Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

INFORME TÉCNICO
CUMPLIMIENTO DE NORMA DE CALIDAD DEL AIRE POR MP10, MP2,5, SO_2 Y PLOMO

RED DE CALIDAD DEL AIRE DE CALAMA
REGIÓN DE ANTOFAGASTA

SECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES ATMOSFÉRICAS
DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN
DFZ-2026-327-II-NC

MARZO 2026

	Nombre
Aprobado	Juan Pablo Rodríguez
Revisado	Isabel Leiva Campos
Elaborado	Karin Salazar N.

FIRMA ELECTRÓNICA AVANZADA · GOBIERNO DE CHILE

Firmado por:
Karin Leticia Salazar Navarrete
Profesional División de Fiscalización
Fecha: 06-04-2026 09:05 CLT
Superintendencia del Medio Ambiente

FIRMA ELECTRÓNICA AVANZADA · GOBIERNO DE CHILE

Firmado por:
Isabel Leiva Campos
Profesional División de Fiscalización
Fecha: 06-04-2026 09:22 CLT
Superintendencia del Medio Ambiente

FIRMA ELECTRÓNICA AVANZADA · GOBIERNO DE CHILE

Firmado por:
Juan Pablo Rodríguez Fernández
Encargado Sección de Calidad del Aire y Emisiones Atmosféricas
Fecha: 06-04-2026 09:40 CLT
Superintendencia del Medio Ambiente

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

TABLA DE CONTENIDOS

Tema	*Página*
1. RESUMEN EJECUTIVO	2
2. INTRODUCCIÓN	6
3. OBJETIVOS	7
4. ALCANCE	7
5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS	8
5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP10, EMRP-MP2,5 y SO_2	8
5.2. Descripción de instrumentos de medición Red de Calama	10
5.3. Auditoría de datos	11
6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA NORMA	15
6.1. Evaluación de la norma para MP10	15
6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP10	15
6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP10	16
6.2. Evaluación de la norma para MP2,5	18
6.2.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5	18
6.2.2. Evaluación de la norma anual para MP2,5	19
6.3. Evaluación de la norma primaria SO_2	20
6.3.1. Evaluación de la norma primaria de 1 hora SO_2	20
6.3.2. Evaluación de la norma primaria 24 horas SO_2	23
6.3.3. Evaluación de la norma primaria anual SO_2	25
6.4. Evaluación de la norma primaria de plomo (Pb)	27
6.4.1. Evaluación de la norma anual de plomo (Pb)	27
7. CONCLUSIONES	29
8. ANEXOS	32

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de las normas de calidad del aire para material particulado respirable MP10, material particulado fino respirable MP2,5 contenidas en el D.S. N° 12/2022 y D.S. N° 12/2011 respectivamente, ambas del Ministerio del Medio Ambiente; norma primaria para SO_2, contenida en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio de Medio Ambiente; además de la norma primaria de Plomo, contenida en el D.S. N° 136/2000 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia. Cabe señalar que, el presente informe de fiscalización incluye información de la evaluación de los datos de MP2,5, SO_2, y Plomo, a pesar de que los contaminantes no se encuentran incluido en el Decreto Supremo N° 57/2009, del MINSEGPRES.

Lo anterior de acuerdo con lo establecido en el Artículo 16° del párrafo ll, de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente: "Corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente, fiscalizar el cumplimiento de las normas de calidad y normas de emisión de cada región, incluida la Metropolitana."

La actividad de fiscalización de la norma primaria de calidad del aire corresponde a un examen de información para MP10 y MP2,5, donde se consideró los datos auditados en los informes DFZ-2024-211-II-NC y DFZ-2025-553-II-NC, los cuales incluyen el análisis de la norma de calidad del aire para el contaminante MP10 y MP2,5 para los años 2023 y 2024, respectivamente; utilizando los datos validados proporcionados por el titular CODELCO. A dichos datos se realizó una auditoría para la validación de los datos enviados por el titular, correspondientes a los datos registrados el año 2025 para MP10 y MP2,5, de las estaciones de monitoreo calificadas como de representatividad poblacional (EMRP) para MP10 y MP2,5, adicionalmente se incluyó una auditoría para la validación de los datos enviados por el titular, correspondientes a los datos de SO_2 y Plomo. Las 4 estaciones declaradas como EMRP por MP10 y MP2,5, corresponden a: Hospital El Cobre, Colegio Pedro Vergara Keller (en adelante CPVK), Club Deportivo 23 de Marzo (en adelante CD 23 de Marzo) y Centro. Hay que señalar que la única estación declarada como EMRPG por SO_2 corresponde a Hospital El Cobre.

Cabe señalar que mediante Decreto Supremo N° 57, del 20 de abril de 2009, del Ministerio de la Secretaría General de la Presidencia, la comuna de Calama fue declarada zona saturada solamente por material particulado respirable MP10, como concentración anual.

Posteriormente, mediante Decreto Supremo N°5 de fecha 29 de enero de 2021, del Ministerio de Medio Ambiente, se estableció el Plan de Descontaminación Atmosférica para la ciudad de Calama y su zona circundante. Se debe señalar que, el 7 de junio de 2023 el tribunal ambiental ordenó al MMA anular el Plan Descontaminación Atmosférico para la Ciudad de Calama y su Área Circundante. El órgano jurisdiccional también estableció que se debe realizar un nuevo estudio con los datos de

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

las estaciones de monitoreo que representen correctamente a la totalidad de la población de Calama y que se disponga de las medidas necesarias que atiendan a mejorar su realidad atmosférica.

El análisis de datos de MP10, MP2,5, SO_2 y Pb, se realizó con las mediciones correspondientes al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2023 y el 31 de diciembre de 2025, periodo durante el cual, las mediciones de las estaciones de monitoreo se realizaron utilizando instrumentos de medición con aprobación EPA.

Para la auditoría de los datos se consideraron los criterios establecidos en las normas primarias de calidad del aire para MP10, MP2,5, SO_2 y Pb, y lo establecido la "Instrucción requisitos técnicos para la instalación, funcionamiento y operación de los instrumentos en estaciones de muestreo y medición de calidad del aire y meteorología", R.E. N°1.449/2023 de la SMA. Para el cálculo del promedio diario en equipos de tipo gravimétrico, en el caso del MP10 y MP2,5, se utilizó como criterio lo dispuesto en el decreto antes mencionado, que establece el cálculo diario sobre la base de 18 horas continuas de medición. En el caso del SO_2 se utilizó como criterio, para el cálculo del promedio anual las concentraciones mensuales y para el promedio de 24 horas los promedios horarios, de acuerdo con los criterios establecidos en la norma de SO_2.

Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, y que fija como límite un valor de 130 µg/m^{3}N (dicho límite rige desde el año 2022), se determinó mediante el análisis y el cálculo del percentil 98, que la norma de 24 horas no fue superada y las concentraciones obtenidas estuvieron por debajo del 80% del límite de la norma de 24 horas en cada uno de los años 2023, 2024 y 2025. Cabe señalar que, para el año 2023 las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98, fueron las siguientes: 94 µg/m^{3}N en la estación CPVK, 77 µg/m^{3}N en la estación CD 23 de Marzo, 60 µg/m^{3}N en la estación Centro y 50 µg/m^{3}N en la estación Hospital El Cobre. Por otra parte, para en el año 2024 las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98, fueron las siguientes: 78 µg/m^{3}N en la estación CPVK, 68 µg/m^{3}N en la estación CD 23 de Marzo, 54 µg/m^{3}N en la estación Centro y 47 µg/m^{3}N en la estación Hospital El Cobre. Finalmente, para el año 2025 las concentraciones obtenidas corresponden a: 90 µg/m^{3}N en la estación CD 23 de Marzo, 72 µg/m^{3}N en la estación CPVK, 52 µg/m^{3}N en la estación Centro y 50 µg/m^{3}N en la estación Hospital El Cobre, correspondientes en porcentaje y respecto del límite de la norma de 24 horas a: 69%, 55%, 40% y 38%, respectivamente.

Respecto de la norma anual de MP10 que establece como límite una concentración de 50 µg/m^{3}N, mediante el cálculo del promedio 3 años consecutivos (2023, 2024 y 2025), se determinó que la norma anual fue superada en la estación Club Deportivo 23 de Marzo y la estación CPVK con una concentración de 50 µg/m^{3}N, equivalente al 100% del límite de la norma anual En el resto de las estaciones las concentraciones obtenidas se encontraron por debajo del 80% del límite de la norma anual.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

Norma primaria de calidad del aire para MP2,5

El análisis de la norma de MP2,5 de 24 horas, que establece como límite una concentración de 50 µg/m^3, concluyó que los valores correspondientes al percentil 98 de las concentraciones 24 horas en todas las estaciones no superaron el límite de 50 µg/m^3 en los años 2023, 2024 y 2025. Cabe señalar que, para el año 2025 las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98, fueron las siguientes: 19 µg/m^3 en la estación CPVK, 18 µg/m^3 en estación CD 23 de Marzo, 15 µg/m^3 en estación Centro y 14 µg/m^3 en la estación Hospital El Cobre, las concentraciones obtenidas en todas las estaciones se encontraron por debajo del 38%, respecto del límite de la norma de 24 horas.

En relación con la evaluación de la norma anual para MP2,5, mediante el cálculo del promedio de 3 años de las concentraciones, entre el año 2023 y el año 2025, se concluyó que la norma no fue superada en las estaciones de la Red de Calama, respecto del límite establecido de 20 µg/m^3, y tampoco el 80% del límite de la norma. Las concentraciones obtenidas como promedio anual fueron de: 12 µg/m^3 para la estación CD 23 de Marzo, 11 µg/m^3 para la estación de CPVK, 10 µg/m^3 en estación Centro y 9 µg/m^3 en estación Hospital El Cobre, correspondiente respecto del límite de norma a los porcentajes de 60%, 55%, 50% y 45%, respectivamente.

Norma primaria de calidad del aire para SO_2

La evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO_2, que establece como límite 134 ppbv (350 µg/m^{3}N), mediante el cálculo del promedio aritmético del percentil 99 de tres años calendario sucesivos, entre el año 2023 y el año 2025, se determinó que la norma primaria horaria no fue superada, registrando 10,32 ppbv, correspondiente al 8% del valor límite de la norma horaria. Respecto al análisis de los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 1 hora, para cada uno de los años del periodo analizado, establece que la norma se considerará sobrepasada si fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, bajo esta segunda condición (b) la estación no presenta superación.

Complementariamente, se determina el número de días de excedencias a la norma de 1 hora de SO_2 para la estación, para los años 2023, 2024 y 2025, considerando el valor límite de 134 ppbv, resultando solamente un número de dos (2) excedencias a la norma de 1 hora en el año 2025 en la estación Hospital El Cobre.

Por otra parte, la evaluación de la norma primaria de SO_2, de 24 horas, que establece como límite de 57 ppbv (150 µg/m^{3}N), determinó que la norma no fue superada y tampoco el 80% del valor límite de la norma de 24 horas. La concentración observada en la estación Hospital El Cobre como concentración promedio tres años fue de 4,73 ppbv, equivalente al 8% del valor límite de la norma de 24 horas. Respecto del análisis en un año calendario, la norma señala que podrá considerarse superada si la concentración determinada mediante el percentil 99 fuere mayor o igual al doble del

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

valor de la norma, de acuerdo con esta segunda condición (b) la norma de 24 horas no fue superada durante el periodo en estudio.

Respecto de la norma anual, al analizar el período comprendido entre el día 1° de enero de 2023 y el día 31 de diciembre de 2025, cuyo límite de la norma anual es de 23 ppbv (60 µg/m^{3}N) como promedio de tres años consecutivos, se determinó que la norma anual no fue superada. La estación Hospital El Cobre tuvo una concentración promedio tres años de 1,18 ppbv, equivalente al 5% del valor límite de la norma anual. La evaluación realizada para un año calendario que señala que se considera sobrepasada si fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, tanto para el año 2023, 2024, como el año 2025 no presentó superación para la segunda condición (b) descrita.

Norma primaria de calidad del aire para Pb

La revisión de la norma primaria de calidad del aire para plomo se realizó en base al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2024 y el 31 de diciembre de 2025, considerándose válida la información generada de las mediciones de MP10 y la determinación de las concentraciones de plomo en filtros de MP10. Del análisis efectuado se pudo determinar lo siguiente:

El número de los análisis químicos de plomo en filtros de MP10 es igual o superior al 70% mensual que exige la norma, por tanto, la información proporcionada por los propietarios de las estaciones cumplió con el número de concentraciones válidas para la evaluación de plomo en filtros de MP10.

Del resultado de la evaluación de la norma anual de plomo, que fija como límite 0,5 µg/m^{3}N, se verificó que las concentraciones obtenidas en las estaciones de la Red en estudio no superaron la norma anual de plomo encontrándose valores por debajo del 80% de la norma.

Superintendencia del Medio Ambiente
Teatinos 280 pisos 3, 7, 8 y 9, Santiago / contacto.sma@sma.gob.cl / www.sma.gob.cl

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

2. INTRODUCCIÓN

Considerando lo establecido en el artículo 16°, del Título ll de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, corresponderá a esta Superintendencia fiscalizar el cumplimiento de las normas de calidad. Para lo anterior, la Superintendencia realizó una auditoría y análisis de los datos remitidos para los años 2023, 2024 y 2025, con el fin de obtener información válida que permita evaluar la norma primaria de calidad del aire de MP10 y MP2,5. Cabe señalar que los informes DFZ-2024-211-II-NC y DFZ-2025-553-II-NC, incluyen el análisis de la norma de calidad del aire para MP10 y MP2,5 para los años 2023 y 2024 respectivamente, emitidos por la Superintendencia del Medio Ambiente, conteniendo la auditoría y validación de los datos generados durante esos años para dichos contaminantes. Además, el informe de fiscalización incluye información de la evaluación de los datos de SO_2 y Pb, a pesar de que no se encuentran incluido en el Decreto Supremo N° 57/2009, del MINSEGPRES.

La actividad de fiscalización de la norma primaria de calidad del aire para MP10, MP2,5, SO_2 y Pb, se enmarca en el programa de fiscalización de normas de calidad ambiental de la SMA para el año 2026.

Cabe señalar que, la Superintendencia del Medio Ambiente durante el mes de mayo de 2018 realizó inspecciones a las estaciones de monitoreo de la Red de Calama, con el objeto de evaluar o reevaluar la representatividad poblacional de dichas estaciones para los contaminantes MP10 y MP2,5. La evaluación de la red concluyó que cuatro de las seis estaciones evaluadas cumplían con los criterios establecidos en las normas primarias de MP10 y MP2,5; D.S. N° 59/1998 de la SEGPRES (cuya última modificación corresponde al D.S. N° 12/2022 del MMA), y el D.S. N° 12/2011 del MMA, respectivamente. Además de cumplir con los criterios establecidos en la R.E. N° 744/2017 SMA para MP10 y con aquellos establecidos en la R.E. N° 106/2013 SMA para MP2,5. Las estaciones que fueron calificadas como EMRP por MP10 y EMRP por MP2,5 corresponden a: Hospital El Cobre, Colegio Pedro Vergara Keller (CPVK en adelante), Club Deportivo 23 de Marzo y Centro.

Por lo expuesto anteriormente, se realizó un análisis de la validez de las mediciones de MP10 y MP2,5 para el periodo comprendido entre el año 2023 y el año 2025, y cuyos antecedentes fueron solicitados mediante las Resoluciones Exenta N°925/2015 y N°819/2017, ambas de la SMA. La información solicita fue remitida por el titular para estaciones de: Hospital El Cobre, CPVK, CD 23 de Marzo y Centro, las que cuentan con calificación de representatividad poblacional (EMRP en adelante) por MP10 y MP2,5. Cabe señalar que además se analiza la validez de las mediciones de SO_2 para el periodo comprendido entre el año 2023 y el año 2025.

Para el proceso de auditoría y análisis de los datos se consideró la verificación del cumplimiento normativo de las normas primarias de MP10, MP2,5, SO_2 y Pb, y el cumplimiento de las exigencias establecidas en la “Instrucción requisitos técnicos para la instalación, funcionamiento y operación

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

de los instrumentos en estaciones de muestreo y medición de calidad del aire y meteorología", R.E. N°1.449/2023 de la SMA.

Estos antecedentes permitirán al Ministerio del Medio Ambiente activar los instrumentos de política pública que correspondan, de acuerdo con lo establecido en la Resolución Exenta N°503 de 2 de junio de 2021, del Subsecretario del Medio Ambiente, complementa circular N°0001, de 2005, de la comisión nacional del medio ambiente, que instruye sobre procedimiento para la declaración, modificación y derogación de zonas saturadas o latentes de carácter atmosférico, y deja sin efecto la resolución exento N°302, de 2011, y N°1121, de 2020, ambas del Ministerio del Medio Ambiente.

3. OBJETIVOS

El objetivo general de la presente actividad consistió en evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire primaria para MP10, MP2,5 y Pb, en su nivel diario y anual, según corresponda, además de la norma de calidad del aire primaria para SO_2 en su nivel horario, diario y anual; considerando el período de información comprendido entre el 1° de enero de 2023 y el 31 de diciembre de 2025, en las estaciones que cuentan con representatividad poblacional para material particulado por MP10, MP2,5 y SO_2.

Por lo anterior, se determinó la validez de las mediciones de MP10, MP2,5, SO_2 y Pb, realizadas por la Red de vigilancia de calidad del aire de Calama, en base a una auditoría de los datos del año 2025, para los años 2023 y 2024 se utilizaron los datos validos de los informes DFZ-2024-211-II-NC y DFZ-2025-553-II-NC.

4. ALCANCE

Los datos validados por esta Superintendencia en el presente informe corresponden a los registros de MP10, MP2,5, SO_2 y Pb, de la Red de monitoreo de Calama, para el periodo comprendido entre el 1° de enero de 2023 y el 31 de diciembre de 2025.

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de MP10 y MP2,5, que cumplen con ser estaciones con EMRP para MP10 y MP2,5 son: Hospital El Cobre, CPVK, CD 23 de Marzo y Centro. La estación declarada como EMRP por SO_2 corresponde a Hospital El Cobre.

El presente informe técnico evaluó el cumplimiento de las normas primarias de calidad vigentes para el periodo evaluado entre el 1° de enero de 2023 y el 31 de diciembre de 2025. A continuación, en la Tabla 1 se muestran los valores límite a nivel diario y anual, por contaminante y cuerpo normativo:

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

Tabla 1 Normas de calidad del aire vigente a nivel horario, diario y anual

Norma	Contaminante	Límite Concentración Horaria	Límite Concentración 24 horas	Límite Concentración Anual
D.S. N° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente.	MP10	No aplica	130 µg/m³N	50 µg/m³N
D.S. N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente.	MP2,5	No aplica	50 µg/m³	20 µg/m³
D.S. N° 104/2018 del Ministerio de Medio Ambiente	SO_2	134 ppbv (350 µg/m³N)	57 ppbv (150 µg/m³N)	23 ppbv (60 µg/m³N) (promedio 3 años)
D.S. N° 136/2000 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia de la República.	Pb	No aplica	No aplica	0,5 µg/m³N

5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

La información de las mediciones para los años 2023, 2024 y 2025, fue remitida por el titular responsable de la Red de Calama, los antecedentes fueron solicitados mediante las Resoluciones Exenta N°925/2015 y N° 819/2017 de la SMA. La información de calidad del aire recepcionada corresponde a los datos crudos (diario o minutos), datos validados (diario o horarios) y sus respectivos códigos de invalidación. Adicionalmente, el titular remitió las calibraciones y mantenciones realizadas a los instrumentos de medición durante el periodo de evaluación del presente informe. Cabe señalar que, la información enviada se reportó de acuerdo con el formato establecido por la SMA, el cual incluye los códigos de invalidación establecidos en la R.E. N°1.449 de la SMA.

Los datos evaluados de MP10, MP2,5, SO_2 y Pb, corresponden a las mediciones realizadas en las estaciones declaradas con representatividad poblacional para material particulado, indicadas a continuación en el punto 5.1 de este documento.

5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP10, EMRP-MP2,5 y SO_2

En la Tabla 2 se describen las estaciones de la Red de Calama, y sus respectivas resoluciones que las califican como estación de monitoreo con representatividad poblacional (EMRP) para material particulado MP10, MP2,5 y SO_2.

Tabla 2 Estaciones declaradas como EMRP-MP10, EMRP-MP2,5 y SO_2

Estación de Monitoreo	EMRP	Resolución que otorga EMRP para MP2,5
Hospital El Cobre	MP10	R.E. N° 969 del 8 de agosto de 2018, de la Superintendencia del Medio Ambiente

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

Estación de Monitoreo	EMRP	Resolución que otorga EMRP para MP2,5
	MP2,5	R.E. N° 968 del 8 de agosto de 2018, de la Superintendencia del Medio Ambiente
	SO_2	R.E. N° 1477 del 3 de abril de 2002, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Antofagasta
CPVK	MP10	R.E. N° 915 del 1 de agosto de 2018, de la Superintendencia del Medio Ambiente
	MP2,5	R.E. N° 914 del 1 de agosto de 2018, de la Superintendencia del Medio Ambiente
CD 23 de Marzo	MP10	R.E. N° 930 del 3 de agosto de 2018, de la Superintendencia del Medio Ambiente
	MP2,5	R.E. N° 928 del 3 de agosto de 2018, de la Superintendencia del Medio Ambiente
Centro	MP10	R.E. N° 929 del 3 de agosto de 2018, de la Superintendencia del Medio Ambiente
	MP2,5	R.E. N° 931 del 3 de agosto de 2018, de la Superintendencia del Medio Ambiente

Por su parte, en la Tabla 3 se describe la ubicación de las estaciones de la Red de Calama, cuya representación gráfica se ilustra en la Figura 1.

Tabla 3 Ubicación de las estaciones de la Red de Calama

Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (m) Datum WGS84, Huso 19 S*	
Hospital El Cobre	509.239 E	7.516.917 N
Colegio Pedro Vergara Keller	506.893 E	7.518.227 N
Club Deportivo 23 de Marzo	506.399 E	7.516.241 N
Centro	507.389 E	7.516.053 N

*Referencia de las resoluciones EMRP.

Superintendencia del Medio Ambiente
Teatinos 280 pisos 3, 7, 8 y 9, Santiago / contacto.sma@sma.gob.cl / www.sma.gob.cl

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718



Figura 1 Ubicación de estaciones de calidad del aire de la Red de Calama

5.2. Descripción de instrumentos de medición Red de Calama

De acuerdo con los antecedentes entregados por el titular de la Red de Calama para los años 2023, 2024 y 2025, los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo de MP10, MP2,5 y SO_2 en las estaciones evaluadas, cumplen con el requisito de emplear equipos con aprobación USEPA, establecido en la norma primaria. A continuación, en la Tabla 4 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP10, MP2,5 y SO_2, utilizados en las estaciones de calidad del aire analizadas, durante el año 2025.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

Tabla 4 Listado de estaciones, instrumento y método de medición

Estación de Monitoreo	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
Hospital El Cobre	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Graseby Andersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	EQPM-0202-142
	SO_2	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA-0486-060
Colegio Pedro Vergara Keller	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Thermo Scientific / HIVOL GUY15H1	RFPS-1287-063
	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-0498-116
Club Deportivo 23 de Marzo	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Thermo Scientific / HIVOL GUY15H1	RFPS-1287-063
	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-0498-116
Centro	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Thermo Scientific / HIVOL GUY15H1	RFPS-1287-063
	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ 200	RFPS-0498-116

5.3. Auditoría de datos

Los datos de MP10, MP2,5, SO_2 y Pb para los años 2023, 2024 y 2025, validados previamente por el titular, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en la norma primaria de ambos contaminantes. Además, se evaluó el comportamiento de los datos para el periodo en estudio, a través de gráficas de series de tiempo para cada una de las estaciones.

La auditoría de los datos consideró una revisión de los códigos de invalidación de datos reportados para el contaminante MP10, MP2,5, SO_2 y Pb, de las estaciones correspondientes a: Hospital El Cobre, CPVK, CD 23 de Marzo y Centro. Para el caso de los datos diarios de MP10 y MP2,5, medidos con equipos de tipo discreto, se evalúo el número de días sin datos o datos inválidos. Para la validación de las concentraciones de Plomo se utilizó el criterio establecido en la norma, que considera contar con al menos un 70% de las mediciones programadas en filtros de MP10 para el mes. De este análisis se presentó el siguiente porcentaje de datos inválidos (ver Tabla 5).

Tabla 5 Porcentaje de datos inválidos diarios por contaminante, para el periodo de 2023 al 2025

		2023		2024		2025	
Estación	Contaminante	% Diario	% Horario	% Diario	% Horario	% Diario	% Horario
Hospital El Cobre	MP10	2	No aplica	5	No aplica	3	No aplica
	MP2,5	1	No aplica	3	No aplica	6	No aplica
	SO_2	No aplica	0,8	No aplica	1,8	No aplica	1
Colegio Pedro Vergara Keller	MP10	2	No aplica	6	No aplica	7	No aplica

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

		2023		2024		2025	
Estación	**Contaminante**	**% Diario**	**% Horario**	**% Diario**	**% Horario**	**% Diario**	**% Horario**
	MP2,5	6	No aplica	2	No aplica	12	No aplica
Club Deportivo 23 de Marzo	MP10	2	No aplica	5	No aplica	9	No aplica
	MP2,5	2	No aplica	4	No aplica	12	No aplica
Centro	MP10	1	No aplica	5	No aplica	4	No aplica
	MP2,5	1	No aplica	2	No aplica	7	No aplica

Mediante el análisis estadístico se determinó la cantidad de datos disponible para el cálculo de los promedios diarios respecto de los contaminantes. La construcción de los promedios diarios (24 horas) se realizó en base a la disponibilidad de datos horarios por día, considerando como mínimo el 75% de datos efectivamente medidos de acuerdo con lo descrito en la R.E. N°1.449 de la SMA. Para los datos obtenidos de equipos gravimétricos se consideró la cantidad de horas de funcionamiento del equipo de MP2,5 y del equipo de alto volumen, MP10, con un mínimo de 18 horas continuas de medición. Para los datos obtenidos de instrumentos de medición de SO_2 continuo se consideró la cantidad de horas de funcionamiento del instrumento, con un mínimo de 18 horas continuas de medición.

En las tablas siguientes, se resumen los días y porcentaje de datos válidos por año de cada estación para los contaminantes MP10, MP2,5 y SO_2. Se puede observar un porcentaje de datos válidos superior al 75% para los contaminantes de MP10, MP2,5 y SO_2, en las estaciones de la Red en análisis para los años 2023, 2024 y 2025.

El resumen de datos disponibles permite concluir que se dispone de la información suficiente para realizar un análisis estadístico, aplicando los criterios especificados en la norma primaria de calidad del aire.

Tabla 6 Estación Hospital El Cobre, porcentaje de datos válidos por contaminantes y por años (2023, 2024 y 2025)

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO_2	Porcentaje de datos (%)
Hospital El Cobre	2023	121	98	122	99	365	100
	2024	116	95	121	97	362	99
	2025	120	97	116	94	362	99

Tabla 7. Estación Colegio Pedro Vergara Keller, porcentaje de datos válidos por contaminantes y por años (2023, 2024 y 2025)

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)
Colegio Pedro Vergara Keller	2023	120	98	116	94
	2024	121	98,4	116	94
	2025	115	93	112	88

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

Tabla 8. Estación Club Deportivo 23 de Marzo, porcentaje de datos válidos por contaminantes y por años (2023, 2024 y 2025)

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos MP10 (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos MP10 (%)
Club Deportivo 23 de Marzo	2023	121	98	121	98
	2024	116	95	117	96
	2025	118	92	112	88

Tabla 9. Estación Centro, porcentaje de datos válidos por contaminantes y por años (2023, 2024 y 2025)

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos MP10 (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos MP10 (%)
Centro	2023	121	99	121	99
	2024	117	95	121	98,4
	2025	119	96	116	94

Para efectos de la evaluación anual de las normas respectivas, a continuación, en la Tabla 10 se resume el porcentaje de datos disponibles a nivel mensual de MP10, de las estaciones de la red de Calama, observándose una disponibilidad para MP10 superior al 75% en los datos mensuales para los años 2023. 2024 y 2025. Además, se incluye el porcentaje de filtros de MP10 analizados para el contaminante plomo (Pb), cumpliendo con el número de concentraciones válidas para plomo en filtros, para el año 2024 y 2025, con porcentajes superiores o igual al 70% mensual que exige la norma.

Tabla 10 Porcentaje de datos válidos de MP10 y Pb mensuales por estación para los años 2023, 2024 y 2025

		MESES (%)											
MP10 - Red Calama													
Estación	**Año**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**
Hospital El Cobre	2023	100	100	100	100	90	100	100	91	100	100	100	100
	2024	100	100	90	100	90	100	100	100	90	90	100	82
	2025	100	100	91	100	100	90	100	90	100	100	100	91
CPVK	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	82
	2024	100	100	90	90	100	100	82	100	100	80	91	100
	2025	90	90	90	100	90	82	83	90	100	100	100	100
CD 23 de Marzo	2023	100	100	100	100	100	100	100	91	100	100	100	83
	2024	80	100	100	100	100	90	100	90	90	90	100	100
	2025	80	80	100	100	100	91	83	90	100	90	83	100
Centro	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100
	2024	100	100	100	100	90	91	91	100	90	80	100	100
	2025	100	80	90	100	100	91	100	91	100	100	100	100
Pb - Red Calama													

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

		MESES (%)											
MP10 - Red Calama													
Estación	**Año**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**
Estación	**Año**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**
Hospital El Cobre	2024	100	100	90	100	90	100	100	100	90	90	100	82
	2025	100	100	91	100	100	91	100	90	100	100	100	91
CPVK	2024	100	100	90	90	100	100	82	100	100	80	91	100
	2025	90	90	90	110	90	82	83	80	100	100	100	100
CD 23 de Marzo	2024	80	100	100	100	100	90	100	90	90	90	100	100
	2025	90	80	100	92	100	91	83	90	100	90	83	100
Centro	2024	100	100	100	100	90	91	91	100	90	80	100	100
	2025	100	80	90	100	100	91	100	91	100	100	100	100

Para efectos de la evaluación anual de las normas respectivas, a continuación, en la Tabla 11 se resume el porcentaje de datos disponibles a nivel mensual, de las estaciones de la red de Calama, observándose una disponibilidad superior al 75% para los datos mensuales para el contaminante MP2,5 en el periodo de evaluación.

Tabla 11 Porcentaje de datos válidos de MP2,5 mensuales por estación para los años 2023, 2024 y 2025

		MESES (%)											
Red Calama													
Estación	**Año**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**
Hospital El Cobre	2023	100	100	100	100	100	100	100	91	100	100	100	100
	2024	100	100	100	100	100	82	100	100	100	100	100	100
	2025	100	100	100	100	100	91	91	90	100	100	80	82
CPVK	2023	100	100	100	100	100	90	100	82	90	100	90	82
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	91	90	91	100
	2025	90	80	80	83	100	91	83	90	90	90	100	82
CD 23 de Marzo	2023	100	100	100	100	100	100	100	91	100	100	100	91
	2024	100	100	100	100	100	100	100	80	100	90	100	82
	2025	90	80	80	83	100	91	83	90	90	90	100	82
Centro	2023	100	100	100	100	100	100	100	91	100	90	100	91
	2024	100	100	100	100	100	100	92	90	100	100	100	100
	2025	100	100	90	100	100	91	100	90	90	100	90	82

En relación con el parámetro SO_2 se observa en la Tabla 12, que el porcentaje de datos es superior al 75% en todos los meses del periodo de evaluación.

Tabla 12 Porcentaje de datos válidos de SO_2 mensuales por estación para los años 2023, 2024 y 2025

		MESES (%)											
Estación	**Año**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**
Hospital	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2024	100	100	100	100	100	100	100	87	100	100	100	100
	2025	100	100	100	100	100	100	97	97	100	100	100	97

Superintendencia del Medio Ambiente
Teatinos 280 pisos 3, 7, 8 y 9, Santiago / contacto.sma@sma.gob.cl / www.sma.gob.cl

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA NORMA

6.1. Evaluación de la norma para MP10

6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP10

El periodo de evaluación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2023 y el día 31 de diciembre de 2025. En la Tabla 13, se presenta un resumen de los valores calculados del percentil 98 de la concentración 24 horas de la norma de MP10, para los años 2023, 2024 y 2025, de las estaciones de monitoreo de la Red.

Cabe señalar que, de acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente, la norma de calidad del aire para material particulado respirable (MP10), se considerará sobrepasada en las siguientes condiciones:

a) Cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitora clasificada como EMRPMP10, sea mayor o igual a 130 µg/m^{3}N.

b) Asimismo, se considerará superada la norma, si antes que concluya un año calendario, el número de días con mediciones sobre el valor de 130 µg/m^{3}N, sea mayor que siete.

Cabe resaltar que el nuevo límite establecido en la norma es aplicable a partir del año 2022, y para el periodo anterior se encontraba vigente la norma de MP10, D.S. 59/1998, del MINSEGPRES.

Tabla 13 Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP10, para los años 2023, 2024 y 2025

Estación	Percentil 98 Año 2023 (µg/m^{3}N)	% de la Norma 24 horas 2023 130 (µg/m^{3}N)	Percentil 98 Año 2024 (µg/m^{3}N)	% de la Norma 24 horas 2024 130 (µg/m^{3}N)	Percentil 98 Año 2024 (µg/m^{3}N)	% de la Norma 24 horas 2024 130 (µg/m^{3}N)
Hospital El Cobre	50	38	47	36	50	38
Colegio Pedro Vergara Keller	94	72	78	60	72	55
Club Deportivo 23 de Marzo	77	59	68	52	90	69
Centro	60	46	54	42	52	40

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98, se determinó que el valor de la norma diaria de MP10 al compararlo con el límite de 130 µg/m^{3}N no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red de Calama para los años 2023, 2024 y 2025, y las concentraciones obtenidas estuvieron muy por debajo del 80% del límite de la norma de 24 horas. Cabe señalar que, las concentraciones obtenidas mediante el percentil 98 en el año 2023, correspondieron a:

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

94 µg/m^{3}N en la estación CPVK, 77 µg/m^{3}N en la estación CD 23 de Marzo, 60 µg/m^{3}N en la estación Centro y 50 µg/m^{3}N en la estación Hospital El Cobre, correspondientes en porcentaje y respecto del límite de la norma de 24 horas a: 72%, 59%, 46% y 38%, respectivamente. Las concentraciones obtenidas mediante el percentil 98 en el año 2024, correspondieron a: 78 µg/m^{3}N en la estación CPVK, 68 µg/m^{3}N en la estación CD 23 de Marzo, 54 µg/m^{3}N en la estación Centro y 47 µg/m^{3}N en la estación Hospital El Cobre, correspondientes en porcentaje y respecto del límite de la norma de 24 horas a: 60%, 52%, 42% y 36%, respectivamente. Finalmente, las concentraciones obtenidas mediante el percentil 98 en el año 2025, correspondieron a: 90 µg/m^{3}N en la estación CD 23 de Marzo, 72 µg/m^{3}N en la estación CPVK, 52 µg/m^{3}N en la estación Centro y 50 µg/m^{3}N en la estación Hospital El Cobre, correspondientes en porcentaje y respecto del límite de la norma de 24 horas a: 69%, 55%, 40% y 38%, respectivamente.

El Gráfico 1 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP10, por estación para los años 2023, 2024 y 2025.

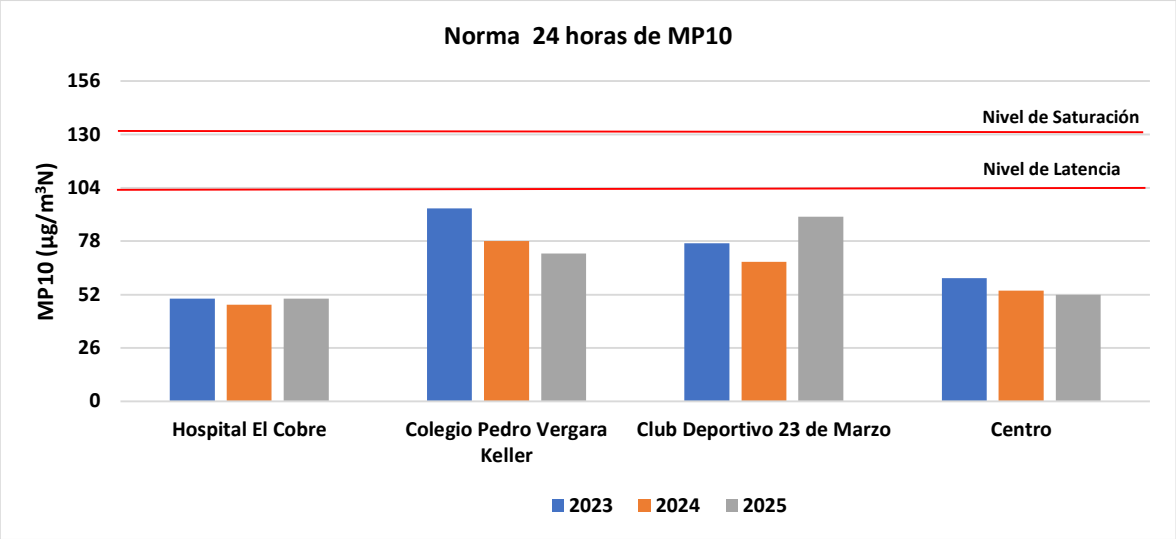


Gráfico 1 Norma 24 horas para MP10, para años 2023, 2024 y 2025

6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP10

El periodo de evaluación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2023 y el día 31 de diciembre de 2025. En la Tabla 14, se presenta un resumen de los valores obtenidos, a través del cálculo del promedio aritmético de las concentraciones de los años 2023, 2024 y 2025, para las estaciones de monitoreo de la Red.

De acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente, la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, se considerará

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

sobrepasada, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios consecutivos, en cualquier estación monitora calificada como EMRP, sea mayor o igual que 50 µg/m^{3}N.

Tabla 14 Concentración promedio anual, promedio tres años y porcentaje de la norma anual MP10

Estación	Promedio Anual 2023 (µg/m^{3}N)	Promedio Anual 2024 (µg/m^{3}N)	Promedio Anual 2025 (µg/m^{3}N)	Promedio 3 años (2023-2024-2025) (µg/m^{3}N)	% de la Norma Anual 50 (µg/m^{3}N)
Hospital El Cobre	33	30	30	31	62
Colegio Pedro Vergara Keller	55	50	46	50	100
Club Deportivo 23 de Marzo	55	48	48	50	100
Centro	41	37	35	38	76

El promedio tres años (2023, 2024 y 2025), expresado en porcentaje muestra que la estación Club Deportivo 23 de Marzo y la estación CPVK superan la norma de MP10 con una concentración de 50 µg/m^{3}N en ambas estaciones, correspondiente al 100% del límite de la norma. En el resto de las estaciones las concentraciones obtenidas se encontraron por debajo del 80% del límite de la norma anual.

Complementariamente, en el Gráfico 2, se pueden observar las concentraciones correspondientes al promedio aritmético de tres años calendario consecutivo, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2023 y el día 31 de diciembre de 2025.

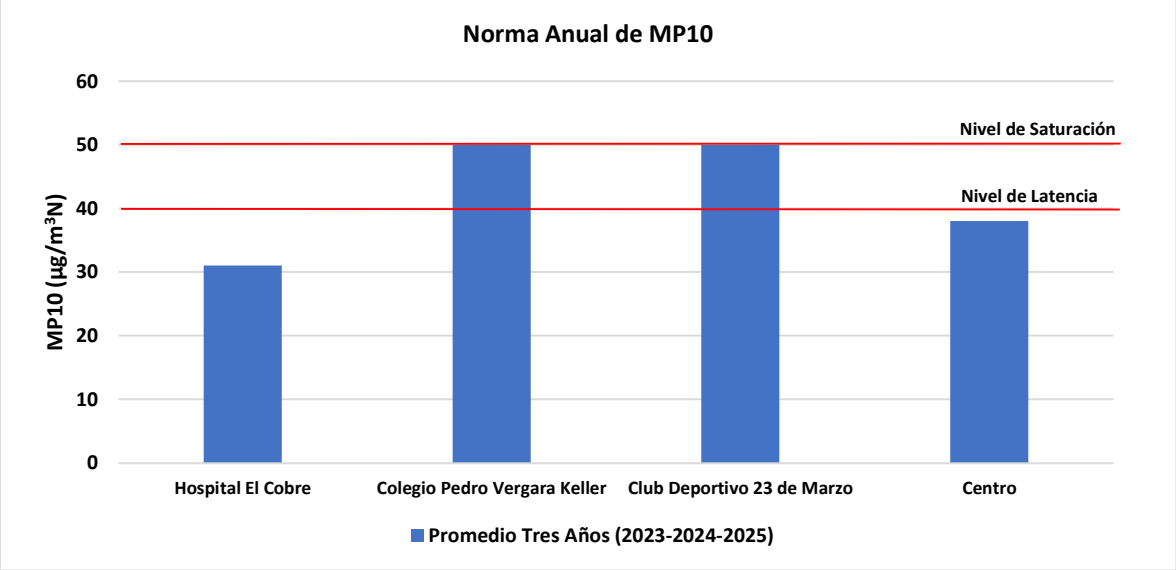


Gráfico 2 Norma Anual para MP10, Promedio tres años, para el periodo 2023 al 2025

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

6.2. Evaluación de la norma para MP2,5

6.2.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5

El periodo de evaluación la norma para MP2,5, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2023 y el día 31 de diciembre de 2025. En la Tabla 15, se presenta un resumen de los valores calculados del percentil 98 de la concentración 24 horas de la norma de MP2,5, para los años 2023, 2024 y 2025, de las estaciones de monitoreo de la Red.

De acuerdo con el límite establecido en el D.S. N° 12/2011 del MMA, se considerará sobrepasada la norma para MP2,5 cuando el percentil 98 de los promedios diarios registrados durante un año, sea mayor a 50 µg/m^3, en cualquier estación monitora calificada como EMRPMP2,5.

Tabla 15 Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP2,5 para los años 2023, 2024 y 2025

Estación	Percentil 98 Año 2023 (µg/m^3)	% de la Norma 24 horas 2023 50 (µg/m^3)	Percentil 98 Año 2024 (µg/m^3)	% de la Norma 24 horas 2024 50 (µg/m^3)	Percentil 98 Año 2025 (µg/m^3)	% de la Norma 24 horas 2025 50 (µg/m^3)
Hospital El Cobre	14	28	13	26	14	28
Colegio Pedro Vergara Keller	16	32	18	36	19	38
Club Deportivo 23 de Marzo	14	28	14	28	18	36
Centro	15	30	16	32	15	30

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas para los años 2023, 2024 y 2025, se determinó que el valor de la norma de 24 horas para MP2,5 correspondiente a 50 µg/m^3, no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red de Calama para el periodo en estudio y las concentraciones obtenidas estuvieron muy por debajo del 80% del límite de la norma de 24 horas. Cabe señalar que, para el año 2025 las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98, fueron las siguientes: 19 µg/m^3 en la estación CPVK, 18 µg/m^3 en estación CD 23 de Marzo, 15 µg/m^3 en estación Centro y 14 µg/m^3 en la estación Hospital El Cobre; por lo tanto, las concentraciones obtenidas en todas las estaciones se encontraron por debajo del 38% del límite de la norma de 24 horas.

El Gráfico 3 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP2,5, por estación, para los años 2023, 2024 y 2025.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

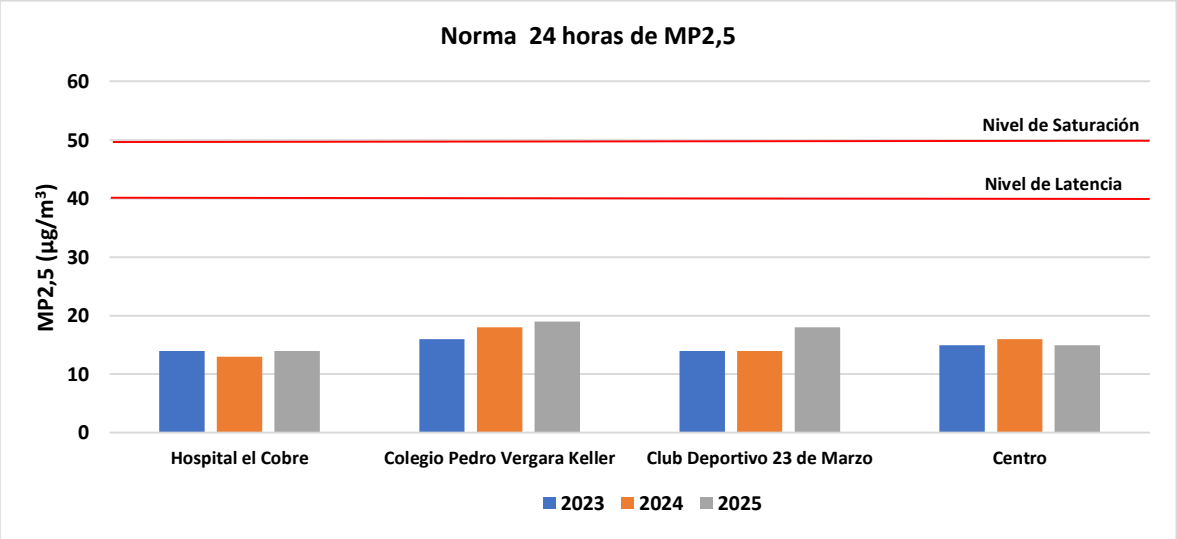


Gráfico 3 Norma 24 horas para MP2.5 para años 2023, 2024 y 2025

6.2.2. Evaluación de la norma anual para MP2,5

El periodo de evaluación de la norma para MP2,5, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2023 y el día 31 de diciembre de 2025. En la Tabla 16, se presenta un resumen de los valores obtenidos, a través del cálculo del promedio aritmético de las concentraciones de los años 2023, 2024 y 2025, para las estaciones de monitoreo de la Red.

De acuerdo con los límites establecidos en el D.S. N°12/2011 del MMA, la norma para MP2,5 se considerará sobrepasada cuando el promedio tres años de las concentraciones anuales sea mayor a 20 µg/m^3, en cualquier estación monitora calificada como EMRPMP2,5. Cabe señalar que la norma anual para MP2,5 requiere determinar el promedio aritmético de 3 años calendario consecutivos de las concentraciones anuales.

La Tabla 16, muestra el promedio tres años (2023, 2024 y 2025), expresado como concentración muestra que las estaciones de la Red de Calama no superan el límite de la norma anual de MP2,5 establecido en 20 µg/m^3, encontrándose por debajo del 80% del límite de la norma anual. Las concentraciones obtenidas como promedio tres años fueron de: 12 µg/m^3 para la estación CD 23 de Marzo, 11 µg/m^3 para la estación de CPVK, 10 µg/m^3 para la estación Centro y 9 µg/m^3 en estación Hospital El Cobre, correspondiente respecto del límite de norma a 60%, 55%, 50% y 45%, respectivamente.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

Tabla 16 Concentración promedio anual, promedio tres años y porcentaje de la norma anual MP2,5

Estación	Promedio Anual 2023 (µg/m³)	Promedio Anual 2024 (µg/m³)	Promedio Anual 2025 (µg/m³)	Promedio 3 años (2023-2024-2025) (µg/m³)	% de la Norma Anual 20 (µg/m³)
Hospital El Cobre	9	9	9	9	45
Colegio Pedro Vergara Keller	12	11	11	11	55
Club Deportivo 23 de Marzo	11	11	14	12	60
Centro	10	11	9	10	50

Complementariamente, en el Gráfico 4, se pueden observar las concentraciones correspondientes al promedio aritmético de tres años calendario consecutivo, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2023 y el día 31 de diciembre de 2025.

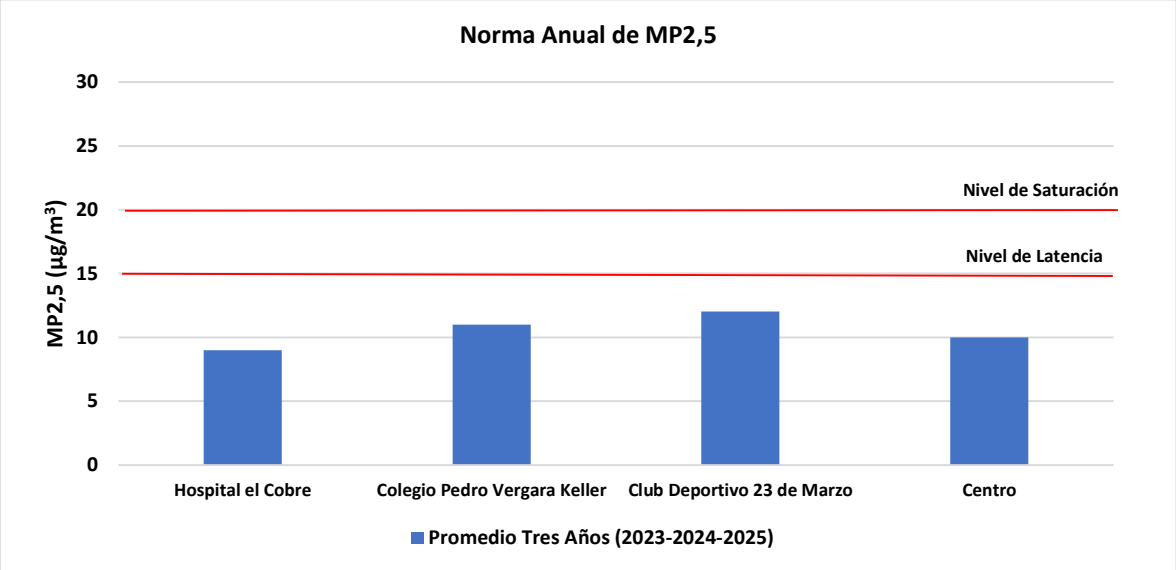


Gráfico 4 Norma Anual para MP2,5, Promedio tres años, para el periodo 2023 al 2025

6.3. Evaluación de la norma primaria SO_2

6.3.1. Evaluación de la norma primaria de 1 hora SO_2

El periodo de evaluación de la norma primaria de 1 hora para SO_2, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2023 y el día 31 de diciembre de 2025. En la Tabla 17, se presenta un

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 1 hora para SO_2, en todas las estaciones de la Red.

Se debe señalar que los límites establecidos en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, deben cumplir con las siguientes condiciones:

a. Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO_2 como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, fuere mayor o igual a 134 ppbv (350 µg/m^{3}N). A partir del cuarto año calendario de publicada la norma en el diario oficial, se considerará un percentil 99 para evaluar esta condición.
b. Se considerará superada la norma de 1 hora, si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece. A partir del cuarto año calendario año de publicada la norma en el Diario Oficial, se considera un percentil 99 para evaluar esta condición.

Cabe destacar que el Artículo 5° de la norma establece que a partir del cuarto año calendario de publicada la norma en el Diario Oficial (16 de mayo de 2019), se considera el percentil 99 para evaluar la condición a. y condición b. de la norma primaria horaria, por lo tanto, se debió calcular el percentil 99 para el año 2023, y de esta manera determinar el promedio tres años con el mismo criterio y percentil.

Tabla 17 Evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO_2 para el período 2023 al 2025

Estación	Percentil 99 2023 (ppbv)	Percentil 99 2024 (ppbv)	Percentil 99 2025 (ppbv)	Percentil 99 Promedio 3 años (2023-2024-2025) (ppbv)	% de la Norma Horaria 134 ppbv
Hospital El Cobre	8,95	13,16	8,86	10,32	8

Respecto a la condición (a) se observó, para el período en estudio, que la norma horaria que establece como límite 134 ppbv no fue superada en la estación Hospital El Cobre evaluada para el periodo 2023 a 2025. En relación con la evaluación de acuerdo con la condición (a), se determinó que la norma de 1 hora no fue superada para el período en estudio y la concentración que registró la estación Hospital El Cobre fue de 10,32 ppbv, correspondiente al 8% del valor límite de la norma horaria.

El Gráfico 5 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99 del periodo como promedio tres años (condición a).

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

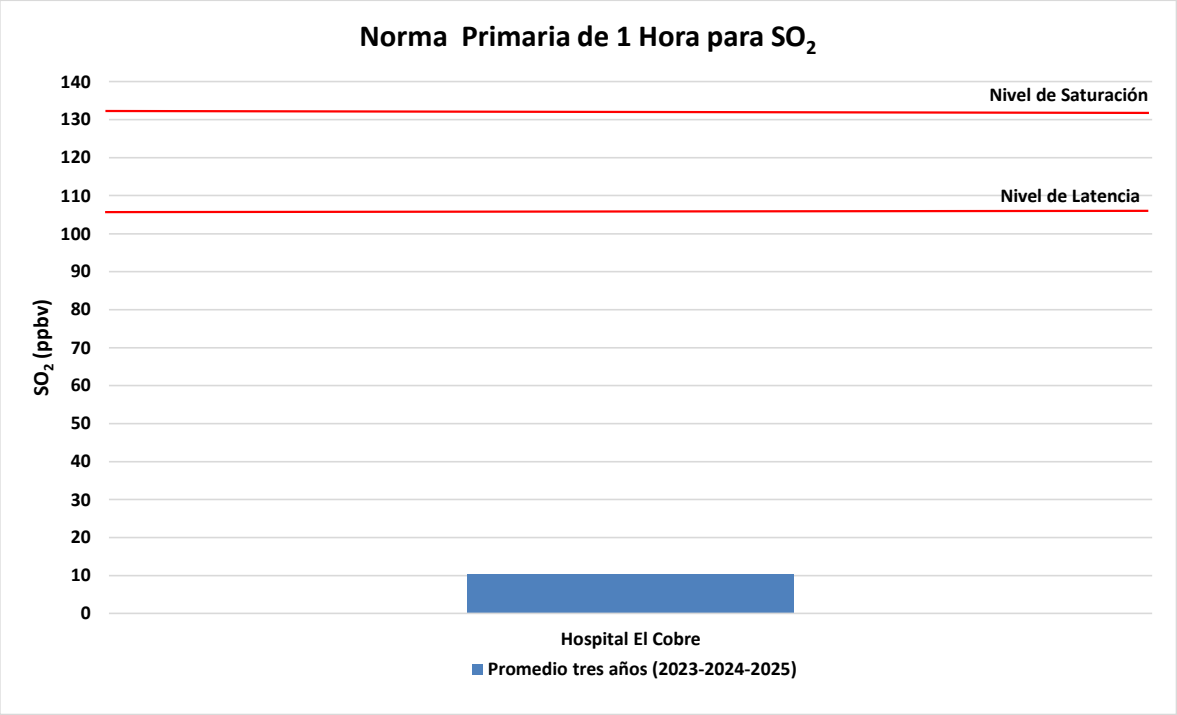


Gráfico 5 Norma primaria de 1 hora para SO_2, promedio tres años, para el periodo 2023 al 2025 (condición a)

Complementariamente el Gráfico 6 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 1 hora para cada uno de los años del periodo analizado (condición b).

Superintendencia del Medio Ambiente
Teatinos 280 pisos 3, 7, 8 y 9, Santiago / contacto.sma@sma.gob.cl / www.sma.gob.cl

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

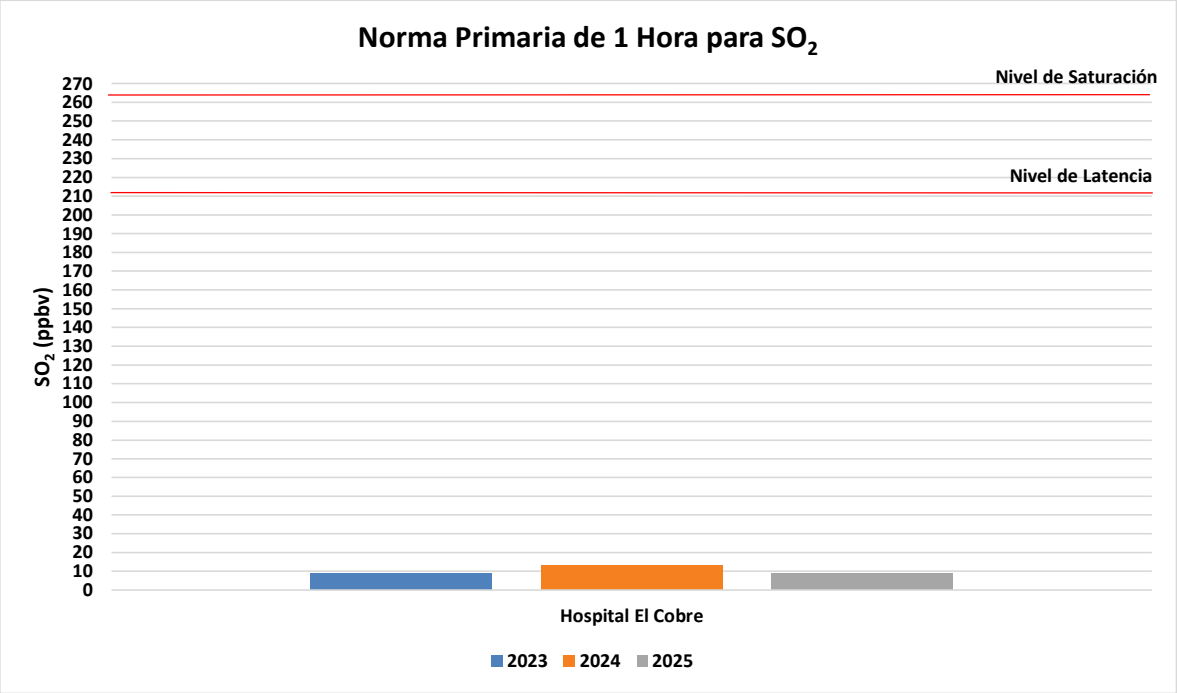


Gráfico 6 Norma primaria de 1 hora para SO_2, por año para el periodo 2023 al 2025 (condición b)

En la Tabla 18, se resume el número de días de excedencias a la norma de 1 hora de SO_2 para la estación, para los años 2023, 2024 y 2025, considerando el valor límite de 134 ppbv. Para todo el periodo evaluado, la estación Hospital El Cobre presenta un número de dos (2) excedencias a la norma de 1 hora en la estación en el año 2025.

Tabla 18 N° de Excedencias a la norma de 1 Hora de SO_2 por estación para los años 2023, 2024 y 2025

Estación	N° de Excedencia Horarias 2023	N° de Excedencia Horarias 2024	N° de Excedencia Horarias 2025
Hospital El Cobre	0	2	2

6.3.2. Evaluación de la norma primaria 24 horas SO_2

El periodo de evaluación de la norma primaria de 24 horas para SO_2, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2023 y el día 31 de diciembre de 2025. En la Tabla 19, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 24 horas para SO_2, en la estación de la Red.

Se debe señalar que, de acuerdo con los límites establecidos en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, deben cumplir con las siguientes condiciones:

a. Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO_2 como concentración de 24 horas, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

sucesivos, de los valores del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas, fuere mayor o igual a 57 ppbv (150 µg/m^{3}N).

b. Se considerará superada la norma 24 horas también, si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece.

De acuerdo con lo calculado, ver Tabla 19, se determinó respecto a la condición (a) que la norma de 24 horas no fue superada, y tampoco se superó el 80% del valor límite de la norma de 24 horas en la estación de la red. La concentración que se observa en la estación Hospital El Cobre corresponde a una concentración promedio tres años de 4,73 ppbv, equivalente al 8% del valor límite de la norma de 24 horas. Por otra parte, la evaluación de la norma 24 horas de acuerdo con la condición (b), determinó que la norma no fue superada en la estación Hospital El Cobre para el período en estudio.

Tabla 19 Evaluación de la norma primaria de 24 horas para SO_2 durante el período 2023 al 2025

Estación	Percentil 99 2023 (ppbv)	Percentil 99 2024 (ppbv)	Percentil 99 2025 (ppbv)	Percentil 99 Promedio 3 años (2023-2024-2025) (ppbv)	% de la Norma 24 horas 57 ppbv
Hospital El Cobre	3,73	6,13	4,34	4,73	8

El Gráfico 7 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99 del periodo como promedio tres años (condición a).

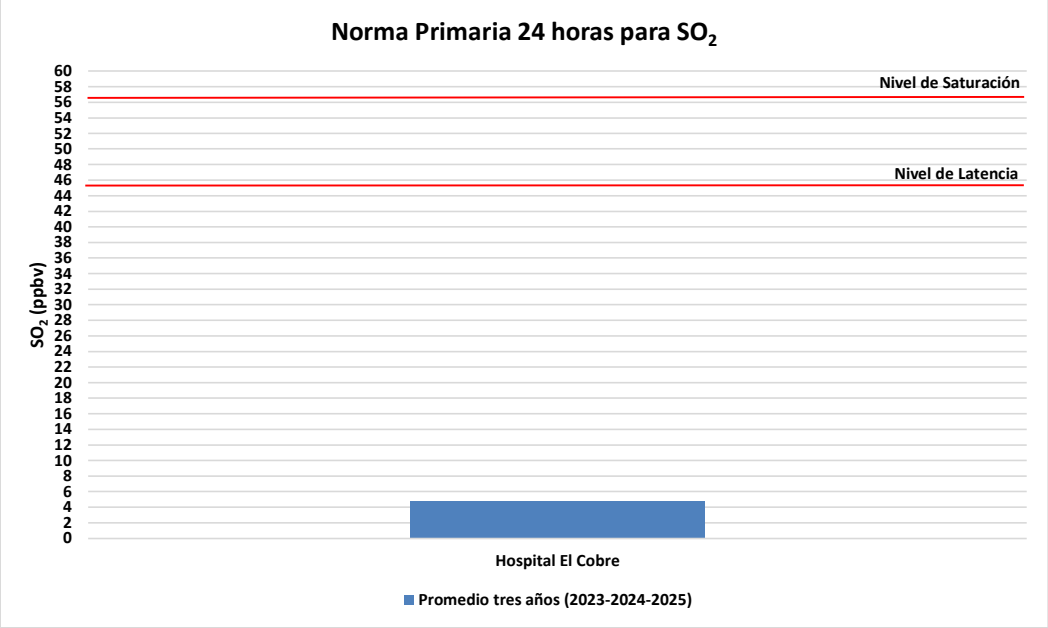


Gráfico 7 Norma primaria 24 horas para SO_2, promedio tres años, para el periodo 2023 al 2025 (condición a)

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

El Gráfico 8 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas para cada uno de los años del periodo analizado (condición b).

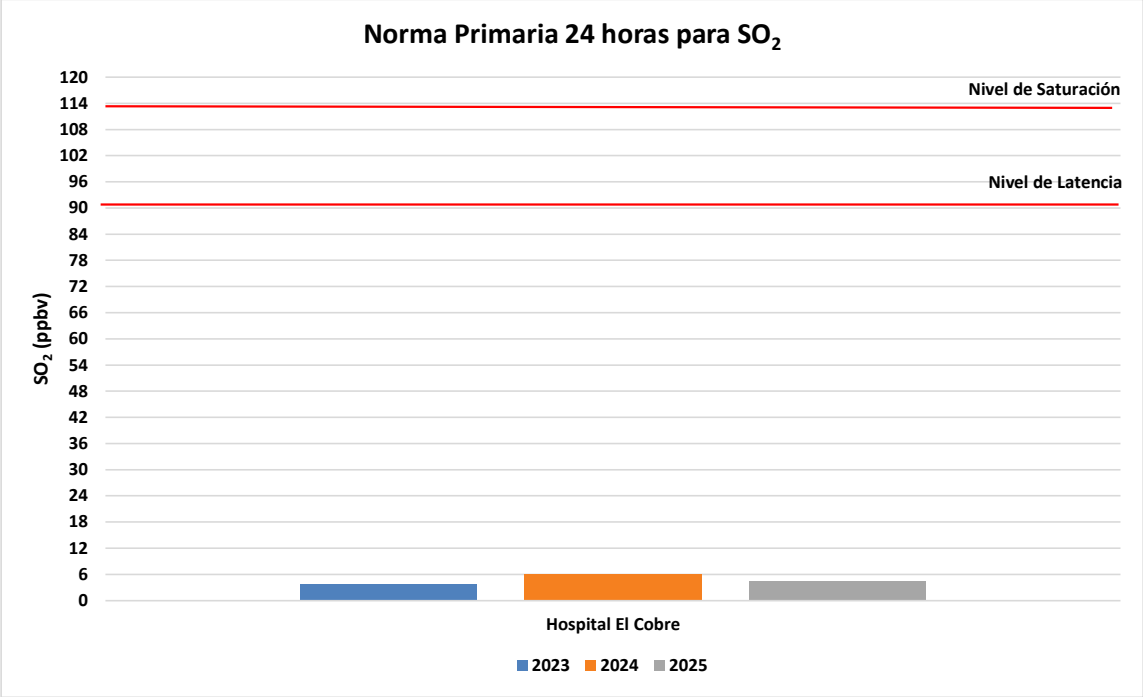


Gráfico 8 Norma primaria 24 horas para SO_2, por año para el periodo 2023 al 2025 (condición b)

6.3.3. Evaluación de la norma primaria anual SO_2

El periodo de evaluación de la norma primaria anual para SO_2, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2023 y el día 31 de diciembre de 2025. En la Tabla 20, se presenta un resumen con los promedios anuales de SO_2 en la estación de la Red.

Se debe señalar que, de acuerdo con los límites establecidos en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, deben cumplir con las siguientes condiciones:

a. Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO_2 como concentración anual, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos de los valores de concentración anual, fuere mayor o igual a 23 ppbv (60 µg/m^3N).
b. Si en un año calendario, el valor de la concentración anual, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

Los resultados de la evaluación de la norma anual, presentados en la Tabla 20, indican que de acuerdo con la condición (a), la norma anual no fue superada, la estación Hospital El Cobre presentando una concentración promedio tres años de 1,18 ppbv, equivalente al 5% del límite de la norma anual. Respecto de la evaluación de acuerdo con la condición (b) se determinó que la norma no fue superada.

Tabla 20 Evaluación de la norma primaria anual para SO_2 durante el período 2023 al 2025

Estación	Concentración Anual 2023 (ppbv)	Concentración Anual 2024 (ppbv)	Concentración Anual 2025 (ppbv)	Promedio 3 años (2023-2024-2025) (ppbv)	% de la Norma Anual 23 (ppbv)
Hospital El Cobre	1,09	1,24	1,22	1,18	5

El Gráfico 9 muestra el promedio tres años, para el periodo 2023 al 2025, para la estación Hospital El Cobre (condición a).

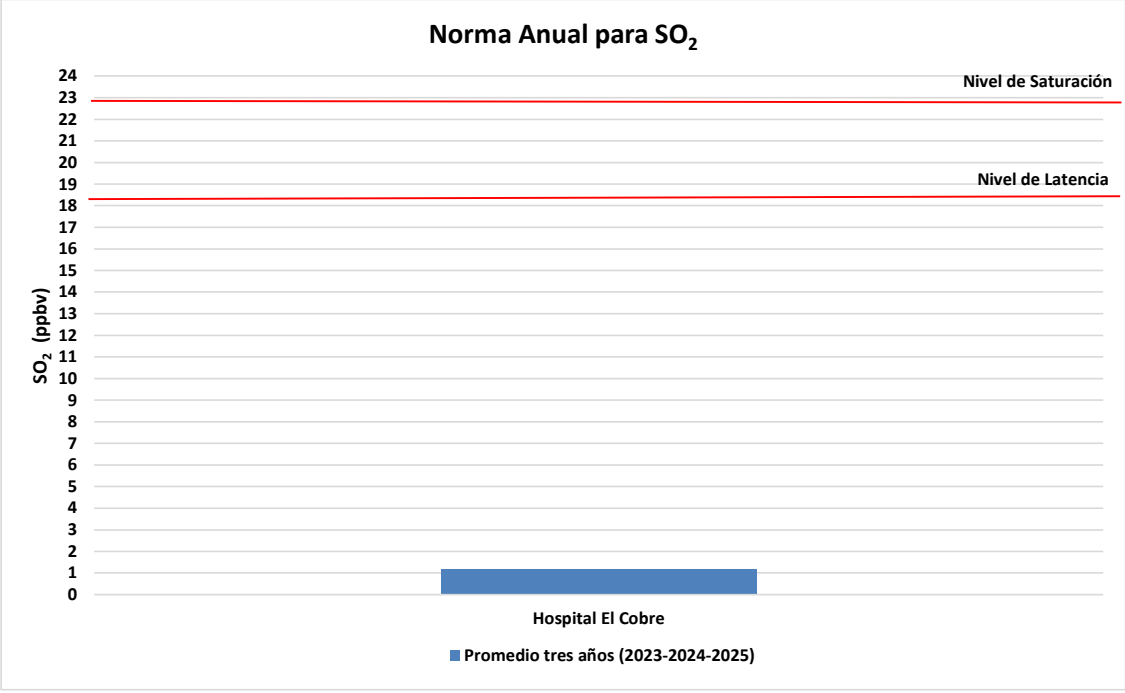


Gráfico 9 Norma primaria anual para SO_2, promedio tres años, para el periodo 2023 al 2025 (condición a)

El Gráfico 10 presenta las concentraciones como promedio anual para cada uno de los años de periodo analizado (condición b).

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

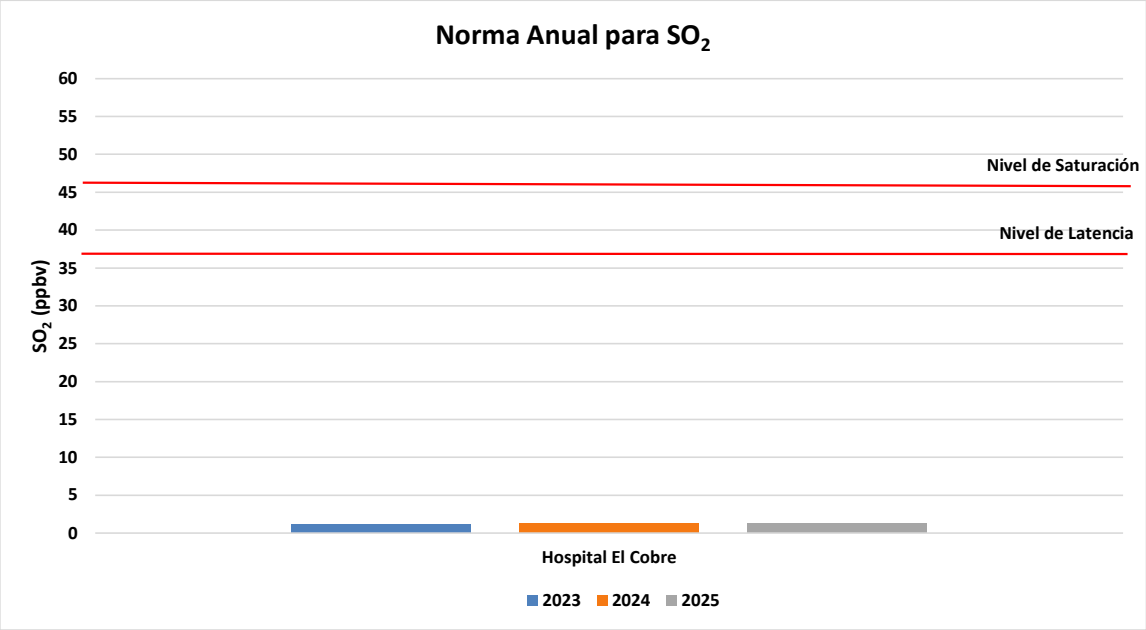


Gráfico 10 Norma primaria anual para SO_2, promedio anual por año para periodo 2023 al 2025 (condición b)

6.4. Evaluación de la norma primaria de plomo (Pb)

6.4.1. Evaluación de la norma anual de plomo (Pb)

La norma primaria de calidad del aire para el contaminante plomo, D.S. N° 136/2000 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia de la República, establece que el límite para plomo será de 0,5 microgramos por metro cúbico normal (µg/m^3N) como concentración anual.

Cabe señalar que se considerará sobrepasada la norma cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de dos años sucesivos supera el nivel de la norma en cualquier estación con representatividad poblacional.

Para la evaluación de la norma de plomo se utilizaron los resultados de los análisis químicos efectuados a los filtros de material particulado MP10. El periodo de evaluación de la norma anual de plomo (Pb), corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2024 y el día 31 de diciembre de 2025. En la Tabla 21, se presenta un resumen con las concentraciones anuales para plomo, el promedio bianual expresado en porcentaje muestra que la norma anual de Plomo no fue superada en las estaciones de monitoreo de la Red en estudio, y los porcentajes obtenidos respecto de la norma anual se encontraron por debajo del 80% de la norma anual.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

Tabla 21 Evaluación de la norma primaria anual para Plomo durante el período 2024 al 2025

Estación	Concentración Anual 2024 (µg/m³N)	Concentración Anual 2025 (µg/m³N)	Promedio bianual (2024-2025) (µg/m³N)	% de la Norma Anual 0,5 (µg/m³N)
Hospital El Cobre	0,0099	0,0096	0,0097	2
Colegio Pedro Vergara Keller	0,0288	0,0314	0,0301	6
Club Deportivo 23 de Marzo	0,0240	0,0217	0,0229	5
Centro	0,0121	0,0144	0,0132	3

El Gráfico 11 presenta el promedio bianual de las concentraciones anuales de Plomo para el periodo comprendido entre el día 1° de enero de 2024 y el día 31 de diciembre de 2025.

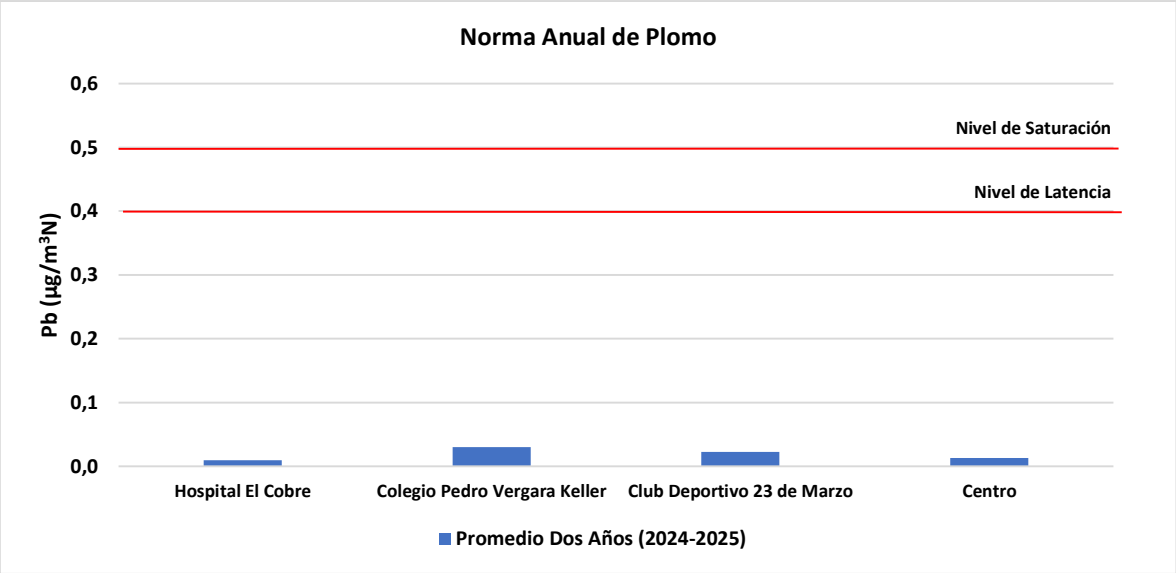


Gráfico 11 Norma anual para Plomo (Pb)

Superintendencia del Medio Ambiente
Teatinos 280 pisos 3, 7, 8 y 9, Santiago / contacto.sma@sma.gob.cl / www.sma.gob.cl

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

7. CONCLUSIONES

La revisión de la norma primaria de calidad del aire para el contaminante MP10, MP2,5 y SO_2, se realizó en base al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2023 y el 31 de diciembre de 2025, considerándose válida la información generada de las mediciones de MP10, MP2,5 y SO_2, de las 4 estaciones de la Red Calama: Hospital El Cobre, Colegio Pedro Vergara Keller, Club Deportivo 23 de Marzo y Centro. Para verificar el cumplimiento de las normas se tomó en cuenta la representatividad poblacional para material particulado (MP10 y MP2,5) y SO_2, el empleo de instrumentos de medición de contaminantes atmosféricos con aprobación USEPA y la constatación por parte de la SMA de la correcta validación de los datos por parte del titular para los años 2023, 2024 y 2025.

Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, y que fija como límite un valor de 130 µg/m^{3}N (dicho límite rige desde el año 2022), se determinó mediante el análisis y el cálculo del percentil 98, que la norma de 24 horas no fue superada y las concentraciones obtenidas estuvieron por debajo del 80% del límite de la norma de 24 horas para los años 2023, 2024 y 2025. Cabe señalar que, para el año 2023 las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98, fueron las siguientes: 94 µg/m^{3}N en la estación CPVK, 77 µg/m^{3}N en la estación CD 23 de Marzo, 60 µg/m^{3}N en la estación Centro y 50 µg/m^{3}N en la estación Hospital El Cobre. Por otra parte, para en el año 2024 las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98, fueron las siguientes: 78 µg/m^{3}N en la estación CPVK, 68 µg/m^{3}N en la estación CD 23 de Marzo, 54 µg/m^{3}N en la estación Centro y 47 µg/m^{3}N en la estación Hospital El Cobre. Finalmente, para el año 2025 las concentraciones obtenidas corresponden a: 90 µg/m^{3}N en la estación CD 23 de Marzo, 72 µg/m^{3}N en la estación CPVK, 52 µg/m^{3}N en la estación Centro y 50 µg/m^{3}N en la estación Hospital El Cobre, correspondientes en porcentaje y respecto del límite de la norma de 24 horas a: 69%, 55%, 40% y 38%, respectivamente.

Respecto de la norma anual de MP10 que establece como límite una concentración de 50 µg/m^{3}N, mediante el cálculo del promedio 3 años (2023, 2024 y 2025), se determinó que la norma anual fue superada en la estación Club Deportivo 23 de Marzo y la estación CPVK con una concentración de 50 µg/m^{3}N, equivalente al 100% del límite de la norma anual En el resto de las estaciones las concentraciones obtenidas se encontraron por debajo del 80% del límite de la norma anual.

Norma primaria de calidad del aire para MP2,5

El análisis de la norma de MP2,5 de 24 horas, que establece como límite una concentración de 50 µg/m^3, concluyó que los valores correspondientes al percentil 98 de las concentraciones 24 horas en todas las estaciones no superaron el límite de 50 µg/m^3 en los años 2023, 2024 y 2025. Cabe señalar que, para el año 2025 las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98, fueron las siguientes: 19 µg/m^3 en la estación CPVK, 18 µg/m^3 en estación CD 23 de Marzo, 15 µg/m^3

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

en estación Centro y 14 µg/m^3 en la estación Hospital El Cobre, las concentraciones obtenidas en todas las estaciones se encontraron por debajo del 38% respecto del límite de la norma de 24 horas.

En relación con la evaluación de la norma anual para MP2,5, mediante el cálculo del promedio de 3 años de las concentraciones, entre el año 2023 y el año 2025, se concluyó que la norma no fue superada en las estaciones de la Red de Calama, respecto del límite establecido de 20 µg/m^3, y tampoco el 80% del límite de la norma. Las concentraciones obtenidas como promedio anual fueron de: 12 µg/m^3 para la estación CD 23 de Marzo, 11 µg/m^3 para la estación de CPVK, 10 µg/m^3 en estación Centro y 9 µg/m^3 en estación Hospital El Cobre, correspondiente respecto del límite de norma a los porcentajes de 60%, 55%, 50% y 45%, respectivamente.

Norma primaria de calidad del aire para SO_2

La evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO_2, que establece como límite 134 ppbv (350 µg/m^{3}N), mediante el cálculo del promedio aritmético del percentil 99 de tres años calendario sucesivos, entre el año 2023 y el año 2025, se determinó que la norma primaria horaria no fue superada, registrando 10,32 ppbv, correspondiente al 8% del valor límite de la norma horaria. Respecto al análisis de los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 1 hora, para cada uno de los años del periodo analizado, establece que la norma se considerará sobrepasada si fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, bajo esta segunda condición (b) la estación no presenta superación.

Complementariamente, se determina el número de días de excedencias a la norma de 1 hora de SO_2 para la estación, para los años 2023, 2024 y 2025, considerando el valor límite de 134 ppbv, resultando solamente un número de dos (2) excedencias a la norma de 1 hora en el año 2025 en la estación Hospital El Cobre.

Por otra parte, la evaluación de la norma primaria de SO_2, de 24 horas, que establece como límite de 57 ppbv (150 µg/m^{3}N), determinó que la norma no fue superada y tampoco el 80% del valor límite de la norma de 24 horas. La concentración observada en la estación Hospital El Cobre como concentración promedio tres años fue de 4,73 ppbv, equivalente al 8% del valor límite de la norma de 24 horas. Respecto del análisis en un año calendario, la norma señala que podrá considerarse superada si la concentración determinada mediante el percentil 99 fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, de acuerdo con esta segunda condición (b) la norma de 24 horas no fue superada durante el periodo en estudio.

Respecto de la norma anual, al analizar el período comprendido entre el día 1° de enero de 2023 y el día 31 de diciembre de 2025, cuyo límite de la norma anual es de 23 ppbv (60 µg/m^{3}N) como promedio de tres años consecutivos, se determinó que la norma anual no fue superada. La estación Hospital El Cobre tuvo una concentración promedio tres años de 1,18 ppbv, equivalente al 5% del valor límite de la norma anual. La evaluación realizada para un año calendario que señala que se

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

considera sobrepasada si fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, tanto para el año 2023, 2024, como el año 2025 no presentó superación para la segunda condición (b) descrita.

Norma primaria de calidad del aire para Pb

La revisión de la norma primaria de calidad del aire para plomo se realizó en base al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2024 y el 31 de diciembre de 2025, considerándose válida la información generada de las mediciones de MP10 y la determinación de las concentraciones de plomo en filtros de MP10. Del análisis efectuado se pudo determinar lo siguiente:

El número de los análisis químicos de plomo en filtros de MP10 es igual o superior al 70% mensual que exige la norma, por tanto, la información proporcionada por los propietarios de las estaciones cumplió con el número de concentraciones válidas para la evaluación de plomo en filtros de MP10.

Del resultado de la evaluación de la norma anual de plomo, que fija como límite 0,5 µg/m^{3}N, se verificó que las concentraciones obtenidas en las estaciones de la Red en estudio no superaron la norma anual de plomo encontrándose valores por debajo del 80% de la norma.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718

8. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	- Resoluciones EMRP.
2	- Datos de calidad del aire para MP10, MP2,5, SO_2 y Pb para el año 2025.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/NSYUSA-718