

ANEXO 1

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

"EVALUACIÓN DE MEDIDAS COSTO EFECTIVAS PARA REVISAR Y REFORMULAR EL PLAN DE VENTANAS"



ELABORADO POR

GEOAIRE AMBIENTAL LIMITADA

PARA

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

16 de Noviembre de 2015

Nº Proyecto	Elaboración		Revisión		Versión	
	Elaborador	Fecha	Revisor	Fecha	Estado	Detalle
G01-15	ESM	21-10-15	PSH	22-10-15	V	Final

ESTUDIO DESARROLLADO POR:

Dr. Ing. Pedro Sanhueza H.
 Dr. Jorge Cerda T.
 Mónica Torreblanca V.
 Evelyn Salazar M.
 Carla Díaz M.
 Alejandro Zepeda

Jefe de Proyecto
 Gestión Territorial
 Modelación Calidad del aire
 Estimación de emisiones atmosféricas
 Meteorología y Calidad del Aire
 Tecnologías de la Información

CONTRAPARTE TÉCNICA:

Carmen Gloria Contreras
 Siomara Gómez
 Priscilla Ulloa

Jefa Departamento de Normas del MMA
 SEREMI del Medio Ambiente Valparaíso
 Departamento de Normas MMA



TABLA DE CONTENIDOS

1. ANALISIS DE LAS VARIABLES METEOROLOGICAS	4
1.1 COMUNA CONCÓN	6
1.1.1 ESTACIÓN CONCÓN	11
1.1.2 ESTACIÓN JUNTA VECINOS	19
1.1.3 ESTACIÓN LAS GAVIOTAS	23
1.2 COMUNA PUCHUNCAVÍ	26
1.2.1 ESTACIÓN LA GREDA	26
1.2.2 ESTACIÓN LOS MAITENES	28
1.2.3 ESTACIÓN PRINCIPAL	31
1.2.4 ESTACIÓN PUCHUNCAVÍ	40
1.2.5 ESTACIÓN VENTANAS	42
1.3 COMUNA QUINTERO	45
1.3.1 ESTACIÓN QUINTERO	45
1.3.2 ESTACIÓN SUR	47
1.3.3 ESTACIÓN VALLE ALEGRE	49



1. ANALISIS DE LAS VARIABLES METEOROLOGICAS

En este Anexo, se describe el comportamiento de las variables meteorológicas, considerando el año 2013, el cual corresponde al año base de este estudio.

Para esto se procesaron las bases de información registradas en las estaciones de monitoreo ubicadas en el área de estudio (presentes en las comunas de Puchuncaví, Quintero y Concón). La Figura 1.1 muestra la distribución espacial de las estaciones meteorológicas. La Tabla I.1, en tanto, entrega las coordenadas de las 12 estaciones ubicadas en el área de estudio, así como la empresa propietaria y la comuna a la que pertenece.

Cabe destacar que las estaciones Principal ubicada en Puchuncaví, y la estación Concón, ubicada en Concón, miden todas las variables meteorológicas (velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, y radiación solar). Las otras estaciones registran sólo velocidad y dirección del viento.

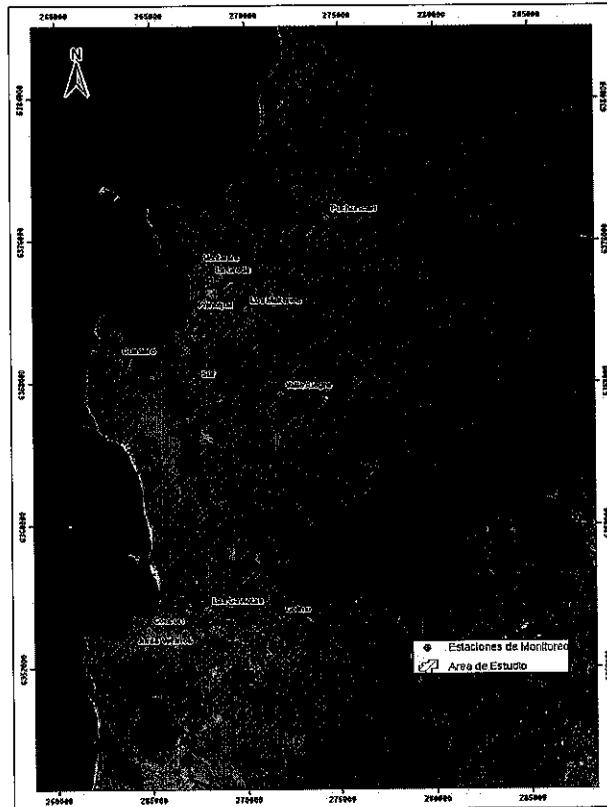


Figura 1.1: Estaciones de monitoreo

Tabla I.1: Estaciones de monitoreo

Comuna	Estación	Operador	Coordenadas (UTM)	
			E (m)	Norte (m)
Concón	Colmo	ENAP	271.646	6.354.733
	Concón	ENAP	264.737	6.354.228
	Junta Vecinos	ENAP	263.870	6.353.051
	Las Gaviotas	ENAP	267.929	6.355.123
Puchuncaví	La Greda	CODELCO División Ventanas y AES Gener	268.136	6.373.885
	Los Maitenes	CODELCO División Ventanas y AES Gener	270.018	6.372.133
	Principal	CODELCO División Ventanas y AES Gener	267.262	6.371.916
	Puchuncaví	CODELCO División Ventanas y AES Gener	274.320	6.377.318
	Ventanas	CODELCO División Ventanas y AES Gener	267.541	6.374.611
Quintero	Quintero	Codelco División Ventanas	263.532	6.371.091
	Sur	Codelco División Ventanas	267.293	6.367.954
	Valle Alegre	CODELCO División Ventanas y AES Gener	271.835	6.367.385

1.1 COMUNA CONCÓN

La comuna de Concón, posee cuatro estaciones de monitoreo de variables meteorológicas pertenecientes a ENAP, las cuales serán analizadas estadísticamente, mediante gráficos, con el propósito de estudiar la variabilidad de la meteorología de la zona.

La Tabla I.2 muestra los valores mínimos promedios y máximos horarios para la velocidad del viento en cada una de las estaciones. Así como también el porcentaje de datos válidos. La información de velocidad de viento es un atributo en común para las estaciones de monitoreo presentes en la comuna de Concón, para el año 2013, observándose que no existen grandes variaciones respecto a esta variable (m/s)¹.

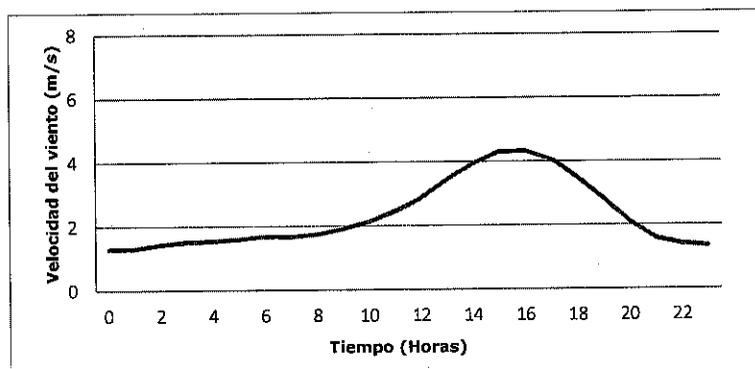
Tabla I.2: Comparación estadística de la velocidad del viento

Estadísticos	Estaciones de monitoreo			
	Colmo	Concón	Junta Vecinos	Las Gaviotas
Mínimo	0,2	0,3	0,2	0,2
Promedio	2,3	2,3	1,7	2,1
Máximo	11,2	8,3	6,7	11
% Datos Válidos	99,4	99,57	99,68	99,95

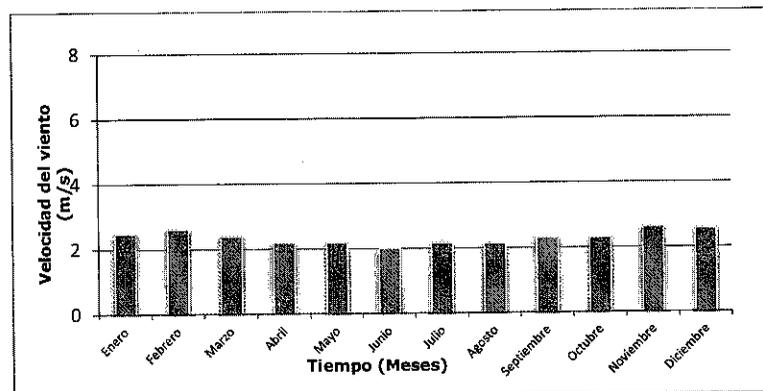
¹Solo la estación de monitoreo Concón presenta más información sobre variables meteorológicas (humedad relativa, radiación solar y temperatura), la velocidad y dirección del viento es la única variable en común a analizar en las demás estaciones.

• Velocidad del Viento

Las Figuras 1.2 (a) y (b) muestran el comportamiento de esta variable, presentando las variaciones del ciclo horario y mensual. En estas mediciones, cabe destacar que en el periodo diurno se presenta una velocidad del viento promedio de 3.0 m/s, presentando valores máximos entre las 14:00 y 18:00 horas (con velocidades de viento que fluctúan entre los 3.5 a 4.3 m/s). Por otra parte los valores mínimos fluctúan entre 1.3 a 1.7 m/s, estando presentes entre las 00:00 y 8:00 horas, esto comienza desde las 21:00 horas a contar del periodo nocturno.



(a)



(b)

Figura 1.2: Comparación de la distribución del ciclo diario (a) y mensual (b) de la Velocidad del viento año 2013

Tabla I.3: Perfil mensual-horario de velocidad del viento, estación Colmo

m/s	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Enero	2.2	2.7																						
Febrero	2.2	3.1																						
Marzo	1.6	2.3																						
Abril	1.6	2.3																						
Mayo	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.2	2.2	2.0	2.3	2.0	1.8	2.3	2.7	2.1	2.0	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.8	1.8	1.8
Junio	1.6	1.6	1.7	1.7	2.0	2.1	2.2	2.3	2.6	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Julio	2.2	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.4	2.4	2.5	2.6	2.4	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Agosto	1.6	2.0	2.1	2.0	2.3	2.2	2.1	2.4	2.5	2.4	2.1	1.9	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Septiembre	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Octubre	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Noviembre	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Diciembre	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6

De la Tabla I.3 se afirma el comportamiento de velocidades mayores dentro del periodo diurno, donde se observa un incremento entre las 13:00 y 18:00 horas. Éstas se presentan desde el mes de octubre hasta el mes de marzo, periodos en los cuales corresponden a estaciones de primavera y verano. El resto de los meses presenta un comportamiento más homogéneo, velocidades que oscilan entre los 0.7 a 2.6 m/s aproximadamente, correspondientes a los periodos estacionales de otoño e invierno.

• Dirección del Viento

Para analizar esta variable se describirán las direcciones del viento, mediante el comportamiento de los datos para cada dirección y su interpretación gráfica (rosas de vientos).

Tabla I.4: Frecuencia según dirección del viento (Rumbos), Estación Colmo

D. Viento (Rumbos)	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ENE																								
E																								
ESE																								
N																								
NE																								
NNE																								
NW																								
W																								
WSW																								
S																								
SSE																								
SSE																								
SSW																								
SW																								
WSW																								
W																								
WNW																								
WSW																								

La Tabla I.4 establece la variabilidad de direcciones que presenta el registro de datos obtenidos por la estación, estos están representados por frecuencias (establecidas a través de porcentajes, basados en las direcciones presentes en cada hora), se destaca una amplia presencia la dirección de rumbo ENE para el periodo nocturno (21:00 a 7:00 horas). En cuanto al periodo diurno, se destaca el rumbo W, WNW, presentando un mayor registro entre las 13:00 y 19:00 horas.

En la Figura 1.3 se representa gráficamente, mediante las rosas de vientos, el comportamiento de la dirección de los vientos registrados en la estación Colmo, se corrobora lo estipulado en la tabla de frecuencias donde las direcciones que predominan para los periodos diurnos y nocturnos son: WNW y ENE.

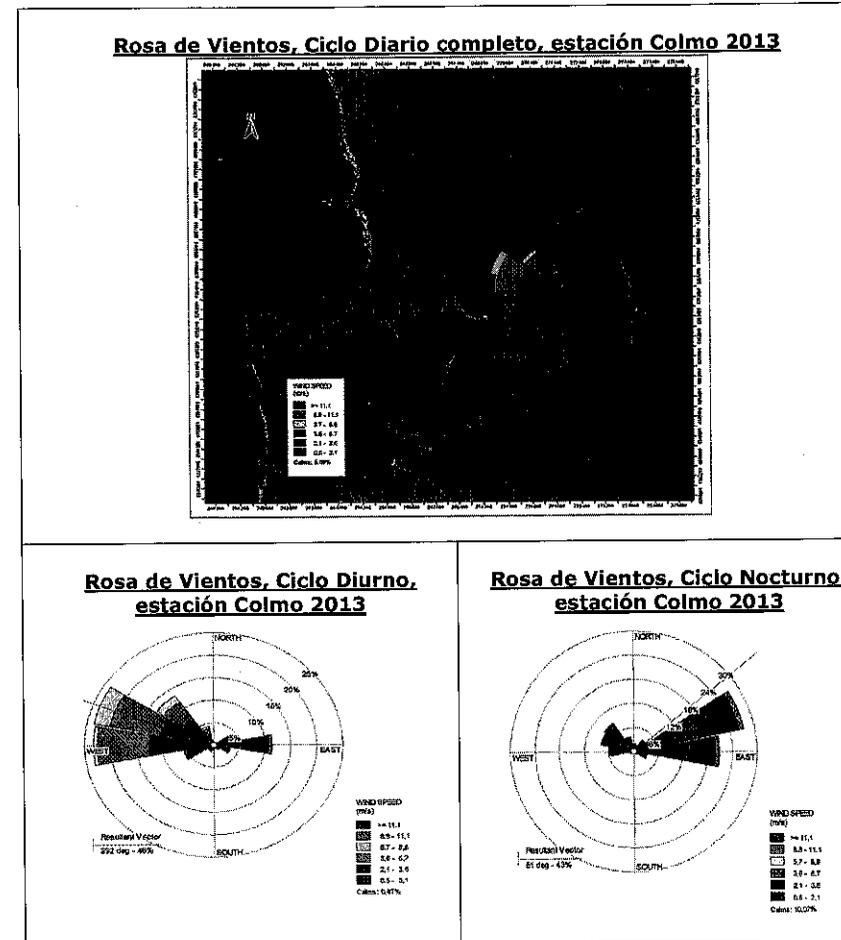


Figura 1.3: Rosa de Viento Ciclo Completo, Ciclo Diurno y Ciclo Nocturno, Estación Colmo 2013

1.1.1 Estación Concón

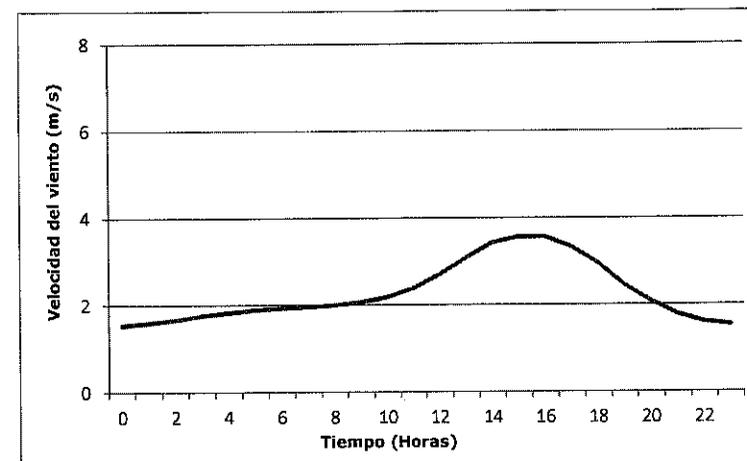
Los registros establecidos en esta estación, corresponden a las variables de velocidad y dirección de vientos, radiación solar, temperatura y humedad relativa. La Tabla I.5 muestra los estadísticos asociados.

Tabla I.5: Variables meteorológicas, Estación Concón.

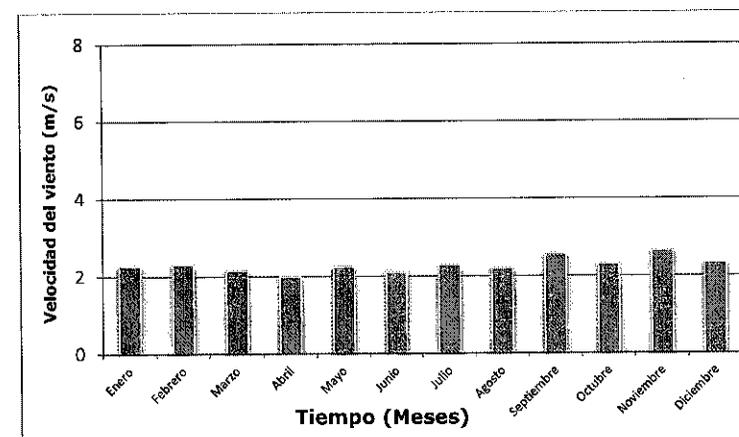
Variable	Parámetro	Estación Concón
Velocidad del viento (m/s)	Promedio	2,3
	Mínimo	0,3
	Máximo	8,3
	% Datos Válidos	99,57
Temperatura (°C)	Promedio	15,0
	Mínimo	3,0
	Máximo	30,3
	% Datos Válidos	99,57
Humedad Relativa (%)	Promedio	81,7
	Mínimo	22,1
	Máximo	99,6
	% Datos Válidos	99,57
Radiación Solar (Watt/m ²)	Promedio	200,4
	Mínimo	0,0
	Máximo	1126,0
	% Datos Válidos	99,57

• Velocidad del Viento

En la Figura 1.4 (a) y (b) se observa el comportamiento de la variable velocidad, mediante el ciclo horario y el ciclo mensual. Para el ciclo horario se tiene un mayor promedio de velocidades entre las 12:00 y 18:00 horas, con velocidades promedio que fluctúan entre los 2,7 a 3,6 m/s. Por otra parte valores que se encuentran entre los 1,5 y 1,9 m/s se encuentran dentro del período horario que está entre las 22:00 y las 7:00 horas, las cuales pertenecen al periodo nocturno. Cabe destacar también el comportamiento que tiene la variable dentro del año, pues presenta un patrón homogéneo en los valores de velocidad que varía desde los 2 a 2,6 m/s, siendo los meses de Septiembre y Noviembre los meses que presentan mayor velocidad de vientos.



(a)



(b)

Figura 1.4: Comparación de la distribución del ciclo diario (a) y mensual (b) de la Velocidad del viento año 2013



Tabla I.6: Perfil mensual-horario de velocidad del viento, estación Concón

m/s	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Enero	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Febrero	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Marzo	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Abril	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Mayo	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Junio	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Julio	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Agosto	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Septiembre	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Octubre	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Noviembre	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Diciembre	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2

De la Tabla I.6 se afirma el comportamiento de velocidades mayores dentro del periodo diurno, donde se observa un incremento entre las 13:00 y 18:00 horas. Estos están presentes desde el mes de septiembre hasta el mes de marzo, periodos en los cuales corresponden a estaciones de primavera y verano. El resto de los meses presenta un comportamiento más homogéneo, velocidades que oscilan entre los 1.1 a 2.6 m/s aproximadamente, correspondientes a los periodos estacionales de otoño e invierno.

• **Dirección del Viento**

La Tabla I.7 establece la variabilidad de direcciones que presenta el registro de datos obtenidos por la estación, estas se representan por frecuencias (establecidas a través de porcentajes, basadas en las direcciones presentes en cada hora), se destaca una amplia presencia la dirección de rumbo SE y ESE para el periodo nocturno (21:00 a 7:00 horas). En cuanto al periodo diurno, se destaca el rumbo W, WNW, NW presentando un mayor registro entre las 13:00 y 19:00 horas.

Tabla I.7: Frecuencia según dirección del viento (Rumbos), Estación Concón

Dir. Vientos (Rumbos)	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ENE																								
E																								
ESE																								
N																								
NE																								
NNE																								
NNW																								
NW																								
S																								
SE																								
SSE																								
SSW																								
SW																								
W																								
WNW																								
WSW																								

En la Figura 1.5 se representa gráficamente, mediante las rosas de vientos, el comportamiento de la dirección de los vientos registrados en la estación Concón, se corrobora lo estipulado en la tabla de frecuencias donde las direcciones que predominan para los periodos diurnos y nocturnos son: WNW y ESE.

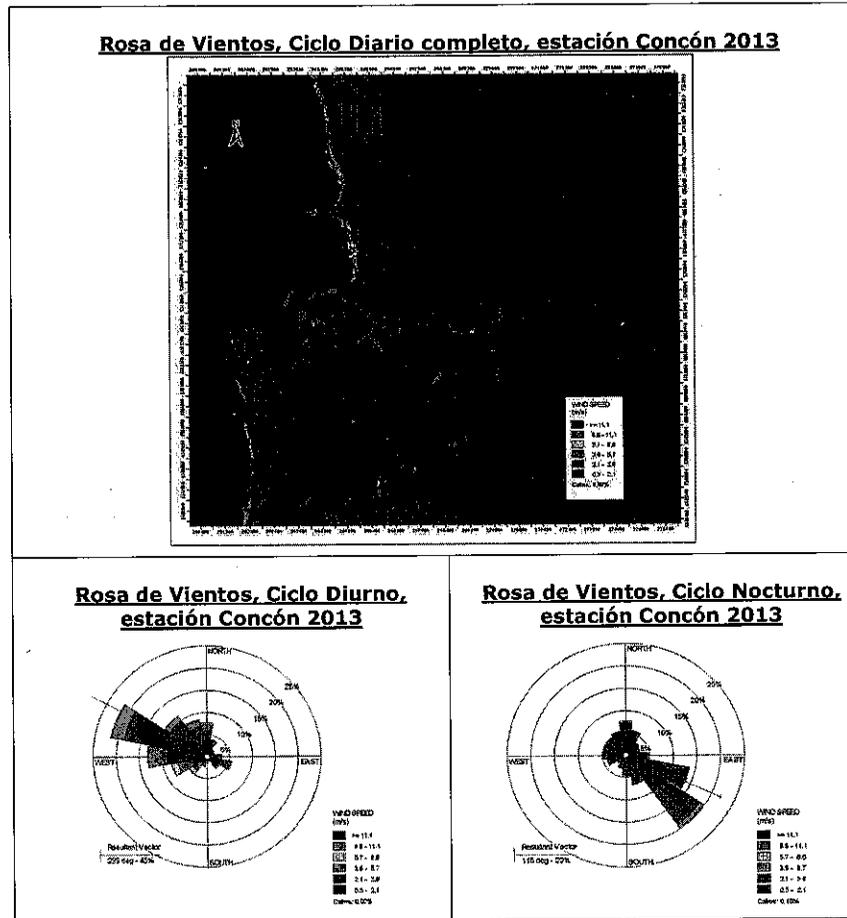


Figura 1.5: Rosa de Viento Ciclo Completo, Ciclo Diurno y Ciclo Nocturno, Estación Concón 2013

• **Temperatura**

En la Figura 1.6 se observa el comportamiento de temperaturas promedio para los meses del año, donde hay mayores valores de temperaturas para los meses de noviembre a febrero, correspondientes al periodo estacional de verano, donde el promedio de temperaturas oscila entre los 17 y 20°C. Para los meses junio, julio y Agosto se tienen promedios bajos de temperaturas, con valores promedio de temperatura entre los 12,5 y 12,7°C aproximadamente. La Figura 1.7 muestra el comportamiento del promedio de temperaturas para el ciclo horario completo, en el que se registran mayores valores de temperatura para el periodo diurno, y menores para el periodo nocturno.

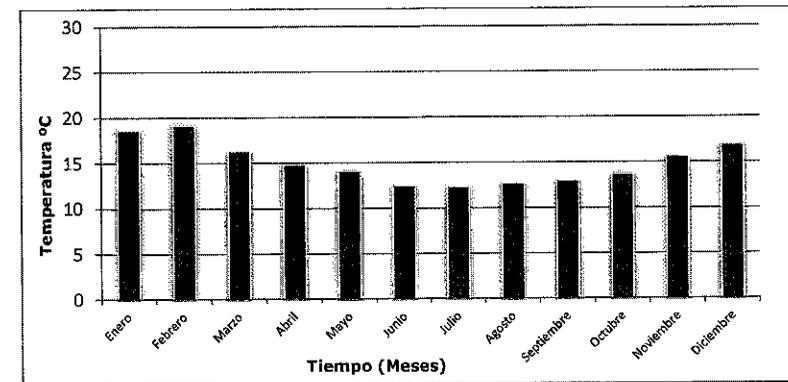


Figura 1.6: Distribución del ciclo mensual completo, Temperatura (°C) año 2013

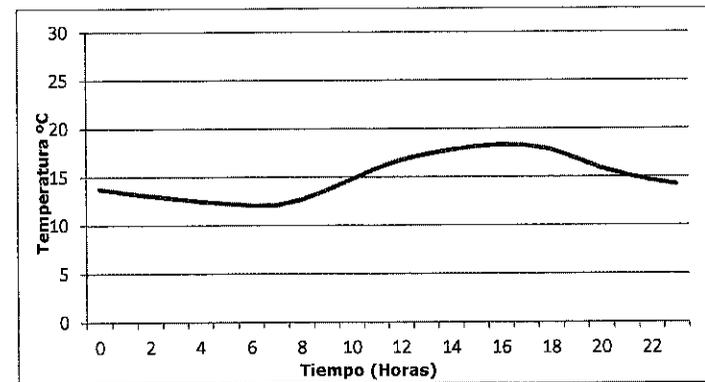


Figura 1.7: Distribución del ciclo horario completo, Temperatura (°C) año 2013



• **Humedad relativa**

En la Figura 1.8 se tiene el ciclo diario para la variable humedad relativa, donde se observan valores mayores para el periodo nocturno, entre las 21:00 y 7:00 horas, con valores de humedad que varían entre los 81% y 91%. Para el periodo diurno, en cambio se observa un decrecimiento en el porcentaje de humedad que fluctúa entre 87 % a un 70 % aproximadamente. En la Tabla I.8 se muestra el perfil horario mensual, donde los valores más altos de humedad se presentan en el periodo nocturno, donde en gran parte del año se observan porcentajes altos de humedad (de un 84% a 95%) y en mayor medida para los meses entre Abril y Julio. En cuanto al periodo diurno, este contempla porcentajes bajos en el año (con valores que están entre los 64% y 81 %), específicamente en los meses de verano.

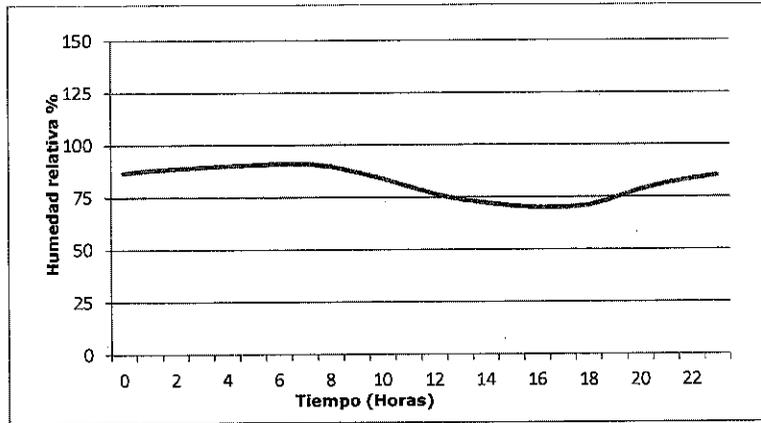


Figura 1.8: Distribución del ciclo diario completo, humedad relativa (%) año 2013



Tabla I.8: Perfil mensual-horario de humedad relativa, estación Concón

meses	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Enero	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
Febrero	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
Marzo	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
Abril	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
Mayo	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
Junio	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
Julio	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
Agosto	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
Septiembre	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
Octubre	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
Noviembre	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
Diciembre	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4

• **Radiación**

En la Figura 1.9 se observa el comportamiento de la radiación para el ciclo diario completo, donde los valores más altos para esta variable se encuentra en el periodo diurno (8:00 a 20:00 horas) con cifras promedio que fluctúan entre 0.3 a 680 w/m², para el periodo nocturno no se registran valores representativos puesto que no hay radiación solar (valor promedio 0 w/m²). En la Tabla I.9 se observa la presencia de radiación solar, solamente para el periodo diurno, en los meses de noviembre a marzo correspondiente a la estación de primavera-verano se registran valores más altos (estos oscilan entre los 400 y 950 w/m², como radiación promedio). En el caso del periodo nocturno no hay registro del comportamiento de esta variable.

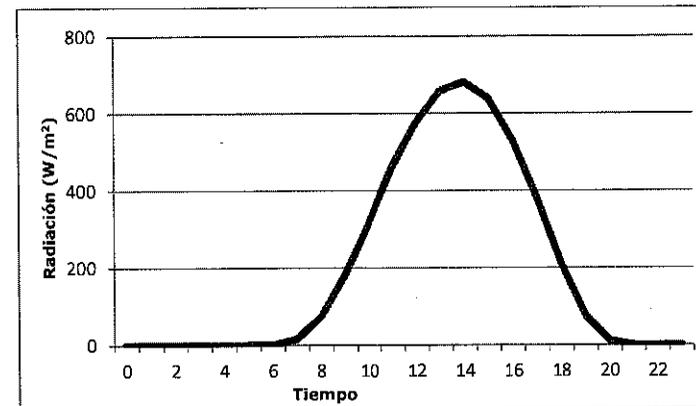


Figura 1.9: Distribución del ciclo horario completo, Radiación (w/m²) año 2013

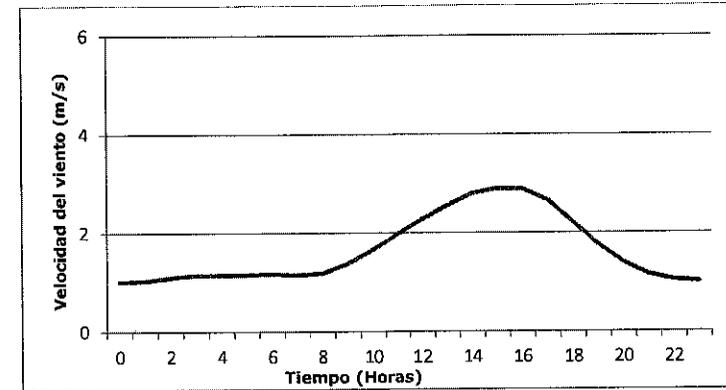
Tabla I.9: Perfil mensual-horario de radiación solar, estación Concón

w/m ²	Horas																							
Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Enero								26	27	29	31								26	207	42			
Febrero								14	25	26	25									105	173	22		
Marzo									62	19	15								72	21	76			
Abril									26	37	28								23	280	119	5		
Mayo									81	157	211	202	158	107	202	203	174	46						
Junio									46	154	222	322	382	391	340	255	133	28						
Julio									55	117	193	229	219	186	160	128	73	51						
Agosto									13	114	220	391	522	522	401	297	252	104	15					
Septiembre									53	189	335	422	422	322	237	172	208	165	10					
Octubre									20	116	252	383	482	482	350	208	159	10						
Noviembre									79	234	378	505	552	482	342	207	129	10						
Diciembre									52	155	278	396	438	322	201	118	63	180	34					

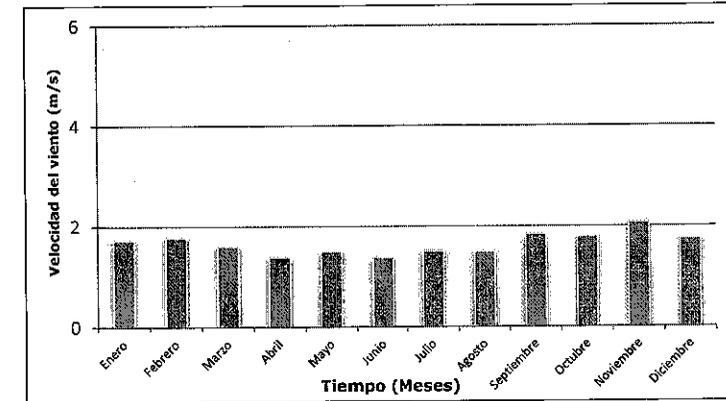
1.1.2 Estación Junta Vecinos

• Velocidad del Viento

En las Figuras 1.10 (a) y (b) se observa el comportamiento de la velocidad del viento para el ciclo diario y mensual, en el periodo diario se destaca un aumento considerable de la velocidad del viento para el periodo diurno (donde se registra un promedio anual de 3.0 m/s), para el periodo nocturno, en cambio hay una disminución de velocidad promedio (se registra un promedio de 2.3 m/s). Para la velocidad de viento en el ciclo mensual, se registran valores altos para el mes de noviembre (con velocidad promedio de 2.0 m/s) y valores bajos para el mes de junio (con un promedio de 1.4 m/s).



(a)



(b)

Figura 1.10: Comparación de la distribución del ciclo diario (a) y mensual (b) de la Velocidad del viento año 2013.

Dirección del Viento

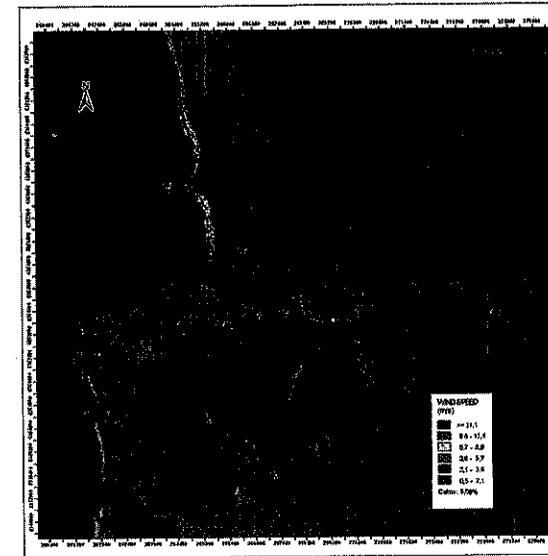
La Tabla I.10 establece la variabilidad de direcciones que presenta el registro de datos obtenidos por la estación, estos están representados por frecuencias (establecidos a través de porcentajes, basados en las direcciones presentes en cada hora), se destaca una amplia presencia la dirección de rumbo SSE, SE y ESE para el periodo nocturno (21:00 a 7:00 horas). En cuanto al periodo diurno, se destaca el rumbo NNW y NW presentando un mayor registro entre las 9:00 y 17:00 horas.

En la Figura 1.11 se representa gráficamente, mediante las rosas de vientos, el comportamiento de la dirección de los vientos registrados en la estación Junta de Vecinos, se corrobora lo estipulado en la tabla de frecuencias donde las direcciones que predominan para los periodos diurnos y nocturnos son: NW y SSE.

Tabla I.10: Frecuencia según dirección del viento (Rumbos), Estación Junta de Vecinos

D. Viento (Rumbos)	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ESE																								
E																								
ESE																								
N																								
NE																								
NNE																								
NNW																								
NW																								
S																								
SE																								
SSE																								
SSW																								
SW																								
W																								
WNW																								
NNW																								

Rosa de Vientos, Ciclo Diario completo, estación Junta Vecinos 2013





1.1.3 Estación Las Gaviotas

• Velocidad del Viento

En la Figura 1.12 es posible observar el comportamiento de la velocidad del viento presente en ciclos horarios completos y mensual, para el ciclo diario se tienen mayores valores para horarios pertenecientes al periodo diurno, donde el promedio de velocidad es de 2.4 m/s, para los periodos nocturnos la velocidad disminuye y presenta un promedio de 1.4 m/s. En cuanto a la velocidad presente en los meses del año se tienen valores promedios que varían desde un 1.9 a 2.3 m/s.

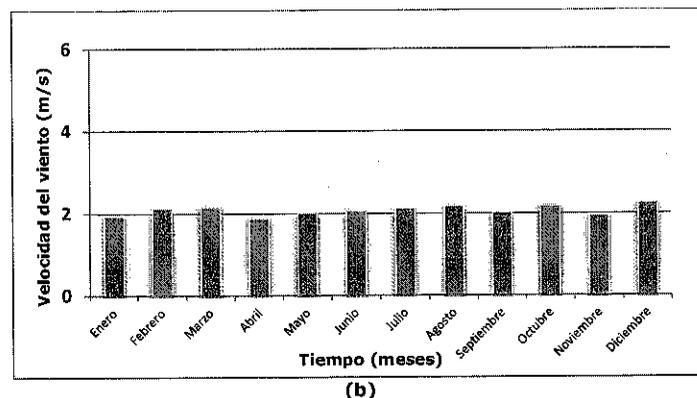
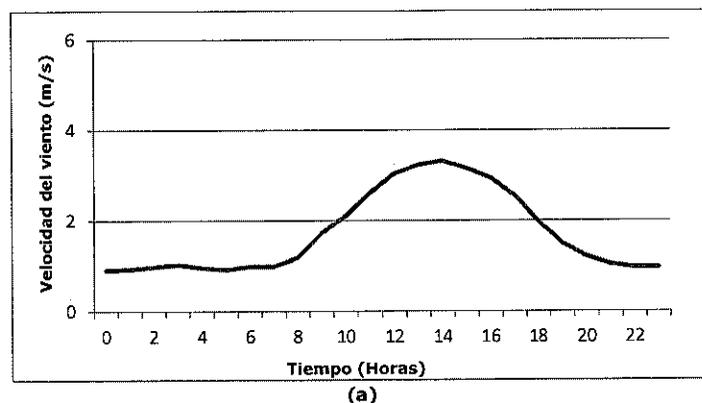


Figura 1.12: Comparación de la distribución del ciclo diario (a) y mensual (b) de la Velocidad del viento año 2013

• Dirección del Viento

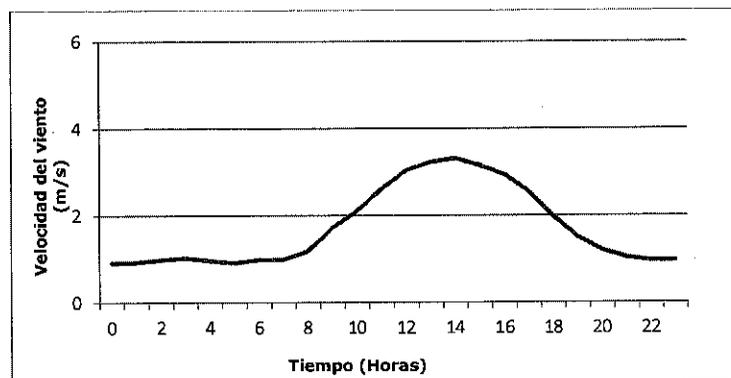
En la Tabla I.11 se observan las direcciones del viento para el ciclo horario, estos están determinados en base a frecuencias (porcentajes que fueron determinados, tomando en consideración cada ciclo horario para los meses del año). Destacan las direcciones en rumbo W y WNW para el periodo diurno, específicamente entre las 10:00 y 20:00 horas. En cuanto al periodo nocturno, estas destacan en la dirección de rumbo ENE y E, entre las 00:00 y 7:00 horas. Para ambos periodos (diurno y nocturno), hay presencia de vientos en dirección NNW y NW, los cuales presenta un comportamiento similar a lo largo del ciclo completo. En la Figura 1.13 es posible observar de manera gráfica, a través de rosas de vientos, las direcciones que presenta el viento en cada ciclo estudiado.

Tabla I.11: Frecuencia según dirección del viento (Rumbos), Estación Las Gaviotas

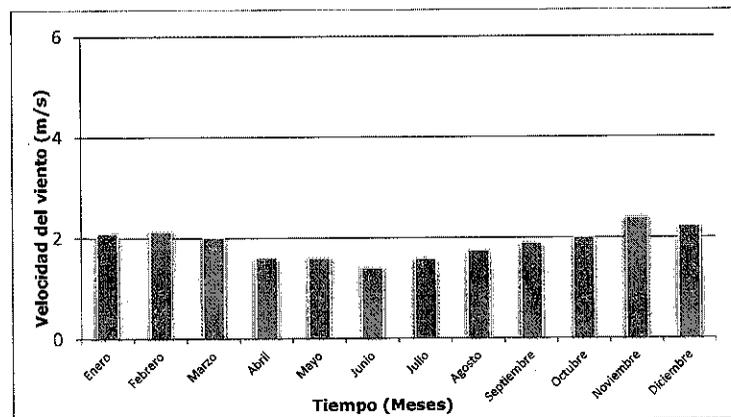
Dirección (Rumbos)	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ENE																								
E																								
ESE																								
N																								
NE																								
NNE																								
NNW																								
NW																								
S																								
SE																								
SSE																								
SSW																								
SW																								
W																								
WNW																								
WSW																								

Rosa de Vientos, Ciclo Diario completo, estación Las Gaviotas 2013





(a)



(b)

Figura 1.14: Comparación de la distribución del ciclo diario (a) y mensual (b) de la Velocidad del viento año 2013

• **Dirección del Viento**

Para esta variable a analizar se tienen solo las direcciones expresadas en Rumbo, por lo que se describirá el comportamiento de esta variable en base a frecuencias porcentuales de cada dirección (expresada en rumbo) para el ciclo horario.

Tabla I.13: Frecuencia según dirección del viento (Rumbos), Estación La Greda.

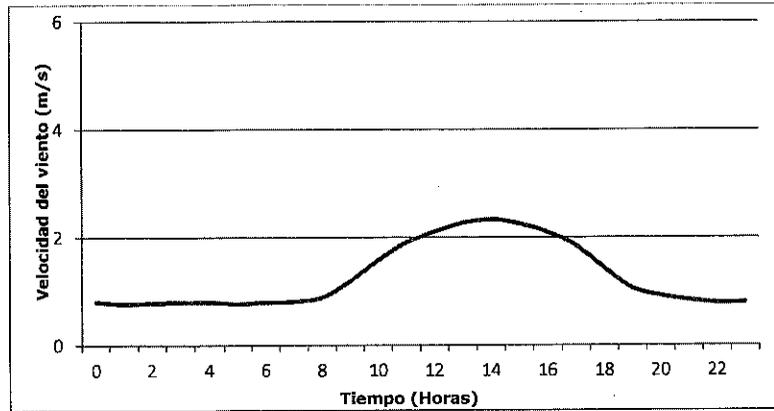
D. Viento (Rumbos)	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
ENE																								
E																								
ESE																								
N																								
NE																								
NNE																								
NNW																								
NW																								
S																								
SE																								
SSE																								
SSW																								
SW																								
W																								
WNW																								
WSW																								

De la Tabla I.13 es posible afirmar las direcciones presentes en los periodos diurnos y nocturnos, para el periodo diurno se presentan direcciones de rumbo W, SW, WNW y WSW (entre las 9:00 y 18:00 horas). El periodo nocturno está determinado por direcciones de rumbo ENE, E, ESE y NE (entre las 21:00 y 7:00 horas).

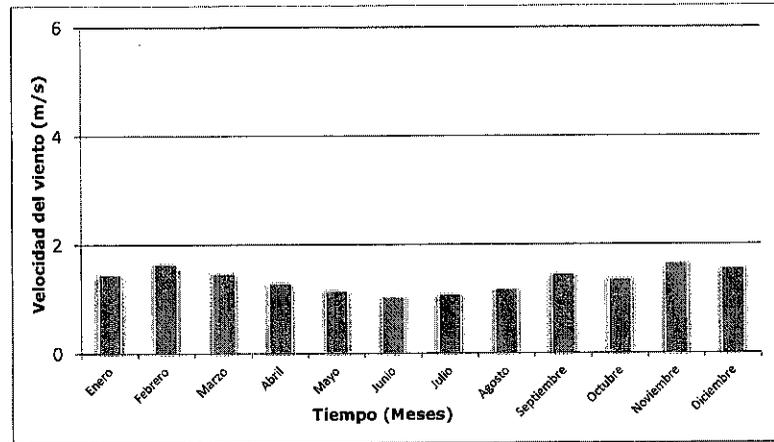
1.2.2 Estación Los Maitenes

• **Velocidad del Viento**

En las Figuras 1.15 (a) y (b) se observa el comportamiento de la variable velocidad de viento, para ciclos completo horario y mensual. Para el ciclo horario se destacan mayores velocidades en el periodo diurno (entre 8:00 y 20:00 horas), con velocidades que varían de 0.9 a 2.3 m/s. Caso contrario sucede para el periodo nocturno (7:00 a 21:00 horas), donde se observan velocidades bajas que fluctúan entre los 0.7 y 0.8 m/s. Para el ciclo mensual se observan valores altos entre los meses de noviembre a marzo (periodo estacional primavera - verano), con velocidades que varían de 1.4 a 1.7 m/s. Para el periodo mensual entre abril y agosto se observan velocidades levemente más bajas, las cuales fluctúan entre 1.0 a 1.3 m/s aproximadamente.



(a)



(b)

Figura 1.15: Comparación de la distribución del ciclo diario (a) y mensual (b) de la Velocidad del viento año 2013.



• Dirección del Viento

Para analizar esta variable se observara el comportamiento de las direcciones, mediante la Tabla I.14, la cual establece el patrón de las direcciones del viento para el ciclo horario completo, determinado por las direcciones de estos en rumbos (tabla de frecuencias porcentuales en base al comportamiento de las direcciones respecto a su ciclo horario). Para el periodo diurno, se muestra una dirección predominante de rumbo W, WNW, entre las 8:00 y 18:00 horas. En el periodo nocturno se observa que la dirección de rumbo ENE, E y ESE predominan dentro de las 21:00 y las 7:00 horas.

Tabla I.14: Frecuencia según dirección del viento (Rumbos), Estación La Greda.

Dir. Viento (Rumbo)	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1.2.3 Estación Principal

En la Tabla I.15 se resumen aspectos generales, respecto al comportamiento de las variables meteorológicas medidas por esta estación en el año 2013.

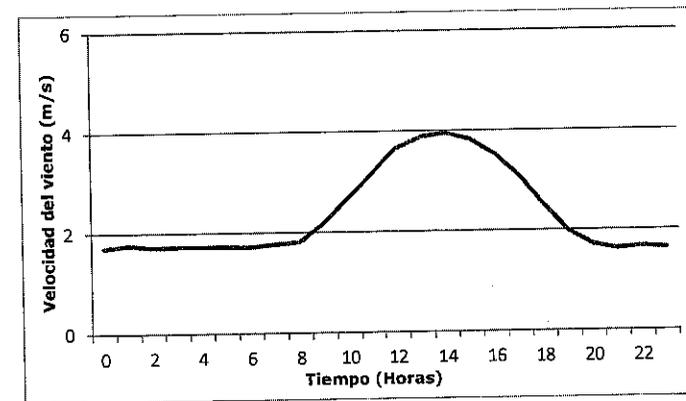
Tabla I.15: Variables meteorológicas, Estación Principal.

Variable	Promedio	Mínimo	Máximo	% Datos Válidos
Velocidad del viento (m/s)	Promedio	2,4		
	Mínimo	0,4		
	Máximo	9,5		
	% Datos Válidos	96,0		
Temperatura (°C)	Promedio	12,2		
	Mínimo	-1,1		
	Máximo	25,5		
	% Datos Válidos	98,2		
Humedad Relativa (%)	Promedio	83,1		
	Mínimo	44,9		
	Máximo	95,6		
	% Datos Válidos	99,4		
Radiación Solar (Watt/m ²)	Promedio	183,4		
	Mínimo	0,0		
	Máximo	1098,1		
	% Datos Válidos	99,9		
Presión atmosférica (mbar)	Promedio	1011,3		
	Mínimo	1002,0		
	Máximo	1023,7		
	% Datos Válidos	99,9		
Precipitaciones (mm)	Promedio	0,0		
	Mínimo	0,0		
	Máximo	8,9		
	% Datos Válidos	99,9		

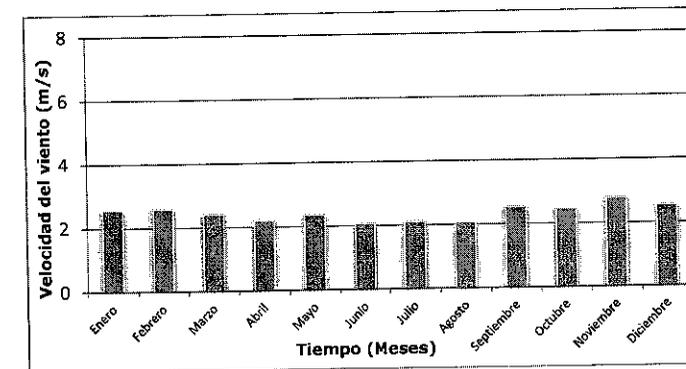
Velocidad del Viento

En la Figura 1.16 se presenta el comportamiento del ciclo horario completo y el ciclo mensual. Para el ciclo horario se destacan mayores velocidades en los periodos diurnos (entre 8:00 y 20:00 horas), con velocidades que varían de 1.7 a 3.9 m/s. Caso contrario sucede para el periodo nocturno (7:00 a 21:00 horas), en el cual se observan velocidades bajas que fluctúan entre los 1.6 y 1.8 m/s.

Para el ciclo mensual se observan valores altos entre los meses de noviembre a marzo (periodo estacional primavera - verano), con velocidades que varían de 2.5 a 2.8 m/s. Para el periodo mensual entre abril y agosto se observan velocidades levemente más bajas, las cuales fluctúan entre 2.1 a 2.4 m/s aproximadamente.



(a)



(b)



Figura 1.16: Comparación de la distribución del ciclo diario (a) y mensual (b) de la Velocidad del viento año 2013

• **Dirección del Viento**

Para analizar esta variable se observa el comportamiento de las direcciones, mediante la Tabla I.16, la cual establece el patrón de las direcciones del viento para el ciclo horario completo, determinado por las direcciones de estos en rumbos (tabla de frecuencias porcentuales en base al comportamiento de las direcciones respecto a su ciclo horario). Para el periodo diurno, se observan direcciones de rumbo SW, W, WNW y WSW predominantes entre las 9:00 y 18:00 horas. En el periodo nocturno se observa que la dirección de rumbo E predomina dentro de las 21:00 y las 7:00 horas.

Tabla I.16: Frecuencia según dirección del viento (Rumbos), Estación Principal

Dirección (Rumbos)	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
EHE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ESE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NNE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NHW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SSE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SSW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WNW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WSW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

• **Temperatura**

En la Figura 1.17 se observan temperaturas más altas en el periodo diurno, las cuales fluctúan entre los 11 y 15 °C. Por otra parte, hay una disminución de la temperatura para periodos nocturnos, donde la temperatura varía de 9.5 a 12.0 °C. En la Figura 1.18 se afirma la presencia de temperaturas altas entre los meses de noviembre a marzo 8 periodos estacionales de primavera y verano), promediando entre 12.5 a 16 °C. Para los meses que comprenden el periodo de mayo a septiembre (ciclos estacionales de otoño e invierno), se observan bajas temperaturas promedio, las cuales fluctúan entre los 9.3 y 11°C.

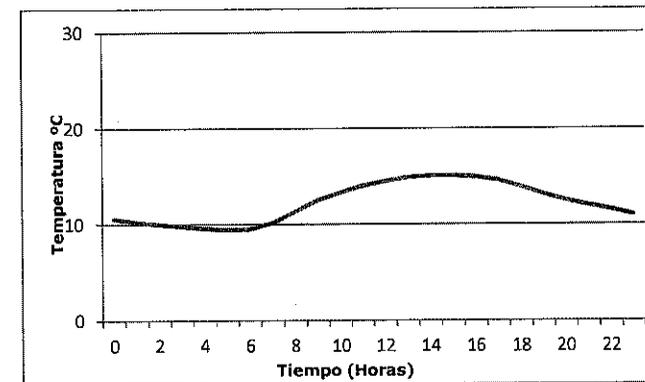


Figura 1.17: Distribución del ciclo horario completo, Temperatura (°C) año 2013

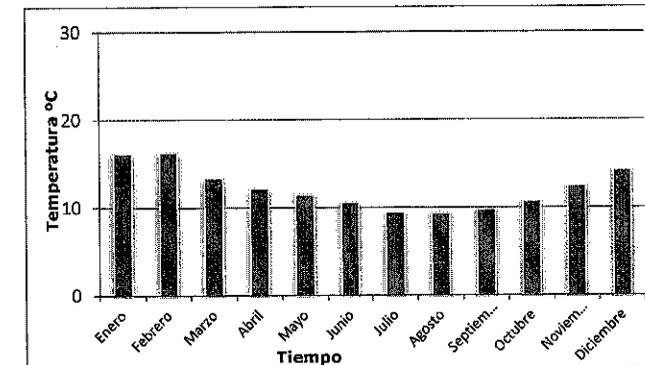


Figura 1.18: Distribución del ciclo mensual completo, Temperatura (°C) año 2013

• Humedad Relativa

En la Figura 1.19 se muestra el ciclo horario completo para la humedad relativa, donde se afirma la alta presencia de humedad relativa en el periodo nocturno, con valores cercanos a los 90% de humedad. Para el periodo diurno, en cambio, presentan valores bajos de humedad cercanos al 75%. La Figura 1.20 muestra el ciclo mensual, donde la humedad relativa presenta valores mayores en los periodos estacionales de otoño e invierno, destacando el mes de junio con valores cercanos a los 88%. Los valores de humedad más bajos se presentan en el mes de septiembre, promediando aproximadamente un 80% de humedad relativa.

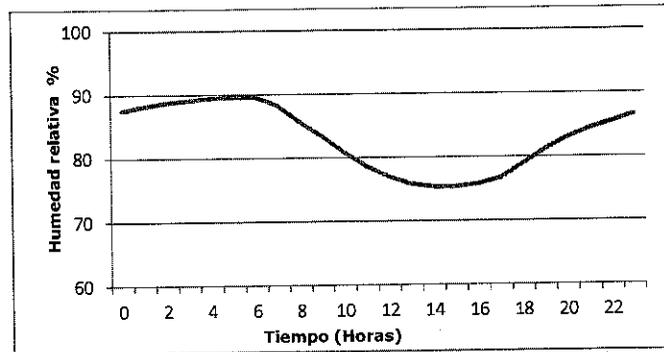


Figura 1.19: Distribución del ciclo horario completo, Presión atmosférica

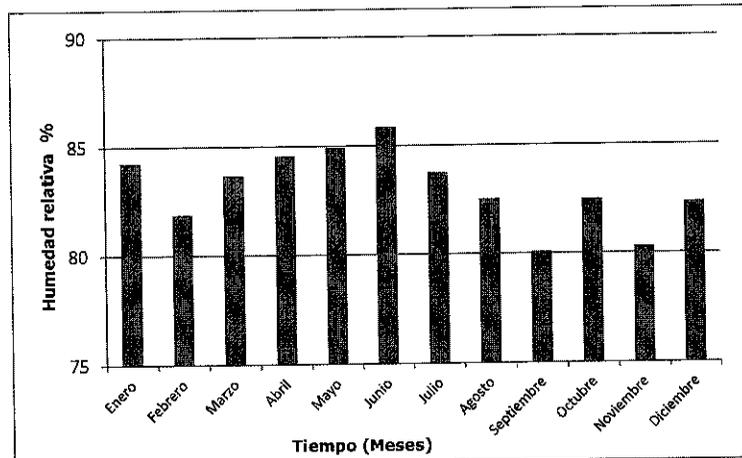


Figura 1.20: Distribución del ciclo mensual, Humedad relativa
Tabla I.17: Humedad relativa (%) ciclo mensual horario, Estación Principal

%	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Enero	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
Febrero	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
Marzo	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
Abril	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
Mayo	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
Junio	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
Julio	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
Agosto	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
Septiembre	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
Octubre	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
Noviembre	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
Diciembre	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3

De la Tabla I.17 se destaca la alta presencia de humedad relativa entre las 23:00 y 7:00 horas, para todo el transcurso del año (de enero a diciembre), donde el valor de humedad más alto es de un 90.4 %.

• Radiación solar

El comportamiento de esta variable meteorológica está determinado y presente en el periodo diurno (ver Figura 1.21), el cual contempla un horario que comienza desde las 8:00 hasta las 20:00 horas, dentro de este ciclo se presentan valores altos de radiación que sobrepasan a los 600 w/m². Para el periodo nocturno, no se registran valores.

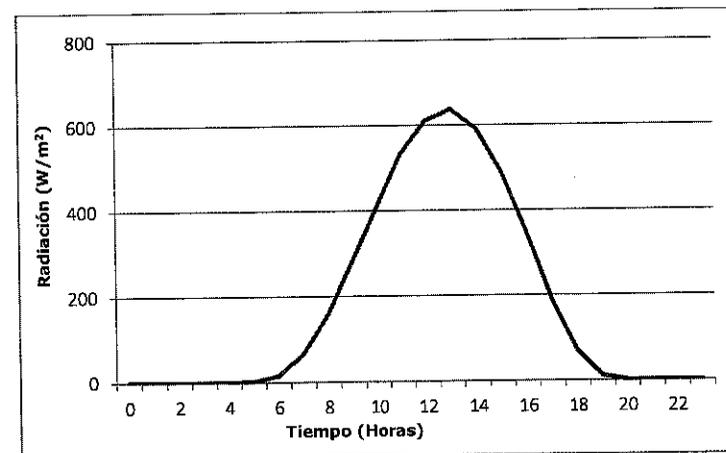


Figura 1.21: Distribución del ciclo horario completo, Radiación solar

En la Figura 1.22 se afirma la presencia de valores altos de radiación solar para los ciclos estacionales de primavera y verano, comenzando en el mes de septiembre y terminando en febrero, donde los valores de radiación sobrepasan los 250w/m². Para los meses restantes (entre abril y septiembre) se presenta una disminución en la radiación, teniendo valores cercanos a los 80 w/m² (mes de Junio).

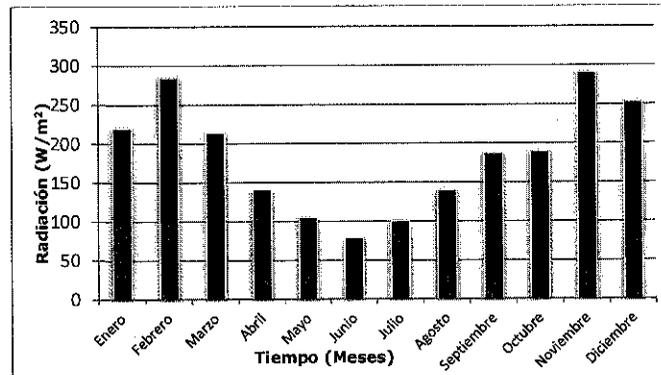


Figura 1.22: Distribución del ciclo mensual, Radiación solar

• Presión Atmosférica

En la Figura 1.23 se observa el comportamiento de la presión dentro del ciclo horario completo, si bien las variaciones presentes de presión no son significativas (presentan una diferencia de 1 a 2 mbar, para los periodos diurnos y nocturnos), valores mayores se presentan entre las 8:00 y 14:00 horas, y para las 20:00 a 00:00 horas. La Figura 1.24 el ciclo mensual se tiene que para los meses que están entre mayo y septiembre, presentan mayores presiones atmosféricas, con valores que van desde los 1012 a los 1014 mbar. Para los meses que están entre octubre y febrero, se observa un decrecimiento para los valores de presión con valores que varían desde los 1012 a los 1009 mbar.

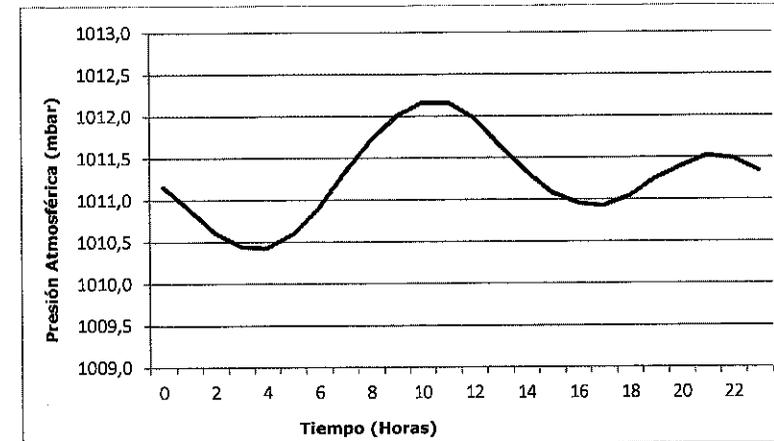


Figura 1.23: Distribución del ciclo horario completo, Presión atmosférica

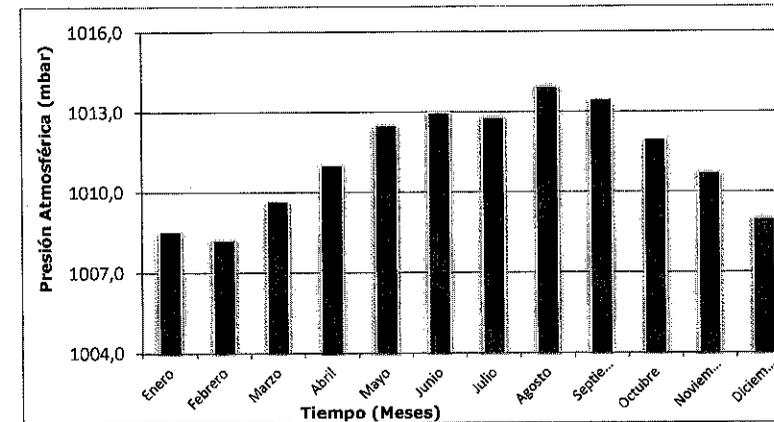
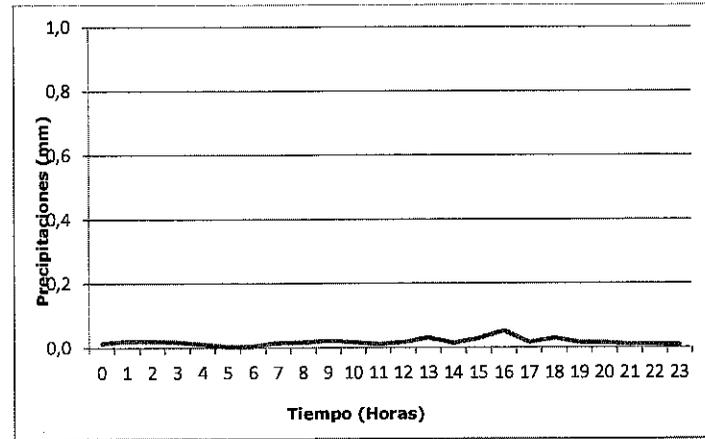


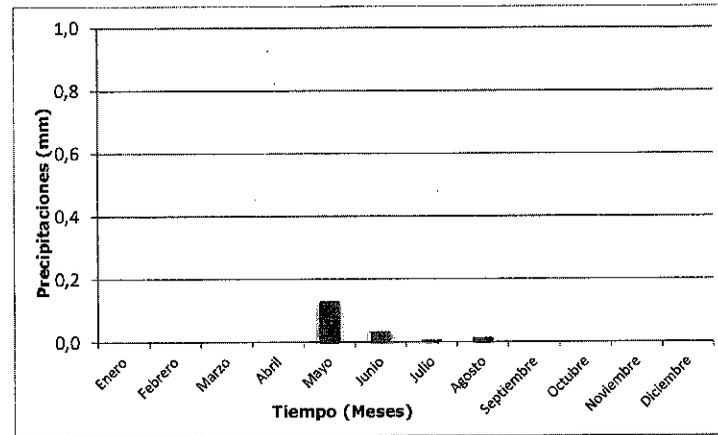
Figura 1.24: Distribución del ciclo mensual, Presión atmosférica

• Precipitaciones

Esta variable de carácter meteorológico no presenta variaciones considerables (ver Figura 1.25), puesto que no se registran valores altos para precipitaciones, estos no superan los 0.2 mm de agua caída, tanto para el ciclo horario completo, como para el mensual.



(a)



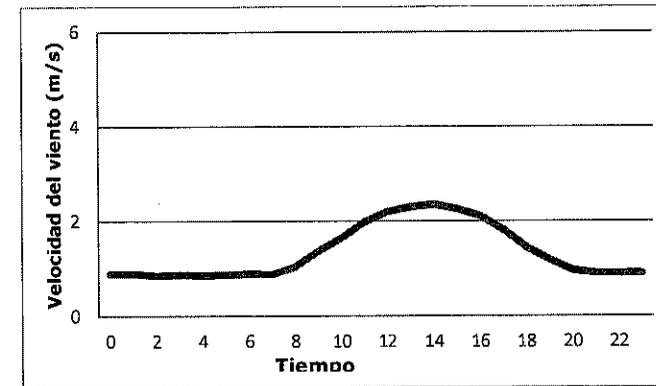
(b)

Figura 1.25: Distribución del ciclo horario completo (a) y mensual (b), Precipitación

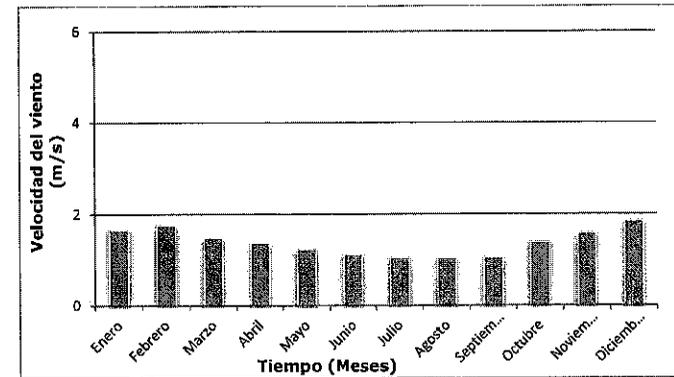
1.2.4 Estación Puchuncaví

• Velocidad del Viento

En la Figura 1.26 (a) y (b) se observa el comportamiento de la variable velocidad de viento, para ciclo completo horario y mensual. Para el ciclo horario se destacan mayores velocidades en el periodo diurno (entre 8:00 y 20:00 horas), con velocidades que varían de 1.0 a 2.3 m/s. Caso contrario sucede para el periodo nocturno (7:00 a 21:00 horas), donde se observan velocidades bajas que fluctúan entre los 0.8 y 0.8 m/s. Para el ciclo mensual se observan valores altos entre los meses de noviembre a marzo (periodo estacional primavera - verano), con velocidades que varían de 1.5 a 1.9 m/s. Para el periodo mensual entre abril y agosto se observan velocidades levemente más bajas, estas fluctúan entre 1.0 a 1.4 m/s aproximadamente.



(a)



(b)



Figura 1.26: Comparación de la distribución del ciclo diario (a) y mensual (b) de la Velocidad del viento año 2013

• **Dirección del Viento**

En la Tabla I.8 se observa el comportamiento de las direcciones, donde se establece el patrón de las direcciones del viento para el ciclo horario completo, determinado por las direcciones de estos en rumbos (tabla de frecuencias porcentuales en base al comportamiento de las direcciones respecto a su ciclo horario). Para el periodo diurno, se muestran direcciones de rumbo W, WNW y WSW que predominan entre las 9:00 y 18:00 horas. En el periodo nocturno se observa que la dirección de rumbo NE y NNE predominan dentro de las 21:00 y las 7:00 horas.

Tabla I.18: Frecuencia según dirección del viento (Rumbos), Estación Puchuncaví

D. Viento (Rumbos)	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ENE	4	4	4	5	8	5	8	8	9	1														1
E	3	1	2	1	2	4	3	3	5	4														2
ESE	1	1	3	1	1	1	1	1	5															
N	1	1	2	2	3	3	3	1	5													3	2	4
NE	2	2	3	2	2	2	2	2	5	4												3	5	2
NNE									1	1	2													
NNW																								
NW	2	4	2	3	5	2	4	5	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	4	10	10	9	4	2
S	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	2												
SE	1	2		2	2	1	1	2	3	3	2													
SSE									2	3	1													
SSW	2	5	1	2	1	2	2	1	1	3	7	4	4	1	1	3	1	2	5	4	5	3	2	
SW	2	3	2	2	2	3	6	10	11	9	13	14	14	20	21	18	15	16	13	15	14	13	4	
W	5	8	10	7	11	11	16	15	17	18	22	23	19	21	19	15	16	15	18	8	6	4	3	2
WNW	3	4	6	4	5	4	3	5	11	16	22	23	20	21	19	15	16	15	18	8	6	4	3	2
WSW	3	3	3	3	2	2	4	6	18	15	17	15	19	15	20	15	22	20	10	4	5	3	4	

1.2.5 Estación Ventanas

• **Velocidad del Viento**

En la Figura 1.27 se observa el comportamiento de la variable velocidad de viento. Para el ciclo horario se destacan mayores velocidades en los periodos diurnos (entre 8:00 y 20:00 horas), con velocidades que varían de 1.6 a 3.7 m/s. Caso contrario sucede para el periodo nocturno (7:00 a 21:00 horas), donde se observan velocidades bajas que fluctúan entre los 1.0 y 1.5 m/s. En la Figura 1.28 se presenta el ciclo mensual de la velocidad de viento, observándose valores altos entre los meses de septiembre a diciembre (periodo estacional primavera - verano), con velocidades que varían de 2.3 a 2.7 m/s.

Entre los meses de mayo y agosto se observan velocidades levemente más bajas, las cuales fluctúan entre 1.7 a 1.9 m/s aproximadamente. Cabe mencionar, que no se registran datos para los meses de enero a abril, debido a que la estación no se encontraba operativa.

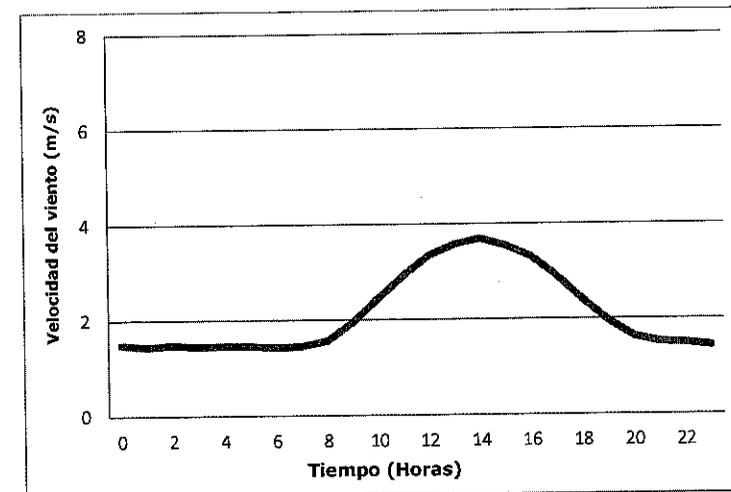


Figura 1.27: Comparación de la distribución del ciclo diario completo de la Velocidad del viento año 2013

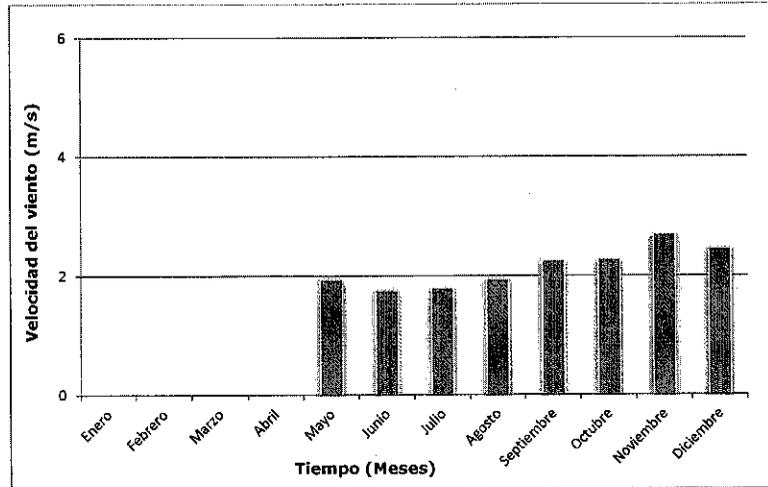


Figura 1.28: Comparación de la distribución del ciclo mensual de la Velocidad del viento año 2013



• Dirección del Viento

La Tabla I.19, establece el patrón de las direcciones del viento para el ciclo horario completo, determinado por las direcciones de estos en rumbos (tabla de frecuencias porcentuales en base al comportamiento de las direcciones respecto a su ciclo horario). Para el periodo diurno, se aprecia que las direcciones de rumbo SW y WSW predominan entre las 9:00 y 20:00 horas. En el periodo nocturno se observa que la dirección de rumbo NE y ENE predominan dentro de las 21:00 y las 7:00 horas.

Tabla I.19: Frecuencia según dirección del viento (Rumbos), Estación Ventanas

D. Viento (Rumbos)	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ENE	23	21	22	18	23	30	25	25	17	18	5	8	1	2	2	1	2	4	6	9	9	14	14	
E	9	10	12	14	17	13	16	16	15	7	2	1	2	2	2	2	2	2	6	5	6	9	8	
ESE	4	4	5	7	5	4	5	7	6	5	1	1	1	1	1	1	1	1	3	5	2	4	4	
N	2	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	3	3	
NE	16	20	18	21	19	17	17	14	10	5	4	2	1	1	1	1	1	6	10	12	15	16	19	
NNE	7	8	7	5	4	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	3	7	9	5	7	
NNW	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
NW	4	5	4	4	5	3	3	2	4	3	2	3	3	1	1	1	4	4	5	3	3	7	6	5
S	8	4	3	3	3	4	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	6	4	4	4	
SE	2	6	4	3	3	4	4	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	
SSE	5	3	4	5	3	4	4	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
SSW	6	4	3	4	2	4	3	6	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
SW	6	7	3	5	3	4	3	5	6	7	8	13	13	21	25	23	14	10	23	16	10	9	4	
W	4	3	4	1	3	4	3	8	10	12	15	15	13	11	14	14	11	9	7	5	5	3	3	
WNW	4	3	3	2	2	3	4	6	7	5	10	9	9	11	6	9	8	5	6	4	7	6	7	
WSW	2	2	2	3	3	4	2	6	7	5	6	6	6	7	7	12	14	12	10	9	5	6	5	



1.3 COMUNA QUINTERO

En esta comuna se encuentran 3 estaciones de monitoreo, las cuales serán analizadas estadísticamente, mediante gráficos, con el propósito de estudiar la variabilidad de la meteorología de la zona. La Tabla I.20 muestra estas estaciones con un resumen de la variable velocidad del viento en las 3 estaciones analizadas.

Tabla I.20: Comparación estadística de variable meteorológica velocidad del viento, estaciones comuna Quintero

Variable	Parámetro	Estación de Monitoreo		
		Quintero	Sub.	Valle Aconcagua
Velocidad del viento (m/s)	Promedio	2.4	2.2	1.2
	Mínimo	0.4	0.4	0.4
	Máximo	11.0	11.5	5.1
	% Datos Válidos	93.7	90.3	51.6

1.3.1 Estación Quintero

- **Velocidad del Viento**

En las Figura 1.29 y Figura 1.30 se observa el comportamiento de la variable velocidad de viento. Para el ciclo horario se destacan mayores velocidades en el periodo diurno (entre 10:00 y 20:00 horas), con velocidades que varían de 2.2 a 3.7 m/s. Caso contrario sucede para el periodo nocturno (7:00 a 21:00 horas), donde se observan velocidades bajas que fluctúan entre los 1.5 y 2.0 m/s. Para el ciclo mensual se observan valores altos en los meses de septiembre, noviembre y enero, con velocidades que varían de 2.6 a 2.8 m/s. Para los meses restantes, se tienen velocidades de 2.0 a 2.3 m/s.

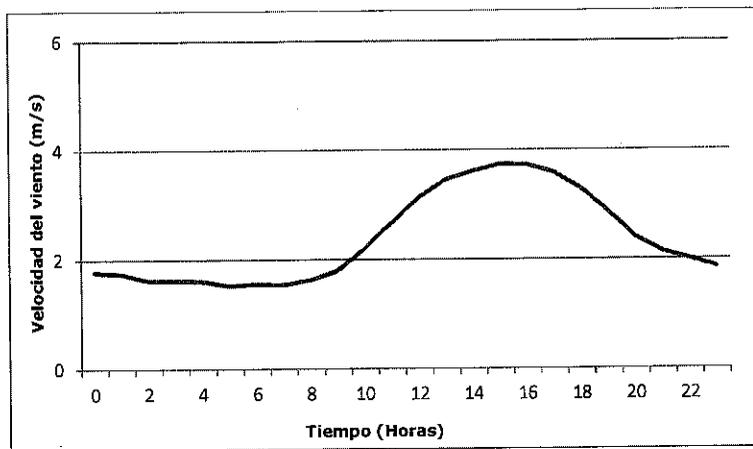


Figura 1.29: Comparación de la distribución del ciclo horario completo de la Velocidad del viento año 2013

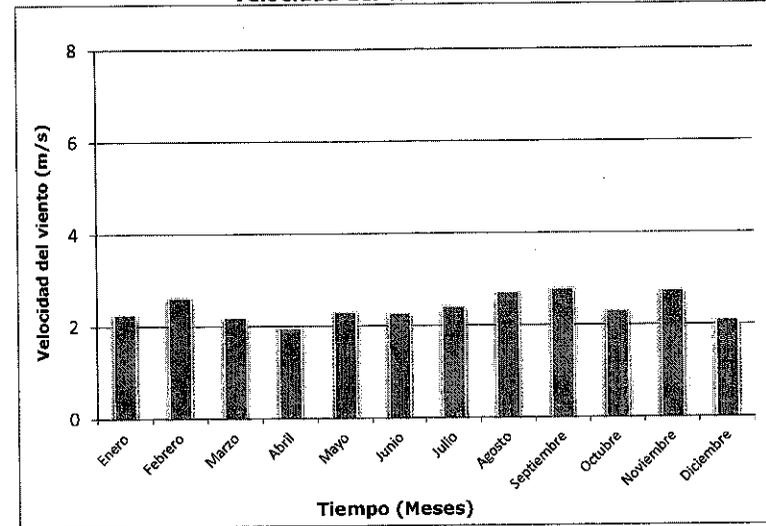


Figura 1.30: Comparación de la distribución del ciclo mensual de la Velocidad del viento año 2013

- **Dirección del Viento**

En la Tabla I.21 se establece el patrón de las direcciones del viento para el ciclo horario completo, determinado por las direcciones de estos en rumbos (tabla de frecuencias porcentuales en base al comportamiento de las direcciones respecto a su ciclo horario). Para el periodo diurno, se observa que la dirección de rumbo SSW y SW predominan entre las 9:00 y 20:00 horas. En el periodo nocturno se observa que la dirección de rumbo NE, ENE y SSW predominan dentro de las 21:00 y las 7:00 horas.



Tabla I.21: Frecuencia según dirección del viento (Rumbos), Estación Quintero

D. Viento (Rumbos)	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ENE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
E	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ESE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
NE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
NNE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
NNW	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
NW	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
S	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SSE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SSW	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SW	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
W	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
WNW	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
WSW	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

1.3.2 Estación Sur

• Velocidad del Viento

En las Figuras 1.31 y 1.32 se observa el comportamiento de la variable velocidad de viento para el ciclo horario y mensual. Para el ciclo horario se destacan mayores velocidades en el periodo diurno (entre 8:00 y 20:00 horas), con velocidades que varían de 1.3 a 4.1 m/s. Caso contrario sucede para el periodo nocturno (7:00 a 21:00 horas), donde se observan velocidades bajas que fluctúan entre los 1.2 y 1.3 m/s. Para el ciclo mensual no se observa una gran diferencia para los valores de velocidad de vientos, estos se encuentran entre 1.9 y 2.8 m/s, donde el mes de Noviembre es el que presenta un mayor valor promedio de velocidad de vientos.

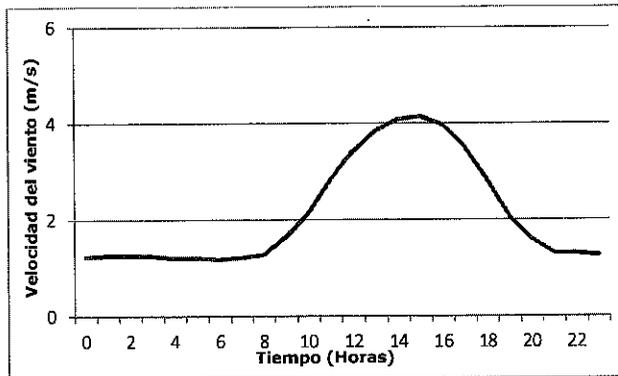


Figura 1.31: Comparación de la distribución del ciclo horario completo de la Velocidad del viento año 2013

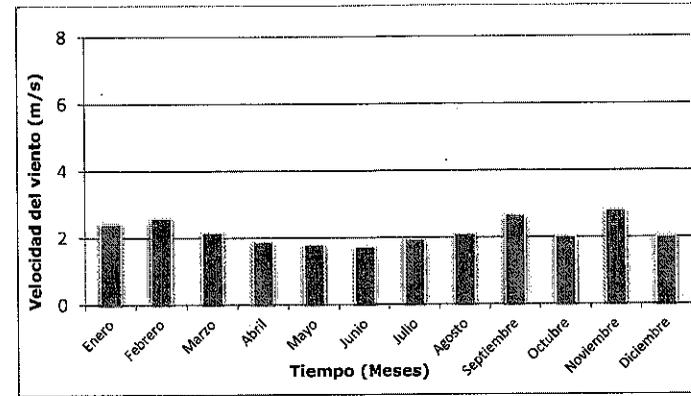


Figura 1.32: Comparación de la distribución del ciclo mensual de la Velocidad del viento año 2013

• Dirección del Viento

La Tabla I.22 muestra el ciclo horario completo para la dirección de viento, dentro del periodo diurno se observan direcciones predominantes de rumbos SW, W, WNW y WSW entre las 9:00 y 18:00 horas, en cuanto al periodo nocturno se observa que la dirección de rumbo NE, ENE y ESE predominan dentro de las 21:00 y las 7:00 horas.

Tabla I.22: Frecuencia según dirección del viento (Rumbos), Estación Sur

D. Viento (Rumbos)	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ENE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
E	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ESE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
NE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
NNE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
NNW	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
NW	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
S	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SSE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SSW	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SW	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
W	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
WNW	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
WSW	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4



1.3.3 Estación Valle Alegre

• Velocidad del Viento

En las Figuras 1.33 y 1.34 se observa el comportamiento de la velocidad del viento para el ciclo diario y mensual. En el ciclo diario se destaca un aumento en la velocidad del viento para el periodo diurno (donde se registra un promedio anual de 1.3 m/s). Para el periodo nocturno, en cambio hay una disminución de velocidad promedio (se registra un promedio de 0.6 m/s). Para el ciclo mensual no se observa una gran diferencia para los valores de velocidad de vientos, variando entre 0.9 y 1.6 m/s, siendo el mes de Noviembre el que presenta un mayor valor promedio de velocidad de vientos (1.6 m/s).

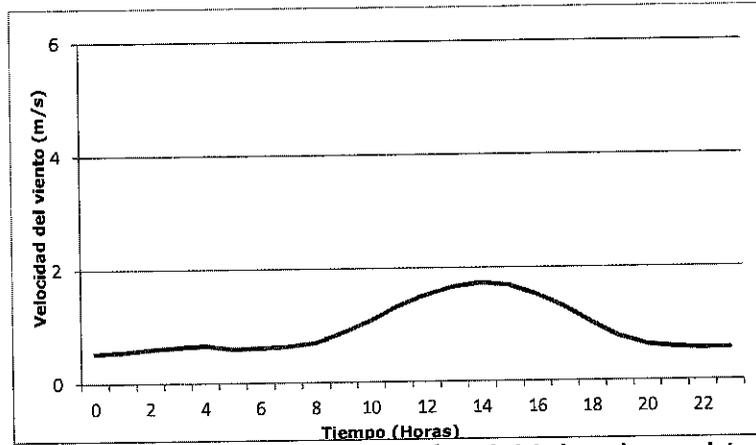


Figura 1.33: Comparación de la distribución del ciclo horario completo de la Velocidad del viento año 2013

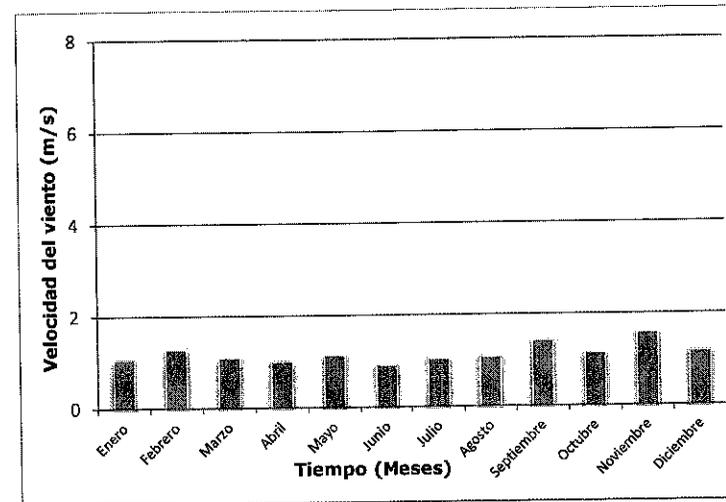


Figura 1.34: Comparación de la distribución del ciclo mensual de la Velocidad del viento año 2013



• **Dirección del Viento**

En la Tabla I.23 se establece el patrón de las direcciones del viento para el ciclo horario completo, determinado por las direcciones de estos en rumbos (tabla de frecuencias porcentuales en base al comportamiento de las direcciones respecto a su ciclo horario). Se presentan direcciones predominantes de rumbo W, WSW y SW entre las 10:00 y 18:00 horas, en cuanto al período nocturno se observa que la dirección de rumbo NE, ENE y SW predominan dentro de las 21:00 y las 7:00 horas.

Tabla I.23: Frecuencia según dirección del viento (Rumbos), Estación Valle Alegre.

D. Viento (Rumbos)	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ENE	12	11	22	17	23	22	24	21	19	21	15	2	2	1	1	1	1	1	4	5	20	18	14	20
E	2	4	6	3	5	3	6	2	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
ESE	2	3	3	3	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	28	31	25	33	32	25	14	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	7	14	23	15	11	12
NNE	14	15	8	11	10	5	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	1	1	1	1	1	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	0	0	2	7	3
S	4	4	4	1	1	3	5	0	0	3	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	3	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
SSW	6	4	3	6	3	4	4	3	6	16	15	10	11	13	11	10	10	17	8	15	6	3	3	4
SW	23	33	24	21	15	17	18	17	15	22	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
W	0	1	0	0	4	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
WNW	0	3	3	3	4	3	3	4	2	4	3	2	4	5	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2
WSW	2	4	4	6	3	3	3	17	23	19	18	16	15	15	16	15	10	3	5	5	3	4	4	

ANEXO 2

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE

“EVALUACIÓN DE MEDIDAS COSTO EFECTIVAS PARA REVISAR Y REFORMULAR EL PLAN DE VENTANAS”



ELABORADO POR

GEOAIRE AMBIENTAL LIMITADA

PARA

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

16 de Noviembre de 2015

Nº Proyecto	Elaboración		Revisión		Versión	
	Elaborador	Fecha	Revisor	Fecha	Estado	Descripción
G01-15	ESM	21-10-15	PSH	22-10-15	V	Final

1

ESTUDIO DESARROLLADO POR:

Dr. Ing. Pedro Sanhueza H.
 Dr. Jorge Cerda T.
 Mónica Torreblanca V.
 Evelyn Salazar M.
 Carla Díaz M.
 Alejandro Zepeda

Jefe de Proyecto
 Gestión Territorial
 Modelación Calidad del aire
 Estimación de emisiones atmosféricas
 Meteorología y Calidad del Aire
 Tecnologías de la Información

CONTRAPARTE TÉCNICA:

Carmen Gloria Contreras
 Siomara Gómez
 Priscilla Ulloa

Jefa Departamento de Normas del MMA
 SEREMI del Medio Ambiente Valparaíso
 Departamento de Normas MMA

2



TABLA DE CONTENIDOS

1 ANALISIS DE CALIDAD DEL AIRE.....4

1.1 MATERIAL PARTICULADO..... 4

1.1.1 MP10..... 4

1.1.2 MP2,5..... 14

1.2 GASES..... 21

1.2.1 SO₂: DIÓXIDO DE AZUFRE..... 21

1.2.2 NO₂: DIÓXIDO DE NITRÓGENO..... 31

1.3 RESUMEN CALIDAD DEL AIRE..... 41

1 ANALISIS DE CALIDAD DEL AIRE

En el presente anexo se muestran los resultados del análisis y cálculos de las métricas correspondientes de material particulado (MP10 y MP2,5) y gases (específicamente SO₂ y NO₂), en los periodos anuales 2011, 2012 y 2013, para las estaciones pertenecientes a las comunas de Concón, Puchuncaví y Quintero.

1.1 Material Particulado

El análisis de la calidad del aire por material particulado, corresponde a la descripción de las concentraciones de MP10 y MP2,5, según los diseños de las normas, registradas en las estaciones monitoras.

1.1.1 MP10

En las Figuras 1.1 y 1.2 se muestra el percentil 98 en 24 horas y la media tri-anual correspondientes al material particulado MP10 en las estaciones monitoras, para los años 2011 y 2013. En ellas se observa que la estación Ventanas no presenta registro de concentración para el período estudiado. En las concentraciones diarias se observa que las concentraciones de MP10 tienden a disminuir, a excepción de las estaciones Junta de Vecinos y Las Gaviotas que aumentan sus concentraciones en el año 2013. En cuanto a las medias trianuales se observa que la estación Concón presenta el mayor valor de concentración (45 µg/m³N), seguido de La Greda (44 µg/m³N) y Colmo (42 µg/m³N).

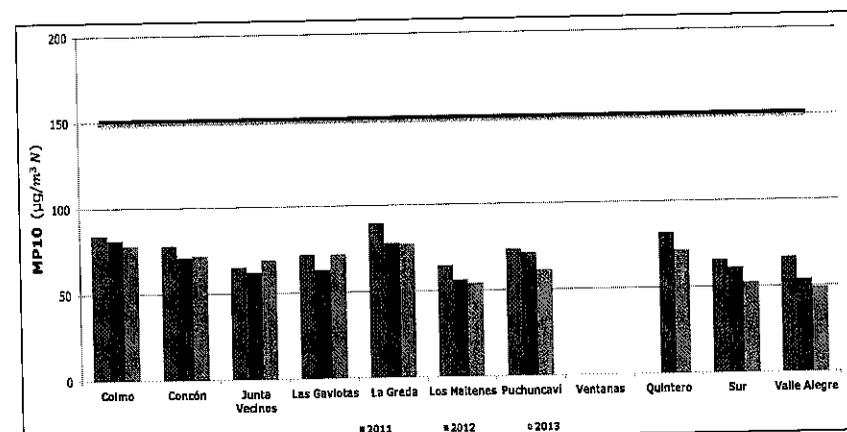


Figura 1.1: Percentil 98 en 24 horas MP10 en Estaciones monitoras

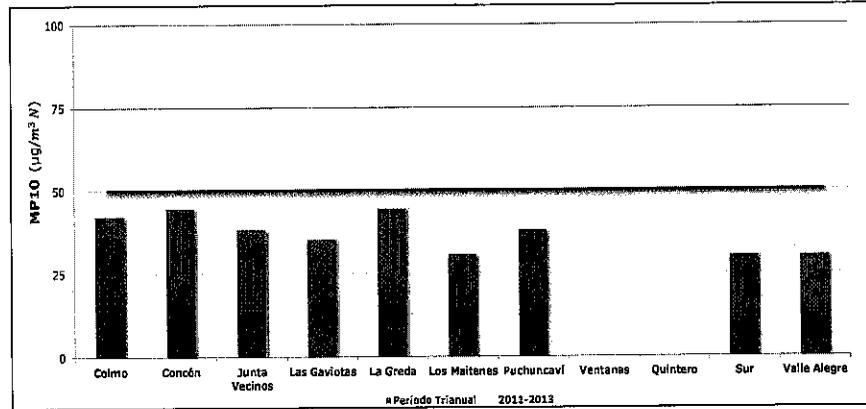


Figura 1.2: Media Trianual MP10 Estaciones monitoras

A continuación se describe para cada estación el comportamiento del material particulado MP10:

• Estación Colmo

En la Tabla I.1 se muestran los valores correspondientes a la media anual, el percentil 98 en 24 horas y la media tri-anual de MP10 para los años 2011, 2012 y 2013.

Tabla I.1: Resumen métricas de MP10, 2011 -2013 Estación Colmo

Año	Media (µg/m³N)	Percentil 98 (µg/m³N)	Media tri-anual (µg/m³N)
2011	45	84	-
2012	43	81	-
2013	39	78	42

En la Figura 1.3 se observa el comportamiento de las concentraciones de MP10 para el período 2011-2013, donde no se registran concentraciones diarias que superen el valor de la norma 24 horas (150 µg/m³N), pero si se presentan registros de igual o mayor valor que la norma anual (50 µg/m³N), teniendo así 43 registros para el año 2011, 45 para el 2012 y 28 registros para el año 2013.

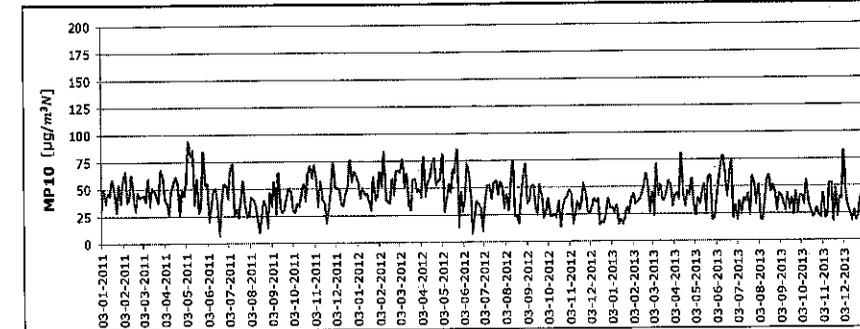


Figura 1.3: Serie de Tiempo concentraciones MP10, Estación Colmo

• Estación Concón

En la Tabla I.2 se registran los valores correspondientes a la media anual, el percentil 98 en 24 horas y la media tri-anual de MP10 para el periodo estudiado.

Tabla I.2: Resumen métricas de MP10, 2011 -2013 Estación Concón

Año	Media (µg/m³N)	Percentil 98 (µg/m³N)	Media tri-anual (µg/m³N)
2011	46	78	-
2012	45	71	-
2013	43	72	45

En la Figura 1.4 se observa el comportamiento de las concentraciones de MP10 para el período 2011-2013, donde no se registran concentraciones diarias que excedan el valor de la norma 24 horas (150 µg/m³N), pero si se registran concentraciones que iguales o mayores al valor de la norma anual (50 µg/m³N), donde el año 2011 presenta 44 registros, el 2012 48 registros y el año 2013 presenta 40 registros.

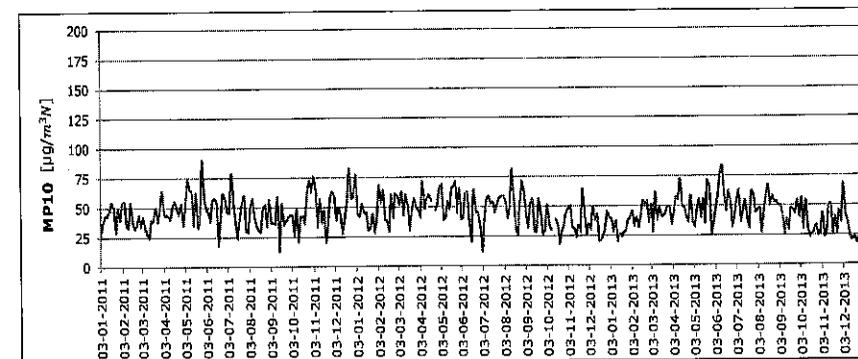


Figura 1.4: Serie de Tiempo concentraciones MP10, Estación Concón

- Estación Junta de Vecinos

La Tabla I.3 resume las métricas de MP10 para el periodo tri-anual 2011-2013. En la Figura 1.5 es posible observar el comportamiento de los datos obtenidos cada 3 días, donde no se registran concentraciones diarias que sobrepasen el valor de la norma en 24 horas, pero al contrastar los registros con la norma anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) se observan concentraciones iguales o mayores a este valor, teniendo 20 registros por año mayores al valor normativo establecido.

Tabla I.3: Resumen métricas de MP10, 2011 -2013 Estación Junta Vecinos

Año	Media (µg/m³N)	Porcentaje (µg/m³N)	Media trianual (µg/m³N)
2011	38	65	-
2012	37	62	-
2013	40	69	38

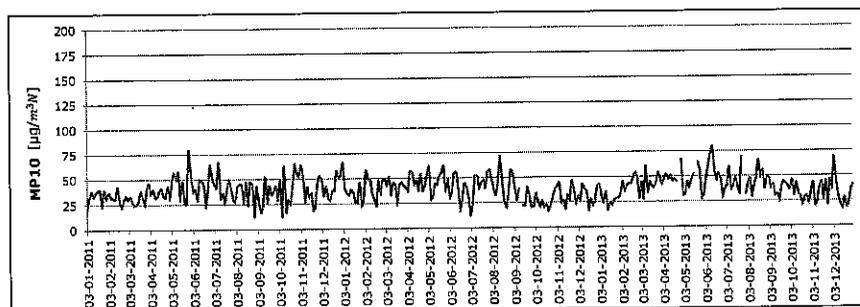


Figura 1.5: Serie de Tiempo concentraciones MP10, Estación Junta Vecinos

- Estación Las Gaviotas

La Tabla I.4 resume las métricas de MP10 para el periodo tri-anual 2011-2013, para la estación Las Gaviotas.

Tabla I.4: Resumen métricas de MP10, 2011 -2013 Estación Las Gaviotas

Año	Media (µg/m³N)	Porcentaje (µg/m³N)	Media trianual (µg/m³N)
2011	35	72	-
2012	36	63	-
2013	35	72	35

En la Figura 1.6 se observa el comportamiento de los datos obtenidos cada 3 días, donde no se registran concentraciones diarias que superen el valor de la norma en 24 horas, pero si se tienen concentraciones registradas mayores o igual al valor

establecido por la norma anual, teniendo así 16 registros, tanto para el año 2011 como para el 2013, y 23 registros para el año 2012.

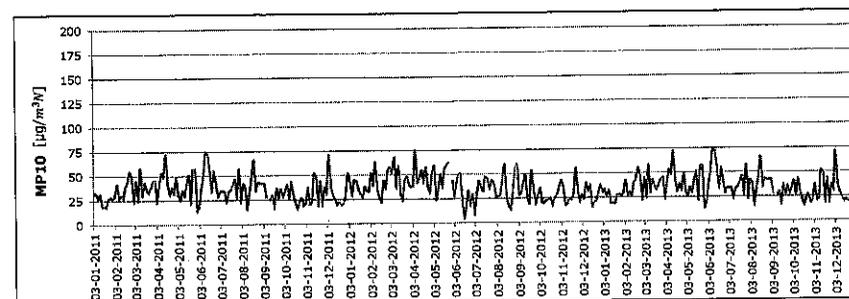


Figura 1.6: Serie de Tiempo concentraciones MP10, Estación Las Gaviotas

- Estación La Greda

Para la estación La Greda, la Tabla I.5 muestra un resumen de los registros de material particulado MP10:

Tabla I.5: Resumen métricas de MP10, 2011 -2013 Estación La Greda

Año	Media (µg/m³N)	Porcentaje (µg/m³N)	Media trianual (µg/m³N)
2011	47	89	-
2012	44	78	-
2013	42	77	44

En la Figura 1.7 se observa el comportamiento de las concentraciones de MP10 para el periodo 2011-2013, donde el día 22 de Marzo del año 2011 se registra una concentración diaria igual a $160 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, el cual se encuentra sobre el valor de la norma 24 horas ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). Al contrastar las concentraciones diarias con el valor de la norma anual, se presentan 41, 39 y 32 registros con valores de concentración iguales o mayores a los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, para los años 2011, 2012 y 2013 respectivamente.

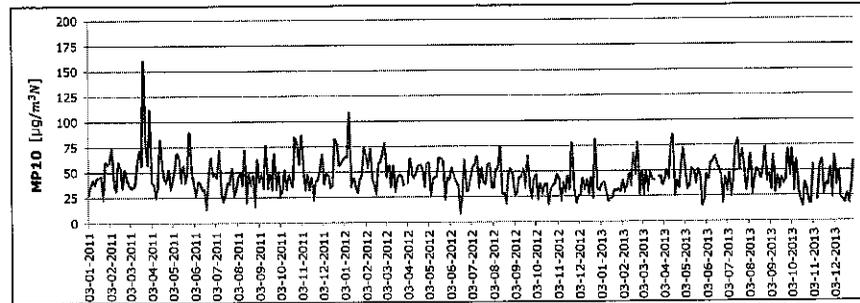


Figura 1.7: Serie de Tiempo concentraciones MP10, Estación La Greda

• Estación Los Maitenes

En la Tabla I.6 se registran los valores correspondientes a la media anual, el percentil 98 en 24 horas y la media tri-anual de MP10 para los años 2011, 2012 y 2013.

Tabla I.6: Resumen métricas de MP10, 2011 -2013 Estación Los Maitenes

Año	Media (µg/m³N)	Percentil 98 (µg/m³N)	Media tri-anual (µg/m³N)
2011	33	65	-
2012	30	56	-
2013	29	54	31

En la Figura 1.8 se observa el comportamiento de los registros obtenidos cada 3 días, donde no se registran concentraciones diarias que superen el valor de la norma en 24 horas (150 µg/m³N), pero si se presentan valores de concentración iguales o mayores al valor de la norma anual, donde se encuentran 11, 8 y 5 registros de concentración iguales o mayor a los 50 µg/m³N, para los años 2011, 2012 y 2013, respectivamente.

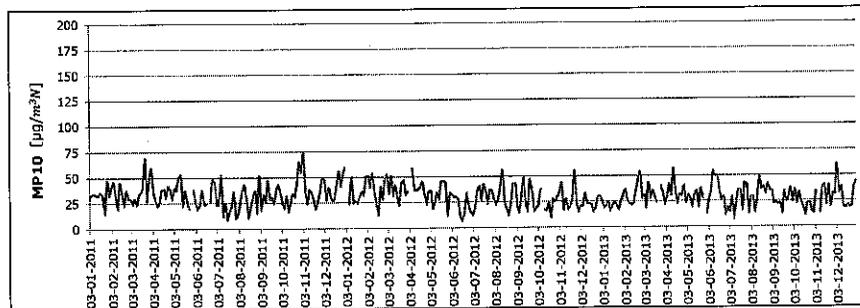


Figura 1.8: Serie de Tiempo concentraciones MP10, Estación Los Maitenes

• Estación Puchuncaví

La Tabla I.7 muestra un resumen para las métricas obtenidas para el material particulado en la estación Puchuncaví.

Tabla I. 7: Resumen métricas de MP10, 2011 -2013 Estación Puchuncaví

Año	Media (µg/m³N)	Percentil 98 (µg/m³N)	Media tri-anual (µg/m³N)
2011	39	73	-
2012	38	71	-
2013	37	61	38

En la Figura 1.9 se observa el comportamiento de los registros obtenidos cada 3 días, donde no se registran concentraciones diarias que superen el valor de la norma en 24 horas (150 µg/m³N), pero se presentan 19, 22 y 14 registros de concentración iguales o mayor a los 50 µg/m³N, para los años 2011, 2012 y 2013, respectivamente.

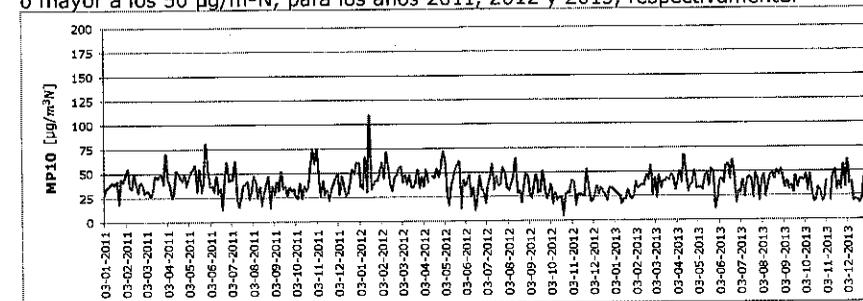


Figura 1.9: Serie de Tiempo concentraciones MP10, Estación Puchuncaví

• Estación Ventanas

La estación Ventanas no registra métricas de percentil 98 y medias tri-anales, debido a que no presenta la totalidad de registros para el periodo 2011-2013, no cumple el 75% de sus registros válidos. La Figura 1.10 muestra los registros de concentración para el año 2013, donde no se observa ningún registro mayor que la norma diaria (150 µg/m³N), pero si se presentan 25 registros de concentración iguales o mayores al valor de la norma anual (50 µg/m³N).

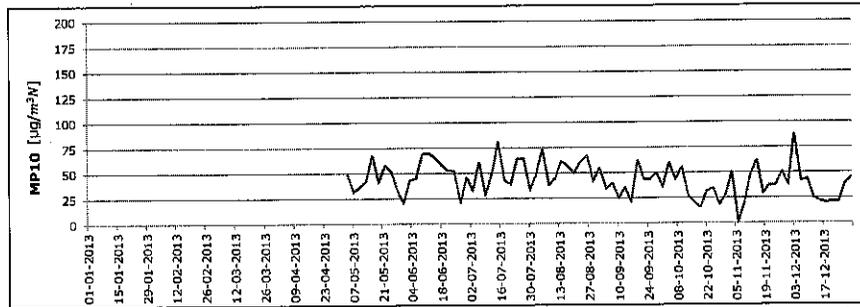


Figura 1.10: Serie de Tiempo concentraciones MP10, Estación Ventanas, año 2013

• Estación Quintero

Presenta registros de concentración solo para los años 2012 y 2013, para el año 2011 no se tienen registros, la Tabla I.8 muestra las métricas obtenidas en esta estación.

Tabla I.8: Resumen métricas de MP10, 2011 -2013 Estación Quintero

Año	Media (µg/m³N)	Percentil 98 (µg/m³N)	Media 24h-anual (µg/m³N)
2011	-	-	-
2012	44	82	-
2013	42	72	43*

*Media referencial, ya que en el año 2011 no se registran concentraciones.

La Figura 1.11 muestra la serie de tiempo para las concentraciones de material particulado MP10, donde se aprecia el nulo registro de datos de concentraciones para el año 2011, no se registran concentraciones diarias que superen el valor de la norma 24 horas (150 µg/m³N), pero si se presentan registros de igual o mayor valor que la norma anual (50 µg/m³N), teniendo así 13 registros para el año 2011, 37 para el 2012 y 31 registros para el año 2013.

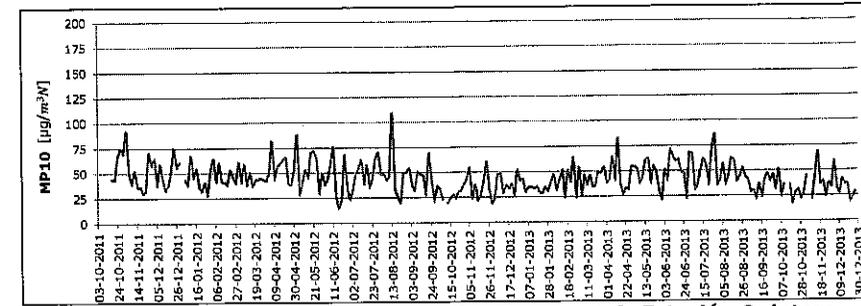


Figura 1.11: Serie de Tiempo concentraciones MP10, Estación Quintero

• Estación Sur

En la Tabla I.9 se muestra las métricas asociadas para la estación Sur. En la Figura 1.12 se observa el registro de concentraciones de MP10, donde no se registran concentraciones diarias que superen el valor de la norma en 24 horas (150 µg/m³N), pero si se presentan valores de concentración iguales o mayores al valor de la norma anual, donde se encuentran 10, 5 y 5 registros de concentración iguales o mayor a los 50 µg/m³N, para los años 2011, 2012 y 2013, respectivamente.

Tabla I.9: Resumen métricas de MP10, 2011-2013 Estación Sur

Año	Media (µg/m³N)	Percentil 98 (µg/m³N)	Media 24h-anual (µg/m³N)
2011	33	66	-
2012	30	61	-
2013	28	52	30

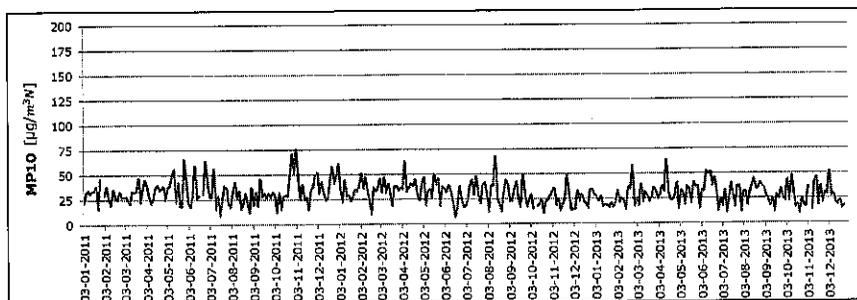


Figura 1.12: Serie de Tiempo concentraciones MP10, Estación Sur

• Estación Valle Alegre

En la Tabla I.10 se observan las métricas asociadas al material particulado MP10 para la estación Valle Alegre. La Figura 1.13 muestra la serie de tiempo que indica el comportamiento de las concentraciones de MP10, donde no se registran concentraciones diarias que superen el valor de la norma en 24 horas (150 µg/m³N), pero si se presentan valores de concentración iguales o mayores al valor de la norma anual, donde se encuentran 7, 9 y 2 registros de concentración igual o mayor a los 50 µg/m³N, para los años 2011, 2012 y 2013, respectivamente.

Tabla I.10: Resumen métricas de MP10, 2011 -2013 Estación Valle Alegre

Año	Media (µg/m³N)	Percentil 98 (µg/m³N)	Media Tri-anual (µg/m³N)
2011	32	67	-
2012	31	54	-
2013	28	49	30

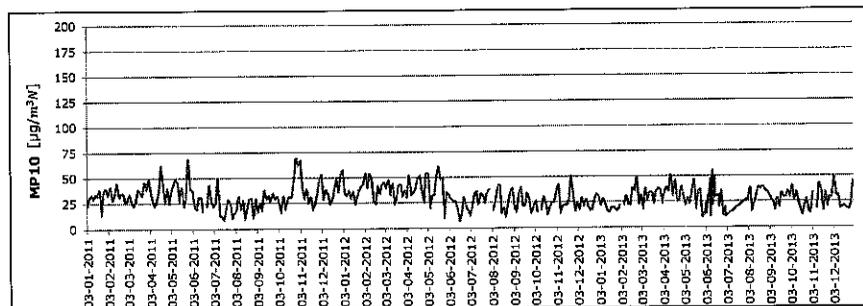


Figura 1.13: Serie de Tiempo concentraciones MP10, Estación Valle Alegre

1.1.2 MP2,5

En la Figura 1.14 se observa el comportamiento del percentil 98 en 24 horas, donde se muestra que para el año 2013 la estación Concón registra un valor de concentración igual a 50µg/ m³N. Las Estaciones Colmo, Junta de Vecinos, Las Gaviotas y Ventanas no presentan registros de MP2,5 para el periodo estudiado. La estación Sur sólo registra concentraciones para el año 2013, para el resto de las estaciones no se presentan registros de concentración en el año 2011.

La Figura 1.15 muestra la media trianual para las estaciones monitoras, donde es posible observar que la estación Concón presenta valores de concentración superior al valor establecido por la norma anual (20 µg/m³N).

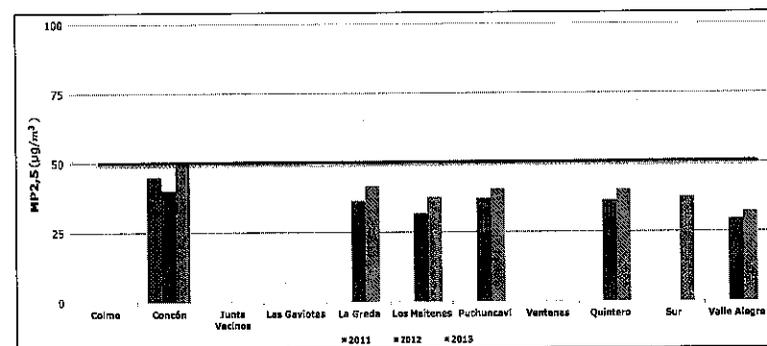
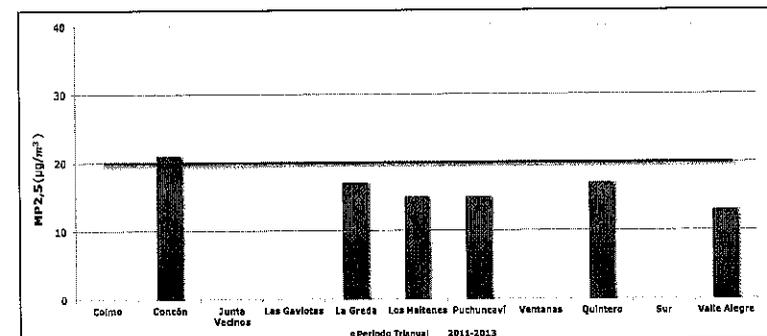


Figura 1.14: Percentil 98 en 24 horas MP2,5 en Estaciones monitoras



*Medias referenciales en las estaciones La Greda, Los Maitenes, Puchuncaví, Quintero y Valle Alegre, ya que solo registran MP2,5 en los años 2012 y 2013.

Figura 1.15: Media Trianual MP10 en Estaciones monitoras

A continuación se describe por cada estación el comportamiento del material particulado MP2,5:

- **Estación Concón**

En la Tabla I.11 se observan las métricas, para la media anual de concentraciones de MP 2.5 y las concentraciones correspondientes al percentil 98 en 24 horas.

Tabla I.11: Resumen métricas de MP2,5, 2011 -2013 Estación Concón

Año	Media (µg/m ³ N)	Percentil 98 (µg/m ³ N)	Media tr/anual (µg/m ³ N)
2011	21	45	-
2012	20	40	-
2013	21	50	21

En la Figura 1.16 se observa la serie de tiempo para el material particulado MP2,5, donde se registran de datos que sobrepasan el valor de la norma diaria (50 µg/m³), específicamente los meses de Mayo del año 2011 y Junio del año 2013, también se debe mencionar que en los 3 años analizados se encuentran registros de concentraciones mayores al valor de la norma anual (20 µg/m³), tendiendo 51 registros para el año 2011, 50 para el año 2012 y 60 registros para el año 2013.

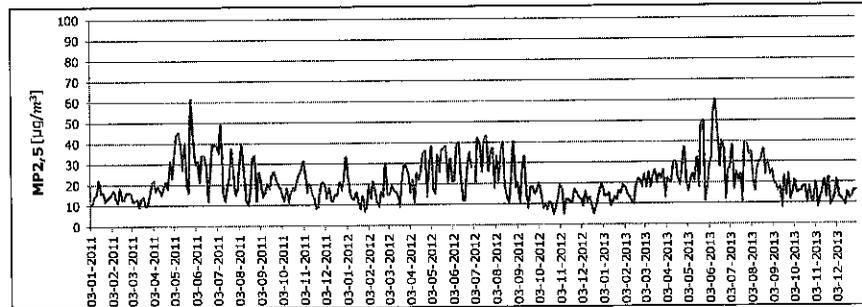


Figura 1.16: Serie de Tiempo concentraciones MP2,5, Estación Concón

- **Estación La Greda**

La Tabla I.12 muestra las métricas asociadas al material particulado MP2,5, donde en el año 2011 no se presentan registros de concentraciones.

Tabla I.12: Resumen métricas de MP2,5, 2011 -2013 Estación La Greda

Año	Media (µg/m ³ N)	Percentil 98 (µg/m ³ N)	Media tr/anual (µg/m ³ N)
2011	-	-	-
2012	17	36	-
2013	17	42	17*

*Media referencial, ya que en el año 2011 no se registran concentraciones.

En la Figura 1.17 se observa el comportamiento de los registros de concentraciones de MP2,5 en los años 2012 y 2013, donde no hay registros que superen el valor de la norma de 24 horas. En el año 2012 y 2013 se registran 34 y 33 concentraciones iguales o mayores al valor de la norma anual (20 µg/m³N).

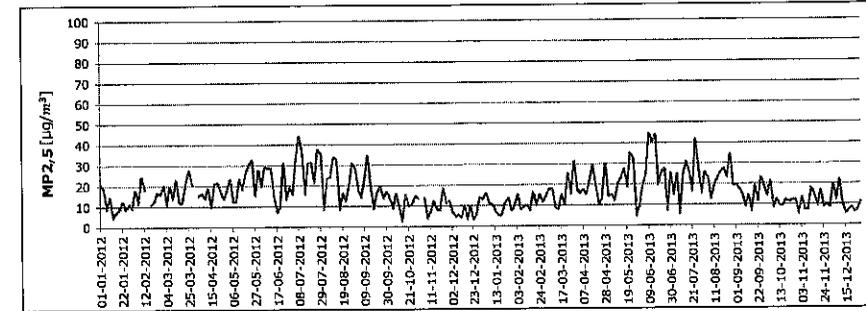


Figura 1.17: Serie de Tiempo concentraciones MP2,5, Estación La Greda

- **Estación Los Maitenes**

La Tabla I.13 muestra las métricas calculadas para el MP2,5, correspondientes a esta estación, en la cual no se registran datos de concentraciones para el material particulado MP2,5 en el año 2011.

Tabla I.13: Resumen métricas de MP2,5, 2011 -2013 Estación Los Maitenes

Año	Media (µg/m ³ N)	Percentil 98 (µg/m ³ N)	Media tr/anual (µg/m ³ N)
2011	-	-	-
2012	15	32	-
2013	15	37	15*

*Media referencial, ya que en el año 2011 no se registran concentraciones.

En la Figura 1.18 se observa el comportamiento de los registros de concentraciones de MP2,5 en los años 2012 y 2013, donde no hay registros que superen el valor de la norma de 24 horas. En el año 2012 y 2013 se registran 20 y 22 concentraciones iguales o mayores al valor de la norma anual (20 µg/m³N).

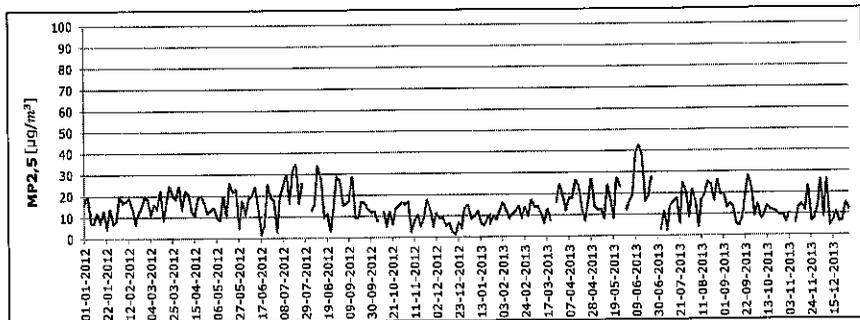


Figura 1.18: Serie de Tiempo concentraciones MP2,5, Estación Los Maitenes

• Estación Puchuncaví

La Tabla I.14 solo registra las métricas calculadas en la estación monitora, donde solo se tienen registros para los años 2012 y 2013.

Tabla I.14: Resumen métricas de MP2,5, 2011 -2013 Estación Puchuncaví

Año	Media (µg/m³N)	Percentil 98 (µg/m³N)	Media tri-anual (µg/m³N)
2011	-	-	-
2012	15	37	-
2013	16	40	15*

*Media referencial, ya que en el año 2011 no se registran concentraciones.

La Figura 1.19 muestra la serie de tiempo de las concentraciones obtenidas cada 3 días por la estación, donde no se registran valores de concentración que sobrepasen el valor de la norma 24 horas. En el año 2012 y 2013 se registran 26 y 25 concentraciones iguales o mayores al valor de la norma anual (20 µg/m³N).

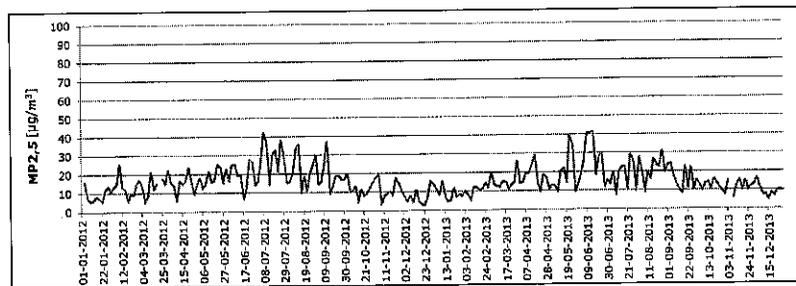


Figura 1.19: Serie de Tiempo concentraciones MP2,5, Estación Puchuncaví

• Estación Ventanas

La estación Ventanas no registra cálculos en las métricas de percentil 99 y medias tri- anuales, debido a que no presenta la totalidad de registros para el periodo 2011-2013, no cumple el 75% de sus registros válidos. La Figura 1.20 muestra los registros de concentración para el año 2013, donde no se registran valores de concentración que sobrepasen el valor de la norma 24 horas. En el año 2013 se registran 75 concentraciones iguales o mayores al valor de la norma anual (20 µg/m³N).

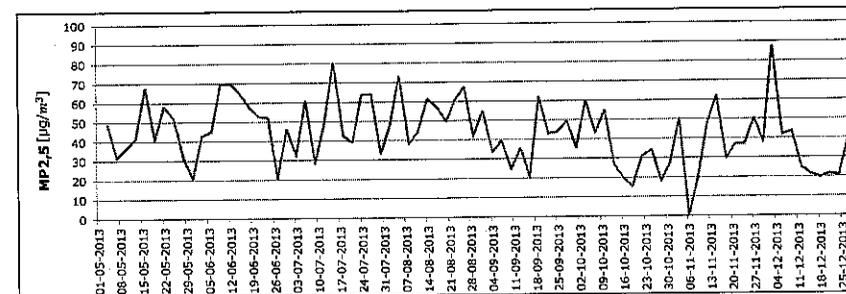


Figura 1.20: Serie de Tiempo concentraciones MP2,5, Estación Ventanas

• Estación Quintero

La Tabla I.15 muestra las métricas asociadas al MP2,5 en la estación, no presenta registros de concentraciones para el año 2011. En la Figura 1.21 se presentan los registros de concentraciones a través de su serie de tiempo, donde no se observan registros que excedan el valor de la norma diaria (50 µg/m³N), pero si se presentan 38 y 34 registros de concentraciones iguales o mayores al valor de la norma anual (20 µg/m³N), para los años 2012 y 2013 respectivamente.

Tabla I.15: Resumen métricas de MP2,5, 2011 -2013 Estación Quintero

Año	Media (µg/m³N)	Percentil 98 (µg/m³N)	Media tri-anual (µg/m³N)
2011	-	-	-
2012	17	36	-
2013	17	40	17*

*Media referencial, ya que en el año 2011 no se registran concentraciones.

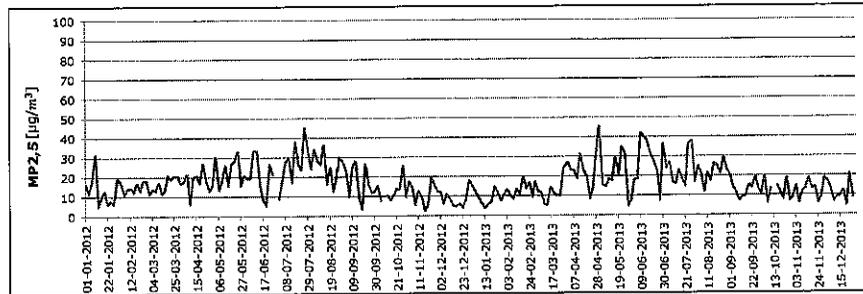


Figura 1.21: Serie de Tiempo concentraciones MP2,5, Estación Quintero

• Estación Sur

La Tabla I.16 muestra las métricas correspondientes al percentil 98 y la media trianual, donde solo se tienen para el año 2013 debido a que en este año se presentan registros para todos los meses del año. En la Figura 1.22 se presenta la serie de tiempo de los registros de MP2,5, el cual comienza a partir de abril del 2012, se observa que no se encuentran registros que sobrepasen el valor de la norma diaria (50 µg/m³N), pero si se presentan 16 y 19 registros con valores de concentración igual o mayor a los 20 µg/m³N, para los años 2012 y 2013 respectivamente.

Tabla I.16: Resumen métricas de MP2,5, 2011 -2013 Estación Sur

Año	Media (µg/m³N)	Percentil 98 (µg/m³N)	Media trianual (µg/m³N)
2011	-	-	-
2012	-	-	-
2013	13	37	-*

*Año 2011 no registra concentraciones y año 2012 no presenta 12 meses válidos, por lo que no es posible calcular la media.

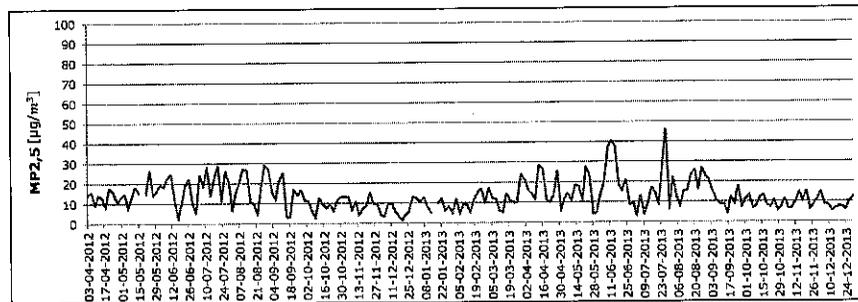


Figura 1.22: Serie de Tiempo concentraciones MP2,5, Estación Sur

• Estación Valle Alegre

La Tabla I.17 muestra las métricas calculadas en la estación, la cual registra concentraciones de MP2,5 a contar del año 2012. En la Figura 1.23 se muestra el comportamiento de los registros de concentraciones, de la cual es posible afirmar que no se encuentran registros mayores al valor de la norma diaria (50 µg/m³N), pero si se presentan 23 y 17 registros de concentraciones igual o mayor a los 20 µg/m³N, para los años 2012 y 2013 respectivamente.

Tabla I.17: Resumen métricas de MP2,5, 2011 -2013 Estación Valle Alegre

Año	Media (µg/m³N)	Percentil 98 (µg/m³N)	Media trianual (µg/m³N)
2011	-	-	-
2012	13	30	-
2013	13	32	13*

*Media referencial, ya que en el año 2011 no se registran concentraciones.

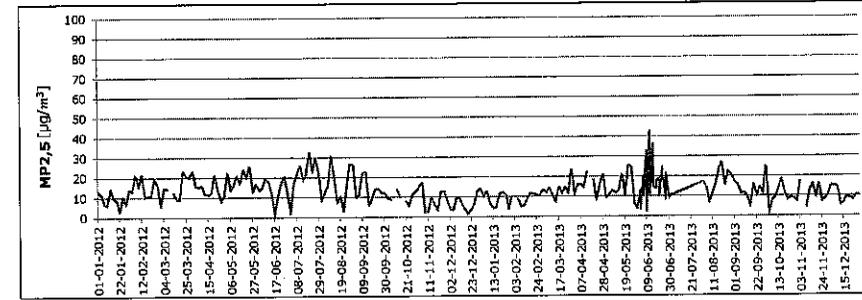


Figura 1.23: Serie de Tiempo concentraciones MP2,5, Estación Valle Alegre, período 2011-2013

1.2 Gases

1.2.1 SO₂: Dióxido de Azufre

En las Figuras 1.24 y 1.25 se muestra la media tri-anual del percentil 99 en 1 hora, y la media tri-anual para el gas contaminante de dióxido de azufre, la estación Ventanas no presenta registros de concentración para el SO₂ en el período estudiado. Las métricas obtenidas en las estaciones analizadas no superan los valores de las normas establecidas (250 µg/m³N para la norma diaria y 80 µg/m³N en la norma anual).

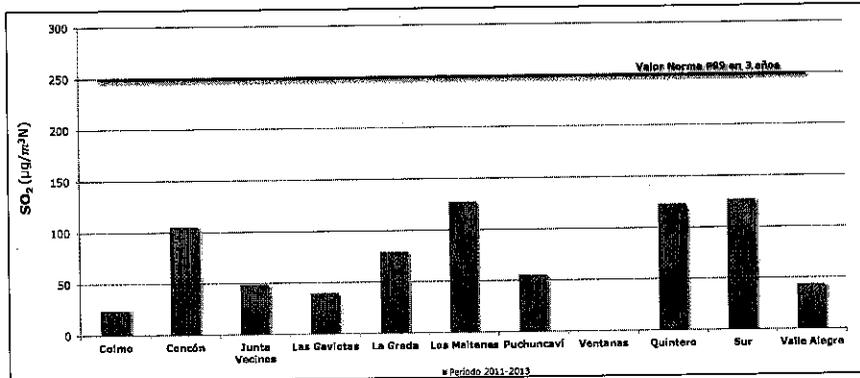


Figura 1.24: Media Trianual para el percentil 99 en 24 horas en Estaciones monitoras

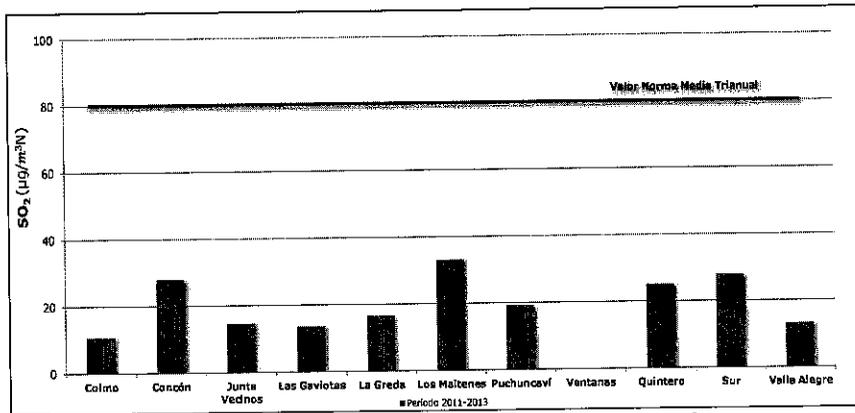


Figura 1.25: Media Trianual para las Estaciones monitoras

A continuación se describe por cada estación el comportamiento del gas contaminante SO₂:

• **Estación Colmo**

En la Tabla I.18 se resume las métricas correspondientes al dióxido de azufre, obteniendo concentraciones referenciales para la media trimestral, y la media tri-anual.

Tabla I.18: Resumen métricas de SO₂, Estación Colmo

Año	Media Tri-anual (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)
2011	21	-	9	-
2012	26	-	11	-
2013	25	24	11	11

La Figura 1.26 muestra las concentraciones diarias de SO₂, la cual es posible observar el comportamiento de las concentraciones registradas, estas se encuentran bajo los valores de la norma anual (80 µg/m³N) y diaria (250 µg/m³N).

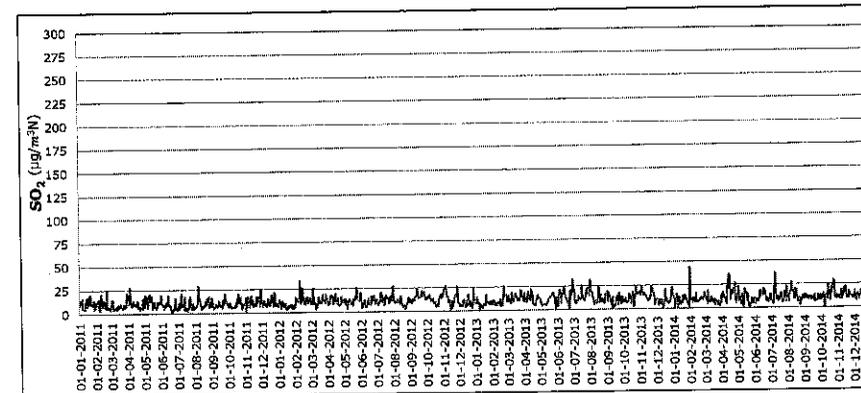


Figura 1.26: Serie de Tiempo concentraciones diarias SO₂, Estación Colmo

• **Estación Concón**

En la Tabla I.19 se resumen las métricas correspondientes al dióxido de azufre, para la media trimestral y la media tri-anual. La Figura 1.27 muestra las concentraciones diarias de SO₂, estos registros se encuentran bajo los valores de la norma diaria (250 µg/m³N), pero al contrastar estas con el valor de la norma anual, se tienen 35 registros para el año 2011, 19 para el año 2012 y 6 registros para el año 2013 con concentraciones iguales o mayores a los 80 µg/m³N.

Tabla I.19: Resumen métricas de SO₂, Estación Concón

Año	Percentil 99 (µg/m ³ N)	Media Tri-anual P99 (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Tri-anual (µg/m ³ N)
2011	131	-	35	-
2012	95	-	25	-
2013	89	105	24	28

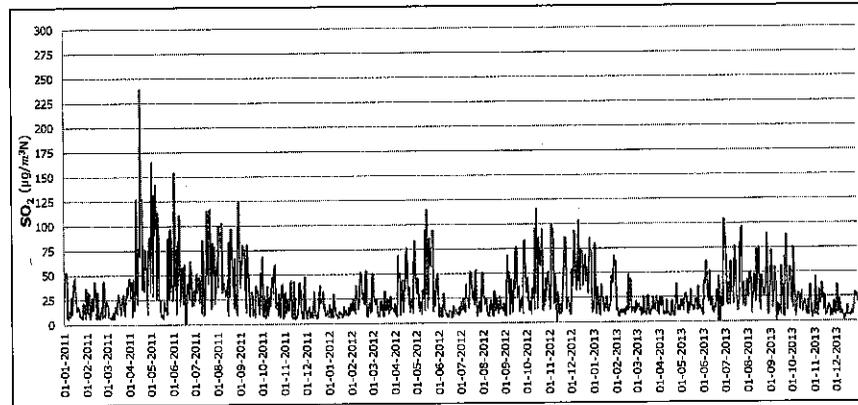


Figura 1.27: Serie de Tiempo concentraciones diarias SO₂, Estación Concón

• **Estación Junta de Vecinos**

En la Tabla I.20 se resume las métricas correspondientes al dióxido de azufre, para la media trimestral y la media trianual, La Figura 1.28 muestra las concentraciones diarias de SO₂, las concentraciones registradas se encuentran bajo los valores de la norma diaria (250 µg/m³N), pero al contrastar estas con el valor de la norma anual, solo un registro de concentración tiene un valor mayor a los 80 µg/m³N, específicamente el 3 de Mayo del 2011.

Tabla I.20: Resumen métricas de SO₂, Junta de Vecinos

Año	Percentil 99 (µg/m ³ N)	Media Tri-anual P99 (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Tri-anual (µg/m ³ N)
2011	57	-	17	-
2012	34	-	13	-
2013	55	49	14	15

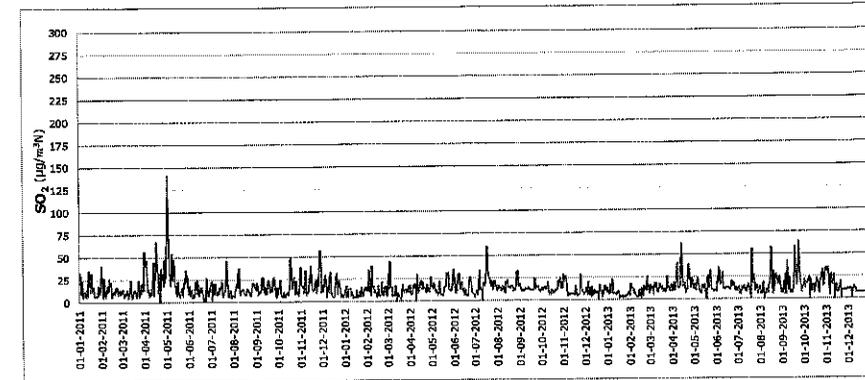


Figura 1.28: Serie de Tiempo concentraciones diarias SO₂, Estación Junta de Vecinos

• **Estación Las Gaviotas**

En la Tabla I.21 se muestra las métricas para el dióxido de azufre determinadas en la estación Las Gaviotas. La Figura 1.29 muestra las concentraciones diarias de SO₂, de la cual es posible observar el comportamiento de las concentraciones registradas, las cuales se encuentran bajo los valores de la norma anual (80 µg/m³N) y diaria (250 µg/m³N).

Tabla I.21: Resumen métricas de SO₂, Las Gaviotas

Año	Percentil 99 (µg/m ³ N)	Media Tri-anual P99 (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Tri-anual (µg/m ³ N)
2011	33	-	13	-
2012	38	-	14	-
2013	48	40	14	14

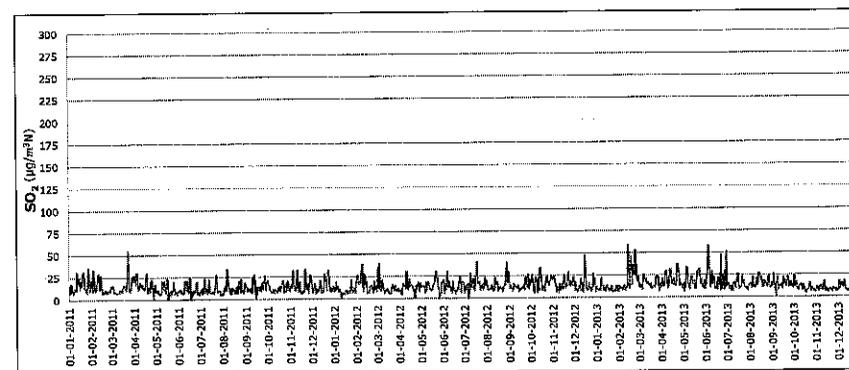


Figura 1.29: Serie de Tiempo concentraciones diarias SO₂, Estación Las Gaviotas

• **Estación La Greda**

En la Tabla I.22 se resumen las métricas correspondientes al dióxido de azufre, obteniendo concentraciones referenciales para la media trimestral, y la media tri-anual.

Tabla I.22: Resumen métricas de SO₂, Estación La Greda

Año	Percentil 90 (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Tri-anual (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)
2011	76	-	11	-
2012	75	-	16	-
2013	86	79	23	17

La Figura 1.30 muestra las concentraciones diarias de SO₂, estas concentraciones registradas se encuentran bajo los valores de la norma diaria (250 µg/m³N), pero al contrastar estas con el valor de la norma anual, se presentan 4, 3 y 9 registros de concentraciones iguales o mayores a los 80 µg/m³N, para los años 2011, 2012 y 2013.

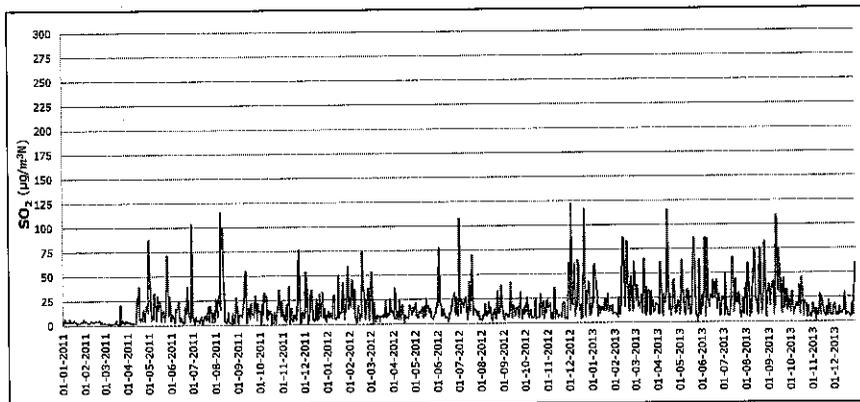


Figura 1.30: Serie de Tiempo concentraciones diarias SO₂, Estación La Greda

• **Estación Los Maitenes**

En la Tabla I.23 se observan las métricas correspondientes al dióxido de azufre, obteniendo concentraciones referenciales para la media trimestral, y la media tri-anual.

Tabla I.23: Resumen métricas de SO₂, Estación Los Maitenes

Año	Percentil 90 (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Tri-anual (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)
2011	147	-	35	-
2012	104	-	31	-
2013	130	127	34	33

La Figura 1.31 muestra las concentraciones diarias de SO₂, las cuales se encuentran bajo los valores de la norma diaria (250 µg/m³N). No obstante, al contrastar éstas con el valor de la norma anual, se presentan 29, 10 y 18 registros de concentraciones iguales o mayores a los 80 µg/m³N, para los años 2011, 2012 y 2013.

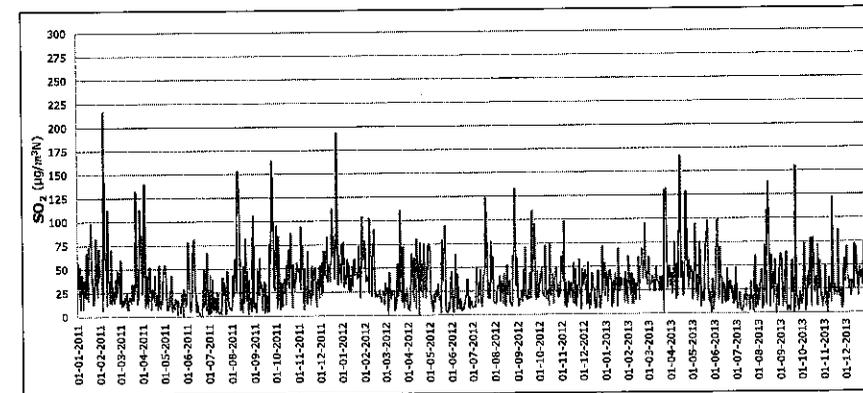


Figura 1.31: Serie de Tiempo concentraciones diarias SO₂, Estación Los Maitenes

• **Estación Puchuncaví**

La Tabla I.24 muestra las métricas correspondientes al SO₂, donde no hay concentraciones que sobrepasen el valor de la norma establecida para este gas.

Tabla I.24: Resumen métricas de SO₂, Estación Puchuncaví

Año	Percentil 90 (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Tri-anual (µg/m ³ N)
2011	51	-	17	-
2012	53	-	17	-
2013	62	55	25	19



La Figura 1.32 muestra las concentraciones diarias de SO₂, de la cual es posible observar el comportamiento de las concentraciones registradas, las cuales se encuentran bajo los valores de la norma anual (80 µg/m³N) y diaria (250 µg/m³N).

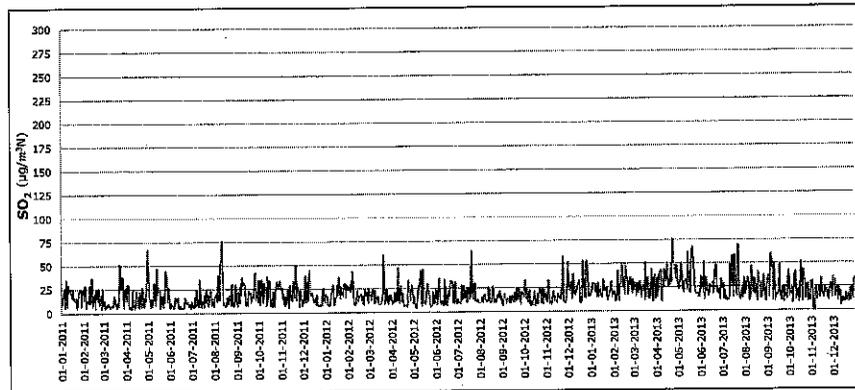


Figura 1.32: Serie de Tiempo concentraciones diarias SO₂, Estación Puchuncaví

• **Estación Ventanas**

La estación Ventanas no registra métricas de percentil 99 y la media tri-anual, debido a que no presenta la totalidad de registros para el periodo 2011-2013, no cumple el 75% de sus registros válidos. En la Figura 1.33 se observa el comportamiento, mediante la serie de tiempo, de los registros de concentraciones de SO₂, los cuales comienzan a partir del 5 de Mayo del 2013. En esta Figura se observa que no se tienen valores de concentración mayores a los 250 µg/m³N (valor norma diaria), pero si se presentan registros de concentración iguales o mayores al valor establecido por la norma anual (80 µg/m³N).

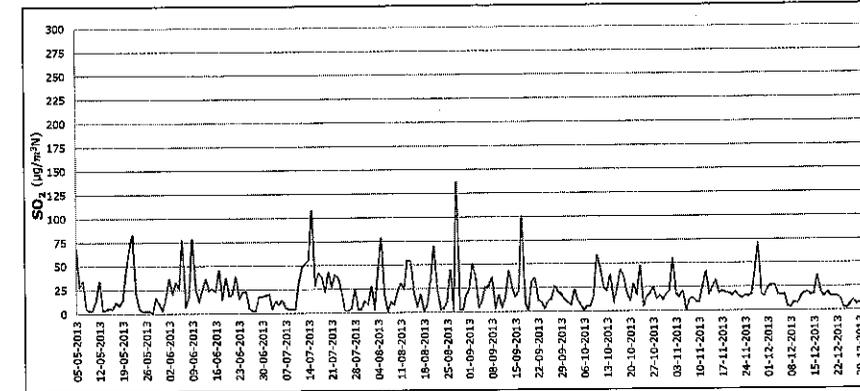


Figura 1.33: Serie de Tiempo concentraciones diarias SO₂, Estación Ventanas

• **Estación Quintero**

En la Tabla I.25 se muestran las métricas asociadas para el dióxido de azufre. En la Figura 1.34 se presenta la serie de tiempo de las concentraciones diarias para el gas contaminante, donde se observan que los registros presentan valores menores a los 250 µg/m³N, pero si se presentan 1, 32 y 27 registros con concentraciones iguales o mayores al valor de la norma anual (80 µg/m³N), para los años 2011, 2012 y 2013 respectivamente.

Tabla I.25: Resumen métricas de SO₂, Estación Quintero

Año	Percentil 99 (µg/m ³ N)	Media Tri-anual P95 (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Tri-anual (µg/m ³ N)
2011	69	-	20	-
2012	158	-	29	-
2013	142	123	26	25

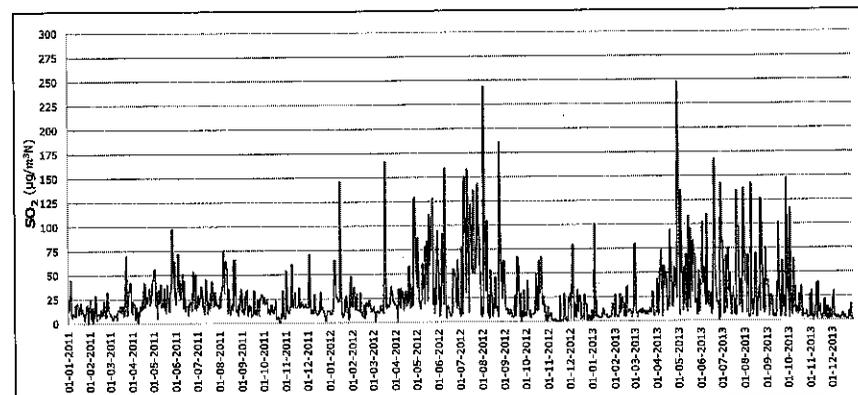


Figura 1.34: Serie de Tiempo concentraciones diarias SO₂, Estación Quintero

• Estación Sur

En la Tabla I.26 se observan las métricas de dióxido de azufre para la estación Sur. En la Figura 1.35 se muestra la serie de tiempo con los registros de concentración de SO₂, no se observan concentraciones que sobrepasen el valor de la norma diaria, pero si se presentan 25, 14 y 13 registros de concentración igual o mayor al valor de la norma anual (80 µg/m³N).

Tabla I.26: Resumen métricas de SO₂, Estación Sur

Año	Percentil 99 (µg/m ³ N)	Media Tri-anual 99 ^a (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Tri-anual (µg/m ³ N)
2011	150	-	34	-
2012	112	-	28	-
2013	119	127	22	28

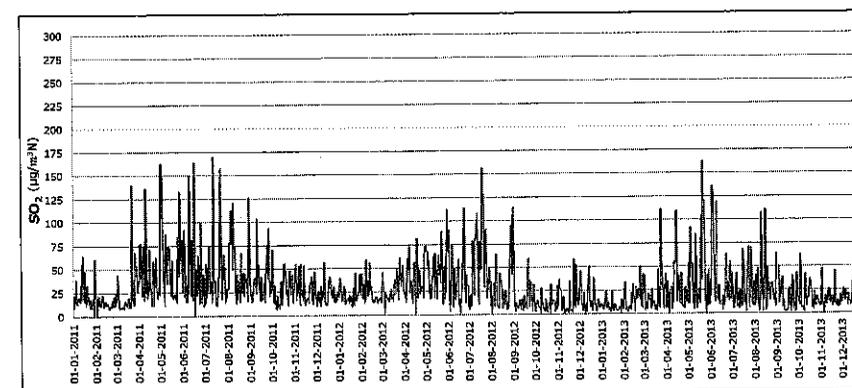


Figura 1.35: Serie de Tiempo concentraciones diarias SO₂, Estación Sur

• Estación Valle Alegre

En la Tabla I.27 se muestran las medias trianuales de percentil 99 en 24 horas y la media tri-anual. La Figura 1.36 muestra el comportamiento del SO₂, donde los registros de concentración se encuentran bajo los valores de la norma diaria y la norma anual.

Tabla I.27: Resumen métricas de SO₂, Estación Valle Alegre

Año	Percentil 99 (µg/m ³ N)	Media Tri-anual 99 ^a (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Tri-anual (µg/m ³ N)
2011	38	-	12	-
2012	36	-	12	-



2013	56	44	15	13
------	----	----	----	----

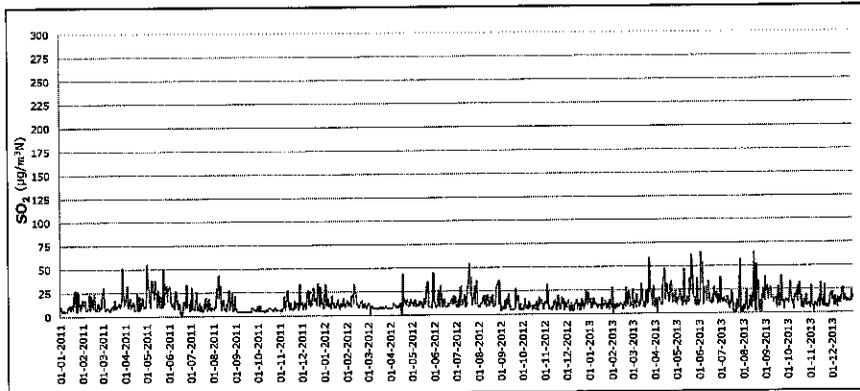


Figura 1.36: Serie de Tiempo concentraciones diarias SO₂, Estación Sur

1.2.2 NO₂: Dióxido de Nitrógeno

Las Figuras 1.37 y 1.38 muestran la media tri-anual para el percentil 99 de los máximos en 1 hora, para las estaciones monitoras donde los valores de las métricas obtenidas no sobrepasan los valores de las normas establecidas para este gas contaminante. Las estaciones de Junta de Vecinos, Las Gaviotas y Quintero no registran datos de dióxido de Nitrógeno, en cuanto a la estación Ventanas se registran métricas asociadas, debido a que sus registros comienzan a partir de Mayo del año 2013.

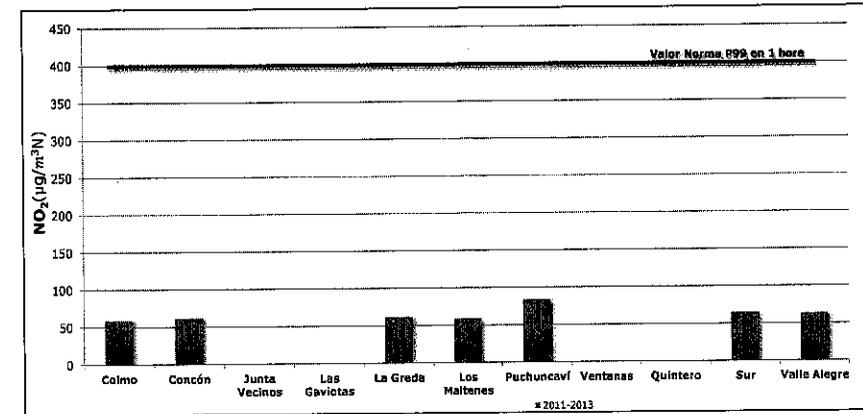


Figura 1.37: Media Trianual para el percentil 99 de los máximos en 1 hora en Estaciones monitoras

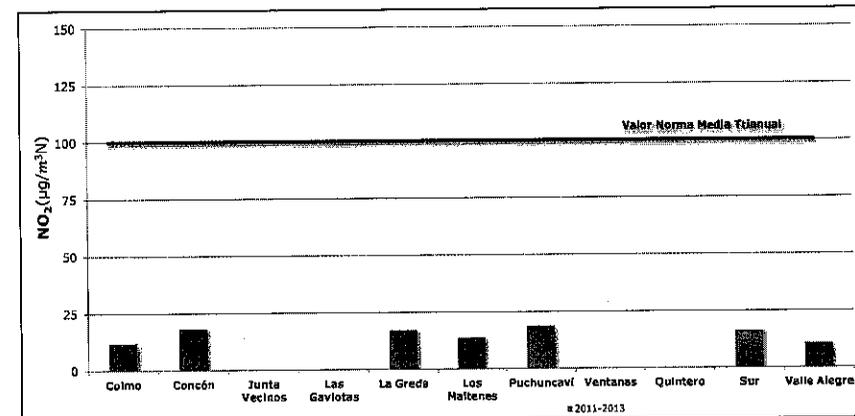


Figura 1.38: Media Trianual para las Estaciones monitoras

A continuación se describe por cada estación el comportamiento del gas contaminante NO₂:

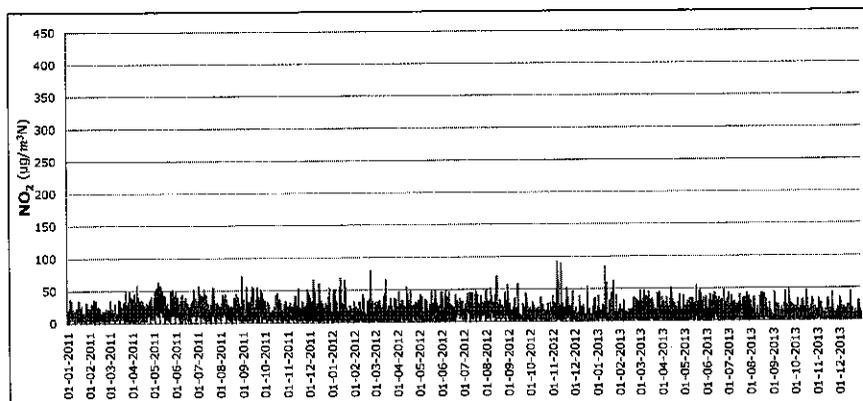
- Estación Colmo**

En la Tabla I.28 se resumen las métricas obtenidas para el dióxido de nitrógeno en la estación de monitoreo Colmo.

Tabla I.28: Resumen métricas de NO₂, 2011 -2013 Estación Colmo

Año	Porcentaje 99 ^{ma} hora (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N) 2011-2013	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N) 2011-2013
2011	57	-	14	-
2012	68	-	12	-
2013	51	59	10	12

La serie de tiempo graficada en la Figura 1.39 establece la distribución de los registros de datos para el NO₂ a nivel horario, se observa un bajo registro en cuanto a los valores de dióxido de nitrógeno, donde no se encuentran concentraciones horarias que sobrepasen el valor de la norma de 1 hora (400 µg/m³N) y el valor de la norma anual (100 µg/m³N).

**Figura 1.39: Serie de Tiempo concentraciones horarias NO₂, Estación Colmo**

- Estación Concón

En la Tabla I.29 se resumen las métricas obtenidas para el dióxido de nitrógeno en la estación de monitoreo Concón.

Tabla I.29: Resumen métricas de NO₂, 2011 -2013 Estación Concón

Año	Porcentaje 99 ^{ma} hora (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N) 2011-2013	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Trimestral (µg/m ³ N) 2011-2013
2011	62	-	20	-
2012	61	-	17	-
2013	61	61	16	18

La serie de tiempo graficada en la Figura 1.40 establece la distribución de los registros de datos para el NO₂ a nivel horario, se observa un bajo registro en cuanto a los valores de dióxido de nitrógeno, donde no se encuentran concentraciones horarias que excedan el valor de la norma 1 hora y anual (400 y 100 µg/m³N, respectivamente).

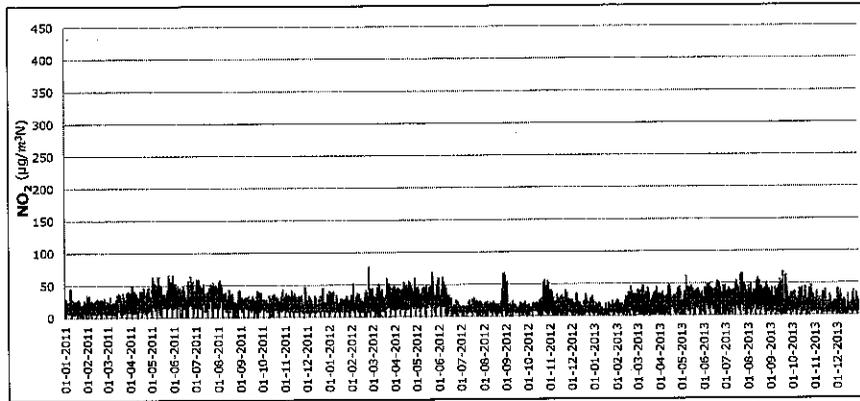


Figura 1.40: Serie de Tiempo concentraciones horarias NO₂, Estación Concón

• Estación La Greda

La Tabla I.30 muestra las métricas asociadas a esta estación. La Figura 1.41 muestra el comportamiento de las concentraciones horarias para el dióxido de nitrógeno, donde no hay registros que sobrepasen el valor de la norma de 1 hora (400 µg/m³N) y el valor de la norma anual (100 µg/m³N).

Tabla I.30: Resumen métricas de NO₂, 2011 -2013 Estación La Greda

Año	Percentil 99 máx. 1 hora (µg/m ³ N)	Media Trimestral máx. 1 hora (µg/m ³ N) 2011-2013	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Tri- anual (µg/m ³ N) 2011-2013
2011	55	-	16	-
2012	55	-	16	-
2013	75	61	19	17

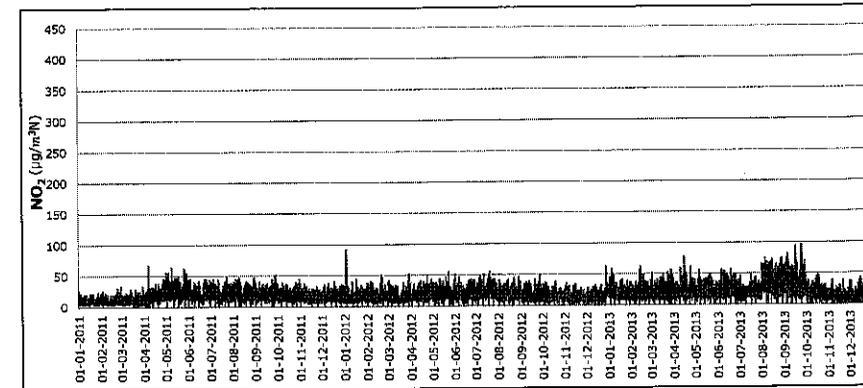


Figura 1.41: Serie de Tiempo concentraciones horarias de NO₂, Estación La Greda

• Estación Los Maitenes

La Tabla I.31 muestra las métricas asociadas a esta estación, donde no se presentan valores que sobrepasen el valor establecido por la norma, tanto para los cálculos asociados al percentil 99 como para las medias trimestrales. La Figura 1.42 muestra el comportamiento de las concentraciones horarias para el dióxido de nitrógeno, donde no hay registros que sobrepasen el valor de la norma en 1 hora y anual.

Tabla I.31: Resumen métricas de NO₂, 2011 -2013 Estación Los Maitenes

Año	Percentil 99 máx. 1 hora (µg/m ³ N)	Media Trimestral P99 máx. 1 hora (µg/m ³ N) 2011-2013	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Tri- anual (µg/m ³ N) 2011-2013
2011	55	-	14	-
2012	63	-	14	-
2013	59	59	14	14

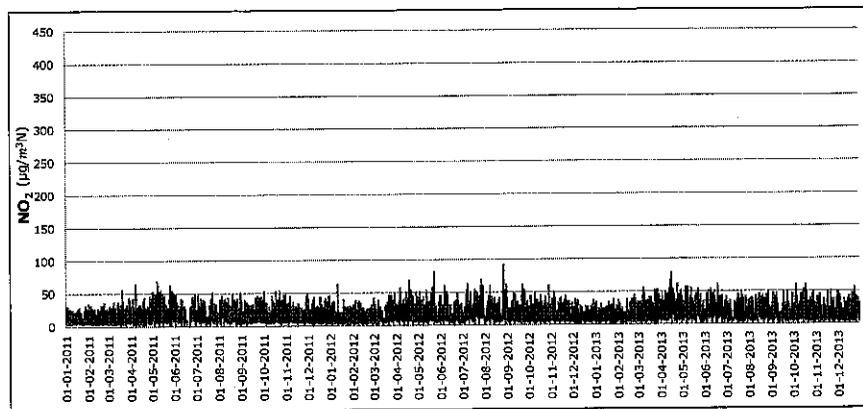


Figura 1.42: Serie de Tiempo concentraciones horarias NO₂, Estación Los Maitenes

• Estación Puchuncaví

En la Tabla I.32 se muestran las métricas asociadas a esta estación. La Figura 1.43 muestra el comportamiento horario del gas contaminante, donde se presenta un registro de concentración a nivel horario mayor que el valor establecido por la norma 1 hora (400 µg/m³N), también se presentan 2 y 12 registros de concentraciones igual o mayor al valor de la norma anual 100 µg/m³N, en los años 2012 y 2013, respectivamente.

Tabla I.32: Resumen métricas de NO₂, 2011 -2013 Estación Puchuncaví

Año	Percentil 99 máx. hora (µg/m ³ N)	Media Anual (µg/m ³ N) 2011-2013	Media Trimestral (µg/m ³ N)	Media Anual (µg/m ³ N) 2011-2013
2011	64	-	18	-
2012	87	-	18	-
2013	100	84	21	19

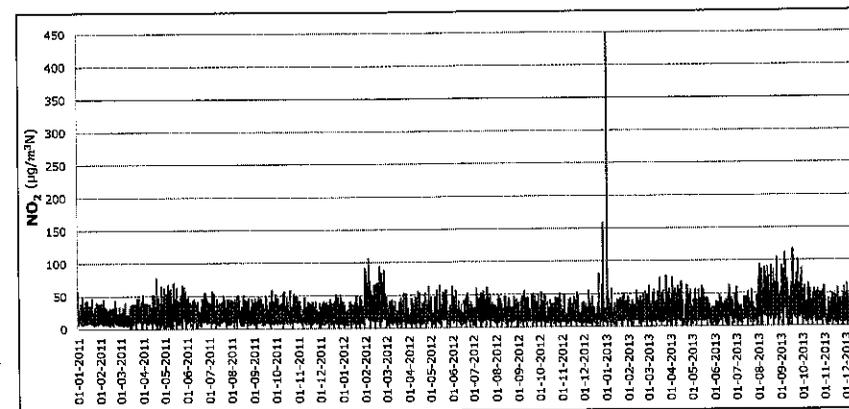


Figura 1.43: Serie de Tiempo concentraciones horarias NO₂, Estación Puchuncaví

• Estación Ventanas

No registra métricas de percentil 98 y medias tri-anales, debido a que no presenta la totalidad de registros para el periodo 2011-2013, no cumple el 75% de sus registros válidos. La Figura 1.44 muestra el comportamiento de los registros horarios de NO₂, la cual comienza su registro a partir del 6 de Mayo del 2013, se observa que no se presentan registros que sobrepasen tanto el valor de la norma en 1 hora (400 µg/m³N) como el valor de la norma anual (100 µg/m³N).

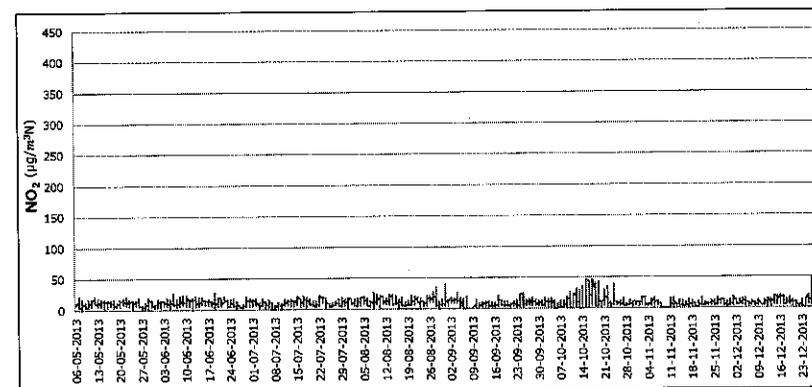


Figura 1.44: Serie de Tiempo concentraciones horarias NO₂, Estación Ventanas

• Estación Sur

La Tabla I.33 muestra las métricas asociadas para dióxido de nitrógeno, la Figura 1.45 muestra el comportamiento de las concentraciones horarias para el dióxido de nitrógeno, donde no hay registros que sobrepasen el valor de la norma de 1 hora (400 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), pero si un registro de concentración mayor que el valor de la norma anual (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), este corresponde al año 2012 específicamente el 6 de Julio.

Tabla I.33: Resumen métricas de NO₂, 2011 -2013 Estación Sur

Año	Parámetro de Calidad del Aire (PM ₁₀) (10 ³ $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Parámetro de Calidad del Aire (PM _{2.5}) (10 ³ $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Parámetro de Calidad del Aire (SO ₂) (10 ³ $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Métrica de Calidad del Aire (NO ₂) (10 ³ $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2011	70	-	17	-
2012	65	-	17	-
2013	59	65	15	16

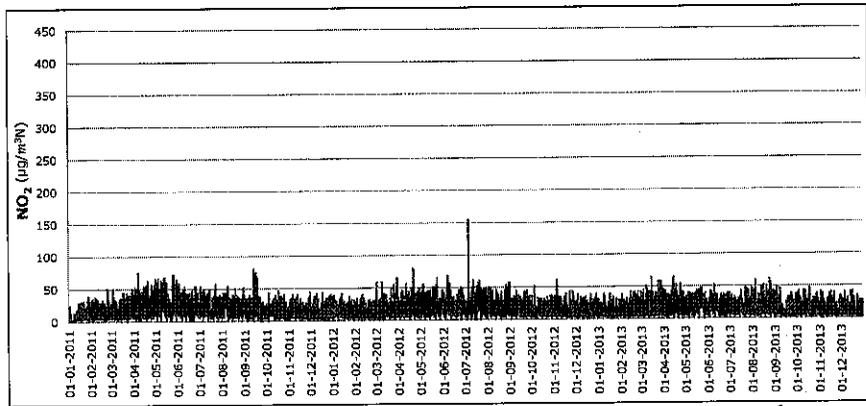


Figura 1.45: Serie de Tiempo concentraciones horarias NO₂, Estación Sur

• **Estación Valle Alegre**

La Tabla I.34 muestra las métricas asociadas al dióxido de nitrógeno para esta estación monitora. La Figura 1.46 presenta la serie de tiempo de las concentraciones horarias para el gas contaminante, donde no hay registros que sobrepasen el valor de la norma de 1 hora (400 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), pero si un registro de concentración mayor que el valor de la norma anual (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), este corresponde al 12 de Mayo del 2012 (108 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

Tabla I.34: Resumen métricas de NO₂, 2011 -2013 Estación Valle Alegre

Año	Parámetro de Calidad del Aire (PM ₁₀) (10 ³ $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Parámetro de Calidad del Aire (PM _{2.5}) (10 ³ $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Parámetro de Calidad del Aire (SO ₂) (10 ³ $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Métrica de Calidad del Aire (NO ₂) (10 ³ $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2011	64	-	11	-
2012	59	-	10	-
2013	67	63	11	11

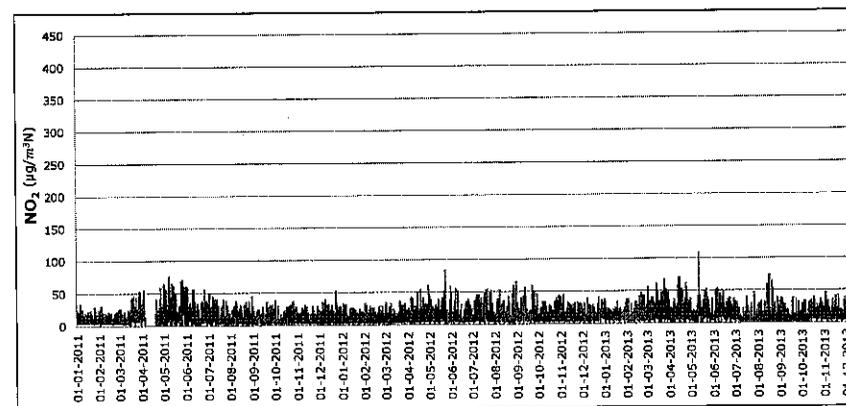


Figura 1.46: Serie de Tiempo concentraciones horarias NO₂, Estación Valle Alegre, período 2011-2013

1.3 RESUMEN CALIDAD DEL AIRE

En la Tabla I.35 resume las métricas asociadas al material particulado MP10, además de mostrar un contraste respecto a los periodos trianuales anteriores al estudiado. De esta forma, se observa una mínima variación en las concentraciones para los periodos mostrados, cabe destacar las estaciones Concón, La Greda y Colmo, las cuales presentan mayores valores de concentración para el período estudiado.

Tabla I.35: Resumen métricas Material Particulado MP10, estaciones de monitoreo

Estación	Media Trianual (µg/m ³) Año 2015	Media Trianual (µg/m ³) 2009-2011	Media Trianual (µg/m ³) 2012-2013	Media Trianual (µg/m ³) 2011-2013
Colmo	78	43	43	42
Concón	72	44	44	45
Junta Vecinos	69	39	38	38
Las Gaviotas	72	-	-	35
La Greda	77	37	37	44
Los Maitenes	54	47	46	31
Puchuncaví	61	35	33	38
Ventanas	-	-	-	-
Quintero	72	-	-	43*
Sur	52	-	-	30
Valle Alegre	49	31	31	30
Valor Norma	150		50	

*Medias referenciales, puesto que solo registran información para los años 2012 y 2013.

**Métricas obtenidas del Informe Técnico elaborado para las comunas de Concón, Puchuncaví y Quintero, Superintendencia del Medio Ambiente, Enero 2015.

La Tabla I.36, en tanto, resume las métricas correspondientes al material particulado MP2,5, y para las estaciones de monitoreo pertenecientes a la comuna de Concón, Puchuncaví y Quintero. En ella se destaca la estación Concón la cual presenta altos valores, seguido de las Estaciones de La Greda, Puchuncaví y Quintero.

Tabla I.36: Resumen métricas MP2,5, estaciones de monitoreo

Estación	Media Trianual (µg/m ³) Año 2015	Media Trianual (µg/m ³) 2011-2013
Colmo	-	-
Concón	50	21
Junta Vecinos	-	-
Las Gaviotas	-	-
La Greda	42	17*
Los Maitenes	37	15*
Puchuncaví	40	15*
Ventanas	-	-
Quintero	40	17*
Sur	37	-
Valle Alegre	32	13*
Valor Norma	50	20

*Medias referenciales, puesto que solo registran información para los años 2012 y 2013.

Rojo: estado de saturación
Amarillo: estado de latencia

La Tabla I.37 muestra las métricas asociadas a los gases contaminantes SO₂ y NO₂ para las estaciones de monitoreo.

Tabla I.37: Resumen métricas Gases (SO₂ y NO₂), estaciones de monitoreo

Estación	SO ₂		NO ₂	
	Media Trianual (µg/m ³) 2011-2013	Media Trianual (µg/m ³) 2011-2013	Media Trianual P98 max 24h (µg/m ³) 2011-2013	Media Trianual (µg/m ³) 2011-2013
Colmo	24	11	59	12
Concón	105	28	61	18
Junta Vecinos	49	15	-	-
Las Gaviotas	40	14	-	-
La Greda	79	17	62	17
Los Maitenes	127	33	59	14
Puchuncaví	55	19	84	19
Ventanas	-	-	-	-
Quintero	123	25	-	-
Sur	127	28	65	16
Valle Alegre	44	13	63	11
Valor Norma	250	80	400	100

ANEXO 3

REGISTRO FOTOGRAFICO

"EVALUACIÓN DE MEDIDAS COSTO EFECTIVAS PARA REVISAR Y REFORMULAR EL PLAN DE VENTANAS"



ELABORADO POR

GEOAIRE AMBIENTAL LIMITADA

PARA

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

16 de Noviembre de 2015

Nº Proyecto	Elaboración		Revisión		Versión	
G01-15	ESM	13-11-15	PSH	16-11-15	V	1

ESTUDIO DESARROLLADO POR:

Dr. Ing. Pedro Sanhueza H.
Dr. Jorge Cerda T.
Mónica Torreblanca V.
Evelyn Salazar M.
Carla Díaz M.
Alejandro Zepeda

Jefe de Proyecto
Gestión Territorial
Modelación Calidad del aire
Estimación de emisiones atmosféricas
Meteorología y Calidad del Aire
Tecnologías de la Información

CONTRAPARTE TÉCNICA:

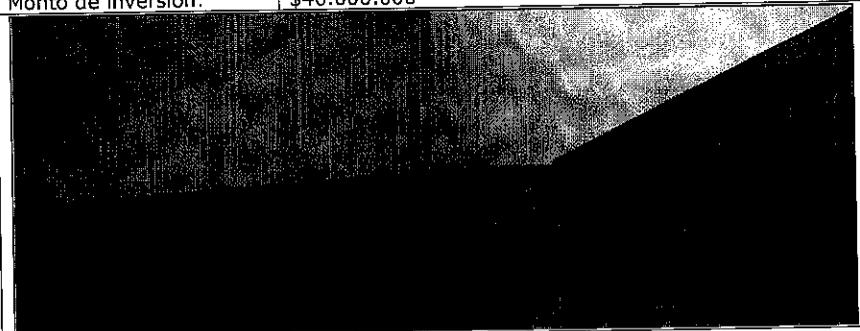
Carmen Gloria Contreras
Siomara Gómez
Priscilla Ulloa

Jefa Departamento de Normas del MMA
SEREMI del Medio Ambiente Valparaíso
Departamento de Normas MMA

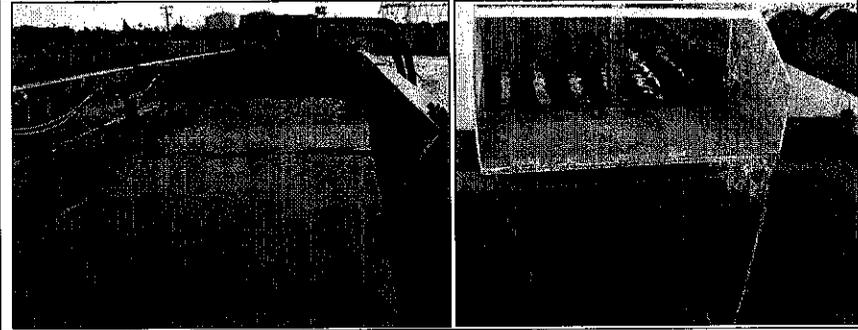
TABLA DE CONTENIDOS

1.	CATAMUTÚN ENERGÍA	4
3.	CODELCO DIVISIÓN VENTANAS	6
4.	AES GENER.....	9
5.	PUERTO VENTANAS	10

1. CATAMUTÚN ENERGÍA

1.1. Implementación cierre perimetral estero Campiche	
Características:	<ul style="list-style-type: none"> • Cierre de 7 metros de altura. • Estructura metálica con malla raschel. • 120 metros lineales de largo.
Monto de inversión:	\$40.000.000
	

1.2. Sistema de lavado de ruedas de camiones	
Características:	<ul style="list-style-type: none"> • Solución probada importada de Suiza. • Sistema cerrado, con sistema de extracción de lodos y recirculación de agua. • Capacidad de atender hasta 500 camiones/día. • Funcionamiento automático.
Monto de inversión:	\$60.000.000
	

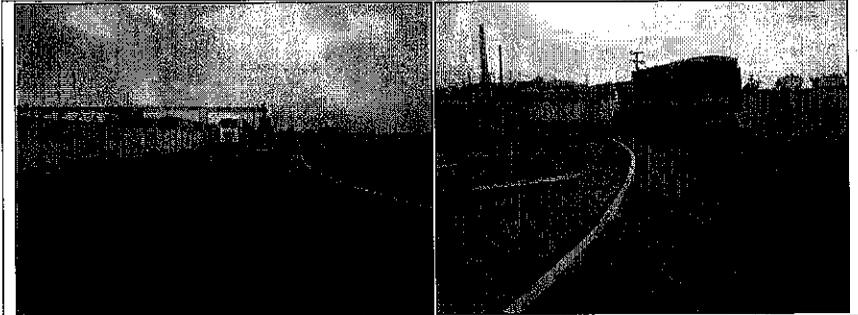
1.3. Sistema de lavado de ruedas de camiones**1.4. Mejoras a acceso**

Características:

- Solución probada importada de Suiza.
- Sistema cerrado, con sistema de extracción de lodos y recirculación de agua.
- Capacidad de atender hasta 500 camiones/día.
- Funcionamiento automático.

Monto de inversión:

\$60.000.000

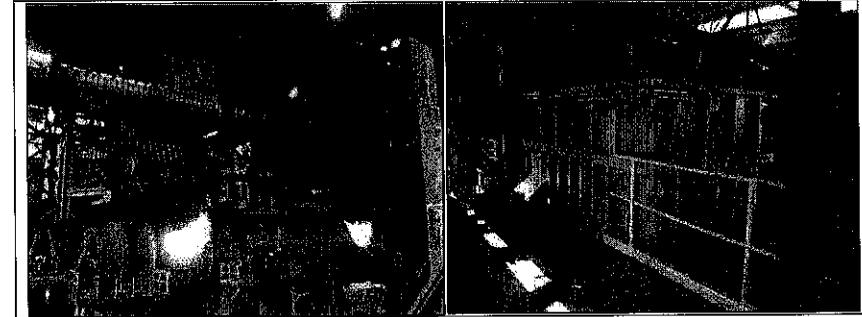
**2. CODELCO DIVISIÓN VENTANAS****2.1. Alimentación carga fría CPS**

Características:

- Disminuye la emisión de gases fugitivos al abrir la compuerta de la campana de los convertidores, durante la adición de carga fría.
- Adquisición, montaje y puesta en servicios de los siguientes equipos: Alimentador Pesométrico, sistema de control, sistema de alimentador de carga Fría, unidad Hidráulica, tolva y estructura.
- Aumenta la captación de azufre en 0,6% con los tres convertidores implementados.

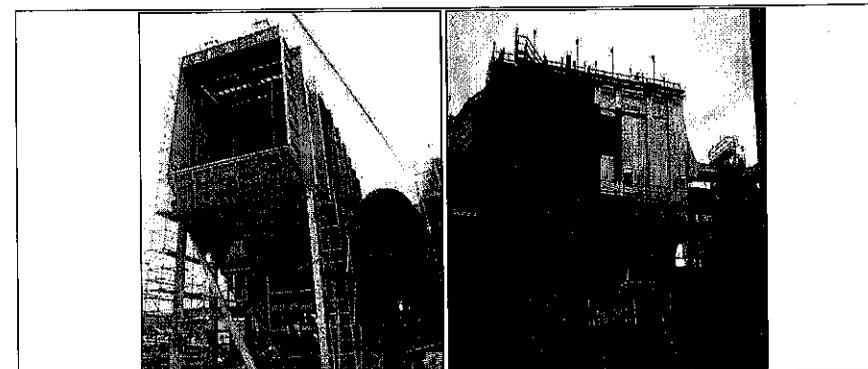
Monto de inversión:

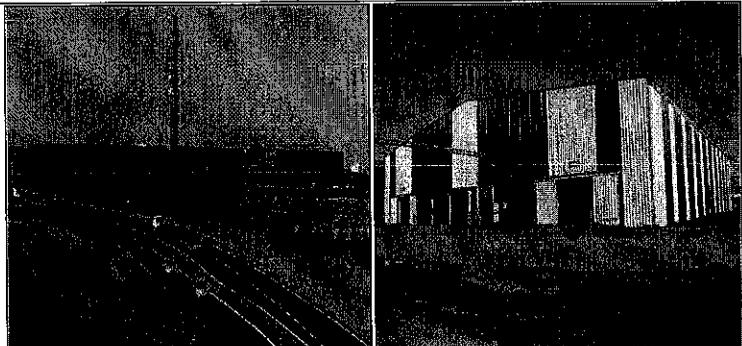
KUS\$ 4.100



2.2. Mejoramiento Filtro Mangas Secador	
Características:	<ul style="list-style-type: none"> Reparación mayor del existente filtro de mangas, que trata los gases provenientes del secador de concentrados, implementando una pre cámara decantadora para aumentar la captación de material particulado. Disminución emisión de MP de 310 a 50 mg/Nm³. Menor emisión de MP 58 ton/año.
Monto de inversión:	KUS\$ 2.400
	

2.3. Aumento Captación PEE Horno Eléctrico	
Características:	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de capacidad de captación de polvo del precipitador electrostático (PEE), que trata los gases provenientes del Horno Eléctrico de limpieza de escoria, a través de la instalación de un nuevo campo a continuación de los tres actuales y el reemplazo de componentes que cumplieron su vida útil, para restituir su capacidad de diseño, lo que permitirá aumentar la captura de material particulado. Disminución de emisión de MP de 220 a 50 mg/Nm³. Menor emisión de MP 44 ton/año.
Monto de inversión:	KUS\$ 6.600



2.4. Mitigación ambiental stock de concentrados	
Características:	<ul style="list-style-type: none"> Mitigar la emisión de material particulado en los procesos de manejo, transporte y disposición de concentrados y de materias primas de la Fundición de Codelco Ventanas. Nuevo Centro de Recepción de Concentrados (60 x 70 metros) con iluminación y ventilación. Tratamiento de caminos 14.000 m². Instalación de dos (2) sistemas de lavado de ruedas de camiones. Forestación de franja frente a escorial, 10 x 700 metros. Cierres operacionales: lado este galpón cancha conjunto, galpón acopio finos, galpón chancado recuperadora de cobre.
Monto de inversión:	KUS\$ 7.600
	
Cierre perimetral Norte-este	Centro acopio de concentrado

2.5. Acopio Catamutún



Acopio Catamutún

Caratálogo 027 junio 2012

3. AES GENER

3.1. Acopio Complejo Termoelectrico Ventanas



Acopio Complejo Termoelectrico Ventanas

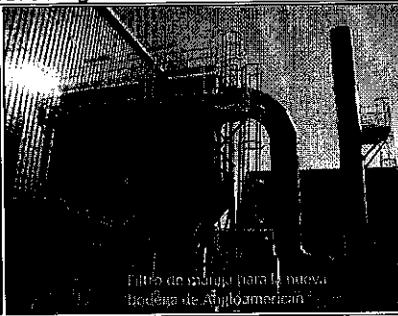
Caratálogo 027 junio 2012

4. PUERTO VENTANAS

4.1. Bodega de concentrado de cobre Angloamerican



Bodega de concentrado de cobre Angloamerican



Filtro de purificación para la nueva Bodega de Angloamerican

4.2. Domo Cemento Melón



Domo Cemento Melón

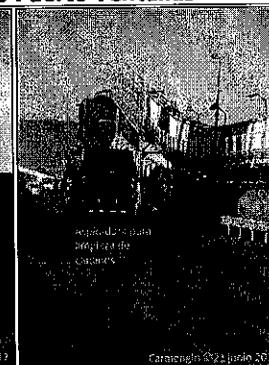


Domo Cemento Melón

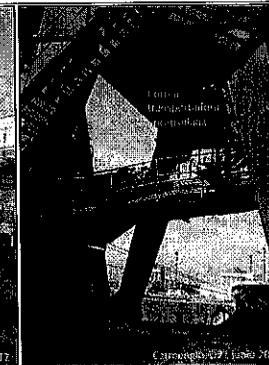
4.3. Otras iniciativas Puerto Ventanas



Otras iniciativas Puerto Ventanas



Otras iniciativas Puerto Ventanas



Otras iniciativas Puerto Ventanas