



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

**INFORME TÉCNICO
CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE POR
MP10, MP2,5, PLOMO, MPS, NO₂ Y SO₂**

**REDES DE CALIDAD DEL AIRE DE
HUASCO**

REGIÓN DE ATACAMA

SECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES ATMOSFÉRICAS

DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN

DFZ-2024-24-III-NC

NOVIEMBRE 2024

	Nombre	Firma
Aprobado	Juan Pablo Rodríguez F	
Revisado	Karin Salazar N.	
Elaborado	Isabel Leiva C.	



TABLA DE CONTENIDOS

Tema	Página
1. RESUMEN EJECUTIVO.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	8
3. OBJETIVOS.....	10
4. ALCANCE	10
5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS.....	11
5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP10, EMRPG y EMRRN	11
5.2. Descripción de instrumentos de medición utilizados en la Red de Vigilancia.....	15
5.3. Auditoría de datos.....	16
6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA NORMA	21
6.1. Evaluación de la norma para MP10.....	21
6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP10	21
6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP10	22
6.2. Evaluación de la norma NO ₂	23
6.2.1. Evaluación de la norma horaria para NO ₂	23
6.2.2. Evaluación de la norma anual para NO ₂	25
6.3. Evaluación de la norma para plomo (Pb).....	26
6.3.1. Evaluación de la norma anual para plomo (Pb)	26
6.4. Evaluación de la norma secundaria para SO ₂	28
6.4.1. Evaluación de la norma secundaria horaria para SO ₂	28
6.4.2. Evaluación de la norma secundaria 24 horas para SO ₂	30
6.4.3. Evaluación de la norma secundaria anual para SO ₂	32
6.5. Evaluación de la norma secundaria para MPS.....	34
6.5.1. Evaluación de la norma secundaria a nivel mensual para MPS	34
6.5.2. Evaluación de la norma secundaria a nivel anual para MPS	38
6.5.3. Evaluación de la norma secundaria a nivel mensual para Hierro en MPS.....	40
6.5.4. Evaluación de la norma secundaria a nivel anual para Hierro en MPS	43
6.6. Evaluación de la norma para MP2,5.....	44
6.6.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5	44
6.6.2. Evaluación de la norma anual para MP2,5	45
7. CONCLUSIONES	47
8. ANEXOS.....	51



1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de las normas de calidad del aire para: MP10, contenida en el D.S. N° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece la norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable MP10; norma primaria para NO₂, contenida en el D.S. N° 114/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; norma primaria de Plomo, contenida en el D.S. N° 136/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, norma secundaria para SO₂, contenida en el D.S. N° 22/2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; y norma secundaria para material particulado sedimentable, contenida en Decreto Exento N° 4/1992 del Ministerio de Agricultura. Lo anterior de acuerdo a lo establecido en el Artículo 16° del párrafo II, 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 las normas de calidad del aire corresponde a un examen de información para; MP10, MP2,5, Pb, MPS, Hierro en MPS, NO₂ y SO₂; donde se consideraron los datos validados proporcionados por Guacolda S.A., por la Compañía Minera del Pacífico (en adelante CAP) y por el Ministerio de Medio Ambiente (en adelante MMA). Se realizó una auditoría para la validación de los datos enviados por los titulares, correspondientes a los datos registrados por las estaciones declaradas de representatividad poblacional para MP10 y MP2,5 (EMRP), representatividad poblacional para gases (EMRPG) y representatividad para recursos naturales (EMRRN). Las 18 estaciones declaradas como EMRPMP, EMRPG y EMRRN, corresponden a: EME F, EME M, SM 1, SM 2, SM 3, SM 4, SM 5, SM 6, SM 7 y SM 8, estaciones pertenecientes a Guacolda S.A., Huasco II, 1, 2, 3, 4, 5 y 6, estaciones pertenecientes a CAP S.A y estación Huasco (Sivica) del MMA.

El análisis de datos de MP10, MP2,5, Pb, MPS, Hierro en MPS, NO₂ y SO₂ se realizó con las mediciones del periodo comprendido entre el 1° de enero de 2021 y 31 de diciembre de 2023, en el cual se utilizaron instrumentos de medición con aprobación EPA.

Para la auditoría de los datos horarios se consideraron los criterios establecidos en las normas primaria y secundaria de calidad del aire, que indican 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, del Ministerio de Salud. Para el cálculo del promedio diario en equipos de tipo gravimétrico, en el caso del MP10, se utilizó como criterio lo dispuesto en el decreto antes mencionado, que establece su determinación sobre la base de 18 horas continuas de medición, al igual que para el contaminante de MP2,5. En el caso del SO₂ y NO₂ se utilizó como criterio, para el cálculo del promedio anual las concentraciones mensuales y para el promedio de 24 horas los promedios horarios, criterios establecidos en las normas de SO₂ y NO₂. En el caso de las mediciones de material particulado sedimentable, se consideró como criterio de validación lo establecido en la norma secundaria, es decir, el mes será válido cuando se cumpla un



periodo de 27 días y el año será válido cuando se cuente con 11 meses válidos. Para las mediciones de MPS y Hierro en MPS, se utilizó el criterio establecido en la norma de MPS, validación mensual y mínimo de meses válidos.

Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, que fija como nuevo límite un valor de $130 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas para el año 2023, no superaron el límite de la norma 24 horas ni el 80% de esta. La evaluación determinó que en el año 2023 las concentraciones fueron de: $69 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación EME-F, $60 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación EME M y $102 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación Huasco II, equivalente al 53%, 46% y 78%, respecto del límite de la norma de 24 horas.

Respecto del cumplimiento de la norma anual de MP10, que establece como límite una concentración de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, se concluye que ésta no fue superada en ninguna de las estaciones con calificación EMRP, para el periodo comprendido entre los años 2021 y 2023. Y las concentraciones determinadas mediante el promedio trianual en las estaciones EME-M, EME-F y Huasco II, correspondieron a $34 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, $32 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y $29 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, equivalentes al 68%, 64% y 58%, del límite de la norma anual, respectivamente.

Norma primaria de calidad del aire para NO₂

La evaluación de la norma de 1 hora para NO₂, que fija un límite de 213 ppbv, se realizó en las dos estaciones con representatividad para este contaminante, EME-F y EME-M, para el periodo entre el año 2021 y 2023. Mediante el cálculo del promedio trianual del percentil 99, se concluyó con los resultados obtenidos en ambas estaciones, que la norma solo fue posible evaluarla en estación EME- F, en la que se obtuvo una concentración de 36,80 ppbv y un porcentaje de 17% respecto del límite de la norma. Señalar que, en la estación EME-M no fue posible evaluar la norma debido a que no se cumple con el 75% de los datos a nivel horario durante en el año 2021 y en el año 2023.

Para el caso de la norma NO₂ a nivel anual, que establece como límite 53 ppbv, de acuerdo a los valores obtenidos se determinó que la norma anual para NO₂ solo pudo ser evaluada en la estación EME-F, obteniendo una concentración promedio trianual (entre el año 2021 y 2023) de 10,4 ppbv, equivalente al 20% del límite de la norma. Respecto de la estación EME-M, no se pudo evaluar la norma debido a que presenta en uno o dos trimestres un porcentaje inferior al 75% de los datos válidos en el año 2021 y 2023, esto de acuerdo a lo requerido en el artículo 10° de la norma de NO₂.

Norma primaria de calidad del aire para Plomo (Pb)

A partir de la evaluación de la norma anual de plomo, que establece como límite $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, se verificó que en la estación Huasco II, estación calificada como EMRP, no superó la norma anual y la



concentración obtenida mediante el promedio bianual (2022-2023) fue de 0,002 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, correspondiente al 0,4% de la norma anual de plomo.

Norma secundaria de calidad del aire para SO_2

La evaluación del cumplimiento de la norma secundaria de SO_2 como concentración horaria (382 ppbv), para los años 2021, 2022 y 2023, concluye que en las 8 estaciones que fue posible evaluar la norma horaria esta no fue superada, registrando concentraciones como promedio trianual, de los percentiles 99,73, inferior al 3% respecto del límite establecido. Del mismo modo, se evaluó la concentración anual para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en todas las estaciones se encuentran por debajo del límite de 764 ppbv. Es decir, en ambas condiciones de evaluación las estaciones no superaron la norma horaria ni el 80% del límite de la norma secundaria a nivel horario para el contaminante SO_2 .

La evaluación de la norma secundaria de 24 horas, que establece como límite 140 ppbv, en las 8 estaciones de la red que pudieron ser evaluadas muestra que el promedio trianual de los percentiles 99,7 para el periodo entre el 2021 y 2023, no superan el límite normativo ni el 80 % de la norma secundaria de 24 horas. Asimismo, la evaluación de la norma secundaria de 24 horas del percentil 99,7 de las concentraciones diarias registradas durante un año, que establece como límite 280 ppbv, determinó que las estaciones de la red no superaron el límite normativo, encontrándose los valores de sus concentraciones por debajo del 80% del límite de la norma.

Del análisis de la norma anual secundaria, que establece como límite 31 ppbv, se constató que las 7 estaciones que fue posible evaluar la norma no se superó el límite normativo y las concentraciones se encuentran por debajo del 80%. Del mismo modo, se evaluó el cumplimiento de la norma anual por año, la que establece un límite de 62 ppbv, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en todas las estaciones se encuentran por debajo del 80% del límite de la norma. Señalar que en la estación SM7 no fue posible realizar la evaluación, por presentar un porcentaje de datos validos inferior al 75% en alguno de los trimestres del año 2022. Por lo tanto, se concluye que la norma secundaria anual al ser evaluada en ambas condiciones no fue superada en ninguna de las estaciones evaluadas.

Norma secundaria de calidad del aire para MPS y Hierro en MPS

- **Norma secundaria a nivel mensual y anual de MPS**

La evaluación de la norma mensual de MPS en las 6 estaciones de la red, para el año 2021 se observó que en la mayoría de los meses la norma no fue superada, a excepción del mes de marzo en la estación 4, y noviembre y diciembre en la estación 2, en las cuales se superó el límite de la norma de 150 $\text{mg}/\text{m}^2\text{día}$, siendo la concentración más alta observada en la estación 2 en el mes de diciembre con 188,8 $\text{mg}/\text{m}^2\text{día}$, equivalente a 126% de la norma mensual.

Por otra parte, para el año 2022 la evaluación de la norma mensual de MPS en las 6 estaciones de la red, determinó que en la mayoría de los meses la norma mensual de MPS no fue superada, a



excepción del mes de abril en la estación 2 y mes de mayo en estación 1, en las cuales se superó la norma de 150 mg/m²día, siendo la concentración más alta observada en la estación 2 en el mes de abril con 166,6 mg/m²día, equivalente a 111% de la norma mensual.

Finalmente, para el año 2023 se observó que en la mayoría de los meses la norma mensual de MPS no fue superada, a excepción del mes de noviembre en la estación 2 y mes de febrero en estación 4, en las cuales se superó la norma de 150 mg/m²día, siendo la concentración más alta observada en la estación 2 en el mes de febrero con 208,6 mg/m²día, equivalente a 139% de la norma mensual.

Por su parte, la evaluación de la norma anual que establece como límite una concentración media aritmética anual de 100 mg/m²día, se observa que la norma anual por MPS fue superada en los años 2021, 2022 y 2023 en la estación 2. En el año 2021 se observa que la norma anual por MPS fue superada en la estación 2 con una concentración de 101,6 mg/m²día, en el año 2022 también se observa superación a la norma anual en la estación 2, con concentraciones de 118,0 mg/m²día. Por último, en el año 2023 se superó la norma anual en la estación 2 con una concentración de 100,8 mg/m²día. Señalar que para la estación 3, no se cuenta con 11 meses de datos válidos para realizar el análisis de la norma anual en los años 2022 y 2023.

- **Norma Secundaria a nivel mensual y anual de Hierro en MPS**

La evaluación de la norma mensual de Hierro en MPS en las 6 estaciones de la red, para el año 2021 determinó que la norma mensual solo fue superada en la estación 2 entre los meses de enero a agosto, y segunda quincena de diciembre, al compararla con el límite de 60 mg/m²día, la concentración registrada corresponde a 76,6 mg/m²día en la segunda quincena de diciembre, y esta correspondiente a 128% respecto del límite de la norma. En relación con el límite de 30 mg/m²día para los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre, se determinó que la norma de Hierro en MPS no fue superada, pero se observa superación al 80% del límite de la norma en noviembre y primera quincena de diciembre en la estación 6, con concentraciones de 27,2 mg/m²día (91%) y 24,9 mg/m²día (83%), respectivamente.

Por otra parte, para el año 2022, la evaluación de Hierro en MPS en las 6 estaciones de la red, determinó que la norma mensual no fue superada entre los meses de enero a agosto, y segunda quincena de diciembre, al compararla con el límite de 60 mg/m²día. En relación con el límite de 30 mg/m²día para los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre, se determinó que la norma de Hierro en MPS fue superada en la estación 4 con una concentración de 44,6 mg/m²día (149%) en la primera quincena de diciembre, por otra parte, se observa superación al 80% del límite de la norma en la primera quincena de diciembre en la estación 1, con una concentración de 24,5 mg/m²día (82%) y estación 3 con una concentración de 24,9 mg/m²día (83%).

Finalmente, para el año 2023 se determinó que la norma mensual no fue superada entre los meses de enero a agosto, y segunda quincena de diciembre, al compararla con el límite de 60 mg/m²día y solo se observa superación al 80% del límite de la norma en la estación 1 con una concentración de 58 mg/m²día (97%) en el mes de marzo. En relación con el límite de 30 mg/m²día para los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre, se determinó que la norma de



Hierro en MPS no fue superada en ninguna de las estaciones en estudio y tampoco se superó el 80% de la norma a nivel mensual en el periodo indicado.

El cálculo y análisis de la norma anual de Hierro en MPS, que establece como límite 30 mg/m²día de Hierro, determinó que la norma no fue superada en ninguna de las estaciones en los años 2021, 2022 y 2023. Cabe señalar que, la concentración más alta durante el año 2023 se observa en la estación 1 con 17,5 mg/m²día, equivalente al 58% de valor límite de la norma anual de hierro en MPS.

Norma 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/m³, concluyó que en la estación Huasco los valores obtenidos mediante el cálculo del percentil 98 no superaron el límite de 50 µg/m³ en los años 2021, 2022 y 2023, y tampoco el 80% del límite de la norma. Señalar que, las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98 correspondieron a: 19 µg/m³ en el año 2021, 14 µg/m³ en el año 2022 y 18 µg/m³ en el año 2023, equivalente a 38%, 28% y 36% del límite de la norma.

En relación con la evaluación de la norma anual para MP2,5, que establece como límite 20 µg/m³, mediante el cálculo del promedio trianual de las concentraciones, entre el año 2021 y el año 2023, se concluyó que la norma no fue superada en la estación Huasco (Sivica), respecto del límite establecido de 20 µg/m³. La concentración obtenida como promedio anual fue de 8 µg/m³, equivalente al 40% del límite de la norma.



2. 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 10.149 habitantes (CENSO 2017) y una superficie de 1.635 km².

Huasco corresponde a la segunda ciudad en jerarquía en la Provincia del Huasco, después de Vallenar, influenciando a nivel comunal e intercomunal como centro de servicios, puerto de embarque y balneario. El puerto sirve para la salida de minerales provenientes de la planta de pellets de Compañía Minera del Pacífico y recibe, desde el exterior, carbón para la termoeléctrica 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 en menor medida en otros contaminantes tales como el dióxido de azufre (SO₂) y el dióxido de nitrógeno (NO₂).

En el año 2011 fue declarada la localidad de Huasco y su zona circundante, como zona latente por material particulado respirable MP10, como concentración anual, de acuerdo al D.S. N° 40 del 15 de noviembre de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Lo anterior considerando los resultados de las mediciones de las estaciones de monitoreo existentes en la zona, las que han sido implementadas por la empresa eléctrica Guacolda (miden material particulado respirable MP10, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno), y por CAP (miden MPS, Hierro en MPS, MP10 y plomo). Cabe señalar que, el 23 de noviembre de 2016 se promulga el Plan de Prevención de Contaminación Atmosférica para la localidad de Huasco y su zona circundante, entrando en vigencia a partir del 30 de agosto de 2017.

Considerando lo establecido en el artículo 16, del Título II 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 SMA realizó una auditoría y análisis de los datos para el año 2023, con el fin de obtener información válida que permita evaluar las normas de calidad del aire. Para los años 2021 y 2022 se utilizaron los datos auditados por esta Superintendencia, los que se encuentran publicados en los informes de fiscalización DFZ-2022-1308-III-NC y DFZ-2023-2239-III-NC, respectivamente.

Se debe señalar que los datos fueron proporcionados por el Titular AES Gener (Guacolda), por la Compañía Minera del Pacífico (CAP), a través de oficina de partes de esta Superintendencia, por otra parte, el Ministerio del Medio Ambiente proporcionó los datos de la estación pública de Huasco. Las estaciones informadas cuentan con declaración de representatividad poblacional (EMRP en adelante) por MP10 y MP2,5, representatividad poblacional de gases (EMRPG en adelante) por



norma primaria de NO₂, representatividad por recursos naturales por SO₂ (EMRRN en adelante) y para los muestreadores de material particulado sedimentable (MPS), cabe destacar que el SAG mediante la Resolución Exenta N°099/1992 aprobó la Red de Monitoreo de la Compañía Minera del Pacífico. El proceso de auditoría y análisis de los datos consideró la verificación del cumplimiento normativo de las normas primarias y secundarias de calidad del aire de cada contaminante y el cumplimiento del D.S. N° 61/2008, modificado por D.S. N° 30/2009, del Ministerio de Salud.

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 es evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire primaria para MP10, MP2,5, Plomo, MPS, Hierro en MPS, NO₂ y norma secundaria para SO₂; en su nivel horario, diario y anual, según corresponda, considerando el período de información comprendido entre el 1° de enero de 2021 y 31 de diciembre de 2023, en las estaciones que cuentan con representatividad poblacional para material particulado MP10, gases (NO₂) y que cuenten con representatividad para recursos naturales.

Para lo anterior se determinó la validez de las mediciones de MP10, MP2,5, Plomo, MPS, Hierro en MPS, SO₂ y NO₂ para el año 2023, en base a una auditoría de los datos enviados por los titulares de las estaciones. Para los años 2021 y 2022 se utilizaron los datos ya validados por esta Superintendencia, los cuales fueron publicados en los informes de fiscalización DFZ-2022-1308-III-NC y DFZ-2023-2239-III-NC, respectivamente.

4. ALCANCE

Los datos validados por esta Superintendencia corresponden a los registros de MP10, MP2,5, Plomo, MPS, Hierro en MPS, SO₂ y NO₂ de las estaciones instaladas por Guacolda y CAP para el período 1° de enero de 2021 y el 31 de diciembre de 2023.

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de MP10, MP2,5, Plomo, MPS, Hierro en MPS, SO₂ y NO₂, que cumplen con ser estaciones con EMRP y/o EMRRN para MP10, SO₂ y NO₂ son: EME-F, EME-M, SM-1, SM-2, SM-3, SM-4, SM-5, SM-6, SM-7, SM-8 y Huasco II. En el caso del muestreo de MPS y Hierro en MPS, las estaciones: 1, 2, 3, 4, 5 y 6 cuentan con la aprobación de la red del Servicio Agrícola y Ganadero mediante la Resolución Exenta N° 099/1992.

El presente documento evaluó el cumplimiento de las normas primaria y secundaria de calidad vigentes para el periodo comprendido entre el 1° de enero de 2021 y el 31 de diciembre de 2023.

A continuación, en la Tabla 1 se muestran los valores límite a nivel horario, diario, mensual y anual, por contaminante y cuerpo normativo:



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

Norma	Descripción	Contaminante	Límite Concentración Horaria	Límite Concentración 24 horas	Límite Concentración Mensual	Límite Concentración Anual
Primaria	D.S. N° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente	MP10	-----	130 µg/m³N	-----	50 µg/m³N
	D.S. N° 12/2011, del Ministerio del Medio Ambiente	MP2,5	-----	50 µg/m³N	-----	20 µg/m³N
	D.S. N° 114/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la Republica.	NO ₂	400 µg/m³N (1 Hora)	-----	-----	100 µg/m³N
	D.S. N° 136/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la Republica.	Pb	-----	-----	-----	0,5 µg/m³N
Secundaria	D.S. N° 22/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la Republica.	SO ₂	382 ppbv (promedio del percentil 99,73 de 3 años) o 764 ppbv (percentil 99,73 durante un año)	140 ppbv (promedio del percentil 99,7 de 3 años) o 280 ppbv (percentil 99,7 durante un año)	-----	31 ppbv (promedio trianual) o 62 ppbv (promedio anual)
		MPS	-----	-----	150 mg/m² día	100 mg/m² día
	D.S. N° 4/1992, del Ministerio de Agricultura.	Hierro en MPS	-----	-----	60 mg/m² día*	30 mg/m² día

* A excepción de los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre en el que será de 30 mg/m² día, como concentración media aritmética mensual.

5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

La información de calidad del aire remitida por los titulares contenía los datos crudos, datos validados y códigos de invalidación, en promedios horarios para MP2,5, SO₂ y NO₂, para el material particulado (MP10) una medición diaria con una frecuencia de tres días y para material particulado sedimentable el reporte es mensual. Los datos se reportaron de acuerdo al formato establecido por la SMA, el cual incluye los códigos de invalidación establecidos en el D.S. N° 61/2008, modificado por el D.S. N° 30/2009, del MINSAL.

Los datos evaluados de MP10, MP2,5, Pb, MPS, Hierro en MPS, NO₂ y SO₂, corresponden a las mediciones realizadas en las estaciones declaradas con representatividad poblacional para material particulado, gases y recursos naturales, indicadas en el punto 5.1 de este documento.

5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP10, EMRPG y EMRRN

En la Tabla 2 se describen las estaciones de Guacolda, CAP y el Ministerio de Medio Ambiente, y sus respectivas resoluciones que las califican como estación de monitoreo con representatividad



poblacional para material particulado (MP10 o MP2,5), representatividad poblacional para gases (NO₂) y representatividad para recursos naturales (SO₂).

Tabla 2 Estaciones declaradas como EMRP-MP10, EMRPG y EMRRN

Red	Estación de Monitoreo	Resolución que otorga EMRP para MP10	Resolución que otorga EMRP para MP2,5	Resolución que otorga EMRPG para NO ₂	Resolución que otorga EMRRN SO ₂	Aprobación de Red de Monitoreo de MPS
Guacolda	EME-M	Res. N° 1179, del 22 de diciembre 2002, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud Atacama.	No posee	Res. N° 2100, del 22 de noviembre 2006, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud Atacama.	No posee	No Aplica
	EME-F	Res. N° 1179, del 22 de diciembre 2002, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud Atacama.	No posee	Res. N° 2100, del 22 de noviembre 2006, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud Atacama.	No posee	No Aplica
	SM1	No posee	No posee	No posee	Res. Exenta N° 524, del 12 de mayo de 2011, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.	No Aplica
	SM2	No posee	No posee	No posee	Res. Exenta N° 524, del 12 de mayo de 2011, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.	No Aplica
	SM3	No posee	No posee	No posee	Res. Exenta N° 524, del 12 de mayo de 2011, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.	No Aplica
	SM4	No posee	No posee	No posee	Res. Exenta N° 524, del 12 de mayo de 2011, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.	No Aplica
	SM5	No posee	No posee	No posee	Res. Exenta N° 524, del 12 de mayo de 2011, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.	No Aplica
	SM6	No posee	No posee	No posee	Res. Exenta N° 524, del 12 de mayo de 2011, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.	No Aplica
	SM7	No posee	No posee	No posee	Res. Exenta N° 524, del 12 de mayo de 2011, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.	No Aplica
	SM8	No posee	No posee	No posee	Res. Exenta N° 524, del 12 de mayo de 2011, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.	No Aplica



Red	Estación de Monitoreo	Resolución que otorga EMRP para MP10	Resolución que otorga EMRP para MP2,5	Resolución que otorga EMRPG para NO ₂	Resolución que otorga EMRRN SO ₂	Aprobación de Red de Monitoreo de MPS
CAP	Huasco II	Res. N° 4812, del 24 de noviembre 2009, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud Atacama.	No posee	No posee	No posee	No Aplica
	1	No posee	No posee	No posee	No posee	Resolución Exenta N° 99 del 22 de Julio de 1992, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.
	2	No posee	No posee	No posee	No posee	Resolución Exenta N° 99 del 22 de Julio de 1992, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.
	3	No posee	No posee	No posee	No posee	Resolución Exenta N° 99 del 22 de Julio de 1992, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.
	4	No posee	No posee	No posee	No posee	Resolución Exenta N° 99 del 22 de Julio de 1992, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.
	5	No posee	No posee	No posee	No posee	Resolución Exenta N° 99 del 22 de Julio de 1992, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.
	6	No posee	No posee	No posee	No posee	Resolución Exenta N° 99 del 22 de Julio de 1992, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.
MMA	Huasco	Resolución Exenta N° 1006, del 15 de Julio de 2019, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	No posee	No posee	No posee	No posee

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

Tabla 3 Georreferenciación de las estaciones de la Red de Huasco

Red	Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (m)*	
Guacolda	EME-M	282.755 E	6.848.689 N
	EME-F	282.501 E	6.849.129 N
	SM-1	279.550 E	6.845.667 N
	SM2	286.614 E	6.849.717 N
	SM3	286.948 E	6.848.974 N
	SM4	288.025 E	6.847.946 N
	SM5	290.101 E	6.847.633 N



Red	Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (m)*	
	SM6	292.058 E	6.845.539 N
	SM7	295.021 E	6.846.218 N
	SM8	296.473 E	6.845.185 N
CAP	Huasco II	281.803 E	6.849.374 N
	1	284.428 E	6.849.030 N
	2	285.201 E	6.848.848 N
	3	286.486 E	6.850.326 N
	4	286.286 E	6.849.042 N
	5	286.977 E	6.850.244 N
	6	288.290 E	6.849.377 N
MMA	Huasco (Sivica)	282.684 E	6.848.703 N

* Ref. Resoluciones de calificación como EMRP, EMRPG o EMRRN



Ref. Google Earth

Figura 1 Ubicación de estaciones de la red de calidad del aire de Huasco



5.2. Descripción de instrumentos de medición utilizados en la Red de Vigilancia

De acuerdo a los antecedentes entregados por ambos titulares para los años 2021, 2022 y 2023, los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo de MP10, MP2,5, SO₂ y NO₂ en las estaciones evaluadas, cumplen con el requisito de emplear instrumentos con aprobación USEPA, establecido en las normas primaria y secundaria de calidad del aire. En la Tabla 4 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP10, MP2,5, SO₂ y NO₂, utilizados en las estaciones de calidad del aire analizadas, durante el año 2023.

Tabla 4 Listado de estaciones, instrumentos y métodos de medición utilizados durante el 2023

Red	Estación	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
Guacolda	EME-M	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Graseby Andersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		NO ₂	Quimioluminiscencia	Advanced Pollution Instr. 200A/200AU	RFNA – 1194 – 099
	EME-F	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Graseby Andersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		NO ₂	Quimioluminiscencia	Advanced Pollution Instr. 200A/200AU	RFNA – 1194 – 099
	SM1	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Environnement S.A /AF21M	EQSA – 0292 – 084
	SM2	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Environnement S.A /AF21M	EQSA – 0292 – 084
	SM3	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Environnement S.A /AF21M	EQSA – 0292 – 084
	SM4	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Dasibi/4108	EQSA – 1086 – 061
	SM5	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Environnement S.A /AF21M	EQSA – 0292 – 084
	SM6	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Environnement S.A /AF21M	EQSA – 0292 – 084
	SM7	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Environnement S.A /AF21M	EQSA – 0292 – 084
	SM8	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Ecotech ML9850/EC9850, ML9850B/EC9850B	EQSA – 0193 – 092
CAP	Huasco II	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Tisch Environmental Model TE-6070	RFPS – 0202 – 141
	1, 2, 3, 4, 5 y 6	MPS	Metodología establecida en la Resolución Exenta N° 177 del 2008, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama.		
MMA	Huasco (Sivica)	MP2,5	Método de atenuación beta	MetOne/BAM1020	EQPM – 0308 – 170



5.3. Auditoría de datos

Los datos de MP10, MP2,5, Plomo, MPS, Hierro en MPS, SO₂ y NO₂ para el año 2023, validados previamente por los titulares, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en las normas primarias y secundaria de calidad del aire, respectivas para cada contaminante. 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 horarios reportados para el contaminante MP2,5, NO₂ y SO₂ de cada estación, y su correspondiente registro de calibración de cero y span o multipunto, según corresponda. Para el caso de los datos diarios de MP10, medidos con equipos de tipo discreto, se evaluó el número de días sin dato o dato inválido. El porcentaje de datos inválidos se presenta en la Tabla 5. Cabe señalar, que los datos correspondientes a los años 2021 y 2022 fueron auditados en los informes de fiscalización DFZ-2022-1308-III-NC y DFZ-2023-2239-III-NC.

Tabla 5 Porcentaje de datos inválidos horarios y diarios por contaminante para los años 2021, 2022 y 2023

Estación	2021			2022			2023		
	MP10 % Diario	SO ₂ % Horario	NO ₂ % Horario	MP10 % Diario	SO ₂ % Horario	NO ₂ % Horario	MP10 % Diario	SO ₂ % Horario	NO ₂ % Horario
EME-F	0,3	No Aplica	0,6	3	No Aplica	9	3	No Aplica	2,0
EME-M	0	No Aplica	26	2	No Aplica	13	5	No Aplica	73,9
SM-1	No Aplica	3,5	No Aplica	No Aplica	2	No Aplica	No Aplica	5	No Aplica
SM-2	No Aplica	1,4	No Aplica	No Aplica	2	No Aplica	No Aplica	1	No Aplica
SM-3	No Aplica	4,6	No Aplica	No Aplica	5	No Aplica	No Aplica	1	No Aplica
SM-4	No Aplica	3,8	No Aplica	No Aplica	8	No Aplica	No Aplica	3	No Aplica
SM-5	No Aplica	2,2	No Aplica	No Aplica	3	No Aplica	No Aplica	2	No Aplica
SM-6	No Aplica	1,4	No Aplica	No Aplica	6	No Aplica	No Aplica	2	No Aplica
SM-7	No Aplica	1,5	No Aplica	No Aplica	22	No Aplica	No Aplica	4	No Aplica
SM-8	No Aplica	2,4	No Aplica	No Aplica	1	No Aplica	No Aplica	5	No Aplica
Huasco II	0,8	No Aplica	No Aplica	10	No Aplica	No Aplica	1	No Aplica	No Aplica
Huasco (Sívica)	1,9	No Aplica	No Aplica	1,9	No Aplica	No Aplica	1,6	No Aplica	No Aplica

De la Tabla 5, se puede observar que para el año 2021, solo se observa un porcentaje alto de datos inválidos en la estación EME-M con 26% en NO₂, el resto de las estaciones presentó porcentajes de datos inválidos inferiores al 5%. En el año 2022 se observa un porcentaje alto de datos inválidos para NO₂ con 9% en EME-F y 13% en EME-M, también se registró un porcentaje alto en la estación SM-7 para el parámetro de SO₂ y 10% para MP10 en la estación Huasco II. Por último, en el año 2023 se observa un porcentaje alto de datos inválidos para NO₂ en la estación EME-M con un 73,9%.

La invalidación de días para el contaminante MP10 se debió a datos inválidos por exceso de tiempo de muestreo, falla de energía y falla general del equipo. En las estaciones que miden SO₂, la



invalidación de datos horarios se debió principalmente a mantenciones en terreno, fallas de energía y valores fuera de rango. En relación con NO₂ en la estación EME-M, el alto porcentaje de datos inválidos o sin dato se debió a la falla del instrumento de medición durante el año 2023.

Se determinó estadísticamente la cantidad de datos horarios disponibles para el cálculo de los promedios diarios de NO₂, SO₂, y de días disponibles para MP10. 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 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 datos horarios, éstos se invalidaron de acuerdo a lo descrito en el decreto mencionado, sin perjuicio de lo dispuesto en cada una de las normas primarias y secundarias de calidad del aire correspondiente a cada contaminante en evaluación. Para los datos obtenidos de equipos gravimétricos se consideró la cantidad de horas de funcionamiento del equipo de alto volumen o bajo volumen, MP10, respectivamente, con un mínimo de 18 horas continuas de medición.

En la Tabla 6 y Tabla 7, se resumen los días y horas válidos por año y estación para cada contaminante. Se puede observar un porcentaje de datos válidos superior al 75% para los contaminantes de SO₂ y MP10 en todas las estaciones para los años 2021, 2022 y 2023. En relación al NO₂ en la estación EME-M en el año 2021 presentó un porcentaje de 74% y en el año 2023 presentó un 26%.

El resumen de datos disponibles permite concluir que se dispone de la información suficiente para realizar un análisis estadístico, aplicando los criterios especificados en las normas primaria y secundaria de calidad del aire correspondientes a los distintos contaminantes evaluados.

Tabla 6 Resumen de datos disponibles de MP10, MP2,5 y NO₂ por estación para los años 2021, 2022 y 2023

Red	Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Horario) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Horario) NO ₂	Porcentaje de datos (%)
Guacolda	EME-F	2021	119	97	No Aplica	No Aplica	8199	94
		2022	120	97			7963	91
		2023	118	97			8585	98
	EME-M	2021	122	100			6486	74
		2022	120	98			6787	77
		2023	119	95			2289	26
CAP	Huasco II	2021	115	92			No Aplica	
		2022	115	90				
		2023	120	99				
MMA	Huasco (Sivica)	2021	No Aplica		358	98	No Aplica	
		2022			358	98		
		2023			359	98,4		



Tabla 7 Resumen de datos disponibles de SO₂ por estación para los años 2021, 2022 y 2023

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Horarios) SO ₂	Porcentaje de datos (%)
SM-1	2021	8455	97
	2022	8563	98
	2023	8334	94,9
SM-2	2021	8635	99
	2022	8622	98
	2023	8654	98,5
SM-3	2021	8358	95
	2022	8281	95
	2023	8664	98,6
SM-4	2021	8430	96
	2022	8029	92
	2023	8539	97,2
SM-5	2021	8571	98
	2022	8455	97
	2023	8630	98,2
SM-6	2021	8638	99
	2022	8208	94
	2023	8581	97,7
SM-7	2021	8629	99
	2022	6814	78
	2023	8440	96,1
SM-8	2021	8548	98
	2022	8635	99
	2023	8302	94,5

Para efectos de la evaluación anual de la norma de MP10 y MP2,5, en la Tabla 8, se presenta un porcentaje de datos a nivel mensual superior al 75% en los años 2021, 2022 y 2023, a excepción de la estación Huasco II, en el mes de diciembre del año 2021 con 67% y en el mes de marzo del año 2022 con 69%.

Tabla 8 Porcentaje de datos válidos de MP10 y MP2,5 mensuales por estación para los años 2021, 2022 y 2023

MESES (%)													
Estaciones Guacolda MP10													
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
EME-F	2021	100	100	100	100	100	80	100	90,9	100	100	100	100
	2022	100	91	100	100	100	100	83	100	100	100	100	91
	2023	100	90	100	100	100	100	100	82	100	100	100	90
EME-M	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	91	100	100	100	100	100	100	90	100	100	91
	2023	91	90	100	100	100	82	82	100	100	100	100	100
Estaciones CAP MP10													
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Huasco II	2021	100	90	100	100	100	100	100	80	100	81,8	90	67
	2022	80	80	69	91	100	83	100	100	90	100	100	92
	2023	100	100	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Estación MMA MP2,5													
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Huasco (Sivica)	2021	87	100	100	100	100	97	97	100	97	100	100	100
	2022	87	100	100	100	100	93	100	100	100	100	100	97
	2023	87	100	100	100	100	100	100	100	100	100	93	100

En relación al contaminante SO₂ para el mismo periodo en evaluación, el porcentaje de datos disponibles a nivel mensual, Tabla 9, se puede observar un cumplimiento superior al 75% en la



mayoría de los datos mensuales, a excepción de SM1 y SM4 en octubre de 2021, que presentaron un porcentaje de 74,2%, al igual que la estación SM3 en diciembre de 2021. Para el año 2022 las estaciones SM3, SM4, SM6 y SM7, presentaron porcentajes inferiores al 75% de datos válidos correspondiente a: 68% en marzo en estación SM3, 50% en abril en estación SM4, 33% en abril en la estación SM6; y para la estación SM7 se determinaron porcentajes de: 18%, 0%, 67% y 73%, correspondientes a febrero, marzo, abril y junio, respectivamente. Finalmente, en el año 2023 la gran mayoría de las estaciones presentaron un porcentaje superior al 75% de datos válidos, y solamente las estaciones SM1, SM7 y SM8, presentaron porcentajes de 70% en junio, 48% en diciembre, respectivamente.

Tabla 9 Porcentaje de datos válidos de SO₂ mensuales por estación para los años 2021, 2022 y 2023

		MESES (%)											
		Estaciones Guacolda											
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SM-1	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	90	74,2	100	100
	2022	100	100	87	100	100	100	100	97	100	100	100	100
	2023	100	96	100	100	100	70	100	81	100	100	100	100
SM-2	2021	100	100	100	100	100	100	96,8	100	100	100	100	96,8
	2022	100	100	100	100	100	90	100	97	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97
SM-3	2021	100	100	100	96,7	100	96,7	96,8	100	100	100	93,3	74,2
	2022	94	86	68	97	97	93	100	97	100	97	100	100
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
SM-4	2021	100	100	100	100	100	100	96,8	96,8	100	74,2	100	100
	2022	100	96	84	50	87	93	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	84	100	100	100	100	100	90	100	100	100
SM-5	2021	96,8	100	100	100	90,3	100	96,8	100	100	100	100	100
	2022	100	93	100	97	100	77	100	100	100	97	100	97
	2023	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100	97
SM-6	2021	100	100	100	100	100	100	96,8	100	100	100	100	100
	2022	100	100	100	33	100	97	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	97	100	100	100	100	100	100	97	93	100
SM-7	2021	100	100	100	100	100	96,7	100	100	100	96,8	100	100
	2022	100	18	0	67	90	73	100	100	100	100	80	100
	2023	100	100	100	100	100	100	68	100	100	100	100	97
SM-8	2021	100	92,9	90,3	100	96,8	100	100	100	100	96,8	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	97	100	97	100	100	100
	2023	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100	100	48

Para el caso de las concentraciones de plomo (Tabla 10), éstas se obtienen del análisis de los filtros de MP10, y deben cumplir, de acuerdo a la norma de plomo, con el 70% de los valores programados para el mes. Cabe destacar que esta medición se realiza solo en la estación Huasco II.

Tabla 10 Porcentaje de filtros analizados químicamente para Pb por estación para los años 2022 y 2023

		MESES (%)											
		Estaciones CAP											
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Huasco II	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Para efectos de la evaluación anual de la norma NO₂, en la Tabla 11, se resume el porcentaje de datos disponibles a nivel mensual, de las estaciones con EMRPG, observándose un cumplimiento



superior al 75% en la mayoría de los datos mensuales, a excepción de la estación EME-M se presentan 6 meses con datos inválidos por debajo del 75% entre octubre de 2021 y marzo de 2022, para el año 2023 la estación EME-M presento 10 meses con porcentajes de datos inferiores al 75%. En relación a la estación EME-F presentó datos validos inferior al 75% en el mes de junio del año 2022.

Tabla 11 Porcentaje de datos válidos de NO₂ mensuales por estación para los años 2021, 2022 y 2023

		MESES (%)											
		Estaciones Guacolda											
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
EME-F	2021	97	100	100	87	84	93	97	100	100	100	77	90
	2022	97	97	98	96	90	44	77	95	97	100	100	100
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
EME-M	2021	87	79	87	100	97	90	97	100	100	39	0	0
	2022	0	0	43	99	98	96	99	90	99	100	100	100
	2023	100	100	48	68	3	0	0	0	0	0	0	0

Respecto del MPS se cuenta con una disponibilidad mensual de 100% en la mayoría de los meses, a excepción del año 2022, en la estación 3 para el mes de septiembre y segunda quincena de diciembre; y el año 2023 para los meses de enero, mayo y junio

Tabla 12 Porcentaje de datos validos de MPS a nivel mensual por estación para los años 2021, 2022 y 2023

		MESES (%)												
		Red de CAP												
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC ¹	DIC ²
1	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	0	100	100	100	0
	2023	0	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	100	100
4	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

¹ Primera Quincena del mes de diciembre. ² Segunda quincena del mes de diciembre.



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 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. 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 2021, 2022 y 2023.

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 monitorea clasificada como EMRPMP10, sea mayor o igual a 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.
- 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, 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 Evaluación de la norma 24 horas para MP10 durante el período 2021 al 2023

Red	Estación	Percentil 98 Año 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Percentil 98 Año 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas (130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Percentil 98 Año 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas (130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Guacolda	EME-F	57	38	62	48	69	53
	EME-M	74	49	61	47	60	46
CAP	Huasco II	78	52	53	41	102	78

De acuerdo al análisis efectuado y la determinación del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP10 para el año 2021, no se observa superación al límite de la norma, esto referido al límite de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Para los años 2022 y 2023, tampoco se observó superación al límite de 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, ni al 80% del límite de 24 horas (D.S. N°12/2022). Las concentraciones obtenidas en el año 2021 mediante el cálculo del percentil 98 en las estaciones Huasco II, EME- M y EME- F presentaron concentraciones de 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, respectivamente. Para el año 2022 las concentraciones obtenidas fueron de: 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación EME-F, 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación EME-M y 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación Huasco II, equivalente al 48%, 47% y 41%, respecto del límite de la norma de 24 horas. Finalmente, en el año 2023 se determinaron las concentraciones de: 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación EME-F, 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación EME-M y 102 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación Huasco II, equivalente al 53%, 46% y 78%, respecto del límite de la norma de 24 horas.



El Gráfico 1 muestra la distribución temporal del percentil 98 de las concentraciones diarias, según la norma 24 horas para MP10.

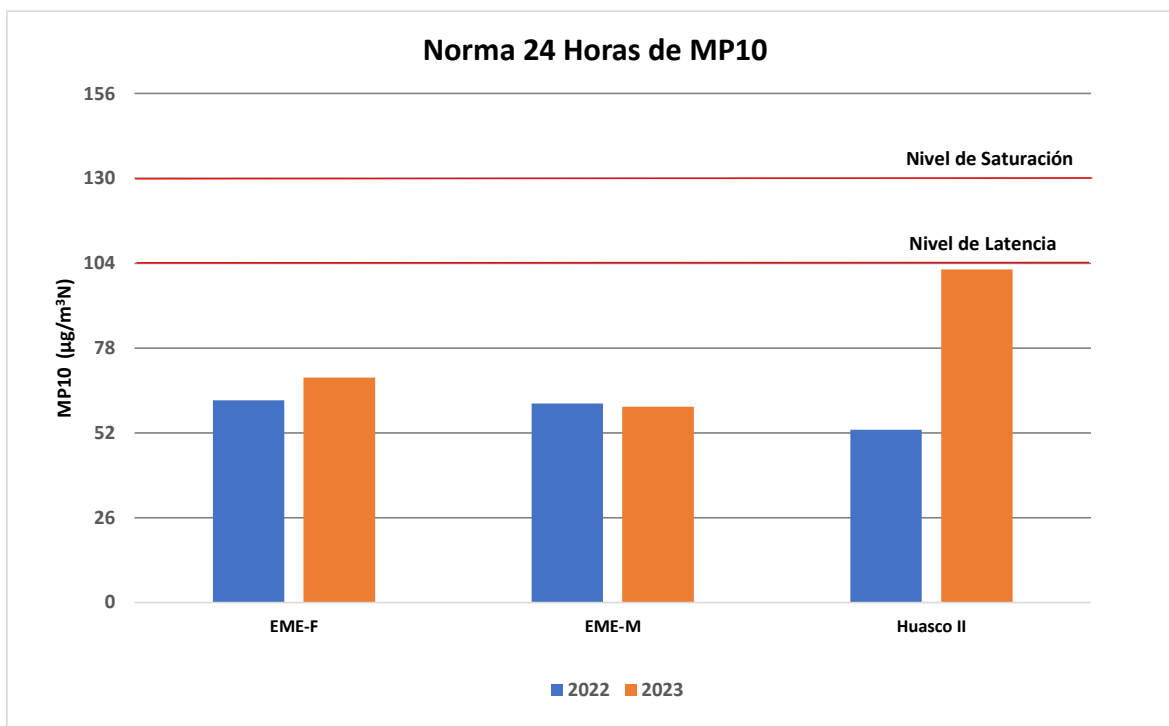


Gráfico 1 Norma 24 horas para MP10 para los años 2022 y 2023

6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP10

De acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 12/2022, del MMA, la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, se considerará sobrepasada, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, sea mayor o igual que 50 µg/m³N.

El periodo de evaluación de superación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. 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 2021, 2022 y 2023, para las estaciones que conforman la red de monitoreo.

El promedio trianual, entre el año 2021 y 2023, de las concentraciones muestra que la norma anual de MP10 no fue superada en ninguna de las estaciones con EMRP, y las concentraciones determinadas mediante el promedio trianual en las estaciones EME-M, EME-F y Huasco II, correspondieron a 34 µg/m³N, 32 µg/m³N y 29 µg/m³N, equivalentes al 68%, 64% y 58%, del límite de la norma anual, respectivamente.



Tabla 14 Evaluación de la norma anual para MP10 durante el período 2021 al 2023

Red	Estación	Promedio Anual 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Anual 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Trianual 2021-2022-2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma Anual (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Guacolda	EME-F	31	30	34	32	64
	EME-M	36	32	34	34	68
CAP	Huasco II	28	29	30	29	58

Complementariamente, en el Gráfico 2, se pueden observar las concentraciones trianuales para cada estación durante el período comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023, en comparación con el límite establecido en la normativa.

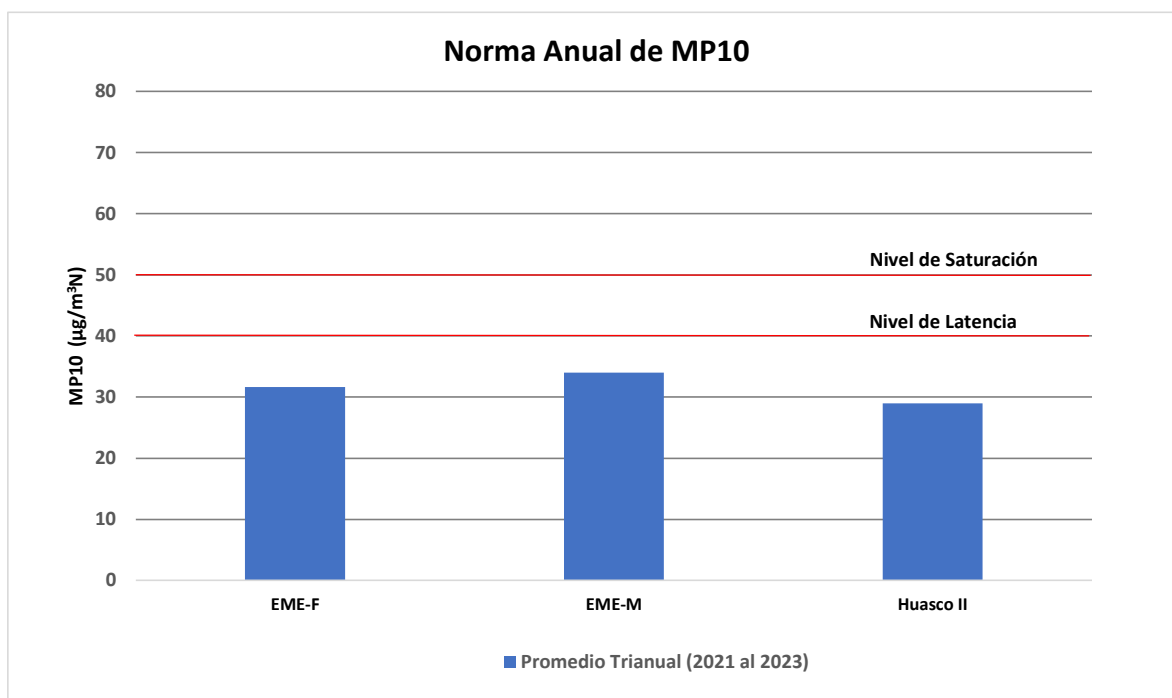


Gráfico 2. Norma anual para MP10, promedio trianual periodo 2021 al 2023

6.2. Evaluación de la norma NO₂

6.2.1. Evaluación de la norma horaria para NO₂

El periodo de evaluación de superación de la norma de 1 hora para NO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 15 se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 1 hora para NO₂, en todas las estaciones de monitoreo.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 114/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para NO₂ como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos



diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual a 213 ppbv.

En la Tabla 15, se muestra la evaluación de la norma de 1 hora mediante el promedio de los percentiles 99 de los tres años en análisis, los resultados obtenidos en ambas estaciones determinaron que la norma solo fue posible evaluarla en estación EME-F, en la que se obtuvo una concentración de 36,80 ppbv y un porcentaje de 17% respecto del límite de la norma, en la estación EME-M no fue posible evaluar la norma debido a que no se cumple con el 75% de los datos a nivel horario durante el año 2021.

Tabla 15 Evaluación de la norma horaria para NO₂ durante el período 2021 al 2023

Estación	Percentil 99 Año 2021 (ppbv)	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Percentil 99 Año 2023 (ppbv)	Percentil 99 Promedio Trianual 2021-2022-2023 (ppbv)	% de la Norma 1 hora (213 ppbv)
EME-F	27,5	28,10	54,81	36,80	17
EME-M	----	38,9	----	----	----

En el Gráfico 3, se observa el percentil 99 de las concentraciones de 1 hora para NO₂ en las estaciones en estudio, EME-F y EME-M, para el periodo comprendido entre el año 2021 y 2023.

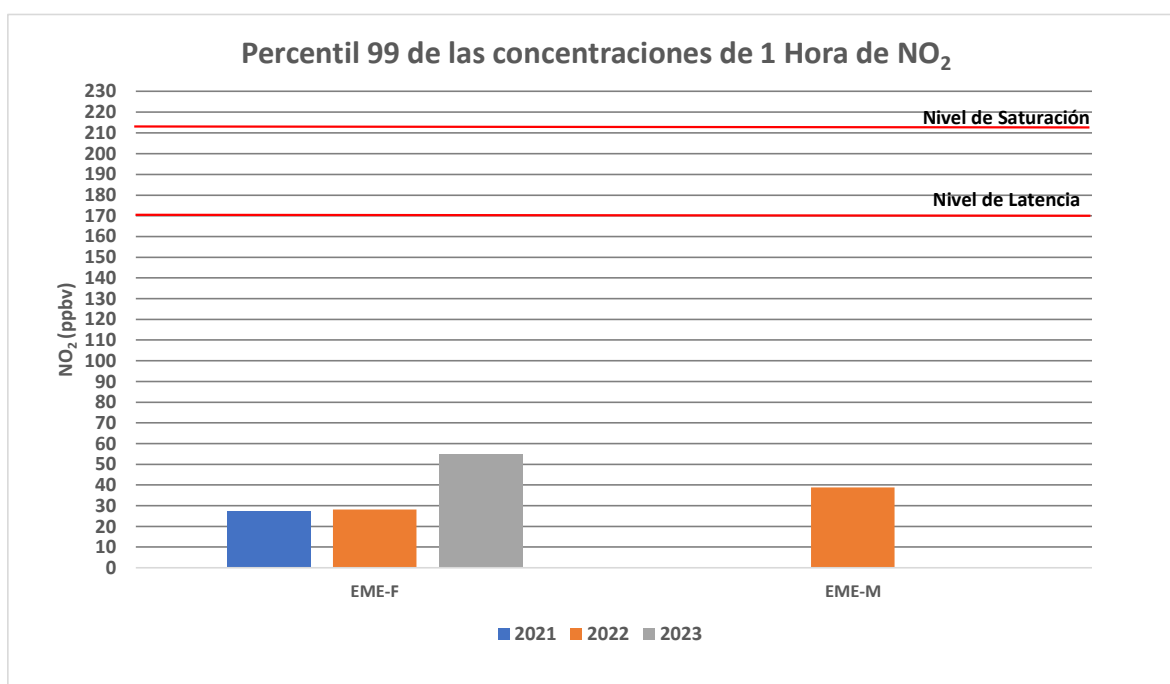


Gráfico 3 Percentil 99 de las concentraciones de 1 hora para NO₂, período 2021 al 2023



6.2.2. Evaluación de la norma anual para NO₂

El periodo de evaluación de superación de la norma anual para NO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 114/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para NO₂ como concentración anual, cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual a 53 ppbv.

A continuación, en la Tabla 16 se resumen los valores obtenidos del promedio anual de las concentraciones de NO₂ para los años 2021, 2022 y 2023. De acuerdo a los valores obtenidos se determinó que la norma anual para NO₂ solo pudo ser evaluada en la estación EME-F, obteniendo una concentración promedio trianual de 10,4 ppbv, equivalente al 20% del límite de la norma. Respecto de la estación EME-M, no se pudo evaluar la norma debido a que presenta en uno o dos trimestres un porcentaje inferior al 75% de los datos válidos, esto de acuerdo a lo requerido en el artículo 10° de la norma de NO₂.

Tabla 16 Evaluación de la norma anual para NO₂ durante el período 2021 al 2023

Estación	Concentración Promedio Año 2021 (ppbv)	Concentración Promedio Año 2022 (ppbv)	Concentración Promedio Año 2023 (ppbv)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) (ppbv)	% de la Norma anual (53 ppbv)
EME-F	6,12	6,49	18,68	10,4	20
EME-M	---	---	---	---	---

El Gráfico 4, muestra el comportamiento del promedio anual de las concentraciones de NO₂ por cada estación evaluada.



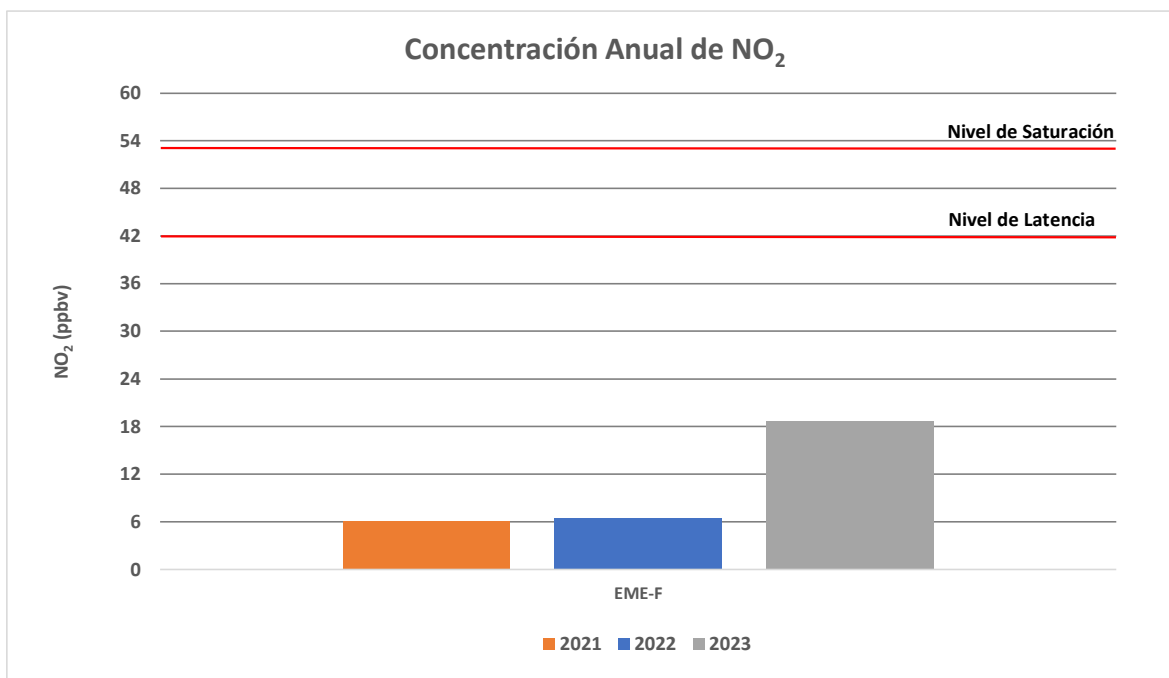


Gráfico 4 Concentración anual para NO₂, periodo 2021 al 2023

6.3. Evaluación de la norma para plomo (Pb)

6.3.1. Evaluación de la norma anual para plomo (Pb)

La norma primaria de calidad del aire para el contaminante plomo, D.S. N° 136/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, establece que el límite para plomo es de 0,5 microgramos por metro cúbico normal ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) 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 superó 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 2022 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 17, se presenta un resumen con las concentraciones anuales para plomo en la estación de monitoreo Huasco II.

El promedio bianual expresado en porcentaje muestra que la norma anual de Plomo no fue superada en la estación Huasco II, y la concentración obtenida mediante el promedio bianual fue de 0,002 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, correspondiente al 0,4% del límite de la norma anual de plomo.



Tabla 17 Evaluación de la norma anual para Pb durante el período 2022 al 2023

Estación	Concentración Anual 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Concentración Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio bianual 2022-2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma Anual ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Huasco II	0,002	0,002	0,002	0,4

En el Gráfico 5, se observa la comparación entre el valor de la concentración bianual obtenida del análisis de los datos de la estación Huasco II y el límite que establece la normativa.

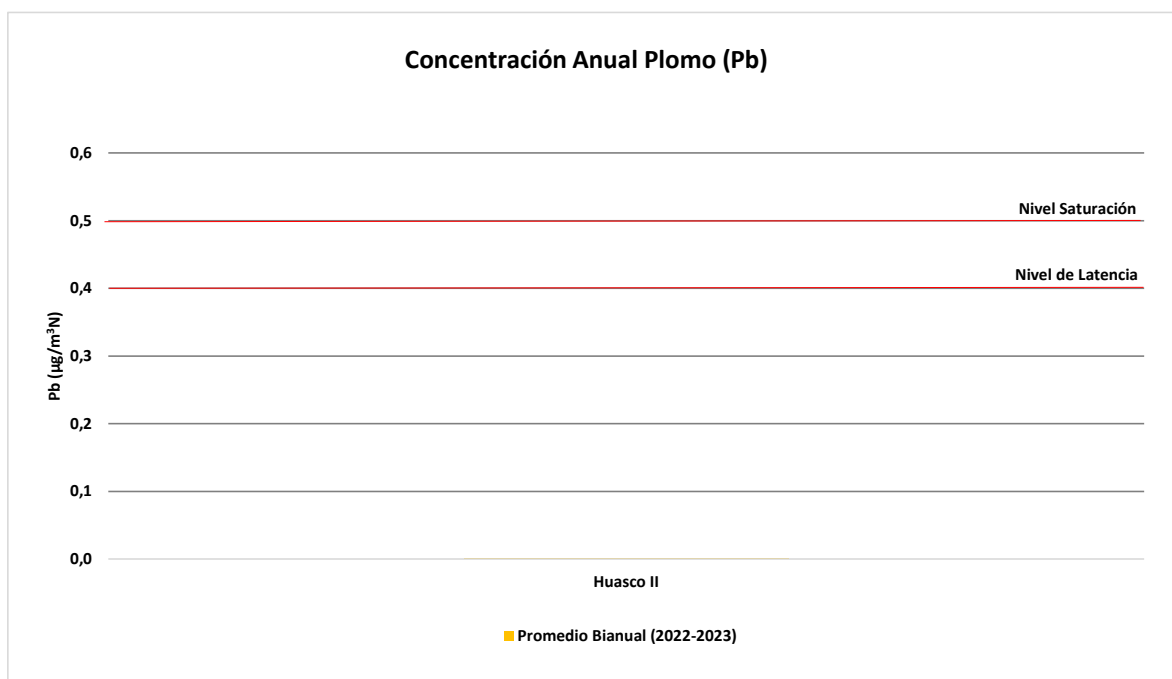


Gráfico 5 Norma anual para Pb, promedio bianual período 2022 al 2023



6.4. Evaluación de la norma secundaria para SO₂

6.4.1. Evaluación de la norma secundaria horaria para SO₂

El periodo de evaluación de superación de la norma secundaria horaria para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. Se debe señalar que se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para SO₂ como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual a 382 ppbv. Además, se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 1 hora, si en un año calendario el percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN fuere mayor o igual a 764 ppbv.

La evaluación del cumplimiento de la norma horaria secundaria de SO₂, mediante el promedio trianual del percentil 99,73, que establece un límite de 382 ppbv, muestra en la Tabla 18 que la norma horaria no fue superada y los valores se encuentran por debajo del 80% de ésta, evidenciándose una tendencia a la baja en las concentraciones en los últimos años. Del mismo modo, se evaluó la concentración anual para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en las estaciones evaluadas se encontraron por debajo del 80% del límite de 764 ppbv.

En la Tabla 18 se presenta un resumen con el cálculo del percentil 99,73 de la norma secundaria horaria para SO₂ en todas las estaciones de monitoreo analizadas.

Tabla 18 Evaluación de la norma secundaria horaria para SO₂ durante el período 2021 al 2023

Estación	Percentil 99,73 Año 2021 (ppbv)	% de la Norma Horaria 2021 (764 ppbv)	Percentil 99,73 Año 2022 (ppbv)	% de la Norma Horaria 2022 (764 ppbv)	Percentil 99,73 Año 2023 (ppbv)	% de la Norma Horaria 2023 (764 ppbv)	Promedio Trianual 2021-2022-2023 (ppbv)	% de la Norma Horaria Promedio Trianual (382 ppbv)
SM-1	3,30	0,4	6,50	0,9	12,63	1,7	7,48	2,0
SM-2	7,50	1,0	5,10	0,7	5,27	0,7	5,96	1,6
SM-3	3,70	0,5	5,00	0,7	3,78	0,5	4,16	1,1
SM-4	7,60	1,0	4,28	0,6	20,59	2,7	10,82	2,8
SM-5	7,40	1,0	3,10	0,4	3,08	0,4	4,53	1,2
SM-6	4,00	0,5	3,50	0,5	2,44	0,3	3,31	0,9
SM-7	4,10	0,5	7,10	0,9	2,38	0,3	4,53	1,2
SM-8	4,20	0,5	5,50	0,7	5,47	0,7	5,06	1,3

El Gráfico 6 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 99,73 del periodo como promedio trianual.



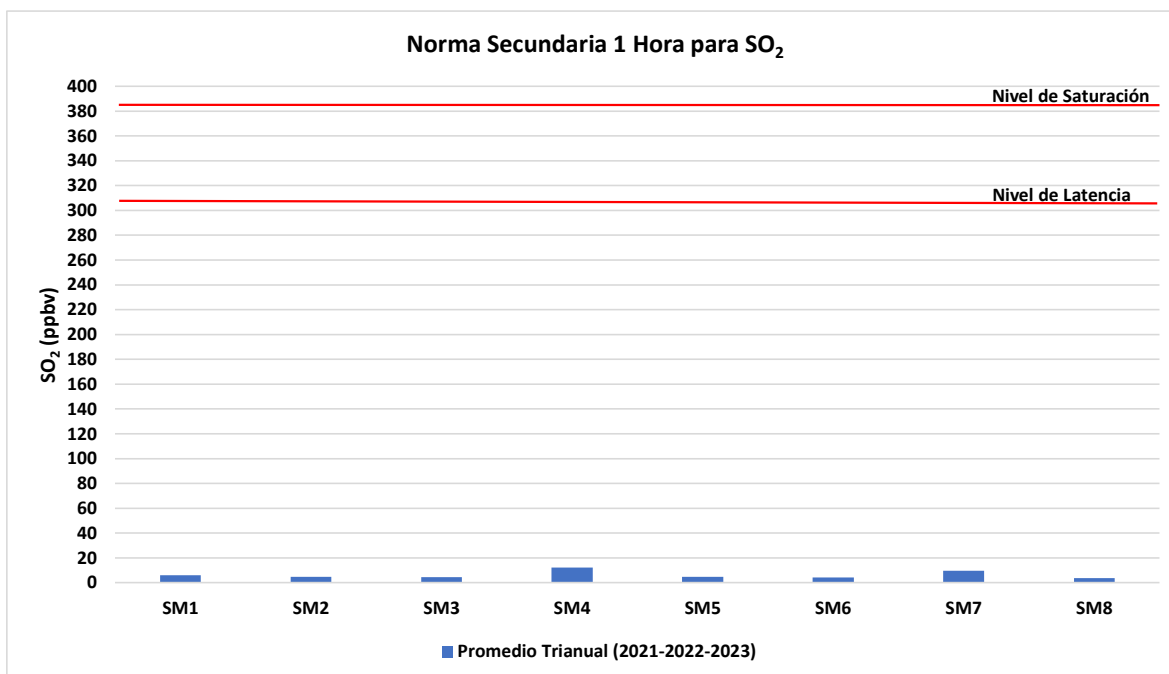


Gráfico 6 Norma secundaria 1 hora para SO₂, promedio trianual durante el período 2021 al 2023

Por otra parte, el Gráfico 7 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99,73 de las concentraciones horarias para cada uno de los años del periodo analizado.

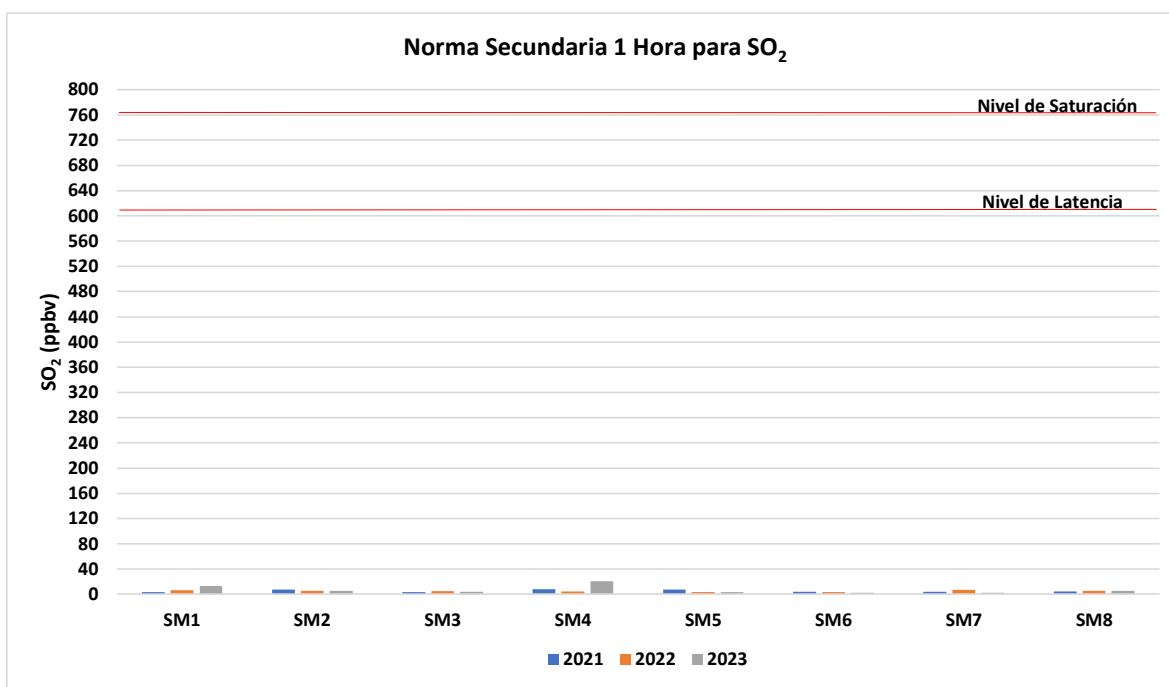


Gráfico 7 Norma secundaria 1 hora para SO₂, período 2021 al 2023



6.4.2. Evaluación de la norma secundaria 24 horas para SO₂

El periodo de evaluación de superación de la norma secundaria para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. Se debe señalar que se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para SO₂ como concentración de 24 horas, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas registradas cada año, en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual a 140 ppbv. Además, se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas, si en un año calendario el percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas registradas en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN fuere mayor o igual a 280 ppbv.

En la Tabla 19 se presentan los valores obtenidos del análisis del percentil 99,7 del periodo 2021 al 2023, como promedio trianual y el porcentaje respecto a la norma 24 horas, constatándose que la mayoría de las estaciones registraron porcentajes por debajo del 80% del límite de la norma de 24 horas. Del mismo modo, se evaluó el percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas registradas para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en todas las estaciones estuvieron por debajo del 80% del límite que exige la norma.

Tabla 19 Evaluación de la norma secundaria 24 horas para SO₂ durante el período 2021 al 2023

Estación	Percentil 99,7 Año 2021 (ppbv)	% de la Norma 24 horas 2021 (280 ppbv)	Percentil 99,7 Año 2022 (ppbv)	% de la Norma 24 horas 2022 (280 ppbv)	Percentil 99,7 Año 2023 (ppbv)	% de la Norma 24 horas 2023 (280 ppbv)	Promedio Trianual 24 horas 2021-2022-2023 (ppbv)	% de la Norma 24 horas (140 ppbv)
SM-1	3,29	1,2	5,30	1,9	12,94	4,6	7,18	5,1
SM-2	4,62	1,6	4,51	1,6	4,31	1,5	4,48	3,2
SM-3	2,31	0,8	1,76	0,6	3,64	1,3	2,57	1,8
SM-4	3,93	1,4	3,73	1,3	19,36	6,9	9,01	6,4
SM-5	3,55	1,3	2,45	0,9	2,76	1,0	2,92	2,1
SM-6	2,38	0,9	3,19	1,1	2,14	0,8	2,57	1,8
SM-7	2,88	1,0	5,42	1,9	2,26	0,8	3,52	2,5
SM-8	2,80	1,0	3,54	1,3	4,65	1,7	3,66	2,6

El Gráfico 8, muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99,7 del periodo como promedio trianual.



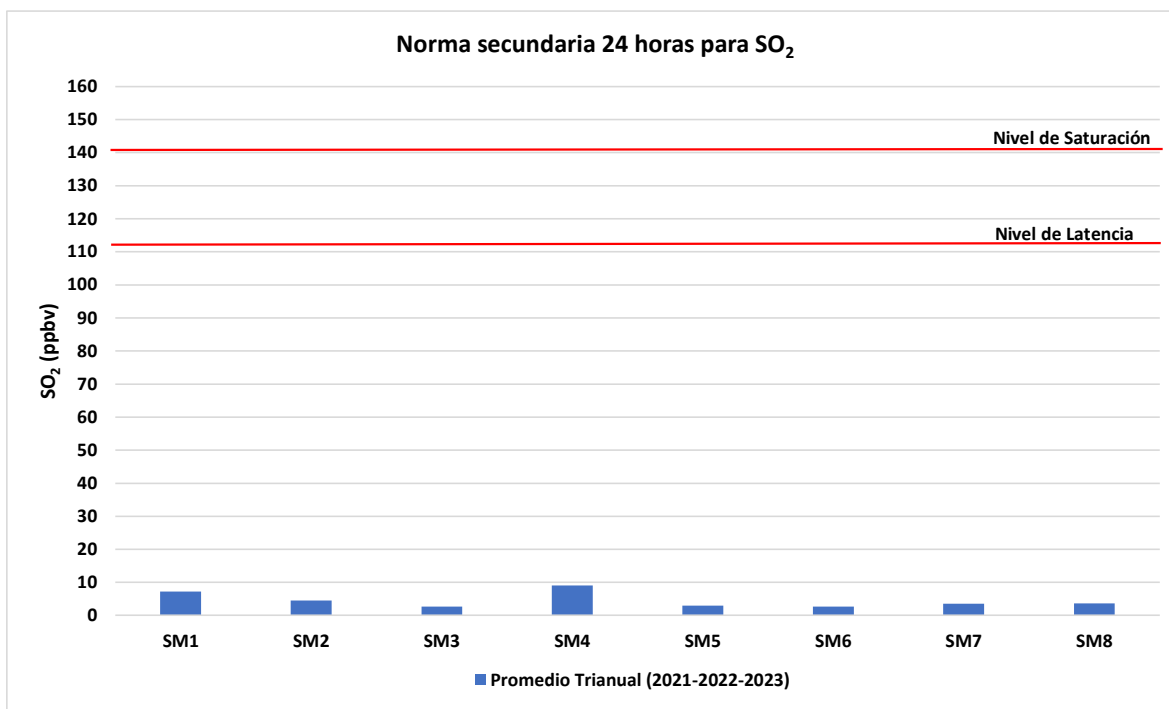


Gráfico 8 Norma secundaria 24 horas para SO₂, promedio trianual período 2021 al 2023

Por otra parte, el Gráfico 9 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas para cada uno de los años del periodo analizado.

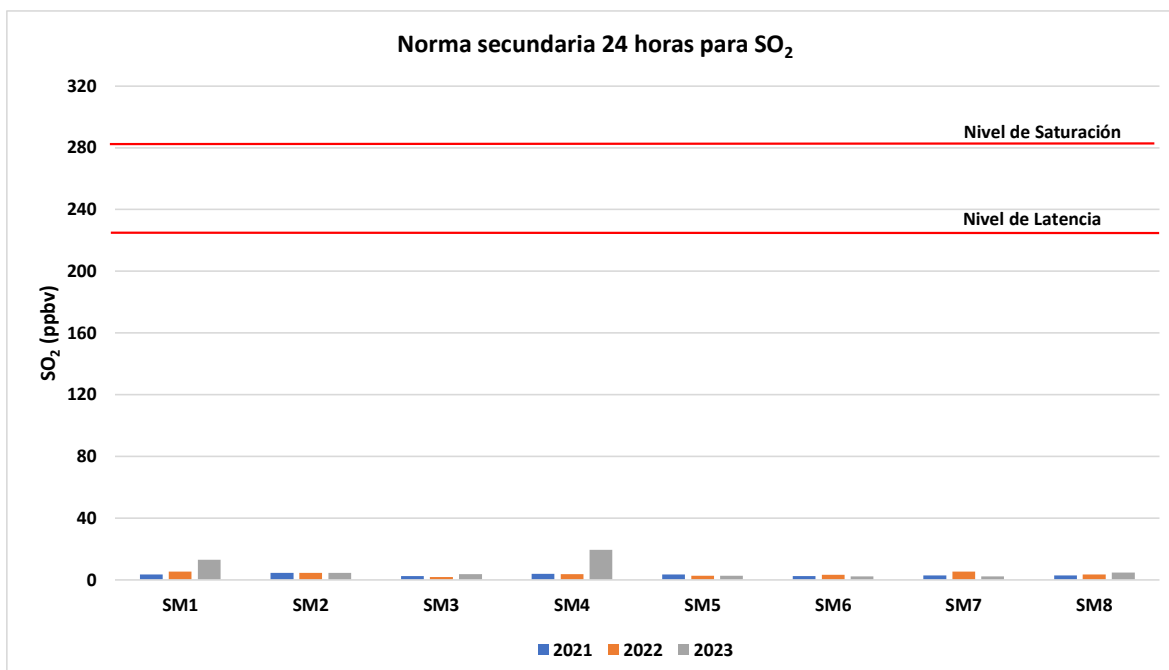


Gráfico 9 Norma secundaria 24 horas para SO₂, período 2021 al 2023



6.4.3. Evaluación de la norma secundaria anual para SO₂

El periodo de evaluación de superación de la norma secundaria de calidad del aire de SO₂ como concentración anual, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. Se debe señalar que se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para SO₂ como concentración anual, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores de concentración anual, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual a 31 ppbv. Se considera también sobrepasada la norma secundaria de calidad del aire como concentración anual, si en un año calendario, el valor de concentración en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN fuere mayor o igual a 62 ppbv.

En la Tabla 20, se muestran los valores obtenidos del análisis de las concentraciones anuales del periodo como promedio trianual, 2021 al 2023, y el porcentaje respecto de la norma anual, constatándose que la mayoría de las estaciones registraron porcentajes por debajo del 80% del límite (31 ppbv) de la norma anual, señalar que en la estación SM7 no fue posible realizar la evaluación, por presentar un porcentaje de datos validos inferior al 75% en alguno de los trimestres. Del mismo modo, se evaluó la concentración anual para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en todas las estaciones estuvieron por debajo del 80% del límite (62 ppbv). Por lo anterior, se concluye que la norma secundaria anual no fue superada en ninguna de las estaciones en estudio.

Tabla 20 Evaluación de la norma secundaria anual para SO₂ durante el período 2021 al 2023

Estación	Concentración Anual 2021 (ppbv)	% de la Norma Anual 2021 (62 ppbv)	Concentración Anual 2022 (ppbv)	% de la Norma Anual 2022 (62 ppbv)	Concentración Anual 2023 (ppbv)	% de la Norma Anual 2023 (62 ppbv)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) (ppbv)	% de la Norma Anual (31 ppbv)
SM-1	1,27	2,1	2,19	3,5	2,30	3,71	1,92	6,2
SM-2	3,17	5,1	2,57	4,1	2,77	4,46	2,84	9,1
SM-3	2,24	3,6	2,63	4,2	2,40	3,87	2,42	7,8
SM-4	1,32	2,1	1,74	2,8	2,60	4,19	1,89	6,1
SM-5	1,91	3,1	1,65	2,7	1,70	2,74	1,75	5,7
SM-6	1,93	3,1	2,14	3,5	1,88	3,03	1,98	6,4
SM-7	2,22	3,6	---	---	1,57	2,54	---	---
SM-8	2,28	3,7	2,46	4,0	2,07	3,34	2,27	7,3

El Gráfico 10 muestra las concentraciones como promedio trianual para el periodo analizado.



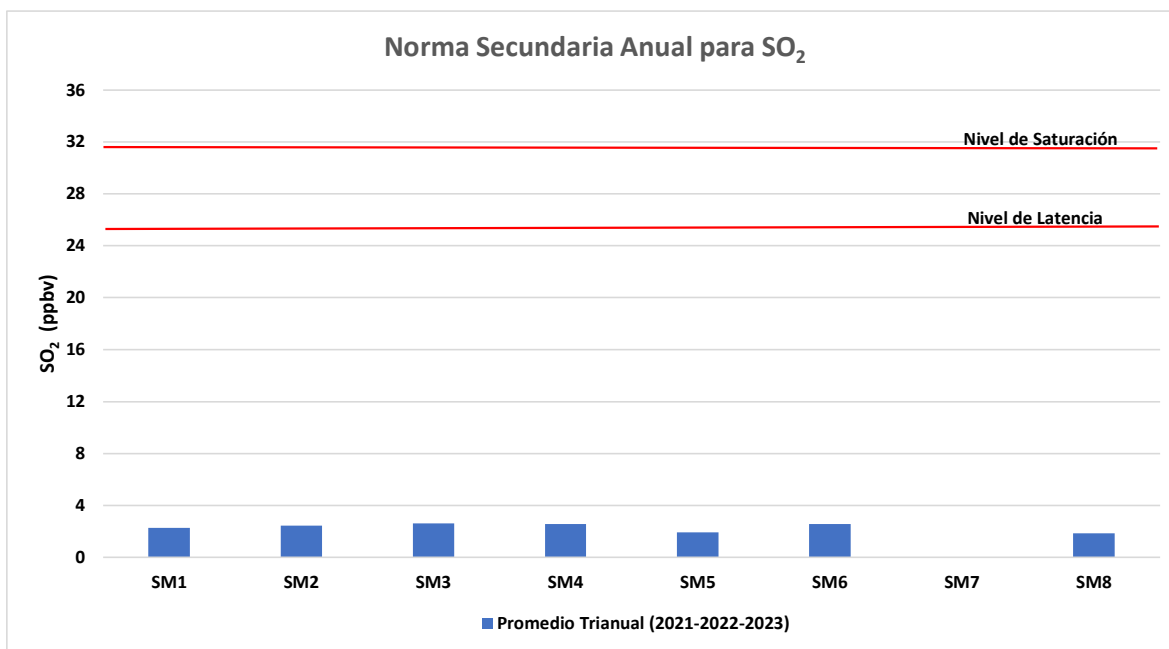


Gráfico 10 Norma secundaria anual para SO₂, promedio trianual período 2021 al 2023

Por otra parte, el Gráfico 11 presenta las concentraciones anuales para cada uno de los años de periodo analizado.

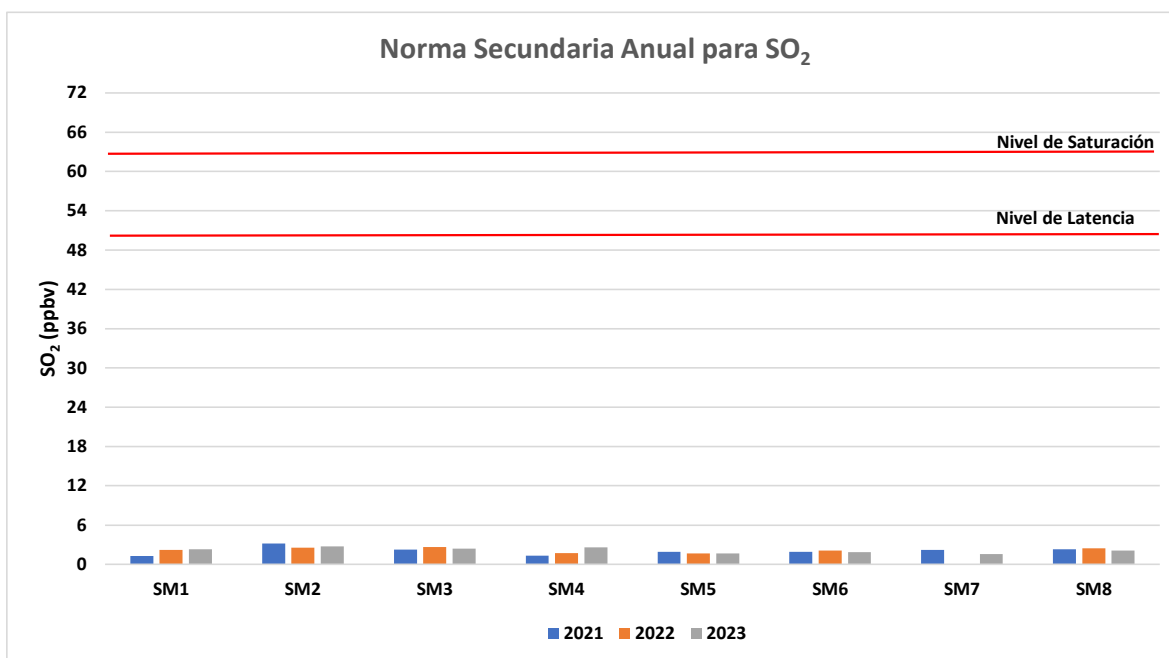


Gráfico 11 Norma secundaria anual para SO₂, período 2021 al 2023



6.5. Evaluación de la norma secundaria para MPS

6.5.1. Evaluación de la norma secundaria a nivel mensual para MPS

El periodo de evaluación de superación de la norma secundaria de calidad del aire de MPS como concentración mensual, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23, se presenta un resumen por año de las concentraciones mensuales de la norma MPS en todas las estaciones de la Red de monitoreo.

Cabe señalar que la norma secundaria de calidad de aire para MPS, D.S. N° 4/1992 del Ministerio de Agricultura, establece como máximo permisible 150 mg/m²día, como concentración media aritmética mensual.

En la Tabla 21, se observa que para el año 2021 en la mayoría de los meses la norma mensual de MPS no fue superada, a excepción del mes de marzo en la estación 4, noviembre en estación 2 y diciembre en la estación 2, en las cuales se superó el límite de la norma de 150 mg/m²día, siendo la concentración más alta observada en la estación 2 en el mes de diciembre con 188,8 mg/m²día, equivalente a 126% de la norma mensual.

Tabla 21 Concentración mensual para MPS para el periodo del 2021

Mes	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	Concentración Mensual 2021 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)
ENE	95,0	63	126,1	84	72,8	49	92,5	62	74,1	49	88,8	59
FEB	79,1	53	66,5	44	51,1	34	63,8	43	48,8	33	64	43
MAR	73,1	49	104,5	70	77,2	51	158,7	106	81,2	54	85,8	57
ABR	55,6	37	82,8	55	67,4	45	96,3	64	59,9	40	61,9	41
MAY	69,5	46	107,6	72	58	39	51,2	34	62,6	42	50,6	34
JUN	30,8	21	38,6	26	45,4	30	56,3	38	29,4	20	25,1	17
JUL	27,8	19	26,8	18	46,5	31	33,2	22	23,6	16	35,6	24
AGO	38,9	26	97,1	65	35,6	24	51,1	34	39,9	27	37,3	25
SEP	70,8	47	100,5	67	74,8	50	79,9	53	77,1	51	84,3	56
OCT	61,3	41	127,8	85	64,6	43	84,8	57	142,3	95	89,7	60
NOV	64,9	43	151,6	101	93,7	62	114,5	76	104,2	69	127,9	85
DIC	87,8	59	188,8	126	120,5	80	114,1	76	114,5	76	118,1	79

Por su parte, en la Tabla 22, se observa que para el año 2022 en la mayoría de los meses la norma mensual de MPS no fue superada, a excepción del mes de abril en la estación 2 y mes de mayo en estación 1, en las cuales se superó la norma de 150 mg/m²día, siendo la concentración más alta observada en la estación 2 en el mes de abril con 166,6 mg/m²día, equivalente a 111% de la norma mensual.



Tabla 22 Concentración mensual para MPS para el periodo del 2022

Mes	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)
ENE	74,2	49	135,2	90	122,4	82	97,9	65	114,2	76	126,9	85
FEB	71,6	48	127,7	85	101	67	104,5	70	87,2	58	106,1	71
MAR	90,6	60	128,4	86	100,1	67	103,2	69	114,3	76	97,7	65
ABR	56,8	38	166,6	111	55,2	37	53,3	36	127,4	85	21,4	14
MAY	150,5	100,3	123,6	82	85,3	57	117,6	78	85,2	57	97,4	65
JUN	80,3	54	93,5	62	71,4	48	56,3	38	46,5	31	42,8	29
JUL	128,8	86	93,3	62	68,6	46	76,8	51	73,6	49	72,4	48
AGO	69,0	46	84,8	57	46,6	31	55,4	37	38,7	26	47,6	32
SEP	81,9	55	105,4	70	--	--	49	33	40	27	51	34
OCT	103,5	69	106,4	71	92,2	61	73,6	49	60,7	40	66,3	44
NOV	107,4	72	103,1	69	63,6	42	52,9	35	65,2	43	69,7	46
DIC	129,3	86	147,8	99	47,8	32	119,1	79	66,8	45	92,4	62

Finalmente, en la Tabla 23, se observa que para el año 2023 en la mayoría de los meses la norma mensual de MPS no fue superada, a excepción del mes de noviembre en la estación 2 y mes de febrero en estación 4, en las cuales se superó la norma de 150 mg/m²día, siendo la concentración más alta observada en la estación 2 en el mes de febrero con 208,6 mg/m²día, equivalente a 139% de la norma mensual.

Tabla 23 Concentración mensual para MPS para el periodo del 2023

Mes	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)
ENE	84,8	57	102,4	68	--	--	83	55	93,5	62	100,8	67
FEB	101,1	67	77,2	51	37,1	25	208,6	139	100,3	67	76,4	51
MAR	128,8	86	123,4	82	88,7	59	113,5	76	79,9	53	76,1	51
ABR	85,6	57	62,5	42	69,8	47	60,6	40	67,9	45	46,4	31
MAY	103	69	71,1	47	--	--	73,6	49	70	47	45,2	30
JUN	86,4	58	53,5	36	--	--	56,4	38	64,1	43	39	26
JUL	59,9	40	68,9	46	148,7	99	51,1	34	81,3	54	48,3	32
AGO	96,4	64	117,8	79	91,7	61	98	65	85,6	57	78,6	52
SEP	84,2	56	113,8	76	69,2	46	69,5	46	95,5	64	23	15
OCT	84,9	57	102,1	68	62,8	42	78,4	52	87,4	58	59,4	40
NOV	68,4	46	169,7	113	63,7	42	66,9	45	90,3	60	57,4	38
DIC	82,2	55	147,5	98	67,1	45	60,3	40	96,0	64	56,8	38



A continuación, en los Gráfico 12, Gráfico 13 y Gráfico 14 se observa la distribución a nivel mensual de las concentraciones de MPS en las estaciones de la Red de monitoreo.

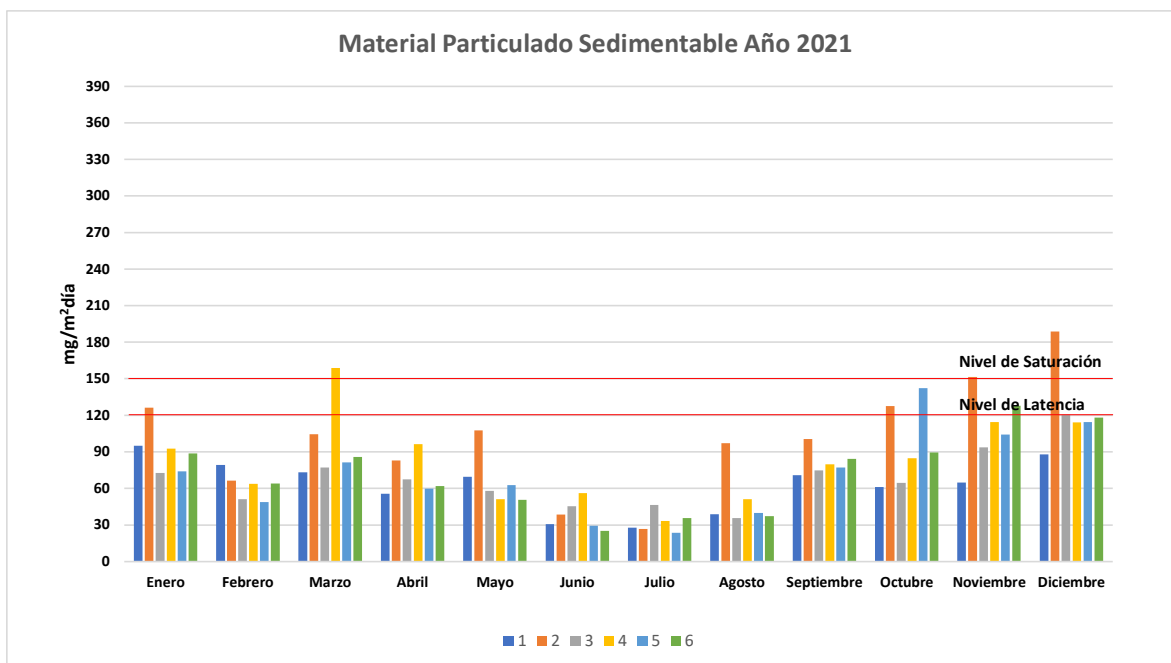


Gráfico 12 Concentración mensual de MPS para el año 2021

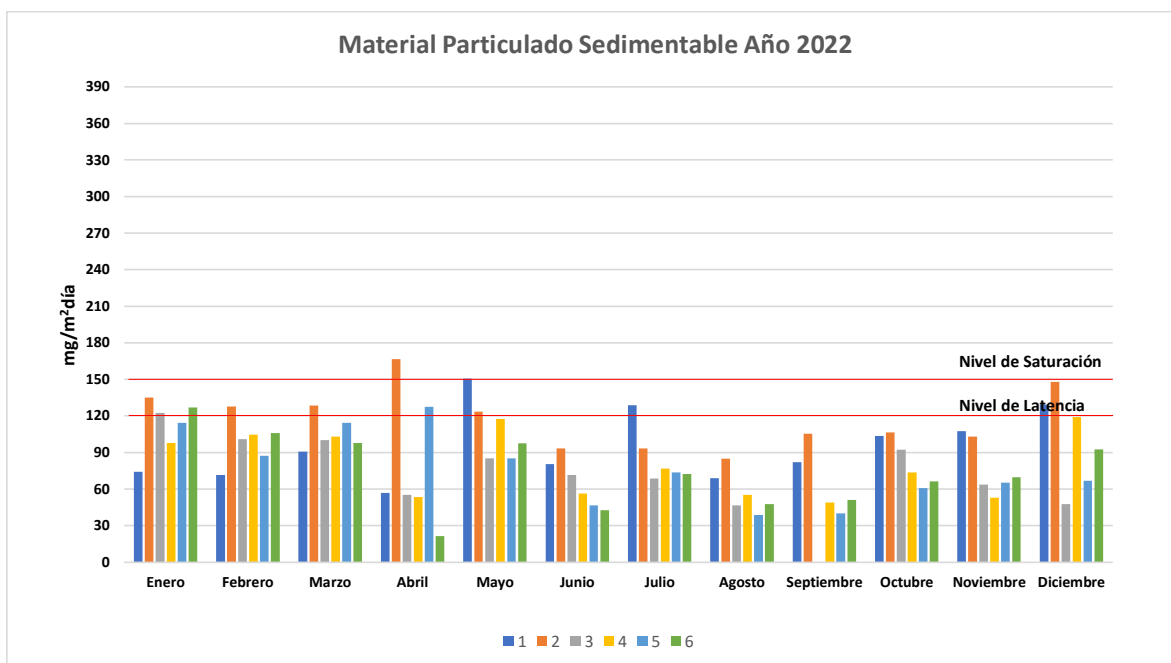


Gráfico 13 Concentración mensual de MPS para el año 2022



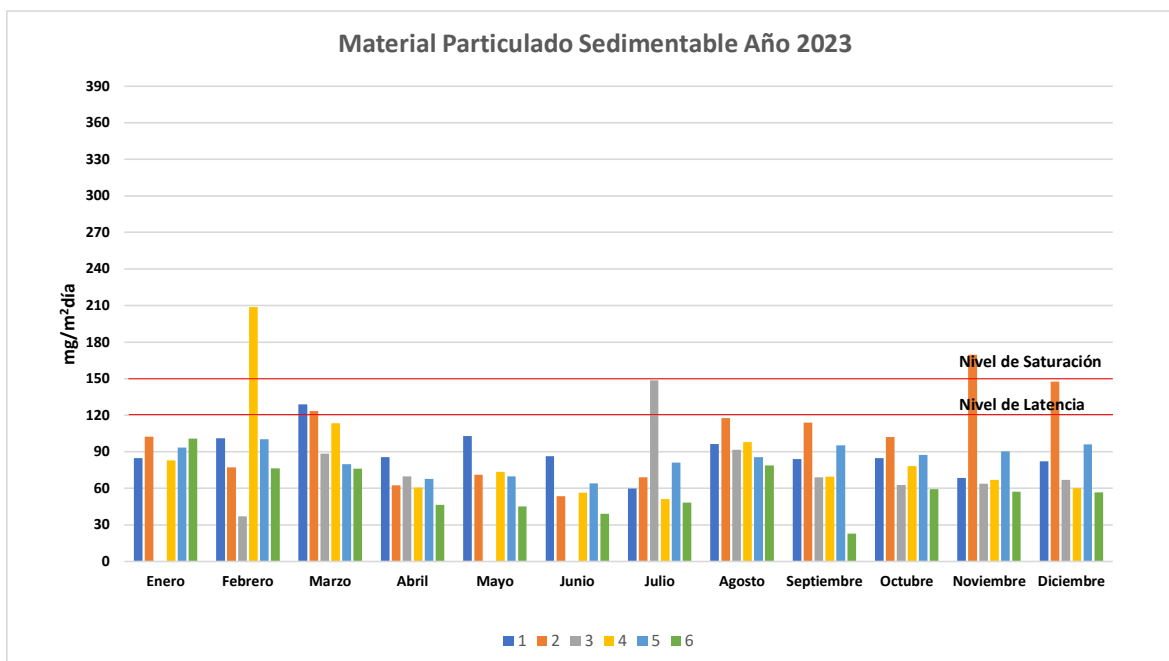


Gráfico 14 Concentración mensual de MPS para el año 2023



6.5.2. Evaluación de la norma secundaria a nivel anual para MPS

El periodo de evaluación de superación de la norma secundaria de calidad del aire de MPS como concentración anual, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 24 se presenta un resumen con las concentraciones anuales de la norma MPS en todas las estaciones de la Red de CAP.

La norma secundaria de calidad de aire para MPS, D.S. N°4/1992 del Ministerio de Agricultura, establece como máximo permisible 100 mg/m²día, como concentración media aritmética anual. De la Tabla 24, se observa que la norma anual por MPS fue superada en los años 2021, 2022 y 2023 en la estación 2. En el año 2021 se observa que la norma anual por MPS fue superada en la estación 2 con una concentración de 101,6 mg/m²día, en el año 2022 también se observa superación a la norma anual en la estación 2, con concentraciones de 118,0 mg/m²día. Por último, en el año 2023 se superó la norma anual en la estación 2 con una concentración de 100,8 mg/m²día. Señalar que para la estación 3, no se cuenta con 11 meses de datos válidos para realizar el análisis de la norma anual en los años 2022 y 2023.

Tabla 24 Concentración anual de MPS para el periodo del 2021 al 2023

Estación	Concentración Anual 2021 (mg/m ² día)	% de la Norma Anual 2021 100 (mg/m ² día)	Concentración Anual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Anual 2022 100 (mg/m ² día)	Concentración Anual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Anual 2023 100 (mg/m ² día)
1	62,9	62,9	95,3	95,3	88,8	88,8
2	101,6	101,6	118,0	118,0	100,8	100,8
3	67,3	67,3	---	---	---	---
4	83,0	83,0	80,0	80,0	85,0	85,0
5	71,5	71,5	76,7	76,7	84,3	84,3
6	72,4	72,4	74,3	74,3	59,0	59,0

El Gráfico 15, muestra las concentraciones medias aritméticas de MPS para los años 2021, 2022 y 2023.



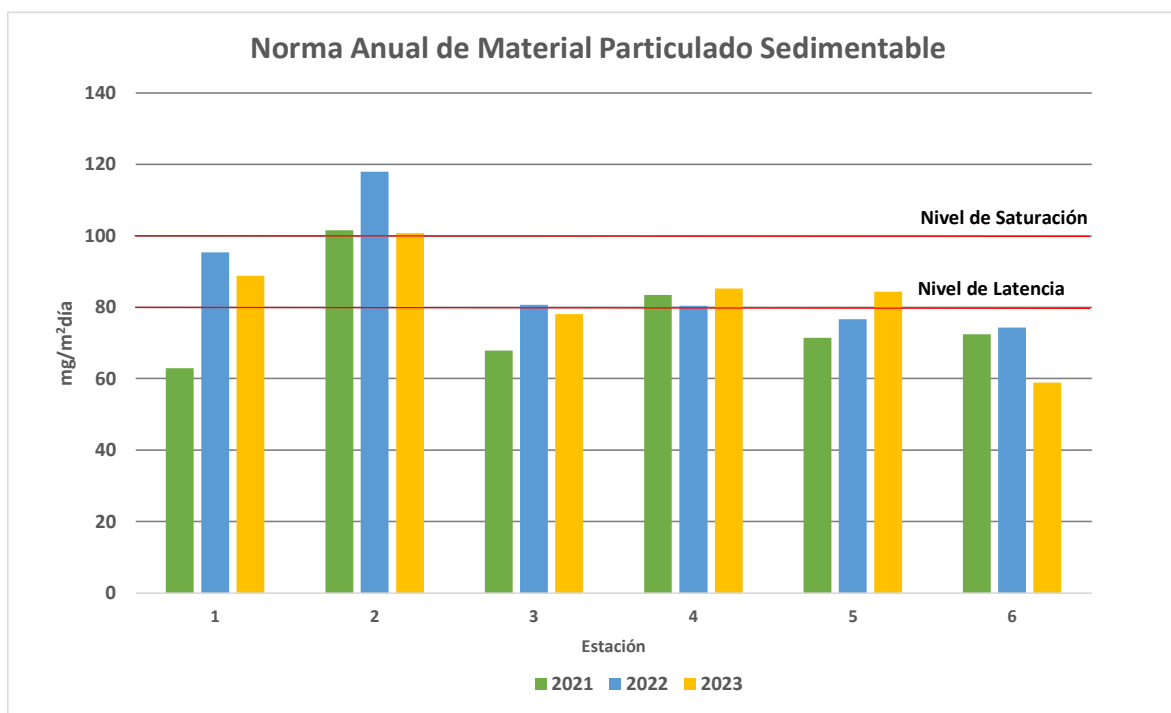


Gráfico 15 Concentración anual de MPS para los años 2021, 2022 y 2023.



6.5.3. Evaluación de la norma secundaria a nivel mensual para Hierro en MPS

El periodo de evaluación de superación de la norma secundaria de calidad del aire de Hierro en MPS como concentración mensual, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023.

La norma secundaria de calidad de aire para Hierro en MPS, D.S. N°4/1992 del Ministerio de Agricultura, establece como máximo permisible 60 mg/m³día de Hierro, como concentración media aritmética mensual, con excepción de los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre en el que será de 30 mg/m³día como concentración media aritmética mensual.

En la Tabla 25, se calcularon las concentraciones mensuales de Hierro en MPS para el año 2021, determinó que la norma mensual solo fue superada en la estación 2 entre los meses de enero a agosto, y segunda quincena de diciembre, al compararla con el límite de 60 mg/m³día, la concentración registrada corresponde a 76,6 mg/m³día en la segunda quincena de diciembre, y esta correspondiente a 128% respecto del límite de la norma. En relación con el límite de 30 mg/m³día para los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre, se determinó que la norma de Hierro en MPS no fue superada, pero se observa superación al 80% del límite de la norma en noviembre y primera quincena de diciembre en la estación 6, con concentraciones de 27,2 mg/m³día y 24,9 mg/m³día, respectivamente.

Tabla 25 Concentración mensual para Hierro en MPS para el periodo del 2021

Mes	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	Concentración Mensual 2021 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ³ día)
ENE	17,57	29	18,52	31	17,12	29	16,11	27	19,06	32	19,69	33
FEB	11,86	20	4,63	8	7,52	13	10,16	17	7,66	13	8,48	14
MAR	11,55	19	17,06	28	19,02	32	28,2	47	14,69	24	16,52	28
ABR	10,8	18	12,1	20	16	27	13,5	23	13,1	22	10,2	17
MAY	12,9	22	13,3	22	12,9	22	10,9	18	11,6	19	11,2	19
JUN	9,6	16	4,6	8	2	3	5,5	9	3,8	6	3,5	6
JUL	1	2	4,2	7	6	10	7	12	5,7	10	4,4	7
AGO	10,2	17	14,1	24	10	17	0,5	1	7,9	13	10,1	17
DIC ²	1,7	3	76,6	128	13,4	22	9,2	15	11,8	20	31,1	52
Mes	Concentración Mensual 2021 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2021 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ³ día)
SEP	17,2	57	13,7	46	20,1	67	14,2	47	13,2	44	14,8	49
OCT	6,8	23	7,9	26	8,7	29	6,6	22	8,9	30	6	20
NOV	3,8	13	11,9	40	3,6	12	15,6	52	13,6	45	27,2	91
DIC ¹	16,5	55	18,2	61	15,9	53	19,9	66	22,2	74	24,9	83

¹Reporte de primera quincena de diciembre. ²Reporte de segunda quincena de diciembre.



En la Tabla 26, se calcularon las concentraciones mensuales de Hierro en MPS para el año 2022, lo que determinó que la norma mensual no fue superada entre los meses de enero a agosto, y segunda quincena de diciembre, al compararla con el límite de 60 mg/m²día. En relación con el límite de 30 mg/m²día para los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre, se determinó que la norma de Hierro en MPS fue superada en la estación 4 con una concentración de 44,6 mg/m²día (149%) en la primera quincena de diciembre, por otra parte, se observa superación al 80% del límite de la norma en la primera quincena de diciembre en la estación 1, con una concentración de 24,5 mg/m²día (82%), y la estación 3, con una concentración de 24,9 mg/m²día (83%).

Tabla 26 Concentración mensual para Hierro en MPS para el periodo del 2022

	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
Mes	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)
ENE	9,5	16	8,3	14	11,1	19	13,4	22	14,1	24	13,7	23
FEB	9,1	15	12,3	21	10,9	18	11	18	12,2	20	9,1	15
MAR	13,5	23	19,6	33	29,7	50	29,4	49	35,3	59	25,2	42
ABR	25,5	43	8,4	14	37,4	62	13,5	23	18,7	31	1,3	2
MAY	16,5	28	15,5	26	14,8	25	8,6	14	8,7	15	37,6	63
JUN	12,6	21	19,3	32	15,8	26	10,9	18	14,6	24	11,6	19
JUL	31,5	53	13,0	22	9,1	15	12,3	21	17,5	29	20,7	35
AGO	7,4	12	8,6	14	5	8	8,8	15	4,6	8	7,6	13
DIC ²	14,8	25	26,4	44	--	--	21,4	36	3,5	6	5,0	8
Mes	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ² día)
SEP	4,3	14	5,4	18	--	--	2,4	8	3,9	13	6,4	21
OCT	9,9	33	10,7	36	8,5	28	9,7	32	12	40	12,1	40
NOV	18,4	61	16,4	55	11,4	38	29,3	98	2,5	8	11,4	38
DIC ¹	24,5	82	2,7	9	24,9	83	44,6	149	14,3	48	20	67

¹Reporte de primera quincena de diciembre. ²Reporte de segunda quincena de diciembre.

En la Tabla 27, se calcularon las concentraciones mensuales de Hierro en MPS para el año 2023, lo que determinó que la norma mensual no fue superada entre los meses de enero a agosto, y segunda quincena de diciembre, al compararla con el límite de 60 mg/m²día y solo se observa superación al 80% del límite de la norma en la estación 1 con una concentración de 58 mg/m²día (97%) en el mes de marzo. En relación con el límite de 30 mg/m²día para los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre, se determinó que la norma de Hierro en MPS no fue superada en ninguna de las estaciones en estudio y tampoco se superó el 80% de la norma a nivel mensual en el periodo indicado.



Tabla 27 Concentración mensual para Hierro en MPS para el periodo del 2023

	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
Mes	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)
ENE	16,9	28	23,7	40	--	--	16,1	27	12,4	21	21,7	36
FEB	30,1	50	11,4	19	5,4	9	27,7	46	17,1	29	15,6	26
MAR	58	97	26,3	44	9,1	15	13,2	22	9,3	16	11,7	20
ABR	10,5	18	8	13	13,6	23	8,2	14	10,9	18	8,5	14
MAY	22,9	38	10,7	18	--	--	16,6	28	17,1	29	5,8	10
JUN	19,2	32	8	13	--	--	12,7	21	15,6	26	5	8
JUL	1,9	3	3,7	6	27,8	46	2,6	4	2,5	4	2,5	4
AGO	11,6	19	11	18	10,5	18	13,3	22	9,8	16	10	17
DIC ²	14,8	25	8,0	13	10,4	17	7,5	13	13,1	22	6,4	11
Mes	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ² día)
SEP	10,9	36	11	37	11,8	39	10,1	34	9,2	31	2,4	8
OCT	7,9	26	6,8	23	6,4	21	7,6	25	8,3	28	6,5	22
NOV	7,1	24	9,5	32	9,4	31	7,3	24	9,7	32	8,5	28
DIC ¹	12,3	41	12	40	11,3	38	7,8	26	11,9	40	10	33

¹Reporte de primera quincena de diciembre. ²Reporte de segunda quincena de diciembre.



6.5.4. Evaluación de la norma secundaria a nivel anual para Hierro en MPS

El periodo de evaluación de superación de la norma secundaria de calidad del aire de Hierro en MPS como concentración anual, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023.

La norma secundaria de calidad de aire para Hierro en MPS, D.S. N°4/1992 del Ministerio de Agricultura, establece como máximo permisible 30 mg/m²día de Hierro, como concentración media aritmética anual.

De la Tabla 28, se observan las concentraciones de la media aritmética anual de la norma de Hierro, la cual no fue superada en ninguna de las estaciones en los años 2021, 2022 y 2023. Cabe señalar que, la concentración más alta durante el año 2023 se observa en la estación 1 con 17,5 mg/m²día, equivalente al 58% de valor límite de la norma anual de hierro en MPS. Por otra parte, señalar que para la estación 3 en los años 2022 y 2023 no se dispone de 11 meses de datos válidos para realizar el análisis de la norma anual.

Tabla 28 Concentración anual para Hierro en MPS para el periodo del 2021 al 2023

Estación	Concentración Anual 2021 (mg/m ² día)	% de la Norma Anual 2021 30 (mg/m ² día)	Concentración Anual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Anual 2022 30 (mg/m ² día)	Concentración Anual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Anual 2023 30 (mg/m ² día)
1	10,2	34	14,8	49	17,5	58
2	14,1	47	12,7	42	11,7	39
3	11,5	38	---	---	---	---
4	11,9	40	15,2	51	11,9	40
5	11,3	38	12,7	42	11,2	37
6	13,3	44	14,1	47	8,9	30

Complementariamente, en el Gráfico 16 se observan las medias aritméticas de Hierro a nivel anual.



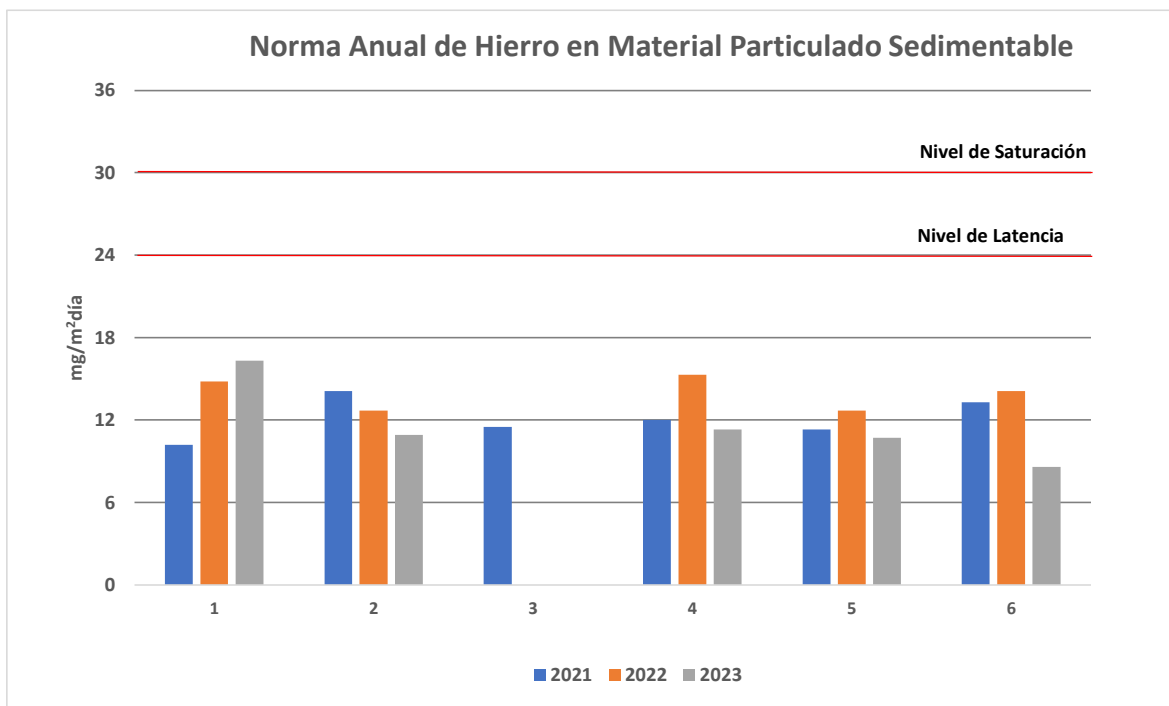


Gráfico 16 Concentración anual de MPS para los años 2021, 2022 y 2023

6.6. Evaluación de la norma para MP2,5

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

El periodo de evaluación de la norma para MP2,5, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 29, 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 2021, 2022 y 2023, 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en cualquier estación monitora calificada como EMRPMP2,5.

Tabla 29 Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP2,5 para los años 2021, 2022 y 2023

Estación	Percentil 98 Año 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma 24 horas 2021 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Percentil 98 Año 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma 24 horas 2022 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Percentil 98 Año 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma 24 horas 2023 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Huasco (Sívica)	19	38	14	28	18	36

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas para los años 2021, 2022 y 2023, se determinó que el valor de la norma de 24 horas para



MP2,5 correspondiente a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no fue superada en la estación Huasco (Sivica) y tampoco se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas. Cabe señalar que, las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98 correspondieron a: $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2021, $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2022 y $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2023, equivalente al 38%, 28% y 36% del límite de la norma.

El Gráfico 17 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP2,5, por estación, para los años 2021, 2022 y 2023.

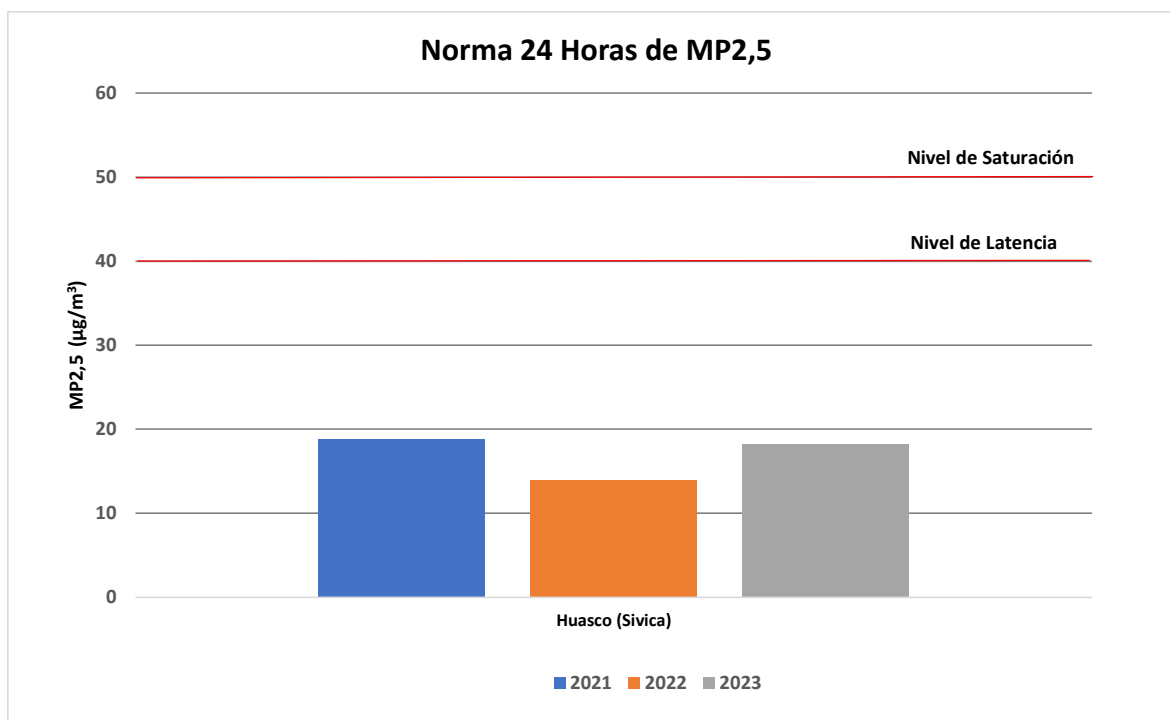


Gráfico 17 Norma 24 horas para MP2.5 por año

6.6.2. 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 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 30, se presenta un resumen de los valores obtenidos, a través del cálculo del promedio aritmético de las concentraciones de los años 2021, 2022 y 2023, 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 trianual de las concentraciones anuales sea mayor a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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.



Tabla 30 Concentración promedio trianual y porcentaje de la norma anual MP2,5

Estación	Promedio Anual 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Anual 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma Anual 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Huasco (Sívica)	9	7	7	8	40

El promedio trianual (2021, 2022 y 2023), expresado en porcentaje muestra que la estación Huasco (Sívica) no supera el límite de la norma anual de MP2,5 establecido en $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, encontrándose por debajo del 80% del límite de la norma anual, con una concentración de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente al 40% del límite de la norma.

Complementariamente, en el Gráfico 18, se puede observar el promedio trianual de tres años calendario consecutivo, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023.

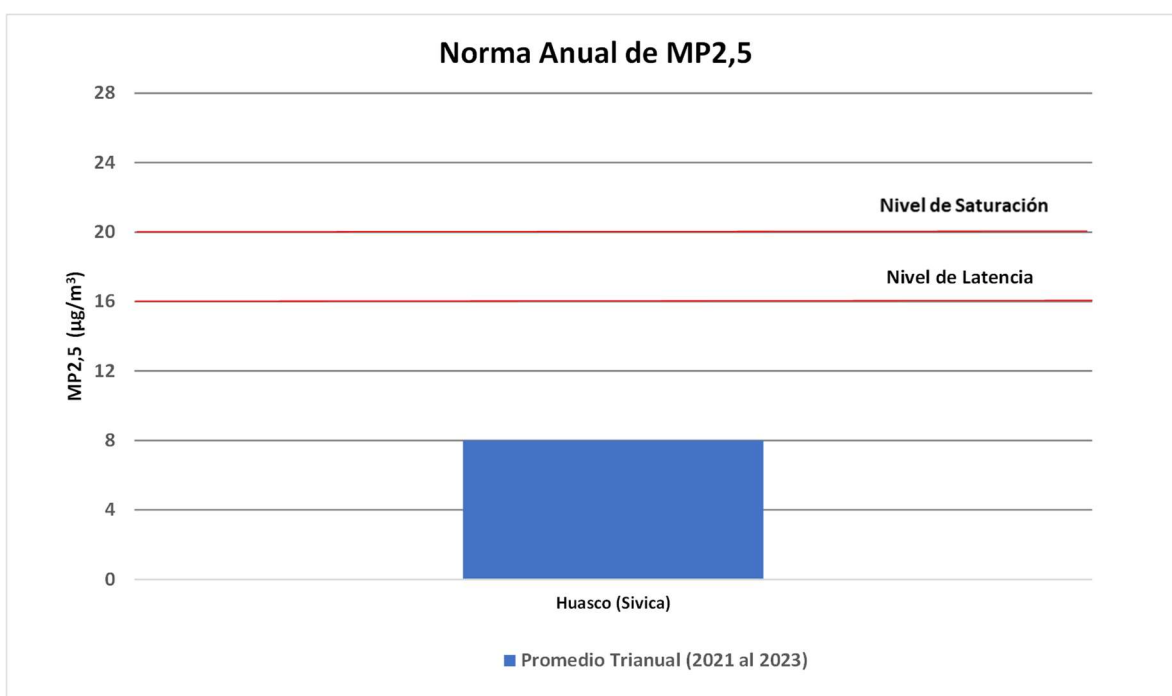


Gráfico 18 Norma Anual para MP2,5, Promedio trianual periodo 2021 al 2023



7. CONCLUSIONES

La revisión de las normas primarias y secundaria de calidad del aire, se realizó en base al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2021 y el 31 de diciembre de 2023, considerándose válida la información generada de las mediciones de MP10, MP2,5, Pb, MPS, Hierro en MPS, NO₂ y SO₂, de las 10 estaciones de implementadas por Guacolda; EME-F, EME-M, SM-1, SM-2, SM-3, SM-4, SM-5, SM-6, SM-7 y SM-8; y las 7 estaciones pertenecientes a CAP; Huasco II, 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Para verificar el cumplimiento de las normas se tomó en cuenta la representatividad poblacional para material particulado (MP10), la representatividad poblacional para gases (NO₂) y representatividad para recursos naturales en el caso de la norma secundaria (SO₂), 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 el año 2023. Para los años 2021 y 2022 se utilizaron los datos auditados por esta Superintendencia y publicados en los informes de fiscalización DFZ-2022-1308-III-NC y DFZ-2023-2239-III-NC.

Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, que fija como nuevo límite un valor de 130 µg/m³N, mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas para el año 2023, no superaron el límite de la norma 24 horas ni el 80% de esta. La evaluación determinó que en el año 2023 las concentraciones fueron de: 69 µg/m³N en la estación EME-F, 60 µg/m³N en la estación EME M y 102 µg /m³N en la estación Huasco II, equivalente al 53%, 46% y 78%, respecto del límite de la norma de 24 horas.

Respecto del cumplimiento de la norma anual de MP10, que establece como límite una concentración de 50 µg/m³N, se concluye que ésta no fue superada en ninguna de las estaciones con calificación EMRP, para el periodo comprendido entre los años 2021 y 2023. Y las concentraciones determinadas mediante el promedio trianual en las estaciones EME-M, EME-F y Huasco II, correspondieron a 34 µg/m³N, 32 µg/m³N y 29 µg/m³N, equivalentes al 68%, 64% y 58%, del límite de la norma anual, respectivamente.

Norma primaria de calidad del aire para NO₂

La evaluación de la norma de 1 hora para NO₂ se realizó en las dos estaciones con representatividad para este contaminante, EME-F y EME-M, para el periodo entre el año 2021 y 2023. Mediante el promedio del percentil 99, lo que concluyó con los resultados obtenidos en ambas estaciones, que la norma solo fue posible evaluarla en estación EME-F, en la que se obtuvo una concentración de 36,80 ppbv y un porcentaje de 17% respecto del límite de la norma, en la estación EME-M no fue posible evaluar la norma debido a que no se cumple con el 75% de los datos a nivel horario durante el año 2021 y el año 2023.



Para el caso de la norma NO_2 a nivel anual, que establece como límite 53 ppbv, de acuerdo a los valores obtenidos se determinó que la norma anual para NO_2 solo pudo ser evaluada en la estación EME-F, obteniendo una concentración promedio trianual (entre el año 2021 y 2023) de 10,4 ppbv, equivalente al 20% del límite de la norma. Respecto de la estación EME-M, no se pudo evaluar la norma debido a que presenta en uno o dos trimestres un porcentaje inferior al 75% de los datos válidos en el año 2021 y 2023, esto de acuerdo a lo requerido en el artículo 10° de la norma de NO_2 .

Norma primaria de calidad del aire para Plomo (Pb)

A partir de la evaluación de la norma anual de plomo, que establece como límite $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, se verificó que en la estación Huasco II, estación calificada como EMRP, no superó la norma anual y la concentración obtenida mediante el promedio bianual (2022-2023) fue de $0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, correspondiente al 0,4% de la norma anual de plomo.

Norma secundaria de calidad del aire para SO_2

La evaluación del cumplimiento de la norma secundaria de SO_2 como concentración horaria (382 ppbv), para los años 2021, 2022 y 2023, concluye que en las 8 estaciones que fue posible evaluar la norma horaria esta no fue superada, registrando concentraciones como promedio trianual, de los percentiles 99,73, inferior al 3% respecto del límite establecido. Del mismo modo, se evaluó la concentración anual para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en todas las estaciones se encuentran por debajo del límite de 764 ppbv. Es decir, en ambas condiciones de evaluación las estaciones no superaron la norma horaria ni el 80% del límite de la norma secundaria a nivel horario para el contaminante SO_2 .

La evaluación de la norma secundaria de 24 horas, que establece como límite 140 ppbv, en las 8 estaciones de la red que pudieron ser evaluadas muestra que el promedio trianual de los percentiles 99,7 para el periodo entre el 2021 y 2023, no superan el límite normativo ni el 80 % de la norma secundaria de 24 horas. Asimismo, la evaluación de la norma secundaria de 24 horas del percentil 99,7 de las concentraciones diarias registradas durante un año, que establece como límite 280 ppbv, determinó que las estaciones de la red no superaron el límite normativo, encontrándose los valores de sus concentraciones por debajo del 80% del límite de la norma.

Del análisis de la norma anual secundaria, que establece como límite 31 ppbv, se constató que las 7 estaciones que fue posible evaluar la norma no se superó el límite normativo y las concentraciones se encuentran por debajo del 80%. Del mismo modo, se evaluó el cumplimiento de la norma anual por año, la que establece un límite de 62 ppbv, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en todas las estaciones se encuentran por debajo del 80% del límite de la norma. Señalar que en la estación SM7 no fue posible realizar la evaluación, por presentar un porcentaje de datos válidos inferior al 75% en alguno de los trimestres. Por lo tanto, se concluye que la norma secundaria anual al ser evaluada en ambas condiciones no fue superada en ninguna de las estaciones evaluadas.



Norma secundaria de calidad del aire para MPS y Hierro en MPS

- **Norma secundaria a nivel mensual y anual de MPS**

La evaluación de la norma mensual de MPS en las 6 estaciones de la red, para el año 2021 se observó que en la mayoría de los meses la norma no fue superada, a excepción del mes de marzo en la estación 4, y noviembre y diciembre en la estación 2, en las cuales se superó el límite de la norma de 150 mg/m²día, siendo la concentración más alta observada en la estación 2 en el mes de diciembre con 188,8 mg/m²día, equivalente a 126% de la norma mensual.

Por otra parte, para el año 2022 la evaluación de la norma mensual de MPS en las 6 estaciones de la red, determinó que en la mayoría de los meses la norma mensual de MPS no fue superada, a excepción del mes de abril en la estación 2 y mes de mayo en estación 1, en las cuales se superó la norma de 150 mg/m²día, siendo la concentración más alta observada en la estación 2 en el mes de abril con 166,6 mg/m²día, equivalente a 111% de la norma mensual.

Finalmente, para el año 2023 se observó que en la mayoría de los meses la norma mensual de MPS no fue superada, a excepción del mes de noviembre en la estación 2 y mes de febrero en estación 4, en las cuales se superó la norma de 150 mg/m²día, siendo la concentración más alta observada en la estación 2 en el mes de febrero con 208,6 mg/m²día, equivalente a 139% de la norma mensual.

Por su parte, la evaluación de la norma anual que establece como límite una concentración media aritmética anual de 100 mg/m²día, se observa que la norma anual por MPS fue superada en los años 2021, 2022 y 2023 en la estación 2. En el año 2021 se observa que la norma anual por MPS fue superada en la estación 2 con una concentración de 101,6 mg/m²día, en el año 2022 también se observa superación a la norma anual en la estación 2, con concentraciones de 118,0 mg/m²día. Por último, en el año 2023 se superó la norma anual en la estación 2 con una concentración de 100,8 mg/m²día. Señalar que para la estación 3, no se cuenta con 11 meses de datos válidos para realizar el análisis de la norma anual en los años 2022 y 2023.

- **Norma Secundaria a nivel mensual y anual de Hierro en MPS**

La evaluación de la norma mensual de Hierro en MPS en las 6 estaciones de la red, para el año 2021 determinó que la norma mensual solo fue superada en la estación 2 entre los meses de enero a agosto, y segunda quincena de diciembre, al compararla con el límite de 60 mg/m²día, la concentración registrada corresponde a 76,6 mg/m²día en la segunda quincena de diciembre, y esta correspondiente a 128% respecto del límite de la norma. En relación con el límite de 30 mg/m²día para los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre, se determinó que la norma de Hierro en MPS no fue superada, pero se observa superación al 80% del límite de la norma en noviembre y primera quincena de diciembre en la estación 6, con concentraciones de 27,2 mg/m²día (91%) y 24,9 mg/m²día (83%), respectivamente.

Por otra parte, para el año 2022, la evaluación de Hierro en MPS en las 6 estaciones de la red, determinó que la norma mensual no fue superada entre los meses de enero a agosto, y segunda quincena de diciembre, al compararla con el límite de 60 mg/m²día. En relación con el límite de 30 mg/m²día para los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre, se determinó que la norma de Hierro en MPS fue superada en la estación 4 con una concentración de



44,6 mg/m²día (149%) en la primera quincena de diciembre, por otra parte, se observa superación al 80% del límite de la norma en la primera quincena de diciembre en la estación 1, con una concentración de 24,5 mg/m²día (82%) y estación 3 con una concentración de 24,9 mg/m²día (83%).

Finalmente, para el año 2023 se determinó que la norma mensual no fue superada entre los meses de enero a agosto, y segunda quincena de diciembre, al compararla con el límite de 60 mg/m²día y solo se observa superación al 80% del límite de la norma en la estación 1 con una concentración de 58 mg/m²día (97%) en el mes de marzo. En relación con el límite de 30 mg/m²día para los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre, se determinó que la norma de Hierro en MPS no fue superada en ninguna de las estaciones en estudio y tampoco se superó el 80% de la norma a nivel mensual en el periodo indicado.

El cálculo y análisis de la norma anual de Hierro en MPS, que establece como límite 30 mg/m²día de Hierro, determinó que la norma no fue superada en ninguna de las estaciones en los años 2021, 2022 y 2023. Cabe señalar que, la concentración más alta durante el año 2023 se observa en la estación 1 con 17,5 mg/m²día, equivalente al 58% de valor límite de la norma anual de hierro en MPS.

Norma 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/m³, concluyó que en la estación Huasco los valores obtenidos mediante el cálculo del percentil 98 no superaron el límite de 50 µg/m³ en los años 2021, 2022 y 2023, y tampoco el 80% del límite de la norma. Señalar que, las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98 correspondieron a: 19 µg/m³ en el año 2021, 14 µg/m³ en el año 2022 y 18 µg/m³ en el año 2023, equivalente al 38%, 28% y 36% del límite de la norma.

En relación con la evaluación de la norma anual para MP2,5, que establece como límite 20 µg/m³, mediante el cálculo del promedio trianual de las concentraciones, entre el año 2021 y el año 2023, se concluyó que la norma no fue superada en la estación Huasco (Sivica), respecto del límite establecido de 20 µg/m³. La concentración obtenida como promedio anual fue de 8 µg/m³, equivalente al 40% del límite de la norma.



8. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	Resoluciones EMRP, EMRPG y EMRRN
2	Datos de calidad del aire para el año 2023.

