



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

INFORME TÉCNICO
CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE CALIDAD DEL AIRE POR MATERIAL
PARTICULADO FINO RESPIRABLE MP2,5

RED MACAM-3
REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO

Unidad Técnica
División de Fiscalización

DFZ-2014-371-XIII-NC-EI

	Nombre	Firma
Aprobado	Rubén Verdugo C.	
Revisado	Juan Eduardo Johnson V.	
Elaborado	M. de los Angeles Hanne M.	

JULIO 2014

CONTENIDO

1.	RESUMEN EJECUTIVO	3
2.	INTRODUCCIÓN	4
3.	OBJETIVOS	5
4.	ALCANCE	5
5.	EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS	6
5.1.	Estaciones declaradas como EMRP para MP2,5.....	6
5.2.	Descripción de los equipos de medición utilizados en Red MACAM-3	7
5.3.	Auditoría de datos	8
6.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA.....	10
6.1.	Evaluación de la norma 24 horas MP2,5 para el año 2014	10
7.	CONCLUSIONES	12
8.	ANEXOS.....	13

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de la norma para Material Particulado Fino Respirable MP2,5, establecida en el D.S. N°12/2011 del MMA, para la Red de Monitoreo de calidad del aire “Red MACAM-3”, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 11º, “Corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente, fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones del decreto y deberá informar anualmente acerca de los valores en que se sitúa la norma en las estaciones monitoras de la región respectiva, calificadas como EMRP durante los primeros tres meses de cada año, a las respectivas SEREMI del Medio Ambiente.”

La actividad de fiscalización de la norma para MP2,5 consideró la auditoría de los datos proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente, de las estaciones de la Red MACAM-3 declaradas como estaciones de monitoreo con representatividad poblacional (EMRP) para MP2,5, en el Informe DFZ-2013-1517-RM-NC-IA de la Superintendencia del Medio Ambiente. Las 7 estaciones declaradas como EMRP para MP2,5 corresponden a: Independencia (EMF), La Florida (EML), Las Condes (EMM), Pudahuel (EMO), El Bosque (EMQ), Puente Alto (EMS) y Quilicura (EMV).

El análisis de datos de MP2,5 se realizó con las mediciones del periodo comprendido entre el 1º de enero al 31 de mayo de 2014, periodo en el cual se utilizó en forma continua un instrumento de medición con aprobación EPA.

Para la auditoría de los datos horarios se consideró el criterio establecido en el artículo 12 del D.S. N°12/2011, el que indica que los datos deben ser reportados de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Estaciones de Medición de Contaminantes Atmosféricos, D.S. N°61/2008, modificado por el D.S. N°30/2009, de MINSAL. Para el cálculo del promedio diario se utilizó como criterio el decreto antes mencionado, que establece un mínimo de 18 valores promedios horarios.

Al realizar la evaluación de los datos de calidad del aire para MP2,5 y compararlos con la norma para MP2,5, es posible observar que durante el período analizado se superó el límite de la norma diaria de 50 µg/m³ en más de 7 días en 6 estaciones de monitoreo calificadas como EMRP por MP2,5. Cabe señalar que al considerar mediciones continuas de MP2,5 para un año, el cálculo del percentil 98 permite un número máximo de 7 días con excedencias. De este modo, se determina que antes de que concluya el período anual de mediciones en las estaciones calificadas como EMRP por MP2,5, el percentil 98 ya es superado.

2. INTRODUCCIÓN

El 18 de enero de 2011 el Ministerio del Medio Ambiente estableció la norma primaria de calidad del ambiental para material particulado fino respirable MP2,5, “Decreto Supremo N°12/2011”, con entrada en vigencia a partir del 1° de enero de 2012. En ella se constituyeron los límites de calidad primaria para MP2,5, 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración 24 horas.

En el año 2013 la Superintendencia del Medio Ambiente realizó una fiscalización ambiental a la Red Automática de Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos, Red MACAM-3, con el objeto de evaluar la representatividad poblacional para MP2,5. Producto de esta fiscalización se aprobaron como EMRP (Estaciones de monitoreo con representatividad poblacional) por MP2,5, un total de 7 estaciones de monitoreo.

Considerando lo establecido en el Artículo 11 del D.S. N°12/2011 MMA, corresponde a la Superintendencia del Medio Ambiente fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en dicho decreto. Así mismo la Superintendencia deberá informar anualmente acerca de los valores en que se sitúa la norma en las estaciones monitoras de la región respectiva, calificadas como EMRP.

De manera anticipada al análisis de cumplimiento anual de la norma, esta Superintendencia realizó una evaluación de los datos de MP2,5 de las estaciones de la Red MACAM-3 para el periodo comprendido entre el 1 de enero y 31 de mayo de 2014, con el objetivo de constatar el estado de superación de dicha norma en su nivel diario.

Para lo anterior se realizó una auditoría y análisis de los datos proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente, mediante oficio N°142553, de las estaciones declaradas como EMRP por MP2,5, considerando el cumplimiento normativo de la norma primaria de calidad D.S. N°12/2011 del MMA y el D.S. N°61/2018, modificado por D.S. N°30/2009 del Ministerio de Salud. Estos antecedentes permitirán al Ministerio del Medio Ambiente activar los distintos instrumentos de política pública que correspondan, por una eventual superación del límite establecido en la norma de calidad de material particulado fino respirable MP2,5.

3. OBJETIVOS

El objetivo general es evaluar el cumplimiento de la norma de calidad del aire para MP2,5; en su nivel diario, en las estaciones que cuentan con representatividad poblacional para MP2,5 en la Red MACAM-3. Para lo anterior se determinará la validez de las mediciones de MP2,5 realizadas por la Red MACAM-3, en base a una auditoria de los datos, para el periodo comprendido entre el 1° de enero al 31 de mayo de 2014, de acuerdo los criterios establecidos en el D.S. N°12/2011 del MMA.

4. ALCANCE

Para determinar la validez de los datos de MP2,5 de la Red MACAM-3, se ha considerado el periodo disponible a la fecha entre el 1° de enero y 31 de mayo de 2014. La validez de la información se evaluará en aquellas estaciones declaradas como EMRP por MP2,5 y dependerá del cumplimiento del D.S. N°12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente.

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de MP2,5, y que cumplen con el requisito de estación declarada como EMRP para MP2,5 son: Las Condes (EMM), La Florida (EML), Pudahuel (EMO), El Bosque (EMQ), Independencia (EMF), Quilicura (EMV) y Puente Alto (EMS).

Para efectos de este documento se evaluó el cumplimiento de la norma 24 horas (norma diaria), de acuerdo al artículo 3 del D.S. N°12/2011 del MMA, que establece como límite 24 horas para MP2,5 la concentración de 50 µg/m³.

5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

La información de las mediciones de MP2,5 se reportó a esta Superintendencia por parte del Ministerio del Medio Ambiente mediante oficio N°142553 de 2014, incluyendo los datos crudos, datos validados y códigos de invalidación, en promedios horarios y en el formato establecido en el D.S. N°61/2008, modificado por el D.S. N°30/2009, del MINSAL.

El periodo disponible de datos de MP2,5, corresponde a las mediciones realizadas entre 1° de enero y 31 de mayo de 2014, para las estaciones declaradas con representatividad poblacional indicadas en el punto 4 de este documento.

5.1. Estaciones declaradas como EMRP para MP2,5

En la Tabla 1 se describe la ubicación de las estaciones que están declaradas como EMRP por MP2,5 en la Red MACAM-3 y la población expuesta a cada estación.

Tabla 1 Estaciones declaradas como EMRP para MP2,5

Estación de Monitoreo	Coordenadas (UTM) Datum WGS84, Huso 19 S	Población Expuesta (habitantes) ¹	Resolución que otorga EMRP para MP2,5
Independencia (EMF)	346.488E 6.300.681N	87.787	Res. Exenta N°83 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.
La Florida (EML)	352.504E 6.290304N	152.420	Res. Exenta N°82 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.
Las Condes (EMM)	358.305E 6.305.906N	41.556	Res. Exenta N°84 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.
Pudahuel (EMO)	337.311E 6.298.809N	307.499 (*)	Res. Exenta N°88 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.
El Bosque (EMQ)	345.313E 6.286.825N	149.428	Res. Exenta N°87 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.
Puente Alto (EMS)	352.049E 6.282.013N	128.842	Res. Exenta N°85 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.
Quilicura (EMV)	337.356E 6.306.788N	82.378	Res. Exenta N°86 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

¹ Población expuesta de las estaciones de monitoreo de la RED MACAM 3. Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, basado en datos del censo de 2012.

(*) Corresponde a población expuesta de Pudahuel y Cerro Navia.

5.2. Descripción de los equipos de medición utilizados en Red MACAM-3

De acuerdo a lo analizado, los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo de MP2,5 en las estaciones calificadas como EMRP para MP2,5 de la Red MACAM-3, cumplen con el requisito de emplear equipos con aprobación USEPA según lo establecido en el punto VI (párrafo I) del D.S. N°12/2011 del MMA, “... se deberán emplear instrumentos de medición de concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos incluidos en la lista de Métodos Denominados de Referencia y Equivalentes publicada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA), o que 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 cuenten con la certificación de cumplimiento a los estándares de calidad exigidos en el país de origen, entregada por algún ente acreditado por el gobierno de ese país”.

En la Tabla 2 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP2,5, utilizados en las estaciones de calidad del aire de la Red MACAM-3.

Tabla 2 Listado de Estaciones de la Red MACAM-3 declaradas como EMRP por MP2,5

Estación de Monitoreo	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
Independencia (EMF)	Tapered Element Oscillating Microbalance (TEOM) with FDMS.	Thermo/ TEOM® 1400a Ambient Particulate Monitor 8500C FDMS	EQPM-0609-181
La Florida (EML)	Basado en el principio de atenuación beta	Met One/BAM1020	EQPM-0308-170
Las Condes (EMM)	Basado en el principio de atenuación beta	Met One/BAM1020	EQPM-0308-170
Pudahuel (EMO)	Basado en el principio de atenuación beta	Met One/BAM1020	EQPM-0308-170
El Bosque (EMQ)	Basado en el principio de atenuación beta	Met One/BAM1020	EQPM-0308-170
Puente Alto (EMS)	Basado en el principio de atenuación beta	Met One/BAM1020	EQPM-0308-170
Quilicura (EMV)	Basado en el principio de atenuación beta	Met One/BAM1020	EQPM-0308-170

5.3. Auditoría de datos

Los datos de MP2,5 validados por el MMA, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en el artículo N°12 de la norma para MP2,5 D.S. N°12/2011 del MMA. Además, se evaluó el comportamiento de los datos de MP2,5 para el periodo en estudio, a través de gráficas de series de tiempo para cada una de las estaciones.

Se revisaron los códigos de invalidación horario por estación para el periodo, presentando un porcentaje bajo el 2% de horas invalidadas en 6 estaciones. Las horas inválidas se concentraron en: falla del equipo (2.b), falla de energía (2.a), valor fuera de rango (2.h) y mantenciones en terreno (2.e). Sólo en estación Independencia (EMF) se observó un número mayor de datos horarios inválidos, alcanzando el 10%. La invalidación horas se debió principalmente a valores codificados como 2.c, clasificado como “fuera de rango de temperatura de operación”.

Se determinó estadísticamente la cantidad de datos disponible para el cálculo de los promedios diarios. La construcción de los promedios diarios (24 horas) se realizó en base a la disponibilidad de datos por día, considerando como mínimo el 75% de datos efectivamente medidos de acuerdo a lo descrito en el D.S. N°61/2008, modificado por D.S N°30/2009 de MINSAL. En los casos de días con un porcentaje menor al 75% de horas, estos se invalidaron de acuerdo a lo descrito en el mismo decreto mencionado. En la Tabla 3 se presentan el número de días válidos para el periodo y el porcentaje de datos disponibles para el periodo del 1° de enero al 31 de mayo de 2014.

Tabla 3 Porcentaje de datos validos del periodo (1° de enero y 31 de mayo de 2014)

Estación	N° de Datos Disponibles (Días)	Porcentaje de datos (%)
Independencia (EMF)	122	80,8
La Florida (EML)	151	100
Las Condes (EMM)	151	100
Pudahuel (EMO)	151	100
El Bosque (EMQ)	148	98,0
Puente Alto (EMS)	150	99,3
Quilicura (EMV)	148	98,0

A nivel mensual el porcentaje de datos validos por estación se presenta en la Tabla 4

Tabla 4 Porcentaje de datos validos mensuales por estación para el año 2014

Estación de Monitoreo	MESES (%)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	45,2	78,6	80,6	100	100							
La Florida (EML)	100	100	100	100	100							
Las Condes (EMM)	100	100	100	100	100							
Pudahuel (EMO)	100	100	100	100	100							
El Bosque (EMQ)	100	96,4	100	100	93,5							
Puente Alto (EMS)	100	100	100	96,7	100							
Quilicura (EMV)	100	92,9	100	96,7	100							

El porcentaje de datos mensuales en la gran mayoría de las estaciones cumplen con el 75% de los datos válidos, a excepción del mes de enero de 2014 en la estación de Independencia con un 45,2%. Para el efecto de una validación de datos, aquellos meses en los cuales no se cumplan con el 75% de datos válidos, estos no serán considerados para cálculo del promedio anual de acuerdo a lo descrito en el punto VI (párrafo 5) del D.S. N°12/2011 del MMA. Lo anterior no es condición de invalidez de concentración diaria para efectos de cálculo de percentil 98 establecido en la norma.

Por lo antes expuesto se determinó que la validación realizada por el MMA, cumple con los criterios establecidos en la norma de calidad primaria para MP2,5, D.S. N°12/2011 del MMA.

6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA

6.1. Evaluación de la norma 24 horas MP2,5 para el año 2014

El periodo de evaluación de superación de la norma para MP2,5, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2014 y el día 31 de mayo de 2014. En la Tabla 5 se presenta un resumen con los días de superación de la norma en nivel diario para MP2,5 para todas las estaciones de monitoreo en análisis.

Tabla 5 Días superación norma 24 horas año 2014

Estación	Días superación Norma 24 horas 50 (µg/m³).
Independencia (EMF)	10 días
La Florida (EML)	15 días
Las Condes (EMM)	5 días
Pudahuel (EMO)	15 días
El Bosque (EMQ)	15 días
Puente Alto (EMS)	8 días
Quilicura (EMV)	15 días

El Gráfico 1 muestra la distribución temporal, disgregada a nivel mensual, de las excedencias de la Norma 24 horas para MP2,5.

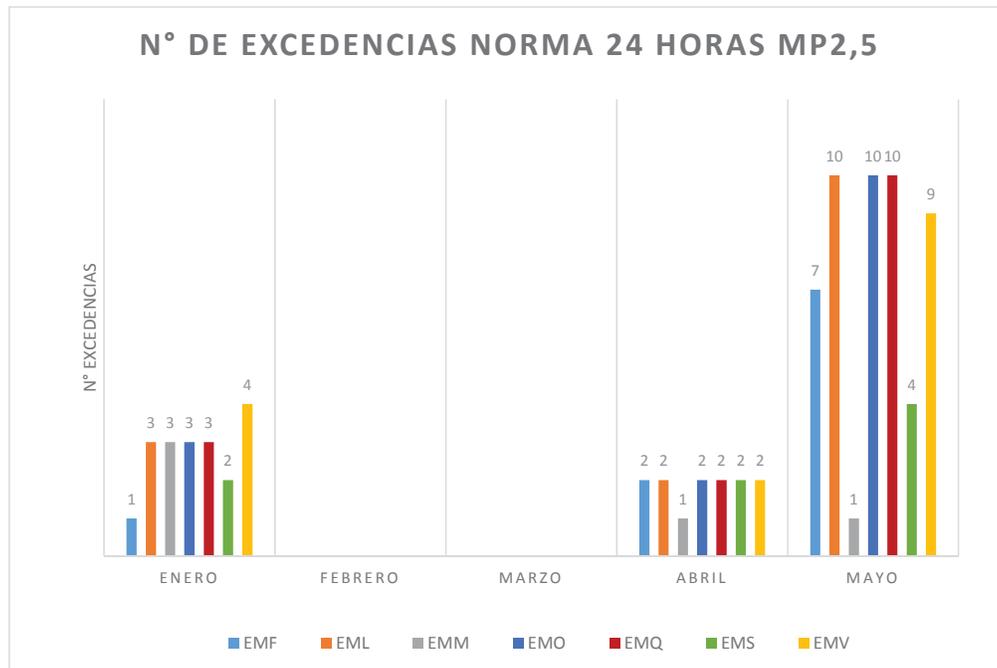


Gráfico 1 Excedencias norma 24 Horas MP2,5 para el periodo

Cabe señalar que al considerar las concentraciones diarias de MP2,5 para un año calendario, el cálculo del percentil 98 evaluado para los 365 días, permite un máximo de 7 excedencias, es decir días con superaciones al valor de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración de 24 horas.

De acuerdo al análisis efectuado con la información disponible para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2014 y el día 31 de mayo de 2014, se determina que el valor de la norma de MP2,5 como concentración de 24 horas es superada más de 7 veces por estación, en 6 de las 7 estaciones de monitoreo calificadas como EMRP para MP2,5. De este modo, se concluye que antes de que termine el período anual de mediciones en las estaciones calificadas como EMRP por MP2,5, se superó la norma de MP2,5 como concentración de 24 horas.

De acuerdo al Gráfico 1, se observa un número mayor de excedencias en las estaciones: El Bosque (EMQ), La Florida (EML), Pudahuel (EMO) y Quilicura.

Referencialmente se efectuó un análisis de episodios críticos donde se determinó las emergencias ambientales, observándose 6 concentraciones en el rango de alerta ambiental ($80-109 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en el periodo de análisis. Las estaciones que registraron mayor número de episodios corresponden a Pudahuel y El Bosque (ver Tabla 7).

7. CONCLUSIONES

La revisión de los datos para el año 2014 se realizó en base a los datos del periodo comprendido entre el 1 de enero al 31 de Mayo, considerándose válida la información generada de las mediciones de MP2,5 de 7 estaciones de la Red MACAM-3: Independencia (EMF), La Florida (EML), Las Condes (EMM), Pudahuel (EMO), El Bosque (EMQ), Puente Alto (EMS) y Quilicura (EMV). La evaluación tomó en cuenta la representatividad de cada estación para MP2,5, el empleo de instrumentos de medición de contaminantes atmosféricos con aprobación USEPA y la correcta validación de los datos por parte del MMA.

En el año 2014, para el periodo del 1 de enero al 31 de mayo, el porcentaje de datos diarios validos en las estaciones fue el siguiente: Independencia (EMF) 80,8%, La Florida (EML) 100%, Las Condes (EMM) 100%, Pudahuel (EMO) 100%, El Bosque (EMQ) 98%, Puente Alto (EMS) 99,3% y Quilicura (EMV) 98%.

Del procesamiento y análisis de los datos del periodo evaluado, se calculó el número de excedencias a la norma en su nivel diario. Al comparar los datos medidos con el valor de la norma de 24 horas ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para MP2,5; se observó el siguiente número de superaciones a la norma por estación: Independencia (EMF) con **10** días, La Florida (EML) con **15** días, Las Condes (EMM) con **5** días, Pudahuel (EMO) con **15** días, El Bosque (EMQ) con **15** días, Puente Alto (EMS) con **8** días y Quilicura (EMV) con **15** días.

Durante el período analizado se superó el límite de la norma diaria de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en más de 7 días en 6 estaciones de monitoreo calificadas como EMRP por MP2,5. Cabe señalar que al considerar mediciones continuas de MP2,5 para un año, el cálculo del percentil 98 permite un número máximo de 7 días con excedencias. De este modo, se determina que antes de que concluya el período anual de mediciones en las estaciones calificadas como EMRP por MP2,5, el percentil 98 ya es superado.

8. ANEXOS

Tabla 6 Resumen de días con excedencia de la norma 24 horas para MP2,5 para el periodo

Estación	Fecha	Concentración 24 hrs. MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Estación	Fecha	Concentración 24 hrs. MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
EMF	20140107	52	EMO	20140425	53		
	20140518	53		20140418	53		
	20140525	55		20140523	53		
	20140424	57		20140105	56		
	20140526	60		20140518	57		
	20140513	61		20140525	60		
	20140425	61		20140531	60		
	20140517	64		20140513	63		
	20140512	65		20140108	65		
	20140527	65		20140528	68		
				20140517	68		
	EML	20140506		51	EMQ	20140523	53
		20140518		51		20140524	59
20140511		52	20140526	79			
20140104		54	20140104	86			
20140527		56	20140527	97			
20140517		60					
20140424		62	20140523	53			
20140526		62	20140524	59			
20140513		63	20140513	62			
20140531		63	20140425	65			
20140425		67	20140104	65			
20140105		67	20140517	66			
20140108		68	20140108	66			
20140512	72	20140424	67				
20140525	72	20140105	68				
		20140518	68				
		20140526	72				
EMM	20140424	54		20140512	72		
	20140512	57		20140531	73		
	20140104	71		20140527	78		
	20140108	77		20140525	89		
	20140105	80					

Estación	Fecha	Concentración 24 hrs. MP2,5 (µg/m³)	Estación	Fecha	Concentración 24 hrs. MP2,5 (µg/m³)
EMS	20140425	53	EMV	20140418	51
	20140526	53		20140531	53
	20140424	53		20140107	54
	20140531	53		20140518	56
	20140105	55		20140525	57
	20140108	56		20140528	57
	20140512	58		20140524	58
	20140525	61		20140425	59
				20140513	61
				20140517	63
				20140108	67
				20140526	68
				20140527	72
				20140105	80
				20140104	81

Tabla 7 Tabla con episodios registrados de emergencia ambiental para MP2,5 para el periodo

Nivel	Concentración 24 hrs. MP2,5 (µg/m³)	Independencia (EMF)	La Florida (EML)	Las Condes (EMM)	Pudahuel (EMO)	El Bosque (EMQ)	Puente Alto (EMS)	Quilicura (EMV)
Alerta	80-109	0	0	1	2	1	0	2
Preemergencia	110-169	0	0	0	0	0	0	0
Emergencia	170 o Superior	0	0	0	0	0	0	0