



**Fundación**  
**Centro Nacional del Medio Ambiente**  
Av. Larrain N° 9975, La Reina, Santiago, Chile  
Teléfono: (56-2) 927 55 00, <http://www.cenma.cl>



**INFORME FINAL**  
**“MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA MP2,5 EN**  
**HUASCO Y AUDITORÍA AMBIENTAL A ESTACIONES DE**  
**MONITOREO”**  
**Versión Revisada**  
**(UMGCA-009-LMCAI-007-2012)**

Desarrollado para

**SEREMIA REGIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**  
**REGIÓN DE ATACAMA**

**SANTIAGO – CHILE**  
**Mayo 2012**

Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA)

Año 2012

Monitoreo de Calidad del Aire para MP2,5 en Huasco y Auditoría Ambiental a Estaciones de Monitoreo.

**Informe Final, Versión Revisada**

**Mayo 2012**

Obra protegida por la Ley 17.336 sobre Propiedad Intelectual

Ninguna parte de este Informe puede ser reproducido, transmitido o almacenado, en cualquier forma o por cualquier medio, sin permiso expreso de CENMA, o de la Institución contratante del estudio.

*Fundación Centro Nacional del Medio Ambiente CENMA*

Prof. Víctor Pérez, Presidente

Dr. Italo Serey, Director Ejecutivo

*Estudio desarrollado por el Laboratorio de Modelación y Análisis Atmosférico*

*Equipo de Trabajo:*

Gerardo Alvarado, Jefe Monitoreo de Calidad de Aire e Instrumentación

Isabel Leiva, Supervisor de Unidad de Instrumentación y Estaciones de Monitoreo

Javier Vargas, Ingeniero Mediciones de Calidad de aire y Meteorológicas

Javier Elgueta, Ingeniero Mediciones de Calidad de aire y Meteorológicas

Rodrigo López, Técnico Mediciones de Calidad de aire y Meteorológicas

Julio Coloma, Operador equipos Mediciones de Calidad de aire y Meteorológicas

*Autores del Informe:*

Gerardo Alvarado Z.

Isabel Leiva C.

Fundación Centro Nacional del Medio Ambiente

Av. Larráin 9975, La Reina, Santiago, Chile

Tel: (56-2) 927 55 00, Fax: (56-2) 275 1688

## RESUMEN EJECUTIVO

La comuna de Huasco se localiza en la costa de la III Región de Atacama en una pequeña bahía abierta al norte, ocupando la vertiente sur de la cuenca del río Huasco, tiene una población de 7795 habitantes y una superficie de 1635 km<sup>2</sup> (correspondiente al 8,6% provincial y al 2,1% regional). Actualmente se discute la posibilidad de declarar zona latente por material particulado respirable por MP-10 y por material particulado sedimentable ciertas zonas de la comuna.

Dada la complejidad que significa la presencia de valores de latencia para material articulado respirable MP-10 y para material articulado sedimentable (MPS), junto con un escenario futuro donde se incorporarán nuevas fuentes emisoras y la necesidad de contar con mediciones de MP2,5 a razón de la futura norma de calidad del aire por Material Particulado Respirable MP2,5 y de la norma de emisión para Termoeléctricas, se hace necesario un estudio de evaluación de las estaciones de monitoreo en Huasco y realizar mediciones de MP2,5 para complementar las mediciones de MP10 en la estación EME F. Dicho estudio fue licitado y adjudicado a CENMA.

El alcance de la auditoria en terreno aplicó a los monitores de MP10 en las estaciones EME F, EME M y 21 de Mayo, en cuanto a los procedimientos de operación, estado de equipos, registros de calibraciones, cumplimiento D61/2008, evaluación de la representatividad poblacional (DS59/1998) y verificación del funcionamiento de los monitores. Las actividades en terreno fueron realizadas entre el 31 de agosto y el 2 de septiembre de 2011.

Desde la tarde del 21 de septiembre de 2011 hasta el 29 de febrero de 2012 se realizó monitoreo continuo de MP2,5 con un equipo de última generación de atenuación Beta, marca Thermo Scientific modelo SHARP 5030, el cual incorpora un sensor tipo nefelómetro para comparar y ajustar las concentraciones, especialmente para períodos de corta duración de tiempo. El equipo es considerado de referencia por la norma de calidad de aire Chilena DS 59/1998 y de equivalencia por la USEPA (EQPM-0609-184). Además, se instaló una estación meteorológica simple para medición de viento a una altura cercana a los cabezales y para medición de temperatura y humedad relativa.

### **Principales comentarios y recomendaciones:**

#### Respecto a las mediciones de MP2,5

La estación fue instalada el 21 de septiembre en el recinto de la estación EME F, es decir en el recinto de la Compañía de Bomberos (Latorre 346). Además de las mediciones de MP2,5 se está midiendo Temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de viento.

Durante el período de mediciones no hubo fallas de funcionamiento de los equipos con un porcentaje de 99% de datos validados de MP2,5 y 100% para las variables meteorológicas. El 1% de datos inválidos de MP2,5 corresponden a horas de mantención y algunos cortes del suministro energía eléctrica.

El 99.6% de las concentraciones horarias válidas de MP2,5 son menores a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con valor máximo de  $184 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un promedio de  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

El ciclo diario de MP2,5 para septiembre y octubre tiene concentraciones promedios mayores durante las primeras horas (entre  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) disminuyendo en la tarde a las horas de mayor velocidad de viento con valores entre  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Para los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero el comportamiento del ciclo diario de MP2,5 es similar al ciclo de la velocidad de viento alcanzando mayores concentraciones, entre  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , durante la tarde a las horas de mayor velocidad de viento con componente SW (dirección en la cual se encuentra la planta de pellets). Las menores concentraciones (entre  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ocurren durante la noche y la madrugada con velocidades de viento menores a 1 m/s y direcciones desde sector NNW a NNE (desde el valle).

#### Respecto a la norma primaria de MP2,5

El percentil 98 de las concentraciones diarias de MP2,5 registradas por el equipo Beta instalado en la estación EME F entre 22 de septiembre y 29 de febrero fue  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (la concentración diaria máxima fue  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). El valor promedio de concentración de MP2,5 durante el mismo período fue  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por lo tanto, si durante el resto del año las concentraciones de MP2,5 son similares a las obtenidas entre Septiembre y Febrero, no se superaría la norma tanto diaria como anual de MP2,5 como tampoco la condición de latencia (80% de la norma).

#### Respecto a la comparación entre equipos CENMA y Guacolda de MP2,5

El promedio para el período de comparación (22 de septiembre al 31 de enero) es  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el equipo de la estación F y  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el equipo de CENMA. La diferencia de las concentraciones está de acuerdo a los rangos esperados según el fabricante ( $\pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La buena correlación entre las concentraciones verifica el buen funcionamiento de ambos monitores de MP2,5.

#### Respecto a la participación del MP2,5 en concentraciones de MP10:

Al estudiar las concentraciones diarias de MP2,5 y MP10 en la estación EME F para el período septiembre 2011 a enero de 2012 se aprecia que la mayor cantidad de casos corresponde a aportes entre 40% y 50% de MP2,5, seguido por casos entre 30 y 40%. Al considerar los promedios mensuales, la participación del MP2,5 tiene un rango variable entre 34% y 57% de las concentraciones mensuales de MP10.

#### Respecto a las concentraciones históricas de MP10

Hay un comportamiento anormal de las concentraciones entre enero de 2009 y marzo de 2010 para MP10 en la estación 21 de Mayo se recomienda invalidar por falla en flujos según operadores de los equipos.

Desde fines de 2006, disminuyen notoriamente las concentraciones mensuales de MP10 en la estación EME F respecto a los años anteriores, alcanzando valores entre  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , similares a los registrados en la estación EME M, situación que se observa con mayor claridad al comparar los promedios anuales.

El promedio anual de MP10 para el año 2011 en EME F y EME M es  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , valor cercano a la mitad de los valores registrados en el año 1998.

Desde el año 1998, la norma diaria de MP10 solamente ha sido superada en la estación EME F en los años 2000 y 2001. Durante los años 2010 y 2011 el percentil 98 de las concentraciones diarias en las 3 estaciones de Huasco no ha superado el valor de latencia de la norma diaria de MP10.

Desde el año 2007 no se ha superado la norma anual en ninguna de las estaciones con valores de latencia por norma anual en estaciones EME F y EME M. La estación 21 de Mayo tiene concentraciones bajo el límite de latencia.

#### Respecto a la representatividad espacial de las estaciones de monitoreo:

Las estaciones EME M, EMM F y 21 de Mayo cumplen los criterios de representatividad poblacional para MP10. No se apreciaron fuentes locales, en las cercanías, que puedan afectar las concentraciones.

#### Respecto al estado de equipos:

Las pruebas de funcionamiento y revisión del estado de los equipos de MP10 verifica el normal funcionamiento de éstos.

#### Respecto a las instalaciones y personal de la red

Las instalaciones y el personal dedicado a la red es adecuado e idóneo. Sin embargo, las casetas están deterioradas por el ambiente salino, especialmente en la estación 21 de mayo.

#### Respecto al sistema control y aseguramiento de calidad

El programa de control y aseguramiento de calidad es adecuado. Para mejorar el sistema se recomienda:

- Incorporar en los formularios de calibración de flujo de monitores continuos la fecha de calibración de equipo de referencia o transferencia.
- Incorporar en los formularios de calibración de flujo de equipo de alto volumen marca, modelo, n/serie, fecha de calibración de equipo de referencia o transferencia.
- Mantener en las estaciones los certificados de calibración de los equipo de referencia o transferencia.
- Implementar algunos procedimientos de mantención específicos a los monitores, especialmente en caso de fallas y mantenerlos en las estaciones.

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>MEDICIONES DE MP2,5 EN HUASCO CON EQUIPO CENMA</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Instalación, calibración y puesta en marcha</b> .....	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>Operación de la estación de monitoreo MP2,5</b> .....	<b>6</b>
<b>3.3</b>	<b>Recolección y procesamiento de datos</b> .....	<b>6</b>
<b>3.4</b>	<b>Resultados mediciones de MP2,5 y meteorológicas</b> .....	<b>7</b>
<b>3.5</b>	<b>Comparación MP2,5 entre equipos CENMA y Guacolda</b> .....	<b>13</b>
<b>3.6</b>	<b>Comparación MP2,5 con norma primaria de calidad de aire para MP2,5</b> .....	<b>14</b>
<b>3.7</b>	<b>Participación MP2,5 en MP10</b> .....	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>AUDITORÍA ESTACIONES DE MONITOREO</b> .....	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Análisis estadístico de las concentraciones de MP10 en las estaciones</b> .....	<b>18</b>
<b>4.2</b>	<b>Alcance y metodología de la auditoria en terreno a las estaciones</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3</b>	<b>Hallazgos de auditoria</b> .....	<b>24</b>
4.3.1	Diseño de la red .....	24
4.3.2	Recursos e instalaciones .....	25
4.3.3	Descripción equipos y metodologías de monitoreo .....	25
4.3.4	Evaluación cumplimiento reglamento de monitoreo (Dto. N°61) .....	26
4.3.5	Evaluación procesamiento de datos e informes .....	30
4.3.6	Aseguramiento y control de la calidad.....	31
<b>4.4</b>	<b>No conformidades</b> .....	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDACIONES:</b> .....	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>38</b>

**ANEXO A: Fotos Estaciones**

**ANEXO B: Resultados Chequeos Equipos de Monitoreo**

**ANEXO C: Datos mediciones de MP2,5 y meteorología realizadas por CENMA**

**ANEXO D: Documentos mantención estación 21 de mayo**

## 1 INTRODUCCIÓN

La comuna de Huasco se localiza en la costa de la III Región de Atacama en una pequeña bahía abierta al norte, ocupando la vertiente sur de la cuenca del río Huasco, en las coordenadas geográficas 28° 27'30" S y 71° 13'00" W. Huasco tiene una población de 7795 habitantes y una superficie de 1635 km<sup>2</sup> (correspondiente al 8,6% provincial y al 2,1% regional).

Huasco corresponde a la segunda ciudad en jerarquía en la Región, después de Vallenar, influenciando a nivel comunal e intercomunal como centro de servicios, puerto de embarque y balneario. La cercanía de Vallenar le resta influencia, como centro de equipamiento mayor.

Huasco se conecta con la Ruta 5 Norte por la ruta Vallenar-Huasco o C-46, siendo de tránsito intenso el flujo entre estos puntos. Existe una red ferroviaria sin transporte de pasajeros y de uso exclusivo para el transporte de hierro de la mina Algarrobo y Huasco (puerto mecanizado). El aeropuerto más cercano se encuentra en Vallenar. Carrizal Bajo cuenta con un aeródromo. El puerto sirve para la salida de minerales provenientes de la planta de pellets de Compañía Minera del Pacífico (CMP) y recibe, desde el exterior, carbón para la termoeléctrica de Guacolda S.A.

El desarrollo industrial de Huasco, que, junto con la actividad agrícola, está basado en actividades industriales mineras y de generación termoeléctrica, a partir de fines de los años 80 y principios de los 90, ha afectado la calidad del aire, principalmente en los parámetros de material particulado respirable y sedimentable y en menor medida en otros contaminantes tales como el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno.

Actualmente se discute la posibilidad de declarar zona latente por material particulado respirable por MP-10 y por material particulado sedimentable ciertas zonas de la comuna. Lo anterior considerando los resultados de las mediciones de dos redes de monitoreo que existen en la zona, a saber la red de monitoreo de la Empresa eléctrica Guacolda que mide fundamentalmente Material particulado respirable MP-10, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y parámetros meteorológicos y la Red de Monitoreo de la Compañía Minera del Pacífico que mide material particulado sedimentable.

Las principales fuentes industriales que impactan la calidad del aire en la comuna de Huasco son: La Planta de Pellet de la Compañía Minera del Pacífico, el Complejo termoeléctrico de la Empresa eléctrica Guacolda con 4 unidades en operación y una quinta en construcción y la pequeña central termoeléctrica de ENDESA, mientras que se encuentra en evaluación ambiental un proyecto de central termoeléctrica en el sector Punta Alcalde que también pertenece a ENDESA.

### Justificación de un estudio de calidad del aire en Huasco

Dada la complejidad que significa la presencia de valores de latencia para material particulado respirable MP-10 y para material particulado sedimentable (MPS), junto con un escenario futuro donde se incorporarán nuevas fuentes emisoras y la necesidad de contar con mediciones de MP<sub>2,5</sub> a razón de la futura norma de calidad del aire por Material Particulado Respirable MP<sub>2,5</sub> y de la norma de emisión para Termoeléctricas, se hace necesario un estudio de evaluación de las estaciones de monitoreo en Huasco y realizar mediciones de MP<sub>2,5</sub> para complementar las mediciones de MP<sub>10</sub> en la estación EME F.

La figura siguiente ilustra las estaciones de monitoreo en el área urbana de Huasco.



\*Referencia Google Earth

**Figura 1 Ubicación estaciones de monitoreo en Huasco**

## 2 OBJETIVOS

De acuerdo a las bases técnicas de la licitación los objetivos son:

### **Objetivo General**

Realizar un monitoreo de concentraciones ambientales de MP2,5 y una auditoría a las estaciones EME M y EME F, y 21 de mayo en la localidad de Huasco.

### **Objetivos Específicos:**

- a. Realizar un monitoreo continuo de MP2,5 en la estación EME F, con un método Beta o TEOM.
- b. Auditar las estaciones de monitoreo de calidad de aire EME M, EME F y 21 de mayo, de acuerdo al DS61/ 2008, del Minsal.

El presente informe se divide en 2 capítulos, el primero corresponde al resultado de las mediciones de MP2,5 y el segundo a los resultados de la auditoría a 3 estaciones de monitoreo en Huasco.

### 3 MEDICIONES DE MP2,5 EN HUASCO CON EQUIPO CENMA

#### 3.1 Instalación, calibración y puesta en marcha

Se realizó monitoreo continuo de MP2,5 con un equipo de última generación de atenuación Beta, marca Thermo Scientific modelo SHARP 5030, el cual incorpora un sensor tipo nefelómetro para comparar y ajustar las concentraciones, especialmente para períodos de corta duración de tiempo (minutos, con actualización cada 4 segundos). El equipo es considerado de referencia por la norma de calidad de aire Chilena DS 59/1998 y de equivalencia por la USEPA (EQPM-0609-184), tiene un rango de medición de 0-10000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y una resolución de 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Además, permite mediciones y promedios desde 1 minuto. Las imágenes siguientes ilustran el equipo Beta MP2,5.



Unidad electrónica monitor Beta MP2,5



Cabezal entrada MP2,5

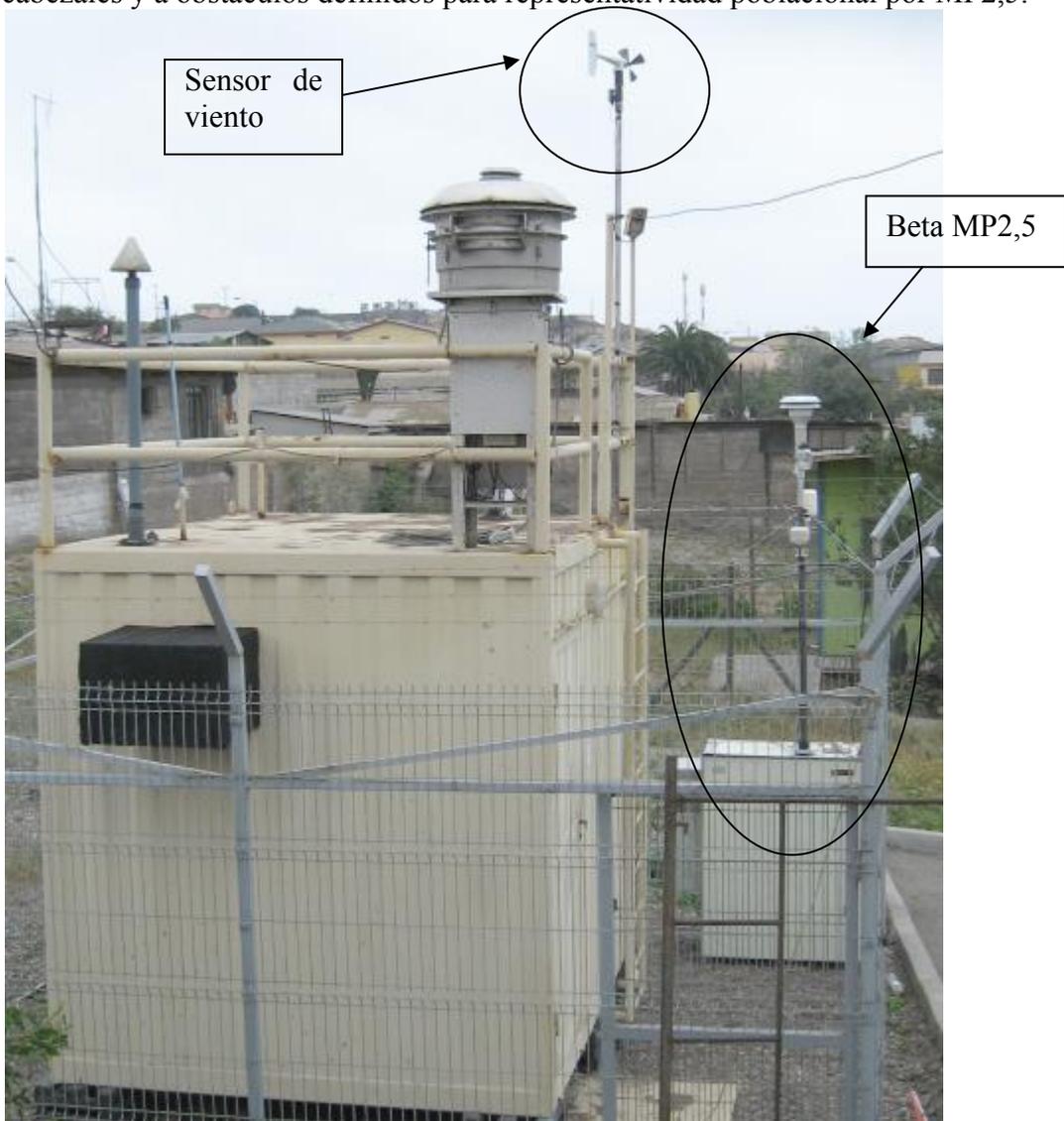
**Figura 2 Monitor Beta MP2,5 modelo SHARP 5030**

Además, se instaló una estación meteorológica simple para medición de viento a una altura cercana a los cabezales y para medición de temperatura y humedad relativa.

El traslado, instalación, calibración y puesta en marcha de la estación fue realizado por técnicos de CENMA de reconocida experiencia. Los equipos fueron trasladado desde Santiago en camioneta para evitar daños por transporte. La instalación se realizó el 21 de septiembre de 2011.

El equipo se instaló en una caseta especialmente diseñada para mantener condiciones de temperatura en los rangos recomendados por el fabricante y el D.S. N° 61/08 de MINSAL, es decir entre 20 y 30°C.

La figura siguiente muestra los equipos instalados a un costado de la estación de monitoreo EME F de propiedad de Guacolda y operada por CESMEC, ubicado al interior de la Compañía de Bomberos de Huasco. El lugar cumple las exigencias de distancias entre cabezales y a obstáculos definidos para representatividad poblacional por MP2,5.



**Figura 3 Monitor de MP2,5 instalado en Compañía de Bomberos de Huasco**

La puesta en marcha de la estación incluyó verificación de flujos de operación y calibración in situ del sensor de atenuación Beta de acuerdo a los procedimientos del fabricante y los establecidos en el sistema de calidad ISO9001 de CENMA.

La Tabla 1 presenta los equipos instalados en el interior de la estación EME F:

**Tabla 1 Equipos instalados en interior estación EME F**

Equipo	Marca	Modelo	N/Serie
Monitor Beta para MP2,5	Thermo	Sharp 5030	E-469
Sensor de vel y dir de viento	RM Young	5305 AQ	21131
Sensor de Temp y HR	Vaisala	HMP50	E0450073
Datalogger	Campbell SCi.	CR1000	26771/22576
Modem GPRS	YXWireles	xmodem	M6010242
Caseta con Aire acondicion.	EKTO	432 Sp	N/D

### 3.2 Operación de la estación de monitoreo MP2,5.

La estación permaneció instalada por un período mayor a los 5 meses establecidos en las bases de licitación (21 de septiembre de 2011 a 29 de febrero de 2012), durante el cual fue operada y mantenida por técnicos calificados de CENMA, dando cumplimiento a las exigencias del D.S. N° 61/08 del MINSAL. Adicionalmente, mantuvo un operador local, capacitado durante la instalación de equipos, para visitas semanales de inspección del funcionamiento de los equipos.

La estación fue conectada en línea mediante un modem celular, lo cual permite una continua vigilancia a distancia tanto de las concentraciones registradas como de los parámetros operacionales del monitor Beta. Se realizaron visitas mensuales de técnicos calificados para mantenimiento preventiva. Durante el período de medición no hubo fallas de equipos, solamente la interrupción por algunas horas del suministro eléctrico.

### 3.3 Recolección y procesamiento de datos

La información de MP2,5 y variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de viento) fue recolectada en tiempo real en la central de información de CENMA, siendo revisada y validada operacionalmente cada día. En el datalogger de la estación se almacenaron datos promedios de 5 minutos y promedios horarios de las variables medidas.

Para la validación de datos se utilizó la información recolectada manualmente del datalogger durante las visitas de mantención. Los datos validados han sido enviados según el formato del Dto. N°61/2008.

La **Tabla 2** muestra el porcentaje de datos válidos durante el período de monitoreo.

**Tabla 2 Porcentaje de datos válidos 22 septiembre a 29 de febrero de 2012**

Períodos	Variables				
	MP2,5	Temperatura	Humedad Relativa	Velocidad Viento	Dirección Viento
22 a 30 sep 2011	97.7	100	100	100	100
Oct 2011	99.5	100	100	100	100
Nov 2011	98.3	100	100	100	100
Dic 2011	99.5	100	100	100	100
Ene 2012	96.8	100	100	100	100
Feb 2012	99.6	100	100	100	100

### 3.4 Resultados mediciones de MP2,5 y meteorológicas

La definición horaria en equipos y datalogger corresponde a fin de período, luego la hora 1 corresponde al promedio entre las 00:01 y 01:00, el promedio diario corresponde al promedio entre las horas 1 y 24.

Las tablas siguientes gráficos resumen los valores máximos, mínimos y promedios para las variables monitoreadas. Un mayor detalle se incluye en Anexo C:

**Tabla 3 Resumen de concentraciones horarias de MP2,5, estación CENMA en Huasco**

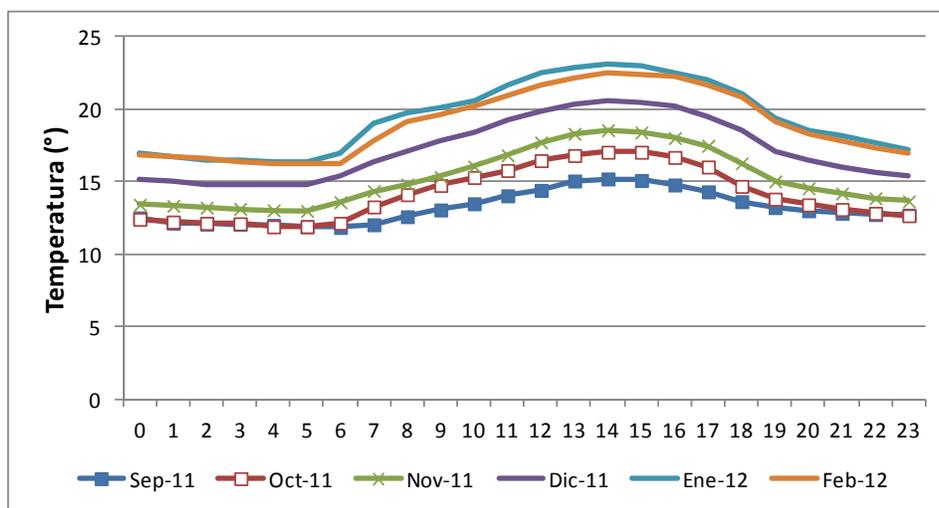
Períodos	% datos	Mínimo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Máximo $\mu\text{g}/\text{m}^3$
22 a 30 sep 2011	97.7	3	16	67
Oct 2011	99.5	2	15	136
Nov 2011	98.3	1	12	46
Dic 2011	99.5	2	13	180
Ene 2012	96.8	1	13	49
Feb 2012	99.6	1	15	184

**Tabla 4 Resumen de concentraciones diarias de MP2,5, estación CENMA en Huasco**

Períodos	N días	Mínimo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Máximo $\mu\text{g}/\text{m}^3$
22 a 30 sep 2011	9	9	16	25
Oct 2011	31	6	15	23
Nov 2011	29	7	12	33
Dic 2011	31	9	13	20
Ene 2012	30	9	13	24
Feb 2012	29	10	15	24
22-sep a 29-feb	159	6	14	33

**Tabla 5 Resumen de valores horarios de Temperatura, estación CENMA en Huasco**

Períodos	% datos	Mínimo °C	Promedio °C	Máximo °C
22 a 30 sep 2011	100	9.5	13.2	17.2
Oct 2011	100	8.5	14.1	20.2
Nov 2011	100	9.8	15.3	21.5
Dic 2011	100	12.4	17.2	22.7
Ene 2012	100	15.0	19.4	25.3
Feb 2012	100	13.6	19.0	25.8



**Figura 4 Ciclos diarios de Temperatura, estación CENMA en Compañía de Bomberos de Huasco, 22 de septiembre de 2011 a 29 de febrero de 2012**

El ciclo diario de temperatura muestra un aumento de las máximas durante las tardes y mínimas en la madrugada desde septiembre a enero, con valores horarios que oscilan entre 11 y 23 °C, en promedio. La máxima temperatura registrada fue 25.8°C el 16 de febrero.

**Tabla 6 Resumen de valores horarios de Humedad, estación CENMA en Huasco**

Períodos	% datos	Mínimo %	Promedio %	Máximo %
22 a 30 sep 2011	100	58	82	94
Oct 2011	100	40	75	95
Nov 2011	100	47	77	100
Dic 2011	100	41	76	99
Ene 2012	100	34	72	100
Feb 2012	100	48	76	100

**Tabla 7 Resumen de valores horarios de velocidad de viento, estación CENMA en Huasco**

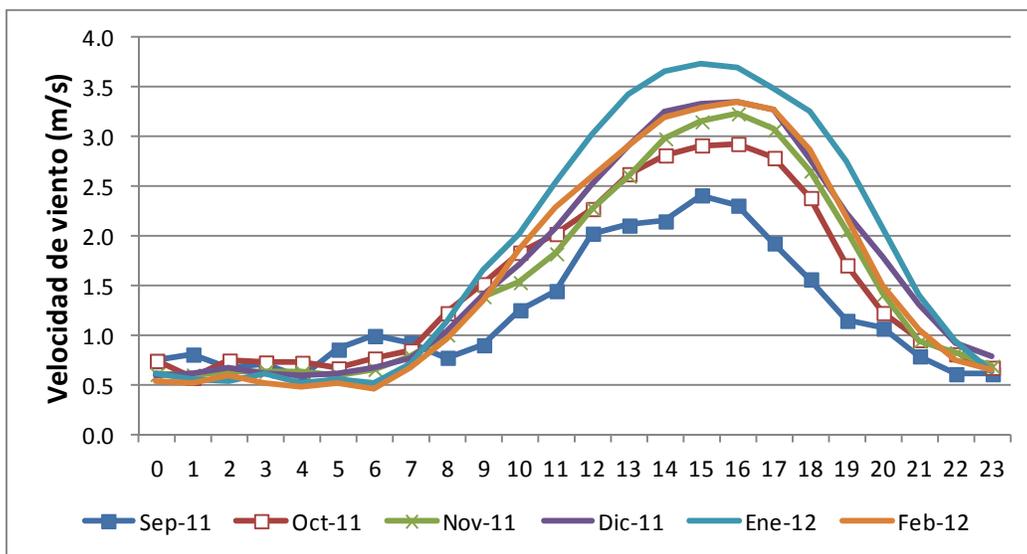
	%	Mínimo	Promedio	Máximo
Períodos	datos	m/s	m/s	m/s
22 a 30 sep 2011	100	0.0	1.2	4.2
Oct 2011	100	0.0	1.5	5.0
Nov 2011	100	0.1	1.5	4.6
Dic 2011	100	0.1	1.7	4.6
Ene 2012	100	0.1	1.8	5.0
Feb 2012	100	0.1	1.6	5.2

La Tabla 8 muestra que la dirección predominante del viento tiene una componente generalmente SW durante las tardes y noches rotando a componentes desde el N y SE en la madrugada (entre 1 y 6h) y desde el NNW para las primeras horas de la mañana (entre 7 y 12h).

**Tabla 8 Direcciones de viento predominantes y su porcentaje de ocurrencia, Valores mensuales y ciclo diario (4 períodos), Estación CENMA en Huasco**

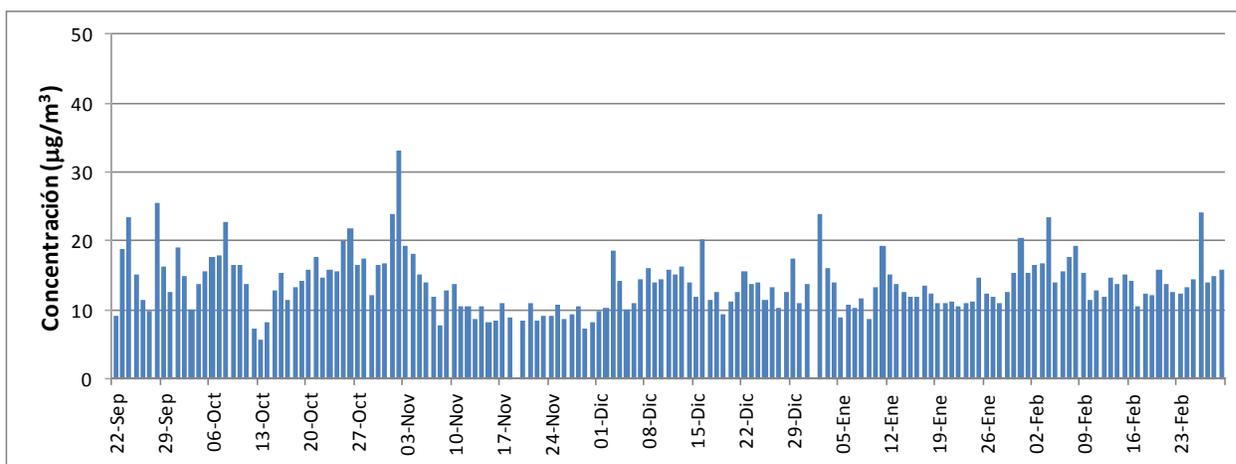
Meses	Mensual		Madrugada 1 a 6 h		Mañana 7 a 12 h		Tarde 13 a 18 h		Noche 19 a 24 h	
	Dir pred	%	Dir pred	%	Dir pred	%	Dir pred	%	Dir pred	%
22-30 sep 2011	SW	16.2	E	11.1	NNW	20.4	SW	29.6	SW	29.6
Oct 2011	SW	16.3	SE	12.9	NNW	19.4	WSW	34.4	SW	31.2
Nov 2011	SW	21.4	N	12.8	NNW	26.1	SW	43.9	SW	37.8
Dic 2011	SW	19.8	N	14.5	W	19.4	WSW	34.4	SW	41.4
Ene 2012	SW	23.3	SE	13.4	WNW	18.8	SW	46.2	SW	40.9
Feb 2012	SW	15.5	NNE	12.1	WNW	19.5	SW	29.3	SW	24.7

En la Figura 5 se aprecia que la intensidad del viento es baja durante la madrugada (menor a 1m/s) aumenta desde las 9h alcanzando valores máximos durante las tardes, entre 14 a 16h, a las horas de mayor temperatura (ver Figura 4) y componente generalmente SW, durante la noche la intensidad baja con una componente SW. Los valores promedios máximos aumentan desde 2.5 m/s en Septiembre hasta 3.8 m/s en Enero (promedios horarios). En Anexo C se incluyen rosas de direcciones de viento.

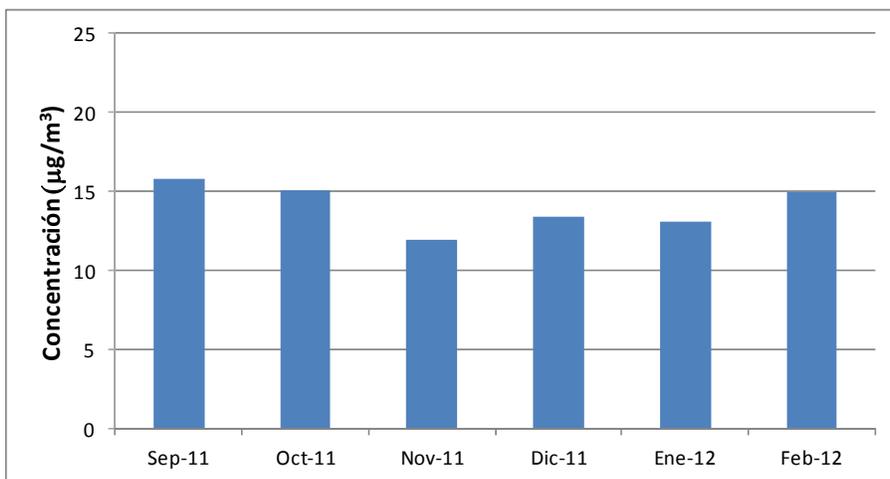


**Figura 5 Ciclos diarios de velocidad de viento, estación CENMA en Compañía de Bomberos de Huasco, 22 de septiembre de 2011 a 29 de febrero de 2012**

Las figuras siguientes muestran la serie de tiempo de las concentraciones diarias y los promedios mensuales de MP2,5 para el período 22 de septiembre de 2011 a 29 de febrero de 2012. Las concentraciones diarias de MP2,5 tienen un máximo de  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 2 de noviembre, un mínimo de  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 13 de octubre y un promedio de  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el periodo antes mencionado. De acuerdo a lo presentado en la Figura 7, los promedios mensuales tienen valores similares con un máximo de  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para septiembre (días 22 al 30) y un mínimo de  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para noviembre. En Anexo C se incluye tabla con valores diarios.

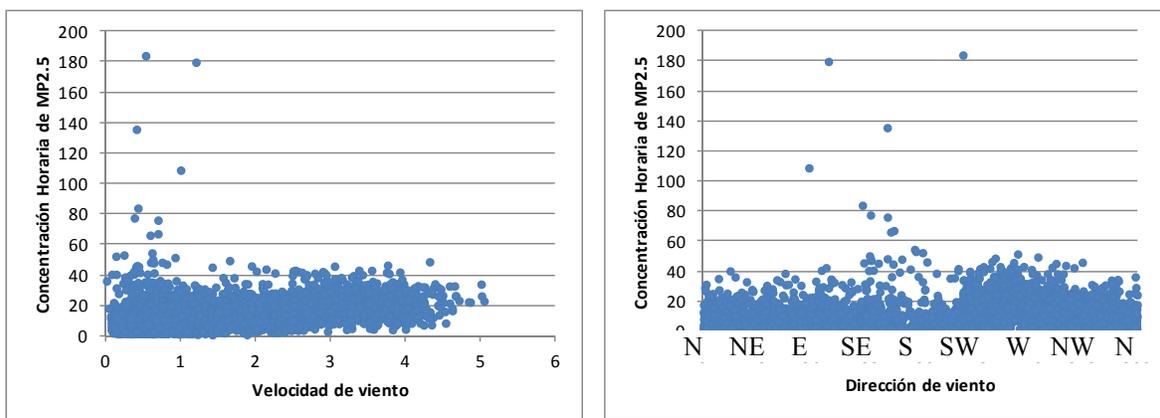


**Figura 6 Concentraciones diarias de MP2,5, estación CENMA en Compañía de Bomberos de Huasco, 22 de septiembre de 2011 a 29 de febrero de 2012**



**Figura 7 Promedios mensuales de MP2,5, estación CENMA en Compañía de Bomberos de Huasco, 22 de septiembre de 2011 a 29 de febrero de 2012**

La Figura 8 muestra el comportamiento de las concentraciones horarias de MP2,5 v/s la velocidad y dirección de viento para el período de monitoreo. Se aprecia una fuerte variabilidad, es decir las concentraciones se distribuyen en distintas direcciones y velocidades de viento, por lo cual este gráfico no permite determinar si las concentraciones tienen una dependencia del régimen de vientos, excepto que las concentraciones horarias mayores a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ocurren con velocidades menores a  $1 \text{ m/s}$ .



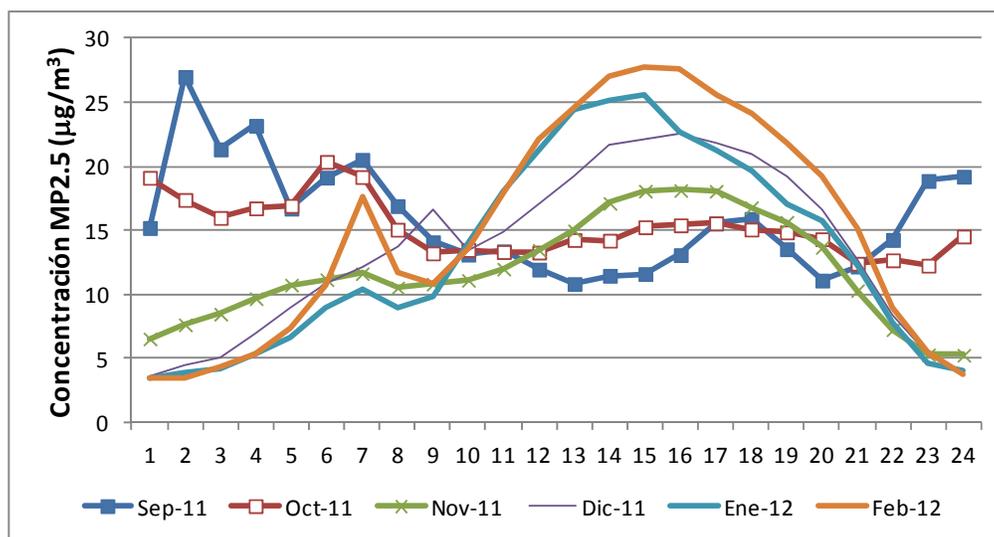
**Figura 8 Concentraciones horarias de MP2,5 v/s velocidad de viento y dirección de viento en estación CENMA en Compañía de Bomberos de Huasco, 22 de septiembre de 2011 a 29 de febrero de 2012**

El 99.6% de las concentraciones horarias de MP2,5 son menores a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Durante los días viernes 16 de diciembre a las 09h y el sábado 4 de febrero a las 06h, hay concentraciones escapadas con valores cercanos a  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y componentes E y SW respectivamente. Es importante destacar que las altas concentraciones también fueron

registradas en el monitor Beta MP2,5 de la estación EME F, lo cual descarta un mal funcionamiento del monitor MP2,5 de CENMA. Para estos casos no hay información de las actividades realizadas a esas horas que permita aclarar el origen, pero considerando la baja velocidad del viento (cerca a 1 m/s) es muy probable que sea producto de emisiones cercanas de origen antrópico, las cuales no se repiten durante el resto del período de medición.

Al estudiar el ciclo diario de MP2,5 (Figura 9) se aprecia para septiembre y octubre concentraciones promedio mayores durante las primeras horas (entre 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), disminuyendo en la tarde a las horas de mayor velocidad de viento con valores entre 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Para los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero el comportamiento del ciclo diario de MP2,5 es similar al ciclo de la velocidad de viento alcanzando mayores concentraciones, entre 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , durante la tarde a las horas de mayor velocidad de viento con componente SW este comportamiento del aumento de las concentraciones con el aumento del viento es similar al registrado para MP2,5 en la estación Hospital de Andacollo<sup>1</sup> durante meses de verano. Las menores concentraciones (entre 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ocurren durante la noche y la madrugada con velocidades de viento menores a 1 m/s y direcciones desde sector NNW a NNE (desde el valle). Es muy probable que el viento, a las horas de mayor velocidad, transporte partículas finas desde el SW (dirección en la cual se encuentra la planta de pellets).



**Figura 9 Ciclos diarios promedios mensuales de MP2,5 en estación CENMA (Compañía de Bomberos de Huasco, 22 de septiembre de 2011 a 29 de febrero de 2012**

<sup>1</sup> Informe Final Diagnóstico de la Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación Andacollo realizado por CENMA para la I Municipalidad de Andacollo, Agosto de 2011.

### 3.5 Comparación MP2,5 entre equipos CENMA y Guacolda

En la estación F Guacolda está monitoreando MP2,5 con un equipo de atenuación Beta marca Thermo modelo FH-62C14.

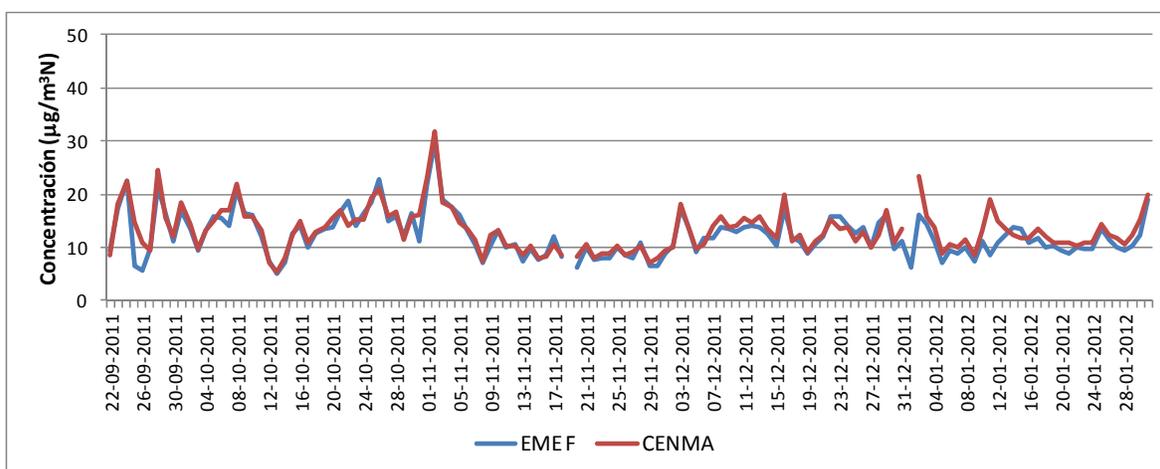
La tabla y gráficos siguientes muestran una comparación de valores diarios de concentración de MP2,5 entre el equipo instalado por CENMA y el equipo de la estación F. Se aprecia una similitud de las concentraciones con diferencias de acuerdo a los rangos esperados según el fabricante (+/- 2µg/m<sup>3</sup>)<sup>2</sup>.

El promedio para el período de comparación (22 de septiembre al 31 de enero) es 12 µg/m<sup>3</sup>N para el equipo de la estación F y 13 µg/m<sup>3</sup>N para el equipo de CENMA.

La buena correlación entre las concentraciones verifica el buen funcionamiento de ambos monitores de MP2,5.

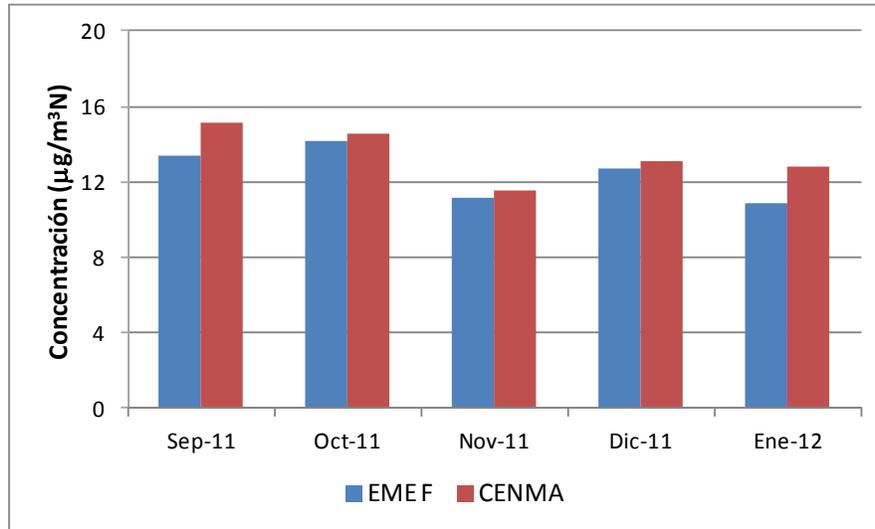
**Tabla 9 Resumen de valores mínimos, promedios y máximos de concentraciones diarias de MP2,5**

Períodos	Mínimo		Promedio		Máximo	
	EME F	CENMA	EME F	CENMA	EME F	CENMA
	µg/m <sup>3</sup>					
22 a 30 sep 2011	6	9	13	15	23	24
Oct 2011	5	5	14	15	23	22
Nov 2011	6	7	11	12	30	32
Dic 2011	9	9	13	13	17	20
Ene 2012	6	9	11	13	19	23



**Figura 10 Comparación de concentraciones diarias de MP2,5 entre estación EME F y estación CENMA**

<sup>2</sup> Ver Manuales de operación de equipos de atenuación Beta para medición de material particulado Thermo FH-62C14 y Thermo Rass 5030



**Figura 11 Comparación de promedios mensuales de MP2,5 entre estación EME F y estación CENMA**

### 3.6 Comparación MP2,5 con norma primaria de calidad de aire para MP2,5

El percentil 98 de las concentraciones diarias de MP2,5 registradas por el equipo Beta instalado en la estación EME F entre 22 de septiembre y 29 de febrero fue  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (la concentración diaria máxima fue  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). El valor promedio de concentración de MP2,5 durante el mismo período fue  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

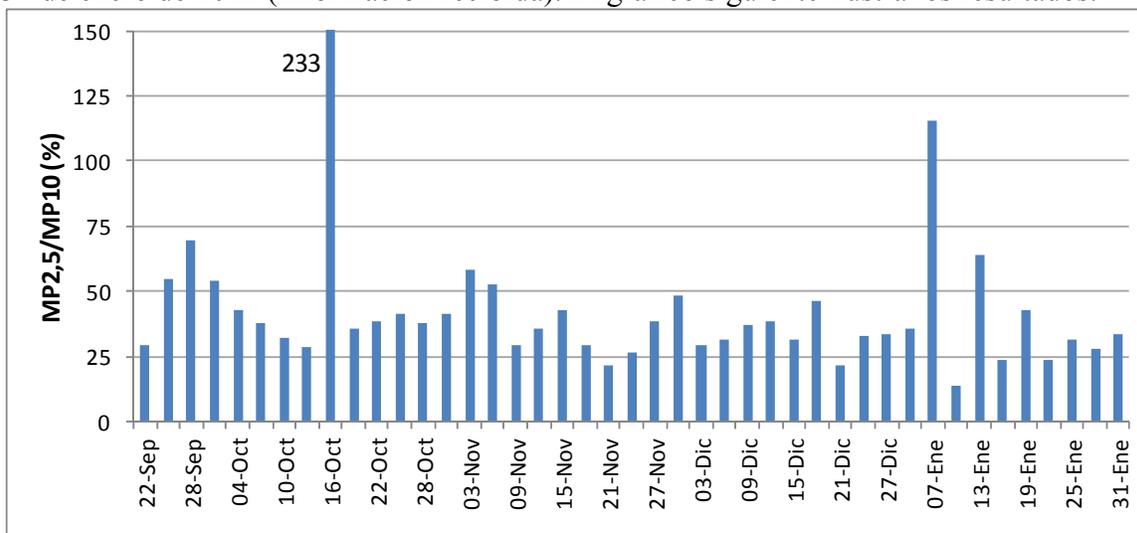
El Decreto N° 12, Artículo 3 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia establece la norma primaria de calidad del aire para el MP2,5 en  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como concentración anual y en  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como concentración diaria. Las condiciones de superación se señalan en el artículo 4°. Se considerara sobrepasada la norma primaria de calidad del aire para material particulado fino respirable MP2,5, en los siguientes casos:

- Cuando el percentil 98 de los promedios diarios registrados durante un año, sea mayor a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en cualquiera Estación monitorea clasificada como EMRP; o
- Cuando la concentración del promedio trianual de los promedios anuales sea mayor a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en cualquier Estación monitorea clasificada como EMRP.

Considerando que las mediciones corresponden solamente a 5 meses, no es posible evaluar la norma, pero si proyectar el comportamiento. Por lo tanto, si durante el resto del año las concentraciones de MP2,5 son similares a las obtenidas entre Septiembre y Febrero, **no se superaría la norma tanto diaria como anual de MP2,5 como tampoco la condición de latencia (80% de la norma).**

### 3.7 Participación MP2,5 en MP10

En primer lugar, se construyó la relación MP2,5/MP10 para las concentraciones diarias para estimar la participación del particulado fino (MP2,5) en las concentraciones de MP10 registradas en la estación EME F considerando las mediciones con la estación CENMA y las registradas por la empresa Guacolda para el período 22 de septiembre de 2011 hasta el 31 de enero de 2012 (información recibida). El gráfico siguiente ilustra los resultados.

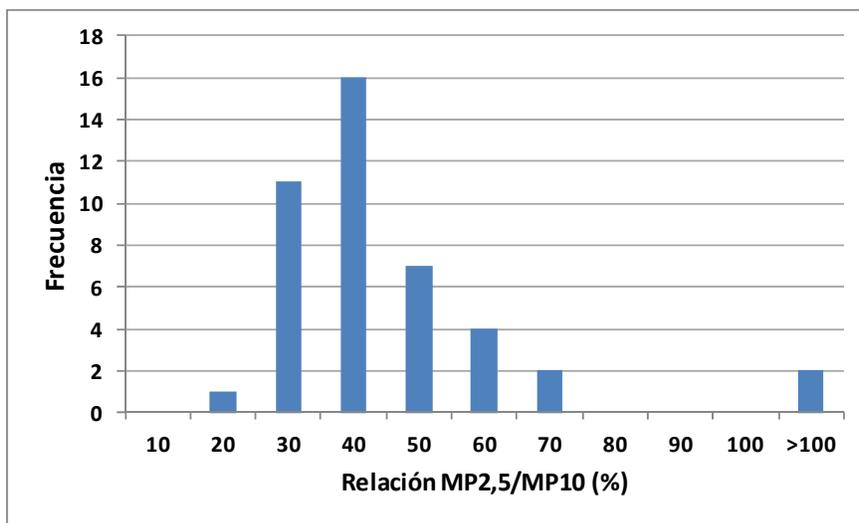


**Figura 12 Participación MP2,5 en MP10, estación CENMA-EME F, 22 de septiembre de 2011 a 31 de enero de 2012**

Se aprecia una fuerte variabilidad de los porcentajes desde valores cercanos a 10% hasta una sobre estimación de 233%. Físicamente es imposible que el MP2,5 sea mayor a MP10, pero instrumentalmente producto de las condiciones de monitoreo e incertezas es posible en aquellos casos de bajas concentraciones o cuando el MP10 corresponde principalmente a particulado fino o en caso de mal funcionamiento de alguno de los monitores.

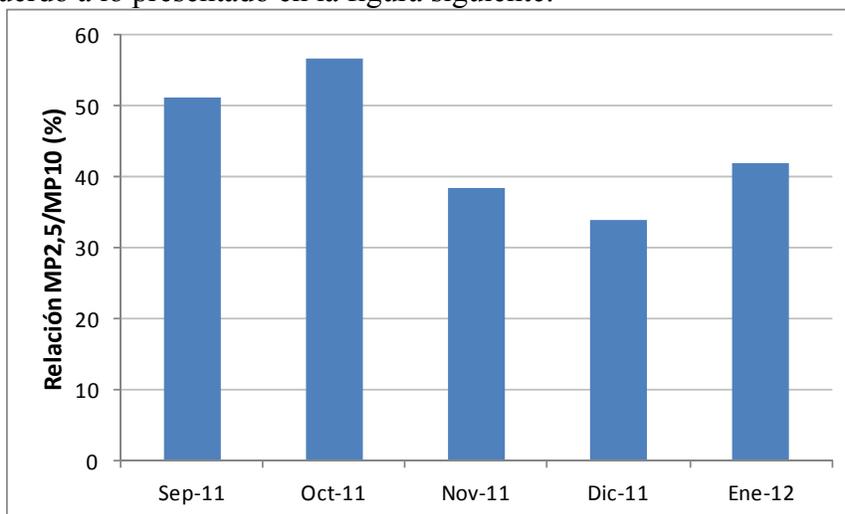
El día con una relación de MP2,5/MP10 de 233% corresponde al 16 de octubre, el cual registró una concentración de MP10 de  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para el muestreador de alto volumen y una concentración de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en el monitor de MP2,5 instalado por CENMA. Es necesario destacar que ese día la concentración medida en el monitor de MP2,5 de Guacolda fue  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , lo cual corrobora el buen funcionamiento de ambos equipos de MP2,5, trasladando el problema a la medición de MP10. La revisión de las variables meteorológicas en la estación no muestra diferencias respecto a los otros días que pudieran explicar el bajo valor de MP10, por este motivo es altamente probable un error o falla en la medición de MP10.

La Figura 13 muestra un histograma con la distribución de frecuencias de la participación del MP2,5 en las concentraciones diarias de MP10. Se aprecia que la mayor cantidad de casos corresponde a aportes entre 40% y 50%, seguido por casos entre 30 y 40%.



**Figura 13 Histograma relación MP2,5/MP10 en estación CENMA-EME F**

En segundo lugar, al considerar los promedios mensuales de concentración, la participación del MP2,5 tiene un rango variable entre 34% y 57% de las concentraciones mensuales de MP10 de acuerdo a lo presentado en la figura siguiente:



**Figura 14 Promedios mensuales de la relación PM2,5/PM10, estación CENMA – EME F, septiembre 2011 a enero de2012**

La Figura 15 muestra una relación inversa entre las concentraciones extremas de MP10 y la participación del particulado fino, es decir a mayores concentraciones de MP10 menor es la participación de MP2,5 y a menores concentraciones de MP10 aumenta la participación de MP2,5, incluso hay 2 casos en los cuales la participación del MP2,5 es mayor a 100% lo cual significa que el equipo de MP2,5 registró concentraciones mayores a las del equipo de

MP10 (en ambos casos concentraciones de MP10 menores a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ). La disminución de la relación MP2,5/MP10 con el aumento del MP10 corrobora los resultados de un estudio CENMA realizado en Huasco en el año 2005<sup>3</sup> (ver Figura 16), lo cual significa que aumenta la fracción gruesa, es decir la fracción entre 2,5 y  $10 \mu\text{m}$  que se asocia principalmente a polvo natural (USEPA, 2004).

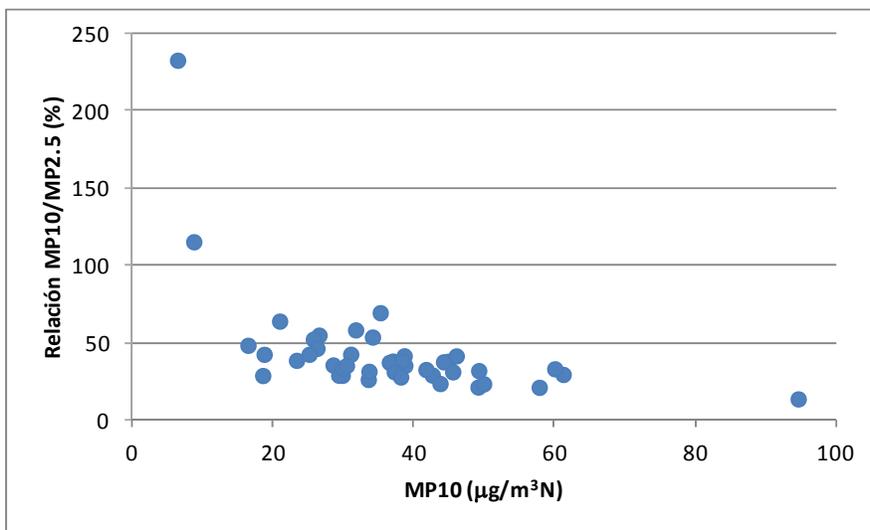


Figura 15 Relación MP10 v/s MP2,5/MP10 en estación CENMA-EME F (sep 2011-ene 2012)

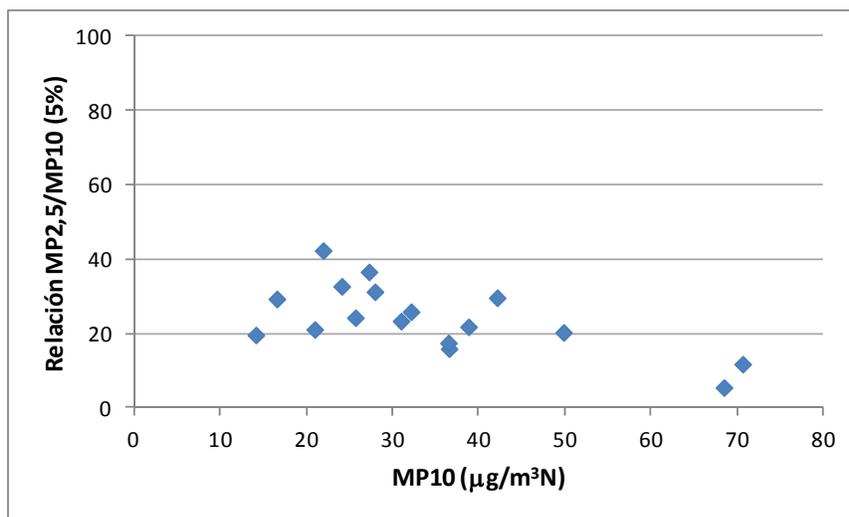


Figura 16 Relación MP10 v/s MP2,5/MP10 en estación CENMA-EME F (oct-nov 2005)

<sup>3</sup> Informe de Avance Estudio de Calidad del Aire en la Comuna de Huasco, Enero de 2006. Realizado por CENMA para la Ilustre Municipalidad de Huasco.

## 4 AUDITORÍA ESTACIONES DE MONITOREO

### 4.1 Análisis estadístico de las concentraciones de MP10 en las estaciones

En las estaciones EME F y EME M se están utilizando equipos muestreadores gravimétricos de alto volumen (uso de filtros) para monitoreo de MP10, por lo cual solamente hay valores diarios (24 horas de muestreo) cada 3 días. En cambio, en la estación 21 de Mayo se está utilizando un equipo de atenuación Beta que permite obtener concentraciones horarias de MP10, base para calcular los promedios diarios. La Tabla 10 resumen las concentraciones diarias de MP10 en Huasco durante los últimos 3 años.

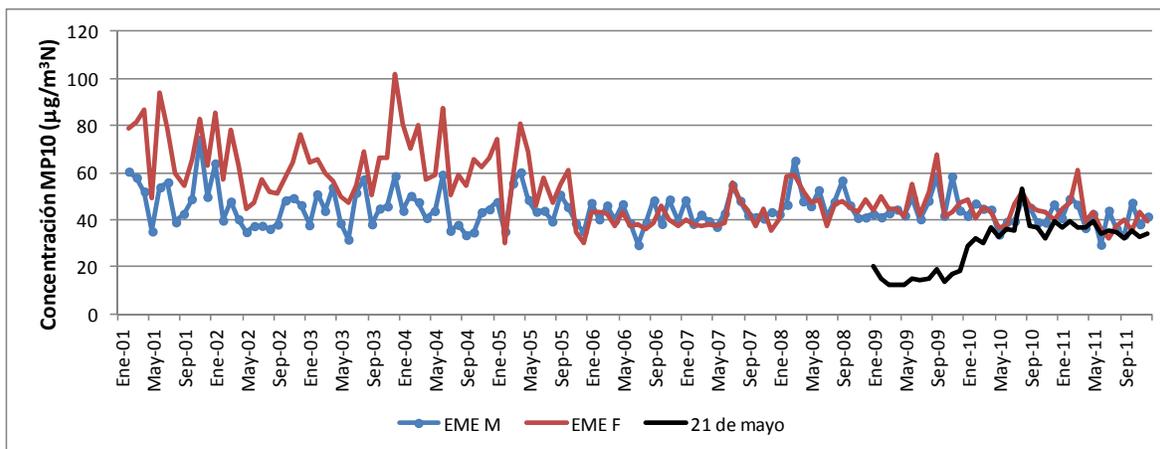
**Tabla 10 Resumen de valores de concentraciones diarias de MP10 en Huasco,**

Estación	Año	N días	Mínimo $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Máximo $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	N días >150	Percentil 98
EME F	2009	122	9	48	137	0	131
	2010	121	11	43	131	0	86
	2011	122	6	40	136	0	99
EME M	2009	122	10	46	118	0	106
	2010	122	13	42	170	1	97
	2011	122	11	40	99	0	90
21 de mayo	2009	360	5	15	46	0	31
	2010	360	10	36	164	2	82
	2011	357	10	36	80	0	58

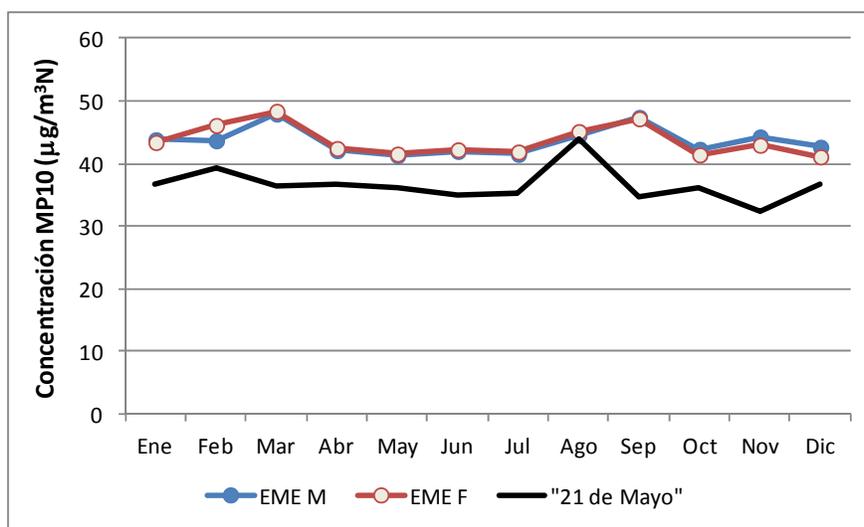
La Figura 17 muestra la serie histórica de promedios mensuales de MP10 en Huasco desde enero de 2001. Para la estación 21 de mayo solamente hay información desde enero de 2009, pero las concentraciones hasta marzo de 2010 son notoriamente menores respecto a las concentraciones en EME F y EME M y respecto al comportamiento de las concentraciones de MP10 en 21 de mayo desde abril de 2010 en adelante. Al consultar sobre las causas de este comportamiento, la empresa operadora comentó que se debe a problemas de flujo, por lo cual se recomienda invalidar los valores en 21 de mayo hasta marzo de 2010. Desde fines de 2006, disminuyen notoriamente las concentraciones mensuales de MP10 en la estación EME F respecto a los años anteriores, alcanzando valores entre  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  y  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , similares a los registrados en la estación EME M, situación que se observa con mayor claridad al comparar los promedios anuales en la Figura 19.

La Figura 18 muestra el ciclo anual de los promedios mensuales de MP10 entre 2006 y 2010, que corresponde al período posterior al mejoramiento de las condiciones de monitoreo en la estación EME F. Se aprecia una similitud en las concentraciones mensuales entre EME F y EME M con poca variabilidad durante el año, alcanzando un valor máximo de  $48 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en marzo y un mínimo de  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  entre abril y julio. Las concentraciones

en la estación 21 de mayo también tienen poca variabilidad con valores entre 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  y 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , excepto para el mes de agosto afectado por un día de altas concentraciones (valor de 164  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  el 13 de agosto de 2010) que distorsiona el promedio mensual.



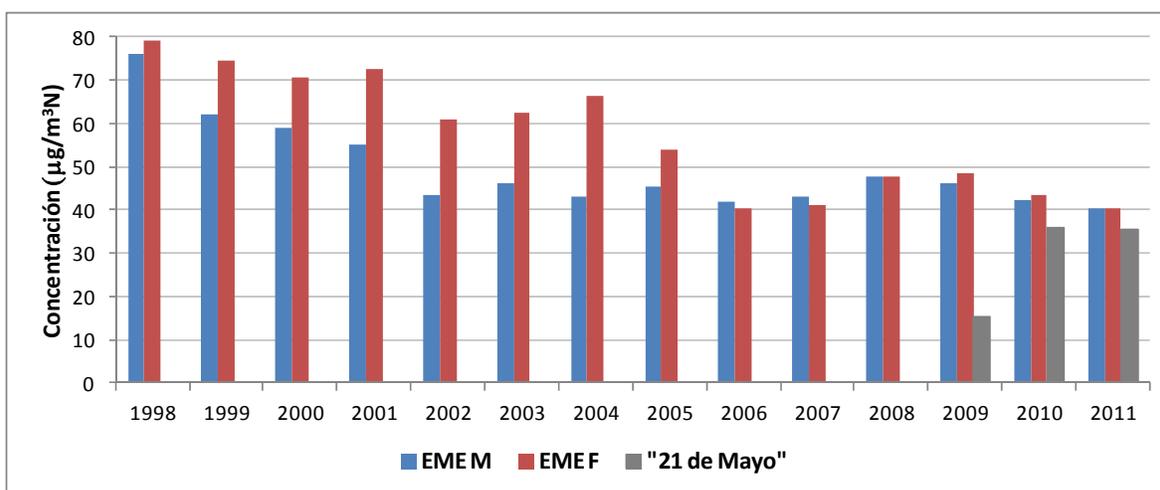
**Figura 17 Promedios mensuales de MP10 estaciones EME M, EME F y 21 de Mayo, enero 2001 a diciembre 2011**



**Figura 18 Ciclo anual de concentraciones mensuales de MP10 estaciones EME M, EME F y 21 de Mayo, enero 2009 a diciembre 2011**

En la Figura 19 se muestran los promedios anuales de MP10 desde 1998 a 2011. Se aprecia que desde el año 2006 en adelante las concentraciones en la estación EME F disminuyen respecto a los promedios de años anteriores siendo similares a los registrados en la estación EME M, con promedios que oscilan entre 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  y 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ . La razón del cambio en las concentraciones es la aplicación de medidas recomendadas en "Estudio

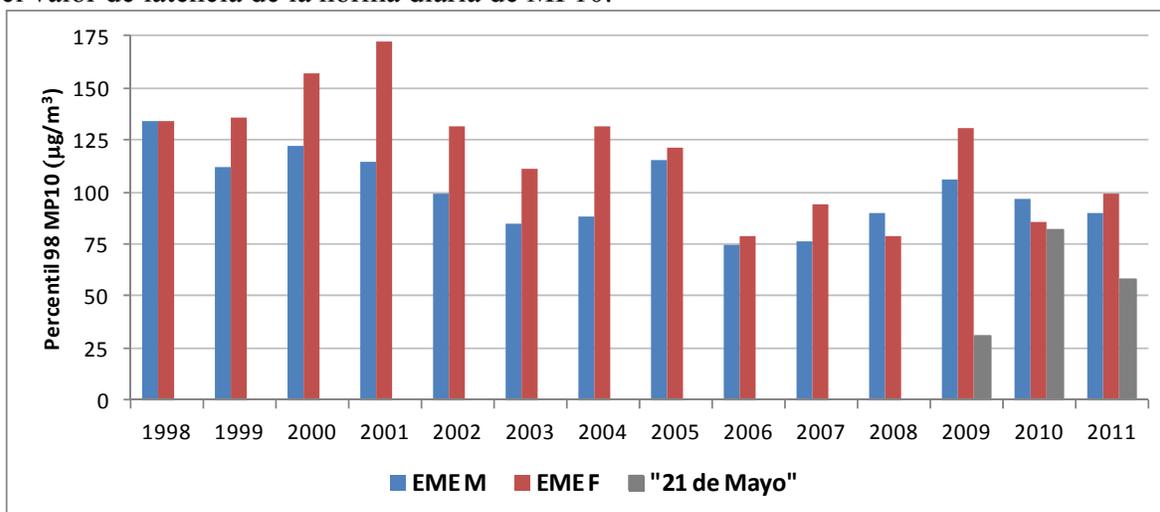
de la Calidad del Aire en la Comuna de Huasco” (ejecutado por CENMA para la Ilustre Municipalidad de Huasco) para mejorar el entorno de la estación y la ubicación del muestreador de MP10. Además, los promedios de MP10 del año 2011 son cercanos a la mitad de los valores registrados en el año 1998.



**Figura 19 Promedios anuales de MP10, estaciones Huasco, 1998 a 2011**

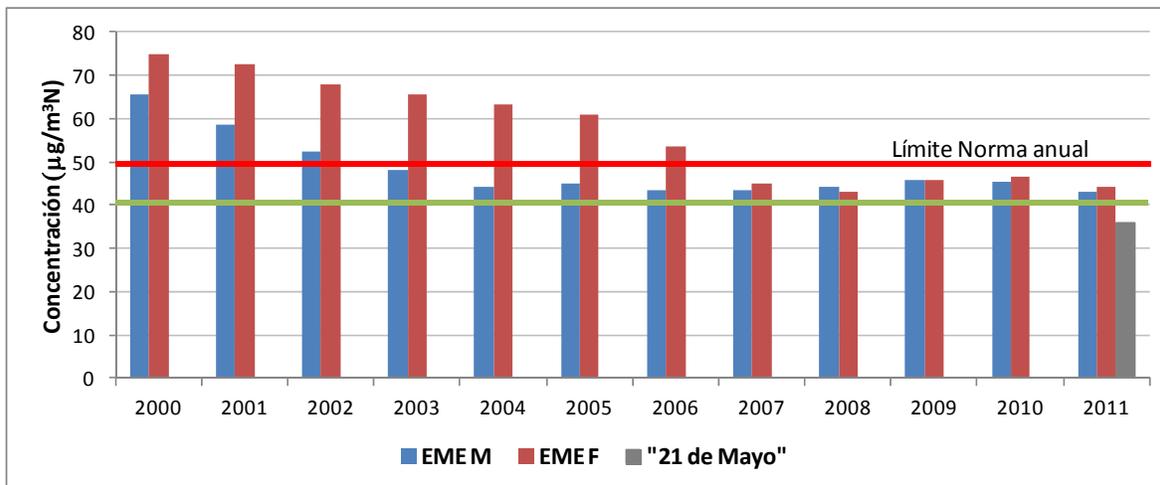
Las figuras siguientes presentan la evaluación de las normas diarias de MP10 y anual de MP10 respectivamente.

En la Figura 20 se aprecia que desde el año 1998, la norma diaria de MP10 solamente ha sido superada en la estación EME F en los años 2000 y 2001. Durante los años 2010 y 2011 el percentil 98 de las concentraciones diarias en las 3 estaciones de Huasco no ha superado el valor de latencia de la norma diaria de MP10.



**Figura 20 Percentil 98 (norma diaria) de MP10 estaciones EMEM, EME F y 21 de Mayo, 2009, 2010 y 2011**

La Figura 21 muestra los promedios trianuales desde el año 2000 hasta el año 2011. Para la estación 21 de mayo se invalidaron los datos del año 2009, luego el valor del año 2011 corresponde a los promedios de 2010 y 2011. Desde el año 2007 no se ha superado la norma anual en ninguna de las estaciones, manteniendo valores sobre el límite de latencia por norma anual en estaciones EME F y EME M. La estación 21 de Mayo tiene concentraciones bajo el límite de latencia.



**Figura 21 Promedios trianuales de MP10, estaciones Huasco, 2000 a 2011**

## 4.2 Alcance y metodología de la auditoria en terreno a las estaciones

El alcance de la auditoria en terreno aplica a los monitores de MP10 en las estaciones EME F, EME M y 21 de Mayo, en cuanto a los procedimientos de operación, estado de equipos, registros de calibraciones, cumplimiento D61/2008, evaluación de la representatividad poblacional (DS59/1998) y verificación del funcionamiento de los monitores.

Los criterios utilizados para realizar la auditoria a la red de monitoreo consideran la revisión de:

- Diseño de la red y ubicación
- Recursos e instalaciones
- Datos y procesamiento de datos
- Aseguramiento y control de la calidad

La auditoria consideró la aplicación de la pautas de evaluación de redes de monitoreos desarrolladas siguiendo las recomendaciones del “Manual para la Elaboración de Reglamentos y Protocolos de Procedimientos para el Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos” elaborado por CENMA para CONAMA, actualizadas con los criterios del Dto. N°61 de MINSAL. Además, considera revisión de documentación, chequeos de equipos y revisión de datos. Los criterios evaluados en cada sección se indican en la tabla siguiente:

**Tabla 11 Criterios de auditoria y método de verificación**

Sección	Criterio	Medio de Verificación
Diseño de la red	Objetivos del monitoreo	Lista de verificación
	Verificación de representatividad de estaciones	Listas de verificación
Recursos e instalaciones	Inspección de instalaciones de estaciones	Listas de verificación
	Estado de equipos	Chequeo de equipos
	Stock de repuestos	Listas de verificación
	Inspección de instalaciones de laboratorio	Listas de verificación
	Inspección de instalación de centro de procesamiento de datos	Listas de verificación
	Competencia de personal encargado de servicio de monitoreo	Revisión documentación
Rescate y procesamiento de datos	Sistema de almacenamiento y recolección de datos	Listas de verificación
	Porcentaje de captura de datos	Revisión datos
	Verificación y validación de datos	Listas de verificación
Aseguramiento y control de la calidad	Estado de Plan de aseguramiento de calidad	Revisión documentación
	Estado de procedimientos	Revisión documentación
	Participación en auditorias	Revisión documentación
	Estado de registros de calibración y mantención de equipos.	Revisión documentación
	Verificación de exactitud y precisión de equipos	Chequeo de equipos

La Figura 22 ilustra las verificaciones de flujo en equipos de alto volumen y equipos de atenuación Beta para MP<sub>10</sub>:



Uso de Variflo en muestreador de alto volumen MP10



Uso de calibrador en cabezal Beta MP10

**Figura 22 Verificación de flujo con patrones primarios y de transferencia**

### 4.3 Hallazgos de auditoria

#### 4.3.1 Diseño de la red

##### 4.3.1.1 *Objetivos del monitoreo*

Las estaciones fueron instaladas por requerimiento de las RCA de la autoridad para seguimiento de las emisiones de la Central Termoeléctrica Guacolda S.A. La Red de Monitoreo de Calidad del Aire fue aprobada por Resolución Conjunta N°672 del Servicio Salud Atacama, N°340 CONAMA Atacama, N°174 SAG Atacama.

Las estaciones EME M y EME F se encuentran declaradas como “Estación de monitoreo con representatividad poblacional” para material particulado respirable (EMRP) (Res 1179/2003 del Servicio de salud de Atacama). La estación 21 de mayo fue aprobada como EMRP por Res. Exenta 1770 el 16/06/2009.

##### 4.3.1.2 *Verificación de representatividad poblacional de las estaciones*

Las estaciones cumplen los criterios de representatividad poblacional para MP10. En Anexo A se incluyen fotografías para cada una de las estaciones de monitoreo auditadas.

La tabla siguiente presenta una evaluación de la representatividad poblacional de las estaciones para MP10 a la normativa vigente para MP10 (D.S. N°59 de 1998 y modificado por el D.S. N°45 de 2002).

**Tabla 12 Verificación de representatividad poblacional de las estaciones**

Criterios EMRP (D.S. 59/98 y D.S. 45/02 del MINSEGPRES / CONAMA)			
Ubicación Estaciones	Cumple (C) / No cumple (NC)		
	EME F	EME M	21 de Mayo
a) Presencia de al menos un área edificada habitada en un círculo de radio de 2 km, contados desde la ubicación de la estación	C	C	C
b) Ubicada a más de 15m de la calle o avenida más cercana	C	C <sup>1</sup>	C <sup>1</sup>
c) Ubicada a más de 50m de la calle o avenida más cercana que tenga un flujo igual o superior a 2.500 vehículos/día	C	C	C
d) Ubicada a más de 50m de la salida de un sistema de calefacción (que utilice carbón, leña o petróleo equivalente a petróleo-2 o superior) o de otras fuentes fijas similares	C	C	C
Emplazamiento Tomamuestra MP10	Cumple / No cumple		
a) Distancia mínima de separación entre tomamuestras	C	C	C
b) Tomamuestra ubicado desde los 2 a 15 m sobre el nivel del suelo	C	C	C

c) Obstrucciones espaciales			
i) Mínimo a 2m de distancia de la pared más cercana o cualquier otro obstáculo vertical si el monitor es colocado sobre un techo o sobre otra estructura similar	C	C	C
ii) Distancia de aproximadamente 10 veces la altura del obstáculo mayor que esté en la misma dirección del viento	C	C	C
iii) Al menos a 5m de distancia de chimenea a gas natural	C	C	C
iv) Distancia de a lo menos a 20 m de la línea de goteo de la rama más larga de un grupo determinado de árboles y a 10 m de ella, si es que este obstáculo actúa como un reductor del flujo	C	C	C
v) Flujo de aire sin obstrucciones a lo menos en un arco de 270°	C	C	C
<b>Criterios EMRPG (D.S. 112/02, D.S. 113/02, D.S. 114/02 y D.S. 115/02 del MINSEGPRES)</b>			
Ubicación estaciones	Cumple / No cumple		
	EME F	EME M	21 de Mayo
Una estación de monitoreo que se encuentra en un área habitada	C	C	C

<sup>1</sup> Las estaciones EME M y 21 de Mayo, se encuentran ubicadas a menos de 15m de una calle pero el flujo de vehículos es bajo.

#### 4.3.2 Recursos e instalaciones

La red auditada consta de tres estaciones: EME F, EME M y 21 de Mayo cuya ubicación georeferenciada se indica en la Tabla 13.

**Tabla 13 Estaciones red de monitoreo de Huasco**

Estación	Dirección	Coordenadas UTM* (m)	
		E	N
EME F	Arturo Prat N°346, Huasco.	282486	6849125
EME M	Las Heras N° 318, Huasco.	282755	6848700
21 de Mayo	Pasaje Héroes de Iquique N°110, Po. 21 de Mayo, Huasco.	281930	6848941

\*Google Earth

#### 4.3.3 Descripción equipos y metodologías de monitoreo

Los equipos auditados según el alcance para el monitoreo de MP10 cumple las exigencias de las normas de calidad de aire y el Dto. N°61/2008.

**Tabla 14 Equipos utilizados en el monitoreo de calidad de aire**

Estación EME F				
Parámetro	Marca	Modelo	N° de serie	Método de Referencia
PM10	Graseby	1200	P3847x	Cumple
Estación EME M				
Parámetro	Marca	Modelo	N° de serie	Método de Referencia
PM10	Graseby	1200	P3868x	Cumple
Estación 21 de Mayo				
Parámetro	Marca	Modelo	N° de serie	Método de Referencia
PM10	Thermo Andersen	FH62C14	E-0415	Cumple

#### 4.3.4 Evaluación cumplimiento reglamento de monitoreo (Dto. N°61)

##### 4.3.4.1 Evaluación instalaciones, estaciones y equipos

La Tabla 15 presenta la evaluación de instalaciones, estaciones y equipos

**Tabla 15 Evaluación instalaciones, instrumental e insumos según Dto. N°61**

Referencia	Requerimiento	EME F	EME M	21 de Mayo
Art. 4°	Construcción de la estación de calidad del aire de material sólido y resistente. La estación debe mantener medidas de seguridad. Esto aplica para muestreadores de material particulado o gases que estén contenidos en habitáculos y equipos portátiles.	Cumple <sup>2</sup>	Cumple <sup>2</sup>	Cumple <sup>2</sup>
Art. 5°	Los instrumentos deben estar incluidos en el listado de métodos de denominados de referencia y equivalentes de la agencia EPA. Cuenten con certificación de alguna de las agencias de los países miembros de la Comunidad Europea que implementan las directrices del Comité Europeo para Estandarizaciones o que tengan certificación de que dan cumplimiento a los estándares de calidad exigidos en el país de origen entregada por algún ente acreditado por el gobierno de ese país.	Cumple	Cumple	Cumple

<sup>2</sup> Las estaciones se encuentran corroídas por efecto de la humedad en el techo y cubierta externa de la caseta.

Los equipos de monitoreo de material particulado de alto volumen se encuentran ubicados en el techo de las estaciones a una altura sobre los 3m medidos desde el suelo en el caso de las estaciones EME F y EME M, en caso de la estación 21 de Mayo se utiliza un monitor beta que se encuentra al interior de una caseta y también cumple con el criterio de altura del cabezal.

En relación al estado de las estaciones, la estación de 21 de Mayo presenta malas condiciones por efecto de la humedad que ha corroído la cubierta externa, el techo y las barandas. Las casetas de las estaciones EME F y EME M se encuentran aisladas del suelo sobre una plataforma de fierro, ambas presentan deterioro por la corrosión en techo y barandas.

Las estaciones EME F y EME M cuentan cierre perimetral y permiten un fácil ingreso y salida, para vehículos y personas manteniendo las medidas de seguridad para el operador. La estación de 21 de Mayo se encuentra ubicada al costado de una casa particular y no posee cierre perimetral. Es recomendable mantener la estación con un cierre perimetral como medida de seguridad ante posibles daños o robos.

Todos los instrumentos auditados cumplen con el requisito de métodos denominados de referencia y equivalencia de la agencia EPA. Las estaciones dan cumpliendo con los requerimientos que establece el Dto. N° 61/2008 de MINSAL, Título II Art. 4.

Existe un buen acceso al techo de la estaciones EME F y EME M, la estación 21 de Mayo el acceso al techo para calibrar flujo es más riesgoso para el operador.

#### 4.3.4.2 Evaluación operación y mantención de la red

**Tabla 16 Evaluación operación y mantención de la red según Dto. N°61/2008**

Referencia	Requerimiento		EME F	EME M	21 de Mayo
Art. 7°	Se debe mantener en la estación un registro de: equipos y sensores, sistema de almacenamiento de los datos, sistema de toma de muestras, sistema de acondicionamiento de temperatura, sistema de calibración in-situ y similares Adquisición de datos en línea, se debe recolectar los datos directamente de los sensores o equipos. Adquisición de datos no en línea, se debe recolectar datos.	1 vez a la semana  Cada 3 días	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>
Art. 8°	Bitácora o libro Foliado Nombre del operador que visita la estación, fecha y hora de inicio y término de la visita, descripción del trabajo realizado en la estación, registro de la hora de intervención de algún equipo, en su caso, conclusión del chequeo instrumental (si corresponde al objetivo de la visita), breve descripción de las condiciones meteorológicas del entorno en la estación, breve descripción de situaciones fuera de lo común que sucedan en el entorno de la estación y que puedan afectar la representatividad de las mediciones realizadas, si las hubiera.	En cada visita debe ser completado	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>
Art. 9°	Estación climatizada	Entre 20 a 30°C, o según requerimiento o de equipos	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>
Art. 10°	Chequeo de señales de transmisión de los sistemas (PC, datalogger u otro). Registro en el libro de vida del analizador o sensor.	1 vez al año (se debe mantener un registro) o cuando se reemplace algún equipo.	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>
Art. 11°	a) Calibración de flujos y presiones en: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizadores de Gases</li> <li>• Muestreadores de MP10</li> <li>• Sistemas de Calibración de Gases (Rango tolerancia 10%)</li> </ul>	1 vez al año (se debe mantener un registro) o cuando se reemplace alguna parte del equipo.	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>
	b) Calibración de sensores meteorológicos	1 vez al año.	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
	c) Chequeo Multipunto (5 puntos) CO, SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub>	1 vez al año	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
	NO <sub>2</sub>	Cada 3 meses	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
	d) Calibración de cero y span (Gases de calibración protocolo EPA exactitud 2% y tolerancia de mezcla 5%) El ajuste se debe hacer cuando supere el 10%	1 vez a la semana o cuando se instale un nuevo equipo o se traslade	<i>No Aplica</i>	<i>NO Aplica</i>	<i>No Aplica</i>

<i>Referencia</i>	<i>Requerimiento</i>		<i>EME F</i>	<i>EME M</i>	<i>21 de Mayo</i>
Art. 12°	Mantener en la estación Registros:	Siempre			
	Ficha de Calibración		<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>
	Ficha de Mantenición		<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>

En la inspección de las estaciones se verificó que se mantienen los registros de las calibraciones de flujo realizadas durante el año. En el registro de calibración del equipo de alto volumen falta incluir antecedentes del equipo calibrador como: nombre, marca y número de serie, además, la copia del certificado del equipo calibrador.

En las estaciones se mantiene documentación del programa de calibración y mantención, calendario de muestreo de Hi-Vol (EME F y EME M), ficha de calibración de flujo y foils de Beta (21 de Mayo) y la bitácora actualizada.

La empresa que opera las estaciones de Huasco mantiene un cronograma de actividades anuales para la mantención, calibración y operación de equipos, las cuales en el año 2011 fueron ejecutadas según el programa. La mantención de los equipos de Alto Volumen es realizada mensualmente y consiste principalmente en cambio de carbones, limpieza de toberas, cámara y placa de impacto. A pesar del cumplimiento del programa de mantención y calibración por parte de la empresa que opera, en la visita de terreno se constató que en los equipos de Alto Volumen se encontraban las toberas sucias y falta de silicona en placa de impacto. Por este motivo se debe realizar limpieza con mayor frecuencia y aplicar silicona en la placa de impacto como lo indica el manual de operación del equipo. Además, se deben incorporar los cambios en el programa anual de mantenciones.

Las actividades son registradas en el libro foliado (bitácora) de la estación en cada visita y se mantiene copia de estos registros en la oficina central en Santiago y en la estación. Al menos una vez a la semana se visitan las estaciones y se registran los parámetros internos por equipo en formularios y cada 3 días se realiza cambio de filtro de High Volume. En el libro foliado se deben detallar las actividades realizadas según el Art. 8° del Dto. N° 61, se recomienda describir en detalle todas las actividades realizadas en la visita, según lo indica el decreto:

1. Nombre del operador que visita la estación.
2. Fecha y hora de inicio y término de la visita.
3. Descripción del trabajo realizado en la estación.
4. Registro de la hora de intervención de algún equipo, en su caso.
5. Conclusión del chequeo instrumental (si corresponde al objetivo de la visita).
6. Breve descripción de las condiciones meteorológicas del entorno en la estación.
7. Breve descripción de situaciones fuera de lo común que sucedan en el entorno de la estación y que puedan afectar la representatividad de las mediciones realizadas, si las hubiera.

En las estaciones se mantienen manuales de operación y programas de las calibraciones y mantenimientos de equipos (Chequeo de cero y span, chequeo multipunto, calibración de MP10 y mantención de analizadores de gases), y chequeo de funcionamiento de la estación.

#### 4.3.4.3 Evaluación Personal dedicado a la red

El monitoreo de calidad del aire es realizado por una empresa externa (CESMEC), la cual cuenta con 2 personas en terreno (Huasco): 1 Técnico Instrumentista Supervisor del proyecto y 1 instrumentista, que se encargan de realizar las calibraciones a los equipos y de realizar algunas reparaciones menores en terreno.

En el laboratorio de mantención en Santiago trabajan 4 ingenieros electrónicos, encargados de realizar las mantenciones anuales y reparaciones de los equipos. En el análisis de datos trabajan 4 personas y en el aseguramiento de la Calidad se encargan 4 personas.

El perfil y experiencia del personal dispuesto por CESMEC está de acuerdo a las labores que realizan y a las exigencias señaladas establecidas en el Dto. N° 61/2008 de MINSAL.

**Tabla 17 Personal dedicado a la operación de la red según Dto. N°61**

<i>Referencia</i>	<i>Requerimiento</i>	<i>EME F</i>	<i>EME M</i>	<i>21 de Mayo</i>
Art. 13°	El personal que valida datos debe tener conocimiento en el manejo de equipos y sensores.	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>
Art. 14°	El personal de laboratorio que realiza las tareas de acondicionamiento y pesaje de los filtros utilizados en el muestreo de material particulado debe tener la calidad de técnico o profesional	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>
Art. 15°	a) Supervisor de operación y mantención: capaz de establecer programas y procedimientos de trabajo en conjunto con instrumentistas y operadores, con el objetivo de mantener los analizadores, muestreadores, sensores y cada subsistema operando en óptimas condiciones para garantizar que el dato sea correctamente medido desde el punto de vista técnico.	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>
	b) Instrumentista especializado: profesional o técnico especializado en la mantención preventiva y correctiva de los analizadores, muestreadores, sensores y cada subsistema de una estación de monitoreo.	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>
	c) Operador: Persona calificada o entrenada para la utilización de todos los componentes de una estación a nivel de usuario, por lo que debe ser capaz de determinar el buen funcionamiento de estos componentes y detectar fallas en terreno para comunicarlas al instrumentista especializado o supervisor. Además de calificación técnica, el operador debe estar calificado para la revisión del entorno de la estación y determinar la influencia de situaciones externas que puedan afectar el monitoreo. Las calificaciones de los supervisores, instrumentistas y operadores deben mantenerse aun si una sola persona es designada para el cumplimiento de más de una de las áreas.	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>

### 4.3.5 Evaluación procesamiento de datos e informes

**Tabla 18 Evaluación de los datos, informes y aseguramiento de la calidad según Dto.N°61**

<i>Referencia</i>	<i>Requerimiento</i>	<i>EME F</i>	<i>EME M</i>	<i>21 de Mayo</i>
ART. 16°	Datos crudos (equipos de calidad del aire y meteorológicos) se deben mantener en medio magnéticos	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>
ART. 17°	Se debe crear una copia o imagen de la base de datos crudos. la nueva base de datos o imagen se utilizará para el proceso de validación. b) los datos serán validados por el personal especializado. los datos válidos deberán entregarse a la autoridad sanitaria en conformidad a lo señalado en los artículos 19 y 20 de este reglamento. En caso de existir datos inválidos o datos perdidos, éstos se deberán informar en una base o planilla diferente a la de los datos válidos, creada para tal efecto, que contenga solamente los códigos de aquellas horas o días en que se produjo la invalidación o pérdida de la información. en ella los datos inválidos o perdidos serán reemplazados por los códigos utilizados en la tabla 2.	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>
ART. 19°	La información generada por una estación de monitoreo debe ser entregada a la autoridad sanitaria en medio magnético y con la frecuencia que dicha autoridad determine. el formato electrónico para la entrega de la información deberá ser de texto separado por comas (csv), o en formato de planilla electrónica. En caso que la autoridad sanitaria no determine la frecuencia de esta entrega, la información no podrá entregarse después de 40 días consecutivos, transcurridos a partir del último día del mes cuyas concentraciones ambientales se están caracterizando.	<i>No Cumple</i>	<i>No Cumple</i>	<i>No Cumple</i>
ART. 20°	Los datos que deben entregarse a la autoridad sanitaria deben contener tanto antecedentes generales de la estación como específicos relativos a las variables que se registran, ordenados en la forma en que se detalla a continuación y conforme a la nomenclatura y abreviación que se indica: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de la estación</li> <li>• Ubicación</li> <li>• Fecha: todas las concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos, así como las variables meteorológicas y otras de interés, deben ser fechadas utilizando el formato definido en el artículo 2°.</li> <li>• Hora: todas las concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos o parámetros meteorológicos que se expresen como promedio horario, o bien, medidas con una resolución temporal de una hora, deben expresarse de acuerdo al formato de hora y zona horaria definidos en el artículo 2°.</li> <li>• Abreviaciones: la base de datos validados debe utilizar las abreviaciones señaladas en la tabla 3, para las variables meteorológicas y concentraciones de contaminantes.</li> </ul>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>	<i>Cumple</i>

Los filtros de MP10 de los equipo de alto volumen de las estaciones EME F y EME M son recolectados semanalmente y se envían a Santiago por ChileExpress para su análisis gravimétrico y químico (CR, Ni, V). El informe con los resultados de los análisis es enviado impreso dentro de los primeros 15 días a Guacolda S.A. De acuerdo a lo que señala la SEREMI de Salud no se cumple la entrega de informes mensuales a SEREMI de Salud dentro del plazo de 40 días (Art. N°19 del Dto. N°61/2008).

El reporte de los datos entregados por CESMEC a Eléctrica Guacolda el formato establecido en los artículos 16° al 20° del Dto. N° 61/2008 de MINSAL.

#### **4.3.5.1 Resultados evaluación funcionamiento de equipos de monitoreo de MP10**

Los chequeos de flujo y de estado de los equipos de MP10 verificaron un normal funcionamiento de éstos.

La revisión de flujo de los equipos de alto volumen en estaciones EME F y EME M se realizó con un calibrador de flujo de placa variable variflo TISCH S/N 9833620, se obtuvo diferencias menores a 3%, inferior al 10% permitido como máxima variación en DS61/2008. La tabla siguiente resumen las desviaciones (en %) del flujo calculado respecto al flujo de diseño.

**Tabla 19 Resumen resultados chequeo flujo muestreadores de MP10**

Estación	Diferencia (%)	Estado equipo
EME F	2.8	Ok
EME M	1.9	Ok

La revisión de flujo de operación al equipo de atenuación Beta de MP10 en estación 21 de mayo se realizó con un calibrador BGI Trical S/N 268. Las diferencias de flujos presentaron valores inferiores al máximo de 10% permitido en el DS61/2008. La tabla 16 resume los resultados:

**Tabla 20 Resumen chequeos de flujo a monitor continuo de MP10 en estación 21 de mayo**

Equipo	Valor equipo L/min	Valor patrón L/min	Diferencia %	Observaciones
Beta MP10	16.9	17.2	2.5	OK

#### **4.3.6 Aseguramiento y control de la calidad**

##### Estado de Plan de Aseguramiento de Calidad

La inspección técnica constató que la empresa encargada de la operación de la red (CESMEC), mantiene dentro de su Plan de Calidad la siguiente documentación: Procedimientos para sistemas de recolección de datos, procedimientos de manejo de la red de calidad del aire y procedimientos de calibración de equipos monitores. Se debe considerar la incorporación de las exigencias del Dto. N°61 en los procedimientos desarrollados por CESMEC para validación, procesamiento y entrega de datos de reporte.

##### Estado de procedimientos

La inspección técnica en terreno constató que la empresa encargada de la operación de la red (CESMEC), mantiene los documentos necesarios para la operación de los equipos de monitoreo de MP10, tanto gravimétrico como continuo

#### 4.4 No conformidades

No se verificó No Conformidades que pongan en riesgo la calidad de los datos, sino que existen algunas observaciones que pueden transformarse en futuras No Conformidades y oportunidades de mejora, las cuales se mencionan a continuación:

1. La estación EME M tiene una distancia menor a 2m entre cabezal de MP10 y un equipo de MP2,5. Para MP2,5 se recomienda mantener una distancia al menos de 2m respecto de un equipo de alto volumen para evitar alteración en sus mediciones, situación que no aplica para MP10, ya que el impacto del flujo del equipo de MP2,5 es marginal, en este caso se recomienda una distancia mínima de 1m para validar las mediciones de MP10.
2. En general, las 3 casetas están deterioradas por acción del ambiente salino, siendo más notorio en la estación 21 de mayo, la cual tiene avanzada corrosión en barandas y escalera, así como el mecanismo de sujeción de la escalera es inseguro para el operador (riesgo de caída a distinto nivel). Las estaciones requieren de reparación especialmente la estación 21 de mayo, con el fin de mejorar la seguridad del operador al realizar labores en el techo. Además, por un tema de imagen ya que un mal estado de las estaciones podría restar credibilidad de los resultados ante la población afectada.
3. La estación 21 de mayo no cuenta con cierre perimetral. Se recomienda mantener la estación con un cierre perimetral como medida de seguridad ante posibles daños o robos.
4. Los formularios de calibración de flujo de equipo de alto volumen no incluyen datos del equipo de referencia o transferencia (marca, modelo, n/serie, fecha de calibración).
5. Los formularios de calibración de flujo de monitores continuos no incluyen la fecha de calibración de equipo de referencia o transferencia.
6. Mantener en las estaciones los certificados de calibración de los equipo de referencia o transferencia.
7. Respecto al aspecto interno de las estaciones leve desorden en cables de conexión, cables de transmisión y mangueras de equipos de gases. Además falta modem.
8. Según lo informado por SEREMI de Salud no se cumple el envío de informes mensuales dentro del plazo de 40 días.

## 5 CONCLUSIONES

### **Respecto a las mediciones de MP2,5**

La estación fue instalada el 21 de septiembre de 2011 en el recinto de estación EME F, es decir en el recinto de la Compañía de Bomberos (Arturo Prat N°346). Además de las mediciones de MP2,5 se registraron los valores de Temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de viento. Las mediciones finalizaron el 29 de febrero de 2012.

Durante el período de monitoreo no hay fallas de funcionamiento con un porcentaje de 99% de datos validados de MP2,5 y 100% para las variables meteorológicas. El 1% de datos inválidos de MP2,5 corresponden a horas de mantención y algunos cortes del suministro energía eléctrica.

El 99.6% de las concentraciones horarias de MP2,5 son menores a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con valor máximo de  $184 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un promedio de  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

El ciclo diario de MP2,5 para septiembre y octubre tiene concentraciones promedios mayores durante las primeras horas (entre  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) disminuyendo en la tarde a las horas de mayor velocidad de viento con valores entre  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Para los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero el comportamiento del ciclo diario de MP2,5 es similar al ciclo de la velocidad de viento alcanzando mayores concentraciones, entre  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , durante la tarde a las horas de mayor velocidad de viento con componente SW (dirección en la cual se encuentra la planta de pellets). Las menores concentraciones (entre  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ocurren durante la noche y la madrugada con velocidades de viento menores a 1 m/s y direcciones desde sector NNW a NNE (desde el valle).

### **Respecto a la norma primaria de MP2,5**

El percentil 98 de las concentraciones diarias de MP2,5 registradas por el equipo Beta instalado en la estación EME F entre 22 de septiembre y 29 de febrero fue  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (la concentración diaria máxima fue  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). El valor promedio de concentración de MP2,5 durante el mismo período fue  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Considerando que las mediciones corresponden solamente a 5 meses, no es posible evaluar la norma, pero si proyectar el comportamiento. Por lo tanto, si durante el resto del año las concentraciones de MP2,5 son similares a las obtenidas entre Septiembre y Febrero, no se superaría la norma tanto diaria como anual de MP2,5 como tampoco la condición de latencia (80% de la norma).

### **Respecto a la comparación entre equipos CENMA y Guacolda de MP2,5**

El promedio para el período de comparación (22 de septiembre al 31 de enero) es  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el equipo de la estación F y  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el equipo de CENMA. La diferencia de las concentraciones está de acuerdo a los rangos esperados según el fabricante

( $\pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La buena correlación entre las concentraciones verifica el buen funcionamiento de ambos monitores de MP2,5.

### **Respecto a la participación del MP2,5 en concentraciones de MP10:**

Al estudiar las concentraciones diarias de MP2,5 y MP10 en la estación EME F para el período septiembre 2011 a enero de 2012 se aprecia que la mayor cantidad de casos corresponde a aportes entre 40% y 50% de MP2,5, seguido por casos entre 30 y 40%. Al considerar los promedios mensuales, la participación del MP2,5 tiene un rango variable entre 34% y 57% de las concentraciones mensuales de MP10.

Con el aumento de las concentraciones de MP10 se produce una disminución de la relación MP2,5/MP10 corroborando los resultados de un estudio CENMA realizado en Huasco en el año 2005, lo cual significa que aumenta la fracción gruesa, es decir la fracción entre 2,5 y 10  $\mu\text{m}$  que se asocia principalmente a polvo natural (USEPA, 2004).

### **Respecto a las concentraciones históricas de MP10**

El análisis de la serie histórica de promedios mensuales de MP10 en Huasco desde enero de 1998 para las estaciones EME F y EME M y desde enero de 2009 para la estación 21 de mayo muestra:

- Un comportamiento anormal de las concentraciones entre enero de 2009 y marzo de 2010 para MP10 en la estación 21 de Mayo se recomienda invalidar por falla en flujos según operadores de los equipos.
- Desde fines de 2006, disminuyen notoriamente las concentraciones mensuales de MP10 en la estación EME F respecto a los años anteriores, alcanzando valores entre 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  y 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , similares a los registrados en la estación EME M, situación que se observa con mayor claridad al comparar los promedios anuales. La razón del cambio en las concentraciones es la aplicación de medidas recomendadas en “Estudio de la Calidad del Aire en la Comuna de Huasco” para mejorar el entorno de la estación y la ubicación del muestreador de MP10.
- El promedio de MP10 para el año 2011 en EME F y EME M es 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , valor cercano a la mitad de los valores registrados en el año 1998.
- El ciclo anual de los promedios mensuales de MP10 entre 2006 y 2010 (período posterior al mejoramiento de las condiciones de monitoreo en la estación EME F) tiene una similitud en las concentraciones mensuales entre EME F y EME M con poca variabilidad durante el año, alcanzando un valor máximo de 48  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en marzo y un mínimo de 41  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  entre abril y julio. Las concentraciones en la estación 21 de mayo también tienen poca variabilidad con valores entre 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  y 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , excepto para el mes de agosto afectado por un día de altas concentraciones (valor de 164  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  el 13 de agosto de 2010) que distorsiona el promedio mensual.
- Desde el año 1998, la norma diaria de MP10 solamente ha sido superada en la estación EME F en los años 2000 y 2001. Durante los años 2010 y 2011 el percentil

98 de las concentraciones diarias en las 3 estaciones de Huasco no ha superado el valor de latencia de la norma diaria de MP10.

- Desde el año 2007 no se ha superado la norma anual en ninguna de las estaciones con valores de latencia por norma anual en estaciones EME F y EME M. La estación 21 de Mayo tiene concentraciones bajo el límite de latencia.
- Las diferencias entre las concentraciones de MP10 de la estación 21 de mayo respecto a las estaciones EME F y EME M para el período de buen funcionamiento de la estación 21 de mayo pueden ser explicadas por la ubicación de las estaciones, el entorno y la dirección de los vientos. Considerando la dirección SW predominante de los vientos las estaciones EME F y EME M estarían recibiendo un mayor impacto que 21 de mayo y por lo mismo sus concentraciones de MP10 deberían ser mayores, ya que además de las emisiones al SW de 21 de mayo hay que sumar las emisiones producidas al interior de Huasco (tramo entre 21 de Mayo y las estaciones EME F y EME M).

**Respecto a la representatividad espacial de las estaciones de monitoreo:**

Las estaciones EME M, EMM F y 21 de Mayo cumplen los criterios de representatividad poblacional para MP10. No se apreciaron fuentes locales, en las cercanías, que puedan afectar las concentraciones.

**Respecto al estado de equipos:**

Las pruebas de funcionamiento y revisión del estado de los equipos de MP10 verifica el normal funcionamiento de éstos.

**Respecto a las instalaciones y personal de la red**

Las instalaciones y el personal dedicado a la red son adecuados e idóneos. Sin embargo, las casetas están deterioradas por el ambiente salino, especialmente en la estación 21 de mayo.

## 6 RECOMENDACIONES:

### **Recomendaciones generales**

En la EME M se recomienda mantener una distancia al menos de 2m respecto de un equipo de alto volumen para evitar alteración en sus mediciones, situación que no aplica para MP10, ya que el impacto del flujo del equipo de MP2,5 es marginal, en este caso se recomienda una distancia mínima de 1m para validar las mediciones de MP10.

Se recomienda instalar cierre perimetral para la estación 21 de mayo para evitar daños en los equipos y robos.

Se debe mantener con silicona la placa de impactación en los equipos de alto volumen. El manual de operación del equipo señala que se debe colocar una capa delgada de silicona en spray sobre la superficie limpia de la placa de impactación, y de manera uniforme. El objetivo de aplicar la silicona es para que se adhieran las partículas más gruesas y no ingresen por las toberas.

Se recomienda mejorar el exterior de las 3 casetas ya que están deterioradas por acción del ambiente salino, siendo más notorio en la estación 21 de mayo, la cual tiene avanzada corrosión en barandas y escalera, además el mecanismo de sujeción de la escalera es inseguro para el operador (riesgo de caída a distinto nivel).

Se recomienda además, mejorar el aspecto interno de las estaciones, especialmente ordenar cables de conexión, cables de transmisión, fijación de modem, mangueras de equipos de gases, etc.

Se recomienda entregar los informes mensuales de mediciones a la SEREMI de Salud dentro del plazo de 40 días.

### **Recomendaciones respecto al sistema control y aseguramiento de calidad**

El programa de control y aseguramiento de calidad es adecuado. Para mejorar el sistema se recomienda:

- Incorporar en los formularios de calibración de flujo de monitores continuos la fecha de calibración de equipo de referencia o transferencia.
- Incorporar en los formularios de calibración de flujo de equipo de alto volumen marca, modelo, n/serie, fecha de calibración de equipo de referencia o transferencia.
- Mantener en las estaciones los certificados de calibración de los equipos de referencia o transferencia.
- Implementar algunos procedimientos de mantención específicos a los monitores, especialmente en caso de fallas y mantenerlos en las estaciones.

## **7 BIBLIOGRAFÍA**

CENMA, 2006. Estudio de Calidad del Aire en la Comuna de Huasco, Informe de Avance. Enero de 2006. Realizado para la Ilustre Municipalidad de Huasco.

CENMA, 2011. Diagnóstico de la Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación Andacollo. Informe Final. Agosto de 2011. Realizado por CENMA para la I Municipalidad de Andacollo.

US EPA, 2004. Air Quality Criteria for Particulate Matter, EPA/600/P-99/002aF. Research Triangle Park, NC, October 2004.

## 8 ANEXOS