 18 h, el viento cambia su dirección predominante y sopla desde SW en un alto porcentaje del período, alcanzando un promedio de velocidad de 6,45. Finalizando el día entre las 18 y las 24 h, los vientos toman fuerza nuevamente desde NE, predominando en menor porcentaje que en tempranas horas del día, y con velocidad promedio de 3,02 m/s (ver gráficos en Anexo 2.1.2 – Componente Medio Físico).

Tabla 2-4: Dirección predominante del viento durante el día, estación La Coipa

Periodo del día	0-6 h	6-12 h	12-18 h	18-24 h
Dirección Viento Predominante	NE	NE	WS	NE

En cuanto a la dirección promedio de los vientos, estos se presentan con una dirección constante entre agosto y diciembre de WNW, con una velocidad promedio de 4,3 m/s para estos meses. Como se mencionó con anterioridad los registros para esta variable entre los meses enero y junio no son representativos, por lo que no se puede hablar de una tendencia de la dirección de los vientos.

Figura 2-8: Dirección promedio anual del viento, estación La Coipa

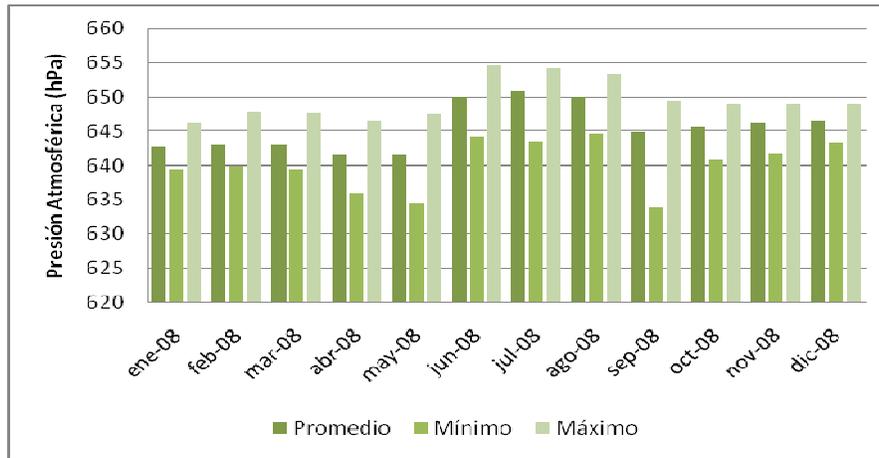


*Datos del periodo comprendido entre julio y diciembre de 2008.

d) Presión atmosférica

Respecto del parámetro presión atmosférica para el período considerado, el valor promedio anual fue de 645,5 hPa, en tanto que la máxima diaria registrada fue de 654,6 hPa (junio 2008) y la mínima de 633,8 hPa (septiembre 2008). La estación presenta un comportamiento usual de la presión atmosférica, la cual presenta una baja variabilidad estacional, ver Figura 2-9.

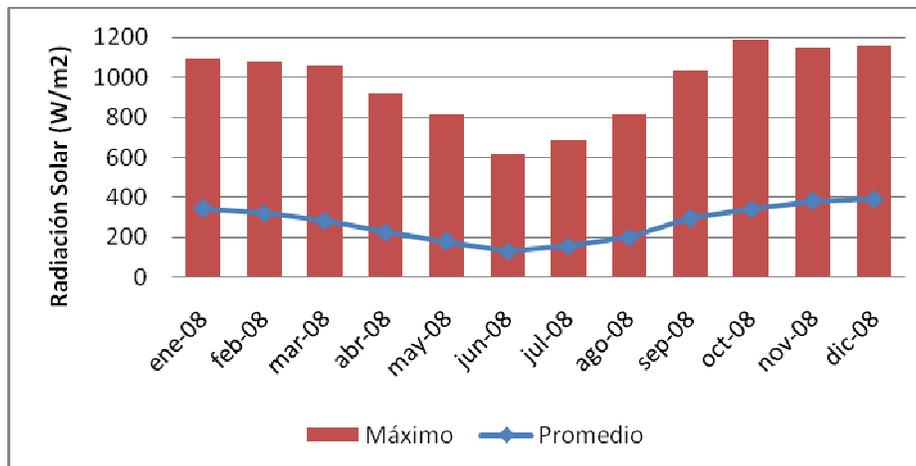
Figura 2-9: Valores mensuales de presión atmosférica, estación La Coipa



e) Radiación solar

En relación a la radiación solar acumulada, los valores medios máximos acumulados se registran en los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero, disminuyendo progresivamente hacia el invierno, específicamente en junio y julio con promedios de 130,4 W/m² y 155,8 W/m², respectivamente. El promedio más alto ocurrió en el mes de diciembre de 2008, con un valor de 391,2 W/m²-día (Figura 2-10).

Figura 2-10: Valores mensuales de radiación solar, estación La Coipa



2.5.1.5 Conclusiones

2.5.1.5.1 Clima

Los sectores de emplazamiento de las obras comprendidas en el Proyecto se circunscriben dentro de dos de los cuatro dominios climáticos (clasificación de Köppen) presentes en la Región de Atacama ya mencionados. Uno de ellos es: i) Clima Desértico Frío De Montaña (BWk'G), el que presenta un porcentaje de días con cielos despejados alto (72%), con bajo contenido de humedad relativa y con una oscilación térmica significativa; y el otro es ii) Clima de Tundra de Alta Montaña (Eb), caracterizado por bajas temperaturas durante todo el año debido a su altitud (en áreas por sobre los 4.000 m.s.n.m.), con altos índices de radiación solar y precipitaciones en forma de nieve.

2.5.1.5.2 Meteorología

El análisis de los datos de la estación meteorológica La Coipa, representa las características de una sección del proyecto, específicamente de la LAT, cercana unos 15 km de La Coipa, sin embargo las condiciones generales del área donde se desarrolla el Proyecto no son tan disímiles en términos de su geomorfología, hidrología, entre otras variables. Es por esto que su ubicación, condiciones de altitud y periodicidad de los registros avalan a los datos de esta estación como datos representativos del área de estudio. A partir de estos resultados es que se puede concluir lo siguiente:

Respecto de las precipitaciones, la zona de emplazamiento del proyecto, está caracterizada por una marcada influencia del sistema de altas presiones del Pacífico Sur Oriental, que le otorga condiciones de aridez. Cabe mencionar el fenómeno del “invierno altiplánico”, da lugar durante los meses de verano a precipitaciones convectivas, presentándose los mayores valores entre enero y marzo para ambas estaciones de medición. Esto hace que las precipitaciones promedio mensuales entre invierno y verano presenten grandes diferencias.

Respecto de los índices de humedad relativa, este parámetro se mantiene estable entre enero y mayo para la zona de La Coipa, retornando al alza desde septiembre en adelante.

En cuanto al régimen de vientos, su dirección predominante es NE casi durante todo el día y la intensidad de los vientos varía entre los 3 y 6 m/s.

Los valores promedio de mayor presión atmosférica son en invierno, al igual que las máximas registradas. Los valores promedios no descienden de los 600 hPa.

2.5.2 Calidad del Aire

La región de Atacama cuenta según los registros del Sistema de Información de Calidad del Aire (SINCA) con 24 estaciones de monitoreo de calidad del aire. Del total de estaciones en la región, cuatro se localizan en la comuna de Diego de Almagro, comuna que alberga el Proyecto Arqueros casi en su totalidad, a excepción de la línea de alta tensión, en donde aproximadamente dos tercios (33 km) de su extensión total, lo hace por la comuna de Copiapó. Esta última comuna cuenta con cuatro estaciones de monitoreo de calidad del aire, localizadas a más de 130 km de donde se desarrollarán las obras, actividades e instalaciones del Proyecto, por ende, no se consideran como fuente de datos para el análisis de la variable calidad del aire asociada al presente EIA.

De las estaciones con las que cuenta la comuna de Diego de Almagro distanciadas del Proyecto aproximadamente 50 km en promedio, dos de ellas, nunca registraron datos que fuesen ingresados al SINCA y las otras dos sólo tiene registros hasta diciembre del 2009. Ninguna de estas unidades de medición contaba con datos de meteorología.

Para la zona de estudio y que presenta directa relación con el Proyecto no se cuenta con mediciones de calidad de aire.

2.5.3 Geomorfología

2.5.3.1 Introducción

En esta sección se presenta el estudio de línea base de geomorfología, la que contempla una caracterización de este componente en los sectores donde se emplazan las obras de ingeniería del proyecto.

2.5.3.2 Objetivos

El objetivo de este capítulo es dar a conocer la geomorfología presente en la región donde se emplazan las obras de ingeniería del Proyecto.

2.5.3.3 Metodología

Para la elaboración del siguiente estudio se tomó como base, investigaciones científicas del SERNAGEOMÍN, además de estudios privados de la zona de estudio, como: Antecedentes Permiso Ambiental Sectorial Artículo 88, Proyecto Explotación de Minerales Can –Can. Anexo VII, Estudio de Impacto Ambiental Optimización Proyecto Minero Cerro Casale. Julio 2011, en las diferentes áreas que abarca el proyecto. Dichos estudios se nombran en la bibliografía de este capítulo.

2.5.3.4 Resultados

2.5.3.4.1 Geomorfología a escala regional

La geomorfología de la región de Atacama se encuentra controlada principalmente por los factores climáticos, geológicos y tectónicos. Particularmente los factores climático y tectónico presentan un comportamiento poco común. Por una parte, la Región de Atacama se encuentra en una zona sumamente árida con un clima desértico hasta semidesértico. Por otro lado, el factor tectónico, especialmente la tasa de alzamiento en el sector muestra cifras elevadas. La pertenencia de la región al sistema orogénico andino produjo y produce todavía un fuerte “crecimiento” de las montañas.

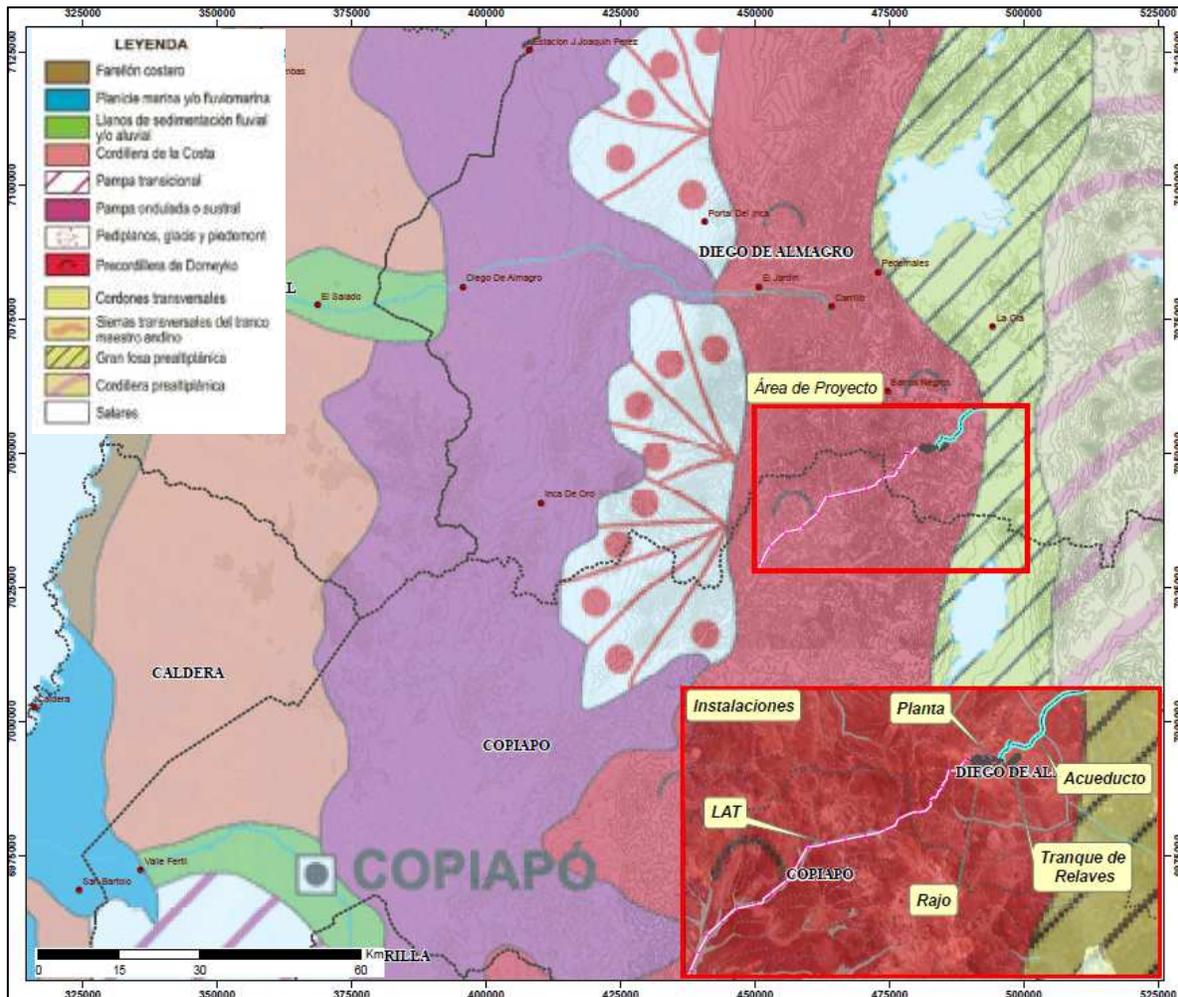
Las unidades geomorfológicas generales que se pueden distinguir en la Región de Atacama (ver Figura 2-11) son cinco y corresponden a las siguientes:

- **Cordillera de la Costa:** Se caracteriza por presentar cerros de altura moderada (1.000 m.s.n.m.), dichos cerros se encuentran formados principalmente por rocas intrusivas cretácicas.
- **Valle Longitudinal:** Gran llano cubierto por sedimentos no consolidados, se desarrolla entre los 500 y los 1.500 m.s.n.m.
- **Precordillera:** Sector montañoso que alcanza alturas de hasta 5.300 m.s.n.m., sin embargo, la mayoría de las cumbres alcanzan en promedio los 3.000 m.s.n.m. Esta unidad geomorfológica se encuentra formada por rocas estratificadas mesozoicas de ambientes terrestres (areniscas, conglomerados, andesitas) y rocas marinas (calizas). En el sector oriente de esta unidad predominan las rocas extrusivas del Mioceno.

Los cordones montañosos que caracterizan la topografía del lugar sirven de divisorias de aguas, entre los sistemas alto-andinos y los que drenan hacia el valle de Copiapó. En general, éstos presentan una morfología ondulada, característica de los tipos de formas asociados a los sectores de acumulación de materiales fluvio-glacio-volcánicos, típicos de la región.

- **Depresión de los Salares:** Esta unidad sólo se manifiesta en el sector Norte de la Región de Atacama. Se trata de un llano relleno por rocas sedimentarias clásticas y químicas. Corresponde a cuencas endorreicas. Se desarrolla, en promedio, en los 3.200 m.s.n.m.
- **Cordillera Principal (Cordillera de Los Andes):** Se desarrolla al Este de la Depresión de los Salares, presenta grandes alturas (hasta casi los 6.900 m.s.n.m). Está formada principalmente por volcanes y rocas volcánicas recientes.

Figura 2-11: Unidades geomorfológicas a nivel regional



2.5.3.4.2 Geomorfología del área del proyecto

De las macroformas descritas, sólo la Precordillera y la Depresión de los Salares forman parte del área donde se desarrollará el Proyecto.

Así mismo lo define Borgel, 1983, que aunque segmenta la región de Atacama en 13 macroformas, también son dos las que corresponde al área de emplazamiento del proyecto, las que se definen a continuación:

a) Pre-cordillera

La misma, se subdivide en Pre-Cordillera de Domeyko y Pampa Ondulada o Austral, aunque sólo la primera es parte de este estudio. El límite Sur de estas unidades es el Río Copiapó. De menor altura, en esta unidad, los procesos aluviales son los de mayor relevancia. Se encuentran formas asociadas al proceso de incisión de los ríos permanentes y temporarios, como valles o quebradas profundas en forma de V, y formas de acumulación como los conos y abanicos aluviales. Dentro de esta unidad es posible encontrar todos los sectores que comprenden el proyecto, es decir, sector Mina, Planta, Botadero, Depósito de Relaves, Campamento, Tendido Eléctrico y Acueducto casi en su totalidad, ya que su extremo nororiental se ubica sobre la Gran Fosa Prealtiplánica.

b) Gran fosa altiplánica o depresión de los salares

Se ubica al Oeste de la Cordillera Pre-Altiplánica, y corresponde a valles tectónicos longitudinales, donde se encuentran cuencas endorreicas, formando salares o, en algunos casos, lagunas, como el salar de Maricunga y la Laguna del Negro Francisco, entre otras. Dentro de esta unidad geomorfológica es posible encontrar un escaso segmento asociado al sector del Acueducto, ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1.

Dentro de las macrounidades descrita, existe una serie unidades geomorfológicas menores. Esta división se realiza según su ambiente de depositación y origen geológico, unidades que se describen a continuación en la Tabla 2-5.

Tabla 2-5: Descripción de unidades geomorfológicas

Unidades Geomorfológicas		Descripción
Dunas Móviles o Fijas	Duna en masa principal	Depósito de materiales arenosos debido a la acción del viento. Asociado a ambientes marinos o transicionales marino-continental.
	Duna lineal	Acumulaciones de arena y silt sobre rocas más antiguas, de manera longitudinal a la acción del viento. Asociado a ambientes marinos o transicionales marino-continental.
	Duna parabólica	Depósito arenoso eólico que desarrolla una forma cóncava a sotavento y convexa a barlovento. Puede tener anclados sus extremos mediante la acción de la vegetación. Asociado a ambientes marinos o transicionales marino-continental.
	Depósito sedimentario eólico	Acumulación de material arenoso no clasificable dentro de las otras categorías mencionadas.
Sistema de terrazas o llanuras	Terraza de abrasión marina	Superficie de terraza conformada por la acción de cambios en el nivel del mar debido a fenómenos de alzamientos y subsidencias a lo largo de la costa.
	Terraza aluvial	Superficie de características clásticas y detríticas no consolidadas, más o menos llana y horizontal, originada por depósito gravitatorio o acción fluvial.
	Terraza aluvial-coluvial	Superficie más o menos llana conformada por la acción conjunta depósitos de cursos de agua y fenómenos gravitatorios.
	Terraza aluvial inactiva	Terraza aluvial que ha alcanzado la madurez de su proceso formativo. Afecta a fenómenos de inundación sólo en situaciones extraordinarias acontecidas en una escala temporal geológica.
	Terraza fluvial	Superficie más o menos llana conformada por la acción erosiva y depositativa de los cursos de aguas, originada por efectos de alzamientos y subsidencias.
	Terraza fluvial inactiva	Terraza fluvial estabilizada.
	Terraza sedimentaria clástica	Terraza conformada por estratos de matriz clástica.
	Terraza sedimentaria transicional marina-continental	Terraza sedimentaria cuyos estratos dan cuenta de la acción de dos dominios morfoclimáticos, en este caso marino y continental.
Geoformas de Remoción en masa o coluvios	Depósito coluvial	Acumulación de material procedente de la erosión de laderas debido a la acción de la gravedad. Dicho material se presenta escasamente seleccionado, y por lo general es de características subangulosas.

Unidades Geomorfológicas		Descripción
	Depósito de remoción en masa	Acumulación de volumen variable de material de suelos, roca, o ambos; debido a procesos de movilización lenta o rápida, los cuales son favorecidos y gatillados por acción de falla estática, -la cual depende de las condiciones y contextos del material en cuestión-, y/o por la acción de fallas dinámicas asociadas a sismos o precipitaciones intensas.
	Depósito de talud	Depósitos gravitatorios producidos por acción erosiva en los sectores altos de las vertientes, que se desplazan y acumulan en zonas de cambio brusco de pendiente.
Formas de Origen Volcánico	Depósito piroclástico	Depósitos de cenizas o fragmentos de lava que circulan a través del aire y del vapor en eventos de erupción volcánica.
	Depósito volcanoclástico	Depósito de material clástico expulsado en eventos de erupciones volcánicas.
	Coladas de lava	Manto de material magmático que fue expulsado por el cráter hasta el nivel superficial. Su morfología es condicionada por las características topográficas preexistentes.
Salar y cuencas endorreicas	Depósito salino	Acumulación de minerales salinos asociados a dominios morfológicos de salares.
	Depósito salino activo	Depósito salino de reciente formación.
Geoforma de flujo	Cono de deyección	Depósito fluvial o de características mixtas, que posee la característica forma de un cono.
Geoforma de roca expuesta	Macizo rocoso intrusivo	Cuerpo de roca ígnea que cristaliza desde el magma fundido bajo la superficie terrestre, y que por diversas razones aflora en la superficie "intruyendo" a las formas preestablecidas.
	Dique andesítico hipabisal	Estructura intrusiva de cuerpo tabular discordante relativamente angosto, a menudo con trazas verticales.
	Sills y lacolitos	Cuerpos tabulares y lenticulares intrusivos a lo largo de estratos. Formados cuando el magma se introduce entre capas sedimentarias a escasa profundidad.
	Stock	Masa de roca ígnea que se formó cuando el magma se emplazó en profundidad, cristalizó, y posteriormente quedó expuesto.
	Pillow lava	Lavas solidificadas en un ambiente subacuático
	Macizo volcánico	Estructura inserta en un sistema discordante, de origen volcánico.
	Macizo metamórfico	Estructura que ha sufrido una transformación física y química al interior de la corteza terrestre, debido a la acción de las estructuras vecinas en cuanto éstas alteran condiciones de temperatura y presión.
	Macizo sedimentario marino	Estructura estratificada originada por la acumulación de sedimentos de origen marino.
	Macizo volcanosedimentario	Estructura mixta de características volcánicas y

2.5.3.5 Conclusiones

El Proyecto Arqueros, despliega sus instalaciones sobre unidades principalmente precordilleranos, donde quebradas profundas construyen macroformas de acumulación de sedimentos. En general las instalaciones se encuentran sobre los 3.800 m.s.n.m, donde las condiciones climáticas es uno de los grandes responsables de las formaciones de la zona (erosión, temperaturas, pp).

Además de estas grandes unidades geomorfológicas, es posible observar otras microunidades como abanicos aluviales, coluviales, geoformas volcánicas producto de las lavas e ignimbritas, salares, rocas expuestas.

2.5.4 Geología

2.5.4.1 Introducción

En esta sección se presenta el estudio de línea base de geología, la que contempla una caracterización de este componente en los sectores donde se emplazan las obras de ingeniería del proyecto.

2.5.4.2 Objetivos

El objetivo de este capítulo es dar a conocer la geología presente en la región donde se emplazan las obras de ingeniería del Proyecto.

2.5.4.3 Metodología

Para la elaboración del siguiente estudio se tomó como base la información contenida en el mapa geológico de Chile, además de estudios realizados para la zona de Actividades de Exploración, Mantos de Oro, Abril 2009; otros estudios de impacto ambiental desarrollados en las cercanías del Proyecto (Estudio de Impacto Ambiental Optimización Proyecto Minero Cerro Casale. Julio 2011).

El estudio contempla las diferentes áreas que abarca el proyecto. Dichos estudios se identifican en la bibliografía de este capítulo.

Se realiza un análisis a nivel regional de la componente como una forma de dar una visión general al proyecto, además de una revisión del área del proyecto, detallando las características geológicas asociadas a las obras de ingeniería del Proyecto.

2.5.4.4 Resultados

2.5.4.4.1 Características generales del área del proyecto

Para esta componente se mencionan las macrounidades geológicas presentes en el área de estudio, dividiéndolo en dos grandes secciones de acuerdo a sus características litológicas y de edad.

Estas dos secciones o dominios, se establecen de acuerdo a la posición geográfica y tipo de roca o depósito dominante. De esta forma el área quedó dividida en un Sector Medio donde predominan las rocas sedimentarias y volcano-sedimentarias; y un Sector Cordillerano, donde las rocas modernas de origen volcánico prevalecen sobre el resto de las formaciones.

A continuación se exponen las características generales de estas grandes secciones geológicas presentes en este estudio.

a) Sector Central: secuencia volcano-sedimentaria del margen continental

Este sector es donde se emplaza una parte del Proyecto, abarcando las unidades geomorfológicas de la Pre-Cordillera de Domeyko y parte de las Sierras Transversales del Tronco Maestro Andino.

Las Formaciones geológicas que componen el sector donde se ubican las instalaciones del Proyecto y gran parte de la Línea de Alta tensión (LAT), corresponden a secuencias sedimentarias, volcánicas y volcano-sedimentarias cuyas edades van desde el Paleozoico al Cenozoico. Intruyendo a las unidades sedimentarias se observa la presencia cuerpos intrusivos de edades que varían desde el Mesozoico al Cenozoico (ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1). La extensión areal de estos cuerpos ígneos se limitan mayormente al sector de la Pre-cordillera de Domeyko.

Las secuencias marinas y continentales del Paleozoico se aprecian en la vertiente oriental de la Precordillera de Domeyko, apareciendo en pequeñas extensiones y subyaciendo a las secuencias volcánicas y volcano-sedimentarias del Cretácico.

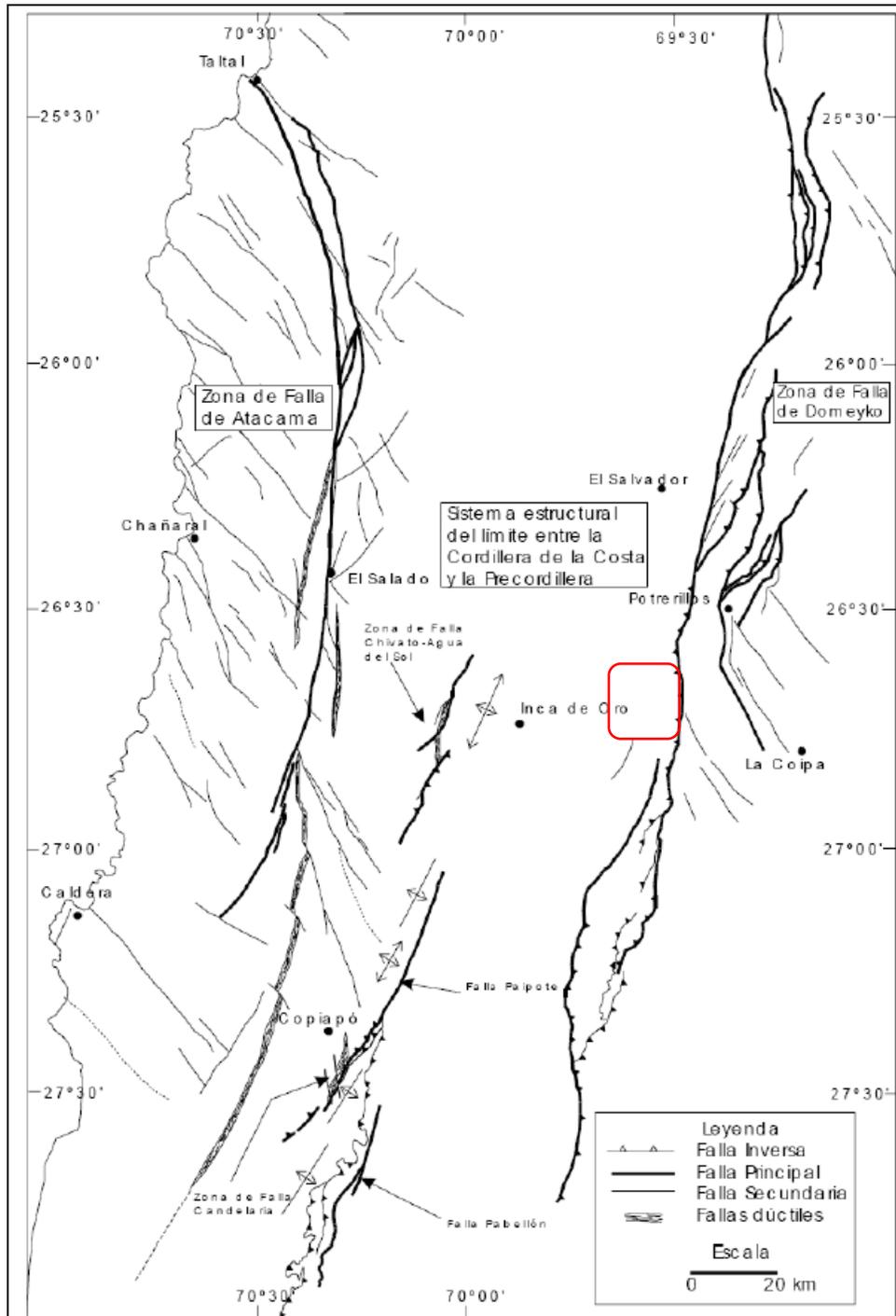
Las secuencias volcano-sedimentarias donde se instala parte la LAT, presentan una composición variada de rocas volcánicas con intercalaciones de sedimentos. Entre las litologías que podemos encontrar están las rocas epiclásticas, piroclásticas, lavas andesíticas y basálticas, con intercalaciones de conglomerados, areniscas, sedimentos lacustres y brechas. Estas unidades se observan a lo largo de todo este dominio y sus afloramientos presentan una orientación preferencial NE-SW. Muchas de estas unidades se encuentran plegadas y/o afectadas por distintos tipos de fallas.

Las formaciones netamente volcánicas y donde la estructuras asociadas al Acueducto del Proyecto se emplazan, presentan una gran variabilidad de tipo y composiciones, entre los cuales destacan las lavas, domos y brechas basálticas a dacíticas y rocas piroclásticas dacíticas a riolíticas. Estas unidades se localizan principalmente en la Precordillera de Domeyko con una orientación de sus afloramientos NE-SW. Las edades de las formaciones varían desde el triásico al Eoceno y se encuentran cubriendo a intrusivos del paleozoico y secuencias volcánicas y sedimentarias del Jurásico y Cretácico.

Instruyendo a las unidades mencionadas en este sector es posible observar una serie de cuerpos intrusivos. La composición de ellos varía de granodioritas, tonalitas y dioritas a monzodioritas y gabros. Estos cuerpos presentan edades que van desde el Carbonífero al Eoceno.

En lo que se refiere a la geología estructural del área del Proyecto, se presenta un resumen en la Figura 2-12. En ella se aprecian la zona de fallas de Atacama y la Zona de fallas de Domeyko.

Figura 2-12: Principales dominios estructurales en el sector central de Atacama



La Falla de Atacama es la estructura regional dominante, con orientación NNE-SSO. Esta estructura afecta la disposición de los plutones y unidades volcánicas del dominio del Batolito Costero. De hecho, el sistema de fallas de Atacama es la estructura tectónica más relevante presente en esta zona, la cual tiene una longitud superior a los 1.000 km y se encuentra localizada a lo largo de la Cordillera de La Costa entre Iquique y La Serena (Lavenu, 2005). Esta falla posee evidencias de reactivación en algunos sectores de su trazado durante el Cuaternario (González & Carrizo, 2003, en: Lavenu, 2005).

b) Sector Cordillera: Volcanismo Andino del Mioceno al Holoceno

Este dominio geológico se encuentra parte el proyecto referido a sus obras principales: Planta, Botadero, PIT, Tranque de relaves, además de la sección inicial del Acueducto, tramo del proyecto ubicado en la zona NE. Dentro de este sector afloran las unidades geomorfológicas de la Cordillera Pre-Altiplánica, la Gran Fosa Pre-Altiplánica y Sierras Transversales del Tronco Maestro, aunque las instalaciones ya mencionadas se extienden sólo sobre la cordillera Pre- Altiplánica.

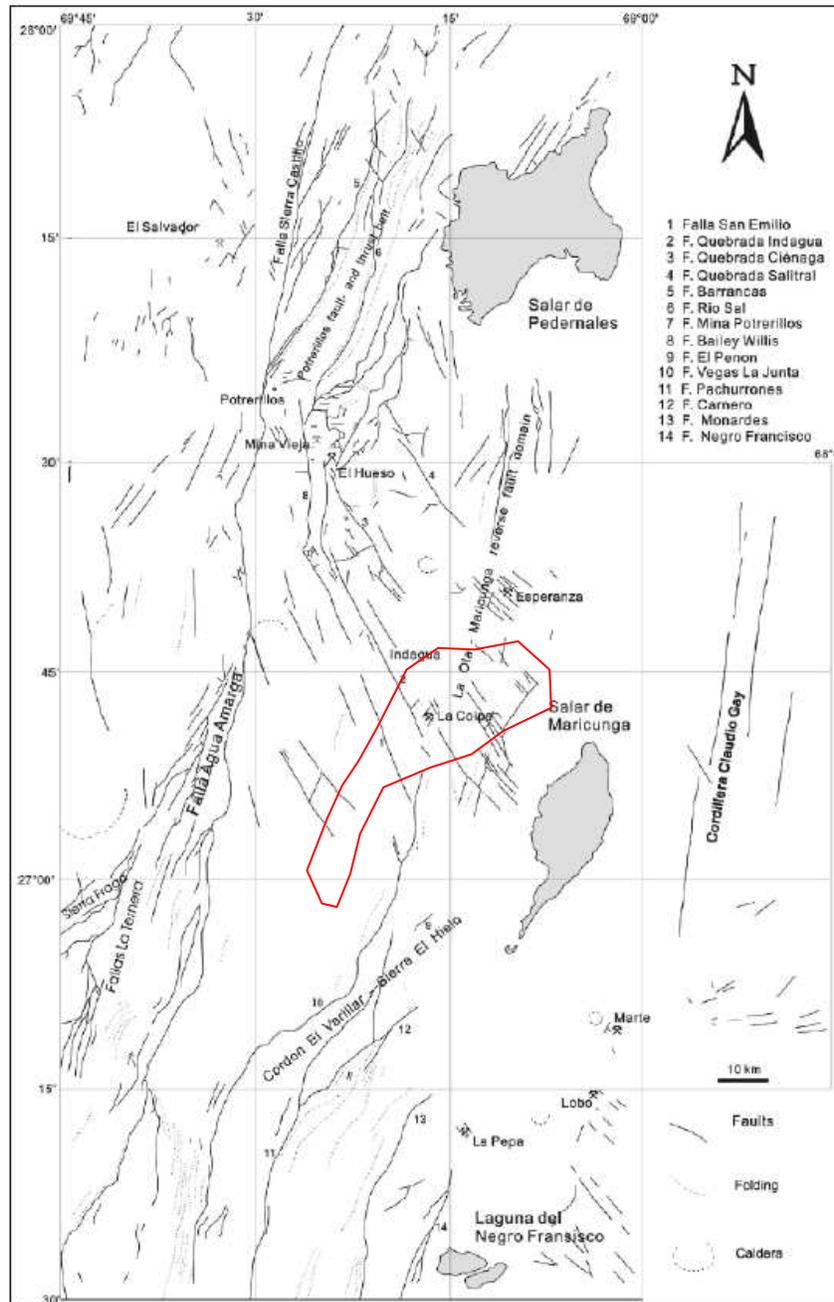
Este sector está caracterizado por la gran presencia de rocas de origen volcánico, sector que representa las instalaciones antes mencionadas. También es posible observar intrusivos y algunas secuencias volcano-sedimentarias. Las edades de todas estas formaciones varían del Paleozoico al Cenozoico, siendo las rocas volcánicas las más modernas con edades entre el Mioceno y el Cuaternario. Las unidades más antiguas corresponden a cuerpos intrusivos y a una secuencia volcano-sedimentaria del Paleozoico.

Las secuencias volcano-sedimentarias están compuestas por lavas, domos y tobas con intercalaciones de areniscas, conglomerados y calizas. Esta unidad se aprecia a lo largo del Acueducto y la Línea de Alta Tensión (LAT). Se encuentran cubiertas, en general, por sedimentos no consolidados o por lavas o tobas modernas.

Los cuerpos intrusivos, se aprecian en pequeños aforamientos entre los Salares de Pedernales y Maricunga; principalmente asociados a obras de la Línea de Alta Tensión (LAT). Estos Intrusivos corresponden a granitos y granodioritas de edades que van entre el Paleozoico y el Cretácico-Terciario. Esta unidad se presenta cubierta por lavas y tobas modernas.

Además de lo anterior, es posible observar una serie de dominios estructurales que se aprecian en la Figura 2-13, donde se presentan las principales fallas en el sector de la Cordillera de Domeyko.

Figura 2-13: Fallas principales en el sector de la Cordillera de Domeyko entre la Laguna del Negro Francisco y Salar de Pedernales



2.5.4.4.2 Características específicas del área del proyecto

a) Sector cuenca de Pedernales

Las obras, actividades e instalaciones que son parte del Proyecto Arqueros se localizan sobre la cuenca hidrológica de Pedernales (ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1). El estudio "Hoyas Hidrográficas. Tercera Región. Dirección General de Aguas (DGA) "expone para el sector de la cuenca de Pedernales, ubicada entre Salar de Maricunga y Salar de Pedernales, las características geológicas de la zona.

En términos litológicos este sector, como en las cuencas cerradas que le siguen el norte y al sur, las rocas fundamentales están constituidos especialmente por volcanitas de edad terciarias y cuaternarios, donde priman las andesitas, las basaltos y las riolitas. La cuenca misma está rellena con sedimentos provenientes de la destrucción da esas volcanitas. Recientes estudios por procedimientos sísmicos de refracción y geoelectrónicos realizados en el Llano de Pedernales, en el sector sureste de la cuenca de Pedernales, "acusar una subyacencia casi horizontal de las sedimentos que rellenan la cuenca, y homogeneidad e isotropía horizontal".

La interpretación muestra un relleno superficial de alta permeabilidad hasta de 40 m de potencia. Por debajo de él y sobre el basamento fundamental se acusan sedimentos con grado de compactación crecientes, con espesores hasta de 450 m, que se comportarían como materiales impermeables.

Por otra parte, la roca fundamental se encuentra a escasa profundidad en la periferia del salar y desciende hasta 200 m a una distancia de 6 km desde el borde de éste.

Un perfil sísmico efectuado por el Instituto de Investigaciones Geológicas con 16 km de longitud, próximo el borde occidental del salar, permitió, a su vez, reconocer sobre la roca basal tres horizontes sedimentarios: el superior, de 5 a 20 m de espesor que corresponde a la costra salina; bajo éste, un núcleo salino de 30 a 75 m de espesor; y finalmente, un estrato inferior de baja permeabilidad con 20 a 100 m de potencia.

b) Sector La Coipa, Cuenca del Río Copiapó

Si bien no existe una interacción directa entre esta cuenca y el proyecto, se menciona a modo de referencia. El estudio "Caracterización de Línea Base Ambiental, Proyecto

Actividades de Exploración, Mantos de Oro, Abril 2009”, aporta información correspondiente al Distrito Minero de la Coipa, sector ubicado a aproximadamente 15 kilómetros de la LAT del proyecto en su tramo más próximo. Éste sector se encuentra emplazado en la parte Norte de la región metalogénica llamada “Franja de Maricunga” en la precordillera de Copiapó. Este cordón montañoso tiene elevaciones que se acercan a los 5.000 m.s.n.m. y separa la zona altiplánica de las cuencas cerradas de los salares de Maricunga y Pajonales, de la zona con drenaje exorreico ubicada más al Oeste. Este dominio de la Precordillera de Copiapó guarda unos de los registros más completos de la evolución geológica del territorio chileno, con estratigrafía continua desde a lo menos el Paleozoico superior hasta el Terciario superior (Mioceno).

Las rocas reconocidas en el sector abarcan un rango de edad desde el Triásico superior al Cuaternario. En orden cronológico, las rocas reconocidas son:

- **Unidad Estratos El Mono (Triásico superior-Jurásico inferior):** Basamento sedimentario que se presenta en las cercanías del sector denominado Purén como brechas volcánico sedimentarias y conglomerados con bloques de riolitas fluidales que ocurren junto a clastos epidotizados de andesitas y basaltos. En profundidad, las muestras obtenidas desde perforaciones realizadas en el sector, permiten reconocer una potente secuencia sedimentaria clástica, compuesta por areniscas arcósicas, de grano fino a grueso, mal clasificadas y moderadamente angulosas, la que en parte se observan interestratificadas con lutitas negras.
- **Complejo de Domos Coalescentes de La Coipa (25-21 Ma):** Este complejo cubre en discordancia de erosión al basamento sedimentario. Este, ha sido definido como un complejo de domos múltiples y productos piroclásticos asociados, afectados por alteración hidrotermal, que hospedan la mineralización del distrito La Coipa. Localmente se reconocen las unidades piroclásticas del nivel inferior, caracterizado por tobas rio-dacíticas líticas finas, que consisten en toba de flujos de lapilli y cristales moderadamente soldadas, y rocas del nivel superior, definidas como brechas piroclásticas y tobas de lapilli gruesas, que corresponden a depósitos de flujos piroclásticos que contienen bloques de hasta 50 cm de diámetro derivados de los domos, pómez expandidas y líticos accidentales.

- **Sistemas Volcánicos Centrales (26-22 Ma):** Están representados por ignimbritas, lavas daciandesíticas y andesíticas, domos dacíticos y flujos piroclásticos de bloques y cenizas.
- **Ignimbrita Las Terneras (21-19 Ma):** Corresponden a un depósito de flujos piroclásticos pumíceos, que cubren a rocas alteradas del Complejo de Domos Coalescentes La Coipa, sellando el evento de alteración hidrotermal.
- **Volcánicos recientes (16-14 Ma):** Se asocian a las manifestaciones volcánicas más jóvenes observadas en el sector y corresponden a rocas de los llamados Aparatos Volcánicos Centrales, representados principalmente por el Volcán Ojo de Maricunga y por los cerros Vicuña y La Coipa, que corresponden a centros volcánicos y depósitos piroclásticos asociados, alineados sobre trazas de fallas de carácter regional de orientación NNW.

Litológicamente se componen de flujos piroclásticos andesíticos-dacíticos asociados a domos dacíticos, ricos en cristales y lavas daci-andesíticas con una distribución restringida al cerro La Coipa. Esta unidad se reconoce claramente cortando las zonas de alteración hidrotermal de La Coipa y Purén.

La unidad superior se compone de depósitos coluviales formados por bloques angulosos, comúnmente monomícticos y arenas, que ocurren en las laderas de fuerte pendiente. Incluyen conos de deyección inactivos o que presentan actividad ocasional en época de deshielos o lluvias torrenciales. La unidad de depósitos aluviales se restringe a los cauces de las quebradas principales.

2.5.4.4.3 Descripción geológica del área del proyecto

El desarrollo de las obras: Planta, Rajo, Botadero, Depósito de Relaves, Campamento Sector norte de la LAT y Acueducto en su tramo sur, se inscriben en la unidad denominada OM3, unidad pertenecientes la era Cenozoica y época del Oligoceno al Mioceno y compuesta principalmente por secuencias sedimentarias, ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1.

Cabe destacar que las obras descritas se encuentran asociadas a la cuenca de Pedernales, en la comuna de Diego de Almagro, características descritas con anterioridad.

La composición específica de esta unidad se describe a continuación:

- **OM3 Oligoceno-Mioceno:** secuencias y centros volcánicos intermedios a ácidos: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesíticos a riolíticos. En la Precordillera y Cordillera Principal, regiones III y IV: complejos volcánicos de la 'Franja de Maricunga', Complejo Volcánico Cerros Bravos y Formación Tilit.

En tanto, el trazado de la Línea de Alta Tensión (LAT) ya descrita para el conjunto de las obras y ubicadas sobre la comuna de Diego de Almagro, traspasa el límite comunal, continuando su recorrido en la comuna de Copiapó y sobre la cuenca hidrográfica del mismo nombre. Es aquí donde cruza cinco unidades geológicas que van desde la época del Mioceno Inferior - Medio al Jurásico y con composiciones principalmente de secuencias volcánicas, rocas intrusivas y secuencias sedimentarias, descripción hecha de norte a sur, ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1.

A continuación se describen las unidades geológicas por donde pasa el trazado de la LAT en el tramo mencionado:

- **M3i Mioceno Inferior-Medio:** complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas. En la Cordillera Principal, regiones I a VIII: complejos volcánicos Doña Inés y Ojos de Maricunga; formaciones Cerro Las Tórtolas y Farellones.
- **Ksg Cretácico Superior (90-65 Ma):** monzodioritas, granodioritas, gabros y dioritas de piroxeno, biotita y hornblenda; pórfidos andesíticos y dioríticos. En la Precordillera, regiones I a III y entre las cordilleras de la Costa y Principal, regiones IV, V y Metropolitana; en la región XII: granitoides de las islas Wollaston y Navarino, Cordillera Darwin.
- **JK1c Jurásico Superior-Cretácico Inferior:** secuencias sedimentarias continentales aluviales, fluviales y eólicas, en parte transicionales: areniscas, limolitas, lutitas y conglomerados rojos. En la Precordillera, regiones I a III:

formaciones Chacarilla, Quinchamale y Quehuita (superior), Cerritos Bayos, Llanura Colorada y Quebrada Monardes; en la Cordillera de la Costa, regiones I a II: formaciones Atajaña y Caleta Coloso.

- **J2m Jurásico:** secuencias volcánicas y sedimentarias marinas: lavas y brechas, andesíticas y basálticas, calizas y areniscas marinas fosilíferas. En la Cordillera de la Costa, región I: Formación Caleta Ligate; en la Depresión Central, regiones II a III: formaciones Sierra Candeleros y Sierra Fraga.
- **Ks3i Cretácico Superior:** secuencias volcánicas continentales: lavas, domos y brechas basálticas a dacíticos con intercalaciones piroclásticas y epiclásticas. En la Precordillera, regiones I a IV: Formación Cerro Empexa (superior), Estratos del Estanque, Cerro Los Carneros; en la Cordillera Patagónica, región XI: Grupo Ñireguao.

Las obras del acueducto, que siguen un trazado de 15 km, atraviesan siete unidades geológicas. Tomando como destino final el sector de instalaciones de obras, descrito anteriormente, ésta obra parte su recorrido sobre secuencias volcánicas de la era Cenozoica, para seguir luego sobre seis unidades de secuencia sedimentaria, marcadas por las eras Cenozoica y Mesozoica y épocas muy variables como se describe a continuación. Ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1.

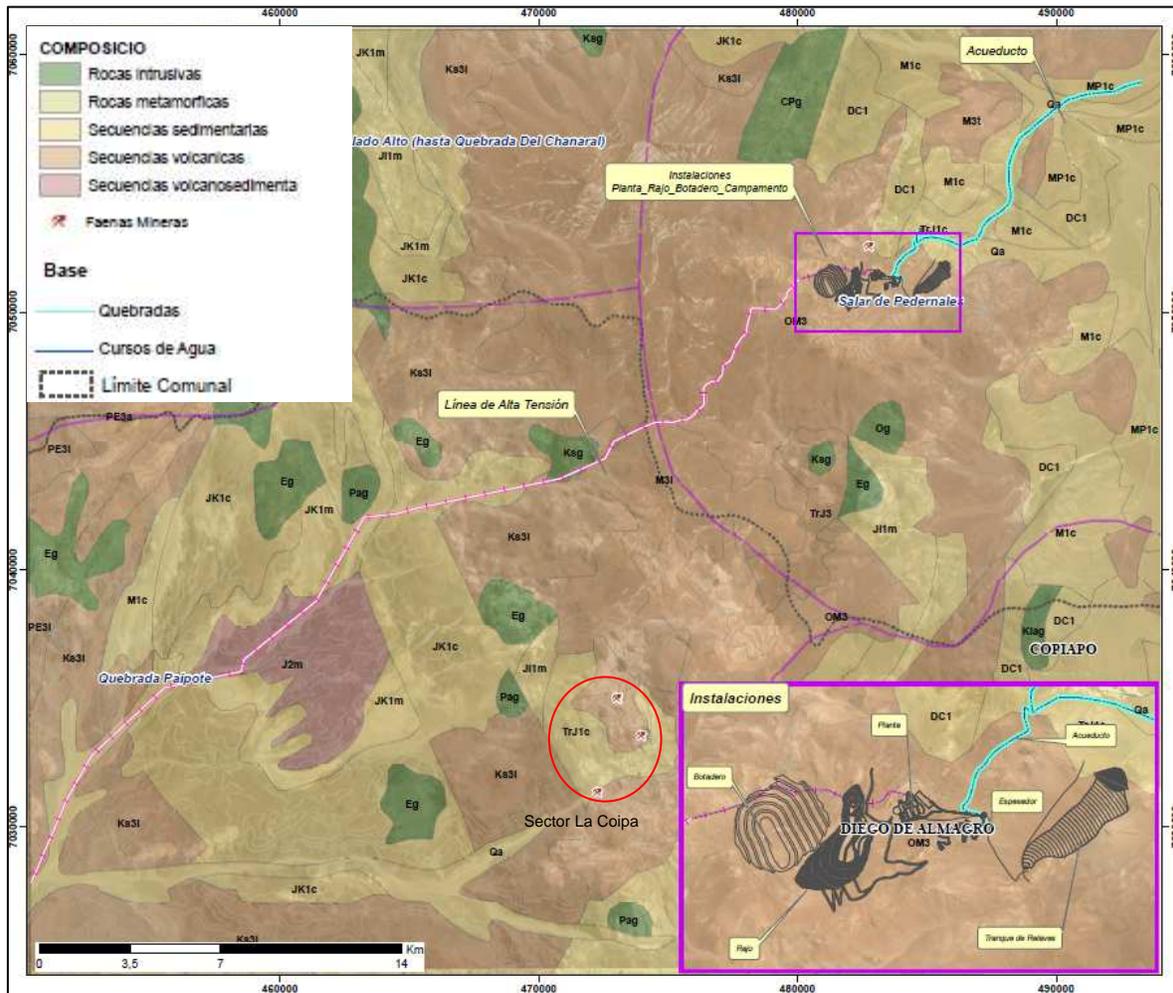
- **TrJ1c Triásico-Jurásico Inferior:** secuencias sedimentarias continentales aluviales, fluviales y lacustres: conglomerados, areniscas cuarcíferas y feldespáticas y lutitas carbonosas con intercalación de tobas riolíticas y lavas basálticas. En la Precordillera, región III: Formación La Ternera y Estratos El Mono.
- **Qa Pleistoceno-Holoceno:** depósitos aluviales, subordinadamente coluviales o lacustres: gravas, arenas y limos. En la Depresión Central, regiones I a III: abanicos aluviales.
- **M1c Mioceno Inferior-Medio:** secuencias sedimentarias de abanicos aluviales, pedimento o fluviales: gravas, arenas y limos con ignimbritas intercaladas. En las regiones I a III: formaciones Diablo, Chucal, Altos de Pica (superior) y Gravas de

Atacama; en las regiones VIII a IX: Formación Cura-Mallín (superior); en la región XI: Formación Las Dunas.

- **DC1 Devónico-Carbonífero:** secuencias sedimentarias marinas, en parte transicionales: areniscas cuarzo- feldespáticas, lutitas micáceas, conglomerados. En la Precordillera, regiones II a III: formaciones Lila y Chinchas; en la Cordillera Principal, regiones II y IV: formaciones Zorritas y Hurtado.
- **MP1c Mioceno Superior-Plioceno:** secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas. En las regiones I a IV: formaciones Huaylas, Lauca y Pastos Chicos, Gravas del Copiapó; en la región XI: Formación Galeras.

En la Figura 2-14, que se presenta a continuación, se detallan las unidades geológicas por las que las obras del proyecto atraviesan (ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1).

Figura 2-14: Unidades geológicas del área del Proyecto



2.5.4.5 Conclusiones

A lo largo del área en estudio es posible observar que este Proyecto se desarrolla sobre: Secuencia Volcano-Sedimentaria, que está compuesto por una serie de depósitos volcánicos, como lavas y tobas; depósitos sedimentarios, como areniscas, conglomerados y calizas; y por formaciones que presentan ambos tipos de depósitos.

También en este sector destacan la gran cantidad de depósitos no consolidados, los cuales forman las grandes pampas.

2.5.5 Hidrología

2.5.5.1 Introducción

En este capítulo se presenta la línea de base ambiental correspondiente a la componente hidrología del área de estudio. La fuente principal de información para esta labor, son estudios previos de carácter regional y local, principalmente realizados por la DGA y a datos colectados en terreno.

2.5.5.2 Objetivos

El objetivo general de este estudio de línea base ha sido desarrollar una caracterización cualitativa y cuantitativa de la hidrología del área donde se desarrolla el proyecto.

2.5.5.3 Metodología

El análisis y caracterización hidrológica, consideró información disponible para la zona, en dos escalas de aproximación.

La primera escala dice relación con un análisis global del área del estudio, partiendo de una base regional, contemplando estudios como:

- Balance Hídrico de Chile. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. DGA 1987).
- Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad. Cuenca del río Copiapó. (DGA, 2004).

Y una segunda escala de aproximación, donde el detalle de análisis pone énfasis en el área de estudio donde se desarrolla casi la totalidad del proyecto y que se basa en el estudio realizado por GEOINVESTMENT SpA, en noviembre de 2011, “Diagnóstico Hidrológico para Sectores Propuestos: Rajo, Depósito Relaves y Botadero. Proyecto Arqueros, Laguna Resources- Coffey Mining”.

2.5.5.4 Resultados

2.5.5.4.1 Hidrología a escala regional

Según la metodología planteada por el estudio “Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile”, DGA, 1996, las cuencas existentes a lo largo del país y específicamente para el área de estudio, se dividen según el número de actividades que demandan el agua; es decir, cuencas clase “A” si tienen más de una actividad demandante, cuencas clase “B” cuando sólo tienen una actividad y clase “C” las que no tienen demandas.

La Región de Atacama desde una perspectiva de cuencas hidrográficas presenta once unidades que se distribuyen desde la cordillera de los Andes hasta la costa, exhibiendo regímenes, pluvial y pluvio-nival, con drenajes endorreicos y exorreicos y diversos orígenes. De estas once unidades, sólo dos forman parte de la zona de estudio, cuencas que serán detalladas a continuación, tanto en su uso actual de los recursos hídricos de la zona de estudio como en sus características principales (ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1).

2.5.5.4.2 Hidrología a escala local

a) Cuenca Salar de Pedernales o Salar La Isla- Salar de Maricunga

a.1) Características hidrográficas Cuenca Salar de Pedernales

El área del proyecto a evaluar se encuentra precisamente sobre la subcuenca del Salar de Pedernales, el cual abarca una extensión de aproximadamente 4.900 km² y se desarrolla al nororiente de la Región de Atacama, en altitudes desde los 3.450 m.s.n.m hasta alcanzar cotas superiores a los 5.000 m en los cordones de los cerros de la circundación.

Por el norte la cuenca queda delimitada por las estribaciones australes de la cordillera de Domeyko, donde destacan los cerros Doña Inés (5.070 m) y Gemelas (4.750 m). Al sur, la hoya de Pedernales queda separada de la hoya del sur de Maricunga, por los cerros Bravo (5.280 m) y Carachamba (4.400) y por un cordón bajo que permite una comunicación fácil entre ambas cuencas. Al oriente la circunda la cordillera de Claudio Gay en la cual destacan, de norte a sur, los cerros Colorados (5.680), Panteón de Aliste

(5.370 m), Juncalito (5.680 m), Leoncito (5.315 m) etc. Finalmente el flanco oeste está constituido por lomajes de escasa altura que separa al salar de Pedernales del profundo cañón del río de La Sal o Salado, cuenca exorreica que desemboca en el pacífico. En el extremo norte del cordón, en el agua helada, la separación es insignificante presentando condiciones extremadamente favorables para establecer comunicación artificial entre ambos.

Al sur del salar este cordón presenta algunas cumbres más elevadas, como los cerros Agua de pedernales (4.065 m), Blanco (4.390 m) y Bravo (5.280 m) y algunos portezuelos que permiten el acceso a la cuenca desde el oeste, tales como las tablas, Salitre y Bravo.

De acuerdo a los tributarios de esta cuenca, se la puede subdividir en las siguientes subcuencas: Río Juncalito con 1.022 km², Río La Ola con 960 km², Río Leoncito con 244 km², Río Salado con 679 km² y Directa del Salar de 1.994 km².

La cuenca tiene como base de equilibrio el Salar de Pedernales con una extensión de aproximadamente 300 km². Este salar constituye sin duda un enorme embalse subterráneo de agua salobre cubierto en gran parte por una costra de sal compuesta en lo principal por cloruro de sodio. En un sector a occidente, el nivel freático aflora formando una laguna y en otros sectores, éste se encuentra a escasa profundidad desde la superficie. La descarga más importante es la evaporación desde la superficie, ya que carece de desagüe superficial.

La alimentación del embalse subterráneo proviene de tres fuentes:

- Tributación directa de corrientes superficiales, algunas de carácter marcadamente efímero.
- Precipitación directa sobre la superficie del salar.
- Alimentación subterránea a través de los espesos sedimentos que rodean el salar y rellenan la gran depresión de la cuenca.

La principal alimentación provendría de la infiltración de los ríos principales de la cuenca, los cuales son el Juncalito y La Ola.

El río La Ola tiene su origen de la confluencia del río Pastos Largos y de la quebrada La Ola. El río Pastos Largos nace al pie oriental del Portezuelo Bravo y cerro Bravo, después

de dirigirse por casi 20 km al oriente, dobla directo al norte para recorrer 15 km hasta encontrarse con la quebrada La Ola, la cual tiene su origen al pie oriental del Portezuelo Salitre y tomando dirección hacia el este, el cual también tiene 15 km de recorrido, cerca de esta confluencia se sitúa la bocatoma que lleva sus recursos hídricos hacia el mineral de Potrerillos.

El río Juncalito nace en el corazón de la cordillera de Claudio Gay, muy al sur, a los pies de los cerros nevados del Juncalito (5.110 m). Tiene un largo desarrollo hacia el norte, cercano a 40 km, encajonado en las serranías hasta el punto denominado Corrales de Juncalito. Lleva 150 l/s y su curso discurre con algunos saltos y rápidos. Aquí se une su principal tributario que viene del norte, el río Salado Negro, cuyo origen se encuentra al pie del Portezuelo de Piedra Prada. El río Juncalito dobla hacia el oeste y cae al extremo sur del salar de Pedernales conjuntamente con el río La Ola. En su curso superior recibe varias quebradas tributarias, unas que bajan del cerro Pircas del Indio (5.650 m) y otra de los cerros Leoncito. A unos 50 km de los Corrales se encuentra el cajón de Juncalito con dos pozos de aguas termales de alta temperatura conocidos con el nombre de Termas de Juncalito.

a.2) Uso actual Cuenca Pedernales

Esta cuenca denominada “Cuenca Endorreica entre Frontera y Vertiente”¹, está clasificada como una cuenca clase B, donde sólo se desarrolla un tipo de actividad económica. Para esta unidad hidrográfica la minería es la única actividad en desarrollo que demanda el recurso agua.

La cuenca en cuestión cuenta con 11 subcuencas asociadas a demandas mineras, las cuales tienen derechos sobre las aguas que tienen tanto origen subterráneo como origen superficial. Dentro de las subcuencas más demandadas encontramos en primer lugar la unidad que tiene como fuente un curso subterráneo, asociada Andres Copper Mining, con una demanda de 850 l/s, seguido de la subcuenca asociada a la Compañía Minera Anglo quien demanda 440 l/s de aguas con origen en río Lamas y la subcuenca asociada a Codelco, división El Salvador con una demanda de 360 l/s, de origen subterránea.

¹ Estudio: Análisis Uso Actual y Futuro de los recursos Hídricos de Chile. Enero 1996. MOP, DGA

Los promedios mensuales expresados en litros por segundo, de las demandas mineras futuras en esta cuenca resultan un total de 3.273 l/s, valor en alza, comparado con los 2.362 l/s demandado según el estudio mencionado para las subcuencas que conforman la Cuenca Salar La Isla- Salar de Maricunga.

Actualmente las mineras de El Salvador y Potrerillos usufructúan de las aguas superficiales de la cuenca mediante captaciones en el río La Ola, en el río Juncalito y en unas vertientes de agua dulce. En La Ola se toman alrededor de 600 l/s que se conducen como agua industrial a Potrerillos. De este gasto, el río La Ola proporciona 350 l/s y el saldo proviene del río Juncal. La captación en el río Juncal consiste en una barrera de hormigón atravesada, y la conducción se hace por cañería de fierro (la que fue reemplazada en 1974 por una nueva de rocalit) hasta las vegas del Leoncito, que aportan un ínfimo caudal que se suma a aquel, para vaciarse finalmente al río La Ola. La captación en la Ola consiste también en una barrera transversal de hormigón. En los cerros Bravos hay varias aguadas que se captan como fuente de agua potable para Potrerillos. Se sitúan muy cerca de la divisoria de agua con el Salar de Maricunga².

a.3) Calidad del agua

Un muestreo tomado en diciembre de 1974 y procesado en el Laboratorio hidrológico de la DGA permitió obtener los resultados consignados en la Tabla 2-6. De él se desprende que el agua superficial de la cuenca tiene una alta concentración de sales, especialmente de cloruro de sodio y que entre ellas el agua menos salobre es el de las Vegas del Leoncito, de escasa importancia en el conjunto.

Tabla 2-6: Calidad del agua en la Cuenca de Pedernales (muestreo diciembre - 1974)

Estación Muestreo	pH	Conductividad	SAR: Relación Absorción de Sodio
Salida túnel Salar Pedernales	7,24	453 631	390
Río La Ola en bocatoma	8,45	3 993	13
Río Juncalito en bocatoma (cota:3820 m)	8,42	4 174	12

² Hoyas Hidrográficas de Chile. Tercera Región. Realizado por: Realizado por Hanz Niemeyer F. Dirección General de Aguas, Centro de Información de Recursos Hídricos, Área Documentación.

Estación Muestreo	pH	Conductividad	SAR: Relación Absorción de Sodio
Vega del Leoncito (cota: 3740 m)	8,83	740	4,4
Río La Ola en La Gorita (cota:3610)	8,54	3 947	12

Fuente: Hoyas Hidrográficas Tercera Región. DGA. Hanz Niemeger

b) Cuenca Río Copiapó

b.1) Características hidrográficas de la Cuenca del Río Copiapó

La cuenca del río Copiapó, limita al norte con la cuenca del río Salado y por el sur con la del río Huasco. Está ubicada en la vertiente occidental del macizo andino en la provincia de Atacama. El río Copiapó está conformado por los ríos Manflas, Jorquera y Pulido, siendo este último el más importante por aportarle por sí sólo la mitad del caudal. El río Jorquera drena las aguas de la parte septentrional del cabezal hidrográfico y aporta un caudal menor que el del río Pulido, teniendo una superficie tributaria mayor. A su vez, el río Manflas colecta las aguas de la región del sur de la cabecera hidrográfica y es el que aporta menor caudal.

En el río Copiapó, a 90 km al sureste de la ciudad de Copiapó se sitúa el embalse Lautaro, el cual tiene una capacidad de 37 millones de m³.

En la parte superior de la hoya del río Copiapó las lluvias se deben a movimientos convectivos provocados por el calentamiento diario de las montañas. De este modo, precipitaciones estivales y precipitaciones invernales de tipo ciclónico se aúnan para producir una mayor cantidad de lluvias en relación a las regiones de más al norte. Gracias al descenso de la temperatura con la altura, buena parte de estas precipitaciones se presentan en forma de nieve, la cual se conserva en las partes altas de la cordillera, hasta el deshielo, favoreciendo un escurrimiento más regular de las aguas. Las precipitaciones medias son del orden de los 35 mm. En el año, la máxima mensual media es alrededor de 10 mm.

Al analizar el régimen correspondiente a los ríos que forman la hoya del río Copiapó, se observa una notable independencia entre ellos, acusando cada uno características propias.

El río Jorquera presenta régimen pluvial, aunque sus caudales son relativamente parejos a lo largo del año. El máximo invernal, en julio, alcanza el 16,5%, sobre la media anual, el mínimo estival es del orden de 19% bajo dicho valor.

El río Pulido tiene máximas estivales y mínimas primaverales, observándose el caudal máximo en febrero (44,8% superior al medio anual) y mínimo en octubre (que llega a ser sólo el 66,4% del medio anual). El régimen de este río es mixto, pero con predominio nival.

El río Manflas tiene régimen nivopluvial con caudales máximos en agosto y febrero. En período mayo-octubre el caudal se mantiene relativamente constante, decayendo en noviembre y diciembre.

La diversidad de estos regímenes se debe al parecer a la orientación de los relieves de sus respectivas hoyas. En efecto, mientras los ríos Jorquera y Mnaflas sólo se alimentan debidamente del cordón divisorio, el Pulido es el que colecta las aguas de él en casi toda su extensión de sur a norte. Este último drena las cordilleras más altas, opuestas al viento que provoca las lluvias, esto es el noreste, de ahí su régimen predominante nival.

Al sumarse estos tres cursos, se obtiene el régimen del río Copiapó, el cual se caracteriza por su regularidad, aunque con caudales máximos en enero y febrero, debido principalmente por la influencia del río Pulido, que es el que presenta mayor caudal de los tres que lo forman.

El sector de La Coipa, perteneciente a la cuenca del río Copiapó está localizada en las cercanías de donde se desarrollará parte del tendido eléctrico de este Proyecto. Las características hidrográficas de la zona de estudio, quedan marcadas por la subcuenca de San Andrés se encuentra delimitada por cordones de cerros que por el Norte la separan de la quebrada del Salado, por el Este del Salar de Maricunga, por el Sur de la quebrada de Paipote y por el Oeste de la quebrada El Salto. Esta subcuenca es de carácter andino y en la zona de la cabecera la componente nival es la más relevante. Su curso es constante en la parte alta y en algunas quebradas en la parte baja, mientras que en los otros sectores el agua superficial se infiltra debido a la alta permeabilidad de los suelos.

La quebrada de San Andrés en la zona alta comprende a su vez tres subsubcuencas, Cerros Bravos, Vicuña y Codoceo.

La subsubcuenca de Codoceo a su vez está formada por dos quebradas, la de Codoceo propiamente tal y La Coipa. Es en esta última en la cual se ubica el área de estudio, aunque una pequeña parte del área de interés se ubica en la quebrada inmediatamente al Norte de la quebrada La Coipa.

La cuenca de la quebrada La Coipa tiene una superficie de 107 km² y se desarrolla entre las altitudes de 3.000 y 4.700 m.s.n.m. Esta quebrada tiene escurrimiento superficial en su parte más alta, ya que a medida que desciende en altura, el agua se infiltra debido a la alta permeabilidad que presenta el fondo de la quebrada. La quebrada La Coipa nace a altitudes de 4.700 m.s.n.m. y drena hacia el sur, recorriendo 3 km antes de recibir las efímeras aguas de la quebrada de Las Terneras. A partir de esta confluencia se desarrolla un curso superficial que se infiltra aguas abajo de la cota 3.550.

La quebrada Las Terneras tiene su origen en altitudes en torno a los 4.800 m.s.n.m., su superficie es de 40 km² aproximadamente, drena hacia el suroeste y presenta una escorrentía estacional asociada a la época de deshielo, cubriendo una distancia de aproximadamente 10 km. El caudal de la quebrada Las Terneras en la confluencia con la quebrada La Coipa ha alcanzado 6 l/s (1989).

Cabe hacer presente que la quebrada Las Terneras se encuentra fuertemente intervenida por las actividades mineras que se desarrollan en la zona. Sus laderas han sido utilizadas como botaderos de estériles.

b.2) Uso actual Cuenca de Copiapó

La cuenca del río Copiapó posee variadas demandas del recurso, las que se detallan a continuación:

- **Demanda agrícola:** toda la cuenca de Copiapó ha sido definida según el estudio antes mencionado como zona de riego, señalando que la mayor parte de la superficie bajo riego se dedica al cultivo de parronales. La superficie total regada de la cuenca del río Copiapó alcanza las 6.820 ha, cultivadas.
- **Demandas de agua potable:** las localidades que demandan el recurso como agua potable en esta cuenca, son Copiapó, Chañaral y Tierra Amarilla. A pesar que la localidad de Chañaral no se ubica geográficamente en la hoya del río

Copiapó, se le considera parte de esta ya que su punto de captación de agua pertenece a la cuenca.

El sistema de agua potable que abastece de forma conjunta a las localidades de Copiapó y Tierra Amarilla, utiliza exclusivamente aguas subterráneas, las cuales son captadas de pozos profundos.

Las localidades de Caldera Chañaral cuentan con un sistema común de producción de agua potable, el que consiste en una batería de 5 sondajes ubicados en la ciudad de Copiapó (recinto vicuña). El agua es captada e impulsada a un estanque de carga de 500 m³ que está en el mismo recinto, desde donde se conduce el agua gravitacionalmente a las localidades para su abastecimiento. Caldera también se abastece a través de la aducción antigua de Copiapó-Caldera.

La fuente de abastecimiento de agua potable para los servicios de Caldera y Chañaral, es la napa subterránea del valle del río Copiapó, la cual es captada principalmente en el recinto de Vicuña.

- **Demandas de agua para la producción de energía eléctrica:** la cuenca del río Copiapó se encuentra inserta en el área de abastecimiento del Sistema Interconectado Central.

En la actualidad la Central Elisa de Bordos es parte de la cuenca del río Copiapó y utiliza las aguas del río del mismo nombre. Ésta es propiedad de la Compañía Minera San José Ltda., instalada el año 1929, tiene una potencia de 300 kw y genera un promedio anual de 1.5 GWh.

Dentro de las demandas futuras y considerando lo escaso y de pequeña magnitud que son los recursos hidroeléctricos de esta cuenca, es que han sido incluidos en el programa tentativo de centrales hidroeléctricas hasta el año 2020 del Sistema Interconectado Central.

Además existen derechos de aprovechamiento no consuntivos concedidos por la DGA que se presume han sido solicitados para construir centrales hidroeléctricas, denominadas Central Ramadilla y Central Peña Blanca.

- **Demandas industriales y mineras:** respecto de la demanda industrial se presenta para esta cuenca una diferenciación de dos sectores: el primero entre la quebrada Carrizalillo y la quebrada Paipote, donde las actividades productivas corresponden sólo al rubro de la minería, no existiendo demandas de agua para el uso industrial y el sector que va entre la quebrada de Paipote y la quebrada La Brea, donde además de la actividad minera se suma la actividad de tipo industrial, traducida en una demanda neta total de 13.100 m³/mes, entre agroindustria y otras.

En cuanto a la demanda minera, esta tiene directa relación con los derechos de aguas otorgados a cada una de las empresas mineras. Cada una tiene un derecho otorgado, es decir, tiene asociada una subcuenca y los derechos de agua asignados en litros por segundo.

2.5.5.4.3 Hidrología del área del proyecto

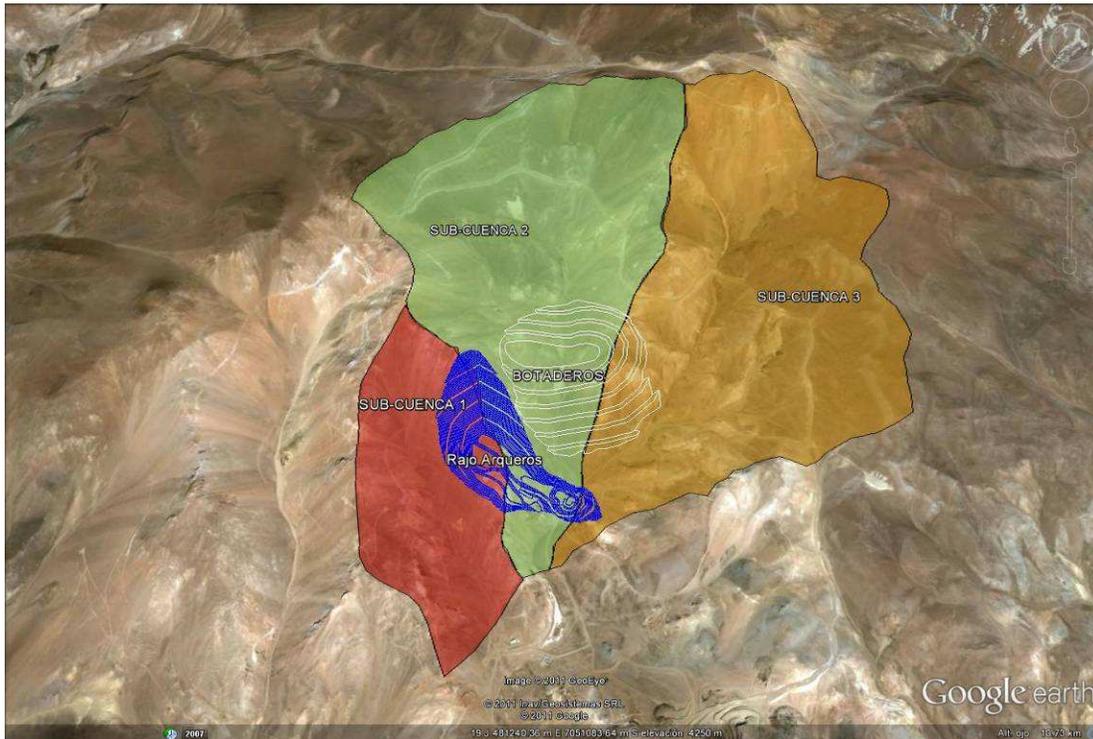
El análisis aquí expuesto, dice relación con las características hidrológicas y condición actual de las cuencas a ser intervenidas por el Proyecto, específicamente Rajo, Botadero y Depósito de Relaves.

El sector analizado asociado a las obras ya mencionadas se encuentran insertas bajo la unidad denominada Cuenca Pedernales, como se determinó en el análisis global del área de estudio.

a) Estructuras consideradas en el proyecto

A partir del estudio de "Diagnóstico Hidrológico para Sectores Propuestos. Rajo, Depósito de Relaves y Botadero. Proyecto Arqueros, Laguna Resources- Cofey Mining, Noviembre 2011", se afirma lo siguiente respecto de las características hidrológicas de las cuencas intervenidas en el Proyecto, descritas con anterioridad.

Centrándose en el emplazamiento de las instalaciones enunciadas en el párrafo anterior, estas se localizan dentro de tres subcuencas (ver Figura 2-15), para las cuales será necesario evaluar el componente hidrológico con el fin de cuantificar, planificar y diseñar el sistema de manejo de las aguas impactadas y no impactadas, sean estas de tipo escurrimiento superficial o aguas subterráneas.

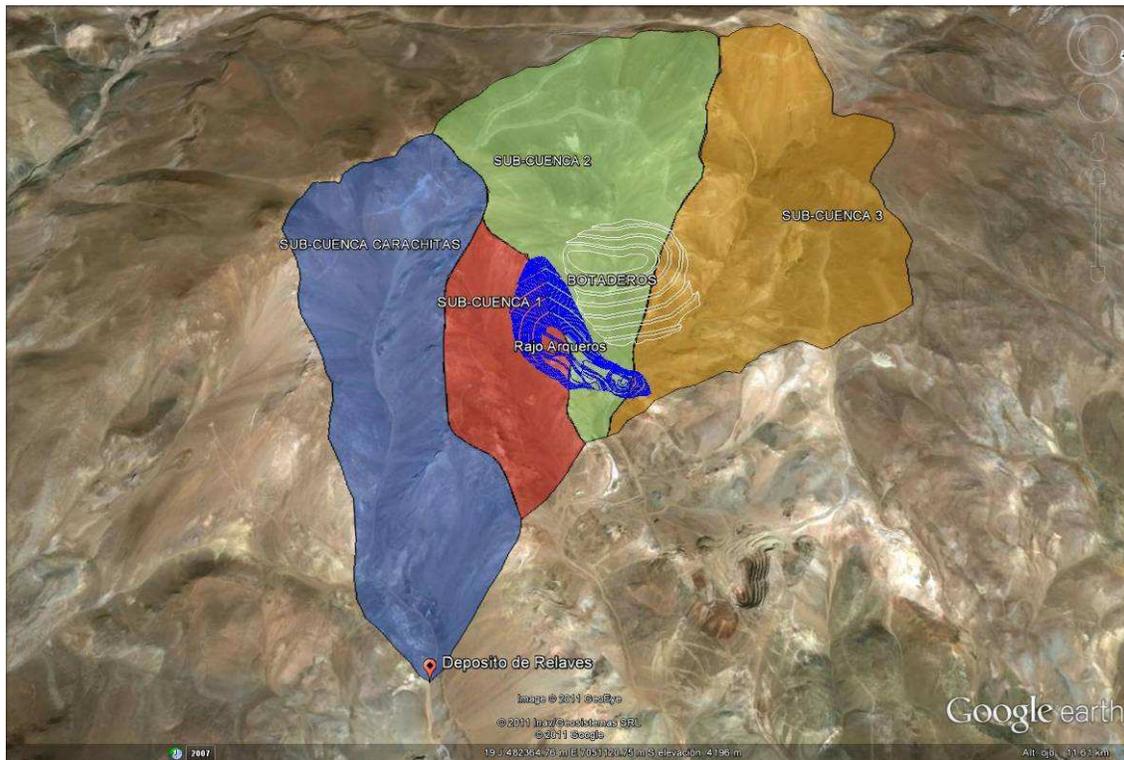
Figura 2-15: Ubicación de las estructuras de botadero y rajo con respecto a las subcuencas

De dicha figura es claro que la subcuenca 2 va a absorber el mayor efecto, primero con la presencia del botadero que afecta desde el punto de vista hidrológico, de tres posibles maneras: obstáculo para el escurrimiento natural, posible foco de aguas impactadas a nivel superficial, así como posible foco de aguas impactadas a nivel subterráneo.

Posteriormente, con la presencia del rajo, que es una intervención inmediatamente aguas abajo del botadero que intersecta no sólo el libre escurrimiento superficial, sino también el subterráneo, potencialmente puede convertir aguas frescas en aguas de contacto que podrían requerir tratamiento previo a retornarlas al sistema de drenaje natural.

La tercera estructura de importancia a considerar es el depósito de relaves, el cual se va a instalar en la subcuenca cabecera de la quebrada Carachitas, que se ubica al sur de la subcuenca 1. Esta estructura, tiene las mismas implicancias del botadero en cuanto a las necesidades de manejo que deben tener las aguas. La Figura 2-16 muestra la ubicación de la cuenca Carachitas, así como la ubicación aproximada de la estructura del depósito de relaves.

Figura 2-16: Subcuenca de la quebrada Carachitas que contendrá la estructura del depósito de relave del proyecto Arqueros



b) Características físicas de las cuencas

Como se mencionó, en el caso del botadero y rajo, la cuenca objetivo está conformada por tres subcuencas que serían afectadas de distinta manera. Debido a que en general, las instalaciones o estructuras se ubicarían muy cerca de la divisoria de aguas, las áreas tributarias son bastante pequeñas sumando un total de 14.5 Km². Para la cuenca Carachitas, la cuenca afectada es de forma elongada con un área tributaria de 9.5 Km².

La Tabla 2-27 resume las características físicas de las tres subcuencas mencionadas.

Tabla 2-7: Características físicas de las subcuencas

Microcuenca	Elevaciones (m.s.n.m.)			Área (Km2)	Perímetro (Km)	Long. Cauce Principal. (Km)
	Mínima	Media	Máxima			
1	3970	4210	4680	2.23	7.07	2.3
2	4120	4467	4725	5.76	9.96	3.1
3	4000	4310	4870	6.52	12.3	4.8
Microcuenca Guarachitas	3820	4217	4800	9.50	16.62	6.3

b.1) Cuencas botadero y rajo

Por ser áreas relativamente pequeñas y prácticamente paralelas entre sí, las tres subcuencas comparten muchas características en común: sus rangos de elevaciones extremas y media, así como su orientación son similares, de manera que la exposición a los vientos y a la radiación solar también lo son. Por lo tanto es esperable que su comportamiento desde el punto de vista de acumulación y derretimiento de nieve tenga un comportamiento de equivalente tendencia. Lo mismo se puede deducir sobre la precipitación pluvial. En la Figura 2-17 se muestra la curva hipsométrica de la subcuenca 2, y posteriormente la Tabla 2-8 muestra los valores con la que se calculó.

Figura 2-17: Curva hipsométrica de la subcuenca 2

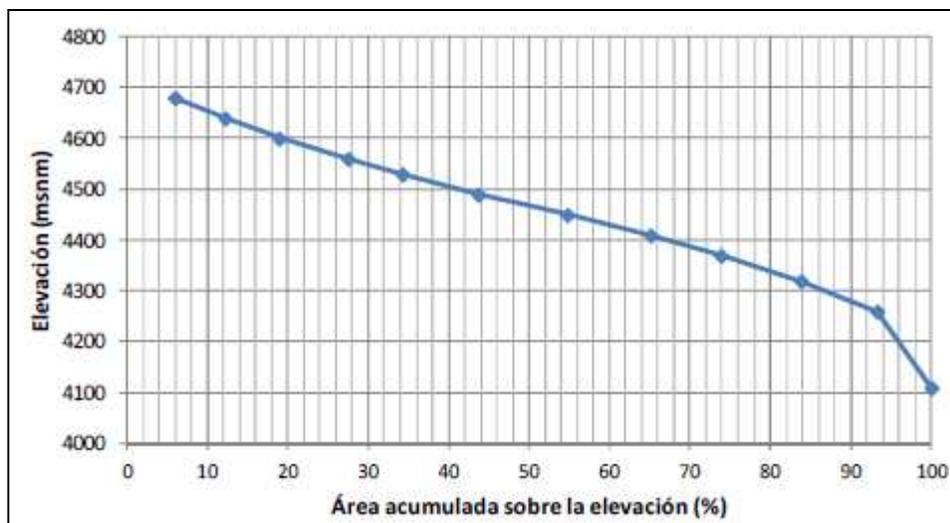


Tabla 2-8: Relación entre la Elevación y Área Tributaria para la subcuenca 2

Rango de elevación (m.s.n.m.)		Áreas			Porcentaje
Min	Max	(Km2)	(Ha)	Acc. (Ha)	%
4680	4830	0.34	34.4	34.4	6
4639.7	4680	0.36	36.0	70.4	12
4600	4639.7	0.39	38.7	109.1	19
4560	4600	0.50	49.5	158.6	28
4529.9	4560	0.39	38.8	197.4	34
4490	4529.9	0.55	54.5	251.9	44
4450	4490	0.64	63.7	315.6	55
4410	4450	0.60	59.6	375.2	65
4369.7	4410	0.50	50.2	425.4	74
4320	4369.7	0.58	57.6	483.0	84
4260	4320	0.55	54.6	537.6	93
4110	4260	0.39	38.8	576.4	100
Totales		5.76	576.4	576.4	

El modelo de elevación digital de la cuenca se puede encontrar en el Anexo 2.1.3 del presente capítulo. Como la subcuenca 2 es la más importante, y se puede considerar representativa de las tres subcuencas, se harán las estimaciones hidrológicas correspondientes para esta, para luego extrapolar a las otras subcuencas que son intervenidas sólo marginalmente.

b.2) Cuenca del Depósito de Relaves:

La Figura 2-18 muestra la curva hipsométrica de la subcuenca Carachitas, y la Tabla 2-9 presenta los datos con los que fue hecha la curva hipsométrica de la cuenca Carachitas. El modelo de elevación digital de la cuenca se puede encontrar en el Anexo 2.1.3 – Componente Medio Físico.

Figura 2-18: Curva hipsométrica de la subcuenca cabecera Carachitas

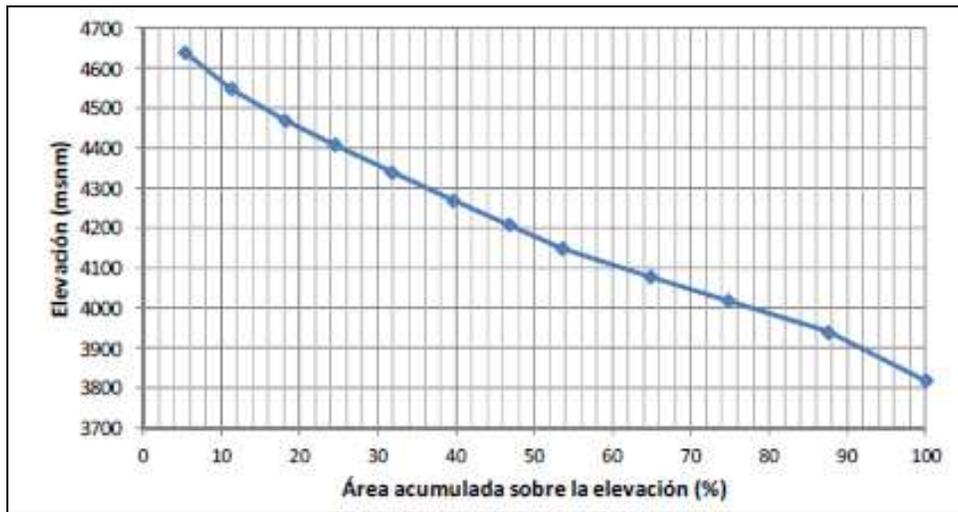


Tabla 2-9: Relación entre la elevación y área tributaria para la subcuenca Carachitas

Rango de elevación (msnm)		Áreas			Porcentaje
Min	Max	(Km2)	(Ha)	Acc. (Ha)	%
4640	4800	0.51	50.5	50.5	5
4550	4640	0.56	56.2	106.8	11
4470	4550	0.65	65.2	172.0	18
4410	4470	0.60	60.5	232.5	24
4340	4410	0.69	69.1	301.6	32
4270	4340	0.74	74.2	375.8	40
4210	4270	0.68	68.3	444.1	47
4150	4210	0.64	64.4	508.5	54
4080	4150	1.07	107.3	615.8	65
4020	4080	0.94	94.1	709.9	75
3940	4020	1.22	121.6	831.5	87
3820	3940	1.19	118.8	950.3	100
Totales		9.50	950.3	950.3	

2.5.5.5 Conclusiones

La comuna de Diego de Almagro no tiene estaciones donde existan registros de parámetros característicos de la hidrología del área de estudio. La estación más cercana se encuentra a 50 km del lugar de emplazamiento del proyecto y sólo registra datos de precipitaciones, sin registros fluviométricos (Estación Las Vegas).

En términos generales y considerando la información expuesta, se concluye que este proyecto se desarrolla sobre las cuencas: Pedernales y en menor medida en la cuenca del Río Copiapó.

La cuenca de Pedernales, se le considera como un embalse subterráneo, el cual presenta su descarga principalmente en forma de evaporación, se alimenta de corrientes superficiales como el río Juncalito y La Ola, además de alimentación directamente sobre la superficie y de forma subterránea. Esta cuenca presenta su principal demanda en actividades industriales y mineras.

Por su parte la cuenca del Río Copiapó ubicada al surponiente de la de Pedernales, aloja sólo una parte de este proyecto, asociado a la Línea de Alta tensión. Su principal régimen es pluvial y está formada entre otras por las quebradas de Codoceo y San Andrés, ésta última en contacto con las obras.

Esta cuenca presenta demanda para muchos usos: agrícola, agua potable, producción eléctrica y demanda industrial y minera.

2.5.6 Hidrogeología

2.5.6.1 Introducción

En este capítulo se presenta la línea de base ambiental del componente hidrogeología en el área de estudio. La fuente principal de información para esta labor, se refiere a datos colectados en terreno y estudios previos realizados para el proyecto, así como otros de carácter regional y local, principalmente realizados por la DGA, apoyado del Mapa Hidrogeológico de Chile.

2.5.6.2 Objetivos

Identificar y caracterizar las principales unidades acuíferas del área de estudio.

2.5.6.3 Metodología

El análisis y caracterización hidrológica e hidrogeológica, consideró información disponible para la zona, en dos escalas de aproximación.

En una se considera principalmente la información recopilada en estaciones donde se miden precipitaciones y caudales de la Dirección General de Aguas (DGA) y de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) e informes generales.

En la otra el análisis utiliza como base los resultados de los monitoreos y estudios a nivel local, desarrollados para el Proyecto.

La información base que se ha utilizado para el desarrollo de este estudio corresponde principalmente a la siguiente:

- Línea Base Hidrogeológica, proyecto Casale.
- Hoya Hidrológicas de Chile. Tercera Región. DGA, Centro de Información de recursos Hídricos, Área Documentación.
- Caracterización de Línea Base Ambiental, Proyecto Actividades de Exploración. Mantos de Oro, Abril 2009
- Balance Hídrico de Chile. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas (DGA 1987).
- Mapa Hidrogeológico de Chile. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. (DGA, 1991).
- Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad. Cuenca del río Copiapó. (DGA, 2004).

2.5.6.4 Resultados

En este punto se efectúa una descripción de la hidrogeología de la zona de estudio, componente que es abordado de dos maneras. La primera comprende una descripción a

nivel regional de la hidrogeología del área de estudio, basada en la información proporcionada por el estudio de línea base de Casale, así como de otros antecedentes Proyectos en el área y el Mapa Hidrogeológico de Chile (DGA, año 1991), lo que permite describir las características hidrogeológicas de aquellos sectores o subcuencas donde no existe información detallada.

Un segundo enfoque corresponde a la descripción detallada del sector donde se emplaza el Proyecto, que corresponde a la cuenca Salar de Pedernales y cuenca Río Copiapó. Esta descripción se basa principalmente en la información, la DGA, Mapa hidrogeológico de Chile, entre otros estudios.

2.5.6.4.1 Escala regional

En general el área de estudio se encuentra en la Provincia Andina Vertiente Pacífico, Subprovincia Valles Transversales, la cual se caracteriza por el hecho de que los acuíferos existentes se encuentran ligados directamente a la presencia de rellenos cuaternarios fluviales de las cajas de los ríos. La alimentación proviene de la infiltración de la escorrentía superficial y los espesores de estos rellenos varían mucho de entre aproximadamente 50-200 m y generalmente presentan características libres o freáticas (ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1).

Se identifican depósitos no consolidados, principalmente rellenos aluviales, característica que imprime a estos acuíferos altos valores de transmisividad; así como también un sector correspondiente a la Provincia Altiplánica, la cual se caracteriza por una permeabilidad secundaria asociada a fracturas de rocas volcánicas o a rocas del tipo carbónatadas, con permeabilidades de importancia media a baja (DGA, 1991).

2.5.6.4.2 Sector instalaciones

Este sector abarca: Planta, Rajo, Botadero, Depósito de Relaves, Sector Norte LAT, aproximadamente los primeros 7 km saliendo desde el sector de la planta y el Acueducto en casi la totalidad de su extensión.

De acuerdo a la información disponible para el área donde se emplazan las obras antes mencionadas, es posible afirmar que se localizan sobre un tipo de formación que posee una importancia hidrogeológica que se mueve de Alta a Baja, asociada a una

permeabilidad Secundaria en Roca, constituyéndose principalmente de rocas volcánicas fracturadas. Para esta unidad en desarrollo, las principales formaciones asociadas son: Tq, T y Cz, las que se asocian principalmente a colados, tabas y brechas andesíticas con intercalaciones de sedimentos clásticos continentales, ignimbrítas riolíticas y dacíticas. Se atribuyen características acuíferas a estas rocas en el altiplano chileno. La calidad química de estas formaciones es buena.

2.5.6.4.3 Sector sur tendido eléctrico

Las obras correspondientes a la Línea de Alta Tensión situadas sobre la cuenca del río Copiapó, están asociadas a formaciones con Muy Baja importancia hidrogeológicas y una permeabilidad Muy Baja a Ausente, correspondiente a rocas mixtas sedimentario – volcánica. Las formaciones características de esta unidad son: T, K, J, M, PzM, las que son representativas de coladas, brechas e ignimbritas con intercaladas de lutitas, areniscas y conglomerados. Se consideran basamento de acuíferos, desarrolladas principalmente en zonas cordilleranas. El Acueducto en los orígenes de su trazado, es decir, en su sección más oriental, presenta estas mismas características. Ver Figura 2-19.

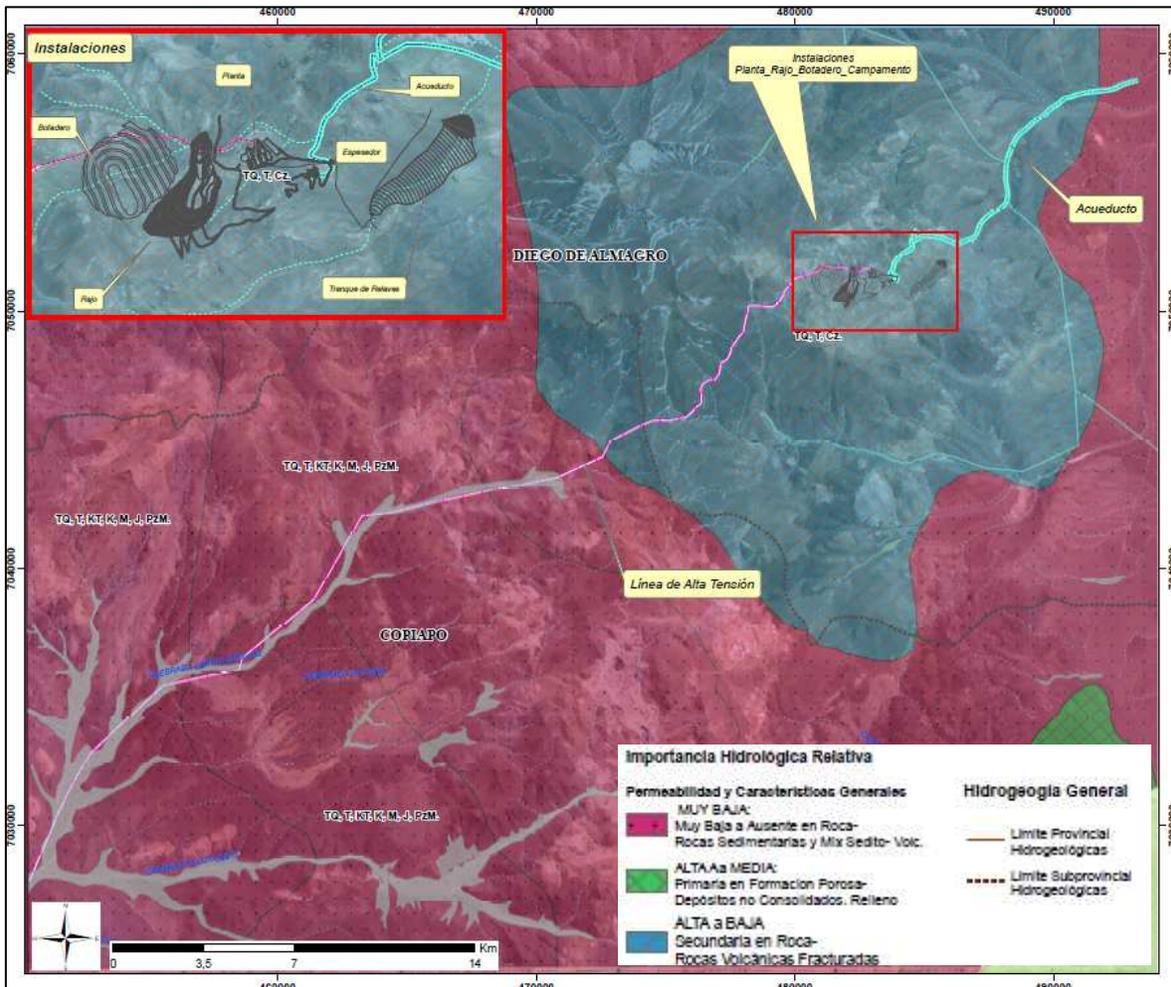
Según el estudio “Proyecto Actividades de Exploración, Línea de Base Ambiental”, realizado para Mantos de Oro en abril del 2009, el Sector La Coipa, localizado dentro de esta última unidad descrita y cercano unos 12 km de la LAT, presenta las siguientes características específicas:

- El acuífero aluvial en esa zona consiste en series de intercalaciones de arenas gravosas y gravas arenosas con contenido variable de arcillas. El sistema acuífero presenta características variables desde confinado a semiconfinado o con pérdidas, debido a la presencia de una capa limosa sobreyacente de espesor variable. El espesor del acuífero varía entre 30 y 250 m y estaría asociado esencialmente a las quebradas, en tanto que en las laderas de los cerros no existirían formaciones acuíferas.
- El sector de la quebrada Las Terneras está conformado principalmente por sedimentos cuaternarios y recientes. El espesor total de los sedimentos es de alrededor de 40 m. Las características de estos sedimentos son favorables para

transmitir y almacenar agua, ya sea de origen pluvial o nival, así como también por recarga de los cursos superficiales que existen en la zona.

- Las formaciones acuíferas se encuentran semiconfinadas por estratos de origen fluvial y volcánico. El acuífero se encontraría entre los 25 y 37 m de profundidad, semiconfinado por estratos de arenas, limos, arenas limosas, limo arcilla. En algunas zonas se produce descarga de aguas subterráneas produciendo sectores conocidos comúnmente como vegas.

Figura 2-19: Hidrogeología Zona de Estudio



2.5.6.4.4 Balance hídrico cuenca Salar de Pedernales

El salar de Pedernales es el más extenso de los salares de esta región y el de cuenca más grande³. Su superficie cubre un área de 4.332 km² de los cuales corresponden aproximadamente 438 km² al propio salar y 76 km² al salar de la Vega del Agua Helada. Esta cuenca está formada por las subcuencas que se detallan en la Tabla 2-10.

Tabla 2-10: Subcuencas de la Cuenca de Pedernales

Código	Cuenca	Altura Salar	Superficie (km ²)
03020	Salar de Pedernales	3.350	438
03021	Cuencas al norte del salar		272
03022	Llano Pedernales Sur		336
03023	Vega de agua Helada		609
03024	Salar Piedra Parada	4.130	488
03025	R. de Juncalito		855
03026	R. de la Ola		1.070
03027	Cuenca al S.E del Salar y Llano de Pedernales		263
	Superficie Total Cuenca Salar de Pedernales		4.332

Fuente: Balance Hidrológico Nacional. Regiones III y IV. DGA. IPLA 1984

Esta cuenca, limita al oeste con un cordón montañoso de poca altitud, que separa de las cuencas del río Salado y de la Quebrada de Paipote. Al sur limita con el Salar de Maricunga y al este con la Cordillera de Claudio Gay y con cordones menos importantes que la separan de otras cuencas cerradas.

Dentro de esta cuenca no existen controles meteorológicos ni fluviométricos. El único antecedente corresponde al río La Ola, que es el tributario más importante. Este río tiene siempre escurrimiento, pero al llegar al salar el agua se infiltra o se evapora. Su origen es pluvial y nival. Sus aguas son captadas y desviadas hacia la cuenca del río Salado, para abastecer antes a Potrerillos y ahora a El Salvador.

³ Balance Hidrológico Nacional. Regiones III y IV. DGA. IPLA 1984

El promedio del caudal captado es de 620 l/s, llegando al salar unos 110 l/s. De acuerdo a estos valores se tiene que el caudal del río La Ola es de 730 l/s.

Como se mencionó con anterioridad, no existen registros para la cuenca de Pedernales, sector donde se emplaza la totalidad del proyecto, por lo que no es posible hacer un balance hídrico.

2.5.6.5 Conclusiones

El lugar de emplazamiento de las obras se puede dividir en dos:

Sector de planta, rajo, botadero, depósito de relaves y campamento, ubicado sobre un la cuenca de Pedernales, sector de permeabilidad secundaria, asociada a fracturas volcánicas, con infiltración de escorrentías superficiales.

Y el sector sur de la LAT, ubicado sobre la cuenca del río Copiapó, con una permeabilidad muy baja, asociado a rocas sedimentarias, areniscas y conglomerados.

2.5.7 Calidad del Agua

2.5.7.1 Introducción

A continuación se presenta la línea de base asociada al componente calidad del agua para la zona donde se emplazarán las obras, instalaciones y actividades asociadas al Proyecto.

2.5.7.2 Objetivos

El principal objetivo de éste capítulo es interpretar la calidad físico-química de las aguas superficiales y subterráneas que son parte del área de interés del proyecto.

2.5.7.3 Metodología

Para la evaluación de los parámetros físicos y químicos del agua, se realizaron dos muestreos uno en septiembre y otro en noviembre de 2011. Se obtuvieron muestras de los pozos ubicados cercanos a las obras y muestras superficiales.

Las variables físico-químicas in situ se obtuvieron de las muestras para calidad de agua. Estos parámetros físico-químicos: temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto fueron medidos in situ.

Para el muestreo de noviembre de 2011, el procedimiento de toma de muestras se ajustó a lo establecido en las Normas Chilenas Oficiales de la serie 411 (NCh 411/2 Of 96, Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo; NCh 411/3 Of 96, Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras, y NCh 411/6 Of 98, Calidad del agua - Muestreo - Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua. Los materiales y elementos de muestreo fueron proporcionados por Laboratorio SILOB Chile Ltda., salvo el caso de los parámetros pH, temperatura y conductividad, que fueron determinados in situ con equipo multitester digital marca Hanna en 4 de los 6 sitios de muestreo.

Las muestras fueron almacenadas y mantenidas a baja temperatura (< 4°C) en recipientes (“coolers”) dotados de bolsas de gel recongelable (“gelpacks”) congelados y fueron trasladadas al laboratorio SILOB antes de 24 horas.

2.5.7.4 Resultados

2.5.7.4.1 Calidad del agua a escala regional

La cuenca del río Copiapó, que pertenece a la Región de Atacama, se extiende entre los paralelos 26°38' y 28°38' de latitud Sur, abarcando una superficie total de aproximadamente 18.400 km².

Según Niemeyer (1984), los cursos de la cuenca del río Copiapó tienen un escurrimiento muy variado a lo largo del tiempo, con prolongadas épocas de sequías, alternadas con pocos años de mayor escurrimiento. El régimen es mixto. El río Copiapó suele presentar crecidas de mucha envergadura y muy baja recurrencia, cuando la quebrada de Paipote logra captar lluvias altiplánicas de importancia.

Además de la cuenca del río Copiapó, el presente estudio comprende otras dos cuencas. La cuenca de Maricunga que presenta un régimen endorreico, se entiende como cerrada de la Alta Puna. Se encuentra inmediatamente al sur de la de Pedernales y posee una extensión de 1910 km², a elevaciones que van desde los 3.760 m en la base de equilibrio

hasta 5.500 a 6.000 m.s.n.m. en las cumbres de los cerros que la circundan. En su base de equilibrio se encuentran dos lagunas de cierta consideración, una más pequeña al centro del salar y la laguna Santa Rosa situada inmediatamente al sur. El salar propiamente tiene una superficie de 83 km². Tributan al salar dos ríos principales: Valle Ancho y Lamas. El primero corresponde a una depresión longitudinal que de sur a norte alcanza a 55 km y un ancho medio de 400 m, que se desarrolla entre las cordilleras de Darwin y el cordón limitáneo. Constituye una corriente de escurrimiento más bien intermitente que aflora de trecho en trecho formando vegas. El río Lamas se desarrolla de oriente a poniente y sus sedimentos al llegar a la base de equilibrio colapsan con los sedimentos del Valle Ancho entre los que se sumerge, alimentando en forma subterránea también al salar. En su origen el gasto es de 65 l/s, pero más adelante llega hasta 330 l/s. A medida que el río escurre, el gasto se incrementa y la calidad del agua se deteriora paulatinamente hasta hacerse inaceptable para todo uso.

La química de la región es controlada por la presencia de dos volcanes mayores en el área: el volcán Tres Cruces el cual está localizado próximo a las aguas del río Peñas Blancas y el volcán El Salado, localizado al sur del río Peñas Blancas y la cuenca de la Laguna Verde.

La otra cuenca parte del área de influencia del proyecto, es también endorreica cerrada de la Alta Puna, corresponde a la Laguna del Negro Francisco. La cuenca de la laguna del Negro Francisco por su parte ocupa la posición más austral de esta larga serie de cuencas endorreicas de la alta cordillera andina del norte chileno. Con una extensión aproximada de 880 km², se desarrolla entre elevaciones de 4.000 a 6.000 m.s.n.m.

La laguna del Negro Francisco, cuya base de equilibrio ofrece una superficie inferior de 30 km² interrumpida por una isla alargada, alcanza una profundidad que fluctúa alrededor de los 7 m. Recibe alimentación superficial a través de unas pocas quebradas, una de las cuales, de agua salobre, proviene de la falda sur del cerro Azufre.

Su principal alimentación es el río Astaburuaga, que tiene carácter veleidoso. En efecto, a la salida de su cajón cordillerano corre en su propio cono de deyección en algunas oportunidades hacia Valle Ancho, y otras, las más frecuentes, hacia la laguna del Negro Francisco.

2.5.7.4.2 Calidad del agua a escala local

A partir del “Proyecto Actividades de Exploración, Línea de Base Ambiental”, realizado para Mantos de Oro en abril del 2009, es posible exponer las características de esta componente para el sector de La Coipa, distante unos 15 km del trazado de la LAT en su sección más próximo.

En la quebrada Las Terneras, entre mayo 2006 y julio 2007, se ha realizado un muestreo de aguas superficiales en 6 puntos a lo largo de la quebrada. La ubicación de los puntos de monitoreo se presenta en la Tabla 2-11, ordenados desde aguas arriba hacia aguas abajo.

Tabla 2-11: Ubicación puntos de monitoreo en quebrada Las Terneras

Puntos Monitoreo	Norte	Este
Inter 1	7035708	474230
Laguna	7035226	474422
Inter 2	7034980	474918
Inter 3	7033585	474979
Inter 4	7033153	474835
Azufrera	7032967	474675

Del análisis de los resultados, en promedio, se desprende que existen dos zonas claramente definidas en términos de calidad de aguas. Una zona que corresponde a la parte más alta de la quebrada, puntos Inter 1, Laguna e Inter 2 y otra que abarca la zona de los puntos Inter 3, Inter 4 y Azufrera. La primera de las zonas se caracteriza por un pH ligeramente alcalino sobre 7 y hasta poco más de 8, en tanto que la zona más baja presenta un pH marcadamente ácido, poco más que 3.

La diferencia en el grado de acidez de las aguas se ve reflejada claramente en los contenidos de metales, así se tiene que en la zona de pH alcalino se registran menores concentraciones de metales (Al, B, Zn, Fe, Mn y Li), así como también menores concentraciones de Cl, F, SO₄ y SDT. Para el resto de los parámetros no se aprecian diferencias significativas entre ambos sectores.

Por otro lado, si se comparan los resultados (en promedio) con la NCh 1333, Requisitos de Agua para Riego, se puede observar que pH, Al, As, Zn, F, Fe, Mn y SO₄ presentan

valores fuera del rango establecido por dicha normativa. En la mayor parte de los casos, las superaciones de norma se asocian a la parte baja de la quebrada, es decir a la zona en que se presentan rangos bajos de pH.

2.5.7.4.3 Calidad del agua en el área del proyecto

a) Monitoreo septiembre de 2011

A partir del análisis de las muestras de agua tomadas en septiembre del 2011, es que se realiza la caracterización de las aguas de la zona donde se emplazarán las obras del proyecto.

Los puntos donde se realizó la toma de muestras, se señalan en la Tabla 2-12, ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1.

Tabla 2-12: Coordenadas pozos del sector acueducto y tendido eléctrico

Nº Muestra	Sector	Coordenadas UTM WGS 84, 19 S		Observación
		Norte	Este	
S1-T3	TRANQUE 3	7.051.876,503	486.003,136	corresponde a Sondaje S1-T3
S4-T3	TRANQUE 3	7.050.897,330	484.768,856	corresponde a Sondaje S4-T3
S4-T1	TRANQUE 1	7.052.406,514	486.557,210	corresponde a Sondaje S4-T1
S1-AAM	ANGLO	7.058.048,000	492.439,000	corresponde a Sondaje de Anglo S1
S2-AAM	ANGLO	7.058.152,000	492.330,000	corresponde a Sondaje de Anglo S2
ESSUP-T3	TRANQUE 3	7.051.944,834	485.825,700	corresponde a agua superficial de escorrentía de quebrada de depósito.

Considerando los datos expuestos en el Anexo 2.1-4, donde se presentan los valores arrojados por el análisis de laboratorio de las 6 muestras antes mencionadas, se concluye lo siguiente:

Para estas primeras tres muestras que se mencionan a continuación, ubicadas en el sector del Depósito de Relaves los resultados son:

- Para la muestra S1-T3, los parámetros sobrepasados según la norma NCh 409 son: Turbiedad, Fe, Mn, Mg,Zn, As, Pb, pH, SO4, TSD, Cl Resid.

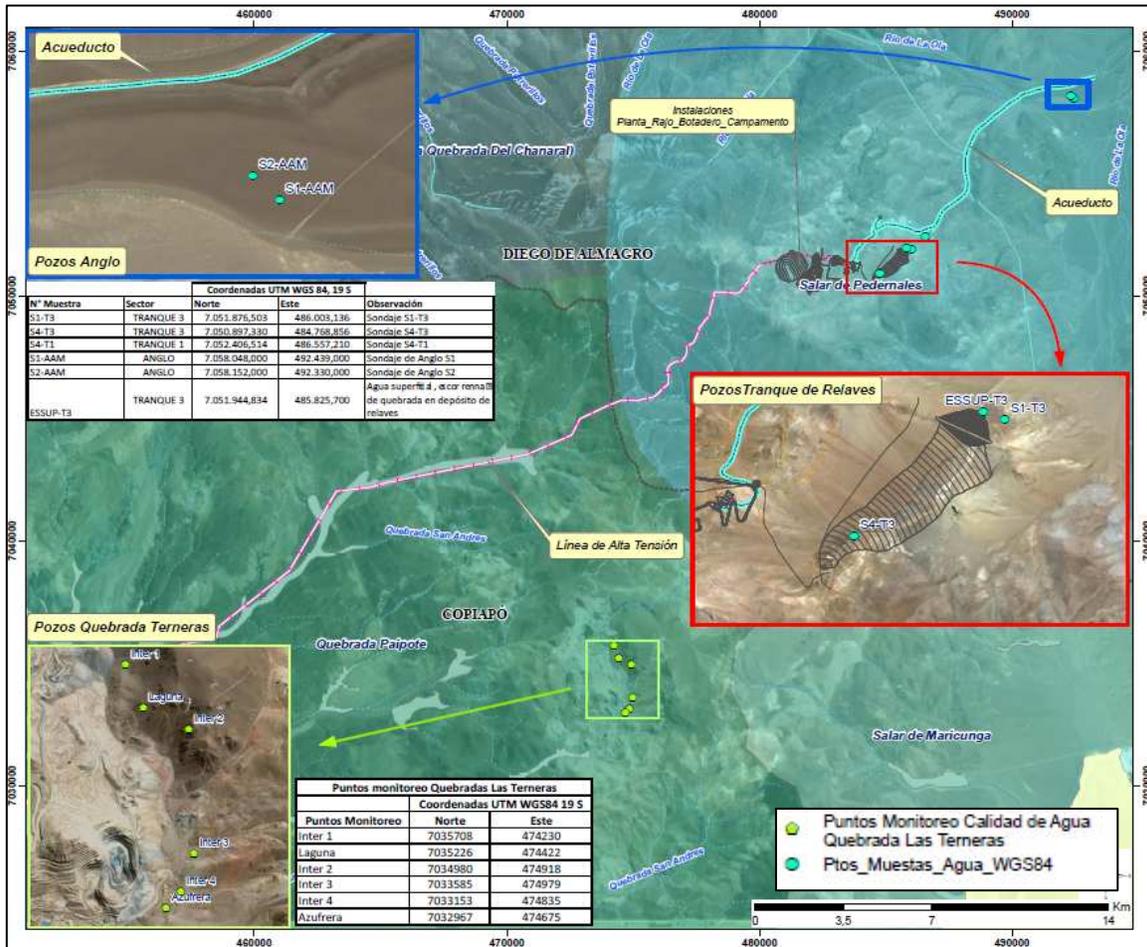
- Para la muestra S4-T3 los parámetros sobrepasados según la norma NCh 409 son: Turbiedad, F, Fe, Mn,Zn, As, NO2, Color, Olor, NH3, pH, SO4.
- Por parte de la muestra S4-T1S1 los parámetros sobrepasados según la norma NCh 409 son: Turbiedad, F, Fe, Mn,Zn, As, NO2, Color, Olor, NH3, pH, SO4.

Las muestras tomadas en sector de Anglo, próximos al punto de inicio del Acueducto presentaron como resultado lo siguiente:

- Para la muestra S1-AAM los parámetros sobrepasados según la norma NCh 409 son: Fe, Mn, As, SO4, Cl Resid.
- Para la muestra S2-AAM los parámetros sobrepasados según la norma NCh 409 son: Fe, Mn, As, SO4, Cl Resid.
- La muestra ESSUP-T3 tomada en un curso superficial cercano al depósito de relaves expuso que los parámetros sobrepasados según la norma NCh 409 son: Fe, Mn, As, pH, SO4, TSD, Cl Resid.

En la Figura 2-20 se presenta la distribución de los puntos de muestreo de calidad de aguas mencionados, ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1.

Figura 2-20: Distribución de los puntos de toma de muestras para Calidad de Agua



b) Monitoreo Noviembre de 2011

- Pozos 1 y 2 sector “Anglo”: aguas subterráneas de buena calidad, no se sobrepasó ninguna de las 2 normas (Guía CONAMA y NCh 1333) en ninguno de los 33 valores, por lo que se puede concluir que se trata de aguas de gran calidad y aptas para variados usos.
- Pozos 3 y 4, sector depósito de relaves: aguas subterráneas de mala calidad, ricas en sulfatos, con valores fuera de rangos permitidos (15 de 66 casos posibles, lo que equivale a un 23%), lo que indica un alto grado de contaminación. Sería necesario determinar si su origen es antrópico o natural. Destacan el caso del Sulfato, con valores por sobre 2000 mg/L, que superan en más del doble los valores de la Guía CONAMA y en 8

veces los de la NCh1333. Consecuente con ello, también el pH y los sólidos disueltos presentaron valores elevados. Asimismo, se registran en estas aguas de pozo contaminadas, altos valores para Aluminio, Hierro, Arsénico y Manganeseo.

- Laguna 1 y Laguna 2: aguas superficiales de regular calidad, con cierto grado de contaminación en algunos parámetros, inferior en todo caso a la situación anteriormente comentada (9 de 66 casos, o un 13%). Aquí se registra alta contaminación por sulfatos y aluminio principalmente, concomitantes con un preocupante valor de pH muy ácido de 3, y Sodio, este último con un elevadísimo valor también de sobre 73%. No obstante, Henríquez (2007) encuentra concentraciones superiores a 800 mg/L para Sulfatos en el estudio de Hidrogeología del Proyecto Inca de Oro, por lo que se puede suponer que la presencia de dichas altas concentraciones de sulfato en la zona serían naturales.

2.5.7.5 Conclusiones

Respecto de la caracterización de los puntos de muestreo, se infiere que los pozos de Anglo, poseen menos parámetros sobrepasados por la norma Nch 409, específicamente Fe, Mn, As, SO₄, para ambos pozos. En el caso de los pozos ubicados hacia el depósito, estos sobrepasan los parámetros Fe, Mn, Mg,Zn, As, pH, SO₄ y olor y color en dos de los casos, además de otros parámetros en pozos en particular.

Para el sector de la Coipa, quebrada Las Terneras de acuerdo de los resultados promedios con la NCh 1333 (Requisitos de Agua para Riego), se puede observar que pH, Al, As, Zn, F, Fe, Mn y SO₄ presentan valores fuera del rango establecido por dicha normativa. En la mayor parte de los casos, las superaciones de norma se asocian a la parte baja de la quebrada, es decir a la zona en que se presentan rangos bajos de pH.

La cuenca de Pedernales, donde se encuentra emplazado el proyecto, presenta aguas con altas concentraciones de sales, específicamente de cloruros de sodio, por su parte la variación de su PH va entre los 7,24 y 8,83.

2.5.8 Suelos

2.5.8.1 Introducción

El presente informe corresponde a la línea base de la componente ambiental suelo, cuya caracterización obedece a su función en el ecosistema y en las actividades humanas locales. La información analizada para este capítulo se enmarca principalmente en el concepto de uso de suelo, sus características y capacidades generales para la región.

A la fecha, el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) no ha efectuado estudios de suelos específicos para el área de estudio (Comuna de Diego de Almagro) que dé cuenta de la capacidad de uso, series, sus variaciones, y características del suelo.

Se realiza una descripción de las zonas de interés de acuerdo a los usos actuales y sus actividades asociadas, además de una caracterización edafológica. Por otro lado, se realiza un análisis a partir de tomas de muestras en distintas zonas del proyecto, para un posterior análisis de parámetros del suelo.

2.5.8.2 Objetivos

- El estudio de suelos realizado en el área tiene como objetivo caracterizar y clasificar los tipos de suelo, según su uso y determinar la Capacidad de Uso de cada uno de ellos (CON ANÁLISIS MUESTRAS).
- Entregar una visión general de las características del suelo a nivel regional, basado en estudios en la región.
- Además se entregarán las características y parámetros asociados al suelo donde se emplazan las obras del Proyecto.

2.5.8.3 Metodología

El estudio de la componente ambiental de Suelos fue realizado mediante la aplicación de metodologías y criterios habitualmente usados por el SAG y CIREN para el desarrollo de estudios agrológicos, lo cual consideró los siguientes cinco pasos metodológicos:

2.5.8.3.1 Revisión de antecedentes

Se realizó un análisis apoyado con imágenes Google Earth, como también de referencias bibliográficas, lo cual permitió recopilar antecedentes de la zona del proyecto.

2.5.8.3.2 Levantamiento de información en terreno

Se realizó un levantamiento de información en terreno, en una campaña, entre los días 07 y 09 de noviembre de 20011.

En dichos momentos se procedió a recorrer cada una de las áreas de emplazamiento de las distintas obras que conforman el Proyecto, las cuales se ubican en las comunas de Diego de Almagro y de Copiapó.

Para apoyar el trabajo de terreno, previamente se generó cartografía base con imagen fotográfica de fondo y la red de caminos existentes, del área a evaluar.

2.5.8.3.3 Muestreo de suelos

Con el objeto de establecer una caracterización precisa de los suelos existentes en cada una de las áreas de emplazamiento de las obras del Proyecto, se procedió en terreno a dos actividades específicas:

- Ejecución de calicatas. actividad que corresponde a excavaciones que permiten caracterizar el perfil del suelo, como también observaciones en cortes de caminos o laderas.
- Establecimiento de puntos de observación: desde los cuales fue posible realizar descripciones generales del sitio sin ejecutar excavaciones, ya sea porque no se justificaba una descripción (caso de lechos de río, cerros o rocas) o porque se repetían las condiciones anteriores y el punto sirvió para corroborar la extensión de los límites del área homogénea de suelo.

Para la elaboración de este estudio se cuenta con prospecciones de terreno consistentes en calicatas de 4,2 m de profundidad aproximadamente.

A las calicatas excavadas se le realizó una descripción estratigráfica y se extrajeron muestras de suelo para efectuar ensayos en laboratorio.

2.5.8.3.4 Análisis de laboratorio

Posteriormente, las muestras de suelo extraídas fueron debidamente rotuladas y almacenadas en una caja aislante hasta su despacho al laboratorio LACEM de Santiago.

Los ensayos realizados corresponden básicamente a granulometría, humedad, límites de Atterberg, peso específico de los sólidos, Clasificación de Suelos según U.S.C.S y AASHTO, ensayos de infiltración porchet, Densidad In situ y Ensayos de Proctor.

2.5.8.4 Resultados

2.5.8.4.1 Caracterización de los suelos a nivel regional

Los suelos de la Región de Atacama se encuentran en la zona de suelos áridos, abarcando tres ambientes claramente definidos: los suelos de la zona altiplánica, representado por depósitos aluviales rellenando amplias cuencas sedimentarias y formaciones evaporíticas de salares en regímenes de temperatura críticos; los suelos de los valles transversales, en donde predominan los suelos aluviales y coluviales de escaso desarrollo pedogénico con abundante rocosidad; y los suelos del sector costero en posición de terrazas marinas y aluviales con presencia de horizontes cementados preferentemente por carbonatos y con aportes de arenas eólicas en superficie, estos dos últimos ambientes bajo un régimen de temperatura isotérmico (Luzio, 2010).

Los suelos de la zona costera están formados por sucesiones de estratos que pueden ser coluviales o aluviales. En estos suelos el complejo de intercambio está dominado por el Sodio, conformando preferentemente suelos salinos sódicos en posición de terrazas marinas. En cambio, en suelos coluviales, la presencia de sales es escasa o confinada sólo a los primeros centímetros en la superficie.

Los suelos del valle del río Copiapó, escapan a la tendencia general de la Región, ya que corresponden a suelos desarrollados a partir de sedimentos fluviales recientes y materiales retrabajados en donde es posible encontrar texturas finas. En éstos, la potencialidad es preferentemente agrícola, y han sido estudiados y cartografiados en detalle por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN, 2007).

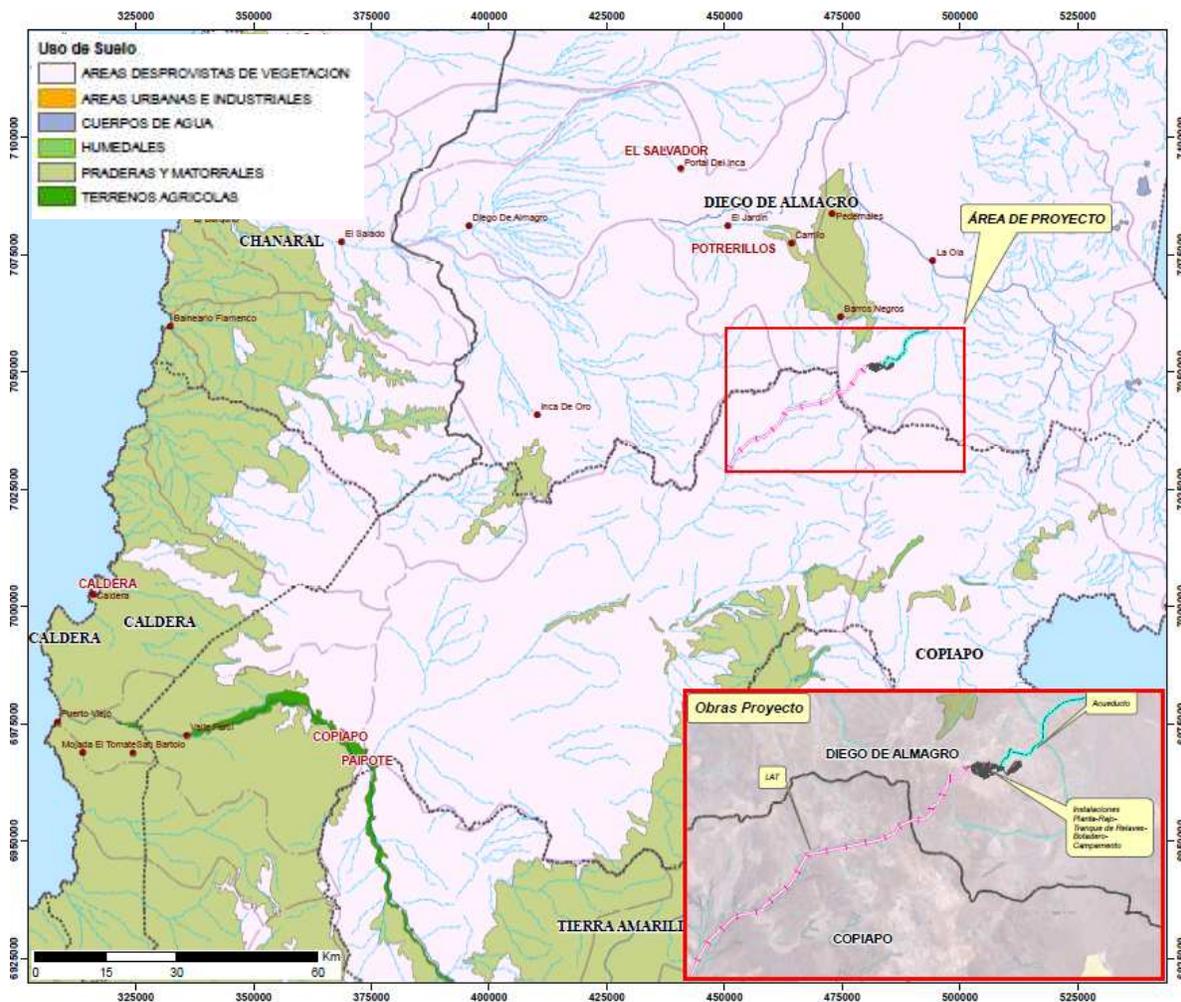
Para los suelos en posición de cerros, existen escasos antecedentes, debido a la dominancia de suelos de poco desarrollo, con abundante pedregosidad y rocosidad, que

determinan una limitada potencialidad de uso. En general corresponden a suelos de escaso desarrollo.

En la Región es posible reconocer los suelos de vegas y bofedales, que corresponden a suelos muy escasos y restringidos en términos de superficies, en donde los procesos de adición de materiales orgánicos (paludización) pueden ser considerables. Las vegas corresponden a suelos minerales, algunas veces con elevados contenidos de sales en la superficie, las cuales es posible encontrar en laderas de cerros o vegas de ladera según Luzio (2010), o bien asociadas a cursos de agua en el fondo de valles estrechos. Los bofedales en cambio, son descritos en la zona altiplánica, asociados a cursos de agua permanentes, habitualmente clasificados como suelos orgánicos. Los procesos de reducción en vegas son comunes, debido a que los movimientos del agua subsuperficial son lentos. En cambio en bofedales, las reducciones han sido descritas de manera más escasa, y se explican debido a que se asocian a aguas de escorrentía permanente, con abundante contenido de oxígeno (Luzio *et al*, 2002).

En cuanto a la clasificación de los suelos según su uso actual, bajo la clasificación de SINIA, se establece que los suelos sobre los que se encuentra el Proyecto Arqueros son en su totalidad suelos desnudos y desprovistos de vegetación y donde actualmente las actividades que se desarrollan son netamente ligadas a la minería e industria. La Figura 2-21 muestra la distribución de uso a nivel regional.

Figura 2-21: Distribución de uso del suelo a nivel regional



2.5.8.4.2 Caracterización de los suelos a escala local

Para el área total donde se desarrolla el Proyecto, existen dos situaciones de suelos, definibles: los asociados a las superficies de emplazamiento de la planta, rajo, botadero y depósito de relaves, situada sobre la Cuenca de Pedernales y en la comuna de Diego de Almagro y los suelos asociados al desarrollo de la línea de alta tensión, situada en parte sobre la Cuenca del Río Copiapó, en la comuna de Copiapó en su sección más oriental y que tiene directa relación con el sector de La Coipa.

a) Suelos Cuenca Pedernales

La cuenca de Pedernales, como ya se ha mencionado, es cuna de la totalidad del Proyecto, es decir, sus obras, instalaciones y actividades.

Edafológicamente en la cuenca de Pedernales, donde se emplaza este Proyecto, todos los suelos reconocidos presentan escaso desarrollo pedogenético, condicionado por la aridez y por constantes procesos de adiciones y remociones. A causa de esta situación, no se evidencian procesos atribuibles a diferenciación de los materiales parentales o edafogénesis, lo cual significa que los materiales parentales que dan origen a los suelos se encuentran prácticamente inalterados desde su depositación, la que ocurre por diversos procesos de erosión, y en consecuencia corresponden mayoritariamente a procesos geomorfológicos.

En la mayor parte de los suelos no se observa desarrollo de horizontes genéticos, salvo la identificación de horizonte cámbicos, cálcicos, duripanes u orgánicos en condiciones muy particulares y restringidas arealmente.

Las condiciones de aridez determinan que los procesos de transformación y translocación sean muy limitados, los que se evidencian únicamente por las acumulaciones de carbonatos en suelos derivados de coquinas, por procesos de capilaridad en zonas de Vegas y por el desarrollo de un horizonte Cámbrico en suelos formados in situ a partir de materiales granodioríticos.

En general el desarrollo de estructura es incipiente, prácticamente no existe grado de agregación en los suelos de la cuenca. La resistencia es variable, dada la existencia de cementaciones generadas por acumulaciones de carbonatos, sin embargo es dominante grado de consistencia suave, suelto a ligeramente duro en seco y friable a muy friable en húmedo.

La presencia de raíces es prácticamente nula, con abundante espacio poroso en la sección de control. Debido a la abundante presencia de gravas o fragmentos, el drenaje es en general bueno a excesivo

Respecto de la cubierta vegetal, la vegetación es pobre. Se encuentran vegas con gramíneas a orillas de los pocos cauces de agua superficiales, y pajonales a pastos duros

en las laderas de los lomajes. También se encuentran en escasa cantidad, la tola y la chachacoma.

b) Suelos sector de La Coipa

Según el estudio "Proyecto Actividades de Exploración, Línea de Base Ambiental", realizado para Mantos de Oro en abril del 2009, estos suelos obedecen a un origen aluvial, el cual desarrolla muy poco perfil.

Este sector, a 20 km promedio de distancia del desarrollo de las obras del Proyecto, presenta como características físico-mecánicas, suelos que pueden ser descritos como limoarcillosos.

En el caso de la quebrada San Andrés, por donde pasa la Línea de Alta Tensión, en su sector sur, la granulometría es menor que 1,5 cm con algunos clastos de 15-20 cm, los cuales se encuentran inmersos en una matriz limosa.

En la quebrada Codoceo y parte de la quebrada La Coipa, se presentan clastos angulosos, lo que demuestra poco transporte, con tamaños de entre los rangos 50-70 cm a 10-15 cm. Todo este material se manifiesta en una matriz limosa.

La cubierta de los cerros circundantes al conjunto de quebradas San Andrés – Codoceo-La Coipa, tiene una pendiente abrupta entre 10 y 50 %, y presentan un horizonte muy delgado de material meteorizado in situ o material con poco arrastre (coluvio).

Al año 2009 y previo a las operaciones de actividades de exploración a las que hace referencia el estudio mencionado con anterioridad, el uso del suelo del área inmediata a la mina y planta no tenía ninguna alternativa fuera de las actividades mineras.

El potencial uso agrícola es bajo debido a la mala calidad del suelo, excesivamente arenoso en el valle y pobre y delgado en las laderas suaves. Esto sumado a la escasa disponibilidad de agua hace que el uso agrícola potencial sea bajo, ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1.

2.5.8.4.3 Caracterización de los suelos en el área del Proyecto

a) Capacidad de uso de suelo y series para la zona del Proyecto

A la fecha, el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) no ha efectuado estudios de suelos específicos para el área de estudio, específicamente para la comuna de Diego de Almagro. Estas son zonas con suelos desnudos y desprovistos de vegetación, como puede apreciarse en la clasificación de según uso de suelo (ver Cartografía Componente Medio Físico en Anexo 2.1). Para la región existe información de catastro frutícola, informe emitido por CIREN, pero la comuna de Diego de Almagro tampoco presenta registros.

b) Estratigrafía

Se realizaron calicatas en diferentes sectores del área planta, las estratigrafías asociadas a cada sector se detallan a continuación:

b.1) Chancador primario

- De 0,00 a 0,50 m: Limo arcilloso, con grava, color plomo, no se aprecia olor, compacidad suelta. Es un material de plasticidad media, humedad baja, cementación débil, con presencia de raíces. Este material es un relleno natural.

Símbolo del Grupo (USCS): ML-CL

- De 0,50 a 1,00 m: Roca (arcilla) color rojizo, no se aprecia, olor consistencia firme, plasticidad media, cementación media, humedad media, sin indicios de materia orgánica.

Símbolo del Grupo (USCS): CL

- De 1,00 a 4,20 m: Roca (arcilla) totalmente alterada, consistencia media, plasticidad media, cementación media, humedad baja, estructura laminar, sin indicios de materia orgánica.

Símbolo del Grupo (USCS): CL

- Capa vegetal: sin indicios en la superficie
- Nivel Freático: no se observa

b.2) Molinos

- De 0,00 a 0,30 m: Limo arenoso, con 50% de grava sobre 3", color café, olor térreo, compacidad suelta. Es un material de plasticidad media, humedad media, cementación débil, con presencia de raíces. Este material es un relleno natural.

Símbolo del Grupo (USCS): ML

- De 0,30 a 2,10 m: Arena limosa, color plomo, totalmente alterada, olor térreo, consistencia firme, plasticidad alta, estructura lenticular, cementación media, humedad media, sin indicios de materia orgánica. Este material es un relleno natural.

Símbolo del Grupo (USCS): SM

- De 2,10 a 4,20 m: Toba Rojiza medianamente alterada, dura y fracturada.
- Capa vegetal: sin indicios en la superficie
- Nivel Freático: no se observa

b.3) Stockpile

- De 0,00 a 0,20 m: Arcilla arenosa, con 60% de grava tamaño máx. 3", color plomo, no se aprecia olor, compacidad baja. Es un material de plasticidad media, humedad baja, cementación débil, con presencia de raíces. Este material es un relleno natural.

Símbolo del Grupo (USCS): CL

- De 0,20 a 4,00 m: Arena limosa, color rojo, olor térreo, compacidad suelta, humedad media, plasticidad media, sin indicios de materia orgánica. Este material es un relleno natural.

Símbolo del Grupo (USCS): SM

- De 4,00 a 4,20 m: Roca totalmente alterada de color blanco.
- Capa vegetal: sin indicios en la superficie
- Nivel Freático: no se observa

b.4) Depósito de relaves

En este sector, se realizaron 4 calicatas y se obtuvieron las siguientes estratigrafías:

- Calicata 1:
 - De 0,00 a 0,50 m: capa vegetal con alto porcentaje de material limoso, tamaño máximo hasta 3". Color café oscuro, olor térreo, compacidad densa, humedad media, plasticidad media, grava de cantos angulados, estructura laminar, cementación débil. Contenido de raíces y materia orgánica, medio.
 - De 0,50 a 2,30: arena arcillosa, color café oscuro, olor térreo, compacidad densa, plasticidad alta, contenido de humedad medio, estructura laminado, cementación débil. Presencia de raíces y materia orgánica.
 - Cota nivel freático: 2,30 m.
- Calicata 2:
 - De 0,00 a 0,50 m: capa vegetal, color café claro, sin olor, consistencia blanda. Contenido de humedad alto, plasticidad baja, estructura laminada, graduación fina, cementación débil. Con presencia de raíces y materia orgánica.
 - De 0,50 a 3,00: arena limosa, color café claro, no presenta olor. Plasticidad baja, contenido de humedad alto, compacidad suelta, estructura laminar, graduación fina, cementación débil. Con escasa presencia de raíces.
 - Cota nivel freático: 3,00 m.
- Calicata 3:
 - De 0,00 a 0,30 m: capa vegetal, y arena con alto porcentaje de grava de cantos angulares. Color gris claro, sin olor, compacidad suelta. Plasticidad baja, cementación débil, sin indicios de materia orgánica.
 - De 0,30 a 3,40: grava limosa con bajo porcentaje de arcilla. Color café claro, olor térreo, compacidad densa, contenido de humedad alto. Plasticidad media, cementación débil. Grava de cantos angulares mal graduada. Sin indicios de materia orgánica.

- Cota nivel freático: 3,40 m.
- Calicata 4:
 - De 0,00 a 0,50 m: capa vegetal limosa, color café oscuro, sin olor. Consistencia media, contenido de humedad medio, graduación fina, plasticidad media, cementación débil. Media presencia de raíces y materia orgánica.
 - De 0,50 a 1,90: arena limosa, graduación fina, color café claro, sin olor. Compacidad suelta, contenido de humedad medio, plasticidad baja, cementación débil. Sin presencia de raíces o materia orgánica.
 - Cota nivel freático: 1,00 m.

Calicata 5:

- De 0,00 a 0,40 m: capa vegetal limosa, con grava aislada tamaño máximo 3". Color café oscuro, olor térreo, compacidad densa, contenido de humedad bajo, plasticidad media, cementación débil. Contenido medio de raíces.
- De 0,40 a 2,20: grava limosa con material granular de cantos angulares, y tamaño máximo 4", en un porcentaje de 40% aproximadamente. Color café oscuro, olor a materia orgánica, compacidad densa, contenido de humedad medio, plasticidad media, cementación débil, con presencia de raíces.
- De 2,20 a 4,00 m: arcilla, color gris claro, sin olor, cementación fuerte, plasticidad media - alta, consistencia firme, contenido de humedad alto. Sin indicios de materia orgánica.
- Cota nivel freático: no registra.

2.5.8.5 Conclusiones

Respecto a la clasificación de los suelos según su uso actual, bajo la clasificación de SINIA, se establece que los suelos sobre los que se encuentra el Proyecto Arqueros son en su totalidad suelos desnudos y desprovistos de vegetación y donde actualmente las actividades que se desarrollan son netamente ligadas a la minería e industria.

2.5.9 Bibliografía del componente medio físico

- Hoyas Hidrográficas de Chile. Tercera Región. Realizado por: Realizado por Hanz Niemeyer F. Dirección General de Aguas, Centro de Información de Recursos Hídricos, Área Documentación.
- Caracterización De Línea De Base Ambiental Proyecto Actividades De Exploración. Mantos De Oro. Abril 2009.
- Compañía Minera Mantos De Oro. Caracterización De Los Rajos Abiertos E Instalaciones De Roca Estéril Y Evaluación Conceptual d el Cierre Para Toda La Faena De La Coipa.Enero 2009.
- Estudio De Impacto Ambiental Optimización Proyecto Minero Cerro Casale. Julio 2011.
- Balance Hídrico De Chile. Ministerio De Obras Públicas. Dirección General De Aguas.(DGA 1987).
- Diagnostico Hidrológico Para Sectores Propuestos: Rajo, Deposito Relaves Y Botadero. Proyecto Arqueros, Laguna Resources – Coffey Mining.
- “Libro Rojo De La Flora Nativa Y De Los Sitios Prioritarios Para Su Conservación: Región De Atacama”, Ediciones Universidad De La Serena, Chile (2008).
- Anexo Vii Antecedentes Permiso Ambiental Sectorial. Artículo 88, Proyecto Explotación De Minerales Can-Can.
- Mapa Hidrogeológico de Chile. MOP. DGA.1986.

2.6 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO BIÓTICO

2.6.1 Flora y vegetación terrestre

2.6.1.1 Introducción

Las áreas en evaluación y para las cuales se ha caracterizado la flora y la vegetación corresponden a los sectores donde se emplazarán las instalaciones de proyecto: botadero, depósito de relaves, relave ducto, acueducto, rajo, planta, campamento y tendido eléctrico de 44,9 km de longitud aproximadamente.

Para la caracterización de la vegetación se adoptó un enfoque fisonómico, en base a descripciones de la distribución horizontal (cobertura) y vertical (estratos) de las distintas formaciones vegetales identificadas en terreno, y en función de las especies dominantes en tales formaciones. Esta descripción se basa en parámetros objetivos y cuantificables en terreno, las cuales se complementan con el desarrollo de cartografía y con el inventario de flora vascular.

La información y resultados obtenidos se organizaron según el formato de línea de base, es decir, se consideraron aquellos aspectos señalados, tanto por la Ley 19.300/1994 modificada según Ley 20.417/2010, como por su Reglamento (DS 95/2001). Se hace especial referencia a elementos conceptuales y metodológicos utilizados en la recopilación de datos e información.

De acuerdo a lo señalado, el análisis se enfocó en responder las preguntas sobre cuáles son los elementos de biota terrestre que se encuentran en el área de estudio; su ubicación en relación a las áreas de influencia, así como su distribución, diversidad y abundancia. De manera adicional, se consideró el grado de intervención humana posible de identificar en base a indicadores específicos.

Finalmente también fueron considerados otros aspectos tales como identificar y caracterizar las especies de flora consideradas endémicas tanto de la región como del país que presentan problemas de conservación a nivel nacional, regional o local y aquellas de importancia ecológica y/o científica para los sectores involucrados en el proyecto.

2.6.1.2 Objetivos

2.6.1.2.1 Objetivo general

El objetivo general es entregar una descripción de la vegetación y la flora vascular presentes en el área de estudio asociada al proyecto Arqueros.

2.6.1.2.2 Objetivos específicos

Para dar cumplimiento al objetivo general se definen los siguientes objetivos específicos:

a) Para vegetación

- Establecer y caracterizar el marco biogeográfico en el cual se inserta la vegetación presente en el área de estudio.
- Identificar las formaciones y tipos vegetales presentes en el área de influencia, en función de: ubicación y distribución, así como su representatividad y cobertura de los estratos que componen la formación.
- Identificar, delimitar y caracterizar sitios de singularidad vegetacional dentro del área de estudio.
- Representar cartográficamente las unidades de vegetación presentes en el área de estudio del proyecto.

b) Para flora

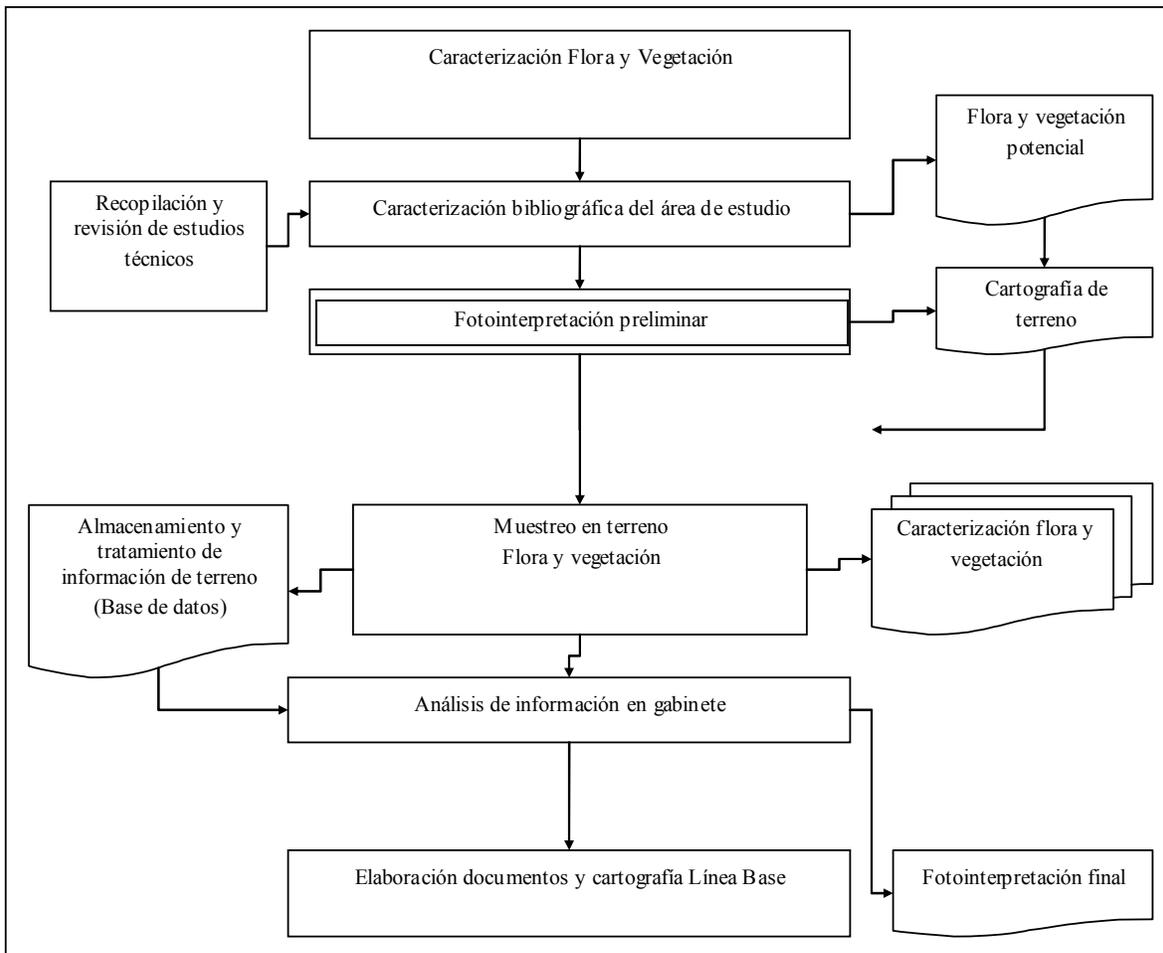
- Caracterizar la flora en términos de descriptores tales como: riqueza específica, abundancia y origen biogeográfico.
- Identificar y caracterizar las especies que presenten problemas de conservación a nivel nacional o regional, como así mismo aquellas de importancia ecológica y/o científica para los sectores involucrados en el área de estudio asociada al proyecto.

2.6.1.3 Metodología

Para el estudio de este componente se realizó una revisión bibliográfica sobre la vegetación presente en la Región, procesos de fotointerpretación, dos campañas de

terreno, la primera realizada en marzo de 2011, la segunda entre los meses de septiembre y noviembre de 2011, y finalmente un análisis de la información en gabinete, siguiendo la secuencia que se observa en la Figura 2-22 y se detalla a continuación.

Figura 2-22: Principales actividades de la metodología implementada



2.6.1.3.1 Área de estudio

a) Campaña marzo 2011

Esta campaña de terreno se realizó los días 8 y 9 de marzo de 2011, al momento de su realización, la ingeniería básica y la ubicación exacta de las instalaciones y obras consideradas en el proyecto no estaban definidas. Sin embargo, se consideró un polígono de mayor envergadura que considerara los posibles sectores de dichas obras.

El área de estudio para esta campaña corresponde a un polígono de 1002,8 ha, dentro del cual se establecen 5 áreas particulares de estudio. Las coordenadas de los vértices de dicho polígono se observan en la Tabla 2-13: Vértices del polígono del área de estudio Tabla 2-13, y en la Tabla 2-14 las superficies correspondientes a las áreas mencionadas. Para más detalle ver Cartografía en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación.

Tabla 2-13: Vértices del polígono del área de estudio

Punto	Coordenadas UTM WGS 84, 19 S	
	Este	Norte
A	480.801	7.052.496
B	482.680	7.052.712
C	485.483	7.050.997
D	483.052	7.049.134
E	481.345	7.049.983

Tabla 2-14: Superficies de las áreas de estudio

Área de proyecto	Superficie (ha)
Ubicación tentativa botadero	20,9
Ubicación tentativa planta opción 1	27,9
Ubicación tentativa planta opción 2	17,7
Ubicación tentativa depósito de relaves	55,3
Rajo Arqueros	51,2
Polígono de estudio	1002,8

b) Campaña septiembre - noviembre 2011

El trabajo en terreno se realizó en tres partes. La primera se ejecutó entre los días 26 de septiembre al 2 de octubre de 2011 y abarcó las obras de botadero, rajo, depósito de relaves, planta, campamento nuevo y camino asociado, acueducto, relaveducto y el tramo norte de la línea eléctrica.

La segunda parte de esta campaña se llevo a cabo entre los días 7 y 10 de noviembre y la tercera entre los días 17 y 20 de noviembre, en donde se levantó la flora y la vegetación en toda el área de la línea eléctrica no prospectada en la primera visita de esta campaña.

Para este monitoreo el área de estudio esta definida en función de las obras e infraestructura que considera el proyecto, en la Tabla 2-15, se observan las superficies asociadas a las áreas prospectadas.

Tabla 2-15: Superficie prospectada de las obras del Proyecto Arqueros

Obras	Superficies (ha)
Botadero	114,1
Rajo (pit)	72,0
Deposito de relaves	73,6
Planta y campamento nuevo	21,9
Acueducto	42,5
Camino asociado a campamento nuevo	1,1
Línea eléctrica	134,7
Relaveducto	5,9
TOTAL	465,8

La superficie antes señalada, cumple con la condición de incorporar una potencial franja de servidumbre (FS) la cual se deberá definir en función de la tensión de la línea de transmisión como también, de permitir una correcta caracterización de las formaciones vegetales.

2.6.1.3.2 Metodología para vegetación

El estudio de la vegetación del área del proyecto se desarrolló considerando como elemento central la metodología empleada en el proyecto "*Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile*"⁴ (CONAF-CONAMA-BIRF, 1997); la que se fundamenta a su vez, en la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (COT) propuesta por Etienne y Prado (1982). La ventaja de esta metodología, es que permite

⁴ CONAF, CONAMA, BIRF. 1999. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Inventario Nacional Forestal Extensivo. Universidad Austral de Chile. 14 p.

obtener una descripción gráfica y homogénea del territorio a estudiar, en tiempos acotados e integrando diversos atributos asociados al componente.

La justificación del uso de la metodológica COT-Catastro radica en que, por tratarse de una caracterización de la vegetación basada en variables fisonómico-estructurales y que usa el concepto de formación definido por Godron et al (1968), permite evaluar aquellos elementos que presentan una mayor probabilidad de recibir efectos del proyecto. Lo anterior considerando que son las variables de extensión, altura, frecuencia y cobertura, los descriptores estructurales sobre los cuales focalizar la evaluación de los potenciales impactos del proyecto.

Aplicando la metodología COT fue posible distinguir, entre otras, las formaciones herbáceas, leñosas bajas, y combinaciones de éstas, según la cobertura de los distintos estratos. Al agregar la información de densidad, éstas se denominaron en función de la categoría de densidad observada, registrándose, por ejemplo, una “formación leñosa baja abierta”.

La determinación final de las formaciones siguió lo que han utilizado Cruz, Prado y Lara (1999) en el Catastro del Bosque Nativo. De esta manera los resultados se presentan en base a una nomenclatura que considera atributos biológicos de las especies que conforman las formaciones vegetales.

Esta adaptación metodológica permitió denominar tipos de vegetación de acuerdo al uso común. Así las formaciones herbáceas se incluyen dentro de los pastizales y estepas y los leñosos bajos, en la clase matorrales.

En el contexto de lo señalado anteriormente, se entenderá por “formación vegetal” al conjunto de plantas de una o varias especies que comparten características de forma y comportamiento (Godron et al., 1968, Ettienne y Prado 1982); las características incluyen aspectos estructurales de abundancia, estratificación y cobertura, es decir, es la expresión de la flora de un área, más la componente de abundancia, estratificación y dominancia, entre otras. Este enfoque es evidentemente fisonómico, el cual basado en los conceptos de estratificación y cobertura, permite dar una imagen de la disposición vertical y horizontal de las especies in situ. De acuerdo a esto es posible clasificar la vegetación en cuatro tipos biológicos fundamentales: herbáceos, leñosos bajos (arbustivo), leñosos altos (arbóreo) y suculentos.

La metodología de trabajo para la caracterización de la vegetación se dividió en las siguientes etapas:

- Revisión bibliográfica.
- Planificación del trabajo en terreno.
- Fotointerpretación de imágenes satelitales.
- Generación de cartografía para el trabajo en terreno.
- Desarrollo de trabajos en terreno mediante muestreo (Levantamiento de vegetación).

a) Revisión bibliográfica

La primera etapa consistió en una revisión bibliográfica sobre la vegetación presente en la Región de Atacama; así como de la flora posible a ser registrada. Dicha revisión, comprendió cuatro tipos generales de información: Primero la compilación de la información de la vegetación de Chile y de regiones específicas, para lo cual se consideró entre otros, los trabajos de Smithüsen (1956), Gajardo (1994), y Luebert y Pliscoff (2006), además de revisiones de informes específicos para la zona.

Un segundo tipo de búsqueda, correspondió a la revisión de aquellos estudios que otorgan un marco biogeográfico al área, en los que destacan los trabajos de autores como Tobar (1998), Rundel et al. 1991 y Squeo et al. (2008). Adicionalmente se analizó la información de coberturas que entrega el Catastro y evaluación de recursos vegetacionales de Chile, disponible en el sitio web del Sistema Nacional de Información Ambiental (<http://territorial.sinia.cl>), complementado con la información bibliográfica asociada (CONAF/CONAMA/BIRF, 1999) y las actualizaciones posteriores. El tercer tipo de búsqueda, correspondió a la revisión de antecedentes de la flora. Finalmente se realizó una compilación de información correspondiente a áreas protegidas y sitios prioritarios para la biodiversidad presentes en el área de estudio del proyecto.

b) Planificación del trabajo en terreno

La planificación del trabajo en terreno consistió en generar la mayor cantidad de información con la cual diseñar la visita al área de estudio. Para ello se consideró el

desarrollo de la fotointerpretación con la cual definir unidades homogéneas sobre las cuales disponer los puntos de muestreo, para luego, proceder a generar la información cartográfica de apoyo al trabajo de campo, la cual incluyó vías de acceso e hitos geográficos más relevantes.

c) Fotointerpretación de imágenes satelitales

El trabajo de fotointerpretación se ejecutó considerando el uso del suelo el cual involucra todos los elementos del paisaje presentes (Humedales, matorrales, Pastizales y estepas, etc),. Para ello se usaron imágenes descargadas de Google Earth a través del software Stichmaps y posteriormente georeferenciadas en ambiente Global Mapper 9,0. Este trabajo se realizó en forma visual y directamente en formato digital con ArcGIS 9.3, a una escala mínima 1:3.000 dada la resolución de las imágenes disponibles. Lo anterior permitió generar cartografía una escala adecuada donde se pueda visualizar la información catastrada en terreno.

La discriminación en la fotointerpretación se realizó en base a tono y color, textura y estructura (Etienne y Prado, 1982). Los polígonos generados y que dan cuenta de las unidades homogéneas de vegetación, fueron homologados a alguna de las categorías de recubrimiento del suelo que se resumen la Tabla 2-16.

Tabla 2-16: Categorías de recubrimiento del suelo utilizadas en el proceso de fotointerpretación y validación de terreno

Recubrimiento del Suelo		Formación vegetal
1	Áreas urbanas e industriales	-
2	Pastizales y estepas	
	2.1	Estepa alto andina
3	Matorrales	
	3.1	Matorral
4	Humedales	
	4.1	Vega alto andina
5	Cuerpos de Agua	
	5.1	Lagos, lagunas, embalses
	5.2	Ríos

Recubrimiento del Suelo		Formación vegetal	
6	Zonas con escasa Vegetación		
		6.1	Zonas con escasa vegetación
7	Áreas Desprovistas de Vegetación		
		7.1	Cajas de río
		7.2	Afloramientos rocosos

Las definiciones de estas categorías son las siguientes:

- *Áreas urbanas e industriales*: sectores ocupados por ciudades o instalaciones industriales.
- *Estepa Altoandina*: formación vegetal donde la cobertura en el tipo biológico herbáceo es dominante y el tipo biológico arbustivo tiene una cobertura < 5%. Para este caso se definió la estepa alto andina, la cual se ubica sobre los 3.000 m.s.n.m. en sectores cordilleranos altoandinos.
- *Matorral*: formación vegetal donde el tipo biológico árbol es menor al 5 %, el de arbustos puede variar entre 5 a más del 75% y las herbáceas pueden estar entre 0-100%. Se diferencian los matorrales según su cobertura “Muy Abierto”, “Abierto”, “Semidenso”, “Denso” y “Muy Denso”
- *Humedales*: superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, Incluye las siguientes categorías: vegas, bofedales y otros terrenos húmedos. Domina el tipo biológico herbáceo con coberturas que puede alcanzar el 100 %.
- *Zonas con escasa vegetación*: zonas que debido a las condiciones altitudinales, exposición y disposición de recurso hídrico no presenta cobertura vegetal significativa o catografiada presentando individuos aislados.
- *Áreas desprovistas de vegetación*: sectores donde la cobertura vegetal de toda la formación vegetal, sumando los tipos biológicos hierbas, arbustos y árboles no alcanza el 1%.

d) Generación de cartografía para el trabajo en terreno

Con la información de fotointerpretación se procedió a la generación de planos de trabajo para terreno. Estos incluyeron la imagen de fondo y el contorno de las unidades descritas. La escala estuvo en función de los elementos a identificar, pensando en que durante los muestreos, los puntos levantados fueron identificados en los mapas, de manera que se realizaron las correcciones pertinentes en función de la definición realizada en gabinete.

e) Desarrollo de trabajos en terreno mediante muestreo

El trabajo en terreno se ejecutó en base a un tipo de muestreo preferencial, y dentro de éste al subtipo estratificado (Matteucci y Colma, 1982). Este tipo de muestreo preferencial se caracteriza porque las unidades muestrales se sitúan en unidades consideradas típicas o representativas, sobre la base de los criterios que definen la fotointerpretación realizada.

A su vez, la fotointerpretación permitió el ajuste al subtipo preferencial estratificado como el adoptado, el que comúnmente se emplea en zonas extensas y heterogéneas. En este sentido, la estratificación está dada por la división en unidades homogéneas de vegetación según cinco parámetros de clasificación: topografía, exposición, altitud, cobertura y estructura vegetal.

Este tipo de muestreo preferencial estratificado tiene una amplia ventaja sobre el muestreo aleatorio en términos que incrementa la precisión de las estimaciones. Además, es posible adecuar el tamaño de la muestra a la superficie ocupada por cada estrato que señala la COT y permite no sumar errores por sobremuestreo de los estratos pequeños o submuestreo de los estratos más grandes, tal como el tipo aleatorio.

Considerando lo anterior, el muestreo de terreno consideró visitar la mayor extensión posible del área de estudio, donde se identificó la vegetación presente y se verificó la información representada en la cartografía preliminar.

El trabajo consistió en una combinación de puntos georeferenciados de observaciones fisionómico-estructurales en las formaciones relevadas, y observaciones y registros generales a través de recorridos a lo largo del área de estudio del proyecto.

Cada formación relevada fue georeferenciada a través de coordenadas UTM datum WGS 1984. En cada formación validada se caracterizó la vegetación presente, comparándola

con el tipo de recubrimiento establecido preliminarmente en la cartografía generada por fotointerpretación en gabinete y registrando los ajustes necesarios en caso de existir.

Las formaciones observadas se caracterizaron en términos de su estratificación, cobertura y altura, grado de intervención y especies dominantes. Para la estratificación se utilizaron los 4 tipos biológicos definidos por Godron et al., (1968) como base. En éstos, la información de especies dominantes se codificó de acuerdo a la metodología de COT ya señalada (ver Tabla 2-17).

Tabla 2-17: Estratificación por tipos biológicos y codificación de especies dominantes

Tipo biológico	Genero	Especie	Ejemplo
Herbáceo	Minúscula	Minúscula	<i>Stipa chrysophylla</i> : sc
Leñoso Bajo	Mayúscula	Minúscula	<i>Ephedra breana</i> : Eb
Leñoso Alto	Mayúscula	Mayúscula	<i>Prosopis chilensis</i> : PC
Suculento	Minúscula	Mayúscula	<i>Puya chilensis</i> : pC

La altura de los estratos se codificó de acuerdo a los valores señalados en la Tabla 2-18.

Tabla 2-18: Rango de valores para la altura de los estratos vegetales

Altura (m)	Categoría de altura
0,0 – 0,5 (herbáceo / leñoso bajo)	0
0,5 – 1,0 (herbáceo / leñoso bajo)	1
1,0 – 2,0 (herbáceo / leñoso bajo)	2
> 2,0 (herbáceo alto - leñoso bajo)	3
< 2,0 (leñoso alto)	4
2,0 – 4,0 (leñoso alto)	5
4,0 – 8,0 (leñoso alto)	6

Fuente: Etienne y Prado 1982

En el caso de la vegetación arbustiva (leñoso bajo), se registró la presencia de especies, rangos de altura y porcentaje de cobertura. Los pastizales y estepas, se describieron en base a la composición florística dominante. La Tabla 2-19 resume la codificación de las medidas de cobertura de acuerdo a la metodología propuesta.

Tabla 2-19: Rango de valores para la cobertura vegetal

Cobertura %	Densidad	Código	Índice
1 – 5	Muy escasa	me	1
5 – 10	Escasa	e	2
10 – 25	Muy abierto	ma	3
25 – 50	Abierto	a	4
50 – 75	Semidenso	sd	5
75 – 90	Densa	d	6
90 - 100	Muy Densa	md	7

Junto con lo anterior, se recopiló información respecto del grado de artificialización del punto de muestreo representativo de la formación vegetal, para lo cual se utilizaron las categorías que se indican en la Tabla 2-20.

Tabla 2-20: Categorías de grado de artificialización registradas para las formaciones relevadas

Grado de artificialización	Índice
Vegetación en estados sucesionales tardíos	1
Vegetación en estados sucesionales intermedios	2
Terrenos de pastoreo/Bosque nativo manejado	3
Cultivos anuales de secano/Bosque artificial abandonado	4
Cultivos anuales de riego y cultivos perennes de secano	5
Cultivos perennes de riego	6
Cultivos intensificados	7
Invernaderos y parques	8
Zonas edificadas	9

Como complemento al registro de información en base a formularios de terreno, cada formación vegetal caracterizada fue fotografiada.

2.6.1.3.3 Metodología para flora

Para fines de esta caracterización, se entenderá por flora, a la lista taxonómica de especies y sus características de singularidad biológica asociada. Gajardo (1994) señala que flora se refiere al conjunto de especies vegetales que se encuentran en un lugar

determinado. En términos prácticos, esto corresponde a efectuar una lista taxonómica de las especies de una zona.

Para el establecimiento de la composición de la flora vascular, se identificaron las especies en terreno sobre la base de la experiencia del equipo encargado del levantamiento de información.

La metodología específica de trabajo para la caracterización de la flora se dividió en las siguientes etapas:

- Revisión bibliográfica.
- Inventario de flora.
- Análisis de flora.

a) Revisión bibliográfica

La primera etapa consistió en una revisión bibliográfica, donde se analizaron los antecedentes disponibles para el área de estudio con el objetivo de contextualizar el listado de flora potencial presente en áreas de características similares a las consideradas en el proyecto. Se utilizó el Libro Rojo de la Flora Nativa de la Región de Atacama (Squeo et al. 2008), como referencia de las especies potenciales a ser detectadas en el área de estudio.

b) Inventario de flora

Para el caso de las formaciones herbáceas se establecieron transectos de 50 m y para las formaciones arbustivas, transectos de 100 m; para cada transecto se consideró un ancho de 2 m y posteriormente fue georeferenciado y asociado a la formación vegetal específica a la que corresponde.

En cada parcela se procedió a inventariar la flora presente, registrando el nombre científico de la planta, forma de crecimiento y la abundancia, por medio de la metodología Braun-Blanquet.

Los rangos de Braun - Blanquet indican la dominancia de las especies (densidad y cobertura) y son básicamente rangos de cobertura, excepto los rangos r y + que indican valores bajos de cobertura y además de densidad (ver Tabla 2-21).

Para las especies que no se lograron identificar en terreno, el material recolectado se analizó en gabinete, para lo cual se utilizó la literatura pertinente. La nomenclatura de las especies identificadas se basó en Marticorena y Quezada (1989) y literatura taxonómica más reciente.

Cada especie registrada se colectó y fotografió para su posterior verificación taxonómica en gabinete.

Tabla 2-21: Códigos de abundancia relativa de acuerdo a criterio de Braun – Blanquet

Código	Abundancia relativa en área de muestreo
R	1 individuo
+	2 – 4 individuos
1	5 – 20%
2	20 – 40%
3	40 – 60%
4	60 – 80%
5	80 – 100%

c) Análisis de flora

Con la información recopilada en terreno, para las distintas formaciones vegetales se elaboraron los listados florísticos con la respectiva ubicación taxonómica de las especies.

Todas las especies fueron catalogadas de acuerdo a su clasificación taxonómica, forma de crecimiento, origen biogeográfico, estado de conservación y formaciones en las que fueron registradas.

Para el análisis de las formas de crecimiento se consideraron los siguientes tipos:

- **Árbol:** Especies leñosas, que presentan uno o pocos ejes principales.
- **Arbusto:** Especies leñosas, ramificadas desde la base.
- **Trepadora leñosa:** plantas leñosas que crecen trepadas a los árboles que les sirven de apoyo.

- Parásita: Plantas que viven a expensas, parcial o totalmente de otra especie de planta vascular.
- Hierba perenne: Se incluyen aquí a las especies cuyos individuos poseen órganos de resistencia subterráneos y rebrotan en primavera.
- Hierba anual: Se incluyen aquí a las especies que sobreviven a la estación desfavorable solo mediante sus semillas.

Finalmente el estado de conservación de la flora levantada en el área de estudio se definió de acuerdo a los siguientes listados oficiales:

- DS N ° 151/2007, DS N ° 50/2008, DS N ° 51/2008 y DS N ° 23/2009 MINSEGPRES
- Libro rojo de la flora terrestre de Chile (Benoit 1989)
- Y a los siguientes listados referenciales
- Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación, Región de Atacama (Squeo et al. 2008)
- Boletín Nro. 47 del Museo Nacional de Historia Natural.
- Anexo de categorías de conservación de las Plantas Bulbosas Nativas de Chile (Ravenna et al. 1998)
- Adicionalmente se revisó el D.S 68/2009 para determinar si la formación vegetal corresponde a una formación xerofítica.

2.6.1.4 Resultados

Para el análisis de los resultados, primero se realiza una descripción global del componente a escala regional. Posteriormente se entregan los resultados de las dos campañas de terreno realizadas durante el año 2011 en el área de estudio.

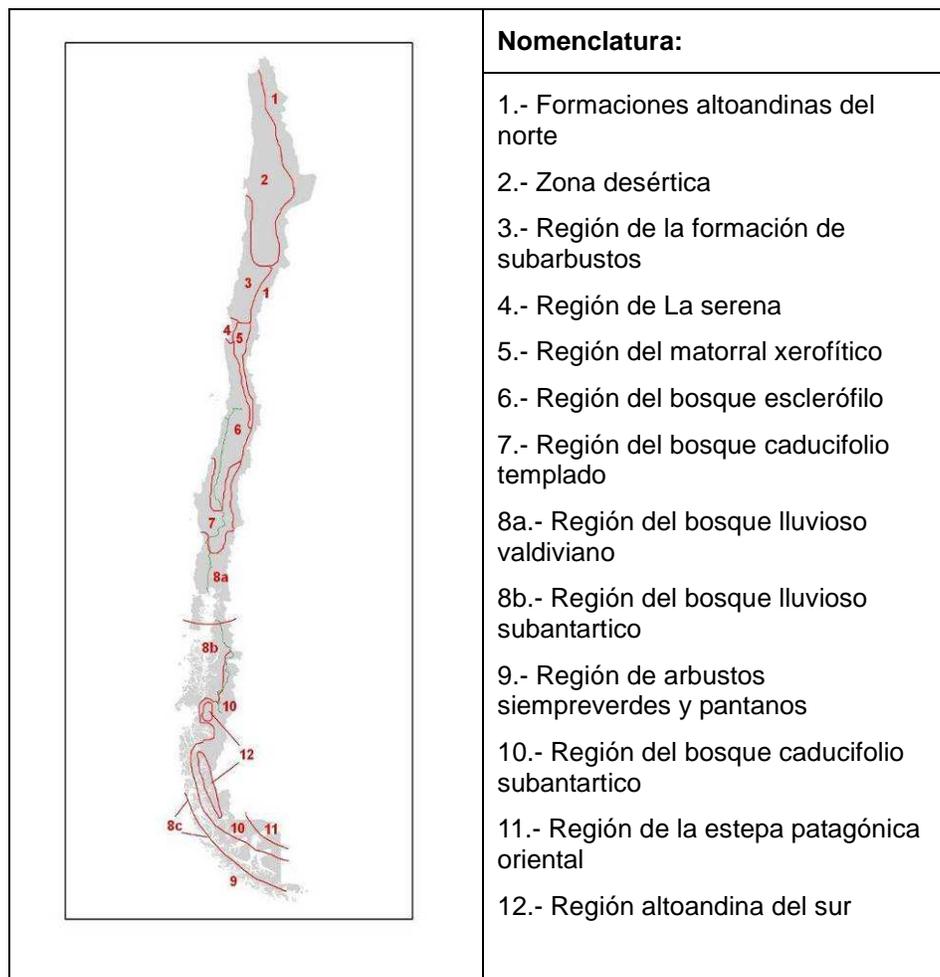
2.6.1.4.1 Descripción del componente a nivel regional

a) Formaciones vegetales

Desde el punto de vista biogeográfico, los sistemas vegetacionales presentes en el área de estudio se insertan en el Reino Neotropical, Dominio Andino Patagónico, Provincia Altoandina (Cabrera y Willink, 1973), en la Región Andina, Subregión Páramo-Puneña, Provincia de la Puna (Morrone, 2001 y 2002).

En términos generales, de acuerdo a Schmithüsen (1956), la vegetación presente en el área de estudio está definida por Formaciones altoandinas del norte (ver Figura 2-23).

Figura 2-23: Zonas vegetales de Chile. Schmithüsen (1956), según modificación presentada por Jürke Grau (1995)



De acuerdo a la clasificación vegetacional de Gajardo (1994) el área del proyecto se ubica en la región de la estepa alto-andina la cual se encuentra en la Cordillera de los Andes árida y semiárida, extendiéndose desde el extremo norte, en el límite de con Perú y Bolivia, hasta las montañas andinas de la VII región.

Las formaciones sugeridas por Gajardo 1994 para este territorio, se señalan a continuación.

- Subregión altiplano y puna: se ubica sobre un relieve de altiplanicies, generalmente con más de 4.000 m de altitud, sujeto a un régimen climático de influencias tropicales con lluvias de verano, que más hacia el sur, en la Puna propiamente tal, sólo constituye una influencia marginal, lo que le concede un carácter de mayor aridez.
- Formación de la estepa desértica de los salares andino: se extiende por los relieves montañosos y ondulados de la cordillera de los Andes, paisaje dominado por la presencia de un conjunto de salares alto andinos. La vegetación muy rala, presenta la fisonomía típica de desierto. No obstante en determinados sectores se observa un aumento de cobertura vegetal. Las especies más típicas de esta formación son: *Stipa chrysophylla*, *Stipa atacamensis*, *Parastrephia lepidophylla*, *Acantholippia trifida*, *Cristaria andicola*, *Atriplex microphylla* y *Fabiana bryoides*.

De acuerdo con la propuesta de pisos de vegetación de Luebert & Pliscoff (2006), en el área de estudio asociada al proyecto, se encontrarían los siguientes:

- Matorral bajo desértico tropical mediterráneo andino de *Atriplex imbricata*: corresponde a un matorral abierto con fuerte presencia de *Atriplex imbricata* con presencia de otras especies como *Cristaria andicola*, *Adesmia atacamensis* y presencia ocasional de especies del género *Argyria*.
- Matorral bajo tropical mediterráneo andino de *Adesmia histrix* y *Ephedra breana*: corresponde a un matorral espinoso, xeromórfico, con coberturas que pueden llegar a superar un 40%. Además de las especies señaladas, se encuentran arbustos como *Viviania marifolia*, *Fabiana imbricata* y *Haplopappus baylahuen*, además de hierbas perennes, caespitosas como *Stipa chrysophylla*. Crece en las

laderas medias andinas de las regiones de Atacama y Coquimbo, entre los 2.700 y 4.000 m.s.n.m.

- Matorral bajo tropical andino de *Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera*: corresponde a un matorral bajo dominado por plantas pulvinadas y gramíneas en mechón entre las que destacan *Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera*, *Adesmia caestiposa*, *Stipa frígida* y *Deyeuxia crispa*, a las que se les asocia un elenco diversificado de herbáceas rosuladas. En algunos sectores marca el límite altitudinal de la vegetación vascular, en cuya extensión puede mezclarse en una transición difusa con elementos del Herbazal tropical andino de *Chaetanthera sphaeroidalis*.
- Herbazal tropical andino de *Chaetanthera sphaeroidalis*: desierto de altura muy abierto, donde sólo se encuentran algunas plantas herbáceas, generalmente en rosetas, que crecen entre las rocas, donde las condiciones de humedad y temperatura son más favorables que en los sectores expuestos al efecto desecante del viento y la baja temperatura del aire. La especie más característica de este piso de vegetación es *Chaetanthera sphaeroidalis*.

En la Figura 2-24 se observa la localización de las formaciones descritas por Gajardo (1994) y en la Figura 2-25 la localización de los pisos vegetales descritos por Luebert & Pliscoff (2006) para el área de estudio.

La equivalencia entre las formaciones vegetales descritas por los autores mencionados, se presenta la Tabla 2-22, donde se entrega una comparación resumen de los sistemas válidamente aplicados y que tendrían correspondencia con las formaciones vegetales factibles de encontrar en la zona donde se inserta el proyecto.

Tabla 2-22: Comparación entre tres formas de clasificación de la vegetación chilena para las zonas comprendidas por el área de estudio

Latitud aproximada	Sistema de clasificación de la vegetación chilena		
	Schmithüsen (1956)	Gajardo (1994)	Luebert y Pliscoff (2006)
26 °S	Formaciones alto-andinas del norte	Región de la estepa alto-andina	Matorral bajo desértico tropical mediterráneo andino
			Herbazal tropical andino

Figura 2-24: Representación de las formaciones vegetales descritas por Gajardo (1994) en relación a los sectores del Proyecto

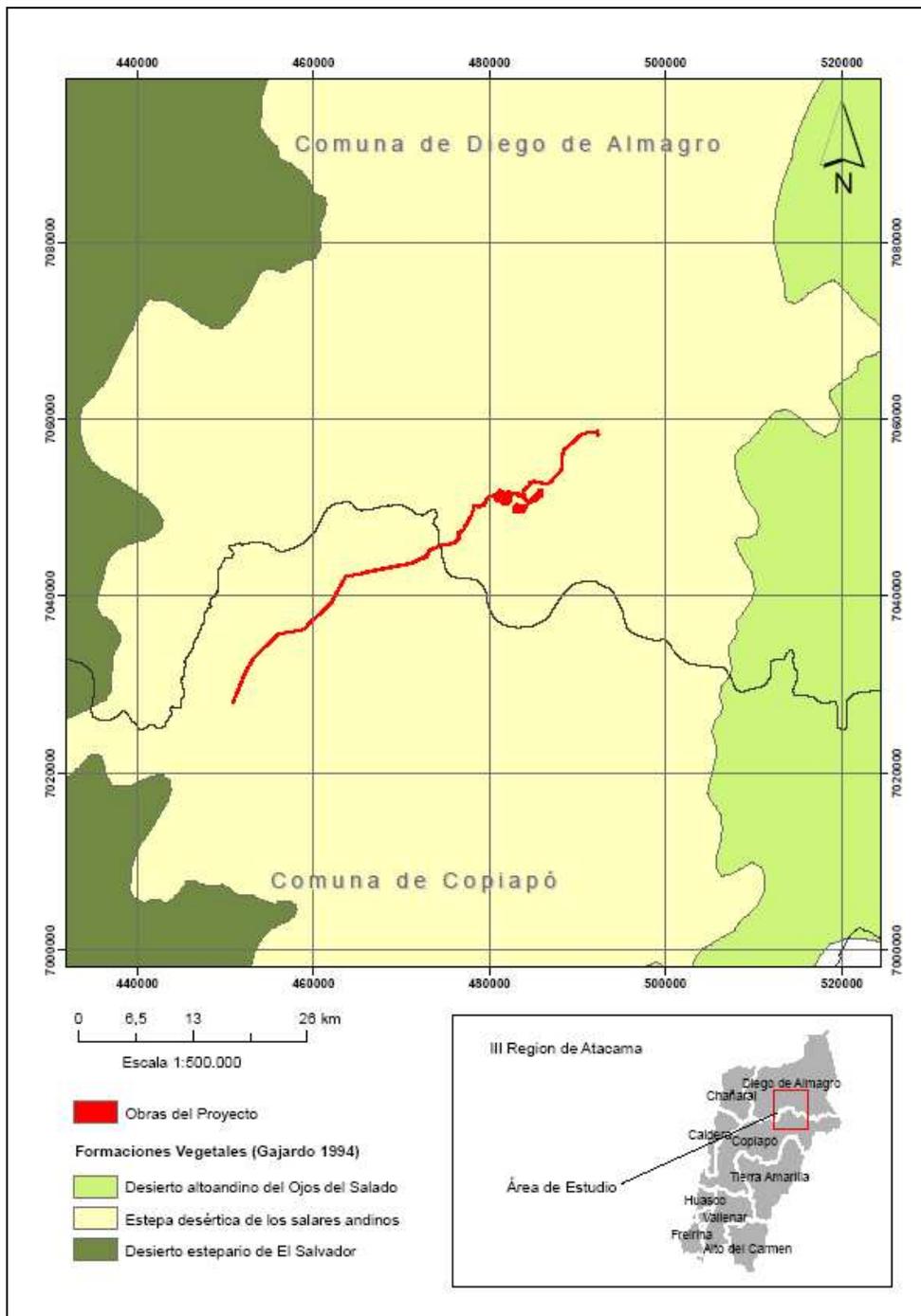
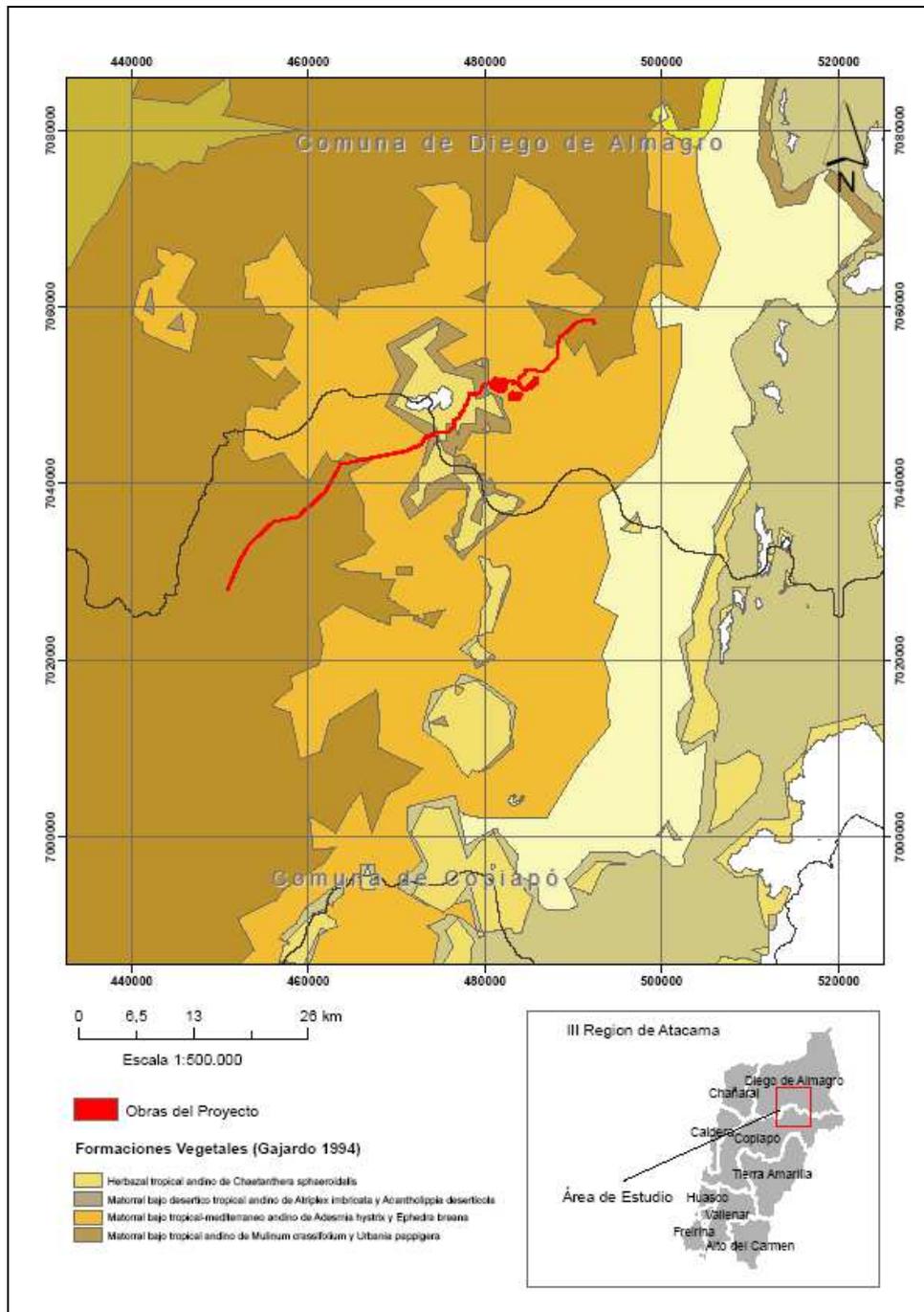


Figura 2-25: Representación de los pisos vegetales descritos por Lubert y Pliscoff (2006) en relación a los sectores del Proyecto



b) Flora

En cuanto a la flora del área de estudio, en la Región de Atacama, existen al menos dos fuentes que brindan información coincidente sobre la riqueza de especies. Una de ellas, Tobar (1998), indica que se registran unas 1.100 especies; a su vez Squeo et al. (2008), plantean que la flora regional estaría formada por unas 1.099 especies, de las cuales 980 (90%) son nativas, y de ellas 532 (54,3%) son endémicas de Chile (Letelier et al. 2008).

Sobre 3.000 m.s.n.m. se presenta el dominio de la biota andino-mediterránea, emplazado en la Cordillera de los Andes, sector denominado también “Andes Desérticos”. El área se caracteriza por una flora vascular con numerosos elementos endémicos de los Andes de Chile y Argentina.

Enfocados en el área de estudio, existen pocos estudios puntuales publicados sobre flora local en los Andes de la región de Atacama y de Coquimbo; entre los modernos se cita la revisión de la flora de la cuenca de los ríos de Valeriano y Laguna Grande (28° 30'-29° 0' S) efectuado por Kalin-Arroyo et al. (1984) y la revisión de la flora de la cordillera de Doña Ana (Squeo et al. 1993), a los 30° 70' S. El trabajo de Kalin-Arroyo (op cit) da cuenta de la flora de las cuencas indicadas, entre 1.800 m.s.n.m. y el límite superior de la vegetación, registrando 282 especies de plantas vasculares; mientras que el trabajo de Squeo et al, (op cit) sobre la cordillera de Doña Ana, indica que sobre los 3.000 m.s.n.m. existirían unas 161 especies, con un 12% de especies endémicas de Chile, porcentaje que disminuye con la altitud; siendo también muy bajo para las plantas de los humedales; la riqueza de especies disminuye también con la altitud.

El trabajo de Squeo et al. (1994), realizado en la cordillera de Doña Ana, definió una zonación de la flora con la altitud. Al respecto, distinguen cuatro pisos: un piso pre-andino con un límite superior a los 2.700 m.s.n.m. con dominancia de arbustos provenientes de los matorrales del desierto (*Atriplex deserticola*) y con presencia de árboles en las quebradas como *Prosopis chilensis*. Sobre éste, un piso subandino, que se extiende hasta los 3.500 m.s.n.m., con dominancia de *Adesmia hystrix* y *Ephedra breana*. Definen, además, un piso andino inferior, sobre los 3.500 m.s.n.m. con presencia dominante de arbustos bajos (i.e. *Adesmia subterranea*, *A. aegiceras* y *A. echinus*) y gramíneas perennes principalmente del género *Stipa*; y, finalmente, sobre 4.250 m.s.n.m., un piso andino superior, con una cobertura muy baja de plantas, con presencia de hierbas

perennes, muy pequeñas, como *Chaetanthera sphaeroidalis*. El límite superior de la vegetación, a esa latitud, se encontraría a unos 4.450 m.s.n.m.

c) Áreas Protegidas en la región de Atacama

En la Región de Atacama, sector donde se emplaza el proyecto Arqueros, se encuentran tres unidades pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Protegidas por el Estado (SNASPE) y ocho consideradas sitios prioritarios para la conservación. Cabe señalar que de la totalidad de unidades identificadas, ninguno intercepta el área de estudio (Tabla 2-23).

Tabla 2-23: Resumen de áreas protegidas III Región de Atacama

Categoría	Nombre Unidad	Provincia	Comuna	Superficie (ha)
Sitio Prioritario	El Pingo	Chañaral	Diego de Almagro	1.307
Sitio Prioritario	Finca de Chañara	Chañaral	Diego de Almagro	1.628
Sitio Prioritario	Quebrada de Dona	Chañaral	Diego de Almagro	16.135
Sitio Prioritario	Salar de Pedernales	Chañaral	Diego de Almagro	61.730
Sitio Prioritario	Morro - Rio Copiapó	Copiapó	Caldera	14.773
Sitio Prioritario	Desierto Florido	Copiapó/Huasco	Copiapó/Vallenar/Alto del Carmen	699.311
Sitio Prioritario	Estuario Huasco y Carriza	Huasco	Huasco	18.453
Sitio Prioritario	Lagunas Huasco Altina	Huasco	Alto del Carmen	50.288
Parque Nacional	Parque Nacional Pan de Azúcar	Chañaral	Chañaral	31.145
Parque Nacional	Parque Nacional Nevado Tres Cruces	Copiapó	Copiapó	55.575
Parque Nacional	Parque Nacional Llanos de Challe	Huasco	Huasco	45.902

2.6.1.4.2 Resultados campaña marzo 2011

Para generar la información que a continuación se detalla, se levantó un total de 22 puntos de observación, distribuidos al azar, en todas las formas fisiográficas, centrando la distribución en los sectores con presencia de vegetación. En cada uno de ellos, fueron registrados datos de la flora y vegetación, de acuerdo a la metodología antes señalada. Se entrega a continuación los resultados para el área de trabajo

a) Vegetación

El área de proyecto se ubica en la parte andina de la cordillera de la Región de Atacama. Se revisaron las áreas de proyecto en lo que se refiere a la composición de las formaciones vegetales existentes en el área de proyecto. Es posible entonces diferenciar al menos las siguientes situaciones desde el punto de vista de la vegetación.

a.1) Formaciones azonales

Corresponden a las formaciones de vega existentes en el área de estudio. Estas formaciones existen básicamente a la disponibilidad de agua superficial en forma permanente, la que apoyada por una topografía de suave pendiente y fisiografía de depresión cerrada, permite su acumulación y por lo tanto disponible para las plantas que ahí se desarrollan. Alcanzan coberturas sobre el 80% llegando incluso al 100%. Las formaciones de este tipo descritas están dominadas por *Oxychloe andina* acompañada por *Stipa sp*, ver Registro Fotográfico en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación.

a.2) Formaciones de matorral o formaciones xerofíticas

Formaciones vegetales que se distribuyen en forma discreta en diferentes exposiciones, posiciones topográficas y fisiográficas. En general constituyen pequeñas áreas (respecto del total del área de estudio) en la que la especie dominante es *Adesmia echinus*, generalmente acompañada por *Stipa chrysophylla*. Aparece también *Cristaria andicola* como especie acompañante. Según su posición, alcanzan coberturas que van desde muy escasa (1 a 5%) a poco densa (50 a 75%), ver Registro Fotográfico en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación.

a.3) Formaciones de pajonal

Corresponden a pequeñas áreas de distribución discreta en la que la especie dominante es *Stipa chrysophylla*, siendo acompañada por escasos ejemplares de especies arbustivas, como es el caso de *Adesmia echinus* o *Fabiana bryoides*. No alcanzan grandes coberturas, siendo lo habitual que sean claras (25 a 50%). V ver Registro Fotográfico en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación.

a.4) Zonas desprovistas de vegetación

Corresponde a la mayoría de la superficie del área de estudio, siendo, como su nombre lo indica, zonas en donde no se registra la presencia de individuos de flora vascular (ver Registro Fotográfico en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación).

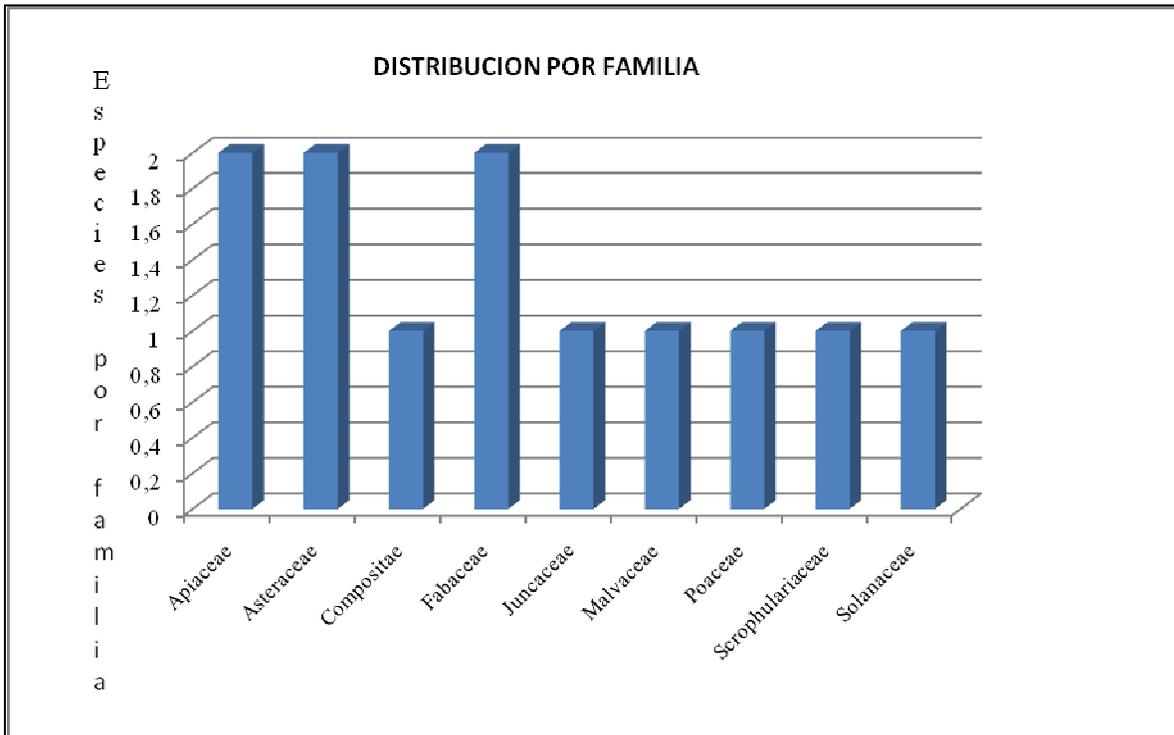
b) Flora

Se registró un total de 12 especies de flora dentro del área de proyecto. Estas especies se distribuyen en 11 géneros y 9 familias. Respecto de estas últimas, se distribuyen de acuerdo a lo detallado en la Tabla 2-24 y en la Figura 2-26.

Tabla 2-24: Distribución de especies por familia

Familia	Nº de especies	Porcentaje
Apiaceae	2	17%
Asteraceae	2	17%
Fabaceae	2	17%
Compositae	1	8%
Juncaceae	1	8%
Malvaceae	1	8%
Poaceae	1	8%
Scrophulariaceae	1	8%
Solanaceae	1	8%
Total	12	100%

Figura 2-26: Distribución especies por familia



Del total de especies descritas y de acuerdo a su origen, 1 especie es Endémicas y 11 Nativas no Endémicas. De acuerdo a su forma de vida se tienen 4 especies del tipo sufrútice, 3 hierbas perennes, 2 fanerófitas y 1 especie para los tipos adventicia, hemicriptófito, y sufrútice-fanerófito. Todas las especies se encuentran en categoría Fuera de Peligro de acuerdo a la legislación vigente.

No obstante lo anterior de las especies descritas, dos se encuentran señaladas en el listado de Especies Nativas Amenazadas del D.S. N° 68, situación que amerita la presentación de un Plan de Trabajo de Formaciones Xerófitas, según lo señala la ley N° 20.283. Estas especies son *Centaurea cachinalensis* y *Adesmia equinus*.

Las especies encontradas se señalan en la Tabla 2-25, y su abundancia relativa en la Tabla 2-26.

Tabla 2-25: Listado de flora vascular terrestre encontrada dentro del área de proyecto

DIVISION

CLASE

FAMILIA

Especie Autor	Nombre común	Origen	Categoría de conservación	Forma de crecimiento
---------------	--------------	--------	---------------------------	----------------------

MAGNOLIOPHYTA (=Angiospermae)

LILIOPSIDA

JUNACEAE

<i>Oxychloe andina</i> Phill.		Nativa endémica	no	Fuera peligro	de	Hierba perenne
-------------------------------	--	-----------------	----	---------------	----	----------------

POACEAE

<i>Stipa chrysophylla</i> Desv.	Coirón amargo	Nativa endémica	no	Fuera peligro	de	Hemicriptófito
---------------------------------	---------------	-----------------	----	---------------	----	----------------

MAGNOLIOPSIDA (=Dicotyledonae)

APIACEAE

<i>Laretia acaulis</i> (Cav) Gillies et Hook	Llaretia	Nativa endémica	no	Fuera peligro	de	Sufrútice
<i>Mulinum spinosum</i> (Cav) Pers.	Chuquicandia	Nativa endémica	no	Fuera peligro	de	Sufrútice Fanerófito

ASTERACEAE (=Compositae)

<i>Centaurea cachinalensis</i> Phill.	Flor del minero	Endémica		Fuera de peligro	Sufrútice
<i>Doniophyton weddellii</i> Katinas et Stuessy		Nativa endémica	no	Fuera de peligro	Adventicia

COMPOSITAE

<i>Perezia purpurata</i> Wedd	Marancel	Nativa endémica	no	Fuera de peligro	Hierba perenne
-------------------------------	----------	-----------------	----	------------------	----------------

FABACEAE

<i>Adesmia subterranea</i> Clos.	Adesmia	Nativa endémica	no	Fuera de peligro	Sufrútice
<i>Adesmia equinus</i> K. Presl.	Adesmia	Nativa endémica	no	Fuera de peligro	Fanerófita

MALVACEAE

<i>Cristaria andicola</i> Gay.		Nativa endémica	no	Fuera de peligro	Fanerófita
--------------------------------	--	-----------------	----	------------------	------------

SCROPHULARIACEAE

<i>Calceolaria pinifolia</i> Cav.	Capachito	Nativa endémica	no	Fuera de peligro	Sufrútice
-----------------------------------	-----------	-----------------	----	------------------	-----------

SOLANACEAE

<i>Fabiana bryoides</i>	Koa	Nativa endémica	no	Fuera de peligro	Fanerófita
-------------------------	-----	-----------------	----	------------------	------------

Tabla 2-26: Abundancia relativa de flora del área de proyecto según criterio de Braun-Blanquet

Especie	Frecuencia
<i>Oxychloe andina</i> Phill.	1
<i>Stipa chrysophylla</i> Desv.	3
<i>Laretia acaulis</i> (Cav) Gillies et Hook	1
<i>Mulinum spinosum</i> (Cav) Pers.	1
<i>Centaurea cachinalensis</i> Phill.	1
<i>Doniophyton weddellii</i> Katinas et Stuessy	1
<i>Perezia purpurata</i> Wedd	1
<i>Adesmia subterránea</i> Clos.	1
<i>Adesmia equinus</i> K. Presl.	5
<i>Cristaria andicola</i> Gay.	2
<i>Calceolaria pinifolia</i> Cav.	1
<i>Fabiana bryoides</i>	r

2.6.1.4.3 Resultados campaña septiembre - noviembre 2011

Dado que al momento de realizar la segunda campaña de terreno, estaban definidas las áreas del proyecto, los resultados se entregan diferenciados por tipo de obra.

a) Vegetación

a.1) Botadero

El área del Botadero se ubica en un área altiplánica de la Cordillera de los Andes por sobre los 4.150 m.s.n.m. y abarca una superficie total de 114,1 ha de las cuales 46,9 ha están cubiertas de vegetación de distintos tipos. Las otras áreas no vegetadas incluyen principalmente caminos y áreas de suelos removidos.

La vegetación que predomina son matorrales (38,4 %) seguido de áreas que presentan escasa vegetación (2,7 %) ver Tabla 2-27.

Tabla 2-27: Resumen uso de suelo presentes en botadero

Uso de Suelo	Superficie (ha)	Superficie (%)
Áreas desprovistas de vegetación	67,2	58,9 %
Matorrales	43,8	38,4 %
Áreas con escasa Vegetación	3,1	2,7 %
Total	114,1	100

En esta área se distinguieron dos tipos de formaciones vegetales correspondientes a matorrales, y áreas con escasa vegetación. La Tabla 2-28 muestra las especies dominantes de las formaciones presentes y la superficie que estas abarcan en el área de botadero.

Tabla 2-28: Formaciones vegetales registradas en el área de botadero

Formaciones	Especies Dominantes	Superficie (ha)
Matorral		
Matorral bajo muy abierto	<i>Adesmia echinus con Calceolaria pinifolia</i>	14,6
Matorral bajo semidenso	<i>Calceolaria pinifolia</i>	2,3
Matorral bajo semidenso	<i>Adesmia echinus con Stipa frigida</i>	26,9
Áreas con escasa vegetación		
Áreas con escasa vegetación	<i>Adesmia echinus</i>	3,1
TOTAL		46,9

- **Matorral:** formación vegetal que reúne tres unidades vegetales con fisionomía de matorral las cuales se distribuyen en forma discreta en diferentes exposiciones constituyendo pequeñas áreas.
 - *Matorral bajo muy abierto de Adesmia echinus con Calceolaria pinifolia:* En esta formación tanto el estrato arbustivo como el herbáceo no superan los 50 cm de altura y presentan una cobertura muy clara (de 10 a 25%). La riqueza florística en esta formación es de 5 especies de plantas vasculares. Las especies dominantes corresponden a *Adesmia echinus* y *Calceolaria pinifolia* (Tabla 2-29). La superficie que cubre esta formación equivale a

14,6 ha representando un 12,8 % de la superficie total del área del botadero. En general, la formación se encuentra en sectores muy intervenidos y ocupa medias laderas en suelos muy pedregosos (ver Registro Fotográfico en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación).

Tabla 2-29: Flora vascular registrada en matorral bajo muy abierto de *Adesmia echinus* con *Calceolaria pinifolia* (Botadero)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso Bajo	Nativo	-	3
<i>Calceolaria pinifolia</i>	Capachito	Leñoso Bajo	Nativo	-	2
<i>Cristaria andicola</i>	Malvilla	Herbáceo	Nativo	-	+
<i>Senecio eriophyton</i>	Chachacoma	Leñoso Bajo	Nativo	En peligro (Squeo et al. 2008)	1
<i>Stipa frigida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo	-	1

- *Matorral bajo semidenso de Calceolaria pinifolia*: en esta formación tanto el estrato arbustivo como el herbáceo no superan los 50 cm de altura y presentan una cobertura semidensa (de 50 a 75%). La riqueza florística en esta formación es de 3 especies de plantas vasculares. La especie dominante corresponde a *Calceolaria pinifolia* (Tabla 2-30). La superficie que cubre esta formación equivale a 2,3 ha representando un 2,0 % de la superficie total del área del botadero. En general, la formación se encuentra en sectores fondos de quebrada de unos 15 m. de ancho extendiéndose hacia las laderas de exposición sur ocupando sectores de suelos inestables y de mucha pedregosidad (ver Registro Fotográfico en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación).

Tabla 2-30: Flora vascular registrada en matorral bajo semidenso de *Calceolaria pinifolia* (Botadero)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso Bajo	Nativo	-	1
<i>Calceolaria pinifolia</i>	Capachito	Leñoso Bajo	Nativo	-	5
<i>Oxychloe andina</i>	Oxicloe	Herbáceo	Nativo	-	+

- *Matorral bajo semidenso de Adesmia echinus con Stipa frigida*: en esta formación tanto el estrato arbustivo como el herbáceo no superan los 50 cm de altura y presentan una cobertura semidensa (de 50 a 75%). La riqueza florística en esta formación es de 2 especies de plantas vasculares las que corresponden a *Adesmia echinus* y *Stipa frígida* (Tabla 2-31). La superficie que cubre esta formación equivale a 26,9 ha representando un 23,6 % de la superficie total del área del botadero. En general, la formación se encuentra en sectores baja ladera ocupando suelos de moderada pedregosidad y corresponde a la formación de mayor superficie presente en el área del Botadero (ver Registro Fotográfico en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación).

Tabla 2-31: Flora vascular registrada en matorral bajo semidenso de *Adesmia echinus* con *Stipa frigida* (Botadero)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa (*)
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso bajo	Nativo	-	5
<i>Stipa frigida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo	-	3

- **Áreas de escasa vegetación**: en esta formación tanto el estrato arbustivo no supera los 50 cm de altura y presentan una cobertura muy abierta que no conforma matorral presentando individuos de *Adesmia echinus* en muy bajas densidades y muy aislados en sectores generalmente intervenido. La superficie

que cubre esta formación equivale a 3,1 ha representando un 2,7 % de la superficie total del área del botadero.

a.2) Depósito de relaves

El área del Depósito de relaves se ubica en un área altiplánica de la Cordillera de los Andes por sobre los 3.700 m.s.n.m. y abarca una superficie total de 73,6 ha de las cuales 45,53 ha están cubiertas de vegetación de distintos tipos. Las otras áreas no vegetadas incluyen principalmente caminos y áreas de suelos removidos.

La vegetación que predomina son matorrales (38,9 %), seguido de áreas con escasa vegetación (10,3%) y pastizales y estepas (8,7%) ver Tabla 2-32.

Tabla 2-32: Resumen uso de suelo presentes en el Depósito de Relaves

Uso de Suelo	Superficie (ha)	Superficie (%)
Áreas desprovistas de vegetación	30,0	40,8%
Áreas con escasa Vegetación	7,6	10,3%
Pastizal y Estepa	6,3	8,7%
Matorrales	28,6	38,9%
Humedales	1,0	1,3%
Total	73,6	100

En esta área se distinguieron dos tipos de formaciones vegetales correspondientes a matorrales, un tipo correspondiente a Pastizal y Estepa, un tipo correspondiente a humedales y además de áreas con escasa vegetación. La

Tabla 2-33 muestra las especies dominantes de las formaciones presentes y la superficie que estas abarcan en el área de depósito de relaves.

Tabla 2-33: Formaciones vegetales registradas en el área del Depósito de Relaves

Formaciones	Especies Dominantes	Superficie (ha)
Matorral		
Matorral bajo abierto	<i>Adesmia echinus con Stipa frigida</i>	25
Matorral bajo semidenso	<i>Adesmia echinus con Stipa frigida</i>	3,6
Pastizal y estepas		
Estepa Alto andina	<i>Stipa frígida</i>	6,3
Humedales		
Vega Alto andina	<i>Deyeuxia velutina</i>	1,0
Áreas con escasa vegetación		
Áreas con escasa vegetación	<i>Adesmia echinus</i>	7,6
TOTAL		43,5

- **Matorral:** formación vegetal que reúne dos unidades vegetales con fisionomía de matorral las cuales se distribuye en diferentes exposiciones constituyendo áreas de diferentes superficies.
 - *Matorral bajo abierto de Adesmia echinus con Stipa frigida:* esta formación es la de mayor extensión en el área con excepción de algunas porciones de suelo desnudo. En el estrato arbustivo se presenta *Adesmia echinus* acompañada de *Haplopappus rigidus*. Los rangos de estratificación vertical no superan los 50 cm de altura con cubrimientos entre los 25 y 50 % lo que la define como de cobertura abierta. En el estrato herbáceo domina *Stipa frígida* (

Tabla 2-34). Finalmente, es importante destacar que al momento de la visita a terreno, algunos sectores se encontraban con 5 a 15 cm de nieve (ver Registro Fotográfico en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación).

Tabla 2-34: Flora vascular registrada en matorral bajo abierto de *Adesmia echinus* con *Stipa frígida* (Depósito de relaves)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso bajo	Nativo	-	3
<i>Haplopappus rigidus</i>	Bailahuen	Leñoso bajo	Nativo	-	1
<i>Stipa frígida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo	-	3

- *Matorral bajo semidenso de Adesmia echinus con Stipa frígida*: esta formación presenta una menor superficie con respecto al matorral bajo abierto descrito en el punto anterior. En el estrato arbustivo se presenta *Adesmia echinus* con alturas menores a los 50 cm y recubrimientos mayores al 50 %. En el estrato herbáceo domina *Stipa frígida* (ver Tabla 2-35).

Tabla 2-35: Flora vascular registrada en matorral bajo semidenso de *Adesmia echinus* con *Stipa frígida* (Depósito de relaves)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa (*)
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso bajo	Nativo	-	5
<i>Stipa frígida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo	-	+

- **Pastizal y estepas**: formación vegetal que reúne dos unidades vegetales con fisionomía de estepas las cuales se distribuye principalmente en sectores de quebradas.
 - *Estepa altoandina de Stipa frígida*: esta formación se encuentra localizada en los extremos del área de estudio, en ella domina *Stipa frígida* con niveles de cubrimiento que varían entre el 50 y 75 % de la superficie. Los rangos de estratificación vertical no superan los 40 cm. En condiciones de sustratos mas rocoso *Stipa frígida* está acompañada de los arbustos *Adesmia echinus*, *Ephedra breana* y *Fabiana byroides* las cuales no superan el 5% de cobertura (ver Tabla 2-36). La fisionomía de la estepa altoandina presente en

el área del depósito de relaves se puede observar en ver Registro Fotográfico en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación .

Tabla 2-36: Flora vascular registrada en Estepa altoandina de *Stipa frigida* (Depósito de relaves)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso bajo	Nativo	-	1
<i>Stipa frigida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo	-	5
<i>Ephedra breana</i>	Pingo Pingo	Leñoso bajo	Nativo	-	r
<i>Fabiana byroides</i>	Fabiana Coral	Leñoso bajo	Nativo	-	1

- **Humedales**

- *Vega alto andina*: formación vegetal muy particular que se vincula a cursos de agua de la alta cordillera. Estructuralmente está constituida por una estrata herbácea semidensa formando pequeñas áreas de distribución que se desarrolla en sectores donde existen niveles freáticos mayores que en el resto de las formaciones. La especie que domina en esta formación es *Deyeuxia velutina* acompañada de *Oxychloe andina*. Los niveles de cubrimiento varían de 50 a 75% y las alturas son menores a los 50 cm. (ver Tabla 2-37).

Tabla 2-37: Flora vascular registrada en Pajonal de *Deyeuxia velutina* (Depósito de relaves)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa (*)
<i>Deyeuxia velutina</i>	-	Hierba perenne	Nativo	-	1
<i>Oxychloe andina</i> .	Oxicloe	Hierba perenne	Nativo	-	5

- **Áreas con escasa Vegetación**: esta unidad corresponde a zonas que debido a las condiciones altitudinales, exposición y disposición de recurso hídrico no presentan coberturas vegetacional significativa o cartografiable. Las especies

encontradas corresponden a *Adesmia echinus*, *Cristaria andicola* y *Stipa frígida* las cuales se encontraron como individuos aislados.

a.3) Rajo (pit)

El área del Pit se ubica en un área altiplánica de la Cordillera de los Andes por sobre los 4.000 m.s.n.m. y abarca una superficie total de 72,0 ha de las cuales 20,0 ha están cubiertas de vegetación del tipo matorral (27,8%). Las otras áreas no vegetadas incluyen principalmente caminos y áreas de suelos removidos (ver Tabla 2-38).

En esta área se distinguió solo la formación correspondiente a matorrales. La Tabla 2-39 muestra las especies dominantes de las formaciones presentes y la superficie que estas abarcan.

Tabla 2-38: Resumen uso de suelo presentes en el área de Pit

Uso de Suelo	Superficie (ha)	Superficie (%)
Áreas desprovistas de vegetación	52	72,2%
Matorrales	20,0	27,8%
Total	72,0	100

Tabla 2-39: Formaciones vegetales registradas en el área de Pit

Formaciones	Especies Dominantes	Superficie (ha)
Matorral		
Matorral bajo abierto	<i>Adesmia echinus</i> y <i>Stipa frígida</i>	2,0
Matorral bajo muy abierto	<i>Adesmia echinus</i>	18,0
TOTAL		20,0

- **Matorral:** formación vegetal que reúne dos unidades vegetales con fisionomía de matorral las cuales se distribuye en diferentes exposiciones constituyendo áreas de diferentes superficies.
 - *Matorral bajo abierto de Adesmia echinus con Stipa frígida:* esta formación presenta un bajo desarrollo en el área de estudio alcanzando solo 2 ha. En el estrato arbustivo se presenta *Adesmia echinus*. Los rangos de estratificación

vertical no superan los 50 cm de altura con cubrimientos entre los 25 y 50 % lo que la define como de cobertura abierta. En el estrato herbáceo domina *Stipa frígida* (ver Tabla 2-40). Finalmente es importante destacar que al área donde se presenta esta formación se encuentra muy intervenida tanto por la presencia de caminos como del desarrollo de un área industrial.

Tabla 2-40: Flora vascular registrada en matorral bajo abierto de *Adesmia echinus* con *Stipa frígida* (área de pit)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso bajo	Nativo	-	3
<i>Haplopappus rigidus</i>	Bailahuen	Leñoso bajo	Nativo	-	1
<i>Stipa frígida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo	-	3

- o *Matorral bajo muy abierto de *Adesmia echinus**: esta formación corresponde a la de mayor extensión en el área presentando como especie dominante a *Adesmia echinus* con coberturas que no superan el 10%. Como especies acompañantes se encontraron *Calceolaria pinifolia* y *Stipa frígida* en densidades y coberturas muy escasas (ver Tabla 2-41).

Tabla 2-41: Flora vascular registrada en matorral bajo muy abierto de *Adesmia echinus* (área de pit)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso bajo	Nativo	-	3
<i>Calceolaria pinifolia</i>	Capachito	Leñoso bajo	Nativo	-	1
<i>Stipa frígida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo	-	1

a.4) Planta y campamento nuevo

El área de Planta y Campamento nuevo se ubica en un área altiplánica de la Cordillera de los Andes por sobre los 4.000 m.s.n.m. y abarca una superficie total de 21,9 ha de las

cuales 3,8 ha están cubiertas de vegetación del tipo matorral cubriendo el 19% del área (ver Tabla 2-42).

Tabla 2-42: Resumen uso de suelo presentes en la Planta y Campamento nuevo

Uso de Suelo	Superficie (ha)	Superficie (%)
Áreas desprovistas de vegetación	18,1	82,6%
Matorrales	3,8	17,4 %
Total	21,9	100

En esta área se distinguió sólo la formación correspondiente a matorrales. La Tabla 2-43 muestra las especies dominantes de las formaciones presentes y la superficie que éstas abarcan.

Tabla 2-43: Formaciones vegetales registradas en el área de Planta y campamento nuevo

Formaciones	Especies Dominantes	Superficie (ha)
Matorral		
Matorral bajo abierto	<i>Adesmia echinus con Stipa frigida</i>	3,2
Matorral bajo muy abierto	<i>Adesmia echinus con cristaria andicola</i>	0,6
TOTAL		3,8

- **Matorral:** formación vegetal que reúne dos unidades vegetales con fisionomía de matorral.
 - *Matorral bajo abierto de Adesmia echinus con Stipa frigida:* formación vegetal que presenta la mayor extensión en el área (3,2 ha) presentando como especie dominante a *Adesmia echinus* en el estrato arbustivo y *Stipa frígida* en el estrato herbáceo con coberturas que no superan el 50% (ver Tabla 2-44).

Tabla 2-44: Flora vascular registrada en matorral bajo abierto de *Adesmia echinus* con *Stipa frigida* (Planta y Campamento nuevo)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso bajo	Nativo	-	3
<i>Cristaria andicola</i>	Malvilla	Herbáceo	Nativo	-	1
<i>Doniophyton sp</i>	-	Herbáceo	Nativo	-	r
<i>Stipa frigida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo	-	3

- *Matorral bajo muy abierto de Adesmia echinus con Cristaria andicola*: formación vegetal que presenta una muy baja extensión en el área (0,6 ha) presentando como especie dominante en el estrato arbustivo a *Adesmia echinus* la cual no supera los 40 cm de altura. En el estrato herbáceo se presenta dominando *Cristaria andicola* acompañada de *Stipa frígida* la cual se encuentra en muy baja proporción (ver Tabla 2-45). Finalmente es importante destacar que al área donde se presenta esta formación se encuentra muy intervenida tanto por la presencia de caminos como del desarrollo de un área industrial.

Tabla 2-45: Flora vascular registrada en matorral bajo muy abierto de *Adesmia echinus* con *Cristaria andicola* (Planta y Campamento nuevo)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso bajo	Nativo	-	1
<i>Cristaria andicola</i>	Malvilla	Herbáceo	Nativo	-	1
<i>Stipa frigida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo	-	r

a.5) Línea eléctrica

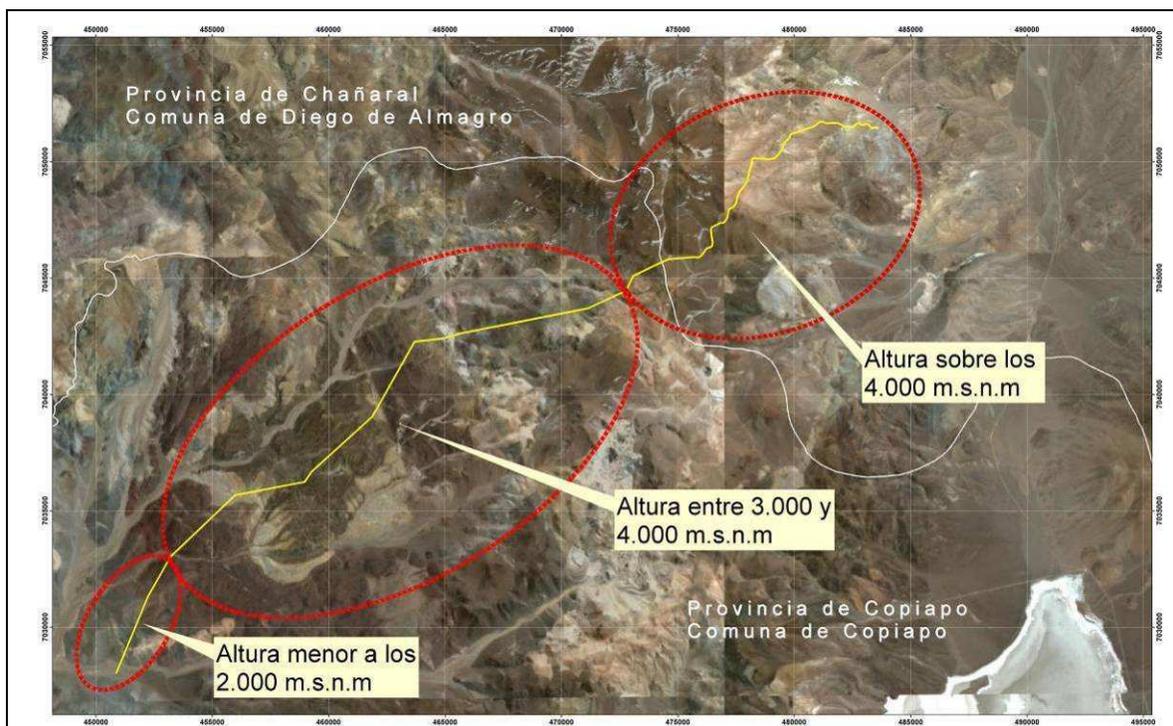
Como se expuso en la metodología, el área de estudio para levantar la información de flora y vegetación se definió a través de un buffer de 15 m hacia cada lado del eje central.

La línea eléctrica presenta una longitud total de 44,9 km y el área de estudio presenta una superficie total de 134,7 ha atravesando diferentes condiciones topográficas y distintos

niveles altitudinales que van desde los 2.800 m.s.n.m hasta por sobre de los 4.500 m.s.n.m generándose situaciones vegetacionales contrapuestas donde es posible observar áreas desprovistas de vegetación en las zonas de altas laderas hasta vegas alto andinas con coberturas semidensas en altitudes intermedias y fondos de quebradas y formaciones de matorrales abiertos en los sectores mas bajos.

La Figura 2-27 muestra los diferentes pisos altitudinales que atraviesa el tendido eléctrico.

Figura 2-27: Tramos línea eléctrica



Las zonas que presentan una escasa vegetación son las que dominan en superficie en el área de estudio junto con las áreas desprovistas de vegetación. Sin embargo, a lo que formación vegetal respecta, las áreas de matorrales son las que presentan un mayor desarrollo cubriendo un 10,1 % de la superficie seguido de áreas de pastizales y estepas (1,5%) y porciones pequeñas de humedales (0,8%) ver Tabla 2-46.

Tabla 2-46: Resumen uso de suelo presentes en Línea eléctrica

Uso de suelo	Superficie (ha)	Superficie (%)
Áreas con escasa vegetación	79,5	59,0%
Áreas desprovistas de vegetación	38,5	28,6%
Humedales	1,0	0,8%
Matorrales	13,6	10,1%
Pastizal y estepa	2,0	1,5%
Total	134,7	100,0%

En esta área se distinguieron formaciones vegetales del tipo matorral con coberturas muy abiertas, abiertas y semidensas, además de humedales del tipo vega alto andina, Pastizales y estepas del tipo estepa alto andina y áreas con bajo desarrollo de la vegetación.

La Tabla 2-47 muestra las especies dominante de las formaciones presentes y la superficie que estas abarcan en el área.

Tabla 2-47: Formaciones vegetales registradas en el área de estudio Línea eléctrica

Formaciones	Especies Dominantes	Superficie (ha)
Matorral		
Matorral bajo muy abierto	<i>Adesmia echinus</i> con <i>Ephedra breana</i>	0,6
	<i>Adesmia echinus</i>	3,2
	<i>Adesmia histryx</i>	0,8
Matorral bajo abierto	<i>Adesmia echinus</i> con <i>Ephedra breana</i>	0,9
	<i>Adesmia echinus</i>	1,9
Matorral bajo semidenso	<i>Adesmia echinus</i> con <i>Ephedra breana</i>	1,4
	<i>Adesmia echinus</i>	3,3
	<i>Adesmia histryx</i>	1,5
Humedales		
Vega alto andina	<i>Deyeuxia velutina</i> con <i>Oxychloe andina</i>	1,0
Pastizal y estepa		
Estepa altoandina	<i>Stipa frigida</i>	2,0
Áreas con escasa vegetación		
Áreas con escasa vegetación	<i>Adesmia echinus</i> , <i>Stipa frigida</i>	79,5
TOTAL		96,1

- **Matorral bajo de *Adesmia echinus* con *Ephedra breana***

Formación vegetal que reúne tres unidades vegetales diferenciadas por sus coberturas muy abiertas, abiertas y semidensas pero donde domina la asociación *Adesmia echinus* con *Ephedra breana*. Esta formación se distribuye en forma discontinua entre los 3.000 y 4.000 m.s.n.m, en sectores planos, intervenidos por la presencia de caminos cercanos y en algunas ocasiones asociándose a cursos de agua no permanente, alcanzando una superficie total de 2,8 ha.

En el estrato arbustivo los rangos de estratificación vertical oscilan entre 20 y 40 cm de altura con cubrimientos que varían en cobertura, sin embargo el estrato herbáceo no supera los 20 cm de altura manteniendo una cobertura menor al 5%. Las especies que dominan en este estrato son *Stipa frígida* y *Cristaria andicola*, además, se presentan raramente *Phacelia cumingii*, *Doniophyton weddellii* *Haplopappus villanuevae* y *Cistanthe salsoloides* (Tabla 2-48).

En zonas de coberturas muy abiertas se presentó en el estrato arbustivo, como especie muy poco frecuente *Senecio sundtii*.

Tabla 2-48: Flora vascular registrada en matorral bajo de *Adesmia echinus* con *Ephedra breana* (Línea eléctrica)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso bajo	Nativo		1 a 5
<i>Ephedra breana</i>	Pingo Pingo	Leñoso bajo	Nativo		1 a 3
<i>Stipa frígida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo		1
<i>Cristaria andicola</i>	Malvilla	Herbáceo	Nativo		1
<i>Phacelia cumingii</i>	Cuncuna	Herbáceo	Nativo		+
<i>Doniophyton weddellii</i>	Cadillo	Herbáceo	Nativo		+
<i>Haplopappus villanuevae</i>	Bailahuén	Herbáceo	Endémico		+
<i>Cistanthe salsoloides</i>	Congonilla	Herbáceo	Nativo		+
<i>Senecio sundtii</i>	-	Arbusto	Nativo		r

En el ver Registro Fotográfico en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación, se muestra la fisionomía de la formación ubicado en la caja de un curso de agua no

permanente y la fisionomía de la formación con cobertura semidensa emplazada en un sector plano cercana a caminos.

- **Matorral bajo de *Adesmia echinus***

Formación vegetal donde predomina en el estrato arbustivo *Adesmia echinus* presentando coberturas muy abiertas, abiertas y semidensas dependiendo de las condiciones topográficas.

Se presentaron 2 situaciones características producto de la altura geográfica y de la topografía.

La primera situación ocurre por sobre los 4.200 m.s.n.m donde *Adesmia echinus* se encuentra asociada a *Stipa frígida* en el estrato herbáceo. Dicha condición se presenta acompañada de fuertes vientos, pendientes fuertes y suelos pedregosos, razón por la cual *Adesmia echinus* no supera los 25 cm de altura. En zonas de coberturas muy abiertas, acompaña en el estrato arbustivo *Calceolaria pinifolia* y en sectores de cobertura semidensa aparece *Cristaria andicola* en el estrato herbáceo.

La segunda situación ocurre entre los 4.000 y 4.200 m.s.n.m ya que la proyección de la línea desciende hacia sectores de valles con mayor humedad, menor viento y suelos de menor pedregosidad, donde *Adesmia echinus* se presenta en forma pura dando paso a matorrales bajos abiertos y semidensos de alturas menores a los 30 cm y acompañada en el estrato herbáceo de *Phacelia cumingii* y *Cristaria andicola*. Ver Registro Fotográfico en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación.

La Tabla 2-49 muestra la flora vascular registrada en esta formación

Tabla 2-49: Flora vascular registrada en matorral bajo de *Adesmia echinus* (Línea eléctrica)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso bajo	Nativo		2 a 5
<i>Stipa frígida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo		0 a 1
<i>Calceolaria pinifolia</i>	Capachito	Leñoso bajo	Nativo		+
<i>Cristaria andicola</i>	Cristaria	Herbáceo	Nativo		+
<i>Phacelia cumingii</i>	Cuncuna	Herbáceo	Nativo		+

- **Matorral bajo de *Adesmia hystrix***

Formación vegetal presente bajo los 3.500 m.s.n.m donde domina en el estrato arbustivo *Adesmia hystrix*. En general esta formación se presenta de forma discontinua en sectores planos, cercanos a caminos y a veces asociada a cursos de agua no permanentes. La cobertura del estrato arbustivo que predomina en esta formación no supera el 10 % y las alturas varían desde 20 a 50 cm.

Solo de manera muy localizada en pequeñas quebradas, *Adesmia hystrix* se asocia a *Adesmia echinus* y a *Ephedra breana* en el estrato arbustivo, y a *Stipa frígida*, *crístaria andicola* y *Phacelia cumingii* no superando el 10% de cobertura en el estrato herbáceo.

La Tabla 2-50 muestra la flora vascular registrada en esta formación.

Tabla 2-50: Flora vascular registrada en matorral bajo de *Adesmia hystrix* (Línea eléctrica)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia hystrix</i>	<i>Varilla brava</i>	<i>Leñoso bajo</i>	<i>Nativo</i>		2 a 5
<i>Adesmia echinus</i>	<i>Espinillo</i>	<i>Leñoso bajo</i>	<i>Nativo</i>		1
<i>Ephedra breana</i>	<i>Pingo Pingo</i>	<i>Leñoso bajo</i>	<i>Nativo</i>		1
<i>Stipa frigida</i>	<i>Paja blanca</i>	<i>Herbáceo</i>	<i>Nativo</i>		1
<i>Cristaria andicola</i>	<i>Cristaria</i>	<i>Herbáceo</i>	<i>Nativo</i>		+
<i>Phacelia cumingii</i>	<i>Cuncuna</i>	<i>Herbáceo</i>	<i>Nativo</i>		+

- **Vega alto andina**

Formación vegetal que se encuentra presente en sectores bajos abiertos .Presenta niveles de cubrimiento de 60 a 80 % donde domina *Deyeuxia velutina*. Esta matriz compacta se observa acompañada de *Oxychloe andina* la cual alcanza un recubrimiento de hasta el 20%. En general las alturas no superan los 50 cm y los niveles de humedad en algunos sectores son permanentes sobre el suelo. Hacia los bordes de la formación es posible encontrar *Cistanthe salsoloides* y *Nastanthus caespitosus*. Ver Registro Fotográfico en Anexo 2.2 – Componente Flora y Vegetación

La Tabla 2-51 muestra la flora registrada en el área de vega alto andina.

Tabla 2-51: Flora vascular registrada en Vega alto andina (Línea eléctrica)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Deyeuxia velutina</i>	Coiron	Herbáceo	Nativo		4
<i>Oxychloe andina</i>	Oxicloe	Herbáceo	Nativo		1
<i>Cistanthe salsoloides</i>	<i>Congonilla</i>	Herbáceo	Nativo		+
<i>Nastanthus caespitosus</i>	<i>Choroera</i>	Herbáceo	Nativo		+

- **Estepa alto andina**

Formación vegetal localizada entre los 3.000 y 4.000 m.s.n.m caracterizada por la presencia de *Stipa frígida* como especie dominante y presentando individuos arbustivos aislados de *Adesmia echinus*, *Ephedra breana* y *Senecio sundtii* en los sectores de mayor pedregosidad. En el estrato herbáceo acompaña *Cristaria andicola* y *Phacelia cumingii*.

La altura máxima que alcanza la vegetación herbácea no supera los 30 cm y el cubrimiento del suelo varía desde el 5 al 25%

La Tabla 2-52 muestra la flora registrada en el área estepa alto andina.

Tabla 2-52: Flora vascular registrada en Estepa alto andina de *Stipa frígida* (Línea eléctrica)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Stipa frígida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo		1 a 3
<i>Ephedra breana</i>	Pingo Pingo	Leñoso bajo	Nativo		+
<i>Adesmia echinus</i>	Espinillo	Leñoso bajo	Nativo		+
<i>Cristaria andicola</i>	Malvilla	Herbáceo	Nativo		+
<i>Senecio sundtii</i>	Senecio	Leñoso bajo	Nativo		R
<i>Phacelia cumingii</i>	Cuncuna	Herbáceo	Nativo		+

- **Áreas con escasa Vegetación**

Esta unidad es la que presenta una mayor superficie en el área de estudio y corresponde a zonas que debido a las condiciones altitudinales, exposición y disposición de recurso hídrico y cercanía a caminos, no presentan coberturas vegetacionales significativa o cartografiable. Las especies arbustivas encontradas corresponden solo a *Adesmia echinus*, la cual fue encontrada como individuos aislados por lo que no forma matorrales. En el estrato arbustivo se encuentran presente individuos aislados de *Stipa frígida*, *Cristaria andicola* y *Phacelia cumingii*.

a.6) Acueducto

El área de estudio para levantar la información de flora y vegetación del acueducto se definió a través de un buffer de 15 m hacia cada lado del eje central. La longitud del acueducto equivale a 14,16 km y el área total revisada corresponde a 42,5 ha.

No se encontraron formaciones vegetales ya que en el área predominan las áreas desprovistas de vegetación. Sin embargo existe solo una zona definida como un sector con escasa vegetación donde se catastro *Adesmia echinus* y *Stipa frígida* en muy bajas densidades.

La Tabla 2-53 muestra el uso de suelo presente en el área de acueducto.

Tabla 2-53: Resumen uso de suelo presentes en Acueducto

Uso de Suelo	Superficie (ha)	Superficie (%)
Áreas desprovistas de vegetación	42,4	99,8 %
Áreas con escasa Vegetación	0,1	0,2 %
Total	42,5	100

a.7) Relaveducto

El área del relaveducto abarca una superficie total de 5,9 ha de las cuales 2,0 ha están cubiertas de vegetación de distintos tipos.

La vegetación que predomina en esta área son los pastizales y estepas (27 %) (Ver Tabla 2-54).

Tabla 2-54: Resumen uso de suelo presentes en la Relaveducto

Uso de Suelo	Superficie (ha)	Superficie (%)
Áreas desprovistas de vegetación	3,9	66 %
Pastizal y estepas	1,6	27 %
Matorrales	0,4	7 %
Total	5,9	100

En esta área se distinguieron las formaciones correspondientes a matorrales y estepas altoandinas. La Tabla 2-55: Tabla 2-55 muestra las especies dominantes de las formaciones presentes y la superficie que éstas abarcan.

Tabla 2-55: Formaciones vegetales registradas en el área de Relaveducto

Formaciones	Especies Dominantes	Superficie (ha)
Matorral		
Matorral bajo abierto	<i>Adesmia echinus</i> y <i>Stipa frigida</i>	0,3
Matorral bajo semidenso	<i>Adesmia echinus</i> y <i>Stipa frigida</i>	0,1
Pastizal y Estepas		
Estepa altoandina	<i>Stipa frígida</i>	1,6
TOTAL		2,0

- **Matorral bajo de *Adesmia echinus* con *Stipa frigida***

Formación vegetal que reúne dos unidades vegetales diferenciadas por sus coberturas abiertas y semidensas pero donde domina la asociación *Adesmia echinus* con *Stipa frígida*.

En el estrato arbustivo los rangos de estratificación vertical oscilan entre 20 a 40 cm de altura con cubrimientos que varían en cobertura, sin embargo el estrato herbáceo no supera los 20 cm de altura manteniendo una cobertura menor al 10% (ver Tabla 2-56).

En zonas de coberturas abiertas acompaña en el estrato arbustivo *Haplopappus rigidus* y en sectores de cobertura semidensa aparece *Cristaria andicola* en el estrato herbáceo.

Tabla 2-56: Flora vascular registrada en matorral bajo de *Adesmia echinus* con *Stipa frigida* (Relaveducto)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	-	Leñoso bajo	Nativo		1 a 4
<i>Stipa frigida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo		2
<i>Haplopappus rigidus</i>	-	Leñoso bajo	Nativo		+
<i>Cristaria andicola</i>	Cristaria	Herbáceo	Nativo		+

- **Estepa altoandina de *Stipa frígida***

Corresponde a la formación de mayor desarrollo de vegetación en el área del relaveducto. Se caracteriza por presentar una alta cobertura de *Stipa frígida* (mayor al 50%) con presencia de *Cristaria andicola* (ver Tabla 2-57). Además en el estrato arbustivo destaca la presencia de *Adesmia echinus* con coberturas menores al 5%. Los rangos de estratificación vertical oscilan entre los 25 y 40 cm.

Tabla 2-57: Flora vascular registrada en Estepa altoandina de *Stipa frigida* con *Cristaria andicola* (Relaveducto)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	-	Leñoso bajo	Nativo		1
<i>Stipa frigida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo		4
<i>Haplopappus rigidus</i>	-	Leñoso bajo	Nativo		+
<i>Cristaria andicola</i>	Cristaria	Herbáceo	Nativo		1

a.8) Camino asociado al campamento nuevo

El área del camino nuevo abarca una superficie total de 1,1 ha de las cuales 0,7 ha están cubiertas de vegetación del tipo matorral.

La vegetación que predomina en esta área son los pastizales y estepas (27 %) (Ver Tabla 2-58).

Tabla 2-58: Resumen uso de suelo presentes en el camino nuevo

Uso de Suelo	Superficie (ha)	Superficie (%)
Áreas desprovistas de vegetación	0,4	36 %
Matorrales	0,7	64 %
Total	1,1	100

En esta área se distinguió solo la formación de matorrales. La Tabla 2-59 muestra las especies dominantes de la formación presentes y la superficie que ésta abarca.

Tabla 2-59: Formaciones vegetales registradas en el área de Relaveducto

Formaciones	Especies Dominantes	Superficie (ha)
Matorral		
Matorral bajo abierto	<i>Adesmia echinus</i> y <i>Stipa frigida</i>	0,3
Matorral bajo semidenso	<i>Adesmia echinus</i> y <i>Stipa frigida</i>	0,4
TOTAL		0,7

- **Matorral bajo de *Adesmia echinus* con *Stipa frigida***

Formación vegetal que reúne dos unidades vegetales diferenciadas por sus coberturas abiertas y semidensas pero donde domina la asociación *Adesmia echinus* con *Stipa frígida*. Ver Tabla 2-60.

En el estrato arbustivo los rangos de estratificación vertical no superan los 30 cm de altura con cubrimientos que varían en cobertura de abierto a semidenso.

Tabla 2-60: Flora vascular registrada en matorral bajo de *Adesmia echinus* con *Stipa frigida* (Camino nuevo)

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo Biológico	Origen	Estado conservación	Abundancia relativa
<i>Adesmia echinus</i>	-	Leñoso bajo	Nativo		2
<i>Stipa frigida</i>	Paja blanca	Herbáceo	Nativo		1
<i>Cristaria andicola</i>	Cristaria	Herbáceo	Nativo		+

b) Flora

Sumando las tres visitas a terreno, que se realizaron en esta campaña de monitoreo, se efectuaron 66 inventarios florísticos en las obras del proyecto. Como resultado de éstos se encontraron 16 especies de plantas vasculares, las cuales fueron caracterizadas en términos de riqueza, tipo biológico, origen biogeográfico y estado de conservación.

b.1) Riqueza y composición florística

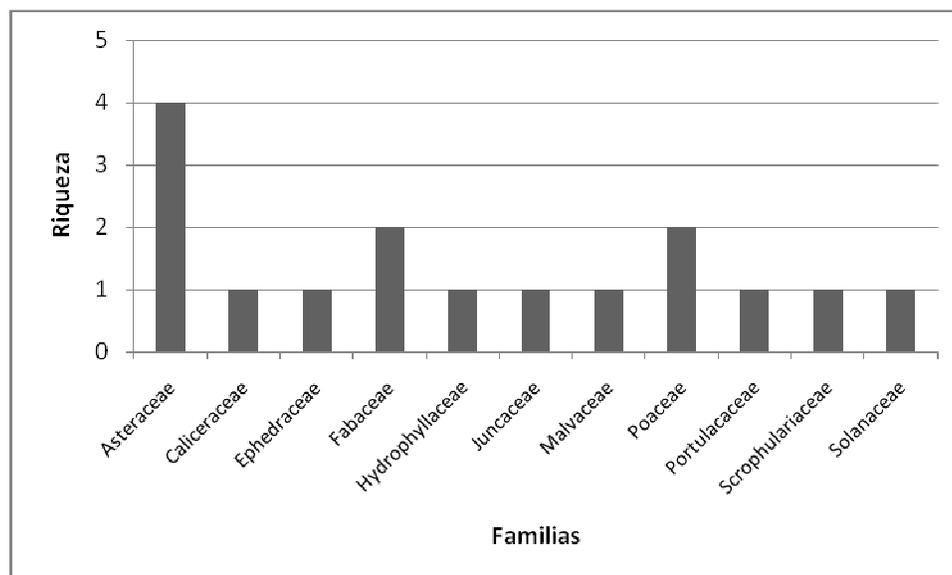
La Tabla 2-61 muestra la clasificación taxonómica agrupada por familias, géneros y especies.

Tabla 2-61: Número de géneros y especies por familias registradas en el área de estudio

Familia	Género	Especies
Asteraceae	3	4
Caliceraceae	1	1
Ephedraceae	1	1
Fabaceae	1	2
Hydrophyllaceae	1	1
Juncaceae	1	1
Malvaceae	1	1
Poaceae	2	2
Portulacaceae	1	1
Scrophulariaceae	1	1
Solanaceae	1	1
TOTAL	14	16

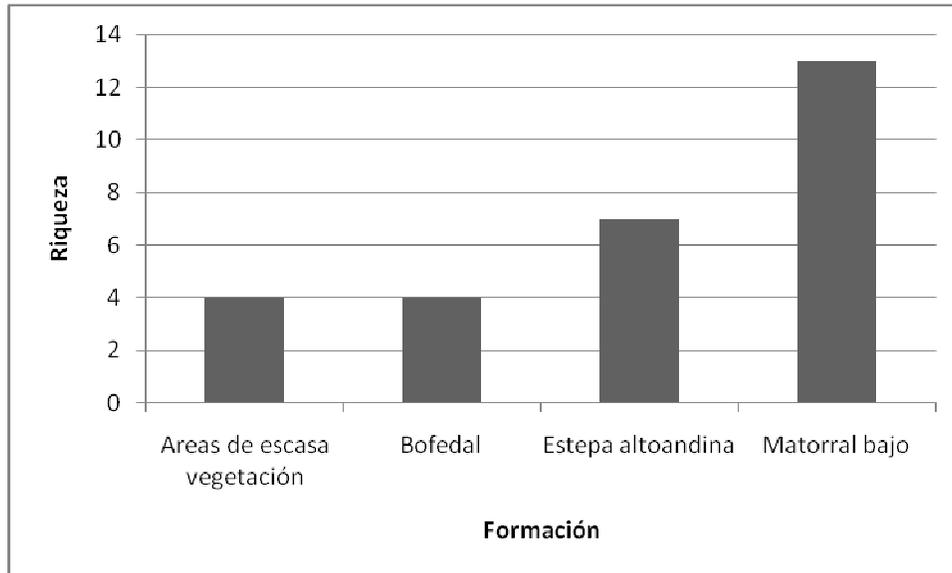
De las 11 familias taxonómicas registradas en el área de estudio, las más representativas es Asteraceae (4 especies), Poaceae (2 especies) y Fabaceae (2 especies) que en conjunto agrupan el 50,0 % de la flora total registrada (ver Figura 2-28).

Figura 2-28: Riqueza de especies por familia (en orden alfabético) presentes en el área de estudio



Las especies más frecuentes registradas fueron *Adesmia echinus* y *Stipa frigida* encontradas en 34 y 27 inventarios respectivamente.

La formación que presentó una mayor riqueza de especies corresponde al Matorral bajo, donde se encontraron 13 especies, seguido estepa altoandina con 7. En la Figura 2-29 se muestra la riqueza de especies presentes en las formaciones vegetales del área de estudio.

Figura 2-29: Número de especies por formación vegetal

b.2) Origen biogeográfico y tipo biológico

De las 16 especies registradas en el área de estudio 15 son de origen nativo y una de origen endémico (ver Tabla 2-62).

Tabla 2-62: Flora vascular del área de estudio según tipo biológico y origen

Tipo biológico	Autóctonas		Alóctona	Total	%
	Nativa	Endémica			
Leñoso bajo	7	1	0	8	50%
Herbáceo	8	0	0	8	50%
Total	15	1	0	16	100%

El Anexo 2.2 – Componente flora y vegetación, presenta el listado taxonómico de la flora vascular registrada en el área de estudio para las obras del proyecto, indicando familia, especie (nombre científico), tipo biológico, origen y formación donde se registró.

b.3) Estado de conservación de la flora

De acuerdo a los listados oficiales de especies en categoría de conservación, no se encontraron especies listadas.

De acuerdo a los listados referenciales propuestos, *Senecio eriophyton* se encuentra catalogada como en peligro y *Haplopappus villanuevae* se encuentra catalogada como insuficientemente conocida, según el Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación, Región de Atacama (Squeo et al. 2008).

2.6.1.5 Conclusiones

En general, los cuadros de vegetación presentan altos niveles de alteración, situación que se refleja por las áreas que se encuentran desprovistas de vegetación causadas por la presencia de caminos y unidades productivas las cuales califican al área como sin desarrollo vegetacional. Sin embargo, se destaca que especialmente en el área donde se emplazará el depósito de relaves, se encuentran sistemas de vegas alto andinas que a pesar de no presentar especies en categoría de conservación, constituye por sí solas un elemento particular como fuente de agua, recurso muy escaso en la zona, además de facilitar el desarrollo de numerosas especies de fauna.

En las áreas evaluadas para el proyecto se identificaron 16 especies de flora terrestre, 15 ellas autóctonas y 1 endémicas de Chile. De acuerdo a la legislación actualmente vigente, ninguna de las especies detectadas se encuentra en categoría de conservación, ni tampoco se detectó alguna especie que estuviera declarada como monumento natural. Por lo tanto, no es necesaria la preparación y aplicación de medidas especiales de compensación o documentos específicos de trabajo. Sin embargo, se encontró en el área de botadero la presencia de *Senecio eriophyton*, especie propuesta en los listados referenciales, como en peligro, por Squeo et al, 2008 para la región de Atacama. Por otro lado, en el área de la línea eléctrica se encontró la presencia de *Haplopappus villanuevae Phil.*, especie propuesta en los listados referenciales, como en insuficientemente conocida por Squeo et al, 2008 para la región de Atacama.

Se destaca que en gran parte del área de estudio, la vegetación y flora presente es escasa, ya que corresponde a un área totalmente alterada por actividades productivas anteriores, sin embargo, se debe tener especial cuidado en la fase de construcción de la línea eléctrica con las zonas de vegas alto andinas.

Finalmente se concluye que se debe preparar la tramitación de un Plan de Trabajo para el Aprovechamiento Sustentable de formaciones Xerofíticas, dado que existe dentro de las

áreas de proyecto formaciones de matorral con presencia de *Adesmia echinus*, especie señalada en el D.S. 68.

2.6.2 Fauna

2.6.2.1 Introducción

La fauna, animales de una determinada región, como recurso natural renovable junto con el agua, el aire, el suelo y la vegetación, cumple una importante función ecosistémica y puede estar sometida a un uso consuntivo o no consuntivo. La fauna de vertebrados es un elemento del medio biótico conspicuo, detectable, cuantificable y que también es sensible a modificaciones o alteraciones, especialmente a aquellas de origen antrópico, por ello es un componente que usualmente se considera previo al desarrollo de proyectos que impliquen una modificación del ambiente.

El siguiente capítulo describe la fauna de vertebrados silvestres, asociados al Proyecto “Arqueros”, ubicado en la Región de Atacama, y perteneciente a Laguna Resources Chile Ltda., considerando un marco de referencia local y regional.

2.6.2.2 Objetivos

Los objetivos del presente estudio en lo referente a la Fauna son los siguientes:

- Caracterizar la fauna del proyecto, en términos de su diversidad, incluyendo descriptores como la composición, la distribución y el estado de conservación de las especies.
- Establecer la posible presencia en el área de especies endémicas y/o amenazadas de extinción, lo que constituyen un elemento relevante a ser considerado en la evaluación respectiva.
- Caracterizar el área de influencia del proyecto Arqueros como hábitat para la fauna.

2.6.2.3 Metodología

2.6.2.3.1 Recopilación de Antecedentes

Esta etapa (realizada antes de la visita a terreno), permite reunir todos los antecedentes necesarios, para la óptima ejecución del estudio.

a) Revisión bibliográfica

El objetivo de la revisión bibliográfica es conformar un inventario de las especies potenciales en el área en que se inserta el tendido eléctrico. Para generar el catastro de las especies posibles de encontrar en el área de estudio, se realiza una revisión de la literatura publicada sobre fauna de la región de Atacama y específica en relación a la zona de estudio. También se revisa la base de datos de colecciones del Museo Nacional de Historia Natural (incluyendo aquellos registros publicados por Núñez, 1992 y Torres-Mura, 1991).

La consulta bibliográfica incluye las siguientes referencias:

- para reptiles: Donoso-Barros (1966), Pincheira-Donoso y Núñez (2005), Veloso y Navarro (1988).
- para aves: Goodall, et al. (1946, 1951), Jaramillo (2003), Lazo y Silva (1993), Martínez y González (2005), Muñoz-Pedrerros y Yáñez (2004).
- para mamíferos: Muñoz y Yáñez (2000), Iriarte (2008, 2010) y Osgood (1943).

También se consultó las páginas de recopilación bibliográfica de E. Silva-Aránquiz en la red global (3w.bio.puc.cl/auco/publications.htm).

b) Determinación del Estado de Conservación de las especies

Para establecer el estado de conservación de las especies de la fauna de vertebrados tetrápodos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) presentes en el área de estudio, se utiliza el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCES), contenidos en los D. S. de MINSEGPRES.

La Ley de Bases del Medio Ambiente (Ley N° 19.300 de 1994 y su modificación del artículo 37, en la Ley N° 20.417 de 2010) establece que “El reglamento fijará el procedimiento para clasificar las especies de plantas, algas, hongos y animales silvestres,

sobre la base de antecedentes científico-técnicos, y según su estado de conservación, en las categorías recomendadas para tales efectos por la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN) u otro organismo internacional que dicte pautas en estas materias". En junio de 2004 el Decreto Supremo N° 75 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia aprobó el Reglamento para Clasificación de Especies Silvestres, que establece las disposiciones que rigen el procedimiento para la clasificación de especies de flora y fauna silvestre en las categorías de conservación a que alude el artículo 37 de la ley N° 19.300.

En concordancia con ese Reglamento, los Decretos Supremos N° 151 de diciembre de 2006, N° 50 y N° 51 de junio 2008 y N° 23 de Mayo de 2009 del MINSEGPRES, oficializaron las clasificaciones del estado de conservación de numerosas especies de flora y de fauna silvestre. De acuerdo a lo anterior, para establecer el estado de conservación de la fauna se utiliza los D. S. de MINSEGPRES.

En forma complementaria con lo anterior, para el estado de conservación de la fauna de vertebrados no incluida en los mencionados decretos supremos, se examinan los estados consignados en la Ley de Caza y su Reglamento (Decreto Supremo del 7 de diciembre 1998, SAG 2008), que contiene un listado de los vertebrados terrestres de Chile. La clasificación mencionada, usa las categorías En Peligro, Vulnerable, Rara, Inadecuadamente Conocida y Fuera de Peligro, definiendo estados de conservación por regiones o zonas del país (en este caso zona norte, regiones de Arica Parinacota a Atacama).

2.6.2.3.2 Trabajo en Terreno

En una labor complementaria a las anteriores, para levantar la información de línea de base de fauna, se realizaron cuatro visitas al área de influencia del proyecto. La primera visita fue de dos días en marzo de 2011 (verano), la segunda fueron cinco días en septiembre de 2011 (primavera), la tercera fue de tres días y la última de dos días, ambas en noviembre de 2011 (primavera).

a) Objetivos del trabajo en terreno

A través de estas visitas a terreno, tres biólogos recorrieron las áreas de interés con el objetivo de:

- Determinar los hábitats característicos del área.
- Establecer la presencia actual o potencial y las abundancias de las especies, incluyendo reptiles, aves y mamíferos.

b) Reconocimiento de las especies de fauna

La presencia de las diferentes especies de fauna se establece, tanto, a través de métodos directos, como de métodos indirectos, en este último caso siguiendo las recomendaciones de CONAMA (1994, 1996) y SAG (2010). Para el área de estudio se utilizó la siguiente metodología específica:

b.1) Reptiles

Método directo: observación en un día con temperaturas adecuadas (en días de sol) para la actividad de este grupo (ectotermo) y búsqueda en los lugares con mayor probabilidad de encuentro, entre la vegetación, bajo piedras, en roqueríos y laderas xéricas.

Métodos indirectos: registro de mudas, restos de animales muertos y presencia de fecas (que son características en algunas especies).

b.2) Aves

Métodos directos: avistamientos y/o estaciones de escucha en todo el campo visual.

Métodos indirectos: presencia de cuevas, nidos, plumas, huevos, huesos, egagrópilas (Ej. denota la presencia de rapaces).

b.3) Mamíferos

Métodos directos: observación de ejemplares en terreno.

Métodos indirectos: presencia de animales muertos (momia), fecas huellas, madrigueras (Ej. ver Anexo 2.3 – Registro Fotográfico), restos óseos en egagrópilas, consulta a trabajadores conocedores de la fauna local.

Con el trabajo en terreno de cuatro visitas en tres temporadas, las revisiones bibliográficas y de colecciones, es posible confeccionar el catastro de los vertebrados actual y/o potencialmente presentes en el sector involucrado.

c) Cálculo de abundancia de reptiles

Para estimar la abundancia de las especies de reptiles se realizó un total de 41 transectos de 100 m de largo; 22 transectos en el área mina (ver Tabla 2-63) y 19 transectos en el trazado del tendido eléctrico (ver Tabla 2-64), distribuidos en los diferentes ambientes reconocidos en el área de estudio. Cada transecto de 100 m fue recorrido caminando y se registró todos los individuos observados a una distancia de hasta 10 m a cada lado del transecto, además se estandarizó el tiempo de muestreo a un máximo de 10 minutos para cada transecto.

Este método permite registrar tanto la riqueza de especies (diversidad) presente en cada hábitat como su abundancia, la que se expresa como el número de individuos observados por transecto. Se registró además los ejemplares observados fuera de transecto (FT), esto es, observaciones realizadas anteriores o posteriores al periodo de recorrido de cada transecto.

d) Cálculo de abundancia de aves terrestres

Para estimar la abundancia de las especies de aves terrestres se realizó un total de 41 transectos de 100 m de largo; 22 transectos en el área mina (ver Tabla 2-63) y 19 transectos en el trazado del tendido eléctrico (ver Tabla 2-64), distribuidos en los diferentes hábitats reconocidos en el área de estudio. Cada transecto de 100 m fue recorrido a pie y se registró todos los individuos observados y/o escuchados dentro del campo visual y a una distancia de hasta 20 m a cada lado del transecto, estandarizando el tiempo de muestreo a un máximo de 10 minutos para cada transecto.

Este método permite registrar la riqueza de especies (diversidad) presente en cada hábitat y su abundancia, la que se expresa como el número de individuos observados por transecto. Sin perjuicio de lo anterior, y considerando que este método produce un sesgo en la estimación de abundancias de especies de alta movilidad y detectabilidad (i.e. rapaces) que impide su comparación con otros taxa, tales especies fueron tratadas solo como presentes (i.e. observadas) o ausentes. Se registraron además los ejemplares observados fuera de transecto (observaciones realizadas antes o después del tiempo de recorrido de cada transecto).

Para los mamíferos más visibles se estableció su abundancia relativa en relación con los mismos transectos.

Tabla 2-63: Ubicación de transectos para reptiles y aves terrestres en el área del proyecto Arqueros (Datum: WGS84)

Transecto N°	Coordenadas UTM	Área
1	485.705 – 7.051.747	Depósito de relave
2	484.580 – 7.050.646	Depósito de relave
5	484.629 – 7.052.700	Obras existentes
6	484.750 – 7.049.712	Campamento proyectado
7	484.635 – 7.053.050	Camino camp. proyectado
8	481.394 – 7.051.152	Arqueros
9	480.842 – 7.051.513	Botadero de estériles
10	481.107 – 7.052.389	Huantajaya
11	482.433 – 7.051.506	Huantajaya
12	482.797 – 7.051.378	Chimberos
13	482.927 – 7.051.224	Planta de procesos
14	482.924 – 7.051.225	Planta de procesos
15	492.307 – 7.058.272	Pozos
16	488.565 – 7.056.543	Acueducto
17	491.322 – 7.058.424	Acueducto
18	485.059 – 7.050.949	Depósito de relave
19	485.833 – 7.052.041	Depósito de relave
20	484.704 – 7.052.831	Depósito de relave
21	485.531 – 7.053.101	Depósito de relave
22	486.897 – 7.052.947	Acueducto

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-64: Ubicación de transectos para reptiles y aves terrestres a lo largo del trazado del tendido eléctrico (Datum: WGS84)

Transecto N°	Coordenadas UTM	Ambiente	Altura (msnm)
1	480.523 – 7.060.531	Ladera con vegetación y camino	4363
2	478.512 – 7.050.068	Zona intervenida, camino	4600
3	477.317 – 7.047.805	Zona intervenida, camino	4605
4	474.989 – 7.046.211	Zona intervenida, camino	4532
5	471.435 – 7.043.658	Vega húmeda y ladera con vegetación	3884
6	470.680 – 7.043.612	Ladera exposición oeste con vegetación	3845
7	470.414 - 7.043.522	Vega seca y ladera exposición sur	3788
8	465.135 – 7.042.407	Llano con vegetación rala	3505
9	463.952 – 7.042.228	Ladera y llano con vegetación	3490
10	463.414 – 7.041.741	Quebrada y ladera con vegetación	3485
11	462.309 – 7.039.552	Ladera exposición sureste con vegetación	3409
12	460.453 – 7.037.828	Ladera exposición este con vegetación	3325
13	458.858 – 7.036.357	Ladera exposición sur con vegetación	3231
14	457.368 – 7.036.117	Llano con vegetación rala	3167
15	456.063 – 7.035.669	Llano con vegetación rala	3105
16	454.248 – 7.033.699	Llano con vegetación rala	3042
17	452.560 – 7.031.962	Llano sin vegetación	2927
18	451.310 – 7.030.094	Llano sin vegetación	2853
19	450.983 – 7.028.115	Llano sin vegetación	2824

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.4 Resultados

Se describen los resultados obtenidos para la fauna terrestre, durante las prospecciones realizadas en marzo, septiembre y noviembre de 2011, en el área de influencia del área mina, (rajo, botadero de estériles, planta de procesos, depósito de relaves, acueducto e infraestructura de apoyo) y del trazado del tendido eléctrico del proyecto Arqueros, ubicado en la región de Atacama.

2.6.2.4.1 Descripción global del componente

En el norte de Chile se reconocen tres grandes unidades geomorfológicas: la Cordillera de la Costa, la Depresión intermedia (de 1.000 m de altitud) y la Cordillera de los Andes. La alta radiación solar y la sequedad del aire, junto a la orografía, son elementos relevantes e influyentes sobre las distintas formas de vida de toda la zona norte de Chile (Moreira-Muñoz, 2011).

Todo el norte grande está bajo la influencia del anticiclón del Pacífico suroriental, que genera una gran estabilidad atmosférica, la que lleva humedad a la costa y permite el desarrollo del desierto costero, de características menos drásticas que el desierto interior. La existencia de una inversión térmica y la altura de la cordillera costera impiden la penetración de la humedad hacia la depresión intermedia. Por otra parte, la altura de los Andes también impide el paso de la humedad del este hasta esta zona, generándose una de las regiones más áridas del planeta (desierto absoluto) en la depresión intermedia. Sin embargo en algunas áreas, gracias al afloramiento de napas freáticas hay desarrollo de vegetación. En la zona andina el anticiclón se ve debilitado, favoreciendo la penetración de masas de aire tropical provenientes del este y portadoras de precipitaciones, lo que hace que en el altiplano se desarrollen algunas formaciones vegetales y que haya cursos de agua permanentes. Sin embargo, en las zonas andinas de las regiones de Atacama y Coquimbo, las condiciones desérticas cruzan la cordillera de los Andes hacia el sector argentino (y se extienden hacia la Patagonia), conformando lo que se denomina la Diagonal Árida de Sudamérica (Villagrán e Hinojosa, 2005), esto sumado a la altura hacen que amplias zonas tengan una fisonomía de desierto absoluto.

Desde un punto de vista zoogeográfico la región de Atacama, forma parte de las “Comunidades Desérticas” definidas por Mann (1960) y que se caracterizan por la presencia de un reducido grupo de animales. El área costera y la depresión intermedia de esta región forman parte de una zona esteparia de transición entre el desierto absoluto de más al norte (regiones XV, I y II) y los matorrales mediterráneos de más al sur (IV región al sur). La zona andina representa también una situación de transición entre la fauna del altiplano de las mencionadas regiones nortinas y la zona andina de Chile central (Artigas, 1975).

En ciertos sectores las condiciones desérticas generales se ven aminoradas, por la presencia de afloramientos de agua que permiten el desarrollo de comunidades vegetales, las que constituyen la base de recursos para la fauna. En parte del área de estudio estas condiciones locales están representadas por las quebradas con vegas y sus afluentes, sin embargo la mayor parte de la superficie corresponde a planicies o laderas xéricas con escasa vegetación y fauna. El área del proyecto se ubica en la Zona Zoogeográfica Andina, caracterizada por un reducido número de especies con amplia selección de hábitat (generalistas) y con distribuciones extendidas por los Andes de varias regiones (Contreras, 2000; Stotz et al, 1997).

2.6.2.4.2 Composición específica

El catastro de la fauna de vertebrados tetrápodos actual y/o potencialmente presente en el área de estudio está compuesto por un total de 40 especies, 39 nativas y solo una introducida. En la Tabla 2-65 se muestra el resumen con las estadísticas generales de la fauna y en la Tabla 2-66 se entrega el detalle de las especies del sector, con la distribución geográfica, el origen y el estado de conservación. En el área de influencia del trazado hay cuerpos de agua permanentes pero no se registró la presencia de anfibios, tampoco se han encontrado anfibios en las prospecciones realizadas en diversas localidades de la zona andina, éstos habitan mucho más abajo, en el río Figueroa (en altitudes menores a 2.800 msnm). El catálogo de la fauna está formado por cuatro reptiles, 28 especies de aves (todas nativas) y ocho taxa de mamíferos (una introducida, la liebre).

Las aves son la clase más diversa, con siete especies de cuatro órdenes “no paseriformes” y 21 especies del orden Passeriformes. Siguen en diversidad los mamíferos con ocho especies de cuatro órdenes, y luego los reptiles con cuatro especies. En terreno se observaron efectivamente 35 especies (87,5% de los taxa del inventario), los cuatro reptiles, 24 taxa de aves y siete de mamíferos. Cinco especies no se observaron directamente, pero su presencia se infiere por su selección de hábitat en la región, ha sido observada por los especialistas en otras oportunidades en el área y/o están documentadas por la literatura.

Tabla 2-65: Estadística de los Vertebrados (ordenados por clase) del proyecto Arqueros

CLASE	Endémicas	Amenazadas*	Introducidas	Observadas	Total de especies**
Reptiles	3	3	-	4	4
Aves	-	1	-	24	28
Mamíferos	-	4	1	7	8
Total	3	8	1	35	40

* Ley de Caza, para este sector se utiliza la Zona Norte. ** Incluye especies endémicas, nativas (no endémicas) e introducidas.

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.4.3 Distribución geográfica

Establecer la distribución geográfica de las especies, permite conocer el grado de singularidad de la fauna, ya que algunas especies presentan una amplia distribución en el país y generalmente se encuentran también en los países vecinos; otras especies en cambio presentan distribuciones más restringidas y por tanto son globalmente más sensibles a las modificaciones tanto de origen natural como antrópico.

El análisis de la distribución geográfica (ver Tabla 2-66), indica que la mayoría de las especies tienen una amplia distribución geográfica en Chile (se distribuyen en varias regiones del país) y también se encuentran en los países vecinos, sin embargo las cuatro especies de reptiles presentes en el área, la lagartija de Iturra (*Liolaemus patriciaiturrae*), la lagartija de Rosenmann (*Liolaemus rosenmanni*), la lagartija de Isabel (*Liolaemus isabellae*) y *Liolaemus* sp., muestran una distribución restringida a la región de Atacama.

La especie *Ctenomys* sp., restringida a la región de Atacama, corresponde a una forma afín a *Ctenomys mendocinus* que presenta una distribución más amplia en Argentina.

Tabla 2-66: Vertebrados en el área de influencia del proyecto Arqueros

Especies	Nombre común	Distribución	Origen	Conservación
Reptiles				
Orden Squamata				
<i>Liolaemus patriciaiturrae</i> *	Lagartija de Iturra	III	Endémica	Rara
<i>Liolaemus rosenmanni</i> *	L. de Rosenmann	III	Endémica	Rara

Especies	Nombre común	Distribución	Origen	Conservación
<i>Liolaemus isabellae</i> *	Lagartija de Isabel	III	Endémica	Rara
<i>Liolaemus</i> sp.*	Lagartija	III	Nativa	No Citada
Aves				
Orden Falconiformes				
<i>Buteo polyosoma</i> *	Aguilucho	XV-XII	Nativa	No Citada
<i>Phalcooboenus megalopterus</i> *	Carancho cordillerano	XV-VI	Nativa	No Citada
Orden Charadriiformes				
<i>Attagis gayi</i> *	Perdicita cordillerana	XV-XII	Nativa	Rara
<i>Thinocorus orbignyianus</i> *	Perdicita cojón	XV-XII	Nativa	No Citada
Orden Columbiformes				
<i>Metriopelia melanoptera</i>	Tórtola cordillerana	XV-XI	Nativa	Caza Permitida
<i>Metriopelia aymara</i> *	Tortolita de la puna	XV-IV	Nativa	No Citada
Orden Strigiformes				
<i>Bubo magellanicus</i>	Tucúquere	XV-XII	Nativa	No Citada
Orden Passeriformes				
<i>Geositta isabellina</i> *	Minero grande	II-VII	Nativa	No Citada
<i>Geositta rufipennis</i> *	Minero andino	II-XI	Nativa	No Citada
<i>Geositta punensis</i> *	Minero de la puna	II-VII	Nativa	No Citada
<i>Leptasthenura aegithaloides</i> *	Tijeral	XV-XI	Nativa	No Citada
<i>Asthenes modesta</i> *	Canastero chico	XV-XII	Nativa	No Citada
<i>Upucerthia dumetaria</i> *	Bandurrilla	XV-XII	Nativa	No Citada
<i>Upucerthia ruficauda</i> *	Bandurrilla pico recto	XV-IV	Nativa	No Citada
<i>Agriornis montana</i> *	Mero gaucho	XV-VIII	Nativa	No Citada
<i>Muscisaxicola rufivertex</i> *	Dormilona nuca rojiza	XV-VI	Nativa	No Citada
<i>Muscisaxicola flavinucha</i> *	Dormilona fraile	XV-X	Nativa	No Citada
<i>Muscisaxicola frontalis</i> *	D. frente negra	II-VI	Nativa	No Citada
<i>Muscisaxicola cinerea</i> *	Dormilona cenicienta	II-VII	Nativa	No Citada
<i>Muscisaxicola maculirostris</i> *	Dormilona chica	I-XII	Nativa	No Citada
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina lomo negro	XV-XII	Nativa	No Citada
<i>Sicalis olivascens</i> *	Chirihue verdoso	XV-IV	Nativa	No Citada
<i>Sicalis auriventris</i> *	Chirihue dorado	II-VII	Nativa	No Citada
<i>Zonotrichia capensis</i> *	Chincol	XV-XII	Nativa	No Citada
<i>Phrygilus atriceps</i> *	Cometocino del norte	XV-IV	Nativa	No Citada
<i>Phrygilus fruticeti</i>	Yal	XV-XII	Nativa	No Citada

Especies	Nombre común	Distribución	Origen	Conservación
<i>Phrygilus unicolor</i> *	Pájaro plomo	XV-XII	Nativa	No Citada
<i>Carduelis uropigyalis</i> *	Jilguero cordillerano	XV-VIII	Nativa	No Citada
Mamíferos				
Orden Rodentia				
<i>Abrothrix andinus</i> *	Laucha andina	XV-VII	Nativa	Caza Permitida
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	Lauchón orejudo	II-XI	Nativa	No Citada
<i>Ctenomys</i> sp. *	Chululo	III	Nativa	No Citada
<i>Lagidium viscacia</i> *	Vizcacha	II-IX	Nativa	En Peligro
Orden Lagomorpha				
<i>Lepus capensis</i> *	Liebre	XV-XII	Introducida	Dañina
Orden Carnívora				
<i>Pseudalopex culpaeus</i> *	Culpeo	XV-XII	Nativa	Inad. Conocida
Orden Artiodactyla				
<i>Vicugna vicugna</i> *	Vicuña	XV-III	Nativa	En Peligro
<i>Lama guanicoe</i> *	Guanaco	XV-XII	Nativa	En Peligro

Estado de conservación de acuerdo al Reglamento de la Ley de Caza (SAG, 2008). Con * se indican las especies observadas en terreno.

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.4.4 Endemismo

El término endemismo indica una distribución geográfica restringida a un área pequeña y determinada, en general en la literatura se usa el concepto para designar aquellas especies cuya distribución está restringida a los límites de un país o una región ecológica. En este caso el endemismo indica las especies que sólo están presentes en Chile y por lo tanto su preservación es una responsabilidad única de nuestro país.

De las 39 especies nativas presentes en el área de estudio, solo tres son endémicas de nuestro país (Tabla 2-66) y corresponden a tres reptiles: la lagartija de Iturra; la lagartija de Rosenmann y la lagartija de Isabel (ver Anexo 2.3 – Registro Fotográfico); entre las aves y los mamíferos presentes en el área no hay especies endémicas.

2.6.2.4.5 Residencia y migración

La mayoría de las especies son residentes en la región (y se reproducen aquí), esto es especialmente válido para las especies de menor movilidad como reptiles, Passeriformes y micro-mamíferos. Sin embargo algunas especies de aves son migradores locales, por ejemplo las dormilonas (*Muscisaxicola* spp. ver Anexo 2.3 – Registro Fotográfico) se mueven por la cordillera de los Andes, desplazándose hacia el norte en invierno o el mero gaucho (*Agriornis montana*) que en invierno baja de la cordillera a la costa.

Las especies mayores (Ej. rapaces, camélidos y zorros) pueden moverse grandes distancias y reproducirse fuera del área o incluso tener ámbitos de hogar que abarquen más de una cuenca. La vicuña (*Vicugna vicugna*) es la única especie del catálogo incluida en el Apéndice I de la Convención de Especies Migratorias, lo que implica que el Estado debe mitigar los obstáculos a su migración y velar por su conservación.

2.6.2.4.6 Estado de conservación de las especies

En el área del proyecto no hay especies amenazadas de acuerdo al Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres contemplado en la Ley de Bases del Medio Ambiente (Decretos Supremos N° 151/2006, N° 50/2008, N° 51/2008 y N° 23/2009, MINSEGPRES).

Por lo anterior, el estado de conservación de las especies de fauna registradas en el área de estudio, descrito en la Tabla 2-66, está basado en el Reglamento de la Ley de Caza (SAG, 2008). De las 39 especies nativas, ocho están mencionadas como amenazadas en la región (Tabla 2-65 y Tabla 2-66) y corresponden a:

- Tres reptiles, la lagartija de Iturra (*Liolaemus patriciaiturrae*), la lagartija de Rosenmann (*Liolaemus rosenmanni*) y la lagartija de Isabel (*Liolaemus isabellae*) están en categoría Rara.
- Un ave, la perdiz cordillerana (*Attagis gayi*) es Rara.
- Cuatro mamíferos, la vizcacha (*Lagidium viscacia*), la vicuña (*Vicugna vicugna*) y el guanaco (*Lama guanicoe*) están En Peligro y el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) es Inadecuadamente Conocido.

Los reptiles se registraron en las dos épocas prospectadas (verano, primavera) y en todas las áreas reconocidas; generalmente asociados a sectores con vegetación; la lagartija de

Rosenmann está asociada a lugares con *Adesmia aegiceras* o con madrigueras de chululo; la lagartija de Iturra se asocia a sectores rocosos, aunque en algunos casos es sintópica con la lagartija de Rosenmann y con la lagartija de Isabel, la que se encontró sólo en la quebrada Potrerillos, entre los 3000 y los 3500 msnm, aproximadamente.

En el caso de los mamíferos se observaron cuevas de chululo, roedor fosorial (*Ctenomys* sp.) en laderas y quebradas con vegetación desde los 4.200 hasta los 3.400 msnm. Mientras que las vizcachas solo se registraron en un sector con roqueríos altos (coordenadas 481.394E, 7.051.152N); los guanacos, un grupo familiar de 12 ejemplares, se observó en verano en el sector del Rajo, mientras que en primavera se registraron en la quebrada cercana a las obras existentes; las vicuñas, un grupo de siete animales se detectó cerca del final del depósito de relaves, en primavera y cerca de las obras existentes en verano. En la parte alta del cerro, se registró algunas fecas de zorro en diferentes sectores y se observó dos ejemplares cerca del área donde se emplazan las obras existentes, tanto en primavera como en verano.

En la Tabla 2-69 se entregan los registros indirectos de la fauna, encontrados a lo largo del trazado, esto es la ubicación de las cuevas de *Ctenomys* sp., al momento de la visita a terreno y de los revolcaderos y defecaderos de guanaco.

Cabe mencionar que la realización del proyecto no implica caza de ninguna especie y por el contrario se establecerán medidas de protección por parte de todos los trabajadores y se seguirán los procedimientos necesarios para no producir efectos adversos sobre este componente (Ej. restricciones a la velocidad de los vehículos para no atropellar animales, manejo de basuras para no atraer carnívoros, etc.).

2.6.2.4.7 Distribución de la fauna por ambientes

En las prospecciones se distinguió básicamente cuatro hábitats para la fauna:

- Las zonas de desierto de altura (4400 a 4600 msnm) desprovistas de vegetación y con escasa presencia de fauna. Solo las especies mayores (Ej. rapaces, camélidos) recorren estas áreas, pero las usan como lugar de paso.
- Las laderas vegetadas, con matorrales bajos de *Adesmia aegiceras* y/o coironales de *Stipa* spp. Son el lugar con mayor riqueza de especies ya que se encuentran aquí los reptiles, la mayoría de las aves y todos los mamíferos.

- Las vegas, que están representados en el área de estudio por pajonales (ver Anexo 2.3 – Registro Fotográfico) dominadas por *Deyeuxia* sp., en algunos sectores hay agua, en forma permanente o escurriendo por deshielo y en otros solo suelo húmedo. Destacan por su pobreza de especies en comparación con otros ambientes similares de la región, en una de las vegas del área mina se registró presencia de dos especies de perdicitas (cordillerana y cojón), que son taxa propios de los humedales altoandinos; mientras que en la vega de la quebrada Potrerillos se registraron varias especies de aves paseriformes, la perdicita cojón y el carancho cordillerano, pero no se registró especies como guayatas o patos, comunes en otros humedales andinos de la región. Solo en una vega colgante ubicada en el área de influencia del depósito de relave hubo mayor riqueza de especies, las otras vegas, del área mina solo presentaron algunas especies de paseriformes (ver Tabla 2-67 y Tabla 2-68).
- Los llanos y planicies desprovistos de vegetación de la quebrada Potrerillos, con alturas entre los 2800 y los 3000 msnm, donde no se observó ninguna especie de fauna.

2.6.2.4.8 Estado de conservación del área

El área mina (rajo, botadero de estériles, planta de procesos, depósito de relaves, acueducto e infraestructura de apoyo) tiene actualmente cierto grado de intervención, provocado principalmente por la antiguas explotaciones mineras (incluyendo obras existentes en el área) y la presencia de caminos y movimientos de tierra en otros sectores. Mientras que la mayor parte del trazado del tendido eléctrico recorre caminos y huellas existentes y en el sector del botadero además hay numerosas plataformas de exploración y sus respectivos caminos, por ello se trata de áreas ya intervenidas. Los sectores no intervenidos están formados por laderas de cerros con poca vegetación y escasa fauna por la altura, sobre 4200 msnm.

Chile cuenta actualmente con una Estrategia Nacional de Biodiversidad (CONAMA, 2003), que pretende asegurar la supervivencia en el largo plazo de nuestra diversidad biológica y que se ha planteado proteger al menos el 10% de la superficie de cada ecosistema relevante. En cada región del país se ha identificado lugares importantes para la conservación, destacándose los ecosistemas no explotados y que sean importantes para los habitantes de cada región. El área de estudio no se encuentra mencionada entre los

sitios destacados por el Libro Rojo de los Sitios Prioritarios de CONAF (1996) ni entre aquellos destacados por la Estrategia de Biodiversidad regional (CONAMA, 2002).

2.6.2.4.9 Abundancia y riqueza de especies

A continuación se presentan los resultados de las abundancias para reptiles y aves terrestres, obtenidas a través de transectos lineales, en los diferentes ambientes y sectores del área del proyecto y realizados durante las campañas de verano (marzo 2011) y primavera (septiembre y noviembre 2011), para el área asociada a la extracción y procesamiento de minerales, disposición de relaves espesados y para el recorrido del trazado del tendido eléctrico.

a) Área mina, planta de procesos, disposición de relaves, acueducto e infraestructura de apoyo

Las abundancias en general son bajas y están relacionadas con la presencia de vegetación, esto es, en los sectores con alguna cubierta vegetal hay mayor diversidad de fauna, en cambio en los sectores donde predomina el desierto de altura (sobre los 4200 msnm) y no hay vegetación tampoco hay fauna o esta es muy escasa (Ej. está de paso). En cada sector estudiado (rajo, botadero de estériles, depósito de relaves, etc.) el ambiente es heterogéneo e incluye sectores sin vegetación y sectores con vegetación (matorral bajo de *Adesmia aegiceras* o coironal de *Stipa* spp.) y constituye por tanto un mosaico con áreas con y sin fauna.

En la campaña de verano se prospectó el área del rajo Arqueros, botadero de estériles, planta de procesos y depósito de relaves; se registró una riqueza de especies de 16 taxa, dos reptiles y 14 de aves, siendo este último grupo el más abundante, además se registró la presencia de cinco especies de mamíferos (ver Tabla 2-67). La mayor diversidad fue en sector de la planta de procesos con ocho especies, en los otros sectores la diversidad varía entre una y cuatro especies.

Por especie las más abundantes fueron las lagartijas de Rosenmann y la de Iturra con 16 y 15 ejemplares respectivamente, mientras que las aves presentaron bajas abundancias entre uno y tres ejemplares por transecto. Las especies más frecuentes fueron la lagartija de Rosenmann, presente en cuatro transectos, le sigue la lagartija de Iturra y el chirigüe verduoso presentes en tres transectos cada uno.

En la campaña de primavera, se registró una diversidad (= riqueza) de 11 taxa, dos reptiles y nueve de aves, cuyas abundancias varían entre uno y siete ejemplares, las aves son el grupo más abundante y se observaron en distintos sectores. La mayor diversidad fue en el ambiente de vega colgante (área mina) con siete especies, en los otros sectores la diversidad varía entre una y cinco especies.

Por especie las más abundantes fue *Sicalis olivascens* (chirigüe verdoso) con siete ejemplares, le siguen las lagartijas de Rosenmann y la de Iturra con cinco ejemplares cada una, las otras especies presentaron bajas abundancias entre uno y cuatro ejemplares por transecto. La especie más frecuente fue lagartija de Iturra presente en siete transectos, le siguen la lagartija de Rosenmann, el minero (*Geositta punensis*), la dormilona (*Muscisaxicola frontalis*) en cinco transectos cada uno.

La mayoría de las especies observadas en los recorridos generales del área no fue registrada en los censos, lo que se correlaciona con las bajas abundancias y la movilidad de las especies (grandes ámbitos de hogar).

Tabla 2-67: Abundancia de reptiles y aves terrestres en distintos sectores del Proyecto Arqueros (Área mina)

Área	Sector y/ o ambiente	Transecto N°	Especies *	Abundancia	
				Marzo	Septiembre
Mina Arqueros	Depósito relave	1	<i>Liolaemus patriciaiturrae</i>	1	3
			<i>Liolaemus rosenmanni</i>	16	
			<i>Muscisaxicola cinerea</i>	1	
			<i>Geositta punensis</i>		1
			<i>Lama guanicoe</i>	FT (1)	
	Depósito relave	2	<i>Liolaemus patriciaiturrae</i>		2
			<i>Muscisaxicola frontalis</i>		2
			<i>Phrygilus unicolor</i>	2	1
			<i>Sicalis olivascens</i>	2	
			<i>Zonotrichia capensis</i>	1	
	Botadero	3	<i>Liolaemus rosenmanni</i>	6	-
			<i>Buteo polyosoma</i>	FT (1)	FT (1)
<i>Vicugna vicugna</i>				FT (7)	
<i>Phrygilus unicolor</i>				1	

Área	Sector y/ o ambiente	Transecto N°	Especies *	Abundancia	
				Marzo	Septiembre
	Botadero	4	<i>Sicalis olivascens</i>	3	-
	Obras existentes	5	<i>Liolaemus patriciaturrae</i>		1
			<i>Lama guanicoe</i>		FT (12)
	Campamento proyectado	6	<i>Liolaemus rosenmanni</i>		1
	Camino campamento proyectado	7	<i>Liolaemus rosenmanni</i>		5
			<i>Geositta punensis</i>		1
			<i>Muscisaxicola frontalis</i>		1
	Rajo Arqueros	8	<i>Geositta isabellina</i>	3	
			<i>Upucerthia ruficauda</i>	1	
			<i>Muscisaxicola frontalis</i>	2	
			<i>Sicalis olivascens</i>	2	1
			<i>Lagidium viscacia</i>		FT
			<i>Vicugna vicugna</i>	FT (1)	
Botadero	9	<i>Pseudalopex culpaeus</i>	FT (1)	-	
Huantajaya	Huantajaya	10	Sin registro		-
	Huantajaya	11	<i>Muscisaxicola frontalis</i>		3
<i>Muscisaxicola flavinucha</i>				1	
Chimberos	Chimberos	12	Sin registro		-
Planta	Planta	13	<i>Liolaemus patriciaturrae</i>	3	-
			<i>Liolaemus rosenmanni</i>	3	
			<i>Geositta isabellina</i>		
			<i>Asthenes modesta</i>	2	
			<i>Muscisaxicola cinerea</i>	3	
			<i>Sicalis auriventris</i>	2	-
	Planta	14	<i>Liolaemus patriciaturrae</i>	15	5
			<i>Liolaemus rosenmanni</i>	4	1
			<i>Metropelia aymara</i>	2	
			<i>Geositta punensis</i>	-	1
			<i>Muscisaxicola frontalis</i>	2	2
			<i>Phrygilus unicolor</i>	2	1
Acueducto	Pozos	15	Sin registro	-	-
	Acueducto	16	<i>Liolaemus patriciaturrae</i>		3
<i>Liolaemus rosenmanni</i>				1	

Área	Sector y/ o ambiente	Transecto N°	Especies *	Abundancia	
				Marzo	Septiembre
			<i>Ctenomys sp.</i>		FT
	Acueducto	17	Sin registro		-
Vegas	Vega colgante Depósito de relave	18	<i>Liolaemus patriciaturrae</i>		1
			<i>Thinocorus orbignyianus</i>		1
			<i>Geositta punensis</i>		2
			<i>Muscisaxicola frontalis</i>		2
			<i>Muscisaxicola flavinucha</i>		1
			<i>Sicalis olivascens</i>		7
			<i>Zonotrichia capensis</i>		1
	Vega larga Depósito de relave	19	<i>Liolaemus patriciaturrae</i>		1
			<i>Geositta punensis</i>		4
			<i>Upucerthia dumetaria</i>		1
	Vega grande Depósito de relave	20	<i>Muscisaxicola frontalis</i>		2
	Vega grande Depósito de relave	21	Sin registro		-
	Vega acueducto	22	<i>Liolaemus rosenmanni</i>		2
<i>Muscisaxicola flavinucha</i>				1	

*: Se consignan también los mamíferos observados en cada sector. FT = Fuera de transecto.

Fuente: Elaboración propia.

b) Trazado del tendido eléctrico

La Tabla 2-68 muestra los resultados de la abundancia y riqueza de especies (= diversidad) de reptiles y aves terrestres, obtenidas por medio de 19 transectos lineales, en los diferentes ambientes y sectores que recorre el trazado del tendido eléctrico.

En general las abundancias son bajas y están relacionadas con la presencia de vegetación, a lo largo del trazado del tendido eléctrico el ambiente es heterogéneo e incluye sectores con y sin vegetación, por ello hay zonas con y sin fauna.

Durante los transectos, se registró un total de 17 especies, cuatro reptiles y 13 aves, cuyas abundancias varían entre uno y 8 ejemplares por transecto. Del total de especies,

cuatro fueron observadas fuera de transecto (FT). En 13 de los 19 transectos realizados se registraron especies, mientras que en seis de ellos no se observó ningún taxa.

La mayor diversidad (riqueza de especie) se presentó en el transecto 5, ambiente de vega húmeda y ladera en la quebrada Potrerillos, donde se registraron ocho especies, le sigue el transecto 9, ambiente de ladera y llano con vegetación con cinco especies, mientras que en los otros sectores la diversidad varía entre una y tres especies por transecto.

Por especie la mayor abundancia la presentó *Liolaemus patriciaturrae* con ocho individuos en el transecto 5, en ambiente de vega y ladera, le sigue *Liolaemus isabelae* con tres registros en el transecto 10. Para las otras especies observadas, las abundancias varían entre uno y dos individuos por transecto.

La especie más frecuente entre los reptiles fue *Liolaemus isabelae* presente en siete de los 13 transectos que presentaron especies, le sigue *Liolaemus patriciaturrae* presente en seis transectos, mientras que entre las aves la más frecuente fue *Muscisaxicola cinerea* presente en cinco transectos.

Tabla 2-68: Abundancia de reptiles y aves terrestres en los transectos del trazado del tendido eléctrico.

Transecto	Ambiente / Sector	Especies	Abundancia
1	Ladera con vegetación y camino	<i>Liolaemus patriciaturrae</i>	1
		<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	1
2	Zona intervenida, camino	Sin registros	-
3	Zona intervenida, camino	Sin registros	-
4	Zona intervenida, camino	Sin registros	-
5	Vega húmeda y ladera con matorral bajo de altura.	<i>Liolaemus patriciaturrae</i>	8
		<i>Thinocorus orbignyianus</i>	2
		<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	FT (2)
		<i>Muscisaxicola cinerea</i>	1
		<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	1
		<i>Muscisaxicola frontalis</i>	1
		<i>Zonotrichia capensis</i>	2
6	Ladera exposición oeste, con vegetación rala	<i>Liolaemus rosenmanni</i>	2
		<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	1

Transecto	Ambiente / Sector	Especies	Abundancia
		<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	1
7	Vega seca (sin agua superficial) y ladera exposición sur	<i>Geositta isabelina</i>	1
		<i>Upucerthia ruficauda</i>	1
		<i>Zonotrichia capensis</i>	FT (2)
8	Llano con vegetación rala	<i>Liolaemus patriciائurrae</i>	
		<i>Geositta isabelina</i>	2
		<i>Muscisaxicola frontalis</i>	2
9	Ladera y llano con vegetación	<i>Liolaemus patriciائurrae</i>	1
		<i>Liolaemus isabelae</i>	1
		<i>Muscisaxicola cinerea</i>	1
		<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	1
		<i>Sicalis auriventris</i>	FT (2)
10	Pequeña quebrada y ladera con vegetación	<i>Liolaemus isabelae</i>	3
		<i>Muscisaxicola cinerea</i>	1
		<i>Zonotrichia capensis</i>	1
		<i>Phrygilus atricpes</i>	FT (1)
11	Ladera exposición sureste con vegetación	<i>Liolaemus patriciائurrae</i>	1
		<i>Liolaemus isabelae</i>	1
		<i>Muscisaxicola cinerea</i>	1
12	Ladera exposición este con vegetación	<i>Liolaemus patriciائurrae</i>	2
		<i>Liolaemus isabelae</i>	2
		<i>Muscisaxicola cinerea</i>	1
13	Ladera exposición sur con vegetación	<i>Liolaemus isabelae</i>	1
		<i>Liolaemus sp.</i>	2
14	Llano con vegetación rala	<i>Liolaemus isabelae</i>	1
		<i>Liolaemus sp.</i>	2
15	Llano con vegetación rala	<i>Liolaemus sp.</i>	2
16	Llano con vegetación rala	<i>Liolaemus isabelae</i>	1
		<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	3
17	Llano sin vegetación	Sin registros	-
18	Llano sin vegetación	Sin registros	-

Transecto	Ambiente / Sector	Especies	Abundancia
19	Llano sin vegetación	Sin registros	-

FT = Fuera de transecto.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-69: Registros indirectos de la fauna a lo largo del trazado del tendido eléctrico

Especies	UTM Norte	UTM Este	Observación
<i>Ctenomys</i> sp.	7.042.824	466.633	Cuevas activas de chululo
<i>Ctenomys</i> sp.	7.043.526	470.524	Cuevas activas de chululo
<i>Ctenomys</i> sp.	7.043.377	470.567	Cuevas de chululo
<i>Ctenomys</i> sp.	7.043.266	470.647	Cuevas activas de chululo
<i>Ctenomys</i> sp.	7.043.579	470.445	Cuevas activas de chululo
<i>Ctenomys</i> sp.	7.043.545	470.290	Cuevas activas de chululo
<i>Ctenomys</i> sp.	7.043.520	469.924	Cuevas activas de chululo
<i>Lama guanicoe</i>	7.043.309	469.594	Defecadero
<i>Ctenomys</i> sp.	7.042.812	466.607	Cuevas activas de chululo
<i>Ctenomys</i> sp.	7.042.731	466.267	Cuevas activas de chululo
<i>Ctenomys</i> sp.	7.042.639	465.969	Cuevas de chululo
<i>Ctenomys</i> sp.	7.042.522	465.589	Cuevas activas de chululo
<i>Lama guanicoe</i>	7.042.228	463.952	Fecas de guanaco
<i>Lama guanicoe</i>	7.041.722	463.497	Defecadero
<i>Lama guanicoe</i>	7.041.687	463.578	Revolcadero de guanaco
<i>Ctenomys</i> sp.	7.040.791	462.894	Cuevas activas de chululo

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.5 CONCLUSIONES

La fauna de vertebrados del proyecto Arqueros está compuesta por 40 especies, cuatro reptiles, 28 aves y ocho mamíferos (uno introducido); no se registra presencia de anfibios. Las aves son la clase más diversa, seguida por los mamíferos. Casi todas las especies tienen una amplia distribución geográfica en Chile y también se encuentran en los países vecinos; sin embargo las cuatro especies de reptiles muestran una distribución restringida a la región de Atacama.

De las 39 especies nativas presentes en el área de estudio, solo tres son endémicas de nuestro país y corresponden a tres reptiles; entre las aves y los mamíferos no hay especies endémicas.

De acuerdo al Reglamento de Clasificación Especies Silvestres no hay especies amenazadas en el área del proyecto, pero según el Reglamento de la Ley de Caza hay ocho especies amenazadas y corresponden a tres reptiles, un ave y cuatro mamíferos; las tres especies de lagartos, la lagartija de Iturra (*Liolaemus patriciaiturrae*), la lagartija de Rosenmann (*L. rosenmanni*) y la lagartija de Isabel (*L. isabellae*) y la perdicitita cordillerana (*Attagis gayi*) están en categoría Rara; tres mamíferos, *Lagidium viscacia* (viscacha), *Vicugna vicugna* (vicuña) y *Lama guanicoe* (guanaco) están En Peligro y el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) es Inadecuadamente Conocido.

El área de estudio no se encuentra mencionada entre los sitios destacados por el Libro Rojo de los Sitios Prioritarios de CONAF, ni entre aquellos destacados por la Estrategia de Biodiversidad regional de CONAMA.

Las zonas de desierto de altura desprovistas de vegetación tienen escasa presencia de fauna. Las laderas vegetadas tienen mayor riqueza de especies. Las vegas, presentan pocas especies en comparación con ambientes similares de la región, aunque una vega presentó mayor riqueza de especies, gracias a la presencia de passeriformes. Los llanos desprovistos de vegetación no presentaron presencia de fauna.

En general las abundancias son bajas y están relacionadas con la presencia de vegetación, disponibilidad de agua, alimento y refugio.

En el área asociada a la explotación y procesamiento de minerales, en verano, se registró 16 especies, dos reptiles y 14 aves, cuyas abundancias varían entre uno y 16 ejemplares. La mayor diversidad fue en sector de la planta con ocho especies, en los otros sectores la diversidad varía entre una y cuatro especies. La mayor abundancia la presentó *Liolaemus rosenmanni* con 16 individuos, le sigue *Liolaemus patriciaiturrae* con 15, también fueron las especies más frecuentes.

En primavera, se registró 11 taxa, dos reptiles y nueve aves, cuyas abundancias varían entre uno y siete ejemplares. La mayor diversidad fue en el área asociada al depósito de relaves, en el ambiente de vega con siete especies, en los otros sectores la diversidad varía entre una y cinco especies. La mayor abundancia la presentó *Sicalis olivascens* con

siete individuos, le sigue *Liolaemus rosenmanni* y *L. patriciaturrae* con cinco, esta última también fue la más frecuente.

En los transectos del tendido eléctrico, se registró 17 especies, cuatro reptiles y 13 aves, cuyas abundancias varían entre uno y 8 ejemplares por transecto. La mayor diversidad fue en ambiente de vega y ladera en la quebrada Potrerillos, con ocho especies, en los otros sectores la diversidad varía entre una y tres especies.

La mayor abundancia la presentó *Liolaemus patriciaturrae* con ocho individuos en ambiente de vega y ladera, mientras que *Liolaemus isabellae* fue la más frecuente, presente en siete transectos. Entre las aves la más frecuente fue *Muscisaxicola cinerea* registrada en cinco transectos.

2.6.2.6 BIBLIOGRAFÍA

- ARTIGAS, J. N. 1975. Introducción al estudio por computación de las áreas zoogeográficas de Chile continental basado en la distribución de 903 especies animales terrestres. Gayana, Miscelánea 4:1-25.
- CONAF. 1996. Libro Rojo de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile. M. Muñoz, H. Núñez y J. Yáñez (Eds.). Corporación Nacional Forestal, Santiago, 203pp.
- CONAMA. 1994. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Conceptos y antecedentes básicos. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago.
- CONAMA. 1995. Síntesis del Diagnóstico y Plan de Acción Nacional para la Biodiversidad en Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago.
- CONAMA. 1996. Metodologías para la caracterización de la calidad ambiental. CONAMA-Tesam, Santiago, 242pp.
- CONAMA. 2002. Estrategia y plan de acción para la conservación y protección de la biodiversidad en Atacama. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Región de Atacama, Copiapó, 34 pp.
- CONAMA. 2003. Estrategia Nacional de Biodiversidad. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, 21pp.

- CONTRERAS, L. 2000. Biogeografía de Mamíferos. Pp. 241-250 En: A. Muñoz-Pedrerros & J. Yáñez (Eds.). Mamíferos de Chile. CEA Ediciones, Valdivia.
- DINERSTEIN, E., D. M. OLSON, D. J. GRAHAM, A. L. WEBSTER, S.A. PRIMM, M. P. BOOKBINDER y G. LEDEC. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial, Washington, D. C., EEUU.
- DONOSO-BARROS, R. 1966. Reptiles de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago.
- GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, 165 pp.
- GOODALL, J. D., A. W. JOHNSON y R. A. PHILIPPI. 1946. Las Aves de Chile. Vol. 1. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires.358 pp.
- GOODALL, J. D., A. W. JOHNSON y R. A. PHILIPPI. 1951. Las Aves de Chile. Vol. 2. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires.442 pp.
- IRIARTE, A. 2008. Mamíferos de Chile. Lynx Edicions, Barcelona, 420 pp.
- IRIARTE, A. 2010. Guía de campo de los mamíferos de Chile. Ed. Flora y Fauna Chile Ltda., 216 pp.
- JARAMILLO, A. 2003. The Birds of Chile. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- LAZO, I. y E. SILVA. 1993. Diagnóstico de la ornitología en Chile y recopilación de la literatura científica publicada desde 1970 a 1992. Revista Chilena de Historia Natural 66: 103-118
- LUEBERT, F. y P. PLISCOFF. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, 316 pp.
- MANN, G. 1960. Regiones biogeográficas de Chile. Investigaciones Zoológicas Chilenas 6:15-49.
- MANN, G. 1978. Los pequeños mamíferos de Chile. Gayana, Zoología 40:1-342.

- MARTINEZ, D. y G. GONZALEZ. 2005. Aves de Chile. Nueva guía de campo. Ediciones del Naturalista, 620 pp.
- MILLER, S. y J. ROTTMANN. 1976. Guía para el reconocimiento de Mamíferos chilenos. Serie Expedición a Chile, Editorial G. Mistral, Santiago, 200 pp.
- MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES). 2007. Decreto supremo 151/2007. Oficializa primera clasificación de especies silvestres según estado de conservación. Diario oficial de la república de Chile. Publicado el sábado 24 de marzo de 2007.
- MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES). 2008a. Decreto Supremo 50/2008. Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según estado de conservación. Diario oficial de la república de Chile. Publicado el lunes 30 de junio de 2008.
- MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES). 2008b. Decreto Supremo 51/2008. Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según estado de conservación. Diario oficial de la república de Chile. Publicado el lunes 30 de junio de 2008.
- MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES). 2009. Decreto Supremo 23/2009. Aprueba y oficializa nómina para el cuarto proceso de clasificación de especies silvestres según estado de conservación. Diario oficial de la república de Chile. Publicado el jueves 7 de mayo de 2009.
- MOREIRA-MUÑOZ, A. 2011. Plant geography of Chile. Springer, Dordrecht, 343 pp.
- MUÑOZ-PEDREROS, A. y J. YÁÑEZ. 2009. Mamíferos de Chile. Segunda Edición. CEA Ediciones, Valdivia, 571 pp.
- MUÑOZ-PEDREROS, A., J. RAU y J. YAÑEZ. 2004. Aves Rapaces de Chile. CEA Ediciones, Valdivia.
- NÚÑEZ, H. 1992. Geographical data of chilean lizards and snakes in the Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile. Smithsonian Herpetological Information Service 91: 29 pp.

- OSGOOD, W. H. 1943. The mammals of Chile. Field Museum of Natural History, Zoological series 30: 1-268.
- PETERS, J. A., y R. DONOSO-BARROS. 1986. Catalogue of the Neotropical Squamata. Smithsonian Institution Press, Washington, 293pp.
- PINCHEIRA-DONOSO, D. y H. NÚÑEZ. 2005. Las especies chilenas de *Liolaemus* Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae). Taxonomía, sistemática y evolución. Publicación Ocasional Mus. Nac. Hist. Nat. (Chile) 59:7-486.
- REISE, D. y W. VENEGAS. 1987. Catálogo de registros, localidades y biotopos del trabajo de investigación acerca de los pequeños mamíferos de Chile y Argentina. Gayana, Zoología 51:103-130.
- SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). 2008. Legislación sobre fauna silvestre. La Ley de Caza y su Reglamento. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables, Subdepartamento Vida Silvestre, Santiago, 98 pp.
- SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). 2010. Guía de Evaluación Ambiental. Componente ambiental fauna silvestre. 29 pp. www.sag.cl.
- STOTZ, D., J. FITZPATRICK, T. PARKER III y D. MOSKOVITS. 1997. Neotropical Birds, ecology and conservation. The University of Chicago Press, Chicago, 478pp.
- TORRES-MURA, J. C. 1991. Aves amenazadas de extinción conservadas en la Colección del Museo Nacional de Historia Natural. Noticiario Mensual Mus. Nac. Hist. Nat. (Chile), 318:7-15.
- TORRES-MURA, J. C. 1994. Fauna terrestre de Chile. En Perfil Ambiental de Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, 596 pp.
- VELOSO, A. y J. NAVARRO. 1988. Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino 6: 481-539.
- VILLAGRÁN, C. y L. HINOJOSA. 2005. Esquema biogeográfico de Chile. Pp: 551-577 en "Regionalización Biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines" (J Llorente y JJ Morrone, Editores). Ediciones de la Universidad Nacional Autónoma de México, México, 577 pp.

2.7 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO HUMANO

2.7.1 Introducción

El presente estudio corresponde a la sección de Línea Base de Medio Ambiente Humano (LBMAH) del Proyecto Arqueros, ubicado en la comuna de Diego de Almagro, Provincia de Chañaral, Región de Atacama. En términos generales, esta sección contempla una caracterización de los grupos humanos que forman parte del área de influencia del proyecto. Grupo humano, de acuerdo al Artículo 8 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, se define como “todo conjunto de personas que comparten un territorio en el que interactúan permanentemente, dando origen a un sistema de vida formado por relaciones sociales, económicas y culturales, que eventualmente tienden a generar tradiciones, intereses comunitarios y sentimientos de arraigo”.

El objetivo del presente estudio es realizar una caracterización de las dimensiones geográfica, demográfica, antropológica, socioeconómica y de bienestar social básico, del área de influencia del Proyecto Arqueros. Estas cinco dimensiones se enmarcan en el Artículo 8 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) siendo estudiadas en el área de influencia del Proyecto (CONAMA, 2005), y en la *Guía de Criterios para evaluar la alteración significativa de los sistemas y costumbres de grupos humanos en Proyectos o Actividades que ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto (SEIA)* (CONAMA, 2006). En la Tabla 2-70 se presentan los principales contenidos y alcances de lo señalado en la normativa vigente.

Tabla 2-70: Dimensiones y Componentes del Artículo 8 del Reglamento del SEIA

Dimensión	Componentes
i. Geográfica	Distribución de los grupos humanos y estructura espacial de sus relaciones. Flujos de comunicación y transporte.
ii. Demográfica	Población. Considera la caracterización de la estructura de la población local (comuna y localidad) desde el punto de vista estrictamente demográfico, identificando los cambios más significativos y sus tendencias predominantes.

Dimensión	Componentes
iii. Antropológica	Identidad cultural y formas de organización. Comprende la identificación y descripción de los fenómenos que definen la especificidad cultural y la dinámica comunitaria de la zona de influencia del proyecto.
iv. Socioeconómica	Caracterización de las principales actividades productivas, relaciones económicas y de intercambio, considerando empleo y desempleo de la población. Actividades comerciales y comercios existentes. Mercados. Considera la descripción del funcionamiento y dinámica de los principales mercados de bienes y servicios que se asocian a la actividad económica local.
v. Bienestar social básico	Acceso a servicios básicos. Acceso a ambiente natural. Acceso a ambiente construido. Infraestructura: vial y de transporte. Servicios y equipamiento.

Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento del SEIA.

A continuación se presentan los objetivos de la Línea de Base del medio humano, su área de influencia, las cinco dimensiones del medio humano, y finalmente, las conclusiones.

2.7.2 Objetivos

El objetivo de la Línea de Base del Medio Humano son los siguientes:

- Describir las cinco dimensiones (geográfica, demográfica, antropológica, socioeconómica y bienestar social) del medio humano en el área de influencia del Proyecto Arqueros, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento del SEIA, con fuentes de información secundaria.

2.7.3 Área de Influencia

En este estudio se entenderá como área de influencia aquella donde los impactos atribuibles a la construcción y operación, son esperables. Dadas las características de distribución de población asociadas a este proyecto y su entorno, se definió un área de influencia que comprende un área geográfica mucho mayor a la que será intervenida físicamente por el Proyecto.

Para la determinación del área de influencia se realizó un cruce entre la localización del proyecto y sus principales componentes, considerando un área de influencia local y una

comunal y regional, resultando la siguiente definición geográfica donde encontraremos actividades humanas.

Tabla 2-71: Área de Influencia local y comunal

Fase	Componente del Proyecto	Área de Influencia local	Área de Influencia comunal y regional
Construcción	Transporte de personal y suministros	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro y Región de Atacama
	Campamento	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Rajo Arqueros	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Botadero de Estériles	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Planta	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Depósito de Relaves	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Relaveducto	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Acueducto	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Línea de Transmisión Eléctrica	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
Operación	Rajo Arqueros	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Botadero de Estériles	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Planta	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Campamento	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Depósito de Relaves	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Relaveducto	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro
	Acueducto	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro

Fase	Componente del Proyecto	Área de Influencia local	Área de Influencia comunal y regional
	Línea de Transmisión Eléctrica	No se identificaron asentamientos asociados	Comuna de Diego de Almagro

En el área de que será intervenida físicamente por el Proyecto, asociada a la etapa de construcción y operación, no hay población aledaña o actividades humanas, ni tampoco en sus alrededores. Por lo tanto, el área de influencia de la caracterización del medio humano es la comuna Diego de Almagro.

2.7.4 Metodología

Para el logro de los objetivos planteados con anterioridad, se utilizaron fuentes de información secundaria, tales como documentos, artículos, estudios y páginas web institucionales. Entre las fuentes de información secundaria a las que se acudió para el presente estudio, destacan planes regionales de desarrollo, documentos de interés de la comuna de Diego de Almagro y páginas web de interés comunal y local. Las fuentes utilizadas están detalladas en la bibliografía.

2.7.5 Resultados

2.7.5.1 Dimensión Geográfica

2.7.5.1.1 Geografía del sector y Distribución de Grupos Humanos

El Proyecto Arqueros se ubica en la región de Atacama, provincia de Chañaral, comuna Diego de Almagro, aproximadamente a 140 km de la ciudad de Copiapó, 92 kilómetros de la ciudad de Diego de Almagro, 72 kilómetros de Inca de Oro y 60 kilómetros de El Salvador.

La comuna de Diego de Almagro se encuentra emplazada a 70 km de la Capital de la Provincia de Chañaral, a 130 km de la Capital Regional Copiapó y a 935 km de la ciudad de Santiago.

El sector más cercano al proyecto corresponde a La Ola, y se ubica a 25 km al SE del Sector La Ola. En La Ola no residen personas, pero hay un Tranque con el mismo nombre. En Potrerillos, a 40 km del Proyecto, tampoco viven personas. Cercano a

Potrerillos (aproximadamente 4 km al NE) existe un sector llamado Agua Dulce, donde habitan siete personas pertenecientes a la etnia Colla, de acuerdo a la encuesta realizada por CIMM (2007) por encargo de la División Salvador de CODELCO.

Es importante destacar que en el área de influencia directa del Proyecto no existe ningún asentamiento humano.

Por otra parte, la población de mayor relevancia en cuanto a número de habitantes y cercanía del área del proyecto son el campamento minero El Salvador, Portal del Inca, y la ciudad de Diego de Almagro, capital de la comuna. El Salvador tiene aproximadamente 7.000 habitantes, y Portal del Inca aproximadamente 2.000 habitantes. La ciudad de Diego de Almagro tiene 7.000 habitantes aproximadamente en el año 2002.

La comuna Diego de Almagro tiene una superficie total de 18.589 km². Tiene pequeñas localidades, distribuidas a lo largo de la comuna, principalmente en la zona Sur-Oeste. La densidad de población de la región de Atacama es de 3,4, el año 2002, y la cantidad de habitantes por km² en la comuna de Diego de Almagro es de 1,0. En la proyección estimada para el año 2008 (INE), Diego de Almagro tiene una densidad de población de 0,79 por km².

El relieve de la región es muy irregular y accidentado, originada por la imbricación de cordones transversales que se desprenden en sentido oeste desde la cordillera de Domeyko, características son también las sierras las cuales generan una discontinuidad del alto plano pampino, formando cuencas y llanos así como dinámicas quebradas en las zonas litorales.

Lo anterior configura una espacialidad irregular donde la dominación del plano horizontal, característica de las planicies desérticas, se ve alterada por valles transversales y quebradas que esconden los distintos asentamientos que dan forma a la comuna.

Entre estos, destaca Diego de Almagro y El Salvador como los principales centros urbanos de la comuna en la actualidad. El primero de ellos, capital comunal y con una vocación proveedora de servicios relacionados con la minería, concentra el 44% de población comunal, y el segundo surge como un campamento minero que pertenece a CODELCO, concentrando el 52% de la población comunal. Los otros distritos censales son Potrerillos e Inca de Oro, básicamente rurales y representando menos del 5% de la población comunal.

2.7.5.1.2 Flujos de Comunicación y Transporte

El acceso al Proyecto Arqueros se realiza desde Copiapó por la Ruta 31-CH, posteriormente, continuar por el camino público C-173 27 kilómetros en dirección norte hasta alcanzar el camino público C-177, donde se empalma con el camino de acceso a la faena. Desde Diego de Almagro el acceso es por la Ruta C-13, después por el camino internacional C-163, se continúa por la Ruta C-177, y luego se toma la C-173 por 4 km (hacia el Sur), y finalmente un camino de tierra (9 km) hacia el Norte.

La comuna de Diego de Almagro, no cuenta con un sistema de conexión interregional directo, debido a que se encuentra al interior de la provincia, de esta manera la Ruta 5 Norte que comunica todas las regiones del país y como en esta región pasa cercano a la costa, solo es abordable por medio de un sistema de vías intercomunales, que unen a la comuna de Diego de Almagro con las ciudades de Chañaral y Copiapó. De esta manera se establece un sistema de red Vial Primaria dada por dos vías intercomunales, la Ruta C-13, que une Diego de Almagro con Chañaral y El Salvador, y la Ruta C-17, que une Diego de Almagro con Copiapó. Se define también una Red Vial secundaria de tierra que, dada la característica minera de la zona, se presenta como un sistema caminero bastante nutrido y que comunica prácticamente todo el territorio de la comuna.

El 57,1% de las personas de la comuna de Diego de Almagro tienen acceso a Internet (CASEN 2009). El 72,2% de los habitantes de la comuna tiene un teléfono móvil, y sólo el 28,3% de ellos poseen teléfono fijo.

La mayoría de las personas que viven en la comuna de Diego de Almagro caminan a sus lugares de trabajo o de estudios (corresponde al 52,8%). El 17,9% se transporta en auto o moto privada, y el resto utiliza el transporte público (CASEN 2009).

2.7.5.2 Dimensión Demográfica

2.7.5.2.1 Estructura de la Población por Sexo

En el año 2002 (Censo de Población y Vivienda 2002) la región de Atacama tenía 254.336 habitantes, el 49,2% de hombres y el 50,8% restantes de mujeres. En la comuna de Diego de Almagro había 18.589 habitantes, con 10.031 hombres y 8.558 mujeres. La población comunal estimada por el INE para el año 2009 (Reporte Estadístico Distrito 5, BCN,

2009), proyecta que tiene 12.791 habitantes, con 7.087 hombres y 5.704 mujeres (ver Tabla 2-72). Esto indica que la cantidad de personas de la comuna estaría disminuyendo, con una variación de un -31% entre el 2002 y el 2009.

Tabla 2-72: Distribución de la Población por Sexo

Distribución de la Población por Sexo	Diego de Almagro		Región de Atacama	
	2002	2009	2002	2009
Hombre	54,0%	55,4%	50,8%	51,0%
Mujer	46,0%	44,6%	49,2%	49,0%
Total	18.589	12.791	254.336	278.515

Fuente: Elaboración propia. Reporte Estadístico Distrito 5 BCN (2009). INE 2002, INE 2009, CASEN 2009.

El índice de masculinidad para el año 2002, para la comuna de Diego de Almagro, fue de 117, y para el 2009, de 124. Lo último significa que por cada 100 mujeres hay 124 hombres. Esto podría relacionarse con la gran cantidad de mano de obra requerida para los proyectos mineros y agrícolas en la comuna y en la Región.

2.7.5.2.2 Distribución de la Población por Área Urbano/Rural

El 92,3% de los habitantes (254.336 hab.) de la región de Atacama corresponden a poblaciones urbanas, según el Censo del 2002, y el 7,7% (21.717 hab.) de la población se desarrolla en el ámbito rural. El 95,1% de los habitantes (17.674 hab.) de la comuna de Diego de Almagro vive en el área urbana, en comparación al 4,9% (915 hab.) que residen en la zona rural. La proyección estimada del INE para el año 2009 para la comuna, determinó que el 91,5% pertenece a la zona urbana, versus el 8,5% que reside en la rural (ver Tabla 2-73).

La población de la Región de Atacama es una población eminentemente urbana, dado que el 92,3% de la misma vive en zonas urbanas. Se aprecia un aumento en la población rural, de 5 puntos porcentuales, ya que en el año 2009 alcanzó un 12,8%.

Tabla 2-73: Distribución de la Población por Zona Urbana/Rural

Distribución de la Población por Zona	Diego de Almagro		Región de Atacama	
	2002	2009	2002	2009
Urbana	95,1%	91,5%	92,3%	87,2%
Rural	4,9%	8,5%	7,7%	12,8%
Total	18.589	12.791	254.336	278.515

Fuente: Elaboración propia. Reporte Estadístico Distrito 5 BCN (2009). INE 2002, INE 2009, CASEN 2009.

2.7.5.2.3 Distribución por Grupos de Edad

El 67,8% de los habitantes (12.603 personas) de la comuna Diego de Almagro, según el Censo de 2002, pertenece a la población económicamente activa (tiene entre 15 y 65 años). El porcentaje en la proyección del año 2009 aumentó a 70,5%, aunque la cantidad de personas disminuyó (9.018 hab.) (ver Tabla 2-74). La cantidad de niños, entre 0 y 14 años, al año 2002 era de 5.261 (28,3%), versus que en el 2009 disminuyó a 3.044 (23,8%). Las personas mayores de 60 años se mantuvieron estables entre los años 2002 y 2009; 725 adultos mayores en 2002 (3,9%), y 729 en 2008 (5,7%). Los datos de la comuna de Diego de Almagro son similares a los de la Región de Atacama (no existen diferencias estadísticamente significativas).

Tabla 2-74: Distribución de la Población por grupos de edad

Distribución de la población por edad	Diego de Almagro		Región de Atacama	
	2002	2009	2002	2009
0–14 años	28,3%	23,8%	28,4%	25,0%
15–29 años	22,2%	23,2%	23,2%	24,4%
30–44 años	28,1%	24,8%	25,3%	21,6%
45–64 años	17,5%	22,5%	16,3%	21,2%
65 y más años	3,9%	5,7%	6,9%	7,7%
Total	18.589	12.791	254.336	278.515

Fuente: Elaboración propia. Reporte Estadístico Distrito 5 BCN (2009). INE 2002, INE 2009, CASEN 2009.

2.7.5.2.4 Población de los Pueblos Originarios

En el año 2002, en esta región había 7.407 personas que se declaraban pertenecientes a una etnia, lo que corresponde a un 2,9% del total de la población de Atacama y representa el 1,1% de las 692.192 personas que declararon etnia en el país. La etnia más numerosa en la región es la Atacameña, con un 41,5% (3.074 habitantes); lo que es 14,6% de la población atacameña del país. Luego viene la Mapuche, con un 27,8% (2.057 personas); y posteriormente la Colla, con un 23,5% (1.738 habitantes). El 3,0% de la población (551 personas) de la comuna Diego de Almagro declaró pertenecer a una etnia, en el 2002. Según la proyección al 2008, sólo el 1,4% de la población pertenecería a una etnia.

2.7.5.3 Dimensión Antropológica

En esta dimensión se menciona la historia de la comuna de Diego de Almagro, las organizaciones comunitarias de la comuna, y los elementos de interés turístico en la zona. Por último, se presenta una caracterización sociocultural de las comunidades Colla presentes en el área cercana al proyecto, en cuanto a: modos de vida y su relación con el medio ambiente, patrones de asentamiento y economía de subsistencia.

2.7.5.3.1 Historia⁵

En esta sección se menciona la historia de Diego de Almagro. Respecto al origen del nombre de Pueblo Hundido (actual Diego de Almagro) hay dos hipótesis. La primera se relaciona con la impresión de cualquier persona al llegar al pueblo desde la carretera a Inca de Oro, ya que se pareciera que pueblo se encuentra en un hoyo. Otra hipótesis, menos popular, es conocida como la “Hipótesis del Obispo”, quién supuestamente fue a visitar el lugar, y pensó que había ocurrido una catástrofe geológica de tal magnitud que logró hundir el pueblo.

El poblamiento en la zona de Diego de Almagro aparece vinculado a la existencia del río de La Sal o Salado, que aparece en mapas desde inicios del siglo XVII, realizados por

⁵ Las fuentes de información secundarias utilizadas para la Historia son: PLADECO de Diego de Almagro 2011-2015, y la Municipalidad de Diego de Almagro (<http://www.diegodalmagro.cl/p/su-historia.html>).

Andrés Baleato en 1783 por imposición del virrey del Perú. En 1877, Amado Pissis sitúa a Pueblo Hundido como una aguada. Se estableció en diversos textos de la época que los indígenas de la costa mantenían contactos con los del interior intercambiando diversos productos. Además de la existencia de agua que a saber de los historiadores era abundante.

En 1853, Rodolfo Armando Philippi, botánico y explorador recorre el Desierto de Atacama contratado por el Gobierno de Chile. Destaca el trazado de los principales centros mineros, específicamente, el Mineral de Tres Puntas y El Salado.

En 1865, se publica un informe del estado de la Minería en Atacama y se mencionan las siguientes minas de Pueblo Hundido: Doña Inés Chica, Juncal, Indio Muerto, Cerro Negro, Chivato, Chañarillo, San Pedro, Manto Tres Gracias y La Florida.

En 1856 el Geógrafo francés Amado Pissis publica el “Proyecto de Geografía de Chile”, donde hace una descripción geológica y mineralógica de Chile mencionando como referencia a los minerales de oro de Pueblo Hundido e Indio Muerto, entre otros. En su recorrido por Atacama menciona aguadas, centros mineros, cerros y localidades.

En 1910, llega a la zona la Andes Cooper Mining Company que adquiere los minerales cercanos a Potrerillos, al tiempo se inicia la construcción del ferrocarril de Potrerillos a Barquito. Esta compañía norteamericana trae beneficios a los habitantes de Pueblo Hundido y sus alrededores, pues con sus modernas bombas captan agua en los sectores cordilleranos y distribuyen gratuitamente a los pobladores.

Desde 1913, corre El Longino, ferrocarril que traslada pasajeros y carga desde la estación La Calera a Iquique. Entonces la localidad ve aumentado su flujo de visitantes, el comercio crece y aumenta la población residente. Los historiadores locales sostienen que en la prolongación del ferrocarril de Chañaral se esconden las raíces del Pueblo Hundido contemporáneo, es decir, el actual Diego de Almagro.

Luego de la llegada del ferrocarril la localidad comienza a ser más conocida y recibe diferentes nombres: La Calera Chica, por el tráfico de trenes; El Refresco, Punta de Rieles, por las agujas finalizadoras en las estaciones donde se hacen maniobras para acomodar las locomotoras.

Potrerillos comenzó a ser explorada a mediados del siglo XIX, y ya hacia fines del siglo los dueños de las distintas minas que conformaban Potrerillos, fueron vendiendo su propiedad hasta que se terminó conformando una empresa de mayor tamaño, la Compañía Minera de Potrerillos. En 1911, William Braden compró las minas y dio inicio a una serie de tareas de exploración minera. Años más tarde, le vendería sus derechos a Anaconda Mining y con ello nació la subsidiaria Andes Cooper Mining Company que inició oficialmente la explotación y operación masiva de la mina en 1927. Así, Potrerillos se convirtió en una ciudad de unas 8.000 personas que contaba con la infraestructura necesaria para satisfacer las necesidades de sus habitantes como escuelas, hospitales, lugares de abastecimiento y entretenimiento.

En 1950, comienza a agotarse el mineral en Potrerillos preocupando a la población que subsiste con la bajada de mineros a Pueblo Hundido.

En los años cincuenta se proyectó la disminución del mineral que podía ser extraído. En ese escenario se buscaron nuevos yacimientos en la zona y se terminó por descubrir el mineral Indio Muerto, ubicado a 48 kilómetros de Potrerillos, el 14 de Julio de 1954. El nuevo yacimiento fue bautizado El Salvador ya que su explotación permitía evitar el cierre de faenas de fundición y refinación de cobre en Potrerillos. De esta forma comienza un nuevo período, donde el aumento de trabajo atrajo a la población de Pueblo Hundido al nuevo mineral.

El 2 de Junio de 1972, por Ley N° 17.570 del Gobierno de Salvador Allende Gossens, la localidad de Pueblo Hundido se convierte en comuna, desmembrada del Departamento de Chañaral.

El 31 de Marzo de 1977, la Junta de Gobierno resuelve la Ley que contiene el Decreto Supremo N° 1.758, que cambia el nombre Pueblo Hundido por Diego de Almagro. El entonces Intendente Coronel Arturo Álvarez Sgolia posibilita un concurso público para cambiar el nombre de Pueblo Hundido. Entre las propuestas estuvo “El Dorado” y “El Alba”. Se ha dicho que la idea era llamar a la comuna “Diego de Almeida”, descubridor de la mayoría de los minerales y asentamientos de Pueblo Hundido. La leyenda cuenta que una secretaria externa del Gobierno Central cometió un error al digitar el nombre, y lo cambió por el del descubridor de Chile, Diego de Almagro.

2.7.5.3.2 Aspectos Culturales

Respecto a la religión declarada por la población de 15 años y más (182.203 habitantes) de la región de Atacama, el 76% profesa el credo católico (138.428). El segundo credo con alto porcentaje es el evangélico, con un 10,7% (19.537 personas). Finalmente, el 7,1% (12.942 personas) declaró no profesar un credo, o ser agnóstico o ateo.

La religión con mayor representación en la comuna Diego de Almagro el año 2002 fue la católica, con un 70,1% (9.341 personas), de un total de 13.333 habitantes. En segundo lugar, estaba la evangélica, con un 12,8% (1.707 personas). Un 10,8% declaró no profesar un credo, o ser agnóstico o ateo.

Las historias y leyendas más importantes⁶ son: (1) el milagro de la Virgen de la Candelaria; (2) el barreterito; y (3) el zorro colorado.

- La historia del milagro de la Virgen de la Candelaria⁷ comenzó cuando Miguel Hastre, un yugoslavo, fue al reducto mineralógico de Inca de Oro. Llegando hasta el sitio denominado Salitrosa, descubrió una finísima veta de oro, muy pequeña. Con fe la hizo crecer y logró ensancharla hasta su explotación. Entonces, cumplió la promesa que la había hecho a la Virgen: entregó la mina a otros explotadores y construyó la Capilla en la mina para la Virgen.
- La leyenda del barreterito fantasma es muy popular entre los mineros. Se trata de un barreterito fantasma, cuyo martilleo suele oírse en el fondo de alguna galería. Se cree que al sentir los golpes misteriosos se abrirá la puerta de la fortuna.
- Por último, el zorro colorado aparece en el sitio exacto del más rico yacimiento aurífero, asegurando al minero que tropieza con él, la riqueza y la felicidad para toda la vida.

⁶ Municipalidad de Diego de Almagro (2009). *Historias, mitos y leyendas*.

⁷ La fiesta religiosa más importante en Copiapó es la celebración de la Virgen de la Candelaria, que se realiza la primera semana en febrero en el sector de la capilla Candelaria. Según cuenta la historia, Mariano Caro Inca, en el verano de 1780, encontró una pequeña imagen de la Virgen en el sector del Salar de Maricunga. Él llevó la imagen a Copiapó y por la coincidencia con el día de las candelas, se nombró la imagen "Virgen de la Candelaria", el 2 de febrero. Desde entonces, las familias se reúnen para una novena a la Virgen.

Santuario de la Candelaria (2009). *Historia del Santuario de la Candelaria*.

2.7.5.3.3 Caracterización sociocultural de las comunidades Colla

En esta sección se presentan los modos de vida, los patrones de asentamiento y la economía de subsistencia de las comunidades collas, que se encuentran en la comuna de Diego de Almagro. Para más antecedentes ver Anexo 2.4 – Componente Medio Humano donde se adjunta una caracterización sociocultural de las comunidades Colla.

La actividad económica Colla utiliza diversos recursos ecológico-ambientales ubicados en la pre cordillera, cordillera y alta puna de los Andes, siendo la ganadería la principal actividad tradicional de las comunidades, basada fundamentalmente en la crianza de ganado caprino, ovino, equino, mular e incluso camélidos como en tiempos prehispánicos.

Es así como la actividad ganadera se asocia principalmente a un modo de vida vinculado con la transhumancia, caracterizada por las constantes migraciones a espacios predeterminados y orientados con el ciclo estacional anual en busca de recursos, configurando una economía de carácter extensiva.

De esta forma, la transhumancia ha sido la base de la ocupación del actual territorio Colla, siendo articulado por los recursos de pastoreo y los ciclos de sequía que determinan la escasez o abundancia de pastos. Configurando un sistema que obedece a una lógica de conservación de los recursos necesarios para la alimentación del ganado y el desarrollo de la economía indígena. Según Bengoa (2004) el concepto de transhumancia es el que define mejor la economía de estas poblaciones, ya que es concebido como una forma de vida en movimiento cíclico continuo, con ideas de nomadismo circular, vinculados a sus patrones de organización social y traslado a sectores de aprovechamiento del recurso natural. Dentro de este patrón económico, destacan las actividades de Invernada y Veranada, esta última llevada a cabo entre los meses de noviembre y abril, las cuales presenta una estrecha asociación con asentamientos tipo tambos o tambería, que corresponden a estructuras o pircados de piedras (algunos incaicos o anteriores), y que son utilizados como corrales para los animales durante su paso estival en la alta cordillera (Molina 2008).

Junto a la ganadería, la población Colla desarrolla actividades hortícolas de subsistencia que tiene como fin el autoabastecerse de ciertos alimentos, para lo cual construyen chacras cercanas a sus sitios habitacionales de invernada donde producen maíz, zapallo y papas en baja cantidad, junto con el forraje para los animales (principalmente alfalfa)

(Molina 2008). Esta economía se complementa con las actividades de minería artesanal en oro, plata y cobre, con la producción de carbón y quesos, y con labores de carreo o como “transitadores de pasos cordilleranos” (Yañez et al.2005). Sobre este último aspecto, destaca el antiguo oficio de “Carretero de Sal”, que se practicó a principios del siglo XX, y que consistía en llevar este producto desde el Salar de Maricunga hasta el poblado de Puquios, por la quebrada de Paipote (ex quebrada de Maricunga), ocupando el antiguo “camino de las carretas” ubicado en la cuesta de Santa Rosa y hoy parcialmente destruido por la ruta C - 341 y C – 601 (véase anexo 5, Proyecto Caracterización antropológica proyecto de prospección Minera La Sal, 2010).

Sin embargo, muchas de estas actividades socioeconómicas han disminuido a causa de la vinculación con la vida urbana y la llegada de la minería a gran escala en la zona, que ofrecen nuevas alternativas económicas y sistemas de vida (Castillo et al. 1994). Por otro lado, según los testimonios recopilados por Maturana y Silva (2009) a partir de 1973, con la llegada del Régimen Militar, se modificó profundamente el modo de vida de las comunidades Colla, pues se impidió el comercio y la transhumancia libre con el lado argentino, fracturando los circuitos de intercambio tradicionales de las comunidades. De esta manera, la transhumancia de los grupos Colla dejó de ser “horizontal” (cordillerana y trasandina) y pasó a ser “vertical” (cordillera-ciudad), impulsando a las comunidades a migrar hacia los centros urbanos cercanos, principalmente Copiapó y sus alrededores.

Las primeras comunidades Colla constituidas en virtud de la Ley Indígena fueron las de Potrerillos, Quebrada de Paipote y Río Jorquera en el año 1995, iniciando con ello un proceso de rescate y fortalecimiento de la identidad Colla como grupo indígena propiamente tal. De esta forma, en 1998 las familias de Quebrada de Paipote, dieron origen a las comunidades de Pastos Grandes y Sinchi Waira; para luego el 2001 constituirse las comunidades de Waira Manta Tuj’sí de Tierra Amarilla y, asimismo, Pacha Churi Kai de Los Loros, Geocultuxial de Diego de Almagro y Pai-Ote de Estación Paipote en el año 2002 (Molina et al. 2001).

Según Molina (2003), la formación de las comunidades fue un proceso de autoreconocimiento de las familias Colla de su propia identidad cultural y de su historia. Esta idea es sustentada por el testimonio de una de las socias de la comunidad de la Quebrada de Paipote, que relata cómo pasó a formar parte de la comunidad: “...yo sabía

que era colla, entonces cuando me dijeron que formemos la comunidad colla, ‘bueno’, dije” (Jesús Cardoso, Septiembre de 1996, en Molina 2003).

La principal demanda de las comunidades Collas desde su formación ha sido el reconocimiento de las tierras ocupadas desde hace más de un siglo y que forman parte de sus territorios de asentamiento y espacios social, cultural y económico, que comprenden los campos de pastoreo, las vegas, las aguadas, estancias y/o tamberías, áreas de recolección y caza, los lugares con recursos mineros y los espacios sagrados y rituales, que están comprendidos dentro de un amplio perímetro (Molina et al. 2001) que desde el año 2000 y en virtud de una nueva conceptualización territorial, aquella “efectivamente ocupada”, el territorio que les correspondería fue mensurado en un total de 8.622 há, divididas según lo siguiente (INE 2000):

- i) La comunidad Colla de la Comuna de Diego de Almagro abarca un territorio de 936 ha.
- ii) Las tres comunidades Colla ubicadas en Quebrada Paipote, en conjunto abarcan un territorio 1.978 ha.
- iii) La comunidad de Río Jorquera abarca un territorio de 5.707 ha.

Las comunidades Colla se autoperciben e identifican como una cultura pastoril (ver informe Verdad Histórica y Nuevo Trato 2001-03). La crianza de ganado y el uso de rutas de pastoreo son fundamentales para entender su cultura y cosmovisión. El concepto de transhumancia es el que define mejor a estas poblaciones, pues es concebido como una forma de vida en movimiento cíclico continuo, con ideas de nomadismo circular, vinculados a sus patrones de organización social y traslado a sectores de aprovechamiento de recursos. Sin embargo, el paso de una transhumancia “horizontal” a una “vertical” como consecuencia de la prohibición de cruzar los pasos cordilleranos y de intercambiar con las comunidades trasandinas, modificó profundamente al modo de vida Colla. Es posible que dicha imposibilidad restringiera la necesidad de seguir usando las rutas pastoriles ancestrales como el “camino de las carretas” que vinculaba la quebrada de Paipote con poblados argentinos, restringiéndose de esta manera el intercambio a territorios nacionales (Maturana y Silva 2009).

Entre los tipos de emplazamientos significativos para las comunidades Colla relacionados con la transhumancia se encuentran: Tambos (espacios de aglomeración de varias

familias que acampan en el lugar), Majadas (serie de pircas donde puede habitar una familia extensa), y Pircas (Campamento pequeño). Actualmente estos emplazamientos son ocupados ocasionalmente por las familias y viejos pastores que residen en la cordillera. Durante la veranada, dirigen sus ganados y manadas de “tropas” (equinos, mulares, camélidos y caprinos) a pastar en espacios denominados “vegas”, que presentan abundante pasto, vegetación y agua (Molina 2008).

Es en este contexto, que se ha identificado al menos dos grandes áreas de sitios de significación cultural (SSC) dentro de los territorios utilizados por las comunidades Colla en la Región de Atacama, específicamente en las quebradas de Paipote, Agua Dulce y Jardín. Específicamente para la quebrada de Paipote se identificaron 6 sectores significativos: San Luis con espacios y viviendas para uso ritual de la Comunidad de Pastos Grandes; La Puerta con sectores de entierros y estancia; El Bolo, también con espacio y vivienda para uso ceremonial de la comunidad de Copiapó; Ciénaga Redonda con vegas para pastoreo; Quebrada Villalobos y Vega San Andrés también con abundantes pastizales para el pastoreo. Por otro lado, aquellos espacios significativos en las quebradas Jardín y Agua Dulce, son identificados por la comunidad Diego de Almagro como estancias y vegas para el pastoreo, y sede comunitarias para uso ceremonial, cementerio y zonas turísticas, respectivamente (Molina 2008, Maturana y Silva 2009, Vega 2010).

Sin embargo, en relación con el área de influencia de las obras del proyecto Arqueros, las referencias bibliográficas no señalan la presencia de sitios de significación cultural identificados por miembros de las comunidades Colla en los sectores aledaños a las quebradas de Chacaritas y Chimberos. No obstante, debe tenerse en cuenta que lo anterior podría deberse, al menos en parte, a la falta de estudios etnográficos realizados específicamente en el sector.

La ubicación del Proyecto se encuentra a unos 30 km al NE de la quebrada de San Andrés a lo largo de la cual se ubican vegas y aguadas utilizadas por familias Colla durante las épocas estivales para el pastoreo, así como rutas de tránsito hacia las vegas ubicadas al norte del Salar de Maricunga. Las ocupaciones en esta quebrada son reconocidas como territorios ocupados por la comunidad de Paipote, principalmente. Por otro lado, el proyecto se localiza a unos 29 km al NW de la localidad de Potrerillos, a unos 12 km al W del río La Ola, 9 km al sur de la quebrada Chañaral Alto y a tan solo 7 km de

Cerro Bravo, territorios reconocidos como de importancia productiva y ceremonial por la Comunidad de Potrerillos.

Por lo tanto, los sitios de significación cultural identificados etnográficamente para las quebradas de San Andrés, La Ola, Chañaral Alto, Paipote, Jardín y Agua Dulce, se encuentran alejados del perímetro del Proyecto Arqueros. Los resultados de la inspección visual arqueológica realizada en el marco del presente proyecto, observamos que sólo se identificaron sitios prehispánicos, o bien correspondientes a minería subactual, así como dos pequeñas estructuras de data desconocida. Por lo tanto, las evidencias disponibles apuntan en el sentido de que dentro del área de influencia del proyecto no se registraron ocupaciones significativas por parte de comunidades Colla en el pasado.

2.7.5.4 Dimensión Socioeconómica

2.7.5.4.1 Desplazamiento de la población

El 90,5% de las personas que viven en Diego de Almagro trabaja o estudia en la misma comuna (CASEN 2009).

2.7.5.4.2 Características del Empleo

El ingreso autónomo promedio del hogar en la comuna de Diego de Almagro es de \$759.849, en pesos de julio de 2009, lo que es más alto que el promedio regional, que corresponde a \$483.347 (para el año 2006). El ingreso monetario, que incluye los subsidios monetarios y el ingreso autónomo, es de \$765.126 en el caso de la comuna, y de \$748.277 en el de la región (Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), Encuesta CASEN).

La zona urbana de la tercera región percibe un ingreso monetario de \$667.259, en pesos de noviembre de 2006. En cambio, la zona rural tiene un ingreso monetario de \$545.589.

A continuación, en las Tabla 2-75 y Tabla 2-76, se muestra la población económicamente activa e inactiva, de la región de Atacama y de la comuna de Diego de Almagro, respectivamente. El porcentaje es respecto a la fuerza de trabajo, de la población económicamente activa (ocupados y desocupados) de 15 años y más, respecto a la población total de 15 años y más.

Tabla 2-75: Población económicamente activa de la región de Atacama

	Habitantes	Porcentaje del total de habitantes
Población económicamente inactiva	86.164	47,3%
Población económicamente activa	96.039	52,7%
Activa ocupado	81.331	84,7%
Activa cesante	12.666	13,2%
Activa busca trabajo por primera vez	2.042	2,1%

Fuente: INE, Censo 2002.

Tabla 2-76: Población económicamente activa de la comuna de Diego de Almagro

Población económicamente activa de Diego de Almagro	2003		2006	
	Habitantes	Porcentaje	Habitantes	Porcentaje
Población económicamente inactiva	5.127	43,3%	3.683	38,8%
Población económicamente activa	6.725	56,7%	5.815	61,2%
Activa ocupado	6.288	93,5%	5.304	91,2%
Activa desocupada	437	6,5%	511	8,8%

Fuente: CASEN 2003, CASEN 2006.

El tamaño promedio del hogar es de 3,5 personas de la comuna Diego de Almagro. El promedio de ocupados por hogar son 1,4 personas. Y el promedio de dependientes (personas de 0 a 15 años, y de 65 y más años) por hogar es de 2,6 personas.

La participación laboral total de la comuna es de 61,2%, según CASEN 2006. La participación laboral de mujeres es de un 42,1%, y la de hombres de un 80,6%. La tasa de desocupación total es de un 8,8%. La tasa de desocupación de hombres es 6,1%, y la de mujeres es 13,8%.

2.7.5.4.3 Descripción de la Actividad Económica

La Minería es la base de la actividad económica regional, cerca del 90% de las exportaciones y el 42,7% del PIB de la región están asociados a la minería donde las inversiones de los últimos años han sido superiores a los US\$1.500 millones, proyectándose para los próximos 10 años cerca de US\$15.000 millones en inversiones de desarrollo de proyectos mineros (Corporación de bienes de Capital).

El cobre acapara los mayores montos de capital externo, sin embargo, del total de la producción de hierro del país, más de la mitad (55,3%) se realiza en Atacama. En el caso de la plata y el oro este porcentaje también es elevado, 43,0% y 41,1% respectivamente, (DIRECON).

En torno a la minería hay diversos negocios asociados, como los explosivos, el reciclaje de neumáticos, fundiciones y refinerías. Los principales productos comercializados por Chile, son los cátodos y concentrados.

El sector Agropecuario Silvícola es la segunda actividad económica regional y representa el 3,8 del PIB regional mediante la producción frutícola (uva de mesa y cítricos) y la agroindustria (aceituna de mesa, aceite de oliva, aceite de jojoba, pisco). En conjunto, el sector representa el 8,09% de las exportaciones regionales.

El sector productos del mar representa del total exportado el 1,22 %, donde se destacan los envíos de harina de pescado, algas, sardinas en conservas, ostiones frescos, jurel en conserva, lenguas de erizo, pulpos congelados, tiburón, azulejos, camarones, langostinos, jaibas conservadas y los demás crustáceos.

2.7.5.4.4 Niveles de Pobreza

Un 2,7% de los hogares de la comuna Diego de Almagro se encuentran en situación de indigencia, y el 8,7% es considerado pobre no indigente (CASEN 2009). El 88,6% restante no es pobre (CASEN 2009).

2.7.5.5 Dimensión Bienestar Social

La dimensión de bienestar social incluye la salud, la educación, la vivienda, y la dotación de servicios básicos.

2.7.5.5.1 Salud

En la región de Atacama el 79,5% tiene un sistema previsional de salud público, versus el 14% que tiene uno privado. Según la encuesta CASEN 2006, en la comuna Diego de Almagro el 72,6% de la población está inscrita en un Sistema Previsional de Salud Público. El 24,1% pertenece a una Isapre, y el 3,3% restante a Particular (y otros).

La comuna Diego de Almagro pertenece al Servicio de Salud de Atacama, el que cuenta con el Hospital Florencio Vargas Díaz⁸. Además, tiene un consultorio municipal y una posta de salud rural. Al año 2008, en la región de Atacama, se cuenta con 507 camas, y el promedio de camas disponibles es 492.

Los nacidos vivos inscritos del año 2006 de la comuna fueron 260 (270 corregidos), y murieron 76 personas. La mortalidad infantil fue de 4 niños. En Tabla 2-77 se observan las estadísticas vitales actualizadas al año 2006, de la tasa de natalidad, de mortalidad y de mortalidad infantil, de la región de Atacama y la comuna Diego de Almagro.

Tabla 2-77: Estadísticas Vitales del año 2006

	Tasa de Natalidad	Tasa de Mortalidad	Tasa de Mortalidad Infantil
Región de Atacama	18,0	4,6	8,8
Comuna Diego de Almagro	18,7	5,2	14,6

Fuente: Departamento de Estadísticas e Información de Salud, Ministerio de Salud.

La tasa de natalidad y de mortalidad es más alta en la comuna, en comparación a la región. En el caso de la mortalidad infantil, la comuna tiene una tasa significativamente más alta que la región.

2.7.5.5.2 Educación

Al año 2002, el 4,4% de la población (10.163 personas), de la región de Atacama, había asistido a la educación pre-básica. De la población de 5 años y más, un 41,5% (96.810 personas) terminó la educación básica. Un 37,7% (87.733 personas) terminó la enseñanza media. Sólo un 2,8% (27.931) de la población de 5 años y más nunca asistió a un plantel educacional.

Al año 2006, la comuna Diego de Almagro tenía un promedio de escolaridad de 10,3 años (CASEN, 2006), y la escolaridad promedio del jefe de hogar es de 10,1 años. La cobertura

⁸ Servicio de Salud de Atacama (s.f.). *Hospital Florencio Vargas Díaz*.

de educación pre-básica es de 42,6%, la de básica un 100%, la de educación media de un 94,1%, y la cobertura de educación superior es de un 36,5%.

En la región, el 13,6% (31.699 personas) de la población de 5 años y más estaba cursando estudios de educación superior, o hubo cursado, en el año 2002. El 14,7% de los hombres (17.369) cursa o ha cursado estudios superiores. En el caso de las mujeres, el porcentaje es levemente menor, con un 12,5% (14.330), perteneciente a las que han continuado estudios superiores.

El 2,4% de la población de la región de Atacama es analfabeta, lo que considera sólo la población de más de 10 años. El porcentaje de personas que no saben leer y escribir, de la comuna Diego de Almagro, es menor, y desciende a 2,2% (Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), Encuesta CASEN). Ese 2,2% corresponde al 0,2% de población analfabeta en la región.

La comuna Diego de Almagro tiene 14 colegios, de los cuales 5 son establecimientos de Educación Municipal, y 9 son particulares subvencionados (año 2008). La matrícula del año 2008 fue de 4.309, con 2.258 niños y 2.051 niñas, de lo cuales 2.138 alumnos asisten a un colegio municipal, y 2.171 asisten a un colegio particular subvencionado (Ministerio de Educación).

2.7.5.5.3 Vivienda

La región de Atacama tiene 79.012 viviendas, de las cuales el 85% (67.180) están ocupadas, según el Censo de 2002. Del total de viviendas ocupadas, el 97,6% (65.581) son particulares, y el resto son colectivas. El 54,2% (35.548) de las viviendas ocupadas es propia pagada totalmente, y el 16,5% (10.848) es propia pagada a plazo. El 15,5% (10.171) son arrendadas. En la comuna Diego de Almagro 38,6% de los hogares son propietarios de su vivienda.

Respecto a la materialidad de las viviendas en la comuna, el 78,8% de la materialidad es buena, el 2,2% aceptable, el 7,3% recuperable, y el 11,8% deficitaria. El saneamiento de dichas viviendas es principalmente bueno (81,1%), al año 2006.

Del total de hogares de la Región de Atacama, el 13,0% vive en condiciones de hacinamiento, y en la comuna de Diego de Almagro, un 14,7% de los hogares vive en

condición de hacinamiento, en el año 2006 (Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), Encuesta CASEN 2006).

Respecto a las condiciones de saneamiento de las viviendas, en la Región de Atacama el 93,9% de los hogares viven en condiciones aceptables, versus el 6,1% que vive en vive en condiciones deficitarias (año 2006). En la comuna de Diego de Almagro el 91,1% vive en condiciones sanitarias aceptables, y el 8,9% tiene viviendas en condiciones de saneamiento deficitarias, en el año 2006 (Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), Encuesta CASEN 2006).

2.7.5.5.4 Dotación de servicios básicos

El acceso a los servicios básicos en la región de Atacama es alto, de acuerdo al Censo 2002. La disponibilidad de agua potable por cañería es de un 97,6% (64.000 unidades); de luz eléctrica de un 96,6% (63.323 unidades); de alcantarillado de un 92,2% (60.459 unidades); con servicio higiénico un 98,8% (64.814 unidades); y con acceso a ducha, un 93,1% (61.059 unidades).

Respecto a la dotación de servicios básicos en la comuna Diego de Almagro, al año 2002, los porcentajes son aún mayores. La disponibilidad de agua potable por cañería es de un 99,0%; de luz eléctrica de un 96,5%; de alcantarillado de un 97,4%; con servicio higiénico un 99,4%; y con acceso a ducha, un 96,2%.

2.7.6 Conclusiones

2.7.6.1 Respecto de las comunas y grupos humanos del área de influencia

El Proyecto Arqueros se ubica en la región de Atacama, provincia de Chañaral, comuna Diego de Almagro, aproximadamente a 140 km de la ciudad de Copiapó, 92 kilómetros de la ciudad de Diego de Almagro, 72 kilómetros de Inca de Oro y 60 kilómetros de El Salvador.

El sector más cercano al proyecto corresponde a La Ola, y se ubica a 25 km al SE del Sector La Ola. En La Ola no residen personas, pero hay un Tranque con el mismo nombre. En Potrerillos, a 40 km del Proyecto, tampoco viven personas. Cercano a Potrerillos (aproximadamente 4 km al NE) existe un sector llamado Agua Dulce, donde

habitan siete personas pertenecientes a la etnia Colla, de acuerdo a la encuesta realizada por CIMM (2007) por encargo de la División Salvador de CODELCO.

Las principales actividades económicas de la Región de Atacama, son la minería y la agricultura. El 42,7% del PIB regional está asociado a la minería. La producción de oro y plata de la región corresponden al 43,0% y 41,1%, respectivamente, de la producción nacional. Debido a ello, existe una mayor cantidad de hombres que mujeres en la comuna de Diego de Almagro, y en los últimos años ha aumentado la población económicamente activa, que corresponde a un 70,5% (año 2009). De la población que se encuentra en la edad de trabajar (entre 15 y 64 años), un 61,2% se encuentra económicamente activa (año 2006, CASEN), de las que un 91,2% se encuentra trabajando (activa ocupado).

Por último, es importante destacar que en el área de influencia del Proyecto no existe ningún asentamiento humano, aunque el proyecto tendrá un impacto en la economía comunal, por la inversión y mano de obra requerida.

2.7.6.2 Respecto a grupos humanos del entorno del Proyecto: comunidades collas

El área de emplazamiento del Proyecto Arqueros se encuentra despoblado.

La ubicación del Proyecto se encuentra a unos 30 km al NE de la quebrada de San Andrés a lo largo de la cual se ubican vegas y aguadas utilizadas por familias Colla durante las épocas estivales para el pastoreo, así como rutas de tránsito hacia las vegas ubicadas al norte del Salar de Maricunga. Las ocupaciones en esta quebrada son reconocidas como territorios ocupados por la comunidad de Paipote, principalmente. Por otra parte, el Proyecto se localiza a unos 29 km al NW de la localidad de Potrerillos, a unos 12 km al W del río La Ola, 9 km al sur de la quebrada Chañaral Alto y a tan solo 7 km de Cerro Bravo, territorios reconocidos como de importancia productiva y ceremonial por la Comunidad de Potrerillos. Las evidencias disponibles (campañas arqueológicas) dentro del área de influencia del proyecto no registraron ocupaciones significativas por parte de la comunidad Colla en el pasado.

Con el fin de obtener un panorama global de la realidad sociocultural de las comunidades Colla y sus principales características; y una identificación inicial de la presencia/ausencia de sitios de significación cultural en el Proyecto Arqueros, en las quebradas de Carachitas y Chimberos, se realizó un trabajo de investigación antropológica a través de fuentes

secundarias (bibliográfica). Se utilizaron dos tipos fuentes secundarias: Estudios Etnográficos de carácter científico y caracterizaciones antropológicas realizadas en el contexto del Sistema de Evaluación Ambiental.

Considerando que la ubicación del Proyecto Arqueros, en los sectores aledaños a las quebradas Carachitas y Chimberos, se encuentra relativamente alejado de las áreas de mayor ocupación de las poblaciones Colla y que no se han registrado vestigios materiales de su presencia en las inspecciones arqueológicas, la ejecución de este proyecto no generaría una alteración de los sistemas de vida y costumbres de dichas comunidades, principalmente de las comunidades Colla de Potrerillos y Paipote que son las más cercanas al proyecto. Las evidencias disponibles indican que dentro del área del proyecto tampoco se verían afectados recursos o áreas protegidas de significación cultural para las comunidades Colla.

2.8 DESCRIPCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

2.8.1 Arqueología

2.8.1.1 Introducción

El presente informe es resultado del estudio encargado por Laguna Resources Chile Ltda., para la evaluación ambiental del patrimonio cultural que se encuentra ubicado en la Región de Atacama, en la Provincia de Chañaral, en la comuna de Diego de Almagro, en la propiedad minera de Laguna Resources Chile Ltda.

La prospección realizada por MAA Consultores S.A.⁹, tuvo como finalidad determinar la existencia de restos superficiales de carácter patrimonial, de acuerdo a las definiciones aportadas por la legislación vigente, así como proponer medidas tendientes a proteger estos restos de modo de contribuir a la evaluación del Proyecto Arqueros de Laguna Resources Chile Ltda.

Específicamente, la prospección realizada procuró reconocer la presencia/ausencia de sitios, estructuras, artefactos y/o rasgos, tanto históricos como prehispánicos, así como restos paleontológicos, en el área indicada por el cliente. Vale decir, se trató de identificar la presencia/ausencia de Monumentos Nacionales según la definición aportada por la Ley 17.288 de 1970 y su Reglamento. En este informe se presentan los resultados obtenidos a partir del reconocimiento visual realizado.

En términos generales, se concluye que en los ocho sectores prospectados existen evidencias de al menos 29 sitios patrimoniales, cuatro de data prehispánica (P-03, P-04, P-05 y P22), cuatro bicomponente de data prehispánica e histórica (P-13, P-16, P-21 y P-22), tres bicomponente de data prehispánica y subactual (P-02, P06 y Carachitas 2), un tricomponente de data prehispánica, histórica y subactual (P-15), tres de data histórica (P-01, P-19 y Carachitas1), cinco de data desconocida (P-07, P18, P20, NE-01 y NE-03) y nueve de carácter subactual (P-08, P-09, P-10, P-11, P-14, P17, P-23, NE-02 y NE-04).

⁹ MAA Consultores S.A. es una consultora contratada por MYMA para elaborar la línea de base de arqueología. MMA está dirigida por Diego Salazar, arqueólogo.

Asimismo, se registró 1 hallazgo aislado de material lítico prehispánico, correspondiente a desechos de eventos de talla de carácter esporádico (HA-01).

Finalmente, se estimó el valor patrimonial para cada sitio ofreciéndose recomendaciones particulares para su manejo ambiental.

2.8.1.2 Objetivos

Los objetivos de la presente inspección arqueológica fueron los siguientes:

- a) Identificación, sobre la base de vestigios superficiales, de sitios arqueológicos, históricos y/o paleontológicos considerados como Monumentos Nacionales de acuerdo a la legislación vigente en nuestro país (Ley 17.288 de Monumentos Nacionales).
- b) Proponer recomendaciones para el adecuado manejo de los recursos patrimoniales detectados.

2.8.1.3 Metodología

Se recorrieron las superficies revisando laderas de cerro, lomajes, quebradas y otras unidades geomorfológicas del terreno, con el fin de certificar la ausencia o presencia de registros patrimoniales superficiales. Se realizaron cuatro campañas sucesivas de terreno. La primera de ellas, destinada a parte del Botadero y el Rajo Arqueros, fue realizada por la arqueóloga Rosario Cordero y la Licenciada en Arqueología Camila Palma y se ejecutó entre los días 8 y 9 de Marzo de 2011; la segunda, en la que se revisó el Botadero; el Rajo Arqueros; la Planta; el Campamento; el Relaveducto; y el Acueducto, estuvo a cargo del Licenciado en Arqueología Felipe Vargas y se ejecutó entre los días 26 de Septiembre y 02 de Octubre de 2011.

Las dos campañas de prospección de la Línea de Transmisión Eléctrica estuvieron a cargo de los Licenciados en Arqueología Felipe Vargas, Felipe Gutiérrez y Cesar Borie y se ejecutaron entre los días 07 y 10 de Noviembre, y entre los días 16 y 18 de Noviembre de 2011.

A continuación se presentan las coordenadas de los ocho sectores de prospección sistemática (ver Tabla 2-78), para la línea de base de arqueología del Proyecto Arqueros, que considera todas las instalaciones del Proyecto.

Tabla 2-78: Coordenadas de los ocho sectores de Prospección Sistemática

Sector	Datum WSG 84	
	Este	Norte
1. Botadero	481230 E	7052724 N
	481465 E	7052672 N
	481220 E	7052499 N
	481309 E	7051866 N
	481828 E	7051245 N
	481485 E	7050858 N
	481092 E	7050622 N
	480572 E	7051051 N
	480573 E	7051240 N
	480900 E	7051723 N
	480890 E	7052397 N
480920 E	7052529 N	
2. Rajo Arqueros	482140 E	7051802 N
	482229 E	7051721 N
	482213 E	7051436 N
	482388 E	7051102 N
	482228 E	7050624 N
	481878 E	7050611 N
	481725 E	7050782 N
	481384 E	7050484 N
	481719 E	7050999 N
	481990 E	7051293 N
482099 E	7051435 N	
3. Área Planta	483117 E	7051703 N
	483311 E	7051468 N
	483010 E	7051289 N
	482770 E	7051212 N
	482700 E	7051492 N
	482841 E	7051622 N
4. Campamento Nuevo	484685 E	7053229 N
	484760 E	7053267 N
	484717 E	7053149 N

Sector	Datum WSG 84	
	Este	Norte
	484791 E	7053185 N
5. Depósito Relaves	484556 E	7050585 N
	484893 E	7051110 N
	485323 E	7051524 N
	485475 E	7051877 N
	485837 E	7051919 N
	485923 E	7051648 N
	485905 E	7051351 N
	485602 E	7051186 N
	485020 E	7050741 N
6. Relaveducto	483138 E	7051322 N
	483657 E	7051300 N
	484027 E	7051318 N
	483985 E	7051030 N
	484345 E	7050468 N
	484553 E	7050594 N
7. Acueducto	492123 E	7057809 N
	492275 E	7058573 N
	490366 E	7058180 N
	488507 E	7056613 N
	488196 E	7054283 N
	486896 E	7052803 N
	486285 E	7052594 N
	484962 E	7052944 N
	484579 E	7052684 N
	484482 E	7052789 N
	484531 E	7052447 N
	483958 E	7052023 N
	483649 E	7051438 N
	483982 E	7051255 N
483780 E	7051152 N	
	483579 E	7050993 N
Línea Transmisión Eléctrica (V01 – V44)	450874 E	7028035 N
	452229 E	7031310 N
	453196 E	7033020 N
	455976 E	7035668 N
	458971 E	7036246 N
	459238 E	7036655 N
	461864 E	7039039 N
	463693 E	7042265 N
	464919 E	7042406 N

Sector	Datum WSG 84	
	Este	Norte
	465683 E	7042623 N
	471145 E	7043703 N
	472776 E	7044458 N
	473085 E	7045094 N
	474116 E	7045593 N
	474602 E	7045814 N
	475362 E	7045664 N
	475711 E	7045905 N
	475845 E	7045878 N
	475932 E	7045901 N
	476023 E	7045964 N
	476076 E	7046029 N
	476199 E	7046225 N
	476272 E	7046282 N
	476391 E	7046314 N
	476470 E	7046377 N
	476490 E	7046430 N
	476493 E	7046563 N
	476415 E	7047056 N
	476453 E	7047171 N
	476845 E	7047376 N
	476928 E	7047364 N
	477005 E	7047402 N
	477118 E	7047559 N
	477221 E	7047973 N
	477399 E	7048067 N
	477502 E	7048207 N
	477571 E	7048493 N
	477663 E	7048736 N
	477781 E	7048857 N
	478007 E	7049194 N
	478008 E	7049336 N
	478166 E	7049901 N
	478175 E	7050108 N
	478278 E	7050142 N

Sector	Datum WSG 84	
	Este	Norte
Línea Transmisión Eléctrica (V45 – V69)	478892 E	7050098 N
	479160 E	7050140 N
	479402 E	7050393 N
	479490 E	7050538 N
	479568 E	7050782 N
	479787 E	7051016 N
	479840 E	7051156 N
	479963 E	7051224 N
	480158 E	7051274 N
	480280 E	7051293 N
	480757 E	7051470 N
	480908 E	7051545 N
	481044 E	7051677 N
	481206 E	7051721 N
	481427 E	7051637 N
	481857 E	7051657 N
	482202 E	7051489 N
	482505 E	7051486 N
	482717 E	7051648 N
	482996 E	7051562 N
483076 E	7051628 N	
483235 E	7051546 N	
483323 E	7051446 N	
483545 E	7051458 N	
483595 E	7051427 N	

Para el trabajo específico de registro se emplearon GPS Garmin modelo GPSmap 60Cx y Garmin modelo eTrex Vista H, consignando las coordenadas UTM de los elementos patrimoniales, de acuerdo al Datum WSG 84. Asimismo, se ocuparon registros escritos (fichas de registro de sitios) y fotográficos digitales.

El trabajo se realizó por medio de una prospección sistemática, desarrollándose por medio de un recorrido pedestre. Se emplearon transectas equidistantes cada 50 metros, los cuales fueron recorridos privilegiando sectores planos y con potencial para la ocupación humana, así como aquellos sectores no intervenidos por movimientos de maquinaria pesada reciente.

2.8.1.4 Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las prospecciones realizadas a los siguientes sectores proyectados por Laguna Resources Chile Ltda. para las futuras instalaciones:

2.8.1.4.1 Botadero

Esta área comprende distintos sectores de alta montaña. Un pequeño valle altoandino (a 4.240 msnm promedio) cruzado por un pequeño estero cuyo caudal fluye continuamente en dirección W-E, descendiendo por una estrecha garganta rocosa, hasta al próximo valle aguas abajo. La escasa vegetación se concentra en el fondo del valle, alrededor del estero, consistente en matorral bajo altoandino y acotados sectores de pasto (coirón) (ver Registro Fotográfico en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

Desde el punto de vista de la accesibilidad, si bien la abundante presencia de una carpeta de nieve impidió el acceso vehicular al sector, se pudo acceder al área mediante desplazamiento pedestre. Por su parte, La visibilidad fue muy buena debido a la acotada presencia vegetacional en el área y al hecho de que la nieve se concentraba en los caminos y sectores de alta pendiente. El nivel medio de obstrusividad se dio principalmente por la presencia de limo y gravilla en el sustrato.

Se identificó la presencia de un sitio patrimonial denominado por las siglas NE-01 (ver Plano 2 en Anexo 2.5 – Componente Arqueología) y que corresponde a una estructura subcuadrangular (2 x 2 m) cuyos muros fueron construidos mediante la técnica de pircado simple, de baja altura aprovechando un bloque rocoso que aflora en el lugar. No se registra material cultural asociado, por lo que no es posible conocer su cronología (ver Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

Asimismo, en el sector norte del área proyectada para la instalación del botadero, se registró un hallazgo aislado (ver Plano 2 en Anexo 2.5 – Componente Arqueología), denominado HA-01, correspondiente a un núcleo agotado de calcedonia blanca de grano fino con retoque bimarginal simple. En los alrededores no se registraron otros hallazgos asociados, sin embargo, su adscripción cronológica se estima de origen prehispánico (ver Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

2.8.1.4.2 Rajo Arqueros

Esta área se encontró altamente alterada con caminos y faenas mineras contemporáneas. La zona en general, presenta una pendiente bastante abrupta propia de cerros de alta montaña, con alturas desde los 4.340 msnm hasta 4.560 msnm.

A pesar de la abundante presencia de caminos, la abrupta pendiente y la presencia de mantos nivosos dificultan el acceso directo al área, pues gran parte de estos caminos se encuentran en mal estado. Por su parte, la gran presencia de material de arrastre confiere un nivel medio de obstrusividad, y la nula vegetación existente permitió contar con un buen nivel de visibilidad de toda el área (ver Registro Fotográfico en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología). Gran parte de esta área fue evaluada en prospecciones arqueológicas anteriores por MAA Consultores en Marzo del 2011, limitándonos en esta evaluación a recorrer nuevas áreas, concentradas en el sector sur del nuevo perímetro. Cabe señalar que no se registraron nuevos sitios arqueológicos ni material cultural y/o paleontológico en la superficie del área.

2.8.1.4.3 Planta

Esta área se encuentra adyacente al actual campamento de Laguna Resources Chile Ltda. y otras áreas operativas, por esta razón se observó una alta intervención del área provocada principalmente por el trazado de caminos y nivelación de suelos (ver Registro Fotográfico en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

Este sector, al igual que el anterior, fue previamente evaluado en prospecciones arqueológicas realizadas en marzo de 2011 por MAA Consultores, limitándonos en esta evaluación a recorrer las áreas nuevas, concentradas hacia el oeste del perímetro.

Tanto la accesibilidad como la visibilidad fueron óptimas en este sector, sin embargo, el nivel de obstrusividad fue de carácter medio debido a la alta intervención de algunas zonas. No se registraron sitios de interés patrimonial ni vestigios de carácter arqueológico y/o paleontológico en el sector.

2.8.1.4.4 Campamento

Este sector se ubica sobre el piedemonte de la ladera norte de la quebrada Chimberos a una altitud promedio de 3.860 msnm, 50 metros sobre un extenso humedal que

caracteriza a dicha quebrada. El perímetro sujeto a evaluación se conforma por un sector de 100 x 100 metros, además del camino de acceso proyectado que comunica esta área con el antiguo campamento ya en desuso de la Minera Mantos de Oro (La Coipa). El sector presenta escasa vegetación caracterizada por matorral bajo altoandino, sedimento limo arcilloso con baja presencia de gravilla (ver Registro Fotográfico en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

Tanto la accesibilidad como la visibilidad y obstrusividad fueron óptimas en este sector. No se registraron sitios de interés patrimonial ni vestigios de carácter arqueológico y/o paleontológico en el sector.

2.8.1.4.5 Depósito de Relaves

Se ubica en un estrecho valle en la sección baja de la Quebrada de Carachitas. En el fondo de la quebrada se encuentran dos humedales de extensión media con abundante coirón, además de otras dos pequeñas vegas acotadas a los sectores de las laderas. Hacia la ladera norte se levanta una planicie de pendiente moderada donde se observa vegetación de matorrales bajos altoandinos y coirón (ver Registro Fotográfico en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología). El acceso es bueno, así como también la visibilidad. La obstrusividad es media debido a la presencia de rocas y gravilla.

Así como en otros sectores, esta área fue evaluada previamente por prospecciones arqueológicas realizadas por MAA Consultores en marzo de 2011. Éstas se concentraron en el sector oeste del área de depósito de relaves registrándose dos sitios arqueológicos con estructuras pircadas, uno de ellos posiblemente de data histórica. El otro sitio registra una ocupación bicomponente, tanto prehispánica como histórica (para ver detalles revisar informe MAA Consultores, Marzo de 2011).

De acuerdo a lo anterior, en esta campaña se concentraron las prospecciones en las nuevas áreas proyectadas para la instalación del depósito de relaves, las cuáles se concentran principalmente en el sector bajo de la quebrada. En este sector se registran dos nuevos sitios arqueológicos (ver Plano 2 en Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

- **NE-02:** Corresponde a un campamento temporal y basural subactual de 20 x 20 m, relacionado a actividades mineras y ubicado en una planicie de la terraza sur de quebrada Carachita. Presenta un conjunto de materiales históricos entre los que destacan la presencia de latas de conserva, fragmentos de botellas de vidrio, loza y

metal, entre otros (ver Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

- **NE-03:** Corresponde a una estructura subcuadrangular de 2 x 2 m, orientada hacia el sur. Presenta tres muros de baja altura, contruidos mediante un pircado simple sin utilización de argamasa, aprovechando un bloque rocoso para formar uno de sus costados. El piso del espacio interior se encuentra nivelado. No se registra material cultural asociado, por lo cual se desconoce su cronología (ver Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

2.8.1.4.6 Relaveducto

Corresponde al sector donde se proyecta el ducto que trasportará los residuos al Depósito de Relaves. Comprende una franja de 30 metros de ancho que une la planta en el sector de la quebrada de Chimberos (4.020 msnm) con el sector alto del depósito de relaves en la quebrada de Carachitas (3.900 msnm), pasando a través de un portezuelo que alcanza los 4.040 msnm. Las laderas presentan pronunciadas pendientes y escasa vegetación, compuesta principalmente de matorral bajo altoandino (ver Registro Fotográfico en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología). En este sector se constató la total ausencia de restos arqueológicos, históricos y/o paleontológicos.

2.8.1.4.7 Acueducto

Corresponde al sector donde se proyecta la instalación de un ducto de 14 km de largo, para el abastecimiento de agua para procesos, que se realizará desde dos pozos profundos existentes, para el Proyecto Minero Arqueros. El acueducto abarca un área que va desde los Pozos de Extracción (492233 E / 7057705 N) ubicados sobre una extensa planicie (3675 msnm) en el Salar de Maricunga, hasta el área de Piscinas de Acopio (483590 E / 7050993 N) ubicadas en el filo del portezuelo (4.100 msnm) sobre el sector de la Planta (ver Registro Fotográfico en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

La proyección del trazado cruza la planicie central del altiplano en dirección E-W al costado del camino público Las Olas – Minera Esperanza. Presentando escasa vegetación de pastos aislados y matorral altoandino, lo cual permite una muy buena visibilidad. Luego, el trazado ingresa a través de un amplio valle a los contrafuertes de la

cordillera occidental, girando posteriormente en dirección sur. Finalmente, el trazado pasa por la sección alta del valle de Chimberos, a través un amplio humedal rico en coirón.

Las prospecciones realizadas en este sector registraron la presencia de un sitio patrimonial (ver Plano 2 en Anexo 2.5 – Componente Arqueología) denominado como NE-04. El sitio corresponde a un campamento minero asociado a áreas de descarte subactuales, ubicado al costado oeste del camino público y del trazado del acueducto, sobre la planicie del valle. Se encuentra directamente asociado a un pique minero de explotación reciente y presenta dimensiones aproximadas de 100 x 50 m en su eje N-S (ver Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

2.8.1.4.8 Línea de Transmisión Eléctrica

Corresponde al sector donde se proyecta la instalación de una línea de transmisión eléctrica de 45 km de largo, para el Proyecto Minero Arqueros. Abarca un área que va desde S/E Tap Off o V-01 (450874 E / 7028035 N) empalmado con la LTE que asciende paralelo a la Ruta Internacional R31 (2822 msnm), hasta el área de Planta o V-69 (483595 E / 7051427 N) ubicada en la quebrada Chimberos (3.986 msnm) (ver Registro Fotográfico en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

La proyección del trazado recorre el amplio valle de la Quebrada Potrerillos en dirección N-S y luego E-W al costado del camino público, desde V-01 hasta V-11. Presentando escasa vegetación de pastos aislados y matorral altoandino, lo cual permite una muy buena visibilidad. La obstrusividad es adecuada debido a la escasa presencia de bloques rocosos, pudiendo distinguirse sin gran dificultad las estructuras pircadas existentes.

Luego, el trazado asciende a través de la cada vez más angosta Quebrada Potrerillos, por los contrafuertes de la vertiente poniente de la cordillera occidental, en dirección E-W hasta el portezuelo asociado a las nacientes de la mencionada quebrada. Desde V-11 hasta V-15. La vegetación en esta área se limita a la presencia de pastizales en acotadas vegas en el fondo de la quebrada, teniendo una muy buena visibilidad. No así la obstrusividad dado que existe gran presencia de bloques y afloramientos rocosos. La accesibilidad es mala, debido a que desde el V-11 no existen caminos vehiculares, debiendo realizarse el recorrido sólo peatonalmente.

Una vez traspasado el portezuelo y a una altura promedio de 4.600 msnm, el trazado cruza la cordillera occidental en un paisaje de alta montaña, desde V-15 hasta V-59, presentando una muy buena visibilidad debido a la nula presencia vegetacional. La obstrusividad es baja debido a que sólo se observa material de acarreo. La accesibilidad es buena dado que el trazado va paralelo al camino que une el sector de Quebrada Chimberos con Quebrada La Coipa, sin embargo debido a la presencia de nieve este no está habilitado en época de invierno.

Finalmente, el trazado desciende por la sección alta del valle de Chimberos, desde V-59 hasta v-69, llegando a un amplio humedal rico en coirón. La visibilidad es buena dada la baja presencia de vegetación altoandina. La accesibilidad es buena debido a la presencia de caminos vehiculares existentes por las actividades mineras y la obstrusividad es regular dado que algunas áreas se encuentran bastante impactadas por actividades de maquinaria pesada producto de labores mineras anteriores.

Las prospecciones realizadas en este sector registraron la presencia de 23 sitios patrimoniales.

En el tramo entre V-01 y V-02 existe la presencia de 2 sitios arqueológicos denominados como P-01 y P-02 (ver Plano 2 en Anexo 2.5 – Componente Arqueología y Ficha de registro P-01 y P-02, de la Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

En el tramo entre V-03 y V-04 existe la presencia de 1 sitio arqueológico denominado como P-03 (ver Plano 2 en Anexo 2.5 – Componente Arqueología. Ficha de registro P-03, de la Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

En el tramo entre V-04 y V-05 existe la presencia de 3 sitios arqueológicos denominados como P-04, P-05 y P-06 (ver Plano 2 en Anexo 2.5 – Componente Arqueología y Ficha de registro P-04, P-05 y P-06, de la Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

En el tramo entre V-06 y V-07 existe la presencia de 2 sitios arqueológicos denominados como P-07 y P-08 (ver Plano 2 en Anexo 2.5 – Componente Arqueología y Ficha de registro P-07 y P-08, de la Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

En el tramo entre V-07 y V-08 existe la presencia de 4 sitios arqueológicos denominados como P-09, P-10, P11 y P-12 (ver Plano 2 en Anexo 2.5 – Componente Arqueología y Ficha de registro P-09, P-10, P11 y P-12, de la Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

En el tramo entre V-10 y V-11 existe la presencia de 3 sitios arqueológicos denominados como P-13, P-14 y P-15 (ver Plano 2 en Anexo 2.5 – Componente Arqueología y Ficha de registro P-13, P14 y P-15, de la Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

En el tramo entre V-11 y V-12 existe la presencia de 7 sitios arqueológicos denominados como P-16, P-17, P18, P-19, P-20, P-21 y P-22 (ver Plano 2 en Anexo 2.5 – Componente Arqueología y Ficha de registro P-16, P-17, P18, P-19, P-20, P-21 y P-22, de la Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

En el tramo entre V-14 y V-15 existe la presencia de 1 sitio arqueológico denominado como P-23 (ver Plano 2 en Anexo 2.5 – Componente Arqueología y Ficha de registro P-23, de la Ficha de Registro de Sitios y Hallazgos Arqueológicos en el Anexo 2.5 – Componente Arqueología).

2.8.1.5 Conclusiones

De acuerdo a la revisión de antecedentes bibliográficos, así como de las Actas del Consejo de Monumentos Nacionales para las áreas adyacentes a los polígonos de prospección, se constató que no existen en el área prospectada Monumentos Nacionales declarados en las siguientes categorías: históricos, santuarios de la naturaleza y zonas típicas. Sin embargo, en cuanto a sitios arqueológicos, si bien la literatura no consigna su presencia dentro de las áreas prospectadas, existen antecedentes previos de estudios realizados en el marco de evaluaciones ambientales que identificaron ocupaciones humanas prehispánicas e históricas tanto en la quebrada de Teteritas (MAA Consultores 2008a), como en el sector de La Coipa (MAA Consultores, 2008b) y en la quebrada de Carachitas (MAA Consultores 2011). Todos ubicados cercanos al área de influencia directa e indirecta del proyecto minero asociado a Laguna Resources Chile Ltda, y dentro de éstas en el caso de los sitios de Carachitas.

Desde el punto de vista de las prospecciones ejecutadas por MAA Consultores S.A., no existieron dificultades de visibilidad, presentando condiciones generales de accesibilidad y obstrusividad adecuadas. Sin embargo, los procesos erosivos naturales y, fundamentalmente, la alteración producida por caminos y sondajes actuales disminuyeron la posibilidad de identificación de restos culturales y/o paleontológicos de carácter patrimonial en algunas áreas.

En el área prospectada dentro de los perímetros definidos por Laguna Resources Chile Ltda. y detallados más arriba en este documento, nuestros estudios superficiales pudieron detectar la presencia de 29 sitios patrimoniales, cuatro de data prehispánica (P-03, P-04, P-05 y P22), cuatro bicomponente de data prehispánica e histórica (P-13, P-16, P-21 y P-22), tres bicomponente de data prehispánica y subactual (P-02, P06 y Carachitas 2), un tricomponente de data prehispánica, histórica y subactual (P-15), tres de data histórica (P-01, P-19 y Carachitas1), cinco de data desconocida (P-07, P18, P20, NE-01 y NE-03) y nueve de carácter subactual (P-08, P-09, P-10, P-11, P-14, P17, P-23, NE-02 y NE-04). Asimismo, se registró 1 hallazgo aislado de material lítico prehispánico, correspondiente a desechos de eventos de talla de carácter esporádico (HA-01).

En consideración del punto anterior, se recomienda considerar la posibilidad de modificar los trazados de las obras en el Trazado de Línea de Transmisión Eléctrica con el fin de evitar el impacto de los sitios presentes en dichos sectores. por tratarse de una obra lineal y por la alta densidad de sitios arqueológicos en el área de influencia directa e indirecta de ésta.

Junto con lo anterior, se recomienda proteger la totalidad de los sitios por medio de rejas metálicas de alta visibilidad y letreros que identifiquen a cada sitio como protegido por la Ley de Monumentos Nacionales. La instalación de la señalética debiese contar con supervisión arqueológica profesional. Por otro lado, la ubicación de los sitios debiese ser consignada en los planos que maneja la empresa, con el fin de tenerla en consideración a la hora de diseñar los futuros proyectos de desarrollo en el sector y darla a conocer a las diversas áreas de la empresa y/o a empresas contratistas que realicen actividades en las inmediaciones.

De acuerdo a la clasificación del valor patrimonial, los 29 sitios arqueológicos detectados tienen bajo valor patrimonial. Además, dichos sitios arqueológicos se encuentran en un

área altamente intervenida desde hace muchos años, en una zona donde existió una actividad minera no regulada que inició el proceso de deterioro. Por lo anterior, los sitios arqueológicos podrían perder su valor, debido al deterioro permanente al que se encuentran expuestos. Una forma de poner en valor estos 29 sitios patrimoniales, sería rescatándolos, para luego conservarlos en museos, u otras instituciones.

Para aquellos sitios donde no es posible evitar el impacto se deberá proceder con la realización de una ampliación de Línea de Base de modo de determinar la cronología exacta y dimensiones subsuperficiales de los hallazgos, para posteriormente planificar actividades de rescate arqueológico. La Ampliación de línea de base implica la realización de una campaña de excavación de pozos de sondeo en los sitios que vayan a verse afectados por el proyecto. Una vez evaluados los resultados de los sondeos, se deberá diseñar una campaña de rescate arqueológico que permita recuperar la mayor cantidad de información de los sitios que se verán afectados por las obras del proyecto. Ambas campañas son de carácter independiente y deberán ser oportunamente aprobadas por el Consejo de Monumentos Nacionales.

En el caso que los sitios se vean afectados por las obras del proyecto se deberá incluir un permiso sectorial en el Estudio de Impacto Ambiental correspondiente al proyecto (PAS 76), indicándose los objetivos y metodologías que se desarrollarán en las campañas de sondeo y rescate que se pretende ejecutar una vez que el proyecto sea ambientalmente aprobado.

En los restantes sectores prospectados en el marco del presente proyecto no se encontraron evidencias de sitios arqueológicos, históricos, antropológicos o paleontológicos. Por lo tanto, se concluye que el futuro desarrollo de proyectos de dichos polígonos no afectará Monumentos Nacionales de acuerdo con la definición aportada por la legislación vigente en nuestro país.

Por último, en el caso que durante la ejecución del proyecto se detectara la presencia de restos culturales antropo-arqueológicos, paleontológicos o históricos subsuperficiales, no detectados en la presente prospección, se procedera de acuerdo con lo establecido en los artículos 26° y 27° de la Ley 17.288 de Monumentos Nacionales y en los artículos 20° y 23° de su Reglamento, con el propósito de diseñar y realizar actividades de salvataje arqueológico adecuadas. Asimismo, se deberá dar cuenta de inmediato y por escrito al

Consejo de Monumentos Nacionales, para que este organismo determine los procedimientos específicos a seguirse.

2.9 DESCRIPCIÓN DEL PAISAJE

2.9.1 Introducción

El presente acápite contiene la caracterización de la componente paisaje para el área de emplazamiento del Proyecto Minero Arqueros (en adelante el Proyecto), el cual se ubica en la región de Atacama, comuna de Diego de Almagro.

La caracterización del Paisaje se realizó de acuerdo a los conceptos considerados en la letra f del Artículo 12, Título Tercero, del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (DS 95/01, RSEIA) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES) y la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, evaluando los parámetros solicitados de visibilidad, calidad y fragilidad visual del paisaje.

La metodología utilizada para el levantamiento de información del área de estudio y posterior análisis se realizó sobre la base de la revisión de antecedentes del área asignada y la constatación *in situ*, de rutas viales y potenciales cuencas visuales¹⁰ o áreas de visibilidad, según las apreciaciones de Litton (1973). Dichas cuencas están conformadas por unidades de paisaje¹¹, las cuales se establecieron bajo criterios definidos por Escribano *et al* (1991). Ambos elementos (cuencas visuales y unidades de paisaje) permitieron el análisis del paisaje de acuerdo a su calidad¹² y fragilidad visual¹³ la que se estructuró utilizando una adaptación del método de Aguiló *et al* (1992) conjuntamente con Aguiló y Aramburu (1995).

¹⁰ Cuenca visual Cuenca Visual: la determinación de Cuenca Visual (CV) es considerada la operación básica para los análisis de visibilidad (Aguiló, 1981) y para la caracterización y valoración del paisaje que ésta contiene.

¹¹ Unidad de Paisaje es un área geográfica con una configuración estructural, funcional o perceptivamente diferenciada, única, singular y homogénea; que se identifica por su coherencia interna y sus diferencias con respecto a las unidades contiguas.

¹² Calidad visual se refiere a los valores estéticos del paisaje

¹³ Fragilidad visual es la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él. Expresa el grado de deterioro que el paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones.

Como parámetros para ejecutar la evaluación se recurrió a la descripción de los elementos que componen el paisaje, estos corresponden a aspectos del territorio diferenciables a simple vista y que lo configuran. Estos elementos son agrupados en tres grandes temas: físicos, bióticos y actuaciones humanas (B.L.M., 1980a).

2.9.2 Objetivos

2.9.2.1 Objetivo general

Levantar la línea de base de la componente ambiental paisaje en el área del Proyecto describiéndolo desde el punto de vista de su belleza escénica.

2.9.2.2 Objetivos específicos

- Identificar puntos de observación (PO) y rutas de observadores, relacionados con el Proyecto.
- Identificar el área de influencia asociada al Proyecto, sobre la base de la visibilidad obtenida mediante cuencas visuales.
- Describir las características de visualización (Cuencas visuales CVs) en el área de influencia.
- Describir las unidades homogéneas de paisaje (UPs) del área de estudio; según las características visuales básicas de sus componentes.
- Evaluar la calidad y fragilidad visual del paisaje, relacionado con el Proyecto.
- Determinar la sensibilidad visual del paisaje.

2.9.3 Metodología

La metodología aplicada para la primera fase del estudio consideró la realización de una revisión bibliográfica que conjuga todos los aspectos que se creen fundamentales para abordar específicamente el componente paisaje, realizando un ajuste metodológico con relación a las características del Proyecto y su área de estudio.

Se describieron los antecedentes generales del área de estudio, a partir de una caracterización general de la región, procediendo a definir los aspectos fundamentales que inciden en la conformación del paisaje. Posteriormente, la recopilación y análisis de antecedentes fue llevada a un plano de mayor detalle, describiendo aquellos aspectos de interés que se manifiestan en el área de estudio, estos son aspectos vegetacionales, climáticos, hidrográficos, geomorfológicos y de relieve.

Todos ellos fueron descritos con el objeto de contextualizar el área de estudio para su posterior descripción, análisis y valoración.

Se establecieron las acciones para abordar la elaboración de cartografía y análisis territorial necesario para llevar a cabo la línea de base del estudio. Entre las actividades ejecutadas en forma previa a la campaña de terreno se mencionan las siguientes:

- Elaboración de la cartografía base, confeccionada a partir de las distintas capas de información proporcionadas por el mandante, las cuales fueron integradas en un sólo archivo en formato SIG, utilizando el programa ArcGIS.
- Análisis preliminar de las condiciones de visibilidad desde puntos y rutas de observadores potenciales. Información procesada mediante el programa ArcGIS.
- Definición preliminar las Unidades de Paisaje (UP) según características físicas (curvas de nivel, IGM escala 1:50.000); bióticas: vegetación (pisos vegetacionales Luebert y Plischoff, 2006) y/o antrópicos: identificación de diversos tipos de estructuras realizadas por el hombre ya sean estas extensivas o lineales (Google Earth).

2.9.3.1 Identificación de puntos de observación (PO) y rutas de observadores

Para la obtención de las cuencas visuales y la delimitación del área de influencia, fueron identificados puntos de observación (PO) y rutas de observadores, los que constituyen una herramienta para la visualización del territorio en estudio. Por otro lado, para el caso de los proyectos lineales (acueducto), las rutas de observadores aportarán movilidad a la observación generándose múltiples PO durante el recorrido.

Estas dos herramientas permitieron la definición del área de influencia del Proyecto mediante los procedimientos antes descritos.

Sobre la base de las actividades de gabinete y durante la campaña de terreno, fueron identificados los puntos de observación y principales rutas de observadores potenciales. Esta selección consideró los siguientes criterios:

- Puntos que por sus características panorámicas y de visibilidad, estén constituidos como miradores actuales y potenciales.
- Puntos de atractivos turísticos con valor paisajístico, incluidos en el Catastro de Atractivos Turísticos, SERNATUR 2010.
- Puntos de accesibilidad visual identificados en terreno.
- Infraestructura vial de acceso al área de estudio.
- Circuitos turísticos y rutas escénicas.

2.9.3.2 Descripción de las características de visualización (Cuencas visuales)

La identificación de las Cuencas Visuales (CV) permitió la caracterización y valoración del paisaje que estas contienen. Se realizó su descripción de acuerdo a las características visuales espaciales de cada CV, señaladas a continuación (Litton, 1973):

- **Tamaño:** se determinó el tamaño de cada cuenca visual, el que depende directamente de las condiciones de observación, una cuenca es más vulnerable cuanto mayor tamaño tenga. Los tres tamaños que se manejan, conforme a un análisis cualitativo, corresponden a: extenso, mediano y reducido.
- **Posición del observador:** se determinó en relación con el objeto observado, el cual determina los ángulos que forman sus ejes de visión con dicho objeto en los planos horizontal y vertical. La elevación del observador respecto del objeto considera posiciones inferior (-), media o a nivel (+-) y positiva o superior (+), lo que condiciona la apreciación de la composición escénica del conjunto.
- **Forma:** fue verificada la conformación geométrica de la delimitación de la cuenca visual en planta, cuya importancia radica en que es un elemento categorizador de las condiciones visuales del territorio. Según su representación distinguen tres tipos de formas: circular o redondeada, alargada e irregular. Las cuencas visuales más orientadas y alargadas son más sensibles a los impactos, pues son

visualmente más vulnerables que las cuencas redondeadas, debido a la mayor direccionabilidad del flujo visual.

- Tipo de vista: se consideró como “vista” al término que define a la acción de contemplar el paisaje de una sola vez, sin girar la mirada. En función de su alcance las vistas se conocen como cerradas, si el fondo escénico y el plano medio no están representados; y limitadas, si el fondo escénico no es relevante; y abiertas si la visión tiene un alcance lejano.
- Compacidad: se determinó de acuerdo a la mayor (+) o menor (-) presencia de las zonas no vistas (sombra) o huecos dentro del contorno formado por los puntos vistos más lejanos. Las cuencas visuales con menor número de huecos, con menor complejidad morfológica, son más frágiles.
- Intervisibilidad: se calificó el área en función del grado de visibilidad recíproco de todos los puntos entre sí, valorando la existencia de panorámicas amplias en el horizonte visual de cada punto del territorio (MOPU, 1982).
- Dominancia visual: se refiere al dominio de unos objetos sobre otros en el paisaje, está condicionada por las características visuales básicas: color, forma, línea, textura, escala o posición espacial.

2.9.3.3 Identificación y delimitación de las unidades homogéneas de paisaje (Ups)

Según la denominación de Escribano *et. al.* (1991), se entiende como unidad de paisaje a “áreas con características y elementos homogéneos, cuya división se establece atendiendo a los aspectos visuales y característica definitorias del paisaje”.

Para su identificación y delimitación, se consideraron los siguientes aspectos:

- Físicos: formas del terreno, superficie del suelo, rocas, cursos o láminas de agua, nieve, entre otros.
- Bióticos: vegetación tanto espontánea como cultivada, además de fauna y animales domésticos, en tanto sean apreciables visualmente.
- Antrópicos: identificación de diversos tipos de estructuras realizadas por el hombre ya sean estas extensivas o lineales.

Se obtuvo un registro fotográfico de cada una de las unidades de paisaje registradas.

2.9.3.4 Evaluación de la calidad visual

La calidad visual corresponde a los valores estéticos que presenta el paisaje evaluado. La determinación de la calidad visual de paisaje, se obtuvo a través de la valoración de las unidades de paisaje, por medio de la aplicación de pautas con categorías propuestas por Aguiló et. al (1992). Dicho valor corresponde al promedio obtenido de las unidades de paisaje, que contienen cada una de las cuencas.

Lo criterios de valoración, se presentan a continuación en Tabla 2-79.

Tabla 2-79: Criterios de valoración para la calidad visual (CV) del paisaje

Descripción	Valor de calidad	
	Nominal	Numérico
MORFOLOGÍA		
Colinas suaves, fondos de valle planos, poco o ningún detalle singular pendientes entre 0 y 15%	Baja	1
Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales. Pendientes entre 15 y 30%.	Media	2
Relieve muy montañoso, marcado y prominente, o bien relieve de gran variedad superficial o sistema de dunas o presencia de algún rasgo muy singular. Pendientes mayores a 30%.	Alta	3
VEGETACIÓN		
Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.	Baja	1
Alguna variedad en la vegetación, pero sólo uno o dos tipos.	Media	2
Gran variedad de formaciones vegetales, con formas, texturas y distribución interesantes. Especies visualmente atractivas.	Alta	3
FAUNA		
Ausencia de fauna de importancia paisajística.	Baja	1
Presencia esporádica en el lugar, especies poco vistosas o baja riqueza de especies.	Media	2
Presencia de fauna permanente en el lugar, especies llamativas o alta riqueza de especies.	Alta	3

Descripción	Valor de calidad	
	Nominal	Numérico
AGUA		
Ausente o inapreciable	Baja	1
Agua en movimiento o en reposo, pero no dominante en el paisaje.	Media	2
Factor dominante en el paisaje, apariencia limpia y clara, aguas blancas (rápidos, cascadas), láminas de agua en reposo, grandes masas de agua.	Alta	3
ACCIÓN ANTRÓPICA		
Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.	Baja	1
La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Media	2
Libre de intervenciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	Alta	3
FONDO ESCÉNICO de la CV		
El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto.	Baja	1
El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual del conjunto.	Media	2
El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	Alta	3
SINGULARIDAD O RAREZA de la CV		
Bastante común en la región.	Baja	1
Característico, pero similar a otros en la región.	Media	2
Paisaje único o poco corriente, o muy raro en la región; posibilidad real de contemplar fauna y vegetación excepcional.	Alta	3

Fuente: modificado de Aguiló 1992.

El valor promedio obtenido, es contrastado con la tabla de rangos cuantitativos (ver

Tabla 2-80), los que determinan el nivel de calidad para cada una de la CV identificadas en el área de influencia.

Tabla 2-80: Rangos cuantitativos de valoración de la Calidad Visual del paisaje

Valoración	Calidad	Descripción
Valor 2,5 – 3	ALTA	Áreas con atributos visuales singulares o excepcionales, tanto en su composición interna como en su organización. Asociada por lo general a áreas prístinas.
Valor 2,0 - 2,4	MEDIA	Área atractiva visualmente, sin características sobresalientes.
Valor 1,0-1,9	BAJA	Áreas sin variedad en la forma, color, línea y textura, o áreas con elementos negativos que alteran significativamente el paisaje. Área carente de elementos singulares o sobresalientes. Por lo general, este tipo de áreas se encuentran modificadas en su composición o estructura por actividades antrópicas.

Fuente: Modificado de MOPT 1992.

2.9.3.5 Evaluación de la fragilidad visual

La fragilidad visual es la susceptibilidad del paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él. Expresa el grado de deterioro que el paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones. La determinación de la fragilidad visual de la cuenca visual se realizó con base en una adaptación de la metodología de Aguiló y Aramburú (1995). Esta metodología asigna valores a una serie de factores que inciden en la conformación del paisaje visual como son; los factores biofísicos, de visualización, singularidad y accesibilidad visual.

El valor promedio de los resultados de las unidades de paisaje, determinan el valor total de la fragilidad de la CV que las contiene (Tabla 2-81).

Tabla 2-81: Criterios de valoración de la Fragilidad Visual

Descripción	Valor de fragilidad	
	Nominal	Numérico
FACTORES BIOFÍSICOS		
a) Pendientes		
Pendientes de más de 30%, terrenos con un dominio del plano vertical de visualización.	Baja	1
Pendientes entre 15 y 30%, y terrenos con modelado suave u ondulado.	Media	2
Pendientes entre 0 y 15%, plano horizontal de dominancia.	Alta	3

Descripción	Valor de fragilidad	
	Nominal	Numérico
b) Densidad vegetacional		
Grandes masas boscosas. 100% de cobertura.	Baja	1
Cubierta vegetal discontinua. Dominancia de estrato arbustivo.	Media	2
Grandes espacios sin vegetación. Agrupaciones aisladas. Dominancia estrato herbácea.	Alta	3
c) Contraste vegetacional		
La descripción del Contraste vegetacional tiene como objeto identificar las formaciones vegetales según sus atributos visuales, considerando aquellos atributos (altura, grano, color) que permiten establecer diferencias, midiéndose así los niveles de fragilidad visual. No es objetivo de esta especialidad identificar especies, no obstante, en casos justificados se hace alusión a la especie dominante de una determinada formación.		
Alta diversidad de especies, fuertes e interesantes contrastes.	Baja	1
Mediana diversidad de especies, con contrastes evidentes, pero no sobresalientes.	Media	2
Vegetación monoespecífica, escasez vegetacional, contraste poco evidente.	Alta	3
d) Altura de la vegetación		
Gran diversidad de estratos. Alturas sobre los 10 m.	Baja	1
No hay gran altura de las masas (< 10 m), ni gran diversidad de estratos.	Media	2
Vegetación arbustiva o herbácea, no sobrepasa los 2 m de altura o Sin vegetación	Alta	3
VISUALIZACIÓN		
a) Tamaño de la CV		
<i>Cuencas extensas.</i> Valor correspondiente a áreas abiertas, con puntos de observación expuestos o con relieves de baja altura que permite que los rayos visuales se escapen hacia fondos escénicos lejanos. Se consideran superficies mayores o iguales a 7.000 ha, incluyendo el fondo escénico.	Baja	1
<i>Cuencas medianas, mezcla de ambas categorías.</i> Abarca superficies con visibilidad sobre los primeros planos cercanos al observador, permitiendo que el flujo visual limite con otros planos de la cuenca más distantes o se escapen hacia el fondo escénico. Se consideran cuencas que abarcan superficies entre 2.500 ha y 7.000 ha.	Media	2

Descripción	Valor de fragilidad	
	Nominal	Numérico
<i>Cuencas reducidas.</i> Visión de carácter cercana o próxima (0 a 500 m). Dominio de los primeros planos. Corresponde a un territorio de reducida extensión, con planos cercanos e inmediatos producto de la morfología del sector, o bien, de la altura del punto de observación (bajo el territorio) que permite tener visibilidad sólo hasta los primeros planos (superficie entre 1 y 2.500 ha).	Alta	3
b) Forma de la CV		
Cuencas redondeadas.	Baja	1
Cuencas irregulares, mezcla de ambas categorías.	Media	2
Cuencas alargadas, generalmente unidireccionales en el flujo visual o muy restringida	Alta	3
c) Compacidad		
Vistas cerradas u obstaculizadas. Presencia constante de zonas de sombra o menor incidencia visual.	Baja	1
El paisaje presenta zonas de menor incidencia visual, pero en un porcentaje moderado.	Media	2
Vistas panorámicas abiertas. El paisaje no presenta huecos, ni elementos que obstruyan los rayos visuales.	Alta	3
SINGULARIDAD		
Unicidad		
Paisaje común, sin riqueza visual o muy alterada.	Baja	1
Paisaje interesante pero habitual, sin presencia de elementos singulares.	Media	2
Paisaje singular, notable, con riqueza de elementos únicos y distintivos.	Alta	3
VISIBILIDAD		
Accesibilidad visual		
Baja accesibilidad visual, vistas escasas o breves.	Baja	1
Visibilidad media, ocasional, combinación de ambos niveles.	Media	2
Percepción visual alta, visible a distancia y sin mayor restricción	Alta	3

Fuente: Aguiló 1995.

La determinación de la fragilidad final de la cuenca visual se obtiene a partir del contraste de los valores promedio con la tabla de rangos cuantitativos (ver

Tabla 2-82).

Tabla 2-82: Rangos cuantitativos de Valoración de la Fragilidad Visual

Valoración	Fragilidad	Descripción
Valor 2,5 – 3	ALTA	Áreas que reúnen rasgos que establecen una vulnerabilidad visual muy elevada para la mayoría de los aspectos considerados. Área sensible frente a intervenciones, con nula o mínima capacidad de absorber impactos.
Valor 2,0 - 2,4	MEDIA	Área medianamente sensible frente a intervenciones. Capacidad media de absorber impactos.
Valor 1,0-1,9	BAJA	Áreas con baja o sin fragilidad visual, dado que la combinación de sus componentes permite mantener intactas las características originales del paisaje. Área capaz de absorber impactos visuales, dado su composición o organización. La incorporación de nuevos elementos no alterarían significativamente las características del área.

Fuente: Modificado de MOPT 1992.

2.9.3.6 Evaluación de la sensibilidad visual

La sensibilidad visual del paisaje permitió identificar la aptitud del territorio frente a los usos que se puedan ejercer sobre él. Se determina a partir de la combinación de los índices obtenidos para la calidad visual y fragilidad visual.

Las posibles combinaciones que se obtengan en este análisis, son posteriormente agrupadas e interpretas según la clasificación modificada de Ramos *et al.* 1979. La Tabla 2-83, muestra la matriz de combinaciones entre calidad y fragilidad visual.

Tabla 2-83: Matriz de combinación

Clases							
Calidad	Fragilidad						
		A	M			B	
	A	AA	AM			AB	3
	M	MA	MM			MB	4
B	BA	BM	BB	5			

Fuente: Modificado de RAMOS 1979.

De lo anterior, se desprenden las siguientes clases o categorías, lo que determina su uso:

- Clase 1: Zonas de alta calidad y fragilidad. Su conservación resulta prioritaria.

- Clase 2: Zonas de alta calidad y fragilidad media o baja. Son aptas, en principio, para la promoción de actividades que requieren calidad paisajística y causen bajos impactos en el paisaje.
- Clase 3: Zonas de calidad media y fragilidad alta, media o baja; pueden incorporarse a las anteriores cuando las circunstancias lo aconsejen, tomando en cuenta la visibilidad.
- Clase 4: Zonas de calidad baja y fragilidad alta y media, en principio son aptas, para la promoción de actividades que no requieren calidad paisajística y causen bajo impacto en el paisaje.
- Clase 5: Zonas de calidad y fragilidad bajas, aptas desde el punto de vista paisajístico para la localización de actividades poco gratas o que causen impactos muy fuertes.

2.9.4 Resultados

2.9.4.1 Características generales del paisaje

En términos generales, el paisaje del área de estudio está determinado por una especialización geomorfológica que depende principalmente de los factores climáticos, geológicos y tectónico, característicos de la fisonomía de la región de Atacama, que se encuentra en una zona sumamente árida presentando un clima desértico hasta semidesértico, que le asigna al territorio las dinámicas formadoras de paisaje, siendo la geología la que ejerce una amplia influencia en la formación del paisaje. La diversidad biológica en ésta región desértica se relaciona con las condiciones climáticas y las unidades del relieve, la falta de agua, las fuertes temperaturas y las amplitudes térmicas marcan un tipo de vegetación muy escaso a nulo en algunos sectores, representada principalmente por plantas de baja altura (arbustos y pastos) y cactáceas, las cuales entregan diversos coloridos y texturas, entregando un alto valor estético en los lugares donde puede ser apreciada.

El área de influencia se presenta en la precordillera, sector montañoso entre Inca de Oro - Copiapó -Vallenar en el oeste hasta La Ola- Salar de Maricunga - Laguna del Negro

Francisco en el este, donde las alturas de los cerros llegan a hasta 5.300 m s.n.m., y en la mayoría del territorio presenta una altura promedio de 3.000 m.s.n.m.

2.9.4.2 Puntos de observación (PO) y rutas de observadores

La Tabla 2-84, expone los principales puntos de observación y rutas de observadores identificadas en el territorio y que se relacionan con las obras del Proyecto.

Durante la campaña de terreno fueron identificados cinco puntos de observación, corroborados mediante observación directa del especialista, comprobando el nivel de accesibilidad visual hacia el territorio y las obras del Proyecto; posteriormente se seleccionaron los puntos que representarán a las cuencas visuales para la caracterización y valoración del paisaje estudiado. Cabe destacar, que tres de estos puntos se ubican al interior del paisaje estudiado en el sector de las obras del proyecto, siendo utilizados como puntos complementarios que ayudan a la caracterización y valoración de la unidad de paisaje identificada.

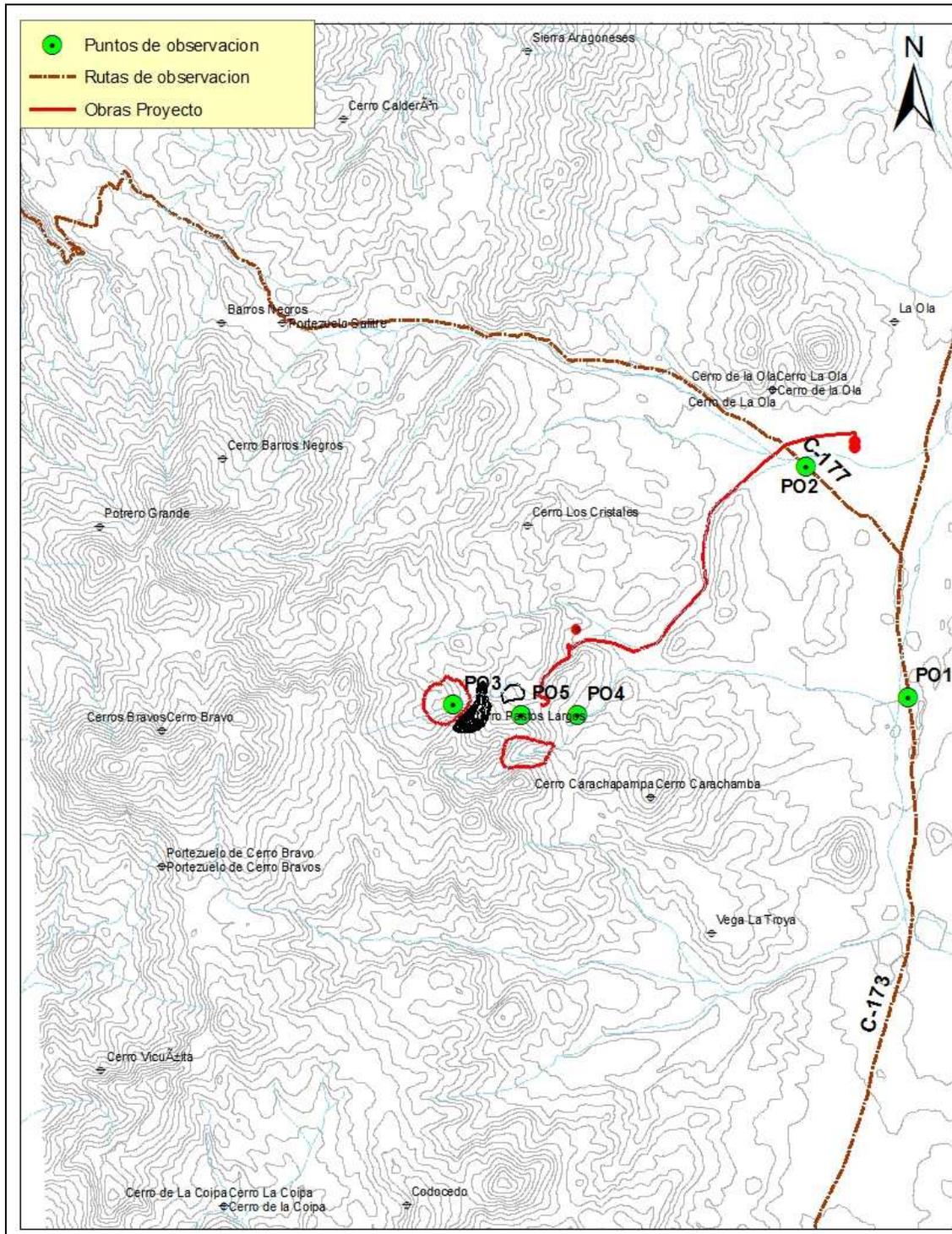
Con relación a las rutas de observación identificadas (Figura 2-30), estas corresponden a los principales ejes de conexión entre las distintas localidades de la provincia de Chañaral (Tabla 2-84).

Tabla 2-84: Puntos y rutas de observación identificados

PO	Coordenadas WGS84 Huso 19		Ruta Asociada
	E	N	
PO1	493756	7051375	C-173 – Ruta Patrimonial Circuito el Derrotero de Atacama ¹⁴
PO2	490965	7057629	C-177
PO3	481399	7051166	Interior del Proyecto - Botadero1
PO4	484766	7050882	Interior del Proyecto - Deposito de Relave
PO5	483249	7050897	Interior del Proyecto - Campamento

¹⁴ La Ruta Patrimonial “El Derrotero de Atacama” se ubica entre el litoral atacameño y las cordilleras de Claudio Gay y Domeyco en la cordillera de los Andes. Abarca los territorios comprendidos entre las cuencas del río Salado y río Copiapó (www.bienesnacionales.cl)

Figura 2-30: Puntos y Rutas de observación



2.9.4.3 Territorio Visual, descripción de las características visuales (Cuencas Visuales)

Sobre la base de la metodología propuesta, el área de influencia directa fue definida en función de la capacidad de visión de un observador común del paisaje y de las peculiaridades de la zona de estudio, la que está caracterizada por aspectos fundamentales que inciden en la conformación del paisaje, los cuales tienen relación con los elementos abióticos (morfología e hidrología), bióticos (vegetación y fauna) y elementos antrópicos (asentamiento y actividades humanas), que conforman la realidad espacial del territorio.

Conjuntamente con las observaciones en terreno y el trabajo posterior en gabinete, se pudo concluir que las particularidades del paisaje en estudio y su gran extensión, están influenciadas principalmente por los elementos abióticos como el relieve y la hidrología que conforman los principales factores de estructuración del paisaje en la región de Atacama.

A partir de la reflexión anterior, fueron identificados un punto de cuenca visual y dos rutas de observación. Tomando en cuenta estas herramientas, fue definida un área de influencia total de 38.802 hectáreas, que incluye la totalidad de las obras del Proyecto en estudio, correspondiente al área potencialmente visible desde la ubicación de un observador común, limitada visualmente por la morfología que define el territorio visual.

Según los cálculos obtenidos de la superficie visible para la cuenca visual, el punto de observación y las dos rutas de observación que la conforma, en relación a la totalidad del área de influencia, se puede indicar que un 53.3 % corresponde a áreas con acceso visual, mientras que un 46,7% corresponde a áreas de compacidad o zonas ocultas, con una menor accesibilidad visual desde estos puntos y rutas. Adicionalmente fueron seleccionados tres puntos complementarios para lograr la caracterización del área de influencia, debido al bajo porcentaje de accesibilidad visual hacia el paisaje.

A continuación en la

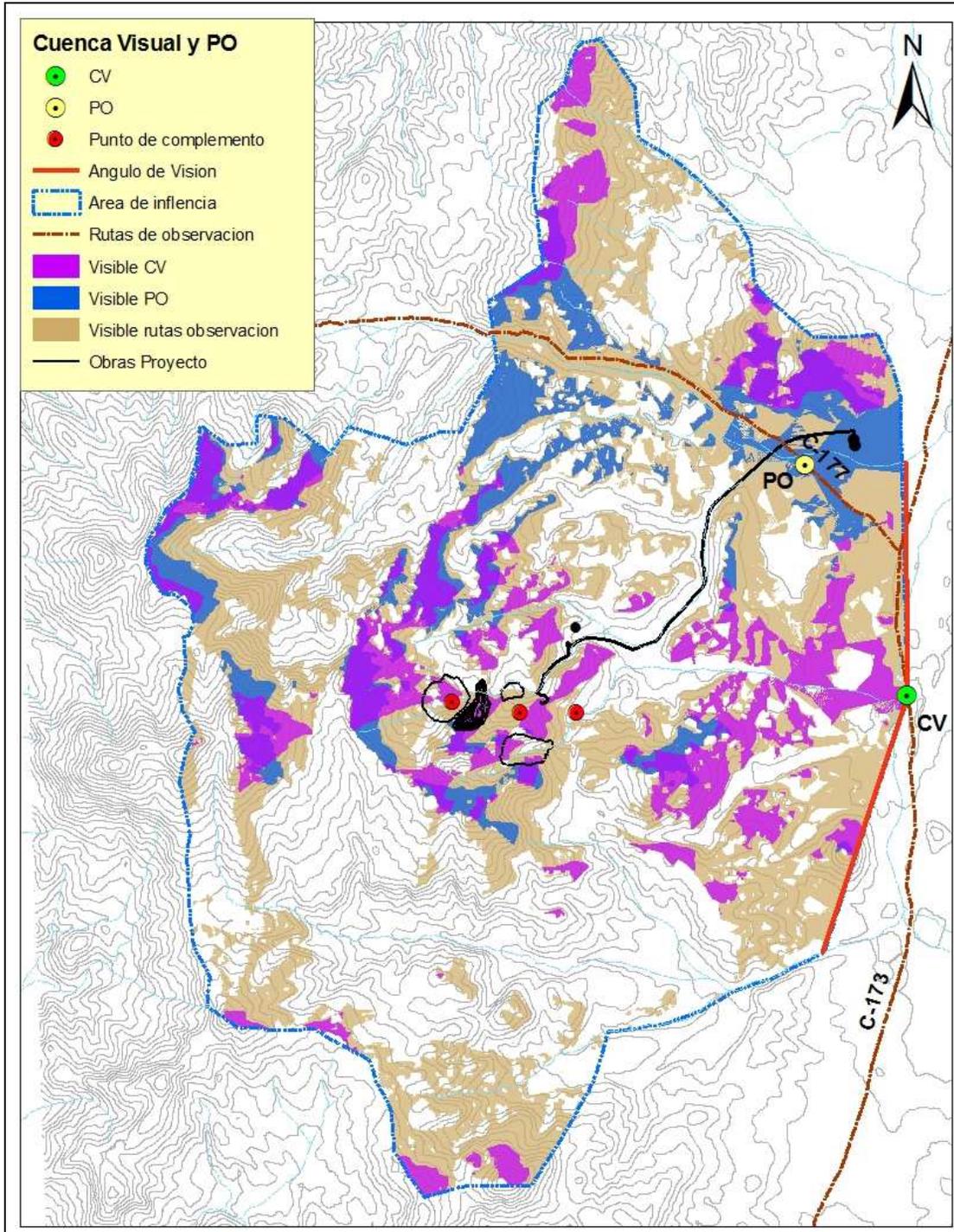
Tabla 2-85, se describen las cuencas visuales que forma parte de la superficie visible del área de estudio (ver Figura 2-31).

Tabla 2-85: Cuencas Visuales

Cuenca Visual	Coordenadas WGS 84 Huso 19 S		Ruta asociada
	X	Y	
CV Arqueros	493756	7051375	Ruta C- 173 - Ruta Patrimonial Circuito el Derrotero de Atacama
PO	490965	7057629	Ruta C-.177
PO complementario 1	481399	7051166	Interior del Proyecto - Botadero1
PO complementario 2	484766	7050882	Interior del Proyecto - Deposito de Relave
PO complementario 3	483249	7050897	Interior del Proyecto – Campamento

Elaboración propia.

Figura 2-31: Área de Influencia, Cuenca Visual



2.9.4.4 Delimitación de las unidades homogéneas de paisaje

En el área de estudio directa, fue obtenida una unidad de paisaje, contenida en una cuenca visual descrita, a partir de los puntos de observación identificados en terreno.

En la definición de las unidades de paisaje (UPs), se ha considerado los criterios ecológicos y geomorfológicos, correspondientes a porciones de la superficie terrestre naturales y usos de suelo, donde los componentes abióticos y bióticos han formado un conjunto de interrelación e interdependencia, con una relativa homogeneidad en sus características visuales.

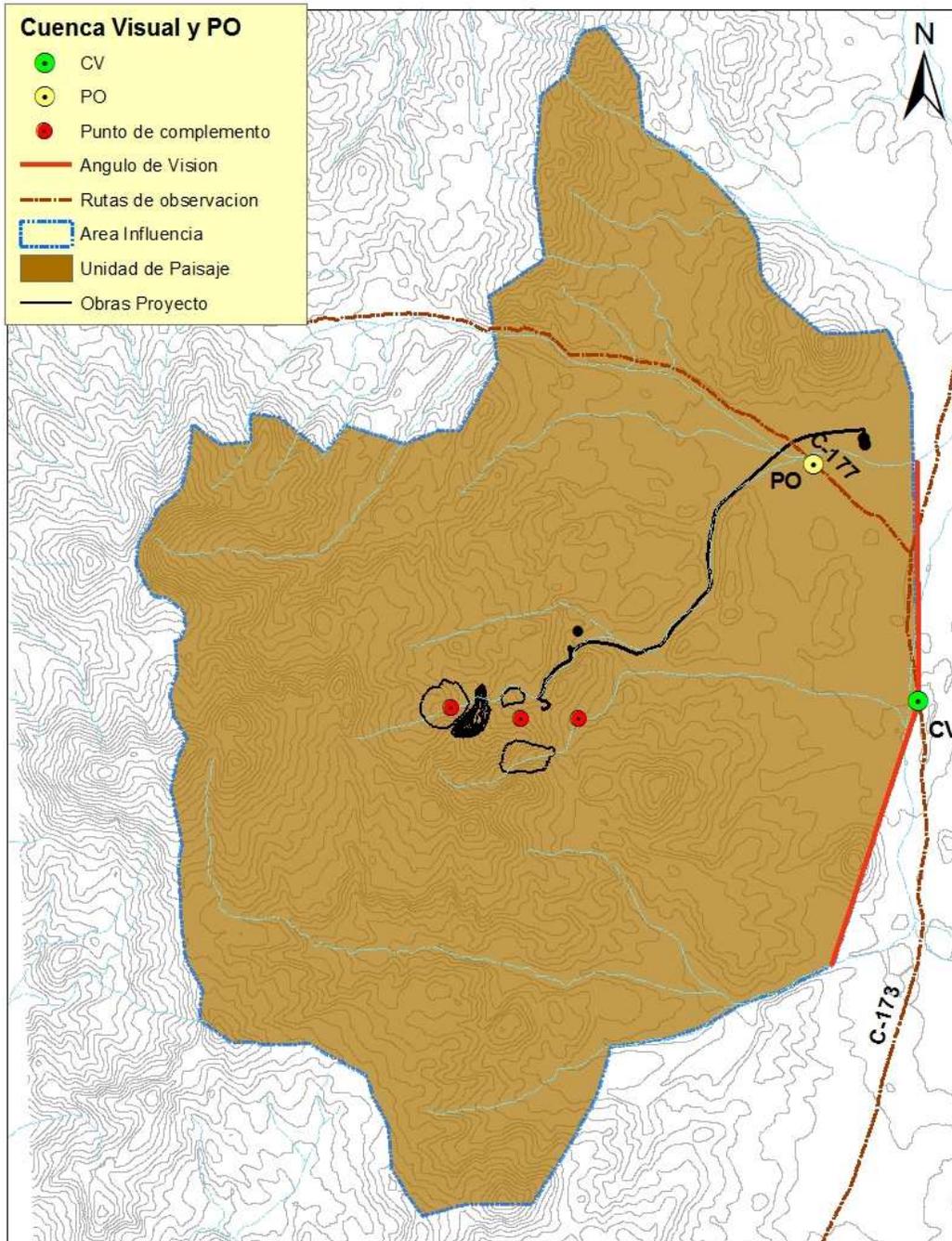
La unidad de paisaje identificada y su relación con la cuenca visual del Proyecto, se detallan a continuación.

Tabla 2-86: Unidades de Paisaje

Cuenca Visual	UP	Nombre
CV Arqueros	UP1	Planicies

La Figura 2-32 muestra la ubicación de la UP en relación a la cuenca visual.

Figura 2-32: Unidades de Paisaje



2.9.4.5 Evaluación de la Calidad y Fragilidad Visual

Con base en la evaluación cuantitativa de los componentes, factores y categorías estéticas de la unidad de paisaje, se determinó la calidad y fragilidad visual de la CV que conforma el área de influencia del Proyecto.

Para la valoración del paisaje, se determinó el promedio de valores de las UP que conforman la cuenca visual descrita, llegando a un nivel de ponderación señalada en las tablas de valoración adjuntadas en Anexo 2.6 – Componente Paisaje.

La UP fue valorada, dependiendo del efecto; producto de su ubicación espacial, presencia, dominancia, y características o hitos sobresalientes que presenta en la CV identificada.

2.9.4.5.1 Calidad visual del paisaje

La Tabla 2-87 presenta los resultados de la Calidad Visual, de la Cuenca Visual.

Tabla 2-87: Resultados Calidad visual

CV	Promedio valoración	Nivel de Calidad
CV1: Arqueros	2,14	MEDIA
UP1: Planicies	2,14	MEDIA

En cuanto a la valoración de la calidad visual de la CV, se presenta Media (M); establecida por los valores que fueron asignados a su correspondiente UP.

2.9.4.5.2 Fragilidad visual del paisaje

La Tabla 2-88 contiene los resultados de fragilidad de la cuenca visual evaluada.

Tabla 2-88: Resultados Fragilidad visual

CV	Promedio valoración	Nivel de Fragilidad
CV1: Arqueros	2,00	MEDIA
UP1: Planicies	2,00	MEDIA

Según la tabla propuesta en la metodología, el área de estudio presenta las siguientes clases de sensibilidad en combinación con los resultados de calidad y fragilidad visual.

En cuanto a la valoración de la fragilidad visual, la CV presentó una fragilidad visual Media, establecida por los valores que fueron asignados a la UP, dados principalmente por las características intrínsecas del territorio.

2.9.4.5.3 Sensibilidad visual del paisaje

El análisis arrojó que la CV pertenece a la Clase 3 de sensibilidad visual, correspondiente a zonas de calidad media y fragilidad alta, media o baja. En principio son aptas para la promoción de actividades que causen bajo impacto en el paisaje y cuando las circunstancias lo aconsejen tomando en cuenta factores como la visibilidad

Tabla 2-89: Clases de Sensibilidad visual por CV

CV	Nivel de Calidad	Nivel de Fragilidad	Clases de Sensibilidad Visual
CV Arqueros	Media	Media	Clase 3

2.9.5 Conclusiones

La Región de Copiapó ha modelado su paisaje a través de factores exógenos como el clima y la geomorfología, componiendo una variedad de situaciones paisajísticas componen el área de influencia.

El análisis de la componente ambiental Paisaje, fue desarrollado desde el punto de vista de su visibilidad y belleza escénica considerando la calidad visual de los elementos y factores que componen el paisaje, conjuntamente con la fragilidad visual, identificando mediante la evaluación de la cuenca visual los valores paisajísticos de mayor importancia estética existentes en el área de influencia del Proyecto. A su vez, el este estudio se abordó a través de la identificación de rutas de observadores que arrojó una cuenca visual que contiene diferencias espaciales y de conformación de los componentes básicos del paisaje (morfología, vegetación, visibilidad, accesibilidad).

El territorio presenta complejidad espacial, configurado por una variedad de elementos de diversas características. La morfología correspondió a uno de los factores más

significativos e influyentes en el área de estudio, la cual estuvo representada constantemente por la tridimensionalidad de los volúmenes de la cordillera de los Andes. Estas características permitieron percibir condiciones específicas con una mediana visibilidad, logrando enmarcar el paisaje en su mayoría con un fondo escénico distante.

En cuanto a la accesibilidad visual, las rutas C-173 y C-177, proporcionaron el acceso físico y visual, identificando en ella los puntos de observación antes descritos. Sobre la base de estos elementos y considerando los aspectos físicos, biológicos y antrópicos relevantes, permitieron analizar las condiciones actuales de valoración paisajística del área de emplazamiento del Proyecto, conformando el territorio en una cuenca visual y una unidad de paisaje.

Según los cálculos obtenidos de la superficie visible para la cuenca visual en relación a la totalidad del área de influencia directa (38.802 hectáreas), se puede indicar que 53.3% corresponde a áreas con acceso visual directo, mientras que un 46.7% corresponde a áreas sin accesibilidad visual. Este escenario refleja una situación correspondiente principalmente, a que si bien existen rutas desde donde se puede acceder con una visión panorámica, la elevada extensión de la matriz, disminuye la accesibilidad visual, existiendo áreas del territorio a las cuales no se puede acceder física ni visualmente, debido principalmente a la inexistencia de caminos de penetración públicos o reconocidos a través de roles. Para poder evaluar el paisaje “que no se ve”, fueron incluidos Puntos de Observación Complementarios, lo que permitió conocer áreas visualmente atractivas dentro de la unidad de paisaje, pero con características similares al resto del territorio evaluado otras en la región.

En relación con la valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje; la cuenca arroja una calidad visual **Media**, la cual corresponde a áreas visualmente atractivas, pero que las características estéticas que conforman el paisaje son sobresalientes, considerándose un paisaje común en la región. La superficie evaluada refleja una fragilidad **Media** incrementada por diversos factores como el carácter panorámico de la cuenca visual y la escasa presencia de vegetación caracterizada por el estrato arbustivo y herbáceo, lo que permite un elevado nivel de accesibilidad visual hacia el territorio. Otros de los elementos que aumentaron la fragilidad en las cuencas, es el valor tradicional que posee el paisaje, siendo plenamente identificado por el observador común ya sea este local o turistas (ruta patrimonial).

Sobre la base de los resultados y conclusiones para los aspectos descritos anteriormente, la sensibilidad del paisaje estudiado ha sido establecida dentro de un nivel medio. Esta clasificación sitúa al territorio evaluado dentro de la clase 3. Para la CV, el uso del recurso paisaje debe considerar la visibilidad como factor relevante al momento de realizar una modificación en el territorio, aun cuando presenta una fragilidad y calidad visual media.

2.9.6 Bibliografía componente Paisaje

Aguiló, A. (Ed). 1992. Guía para la elaboración de estudios del medio físico, Cáp. XI. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Madrid, España.

Aguiló, A., M. Aramburú, et al. 1995. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. RHEA consultores, S.A. Secretaría de Estado del Medio Ambiente y Vivienda. Madrid, España.

Aramburu M.P., P. Cifuentes, R. Escribano, R. González 2001. La Gestión visual del Paisaje Forestal a escala de Proyecto. XVII Congreso Nacional de Ingeniería de Proyectos. Departamento de Proyectos y Planificación Rural ETSI de Montes, Universidad Politécnica de Madrid.

B.L.M (U.S.D). 1980. Bureau of Land Management): Visual resource management program. Div. of Recreation and Cultural Resource. Stock No. 0224-011-000116-6. Government Printing Office, Washington, D.C: U.S.

Börgel, R., 1983. TOMO II Geomorfología. En: Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar.

Escribano M., De Frutos E., Iglesias, C. Mataix & I. Torrecilla (1991): "El Paisaje". Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, España. 117 pp.

Litton R.B. 1973. Landscape control points. USDA Forest Service. Research Papers PWS-91.

MOPU, 1982. Guía para la elaboración de estudios del medio ambiente físico. Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y medio ambiente. Madrid.

Ramos, A. 1979. Planificación física y ecológica. Modelos y métodos. EMESA, Madrid.

Steinitz, C. 1979 Simulating alternative policies for implementing the Massachusetts scenic and recreational rivers act: The North River demonstration project. Landscape Planning Volume 6.

2.10 DESCRIPCIÓN DE RIESGOS NATURALES

2.10.1 Introducción

Este capítulo estará enfocado al análisis de riesgos naturales, que puedan generarse a partir de la puesta en marcha del proyecto Arqueros, el cual se emplaza en un área con características físicas y climáticas desérticas de altura. Estas condicionantes territoriales serán abordadas para el Área Operacional del Proyecto y para los acceso al mismo, los que básicamente son los entornos inmediatos a las rutas que utilizará el Proyecto y los sectores de baja altura.

2.10.2 Objetivos

Identificar los posibles riesgos naturales que puedan afectar el área operacional donde se desarrollarán las obras y actividades del Proyecto.

2.10.3 Definición y Justificación del Área de Influencia del Proyecto

En consideración a lo señalado en la letra f) del Artículo 12 del RSEIA, el área de influencia del proyecto se define y justifica, para cada uno de los elemento del medio ambiente afectados, tomando en consideración los impactos ambientales potenciales relevantes sobre ellos.

En consecuencia, el área de influencia corresponde a aquella superficie donde se tiene contemplado ejecutar las obras de operaciones mineras, tales como rajos, depósitos de lastre y pila de lixiviación, así como también, la construcción de la infraestructura e instalaciones mineras asociadas, tales como rutas interiores, planta de procesos, sub-estaciones eléctricas, tanques de almacenamiento de agua, campamento y polvorines, entre otras. Incluyendo también los sectores donde se realizarán los planes de cierre.

2.10.4 Generalidades

El riesgo natural es definido como la probabilidad de ocurrencia, en un lugar dado y en un momento determinado, de un fenómeno natural potencialmente peligroso para la

comunidad y susceptible de causar daño a las personas y a sus bienes. (Ayala-Carcedo et al., 1988). Se puede definir también como la probabilidad de que un territorio y la sociedad que habita en él, se vean afectados por episodios naturales de rango extraordinario (en resumen, riesgo = peligrosidad x vulnerabilidad x exposición).

Los tipos y clasificaciones de riesgos naturales son diversos y amplios; sin embargo, atendiendo a las necesidades y características específicas del Proyecto, además de las condiciones físicas y climáticas donde este se inserta se consideraron, principalmente, los siguientes:

- Sismicidad y Tectonismo;
- Volcanismo;
- Inundaciones;
- Flujos de detritos, crecidas y avalanchas de nieve; y
- Procesos Geomorfológicos de Ladera: Desprendimientos de rocas y Deslizamientos

2.10.4.1 Sismicidad y Tectonismo

Con el propósito de situar y caracterizar el marco referencial, en el cual se emplaza la zona del Proyecto, se presentan a continuación, los antecedentes sísmicos y sismotectónicos generales a dicha área.

2.10.4.1.1 Marco Sismotectónico

Chile se encuentra asentado en la conjunción de dos placas tectónicas, Sudamericana y de Nazca, las cuales se encuentran en constante fricción. A nivel continental, la zona de subducción de la placa de Nazca se divide en varios segmentos tectónicos de longitud variable, (Barazangi e Isacks, 1976 in MESRMB, 1997), siendo aplicables a Chile, tres zonas principales:

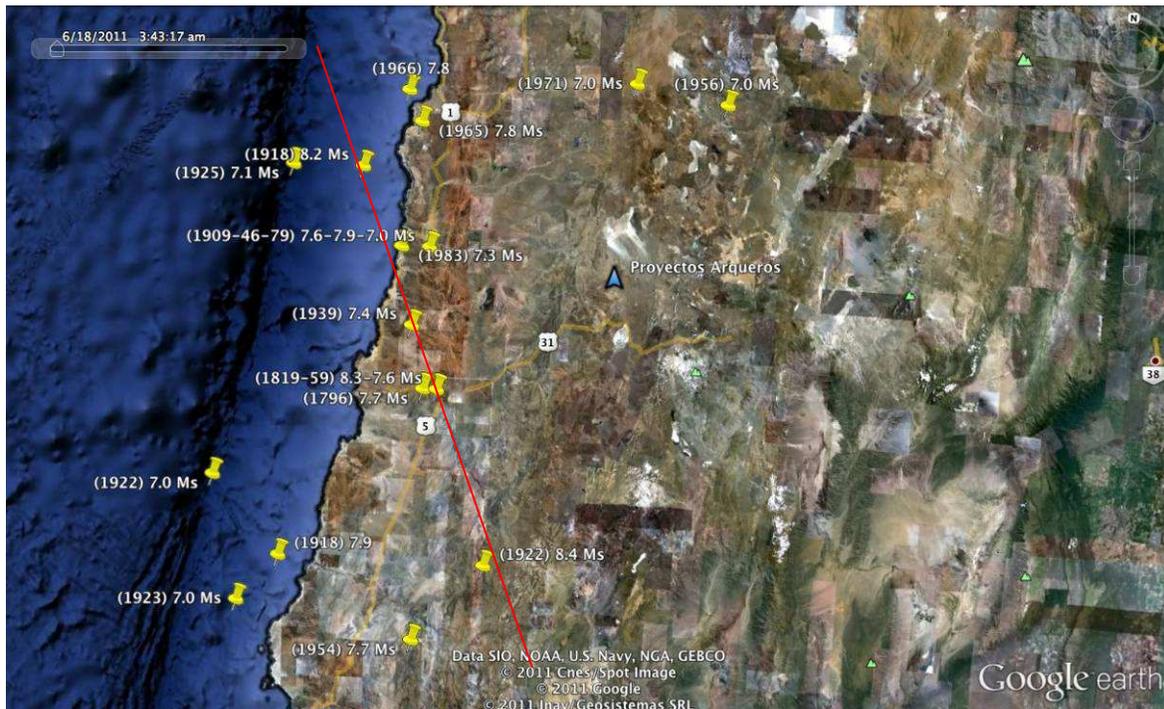
- Segmento 1: Zona comprendida entre latitudes 15°S y 26°S donde la placa de Nazca subducta bajo el continente sudamericano con un ángulo “normal” de unos 25° a 30°. Esta zona corresponde básicamente al Norte Grande de Chile.

- Segmento 2: Zona comprendida entre latitudes 26°S y 33°S, donde la placa de Nazca subducta bajo el continente sudamericano con un ángulo más horizontal, de unos 10° a 15°.
- Segmento 3: A partir de latitud 33°S, la placa de Nazca retoma un ángulo “normal” de cerca de 30° de inclinación, con una sismicidad que no se extiende más allá de los 200 km de profundidad.

El proyecto Arqueros se ubica sobre la franja Maricunga, posicionada entre el segmento tectónico 1 y 2 de la cordillera de los andes, ubicación que otorga particularidades sísmicas y volcánicas a la región. Por lo tanto, en el área operacional del Proyecto, situada alrededor de los 27°S, se produce una zona de transición en el ángulo de subducción de la placa de Nazca que subducta bajo la placa Sudamericana, la que habría ocurrido aproximada y progresivamente entre los 20 y los 6 Ma (Mpodozis et al. 1995 in Gamonal, 2007).

2.10.4.1.2 Sismicidad

Las estadísticas históricas del Departamento de Geofísica, de la Universidad de Chile (DGF, 2010) muestran que en total, desde el año 1570 a la fecha, en Chile se han registrado 108 terremotos de magnitud 7 y superior. De ellos, 19 han registrado sus epicentros en un radio aproximado de 250 km alrededor del proyecto Arqueros, aunque cabe destacar que solo se tomo en cuenta el territorio nacional (ver Figura 2-33). Tres de ellos han sido terremotos de magnitud superior a 8 ($M_s > 8$). Es importante poner atención en aquellos sismos mayores a 7.6 grados de intensidad, ya que estos son potenciales generadores de Tsunamis, especialmente si el epicentro es en el fondo marino.

Figura 2-33: Distribución de los sismos históricos en el área del Proyecto

En la imagen se puede observar que los tres terremotos de mayores intensidades se ubican sobre una línea de rumbo N-NW (línea de color rojo en la imagen). El de mayor intensidad se produjo el año 1922, fue de 8.4 Ms y su epicentro se ubico a 218 km al Sur del proyecto Arqueros. El segundo en intensidad (8.3 Ms) se ubico a 146 km al Oeste del proyecto, finalmente a 194 km al Nor-oeste del Proyecto Arqueros se ubico el tercero de los sismos de mayor intensidad (8.2 Ms). Hay que destacar que estos tres sismos generaron Tsunamis de distinto poder destructivo.

Los terremotos más cercanos al sitio del Proyecto Arqueros corresponden a los terremotos de Copiapó de 1796 (Ms=7,7), 1819 (Ms=8,3) y 1859 (Ms=7,6), a aproximadamente 140 km hacia el oeste del proyecto. Para el área considerada en este análisis (radio 250 km), la probabilidad de ocurrencia corresponde a 88 años para un terremoto Ms>8, y 27 años para un sismo Ms>7. Por otro lado, según Nishenko (in E. C. Rowe, 1999) a la secuencia histórica registrada para la ciudad de Copiapó le correspondería un periodo de retorno medio de 104 ± 30 años.

La Tabla 2-90 muestra, ordenados de Norte a Sur, el detalle de los sismos históricos en el radio aproximado de los 250 km.

Tabla 2-90: Sismos importantes y/o destructivos (1570- 2010) Magnitud Richter (Ms) \geq 7

Fecha	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	Ms	Profundidad (km)	Comentarios
17-06-1971	25.4°	69.1	7	76	
17-12-1956	25.5°	68.5	7		
28-12-1966	25.5°	70.7	7.8	23	
23-02-1965	25.7°	70.6	7	36	
04-12-1918	26.0°	71	8.2	60	Produjo tsunami moderado
15-05-1925	26.0°	71.5	7.1	50	
08-06-1909	26.5°	70.5	7.6		
02-08-1946	26.5°	70.5	7.9	50	
03-08-1979	26.5°	70.5	7	49	
04-10-1983	26.5°	70.7	7.3	14	
18-04-1939	27.0°	70.6	7.4	100	
30/03/1796	27.4°	70.5	7.7		
11/04/1819	27.4°	70.4	8.3		Produjo tsunami destructivo
05/10/1859	27.4°	70.4	7.6		Produjo tsunami moderado
07-11-1922	28.0°	72	7		
20-05-1918	28.5°	71.5	7.9		
10-11-1922	28.5°	70	8.4	25	Produjo tsunami moderado
04-05-1923	28.8°	71.8	7	60	
08-02-1954	29.0°	70.5	7.7		

Fuente: AMEC

2.10.4.1.3 Sismicidad asociada al volcanismo

Los Sismos Volcanotectónicos (VT), también clasificados como de alta frecuencia, poseen características muy similares a los de origen tectónico, frecuencias altas y en las trazas se pueden diferenciar las fases de la onda primaria (P) y la secundaria (S), generalmente se presentan en enjambres. El foco puede localizarse desde 1 a 20 km de profundidad y son localizados en o a distancias muy cercanas al cráter activo. Son sismos asociados a rompimientos de rocas y aperturas de grietas (OVSI-CORI, 2010). Estos sismos son, en general, producto de acumulaciones de tensiones corticales generadas por el proceso de subducción asociados a la actividad volcánica, es decir, sismicidad natural ubicada en las

vecindades de las cámaras magmáticas de los volcanes activos. A pesar de que ellos normalmente no alcanzan magnitudes mayores, tienen importancia desde el punto de vista sísmico, por cuanto su reducida profundidad puede situarlos a distancias hipocentrales cortas respecto de estructuras construidas en estas zonas cordilleranas (Amec, 2010).

Por otro lado, al parecer no existen en Chile estudios sobre la magnitud máxima de sismos de origen volcánico ocurridos durante los procesos eruptivos. Sin embargo, para el tipo normal de estructura volcánica, la experiencia internacional indica que la magnitud M_s máxima esperada podría ser del orden de 5 con hipocentros someros ($h=5$ a 10 km) y un radio de acción destructiva entre 5 y 10 km.

2.10.4.2 Volcanismo

El origen y distribución de los volcanes en la Tierra, está controlada por un proceso geológico global, muy dinámico, denominado 'Tectónica de Placas'. En efecto, la litósfera terrestre está dividida en varios segmentos, los cuales son rígidos con respecto al manto superior. Estos segmentos se denominan 'placas' y están continuamente en movimiento, separándose, chocando, sumergiéndose algunas bajo otras o desplazándose lateralmente. De esta forma, se explica la expansión de los fondos oceánicos, la deriva continental y los procesos sísmicos y volcánicos del planeta, como partes de un sistema coherente (SERNAGEOMIN, 2011).

En lo general, a la latitud del área del Proyecto se produce la transición entre dos zonas volcánicas universalmente documentadas como muy activas, es decir, donde se produce una frecuente actividad volcánica; la primera de ellas, denominada Zona Volcánica Central (ZVC), entre latitudes 15°S y 28°S, y la segunda, la llamada Zona Volcánica Sur (ZVS), se extiende al sur de la latitud 30°S (Úbeda, 2010); en el medio de estas dos zonas se ubica una zona de muy baja a nula actividad volcánica, denominada Zona de Subducción Plana Pampeana, en cuyo borde septentrional se aloja el área del Proyecto.

2.10.4.2.1 Generalidades de los procesos volcánicos

El volcanismo y sus procesos asociados, al igual que la sismotectónica, constituyen un riesgo natural "declarado", es decir, con evidencias obvias e inequívocas de haber ocurrido y registrado en el pasado. Bajo la denominación de "procesos volcánicos" se

pretende agrupar, tanto a los principales productos y mecanismos de las erupciones volcánicas dependiendo del tipo de material emitido y su medio de transporte, como a otros fenómenos peligrosos comúnmente asociados a ellos en forma directa o indirecta.

Los Procesos Volcánicos Directos (PVD) más comunes son:

- las coladas de lava;
- las eyecciones de piroclastos;
- las emisiones de gases;
- los flujos de piroclastos; y
- las avalanchas volcánicas.

Procesos volcánicos indirectos (PVI):

- Corrientes laháricas;
- Crecidas;
- Avalanchas de hielo y nieve;
- Deslizamientos;
- Obstrucción de valles y cursos fluviales;
- Tormentas eléctricas;
- Lluvias ácidas;
- Incendios forestales;
- Alteraciones de aguas termales aledañas;
- Alteraciones de aguas superficiales, suelos y vegetación.

A pesar de que muchos de los procesos volcánicos antes mencionados, directos como indirectos, pueden generarse a partir de una erupción volcánica en la zona donde se encuentra inserto el Proyecto Arqueros, nos detendremos en el proceso (a) de los procesos volcánicos directos (PVD) y en los procesos (c) y (d) de los procesos volcánicos indirectos (PVI). Estos podrían acontecer con mayor intensidad en el zona del proyecto, debido principalmente a las características físicas y climáticas del lugar.

a) Procesos Volcánicos Directos

- Corrientes de lava: Los efectos de las lavas dependerán de la movilidad (velocidad), tasa de emisión, volumen, pendientes, morfología del entorno, etc. Las temperaturas oscilan entre 1.300 y 900°C. Las mayores velocidades registradas en lavas basálticas de volcanes de escudo han alcanzado unos 70 km/h, aunque son casos muy raros. Lo más frecuente en Chile, son velocidades medias entre 10 y 1 km/h hasta 1 km/día. Una superficie cubierta por lavas queda inutilizable por siglos. (SERNAGEOMIN)

a) Procesos Volcánicos Indirectos

- Avalanchas de hielo y nieve: Tanto el aumento del flujo calórico como la sismicidad volcánica, pueden provocar avalanchas de hielo y nieve, particularmente en los volcanes cubiertos por glaciares y nieve temporal que presentan laderas escarpadas en sectores de sus cimas y flancos inestables. (SERNAGEOMIN)
- Deslizamientos: La eventual actividad sísmica durante una erupción, puede provocar deslizamientos en lugares geológicamente inestables en torno al volcán, en escombreras activas, en las laderas escarpadas del edificio volcánico, etc. (SERNAGEOMIN)

2.10.4.2.2 Volcanismo en la zona del proyecto

Nuestro país presenta más de 2.000 volcanes, más de 500 considerados geológicamente activos y unos 60 con registro eruptivo histórico, dentro de los últimos 450 años. En las proximidades del Proyecto Arqueros se encuentran más de una decena de volcanes ver Figura 2-34, ninguno de los cuales ha presentado erupciones volcánicas en los últimos 450 años.

Figura 2-34: Centros volcánicos en el área del Proyecto Arqueros



Fuente: Google, 2011

En la Tabla 2-91 se presenta la descripción de algunos de los volcanes que se encuentran cercanos al área del proyecto y que potencialmente podrían afectar en una mayor o menor medida a las instalaciones del proyecto.

Tabla 2-91: Centros volcánicos en el área del Proyecto Arqueros

Nombre	Coordenadas Geográficas	Elevación Aproximada (m.s.n.m.)	Descripción
Franja Oriental (Cordón de Centros Volcánicos Orientales de Altura – Cordillera Principal)			
Estructuras más jóvenes, principalmente Holoceno, algunas activas			
Ojos del Salado	27°06'28.46"S 68°32'26.91"O	6.893	Es considerado el volcán más alto del mundo. Es un complejo volcánico (estrato-volcán) conformado por una amplia caldera que ha sido cubierta por lavas y numerosos conos. No se ha confirmado la existencia de erupciones históricas (algunas versiones señalan erupciones no confirmadas en los años 1937 y 1956) pero el volcán muestra una persistente actividad fumarólica y se ha reportado una emisión de gas y ceniza en el año 1993, que no ha sido confirmada. La principal erupción tuvo lugar hace aproximadamente 1.000 a 1.500 años. Lavas viscosas.
Tipas	27°11'46.37"S 68°33'39.58"O	6.660	En territorio argentino, es el tercer volcán activo más alto del mundo. Es un complejo de dos conos estrato-volcánicos y domos; aparentemente con algún tipo de actividad
Tres Cruces	27°05'49.78"S 68°46'45.99"O	6.748	Macizo volcánico inactivo (incluso hay glaciares en uno de sus cráteres) cuya extensión es de entre 8 y 12 kilómetros de norte a sur. Posee cuatro cumbres principales (aunque fue bautizado erróneamente como Tres Cruces por las cumbres visibles desde el lado chileno); la más alta, la cumbre sur, lo convierte en el cuarto más alto del mundo. Aparentemente inactivo (sólo erupciones datadas en 1,5 y 0,3 millones de años)
El Solo	27°6'19.06"S 68°42'50.30"O	6.190	Es un estrato-volcán compuesto de nueve centros eruptivos localizados a 6,5 km al este del Nevado Tres Cruces. Fue la mayor fuente de flujos piroclásticos-riodacíticos eructados y depositados durante el Holoceno
El Muerto	27°03'23.20"S 68°28'55.96"O		Estrato-volcán ubicado al poniente de El Fraile, inactivo. El centro emisor sur presenta un escarpe de colapso.
Franja Occidental (Cordón de Centros Volcánicos Occidentales – Cordillera de Domeyko) Estructuras antiguas, principalmente Mioceno-Plioceno, inactivas			
Maricunga	27°00'5.95"S 69°12'55.29"O	4.951	Conjunto de estrato-volcanes, de características principales andesítico-dacíticos, emplazados durante la actividad volcánica que se caracterizó entre los 16 y los 11 Ma (Mioceno Medio). Durante este episodio, la actividad volcánica se extendió a lo largo de toda la Franja de
Santa Rosa	27°06'31.40"S	4.911	Maricunga, concentrándose en grupos discretos de centros

	69°15'30.41"O		volcánicos, como los complejos Ojos de Maricunga, Santa Rosa, Pastillitos, Lagunillas, Pastillos (el más joven del grupo, 12Ma) y Villalobos. Sin actividad, a lo menos desde el Mioceno Superior
Pastillos	27°09'37.64"S 69°03'55.68"O	4.877	
Copiapó	27°18'20.62"S 69°07'53.95"O	6.052	Estrato-volcán conformado por ocho conos piroclásticos andesíticos. Aparentemente en 1929 se habría reportado una cierta actividad solfatárica sin confirmar

Fuente: Úbeda (2010), GESVA (2010) y SNMNH (2010).

Es importante destacar que los estratos volcanes de la Franja Occidental son los que se encuentran más cercanos al área del Proyecto Arqueros, distantes de este entre 45 y 60 kilómetros.

2.10.4.3 Inundaciones

Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de ésta, bien por desbordamiento de ríos y ramblas, por lluvias torrenciales o deshielo, o por la subida de las mareas por encima del nivel habitual o avalanchas causadas por maremotos.

La probabilidad de inundaciones en el área del proyecto se encuentra asociada casi exclusivamente a las precipitaciones en el área, ya sean estas de origen nival o pluvial.

2.10.4.3.1 Antecedentes de precipitaciones en el área del Proyecto

La precipitación nival es considerable, de origen frontal y es la principal responsable a través del deshielo, de la alimentación de los cursos superficiales que se desarrollan a esta altura durante todo el año. Ésta se produce mayoritariamente entre los meses de Mayo y Agosto. Las nieves se concentran de forma permanente sobre los 6.000 m.s.n. El escurrimiento de origen nival, se produce de forma paulatina y sólo durante los caudales de deshielo en los meses de Septiembre a Diciembre.

En cuanto a las precipitaciones líquidas, estas son escasas y prácticamente nulas, se producen en verano provenientes del Atlántico y desde la cuenca del Amazonas como remanente de la humedad proveniente de Bolivia. La humedad relativa es baja, con cielos mayormente despejados y limpios.

La precipitación pluvial anual promedio según las isoyetas elaboradas en el levantamiento hidrogeológico del 2008, para la zona del proyecto se proyecta que oscile los 120 mm al año aproximadamente. En ese mismo estudio, se señala que la evaporación promedio anual para elevaciones de entre los 4000 a 4500 m.s.n.m. oscila entre 1500 y 2000 mm, en otras palabras, evaporación es cuando menos diez veces mayor a la precipitación pluvial.

El escaso monto de precipitaciones, la alta tasa de evaporación junto con la textura del suelo predominante, hacen que sea improbable la ocurrencia de escurrimiento con origen pluvial, por lo tanto existe una menor probabilidad de que se generen inundaciones en el área del Proyecto Arqueros.

2.10.4.4 Flujos de Detritos, Crecidas y Avalanchas

Asociados principalmente a las precipitaciones líquidas y sólidas intensas, cambios en la isoterma de la línea de nieves y hielos perennes y a desbordes de zonas inundables, los flujos de detritos, avalanchas de nieve, flujos aluvionales o aluviones corresponden a una gran cantidad de material detrítico (20 a 80% de partículas mayores a 2 mm) proveniente del terreno, principalmente de las laderas, que es desprendido y arrastrado, tanto en suspensión como en carga basal, por el agua vertiente abajo hasta el fondo de los valles, donde puede ser depositado transitoria o permanentemente por una corriente de agua, que puede ser rápida y violenta y provocar grandes cambios. Dicho material generalmente corresponde a una mezcla de bloques, fragmentos de rocas y grava, en una matriz de arena, limo y pequeñas cantidades de arcilla; estas partículas son transportadas separadamente dentro de una cantidad variable de agua (flujo).

Las “crecidas” se definen como un desplazamiento, generalmente repentino, de un volumen de agua clara de acumulación súbita y de importante caudal, que causan inundaciones, y que por su naturaleza son difíciles de prever. Generalmente se originan y asocian con cursos ya existentes (encauzados) de ríos, esteros y quebradas, desde los que desbordan. Las crecidas, en general, originan casos puntuales de cruces de quebradas con caminos en función de la socavabilidad y erosionabilidad.

En el área del Proyecto, es posible diferenciar una zona “topográficamente baja” ubicada hasta aproximadamente los 4.000 m.s.n.m., donde se presenta la mayor cantidad de

volumen de precipitaciones líquidas en los meses de verano, lo que podría favorecer la generación de estos procesos.

2.10.4.5 Procesos Geomorfológicos de Ladera; Desprendimientos de rocas y Deslizamientos

Los tipos de riesgos naturales observables y deducibles de la morfología actual en el área de Proyecto son:

- Desprendimientos de rocas.
- Deslizamientos.

2.10.4.5.1 Desprendimientos de rocas

Este fenómeno corresponde a la caída separada o conjunta, en forma de agregados individuales, de fragmentos de rocas de tamaños mayores que gravas, pudiendo alcanzar al tamaño de bloques incluso de algunos metros cúbicos de volumen. En este fenómeno intervienen normalmente la calidad del macizo rocoso (grado de fracturamiento), la intensidad de la intemperización, la inestabilidad gravitacional de los cuerpos, y el agua y/o viento que contribuyen a la pérdida de estabilidad, incluyendo el mecanismo de trituración por congelamiento de aguas entre diaclasas (gelifracción). Eventualmente algunos bloques en equilibrio meta estable pueden ser también desestabilizados como consecuencia de un sismo de magnitud mayor a 5. La ocurrencia de los desprendimientos de roca está relacionada a zonas de fuerte pendiente, normalmente mayores a 36°, que corresponde al ángulo de reposo de un material suelto.

2.10.4.5.2 Deslizamientos

Este fenómeno consiste en la remoción en masa violenta de grandes volúmenes de suelos o rocas, como así también, de acumulaciones de material fino desde las laderas por intemperización en laderas de fuerte pendiente. Se pueden generar principalmente por la ocurrencia de sismos de alta intensidad o por efectos de precipitaciones anormalmente altas (“invierno altiplánico”) directamente sobre el área; vibraciones locales, por ejemplo, por tronaduras mineras que pueden coadyuvar al efecto deslizamiento.

2.10.4.5.3 Características Geomorfológicas del Área del Proyecto

El área del proyecto se encuentra inserta en la Macroforma de la Pre-Cordillera de Domeyko. De menor altura, en esta unidad, los procesos aluviales son los de mayor relevancia. Se encuentran formas asociadas al proceso de incisión de los ríos permanentes y temporarios, como valles o quebradas profundas en forma de V, y formas de acumulación como los conos y abanicos aluviales. Dentro de esta unidad es posible encontrar todos los sectores que comprenden el proyecto, es decir, sector Mina, Planta, Botadero, Depósito de Relaves, Campamento, Tendido Eléctrico y Acueducto casi en su totalidad.

En este aspecto el área donde se encuentra inserto el Proyecto Arqueros posee un riesgo potencial a considerar, tomando en cuenta los riesgos naturales derivados de los procesos geomorfológicos antes descritos (desprendimientos de rocas y deslizamientos) y de las características morfológicas y climáticas de la zona donde este se ubica.