



PROYECTO CENTRAL TERMoeLECTRICA CASTILLA

3302-0000-MA-INF-002-0

**ANEXO 6
CALIDAD DEL AIRE – ETAPA OPERACIÓN**

ANEXO 6

CALIDAD DEL AIRE – ETAPA OPERACIÓN

1 INTRODUCCIÓN

MPX Energía de Chile Ltda. está desarrollando el Proyecto denominado “Proyecto “Central Termoeléctrica Castilla” (en adelante el “Proyecto”), que se ubicará en la III Región de Atacama, provincia de Copiapó, comuna de Copiapó, en la zona denominada Punta Cachos, distante 80 km. al Sur-Oeste de la ciudad de Copiapó, capital de la III Región.

El proyecto contempla para su funcionamiento canchas de carbón para el depósito del combustible, el funcionamiento de 6 unidades a carbón de 350 MW y 2 unidades a petróleo diesel B de 127 MW que se operarán como respaldo.

2 OBJETIVO

El presente estudio tiene por objeto evaluar las emisiones y concentraciones de material particulado y gases de combustión, producto de las actividades asociadas al funcionamiento de la Central, correspondiente a la etapa de operación del Proyecto. Lo anterior en virtud de la normativa de calidad del aire aplicable al proyecto.

3 METODOLOGÍA

La evaluación se realiza en función de la estimación de emisiones realizada a partir de los factores de emisión propuestos por AP-42 EPA (Environmental Protección Agency USA) y de balances de masa, para las emisiones provenientes de la chimenea.

La estimación de emisiones ha sido determinada, considerando todas las actividades y fuentes generadoras de material particulado respirable y gases que se desarrollan en la etapa de construcción del Proyecto.

En general, la estimación del impacto se realizó en los escenarios más desfavorables (el peor de los casos), considerando la mayor cantidad de maquinaria, los mayores niveles de flujos, y de acuerdo los factores de emisión más conservadores de la EPA.

Para evaluar desde la perspectiva de la calidad del aire, se utilizó un modelo matemático, que consideran diversas variables del lugar donde se desarrolla el proyecto, tales como meteorología y topografía.

4 ESTIMACIÓN DE EMISIONES

4.1 FACTORES DE EMISIÓN

En el Apéndice A se presentan los factores para la estimación de las emisiones de las actividades de operación del Complejo Termoeléctrico. Se exponen en primer lugar los factores de emisión del material particulado resuspendido (MP10) y luego los factores de emisión de material particulado y gases asociados a los procesos de combustión.

4.2 VALORES DE PARÁMETROS PARA ESTIMAR EMISIONES

Para realizar la estimación de emisiones asociadas a la etapa de operación, se consideraron los parámetros de; velocidad media del viento, contenido de humedad del material, porcentaje de finos y velocidad de los vehículos. En la Tabla 4.1 se presentan los valores utilizados para el cálculo de emisiones.

Tabla 4.1
Parámetros Cálculo de Emisiones Etapa de Operación

Parámetros	Valor	Unidad
Velocidad media del Viento (U)	3	m/s
Contenido de Humedad del Material (M)	8	%
Porcentaje de finos (s)	10	%
Velocidad Vehículos	50	km/h

4.3 CÁLCULO DE EMISIONES ETAPA DE OPERACIÓN

Las emisiones durante la etapa de operación, consideran los siguientes aspectos para su evaluación:

- Canchas de Carbón
- Depósitos de Ceniza
- Centrales a Carbón
- Centrales a Petróleo (respaldo)

4.3.1 Emisión de MP10, Canchas de Acopio de Carbón

4.3.1.1 Emisiones de MP10 Asociadas a la Operación

La estimación de emisiones involucra las emisiones de carga del carbón y de su transferencia a través de las torres hasta su depositación en el área que se dispondrá para ser utilizado como combustible en las Centrales. El contaminante emitido asociado a esta etapa, dada la característica de la actividad es el material particulado menor a 10 micrones (MP10).

Dentro de las medidas de mitigación correspondientes a las torres de transferencia de carbón se considera un sistema de captación de polvo en cada una de éstas. Debido a esto se estima una disminución de las emisiones en aproximadamente un 75%. Los resultados de la estimación de las emisiones se presentan en la Tabla 4.2.

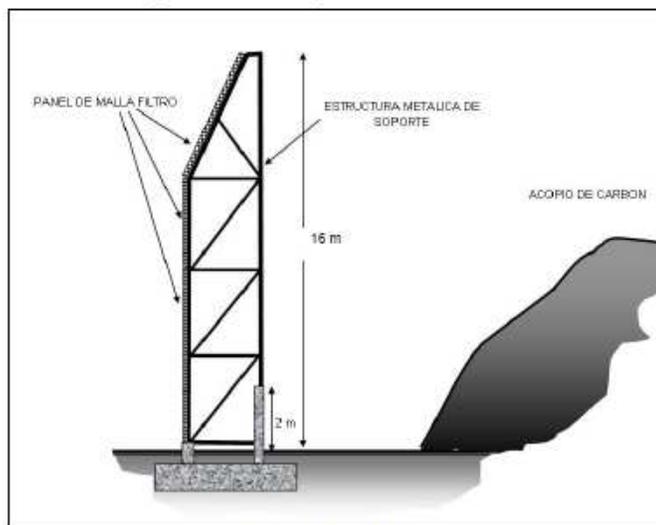
Tabla 4.2
Estimación de las Emisiones Asociadas a la Transferencia de Carbón

Descripción	Factores de Emisión, Kg/ton	Multiplicador, ton/día	Sistema de Mitigación		Tasa de Emisión Resultante, Kg/día	Tasa de Emisión Anual, ton/año	Periodo, días
			Eficiencia	Tipo			
Carga de carbón	0,00012	2.880	0	-	0,35	0,13	365
Transferencia T3	0,00012	2.880	75	Captadores de polvo	0,09	0,03	365
Transferencia T4	0,00012	2.880	75	Captadores de polvo	0,09	0,03	365
Transferencia T5	0,00012	2.880	75	Captadores de polvo	0,09	0,03	365
Transferencia T6	0,00012	2.880	75	Captadores de polvo	0,09	0,03	365
Transferencia T7	0,00012	2.880	75	Captadores de polvo	0,09	0,03	365
Descarga de carbón	0,00012	2.880	0	-	0,35	0,13	365
Emisiones Totales					1,15	0,41	

4.3.1.2 Emisiones de MP10 Asociadas a la Erosión Eólica

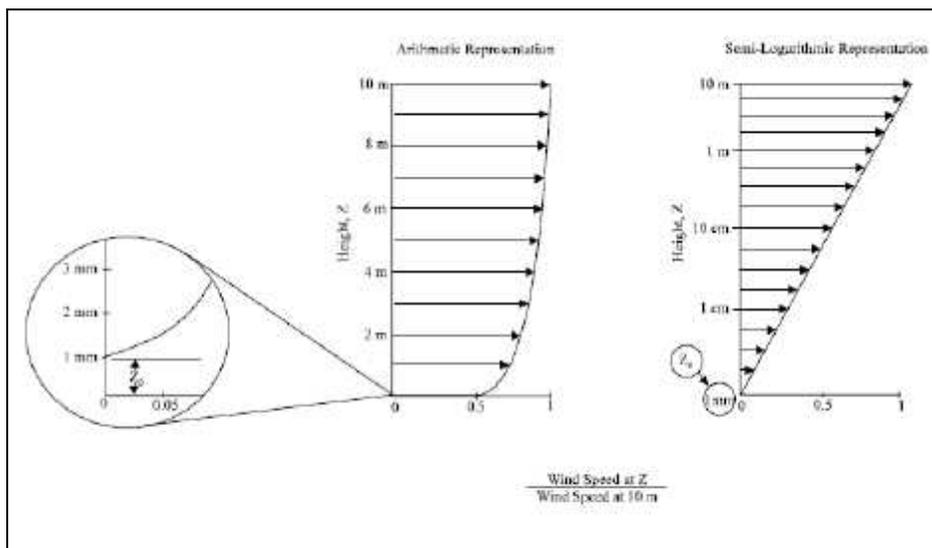
Por otra parte, la cancha de carbón se encuentra conformada por 4 pilas, las que poseen una altura de 16 metros y 580 m de largo con 70 m de ancho cada una. Entre las medidas de mitigación establecidas para las canchas, se cuenta un cierre perimetral completo, además se utilizará una malla cortaviento –y no una malla raschell- que corresponde a una malla filtro de elevada resistencia, fabricada con mono filamento de polietileno de alta densidad y que reduce entre un 70% a 90% la velocidad del viento.

Figura 4.1
Detalle de Malla Cortaviento



Para estimar las emisiones se debe tener presente, que a mayor altura el viento incrementa su velocidad. El perfil de variación del viento con la altura, se presenta en el esquema de la Figura 4.2.

Figura 4.2
Esquema de Perfil de Velocidad del Viento



Fuente: EPA, AP42-12.5 Industrial Wind Erosión

Para efectos de cálculo se han dividido las pilas de acopio en bloques de 1 metro (Desde el metro 1 hasta el 16), esto con el objetivo de poder calcular la variación de velocidad que experimenta el viento debido al incremento de la altura de las pilas.

La eficiencia de mitigación de la malla sobre la pila a distintas alturas se determina según el efecto de turbulencia que provoca la malla al flujo del viento. Para ello se usó la aplicación “Wind Shade Calculador”¹ desarrollado por Danish Wind Industry Association. El modelo considera que los obstáculos son infinitamente largos, y que están puestos en un ángulo recto (perpendicular) con respecto de la dirección del viento y entrega como resultado la velocidad del viento, expresado como % de la magnitud del viento de flujo libre.

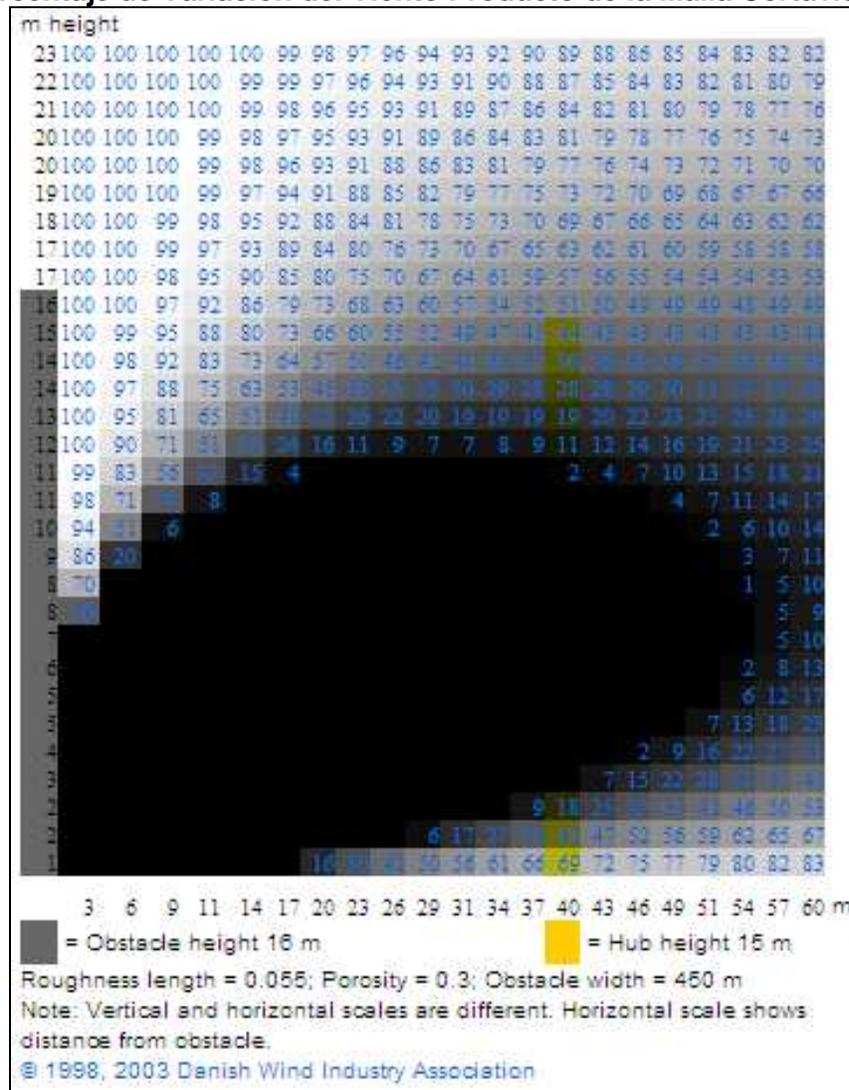
Para el cálculo de la turbulencia producida por el sistema cortaviento de malla raschell sobre las canchas de acopio de carbón se consideraron los siguientes parámetros.

- Altura de la malla : 16 mts.
- Altura de la pila : 15 mts.

El resultado del efecto de la variación del viento sobre las canchas de carbón a sus distintas alturas producto de la variación, se presenta en la Figura 4.3, según el formato que entrega la aplicación en línea.

¹ El programa mencionado es una aplicación de Internet, la cual se encuentra en el sitio:
<http://www.windpower.org/en/tour/wres/shelter/index.htm>

Figura 4.3
Porcentaje de Variación del Viento Producto de la Malla Cortaviento



Luego, se aplican las reducciones generadas por la aplicación en la estimación de emisión, según las distintas alturas. El resultado de la aplicación indica distintas eficiencias en la reducción del viento que pasa a través de la malla cortaviento.

Se observa que en la parte superior de las pilas de carbón, a 15 metros de altura, el obstáculo es capaz de reducir en un 56% la velocidad del viento.

Las formulas utilizadas para realizar la estimación de las emisiones se presentan en Apéndice A del presente Anexo. Las superficies que se exponen, corresponden a la superficie de la pila expuesta a la acción del viento. El resultado de las emisiones se presenta en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3
Estimación de Emisiones de MP10 Debido a la Erosión Eólica en Canchas de Acopio Carbón, para un Periodo de 365 días

Altura (m) de Pilas de Carbón	Superficie Activa, m ²	% Viento > 5.4 m/s	Factores de Emisión, kg/Ha	Multiplicador, Ha/día	Sistema de Mitigación, método corta viento%	Tasa de Emisión Resultante, Kg/día	Tasa de Emisión Anual, ton/año
15	553	18	14,81	0,06	56	0,36	0,13
14	559	17	14,49	0,06	68	0,26	0,09
13	566	17	14,22	0,06	81	0,15	0,06
12	572	16	13,81	0,06	89	0,09	0,03
11	578	16	13,34	0,06	99	0,01	0,00
10	585	16	13,51	0,06	100	0,00	-
9	591	15	12,33	0,06	100	0,00	-
8	597	14	11,74	0,06	100	0,00	-
7	603	13	11,10	0,06	100	0,00	-
6	610	12	10,22	0,06	100	0,00	-
5	616	11	9,20	0,06	100	0,00	-
4	622	10	8,09	0,06	100	0,00	-
3	629	8	6,69	0,06	100	0,00	-
2	635	6	4,73	0,06	70	0,09	0,03
1	641	3	2,40	0,06	31	0,11	0,04
Emisión Total de las 4 Pilas						4,25	1,55

Respecto a la resuspensión de MP10 producto de la actividad de recuperación del carbón, desde la cancha de carbón hacia los silos de cada una de las unidades de generación, se puede concluir que éstas también se verán reducidas por la implementación de esta medida. Lo anterior debido a que el lugar donde se realiza esta actividad se encuentra ubicado entre la malla cortaviento y las pilas de carbón. En este espacio se observan reducciones de entre 100 y 34% con un promedio de 75% en las velocidades de viento a nivel de suelo.

4.3.2 Emisiones de MP10 en las Canchas de Acopio de Ceniza

4.3.2.1 Emisiones de MP10 Asociadas a la Operación

Las emisiones provenientes de la operación en el proceso de acopio de ceniza, viene dado por los camiones que transportan la ceniza y su respectiva carga y descarga del producto en las canchas.

Los factores de emisión para determinar el material particulado proveniente de la operación para el acopio son presentados en Apéndice A del presente Anexo. Los resultados de la estimación de emisiones se presentan en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4
Estimación de Emisiones de MP10 Proveniente de Operación Acopio Cenizas

Descripción	Factores de Emisión		Multiplicador		Sistema de Mitigación		Tasa de Emisión Resultante, Kg/día	Tasa de Emisión Anual, Ton/año	Periodo, días
	F.E	Unidad	Valor	Unidad	%	Método	Valor	Valor	
MP-10									
Carga de ceniza	0,00007	kg/ton	3.584	ton/día	0	-	0,24	0,09	365
Descarga de ceniza	0,00007	kg/ton	3.584	ton/día	0	-	0,24	0,09	365
Camiones transporte Cz	0,79	kg/veh km	3.360	veh km/día	85	Humec-tación	397	145	365
Emisiones Totales							397	145	

4.3.2.2 Emisiones de MP10 Asociadas a la Erosión Eólica

El método para estimar las emisiones provenientes de la erosión en las canchas de cenizas son las mismas utilizadas en las cachas de carbón. Los resultados se presentan en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5
Estimación de Emisiones de MP10 Debido a la Erosión Eólica en Canchas de Acopio Cenizas

Descripción	Superficie Activa, m ²	% Viento > 5.4 m/s	Factores de Emisión, Kg/ha	Multiplicador, ha/día	Tasa de Emisión Resultante, Kg/día	Tasa de Emisión Anual, Ton/año
4	9604	3	2,40	0,96	2	1
8	9348	10	8,09	0,93	8	3
12	9092	13	11,10	0,91	10	4
16	8836	16	13,51	0,88	12	4
20	8580	17	14,22	0,86	12	4
24	8324	19	16,04	0,83	13	5
28	8068	20	16,89	0,81	14	5
32	7812	21	17,73	0,78	14	5
36	7556	23	19,42	0,76	15	5
Superficie	637938	24	20,27	63,79	1293	472
Emisiones Totales					1392	508

4.3.2.3 Emisiones Provenientes del Funcionamiento de las Unidades Generadoras

A continuación se presentan las estimaciones provenientes de la operación de las centrales a carbón y petróleo Diesel B. Las características principales de estas son:

- Centrales a carbón: Se contemplan 6 unidades de generación de 350 MW cada una con un rendimiento del orden de 37,5 %. Son del tipo monoblock, diseñadas para consumir carbón por medio de una caldera de tecnología de carbón pulverizado (“Pulverized Coal”, PC).
- Centrales a Petróleo: Se contempla la generación eléctrica mediante dos turbinas (2 turbogeneradores) de combustión operando a ciclo abierto y tendrá una capacidad de 254 MW (127 MW cada uno).

4.3.2.4 Unidades a Carbón

Las emisiones del proyecto Central Termoeléctrica Castilla fueron estimadas mediante balance de masa y análisis de ecuaciones de combustión. Las consideraciones de cálculo se incorporan en Apéndice B del presente Anexo.

En la siguiente tabla se muestran las emisiones totales por chimeneas, en base a lo obtenido en la estimación de emisiones.

Tabla 4.6
Características y Emisiones de las Chimeneas Contempladas en el Proyecto

Datos	CHIMENEA N°1	CHIMENEA N°2	CHIMENEA N°3
Altura Chimenea (m)	100	100	100
Diámetro Interior (m)	6,37	6,37	6,37
Temperatura Salida Gases (°C)	50	50	50
Velocidad Salida de Gases (m/s)	23,7	23,7	23,7
Altura de Plataforma (m.s.n.m)	21,5	21,5	21,5
Potencia (MW) Asociada a Chimenea	700	700	700
Salida de Gases			
Emisión SO ₂ (g/s)	200,2	200,2	200,2
Emisión MP10(g/s)	21,01	21,01	21,01
Emisión NO _x (g/s)	324,0	324,0	324,0
Emisión CO(g/s)	9,2	9,2	9,2

Finalmente en la siguiente tabla se presentan las coordenadas de ubicación de cada una de las chimeneas provenientes de las Unidades de Carbón.

Tabla 4.7
Coordenadas de Ubicación de Chimeneas

Chimenea	Este	Norte
Chimenea N°1	298.991	6.935.546
Chimenea N°2	298.956	6.935.375
Chimenea N°3	298.921	6.935.208

4.3.2.5 Unidades a Petróleo

La central termoeléctrica a petróleo Diesel B, comprenderá 2 turbogeneradores, cuyos gases son evacuados a través de 2 ductos. Las emisiones por cada unidad de generación se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.8
Emisión Proveniente de 1 Unidad de Generación

Emisión Máxima	Concentración	t/d
SO ₂	19,1	0,6
NOx*	346,9	10,0
CO	65,9	1,9
MP10	6,2	0,2

Emisiones con inyección de agua

En la siguiente tabla se presentan los parámetros de salida de los gases y las características de los ductos.

Tabla 4.9
Parámetro de Salida de los Gases

Variables	Unidad	Valor
Velocidad escape de gases	m/s	31
Temperatura de salida de Gases	°C	532
Diámetro de la chimenea	m	6,35
Altura de la Plataforma	m	33,7
Altura de la Chimenea	M	15

Finalmente en la Tabla 4.10 se presenta las coordenadas de ubicación de cada una de las chimeneas provenientes de la unidad a petróleo Diesel.

Tabla 4.10
Coordenadas de Ubicación de Chimeneas

Chimenea	Este	Norte
Chimenea N°1	299.406	6.935.654
Chimenea N°2	299.472	6.935.640

Para evaluar desde la perspectiva de la calidad del aire, se utilizaron modelos matemáticos, los que consideran diversas variables del lugar donde se desarrolla el proyecto, tales como meteorología y topografía.

Por otra parte, las emisiones y características técnicas principales declaradas por el fabricante de la Turbina de Combustión utilizada como prototipo para el proyecto, se detalla en Apéndice B del presente Anexo.

5 METEOROLOGÍA Y CONDICIONES A MODELAR

5.1 ESTACIONES DE MONITOREO

La información meteorológica utilizada corresponde a los registros de velocidad y dirección del viento, temperatura y radiación en la Estación Castilla², ubicada en la comuna de Copiapó. El periodo considerado comprende los registros entre el 01 de Octubre de 2007 y el 30 de Septiembre del 2008. Existen en total tres estaciones, de las cuales una posee registro de calidad del aire y dos meteorológicas. En la Tabla 5.1 y Figura 4 se muestra las coordenadas y ubicación de dichas estaciones, respectivamente.

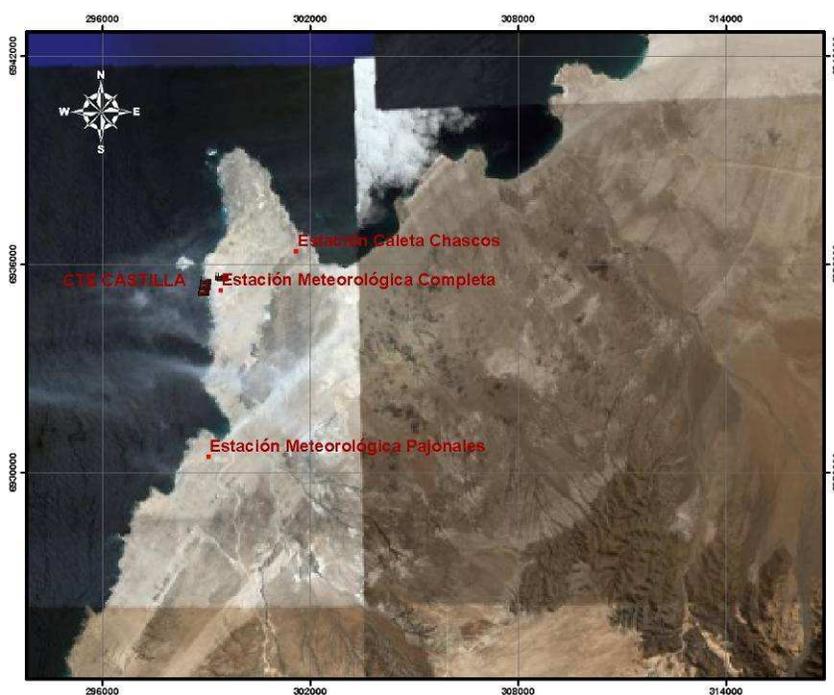
Tabla 5.1
Coordenadas de Ubicación de Estaciones de Monitoreo

Estación	Este (mts)	Norte (mts)
Estación Meteorológica Completa	299420	6935260
Estación Meteorológica Pajonales	299058	6930459
Estación Caleta Chascos	301591	6936374

La topografía utilizada corresponde a la cartografía digital del sector. Esta topografía fue utilizada para generar un modelo digital de terreno, y a través de éste se establecieron las alturas de las grillas y receptores utilizados en el modelo.

² Estación solicitada por MPX a Algoritmos, programa de monitoreo continuo desde Octubre de 2007.

Figura 5.1
Ubicación de Estaciones de Monitoreo



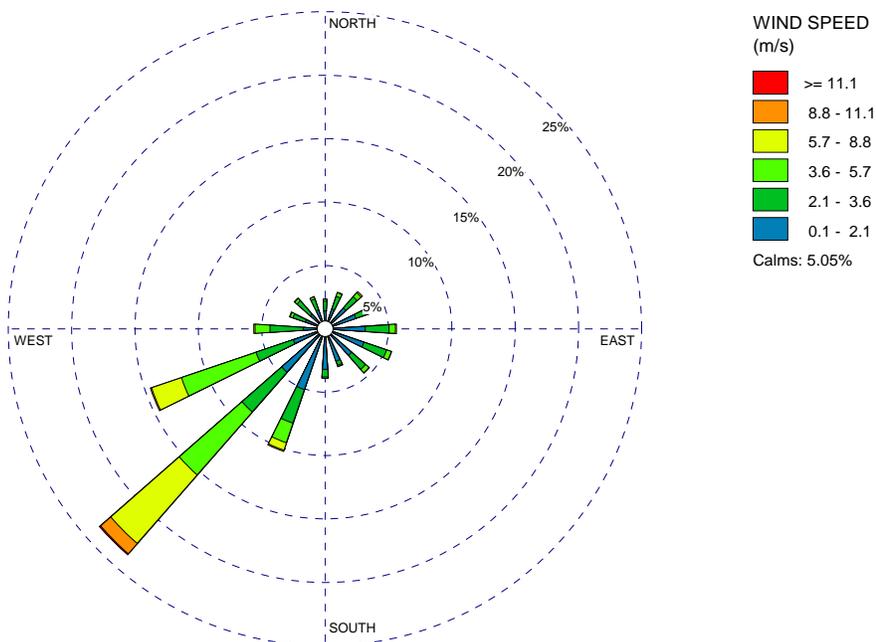
La estación de monitoreo ubicada en hacienda Castilla entregó información tanto como para este informe como para la línea de base.

5.2 METEOROLOGÍA SUPERFICIAL

Para realizar el análisis meteorológico se consideró la instalación de una estación de monitoreo en el área en estudio de Punta Cachos, donde se midieron variables tales como dirección y velocidad del viento, temperatura, radiación y humedad relativa del aire.

La Figura 5.2 presenta la rosa de viento asociada el sector de Bahía Salado, según los datos de monitoreos proveniente de la campaña realizada durante el periodo del 01 de Octubre de 2007 al 30 de septiembre del 2008.

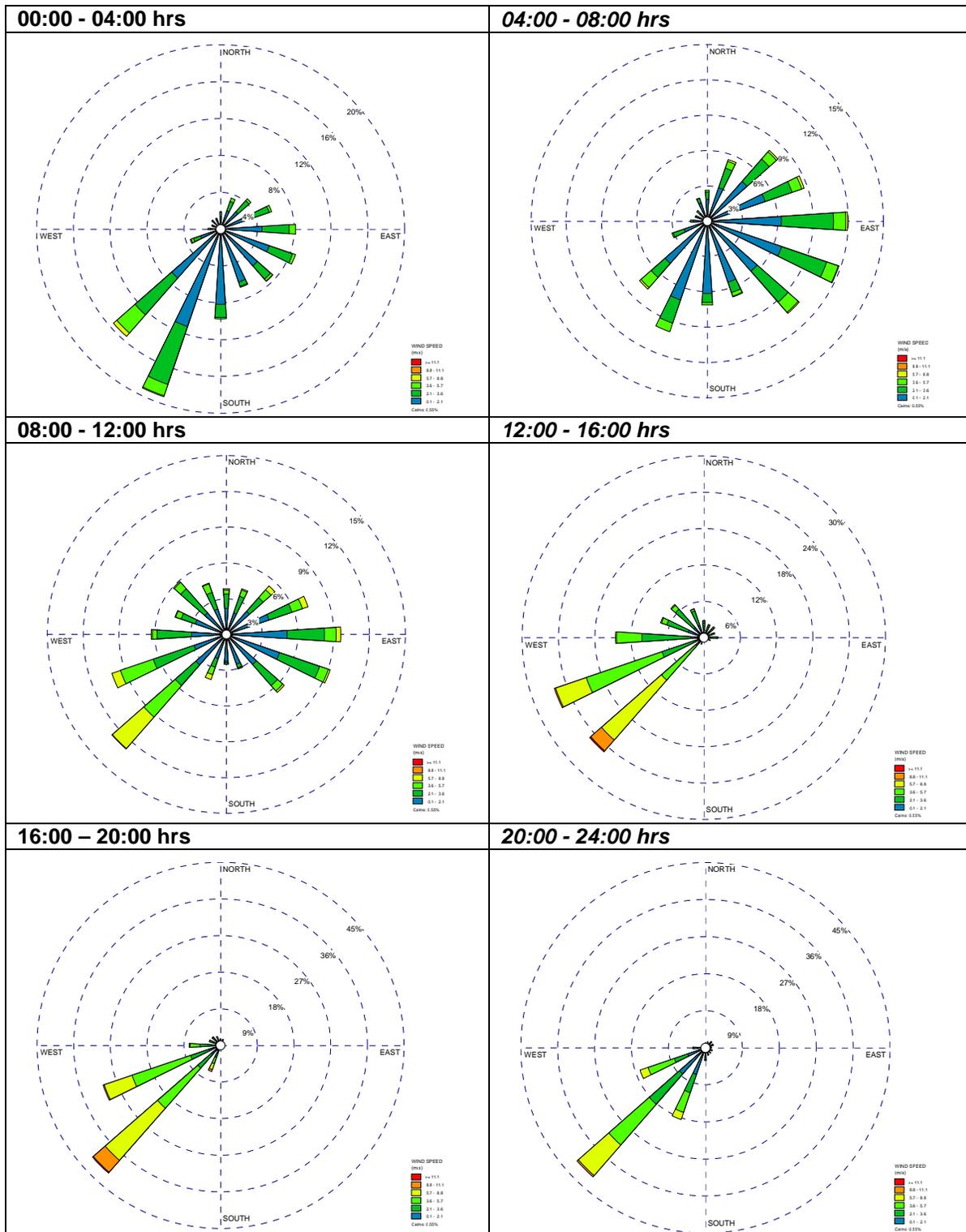
Figura 5.2
Rosa de Viento Sector Bahía Salado



De la figura anterior se desprende que la dirección predominante corresponde a vientos que provienen principalmente del suroeste (SO) con velocidades del viento que alcanza el rango entre los 8,8 m/s y 11,1 m/s, pero que primordialmente se encuentra entre los 5,7 m/s y 8,8 m/s.

A continuación en la siguiente figura, se presenta el comportamiento de la dirección del viento promedio del periodo analizado a través de las distintas horas del día.

Figura 5.3
Variación de la Dirección de Viento Durante el Día



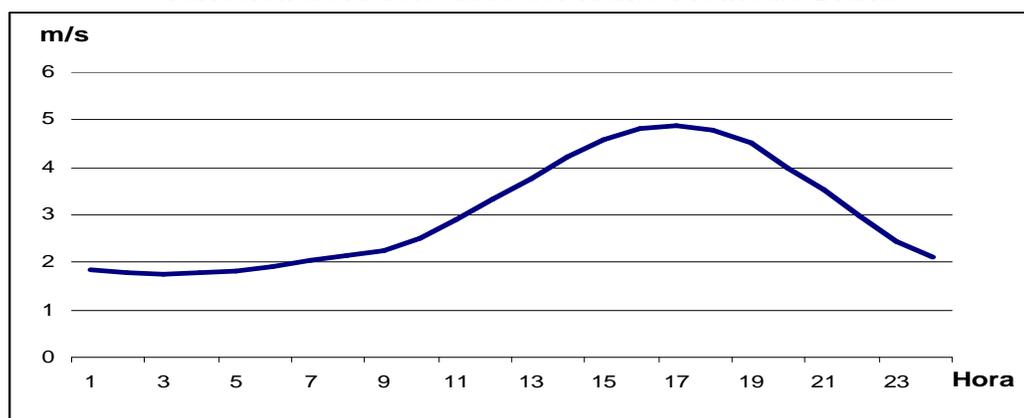
Como se aprecia en la figura anterior, durante las primeras horas de la mañana la dirección del viento predominante proviene del suroeste, recibiendo aporte entre las 4 y las 8 de la mañana de vientos provenientes desde el este. A partir de las 8 de la mañana y mas marcadamente a partir de las 12 se intensifica el aporte de los vientos que provienes del suroeste, abracando a mas el 50% de las direcciones de los vientos.

A continuación se caracterizan las variables meteorológicas monitoreadas y que son utilizadas en la modelación.

Velocidad del Viento

El comportamiento de la velocidad del viento, reflejado en el promedio horario del periodo analizado, se presenta en el Gráfico 5.1 a continuación.

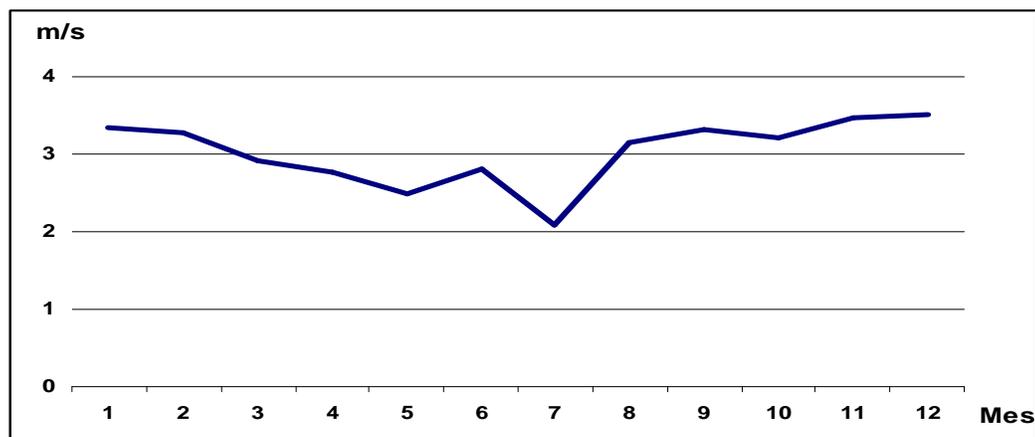
Gráfico 5.1
Variación de la Velocidad del Viento Promedio Diaria



Las mayores velocidades del viento se presentan durante las horas de la tarde. El mayor valor promedio se alcanza a las 17 horas y es aproximadamente de 5 m/s.

En el gráfico N° 5.2 se presenta el comportamiento de variación de velocidad del viento a través del año.

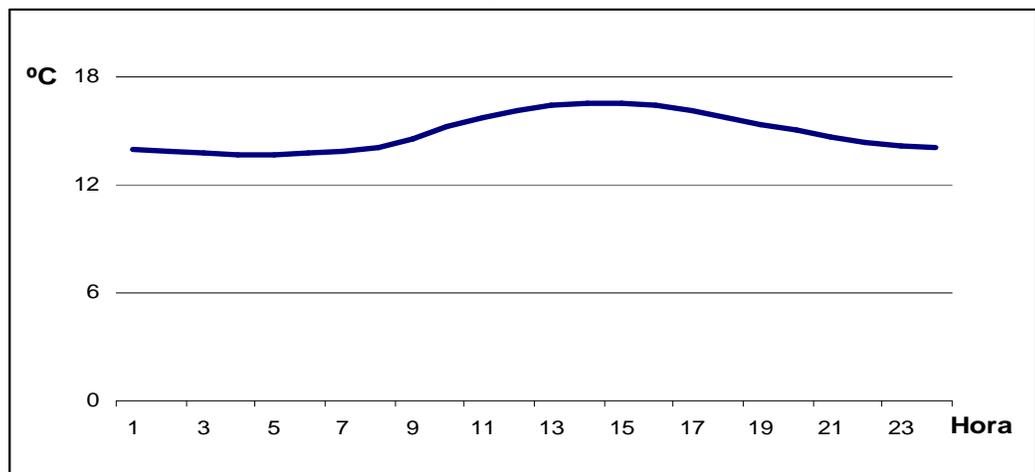
Gráfico 5.2
Variación de la Velocidad del Viento Mensual Promedio



Las mayores velocidades se registran durante los meses de verano y los valores promedio mensuales alcanzan los 3,5 m/s. Por otra parte los menores valores se registran durante los meses de invierno, registrándose valores aproximados de 3 m/s.

En el Gráfico 5.3 se presenta la variación de la temperatura diaria promedio registrada durante el año.

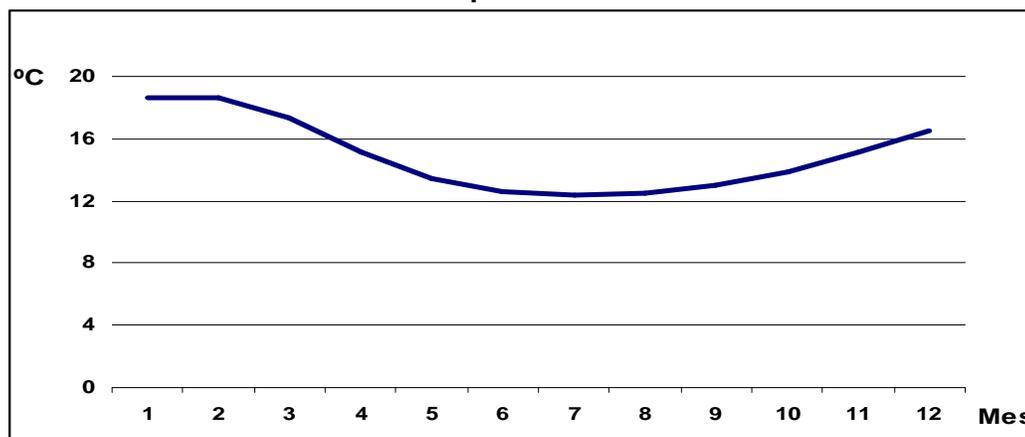
Gráfico 5.3
Variación de la Temperatura Diaria Promedio



Como se aprecia en el gráfico anterior las mayores temperaturas se producen durante horas de tarde, entre las 14 y 16 horas, siendo este valor cercano a los 16°C como promedio durante el año.

En el Gráfico 5.4 se presenta la variación de la temperatura mensual promedio durante el año.

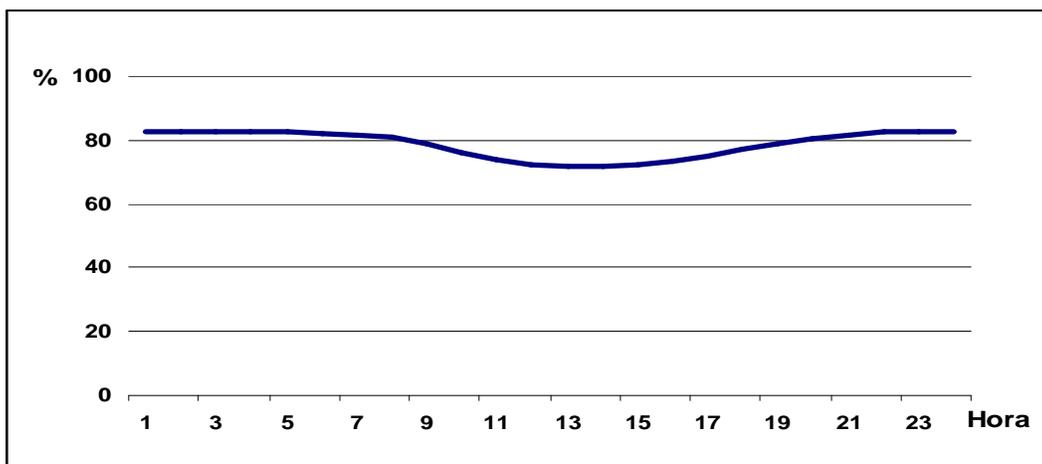
Gráfico 5.4
Variación de la Temperatura Mensual Promedio



Al observar el gráfico anterior, se aprecia que las mayores temperaturas se concentran durante los meses de Enero y Febrero, obteniéndose un valor aproximado de 18°C como promedio mensual. Por otra parte, los menores valores se registran durante los meses de invierno (Junio a Agosto), registrándose como promedio los 12°C.

En el Gráfico 5.5, se presenta el comportamiento de los valores de humedad relativa del aire durante el día.

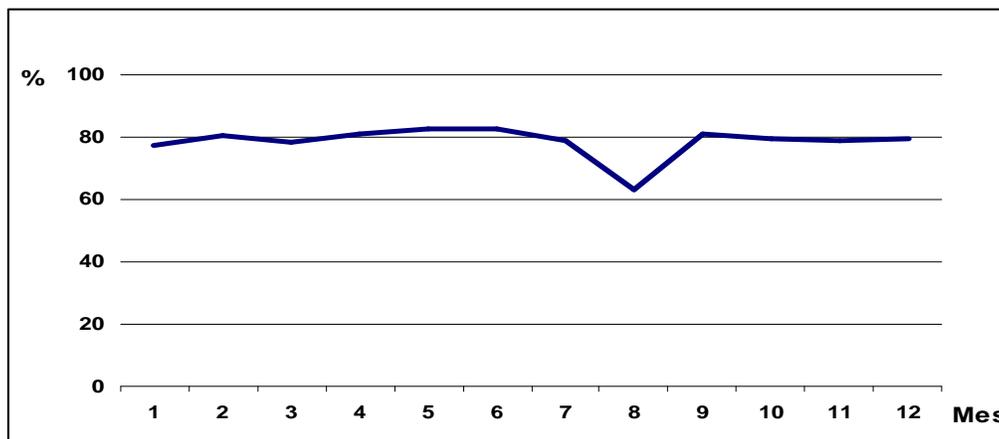
Gráfico 5.5
Variación de la Humedad Relativa del Aire Diaria Promedio



Como se aprecia en el gráfico anterior, los mayores valores de porcentaje de humedad relativa del aire, se produce durante horas de la noche y la madrugada. A su vez los menores valores se registran durante horas de la tarde, registrándose como promedio un 70%.

En el Gráfico 5.6 se presenta el comportamiento de la humedad relativa del aire mensual durante el año.

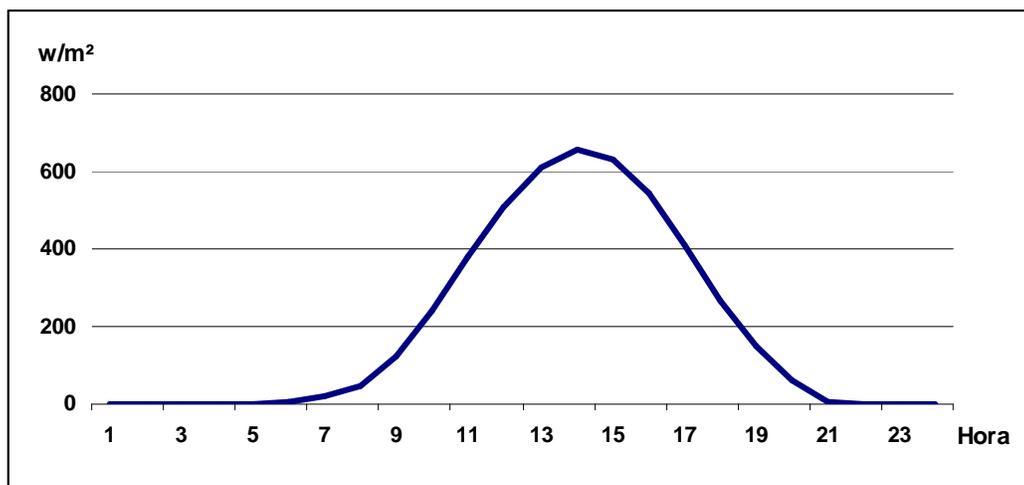
Gráfico 5.6
Variación de la Humedad Relativa del Aire Mensual Promedio



En el gráfico anterior se aprecia que en general los valores de humedad relativa de aire durante el año se mantienen constantes.

En el Gráfico 5.7 se aprecian los niveles de radiación solar diaria registrados por la estación.

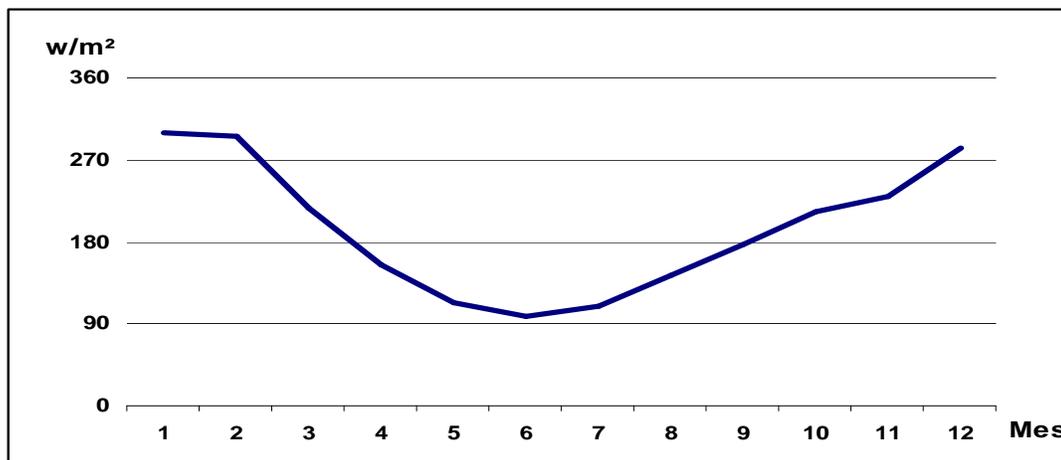
Gráfico 5.7
Variación de la Radiación Diaria Promedio



Los mayores valores de radiación durante el día se produce entre las 14 y 15 horas, esta alcanza un valor aproximado de 640 w/m².

A continuación en el Gráfico 5.8 se presenta la variación mensual promedio de la radiación durante el año.

Gráfico 5.8
Variación de la Radiación Mensual Promedio



Como se aprecia en el gráfico anterior, durante los meses de verano es donde se registraron los mayores valores de radiación solar, los que alcanzaron un valor promedio mensual aproximado de 300 w/m². Por el contrario durante los meses de invierno se registraron los menores de radiación, siendo el mínimo promedio mensual en junio de aproximadamente 90 w/m².

Para complementar la información se obtiene información del aeropuerto de Antofagasta las siguientes variables adicionales:

- Tipo de nubes
- Altura de base nubosa
- Cantidad de Octas

5.3 METEOROLOGÍA EN ALTURA

Debido a que en la zona de estudio no existen datos de meteorología en altura, se realizó una medición en terreno (Zona de Punta Cachos, entre el 2 y 11 de Septiembre de 2008) para obtener estos datos y contar con la información adecuada que permitiera correlacionar los datos obtenidos en estas mediciones con los datos disponibles de meteorología en altura del aeropuerto de Antofagasta. Las mediciones realizadas en terreno concordaron con los datos de meteorología de Antofagasta por lo que se optó por usar los primeros datos en las modelaciones.

Una vez que se determinó una correlación positiva con dicha estación, se procedió a procesar la información de Antofagasta, para el periodo comprendido entre los meses de Octubre del 2007 y Septiembre del 2008. Los datos utilizados provenientes del aeropuerto de Antofagasta, son los que se detallan a continuación:

- Altura de Sondeo
- Presión
- Velocidad del Viento
- Dirección del Viento
- Temperatura

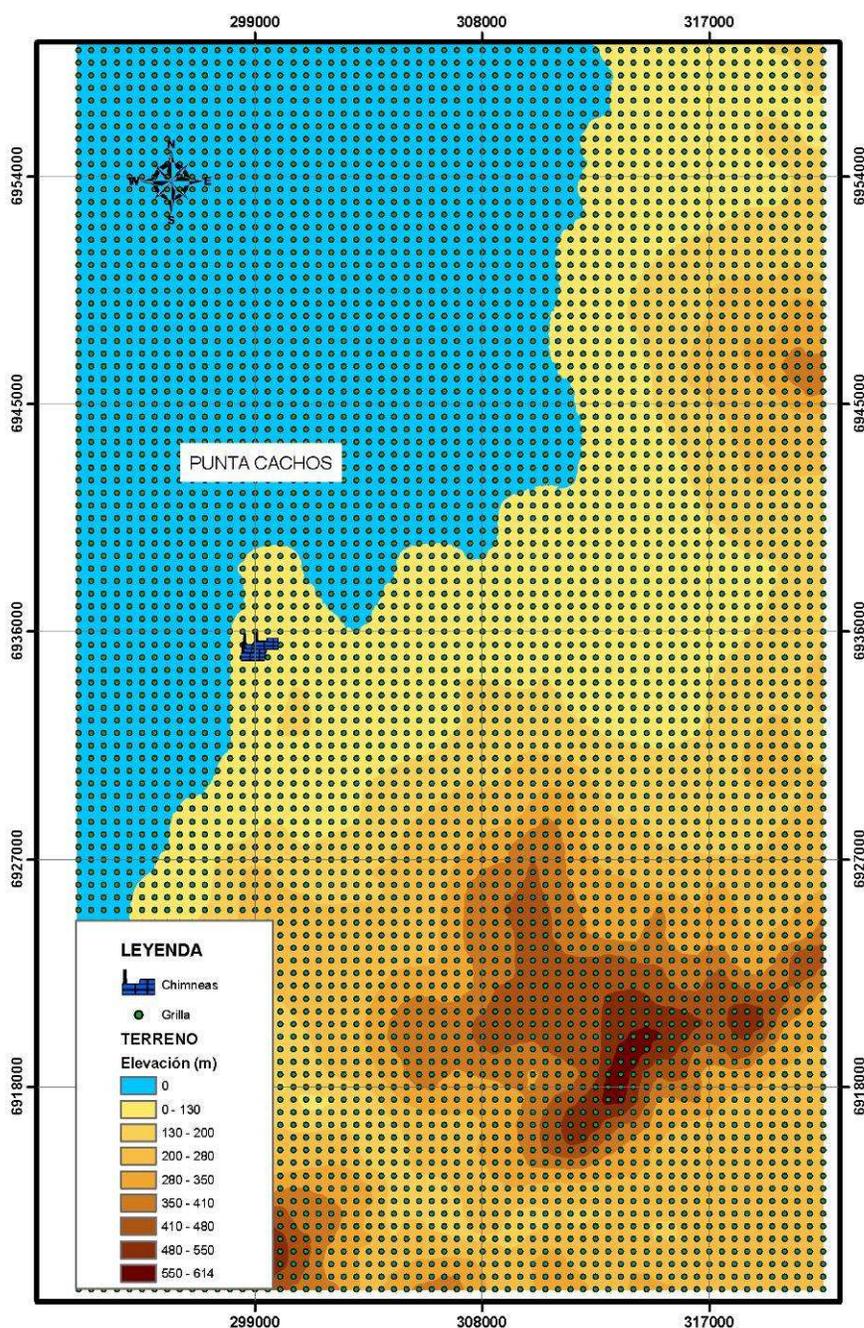
La correlación con la estación de radio sondeo de Antofagasta se presenta en el Apéndice C del presente Anexo.

5.4 GRILLA DE TERRENO

Para realizar la modelación se considera una grilla de terreno de 50 km² extrayendo la elevación de curvas de nivel a una escala de 1:250.000 y hacia el área del proyecto, curvas de nivel a una escala 1:5.000, cubriendo una superficie de 6x9 km².

En la Figura 5.4 se muestra la grilla de terreno utilizada y las elevaciones existentes en el área de modelación.

Figura 5.4
Grilla de Elevación de Terreno Considerada en la Modelación



Para analizar si la ubicación de los puntos de máxima concentración recae sobre algún sector del instrumento de planificación vigente, se superpone las iso-concentraciones sobre el Plan Regulador.

6 CALIDAD DEL AIRE

Para caracterizar la Línea de Base de Calidad del Aire existente en el área de influencia del Proyecto se consideró las mediciones de SO₂, MP10, NO₂ y CO monitoreadas por la Estación Castilla, durante el período Octubre 2007 – Septiembre 2008 en el área del Proyecto. En la Tabla 6.1 se presentan los valores observados.

Tabla 6.1
Línea de Base de Calidad del Aire Presente en el Entorno del Proyecto, Registrada
Durante el Período Octubre 2007 - Septiembre 2008

Decreto	Contaminante	Período	Concentración µg/m ³ N	Norma de Calidad µg/m ³ N
D.S. N°113/2002	SO ₂	24 HR	4.2	250
		AÑO	1.8	80
D.S. N°114/2002	NO ₂	1 HR	2.7	400
		AÑO	0.2	100
D.S. N°59/1998	MP10	24 HR	53	150
		AÑO	25	50
D.S. N°115/2002	CO	1 HR	546	30,000
		8 HRS	546	10,000
D.S. N°112/2002	O ₃	8 HR	31	120

7 RESULTADOS

Los datos de entrada y salida de la modelación realizada se incluyen en forma magnética en Apéndice D del presente anexo.

Normas Primarias

a) Anhídrido Sulfuroso (SO₂)

En la Tabla 7.1 se presenta los valores resultantes de la modelación de SO₂ en los receptores de interés y en el punto de máximo impacto.

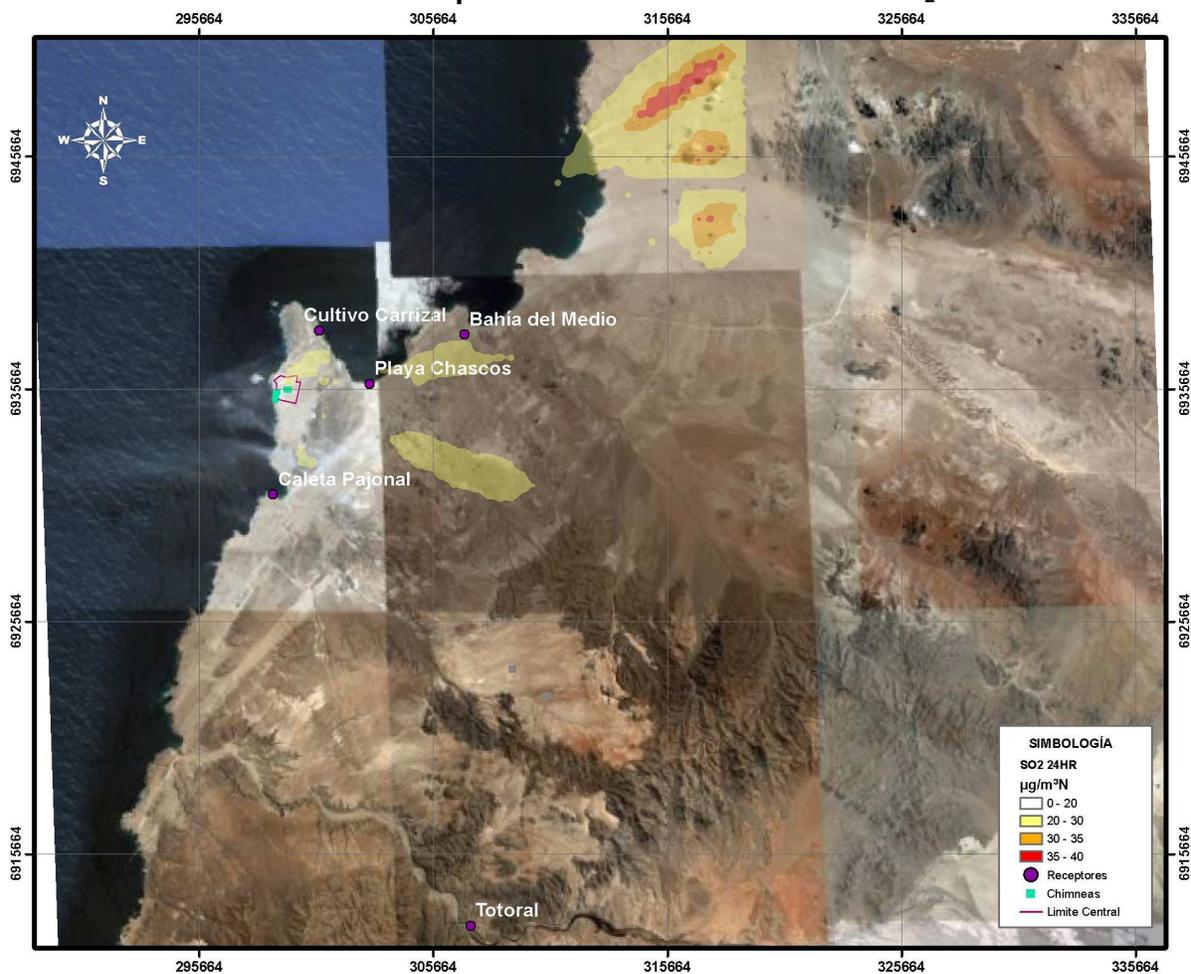
Tabla 7.1
Concentraciones de SO₂ resultantes en receptores de interés

SO2 RECEPTOR	P 99. 24 HRS				%	ANUAL				%
	LB	MOD	FINAL	NORMA		Norma	LB	MOD	FINAL	
Caleta Pajonal	4.2	4	8	250	3	1.8	0.3	2	80	3
Playa Chascos	4.2	18	22	250	9	1.8	2.5	4	80	5
Cultivo Carrizal	4.2	11	15	250	6	1.8	0.4	2	80	3
Caleta del medio	4.2	17	21	250	8	1.8	2.7	4	80	6
Totoral	4.2	5	10	250	4	1.8	0.5	2	80	3
PMI	4.2	41	45	250	18	1.8	5.5	7	80	9

Respecto a los valores se observa que el proyecto cumple con los valores de la norma calidad primaria de calidad del aire DS N°113.

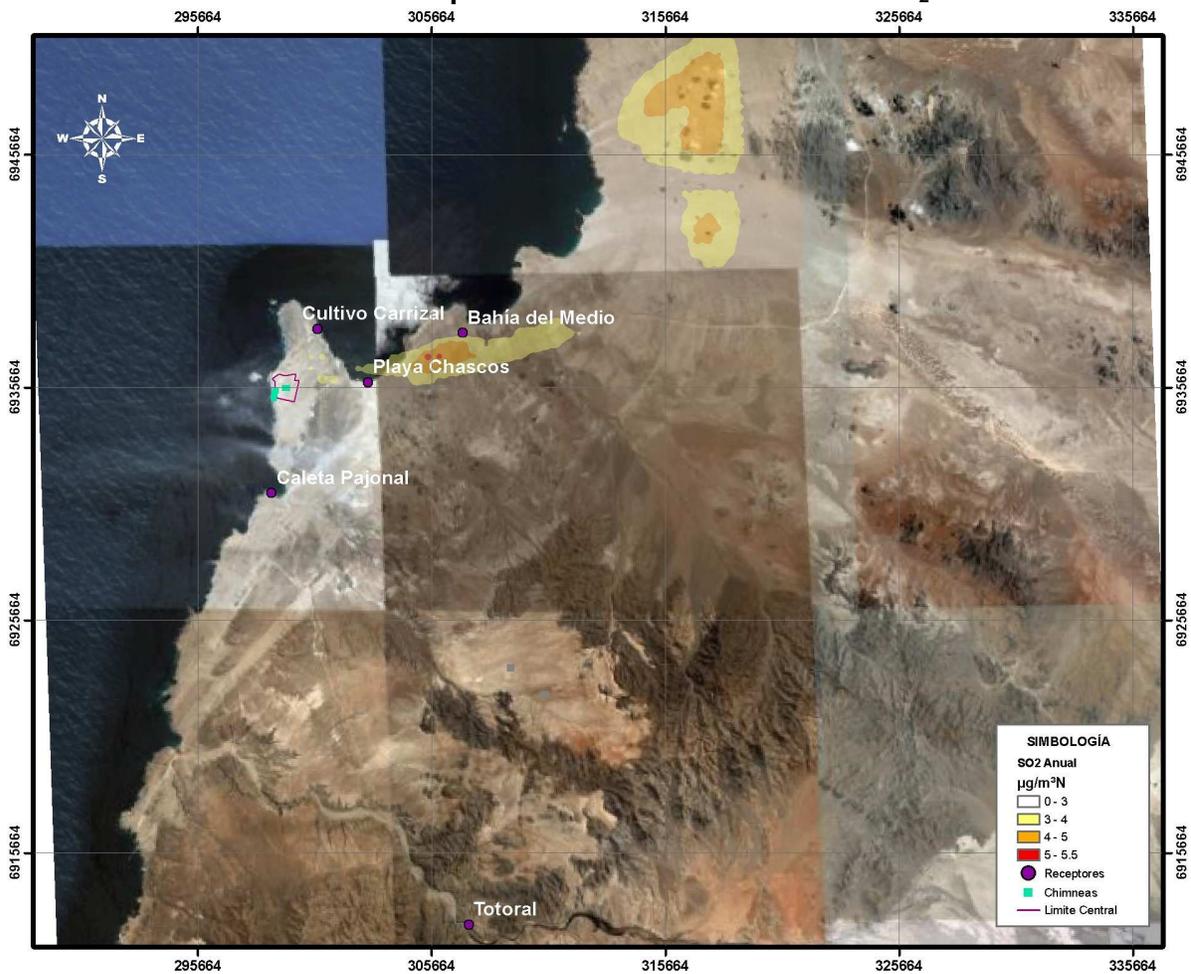
En la Figura 7.1 y 7.2 se presentan las distribuciones de las concentraciones de SO₂ según norma primaria para el contaminante.

Figura 7.1
Distribución de los Aportes de Concentraciones de SO₂ diarias



Los mayores valores de concentraciones diarias de SO₂ se producen aproximadamente a 20 km hacia el noreste de la ubicación de la Central y alcanza valores aproximados entre los 30 µg/m³N y 40 µg/m³N.

Figura 7.2
Distribución de los Aportes de Concentraciones de SO₂ anuales



Los valores de concentraciones máximas se producen a 6 km al sureste de la Central y alcanzan valores aproximados de 6 µg/m³N.

b) Material Particulado Respirable (MP10)

En la Tabla 7.2 se presenta los valores resultantes de la modelación de MP10 en los receptores de interés.

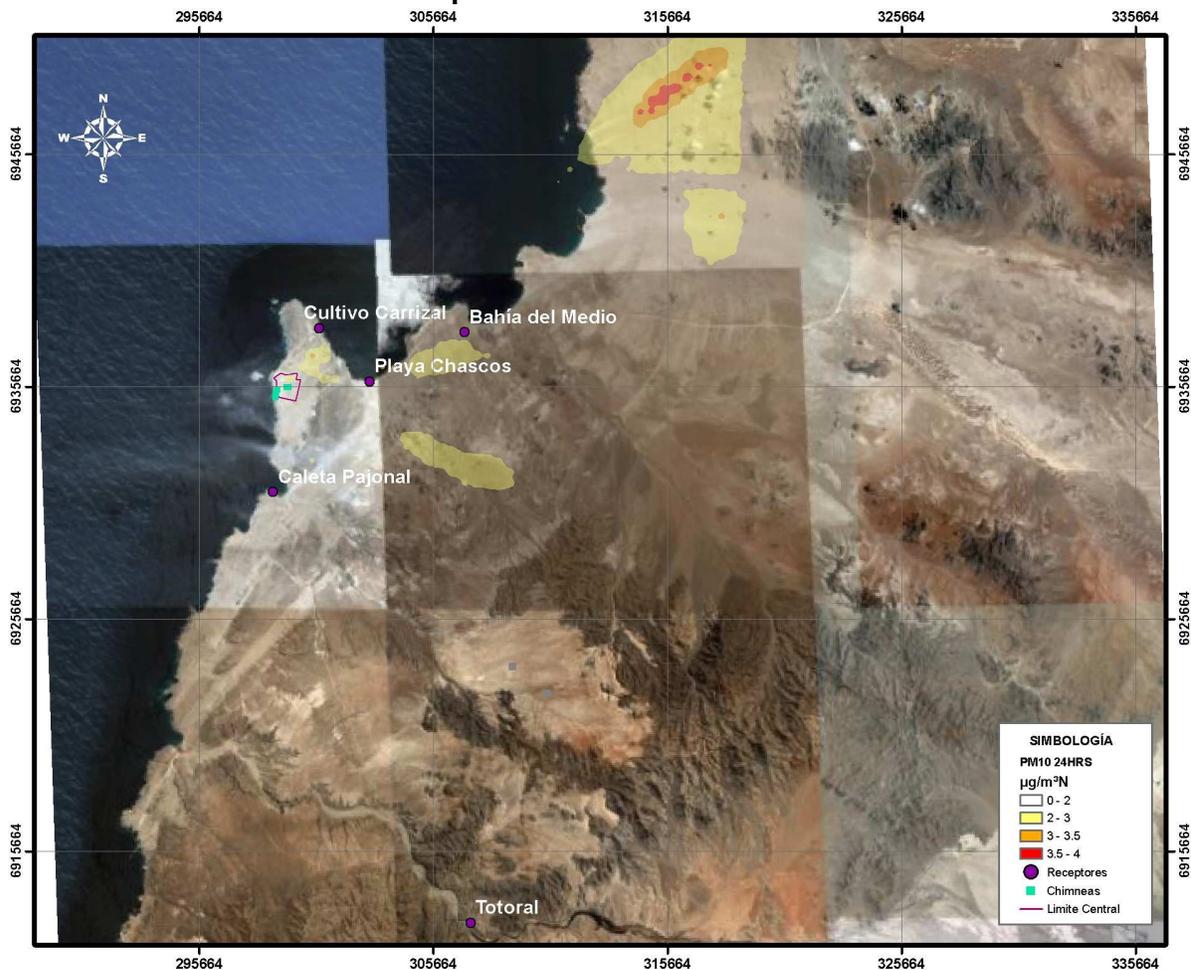
Tabla 7.2
Concentraciones de MP10 resultantes en receptores de interés

MP10 RECEPTOR	P98. 24 HR			NORMA	%	ANUAL				%
	LB	MOD	FINAL			Norma	LB	MOD	FINAL	
Caleta Pajonal	53	0.4	53	150	36	25	0.1	25	50	49
Playa Chascos	53	1.6	55	150	36	25	0.3	25	50	50
Cultivo Carrizal	53	0.8	54	150	36	25	0.1	25	50	49
Bahía del Medio	53	1.5	54	150	36	25	0.3	25	50	50
Totoral	53	0.5	54	150	36	25	0.1	25	50	49
PMI	53	4.0	57	150	38	25	0.6	25	50	51

Respecto a los valores se observa que el proyecto cumple con los valores de la norma calidad primaria de calidad del aire DS N°114.

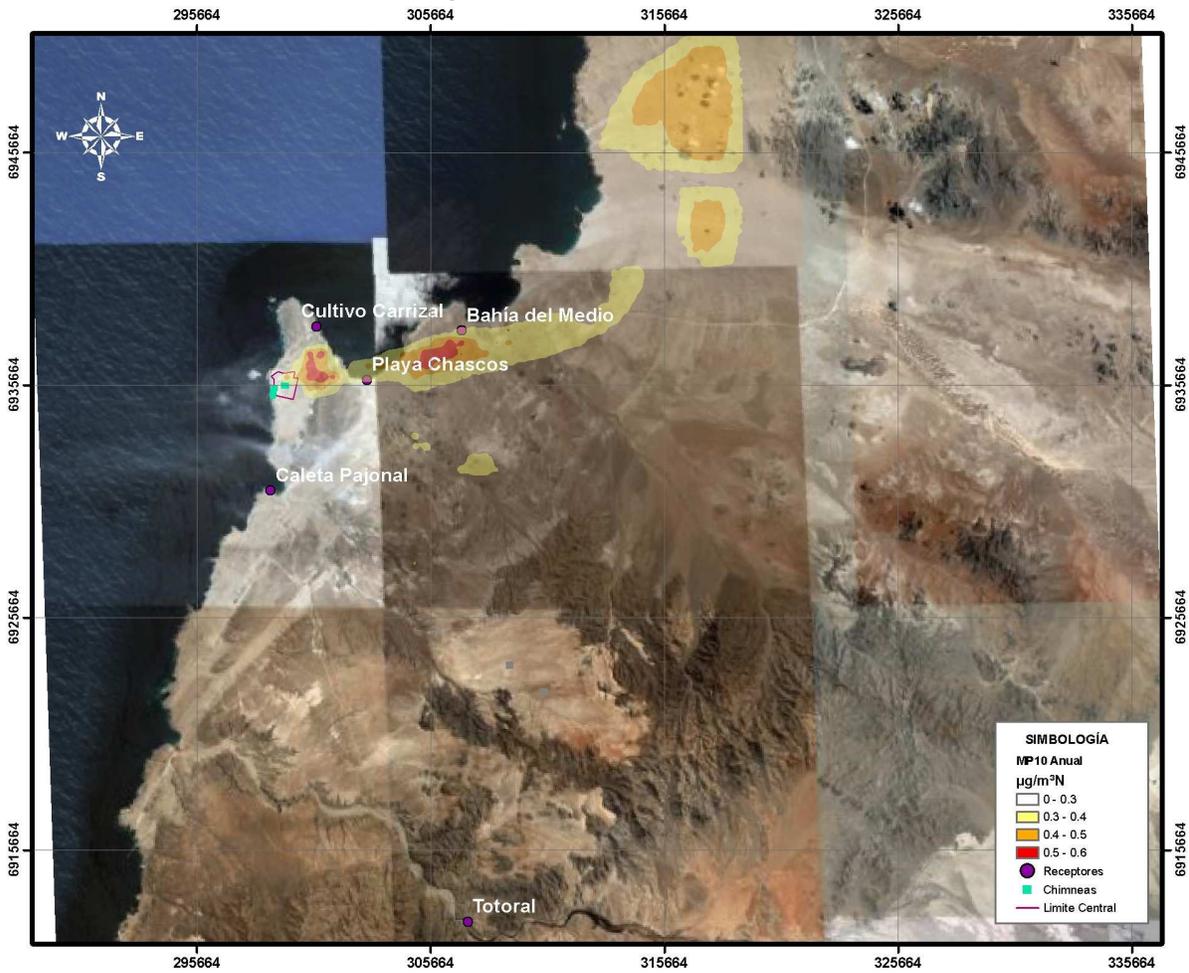
En la Figura N°7.3 y 7.4 se presentan las distribuciones de las concentraciones de MP10 según norma primaria para el contaminante.

Figura 7.3
Distribución de los Aportes de Concentraciones de MP10 diario



Existe dos puntos donde se concentran las mayores concentraciones, el primero se sitúa a aproximadamente 2 km al noreste de la central, cuyos valores alcanzan los $4 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y los restantes el otro a 20 km en esa misma dirección, presentando valores similares.

Figura 7.4
Distribución de los Aportes de Concentraciones de MP10 Anual



Los máximos valores de concentración se producen a 2 km al noreste de la Central y alcanza valores aproximados de $4 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

c) Monóxido de Carbono (CO)

En la Tabla 7.3 se presenta los valores resultantes de la modelación de CO en los receptores de interés.

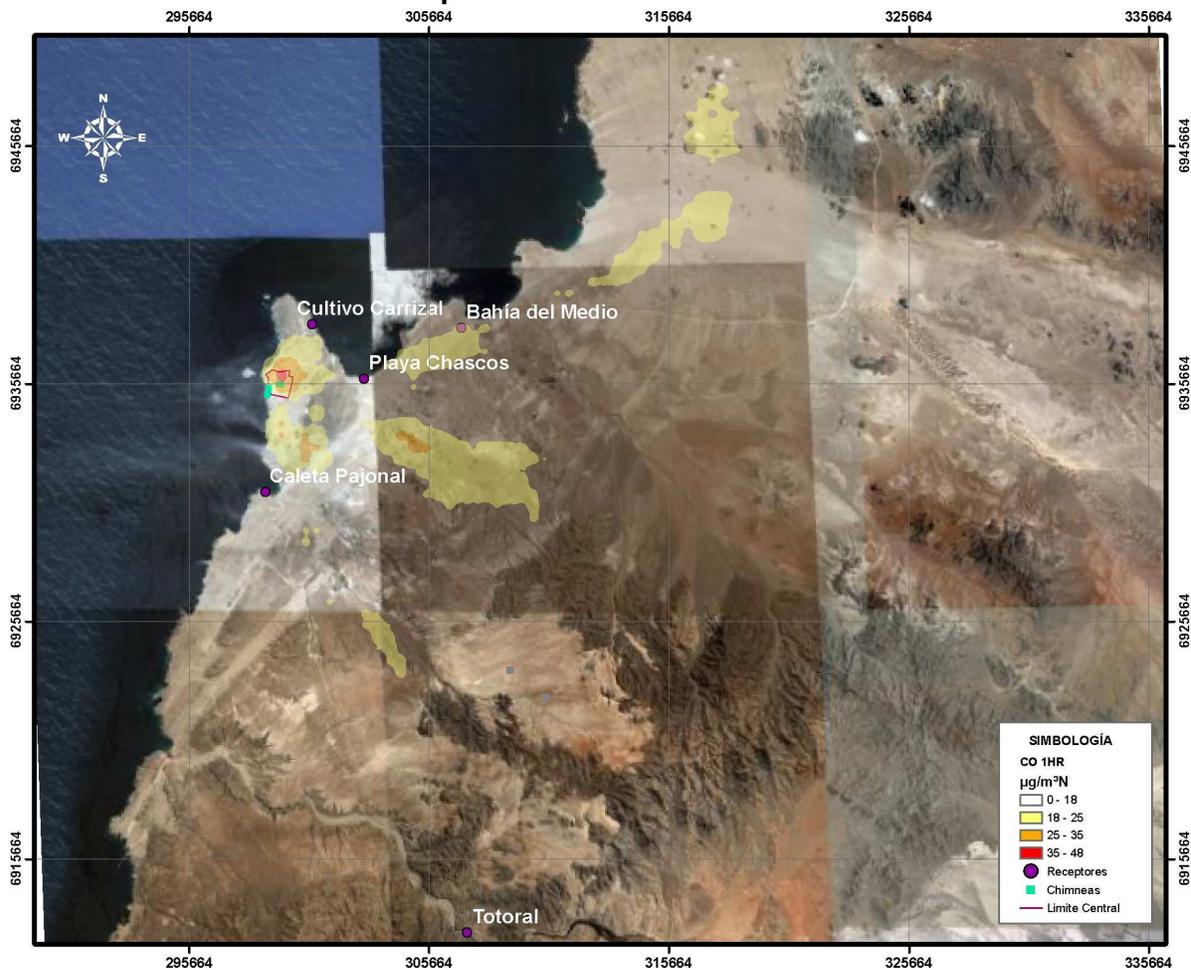
Tabla 7.3
Concentraciones de CO resultantes en receptores de interés

CO RECEPTOR	P99. 1 HR			NORMA	%	8 HRS				%
	LB	MOD	FINAL			LB	MOD	FINAL	NORMA	
Caleta Pajonal	546	7	553	30000	2	436	1	437	10000	4
Playa Chascos	546	16	562	30000	2	436	5	441	10000	4
Cultivo Carrizal	546	12	559	30000	2	436	2	438	10000	4
Bahía del Medio	546	20	566	30000	2	436	4	440	10000	4
Totoral	546	5	552	30000	2	436	1	437	10000	4
PMI	546	48	594	30000	2	436	9	445	10000	4

Respecto a los valores se observa que el proyecto cumple con los valores de la norma calidad primaria de calidad del aire DS N°115.

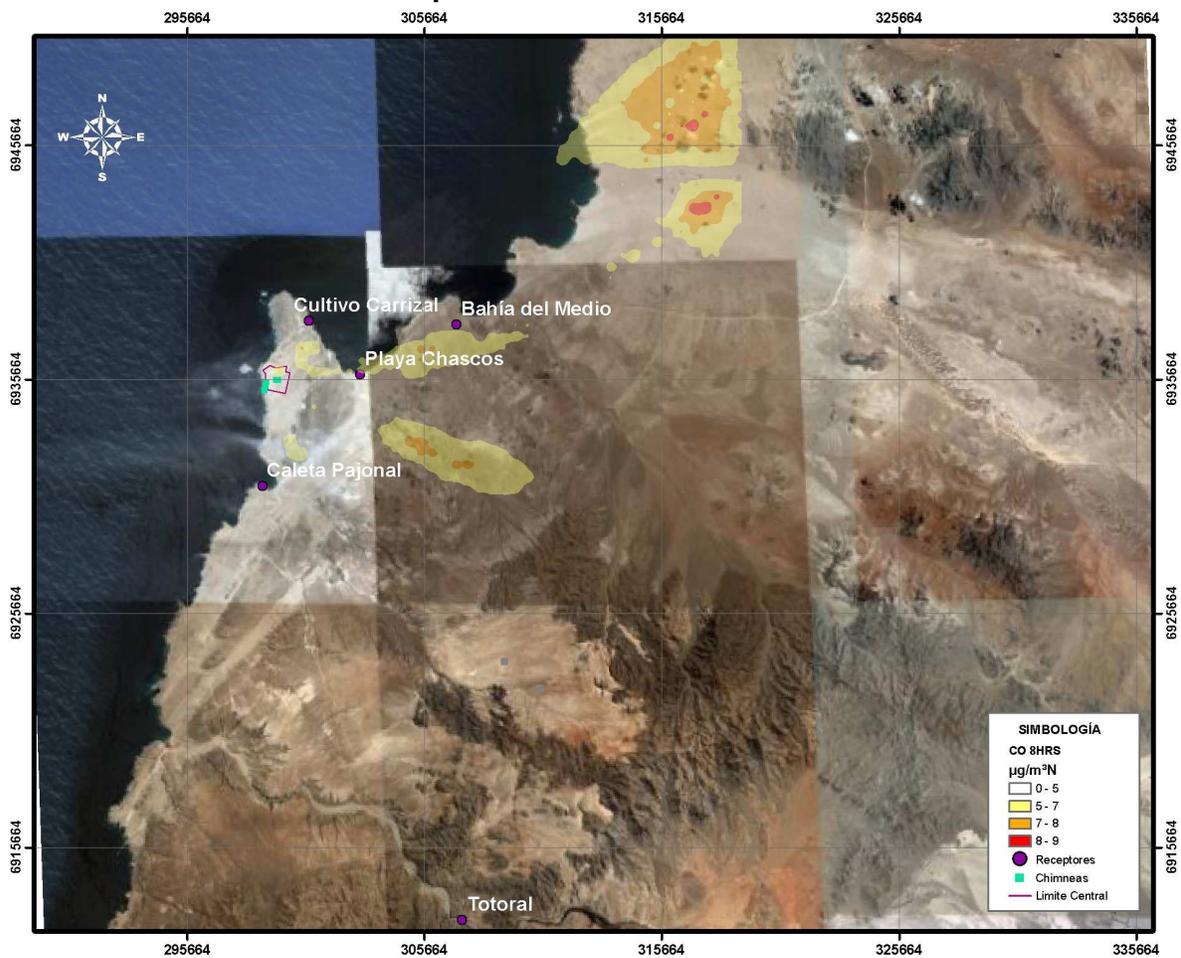
En la Figura 7.5 y 7.6 se presentan las distribuciones de las concentraciones de MP10 según norma primaria para el contaminante.

Figura 7.5
Distribución de los Aportes de Concentraciones de CO en 1 Hora



Los máximos valores de CO se producen entorno de la Central, donde se alcanzan valores aproximados de $48 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

Figura 7.6
Distribución de los Aportes de Concentraciones de CO en 8 Horas



El máximo valor de concentración se produce a unos 6 km al sureste de la Central, donde alcanzan valores cercanos a los $8 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Además existe otro sector donde se concentran altos valores de concentración, el que se localiza a unos 20 km al noreste de la Central, donde se alcanzan valores de 7 a $8 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

d) Ozono

Para estimar el aporte a las concentraciones de ozono generadas por el proyecto, se utilizan las tablas generadas por Scheffe en que relaciona las emisiones de HCNM y la razón HCNM/NOx para estimar el impacto en la calidad del aire producto del aumento de las concentraciones de Ozono.

Estas tablas fueron desarrolladas a través de una metodología "screenig", es decir que determinan el máximo potencial que tendrían las emisiones de generar aumentos en las concentraciones de ozono.

A continuación se presentan las emisiones de NOx y HCNM del proyecto y se calcula la razón HCNM/NO x, de tal forma de contar con todos los parámetros de entrada a las tablas de Scheffe, y de esta forma estimar el máximo potencial de aporte a las concentraciones de ozono que tendría el proyecto.

**Tabla 7.4
Tasas de Emisión de HCNM y NOx de las Unidades Generadoras.**

Contaminante	Emisiones Operación (ton/día)	Emisiones Operación (ton/día)	Emisiones Operación (ton/día)	Emisiones Operación (ton/año)
NOx	14	28	42	15330
HCNM	0,58	1,16	1,74	635
Razón HCNM/NOx	0,04142857	0,04142857	0,04142857	0,04142857

Dado que la razón HCNM/NOx es menor 5 (valor determinado por Scheffe para la estimación), y que las toneladas de emisión anuales de HCNM del proyecto (635 ton) el máximo valor de la tabla de Scheffe (750), se asume un caso más desfavorable en que la razón HCNM/NOx es menor que 5, que la emisión es de 750. Para estas condiciones el aporte del proyecto a las concentraciones de ozono alcanzaría los 45,1 µg/m³N, lo que sumado a la línea base observada de ozono en 8 horas como peor condición 32 µg/m³N (máximo valor horario del monitoreo), alcanzaría una concentración total de 76 µg/m³N. Este valor sería inferior a la concentración permitida por la norma (120 µg/m³N).

**Tabla 7.5
Tabla de Scheffe para Estimar el máximo aporte posible a las concentraciones de O₃ para una Razón HCNM/NOx < 5**

Emisión Anual de HCNM Ton/Año	Ozono pphm	Ozono ppm	Ozono µg/m³N
50	1,1	0,011	21,6
75	1,2	0,012	23,5
100	1,4	0,014	27,4
300	1,7	0,017	33,3
500	1,9	0,019	37,2

Emisión Anual de HCNM	Ozono	Ozono	Ozono
750	2,3	0,023	45,1
1000	2,7	0,027	52,9

e) Óxidos Nitrogenados

En la Tabla 7.6 se presenta los valores resultantes de la modelación de NOx en los receptores de interés.

Tabla 7.6
Concentraciones de NOx resultantes en receptores de interés

NOX RECEPTOR	P99. 1 HR			ANUAL		
	LB	MOD	FINAL	LB	MOD	FINAL
Caleta Pajonal	2.7	119	122	0.2	0.5	0.7
Playa Chascos	2.7	283	286	0.2	4.0	4.2
Cultivo Carrizal	2.7	225	228	0.2	0.8	0.9
Bahía del Medio	2.7	349	351	0.2	4.4	4.6
Ttotal	2.7	99	102	0.2	0.8	1.0
PMI	2.7	864	867	0.2	9.1	9.3

Lo anterior debe ser entendido como el resultado de modelaciones, en las que se han realizado supuestos tendientes a sobreestimar las concentraciones de salida, tales como el escenario de mayores emisiones, la peor condición meteorológica, y lo más significativo es que se ha supuesto que el total de óxidos de nitrógeno (NOx) emitidos por los proyectos corresponde a NO₂, criterio que corresponde a un primer nivel de estimación para objeto de evaluación preventiva.

En efecto, el total de los óxidos de nitrógeno está compuesto por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). La concentración de NO₂ en las emisiones de una fuente de combustión típica se encuentra generalmente en el orden de 5% a 10 % de la concentración de NOx. La transformación de NO a NO₂ continúa en la atmósfera debido a la rápida reacción del NO con el ozono atmosférico disponible.



Para abordar lo anterior, la mayor parte de las agencias internacionales de medioambiente, entre las que se incluye la US EPA, agencias de Medio Ambiente de Canadá, el Ministerio de Medio Ambiente de Nueva Zelanda y Australia, instruyen la aplicación de metodologías correspondientes a segundo nivel de evaluación, pero también conservadoras, que toman en cuenta esta transformación descrita en la Ecuación 1, cuando aplicado el criterio de primera aproximación entrega resultados por sobre el estándar de NO₂ normado.

Uno de los métodos utilizados para representar correctamente la razón entre NO/NO₂ de un segundo nivel de evaluación se denomina Método de Limitación de Ozono (OLM), donde se señala que:

$$[\text{NO}_2]_{\text{total}} = (0,1[\text{NO}_x]_{\text{pred}}) + \min \{([\text{O}_3]_{\text{bkgd}}) \text{ ó } 0,9[\text{NO}_x]_{\text{pred}}\} + [\text{NO}_2]_{\text{bkgd}} \quad \text{Ecuación N}^\circ 2$$

Siendo:

- [NO₂]total = Total de Concentración de NO₂.
- [NO₂]bkgd = Concentración basal de NO₂.
- [NO_x]pred = Concentración de NO_x estimada.
- [O₃]bkgd = Concentración de O₃ correspondiente al nivel de fondo.

El método indica que si $[\text{O}_3] > 0.9 * [\text{NO}_x]$, entonces se asume que $[\text{NO}_2] = [\text{NO}_x]$.

La primer término de la Ecuación N° 2 corresponde a la emisión directa de NO₂ desde la fuente, el segundo término asume la transformación de NO a expensas del ozono disponible en la atmósfera.

Este método requiere un valor O₃ adecuado, que debe obtenerse sobre la base de datos de monitoreo cercanos. Sin embargo para efectos de cálculo se utiliza un valor conservador de concentración, asumiendo la peor condición el valor futuro de ozono que fue estimado.

En virtud de lo expuesto, se ha utilizado el método de OLM para proyectar las concentraciones horarias de NO₂ en la zona donde se ubica la Central Castilla, utilizando las concentraciones de NO_x estimadas por la modelación del Proyecto y el valor de ozono estimado de 76 µg/m³N. El valor de NO₂ anual, se estima igual al valor de NO_x.

En la Tabla 7.7 se presenta el valor resultante de NO₂ en los receptores de interés, según norma del contaminante.

Tabla 7.7
Concentraciones de NO₂ resultantes en receptores de interés

NO2 RECEPTOR	P99. 1 HR				%	ANUAL				%
	LB	MOD	FINAL	NORMA		Norma	LB	MOD	FINAL	
Caleta Pajonal	2.7	85	87	400	22	0.2	0.5	0.7	100	1
Playa Chascos	2.7	101	104	400	26	0.2	4.0	4.2	100	4
Cultivo Carrizal	2.7	95	98	400	25	0.2	0.8	0.9	100	1
Bahía del Medio	2.7	108	110	400	28	0.2	4.4	4.6	100	5
Total	2.7	83	85	400	21	0.2	0.8	1.0	100	1
PMI	2.7	159	162	400	40	0.2	9.1	9.3	100	9

Respecto a los valores se observa que el proyecto cumple con los valores de la norma calidad primaria de calidad del aire DS N°114.

Referencias bibliográficas:

1. US EPA, Ozone Limiting Method (OLM), <http://www.epa.gov/ttn/scram/>
2. NYSDEC Guidelines on Dispersion Modeling, Procedures for Air Quality Impact Analysis, <http://www.dec.state.ny.us/website>
3. Air Dispersion Modeling Guidelines for Arizona Air Quality Permits, Arizona Department Of Environmental Quality, December 2004,
4. Alberta Environment Air Quality Model Guideline, March 2003, <http://www3.gov.ab.ca/env/air/airqual/airmodelling.html>
5. Guidelines for Air Quality Dispersion Modelling in British Columbia, British Columbia Ministry of Environment, Environmental Protection Division, Environmental Quality Branch, Air Protection Section
6. Victoria, British Columbia, Version: October 2006, <http://www.env.gov.bc.ca/air/>.
7. Good Practice Guide for Atmospheric Dispersion Modelling, Ministry for the Environment, New Zealand, June 2004, <http://www.mfe.govt.nz>
8. Approved Methods for the Modelling and Assessment of Air Pollutants in New South Wales, NSW Environment Protection Authority (EPA), Department of Environment and Conservation NSW, August 2005.

Norma Secundaria

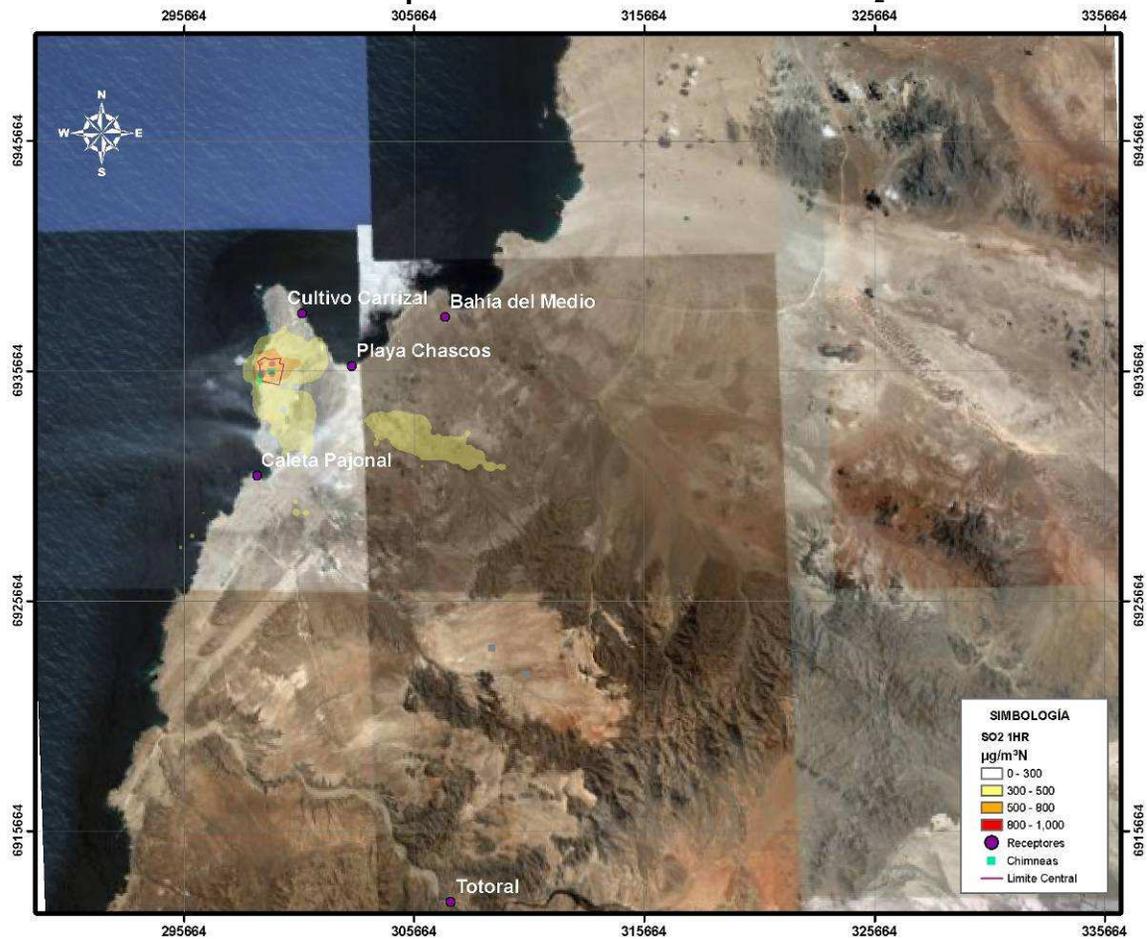
A continuación se realiza una comparación de los valores modelados de SO₂ respecto de la norma secundaria DS N°185 de contaminante. En la Tabla 7.8 se presenta los valores de SO₂ resultantes en los puntos de máximo impacto.

Tabla 7.8
Concentraciones de SO₂ resultantes en punto de máximo impacto

PERIDO	ESTE	NORTE	MOD	LB	TOTAL	NORMA	% NORMA
1 HR	300000	6935500	611	34	645	1000	65
24 HRS	317000	6942500	59	6	65	360	18
ANUAL	305500	6937000	6	2	7	80	9

Como se aprecia de la tabla anterior, todos los valores se encuentran debajo de los valores normados respecto la norma secundaria para el contaminante.

Figura 7.7
Distribución de los Aportes de Concentraciones de SO₂ en 1 Hora



Los máximos valores de SO₂ en una hora, se producen entorno de la Central, proyectándose en parte, hacia el sureste de la localización del Proyecto, los valores alcanzan aproximadamente los 610 µg/m³N.

8 CONCLUSIONES

Los resultados expuestos dentro de este informe, difieren respecto de los entregados en el Anexo 6 del EIA, debido a que se corrigieron factores, incluyeron nuevas fuentes tales como acopio de carbón, de cenizas, entre otros y además se aumento la grilla de modelación, ampliándose también el periodo modelado a un año.

Las concentraciones resultantes de la modelación de las fuentes que pertenecen a este proyecto, se encuentran debajo de los valores límites dispuestos por la normativa primaria de calidad del aire, para los contaminantes SO₂, MP10, NO₂, CO y O₃.

Para el caso de la normativa secundaria de calidad del aire, se establece que los valores horarios, diarios y anuales, se encuentran debajo del 65% de los periodos normado por el DS N°185/92.