



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 EMISIÓNES ATMOSFÉRICAS

DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN

DFZ-2025-2094-III-NC

SEPTIEMBRE 2025

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



TABLA DE CONTENIDOS

<i>Tema</i>	<i>Página</i>
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	22
6.1. Evaluación de la norma para MP10	22
6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP10.....	22
6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP10.....	23
6.2. Evaluación de la norma NO ₂	24
6.2.1. Evaluación de la norma primaria de 1 hora para NO ₂	24
6.2.2. Evaluación de la norma primaria de 24 horas para NO ₂	26
6.2.3. Evaluación de la norma primaria anual para NO ₂	28
6.3. Evaluación de la norma para plomo (Pb)	29
6.3.1. Evaluación de la norma anual para plomo (Pb).....	29
6.4. Evaluación de la norma secundaria para SO ₂	31
6.4.1. Evaluación de la norma secundaria horaria para SO ₂	31
6.4.2. Evaluación de la norma secundaria 24 horas para SO ₂	33
6.4.3. Evaluación de la norma secundaria anual para SO ₂	35
6.5. Evaluación de la norma secundaria para MPS	37
6.5.1. Evaluación de la norma secundaria a nivel mensual para MPS.....	37
6.5.2. Evaluación de la norma secundaria a nivel anual para MPS	41
6.5.3. Evaluación de la norma secundaria a nivel mensual para Hierro en MPS.....	43
6.5.4. Evaluación de la norma secundaria a nivel anual para Hierro en MPS	46
6.6. Evaluación de la norma para MP2,5	47
6.6.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5.....	47
6.6.2. Evaluación de la norma anual para MP2,5.....	48
7. CONCLUSIONES	50
8. ANEXOS	55



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; MP2,5, contenida en el D.S. N° 12/2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece la norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP2,5; norma primaria para NO₂, contenida en el D.S. N° 40/2023 del Ministerio de Medio Ambiente; norma primaria de Plomo, contenida en el D.S. N° 136/2000 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia, norma secundaria para SO₂, contenida en el D.S. N° 22/2009 del Ministerio Secretaria 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 2022 y 31 de diciembre de 2024, 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 con lo establecido en la “Instrucción requisitos técnicos para la instalación, funcionamiento y operación de los instrumentos en estaciones de muestreo y medición de calidad del aire y meteorología”, R.E. N°1.449/2023 de la SMA. Para el cálculo del promedio diario en equipos de tipo gravimétrico, en el caso del MP10, se utilizó como criterio lo dispuesto en la resolución antes mencionada, 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 límite un valor de 130 µg/m³N, mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 se determinó que la norma no fue superada y tampoco el 80% del límite de la norma. Las concentraciones obtenidas en el año 2022 mediante el cálculo del percentil 98 en las estaciones EME-F, EME-M y Huasco II, presentaron concentraciones de 62 µg/m³N, 61 µg/m³N y 53 µg/m³N, respectivamente. Para el año 2023 las concentraciones obtenidas fueron de: 102 µg/m³N en la estación Huasco II, 69 µg/m³N en la estación EME-F y 60 µg/m³N en la estación EME-M y, equivalente al 78%, 53% y 46%, respecto del límite de la norma de 24 horas. Finalmente, en el año 2024 se determinaron las concentraciones de: 51 µg/m³N en la estación EME-M, 50 µg/m³N en la estación EME-F y 47 µg/m³N en la estación Huasco II, equivalente al 39%, 38,5% y 36%, 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 2022 y 2024, y las concentraciones determinadas mediante el promedio de tres años en las estaciones EME-M, EME-F y Huasco II, correspondieron a 31 µg/m³N, 30 µg/m³N y 27 µg/m³N, equivalentes al 62%, 60% y 54%, respecto del límite de la norma anual.

Norma primaria de calidad del aire para NO₂

La evaluación de la norma de 1 hora para NO₂, que fija un límite de 106 ppbv (200 µg/m³N), el análisis de la información de las dos estaciones con representatividad para este contaminante, EME-F y EME-M, para el periodo entre el año 2022 y 2024. Mediante el cálculo del promedio del percentil 99 de las concentraciones de 1 hora de tres años consecutivos, se concluyó que con la información disponible en ambas estaciones, solo es posible evaluar la norma de 1 hora en la estación EME-F, y el valor promedio de 3 años obtenido corresponde a 28,38 ppbv, equivalente a 27% respecto del límite de la norma de 1 hora.

En el caso de la evaluación de la norma de 24 horas, que fija un límite de 53 ppbv (100 µg/m³N), el análisis de la información de las dos estaciones con representatividad para este contaminante, EME-F y EME-M, para el periodo entre el año 2022 y 2024. Mediante el cálculo del promedio del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas de tres años consecutivos, se concluyó que con la información disponible en ambas estaciones, solo es posible evaluar la norma de 24 horas en la estación EME-F,



y el valor promedio de 3 años obtenido corresponde a 14,64 ppbv, equivalente a 28% respecto del límite de la norma de 24 horas.

Para el caso de la norma NO₂ a nivel anual, que establece como límite 21 ppbv (40 µg/m³N), el análisis de la información de las dos estaciones con representatividad para este contaminante, EME-F y EME-M, para el periodo entre el año 2022 y 2024. Mediante el cálculo del promedio anual de tres años consecutivos, se concluyó que con la información disponible en ambas estaciones, solo es posible evaluar la norma anual en la estación EME-F, y el valor promedio de 3 años obtenido corresponde a 8,39 ppbv, equivalente a 40% respecto del límite de la norma anual.

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 µg/m³N, 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 (2023-2024) fue de 0,002 µg/m³N, correspondiente al 0,4% de la norma anual de plomo.

Norma secundaria de calidad del aire para SO₂

La evaluación del cumplimiento de la norma secundaria de SO₂ como concentración horaria (382 ppbv), para los años 2022, 2023 y 2024, concluye que en las 7 estaciones evaluadas la norma horaria 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 SO₂.

La evaluación de la norma secundaria de 24 horas, que establece como límite 140 ppbv, en las 7 estaciones de la red que pudieron ser evaluadas muestra que el promedio trianual de los percentiles 99,7 para el periodo entre el 2022 y 2024, 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 6 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 y en la estación SM8 no fue



possible evaluar la norma anual debido que presentó un porcentaje de datos válidos de 68%, inferior al 75%. 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, 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 tasa de sedimentación más alta observada en la estación 2 en el mes de abril con 166,6 mg/m²día, equivalente a 111% de la norma mensual.

Por otra parte, para el año 2023 la evaluación de la norma mensual de MPS en las 6 estaciones de la red, se observa 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 tasa de sedimentación más alta observada en la estación 2 en el mes de febrero con 208,6 mg/m²día, equivalente a 139% de la norma mensual.

Finalmente, para el año 2024 se observó que en la mayoría de los meses la norma mensual de MPS no fue superada, a excepción de enero y los meses de agosto a diciembre en estación 2, en las cuales se superó la norma de 150 mg/m²día, siendo la tasa de sedimentación más alta observada en la estación 2 en el mes de septiembre con 179,9 mg/m²día, equivalente a 120% 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 2022, 2023 y 2024 en la estación 2. En el año 2022 se observa que la norma anual por MPS fue superada en la estación 2 con una concentración de 118,0 mg/m²día, en el año 2023 también se observa superación a la norma anual en la estación 2, con una concentración de 100,8 mg/m²día. Por último, en el año 2024 se superó la norma anual en la estación 2 con una concentración de 120,4 mg/m²día. Señalar que para la estación 3, no 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 2022 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%).



Por otra parte, para el año 2023, 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 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.

Finalmente, para el año 2024 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 tampoco se observa superación al 80% 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 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 2022, 2023 y 2024. Cabe señalar que, la concentración más alta durante el año 2024 se observa en la estación 12 y estación 5 con 3,5 mg/m²día, equivalente al 12% 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.

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 2022, 2023 y 2024, y tampoco el 80% del límite de la norma. Señalar que, las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98 correspondieron a: 14 µg/m³en el año 2022, 18 µg/m³ en el año 2023 y 14 µg/m³en el año 2024, equivalente al 28% y 36% y 28% 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 2022 y el año 2024, 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 7 µg/m³, equivalente al 35% 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 2024, con el fin de obtener información válida que permita evaluar las normas de calidad del aire. Para los años 2022 y 2023 se utilizaron los datos auditados por esta Superintendencia, los que se encuentran publicados en los informes de fiscalización DFZ-2023-2239-III-NC y DFZ-2024-24-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 de la R.E. N°1.449/2023 de la SMA.

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



3. OBJETIVOS

El objetivo general 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 2022 y 31 de diciembre de 2024, 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 2024, en base a una auditoría de los datos enviados por los titulares de las estaciones. Para los años 2022 y 2023 se utilizaron los datos ya validados por esta Superintendencia, los cuales fueron publicados en los informes de fiscalización DFZ-2023-2239-III-NC y DFZ-2024-24-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 2022 y el 31 de diciembre de 2024.

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 2022 y el 31 de diciembre de 2024.

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/m ³ N	-----	50 µg/m ³ N
	D.S. N° 12/2011, del Ministerio del Medio Ambiente	MP2,5	-----	50 µg/m ³ N	-----	20 µg/m ³ N
	D.S. N° 40/2023 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la Republica.	NO ₂	200 µg/m ³ N o 106 ppbv (1 Hora)	100 µg/m ³ N o 53 ppbv	-----	40 µg/m ³ N o 21 ppbv
	D.S. N° 136/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la Republica.	Pb	-----	-----	-----	0,5 µg/m ³ N
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)
	D.S. N° 4/1992, del Ministerio de Agricultura.	MPS	-----	-----	150 mg/m ² día	100 mg/m ² día
		Hierro en MPS	-----	-----	60 mg/m ² día*	30 mg/m ² día

* A excepción de los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre en el que será de 30 mg/m²día, 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 con el formato establecido por la SMA, el cual incluye los códigos de invalidación establecidos en la R.E. N°1.449/2023 de la SMA.

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
	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

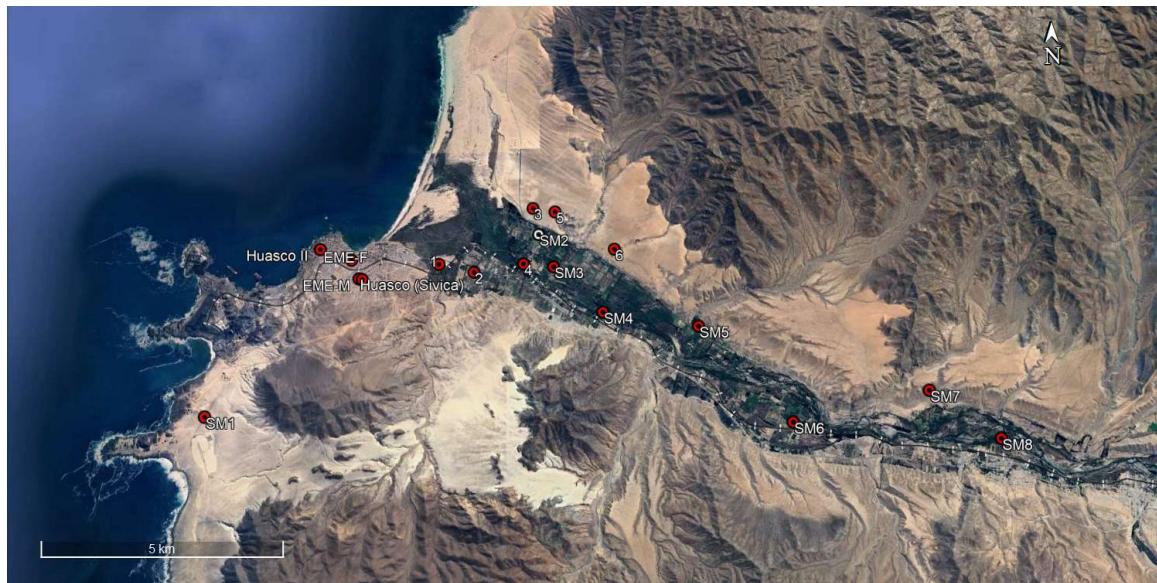


Figura 1 Ubicación de estaciones de la red de calidad del aire de Huasco



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 2022, 2023 y 2024, 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 primarias 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 2024.

Tabla 4 Listado de estaciones, instrumentos y métodos de medición utilizados durante el 2024

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 2024, 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 2022 y 2023 fueron auditados en los informes de fiscalización DFZ-2023-2239-III-NC y DFZ-2024-24-III-NC, respectivamente. En la siguiente tabla se muestran los datos invalidados de los contaminantes evaluados:

Tabla 5 Porcentaje de datos inválidos horarios y diarios por contaminante para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	2022			2023			2024		
	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	3	No Aplica	9	3	No Aplica	2,0	4,4	No Aplica	18,4
EME-M	2	No Aplica	13	5	No Aplica	73,9	2,0	No Aplica	5,4
SM-1	No Aplica	2	No Aplica	No Aplica	5	No Aplica	No Aplica	4,8	No Aplica
SM-2	No Aplica	2	No Aplica	No Aplica	1	No Aplica	No Aplica	0,8	No Aplica
SM-3	No Aplica	5	No Aplica	No Aplica	1	No Aplica	No Aplica	1,1	No Aplica
SM-4	No Aplica	8	No Aplica	No Aplica	3	No Aplica	No Aplica	0,9	No Aplica
SM-5	No Aplica	3	No Aplica	No Aplica	2	No Aplica	No Aplica	1,7	No Aplica
SM-6	No Aplica	6	No Aplica	No Aplica	2	No Aplica	No Aplica	2,0	No Aplica
SM-7	No Aplica	22	No Aplica	No Aplica	4	No Aplica	No Aplica	1,4	No Aplica
SM-8	No Aplica	1	No Aplica	No Aplica	5	No Aplica	No Aplica	32,0	No Aplica
Huasco II	10	No Aplica	No Aplica	1	No Aplica	No Aplica	3,2	No Aplica	No Aplica
Huasco (Sivica)	1,9	No Aplica	No Aplica	1,6	No Aplica	No Aplica	3,6	No Aplica	No Aplica

De la Tabla 5, se puede observar que para 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 porcentaje de datos inválidos en la estación SM-7 para el parámetro de SO₂ con 22% y 10% para MP10 en la estación Huasco II. Por otra parte, en el año 2023 se observa un alto porcentaje de datos inválidos para el parámetro NO₂ en la estación EME-M con un 73,9%. Finalmente, se observa un alto porcentaje de datos inválidos para NO₂ en estación EME-F con 18,4%, también se registró un alto porcentaje de datos inválidos para el parámetro de SO₂ en la estación SM-8 con 32%.



La invalidación de días para el contaminante MP10 se debió a datos inválidos por exceso de tiempo de muestreo, mínimo de tiempo de muestreo y falla del instrumento. En las estaciones que miden SO₂, la invalidación de datos horarios se debió principalmente a mantenciones en terreno, fallas del instrumento y valores fuera del intervalo. 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 y en el caso de estación EME-F el alto porcentaje de datos inválidos en el año 2024 se debió principalmente a valores fuera del intervalo.

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 con lo descrito en la R.E. N°1.449/2023 de la SMA. 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 casi todas las estaciones para los años 2022, 2023 y 2024, a excepción de la estación SM-8 con un 68% de datos validos en el año 2024. En relación al NO₂ en la estación EME-M en el año 2023 presentó un porcentaje de datos validos de 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 2022, 2023 y 2024

Red	Estación	Año	Nº de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	Nº de Datos Disponibles (Horario) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	Nº de Datos Disponibles (Horario) NO ₂	Porcentaje de datos (%)
Guacolda	EME-F	2022	120	97	No Aplica	No Aplica	7963	91
		2023	118	97			8585	98
		2024	120	98			7168	82
	EME-M	2022	120	98			6787	77
		2023	119	95			2289	26
		2024	122	100			8309	95
CAP	Huasco II	2022	115	90		No Aplica		
		2023	120	99				
		2024	121	97				
MMA	Huasco (Sivica)	2022	No Aplica	358	98	No Aplica		
		2023		359	98,4			
		2024		353	96			



Tabla 7 Resumen de datos disponibles de SO₂ por estación para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	Nº de Datos Disponibles (Horarios) SO ₂	Porcentaje de datos (%)
SM-1	2022	8563	98
	2023	8334	94,9
	2024	8361	95,2
SM-2	2022	8622	98
	2023	8654	98,5
	224	8715	99,2
SM-3	2022	8281	95
	2023	8664	98,6
	2024	8690	98,9
SM-4	2022	8029	92
	2023	8539	97,2
	2024	8703	99,1
SM-5	2022	8455	97
	2023	8630	98,2
	2024	8609	98
SM-6	2022	8208	94
	2023	8581	97,7
	2024	8609	98
SM-7	2022	6814	78
	2023	8440	96,1
	2024	8664	98,6
SM-8	2022	8635	99
	2023	8302	94,5
	2024	5974	68

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 2022, 2023 y 2024, a excepción de la estación Huasco II, en el mes de marzo del año 2022 presentó un 69%.

Tabla 8 Porcentaje de datos válidos de MP10 y MP2,5 mensuales por estación para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)											
		Estaciones Guacolda MP10											
EME-F	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
	2024	100	100	100	100	100	90	100	91	100	91	100	100
EME-M	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
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Estaciones CAP MP10													
Huasco II	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	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
Huasco (Sivica)	2024	91	100	100	100	100	100	100	83	100	100	91	100
Estación MMA MP2,5													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
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	
2024	87,1	89,7	100	100	100	100	100	80,6	100	100	100	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 las estaciones SM3, SM4, SM6 y SM7 en el año



2022, que 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. Para el año 2023 la gran mayoría de las estaciones presentaron un porcentaje superior al 75% de datos válidos, y solo lamente las estaciones SM1, SM7 y SM8, presentaron porcentajes de 70% en junio, 68% en julio y 48% en diciembre, respectivamente. Finalmente, en al año 2024 la gran mayoría de las estaciones presentaron un porcentaje superior al 75% de datos válidos, y solo estación SM8, presentó 7 meses con porcentajes de datos validos inferiores al 75%, correspondientes a: enero, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

Tabla 9 Porcentaje de datos válidos de SO₂ mensuales por estación para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)											
		Estaciones Guacolda											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SM-1	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
	2024	90,3	100	100	100	100	100	83,9	100	96,7	100	80	90,3
SM-2	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
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
SM-3	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
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
SM-4	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
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
SM-5	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
	2024	100	100	100	96,7	96,8	96,7	96,8	100	100	100	100	100
SM-6	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
	2024	100	100	100	100	87,1	96,7	100	100	100	100	100	100
SM-7	2022	100	18	0	67	90	73	100	100	100	100	100	80
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
SM-8	2022	100	100	100	100	100	100	97	100	100	97	100	100
	2023	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100	100	48
	2024	35,5	100	100	100	100	100	66,7	0	0	63,3	100	56,7
													35,5

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 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)											
		Estaciones CAP											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Huasco II	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2024	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 3 meses con datos inválidos por debajo del 75% entre enero y marzo de 2022, para el año 2023 la estación EME-M presento 10 meses con porcentajes de datos inferiores al 75% y para el año 2024 solo el mes de enero presentó un porcentaje inferior al 75%. En relación a la estación EME-F presentó datos validos inferior al 75% en el mes de junio del año 2022 y el año 2024 presentó 3 meses con datos validos inferiores al 75%, desde octubre a diciembre.

Tabla 11 Porcentaje de datos válidos de NO₂ mensuales por estación para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)											
		Estaciones Guacolda											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
EME-F	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
	2024	100	100	100	100	100	90	100	100	87	0	0	0
EME-M	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
	2024	45,2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

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, y por último en el año 2024, la estación 3 presentó 3 meses con 0% de vdatos validos en enero, mayo y junio.

Tabla 12 Porcentaje de datos validos de MPS a nivel mensual por estación para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)												
		Red de CAP												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC ¹	DIC ²
1	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
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	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
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	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
	2024	0	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	100	100
4	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
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	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



		MESES (%)												
		Red de CAP												
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC ¹	DIC ²
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	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
	2024	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 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. 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 2022, 2023 y 2024.

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:

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

De acuerdo al análisis efectuado y la determinación del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP10 para los años 2022, 2023 y 2024, se concluyó que la norma 24 horas no fue superada y tampoco el 80% del límite de la norma. Las concentraciones obtenidas en el año 2022 mediante el cálculo del percentil 98 en las estaciones EME-F, EME-M y Huasco II, presentaron concentraciones de 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, respectivamente. Para el año 2023 las concentraciones obtenidas fueron de: 102 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación Huasco II, 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación EME-F y 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación EME-M y, equivalente al 78%, 53% y 46%, respecto del límite de la norma de 24 horas. Finalmente, en el año 2024 se determinaron las concentraciones de: 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación EME-M, 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación EME-F y 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación Huasco II, equivalente al 39%, 38,5% y 36%, respecto del límite de la norma de 24 horas.

Tabla 13 Evaluación de la norma 24 horas para MP10 durante el período 2022 al 2024

Red	Estación	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Percentil 98 Año 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas (130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Guacolda	EME-F	62	48	69	53	50	38,5
	EME-M	61	47	60	46	51	39
CAP	Huasco II	53	41	102	78	47	36

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



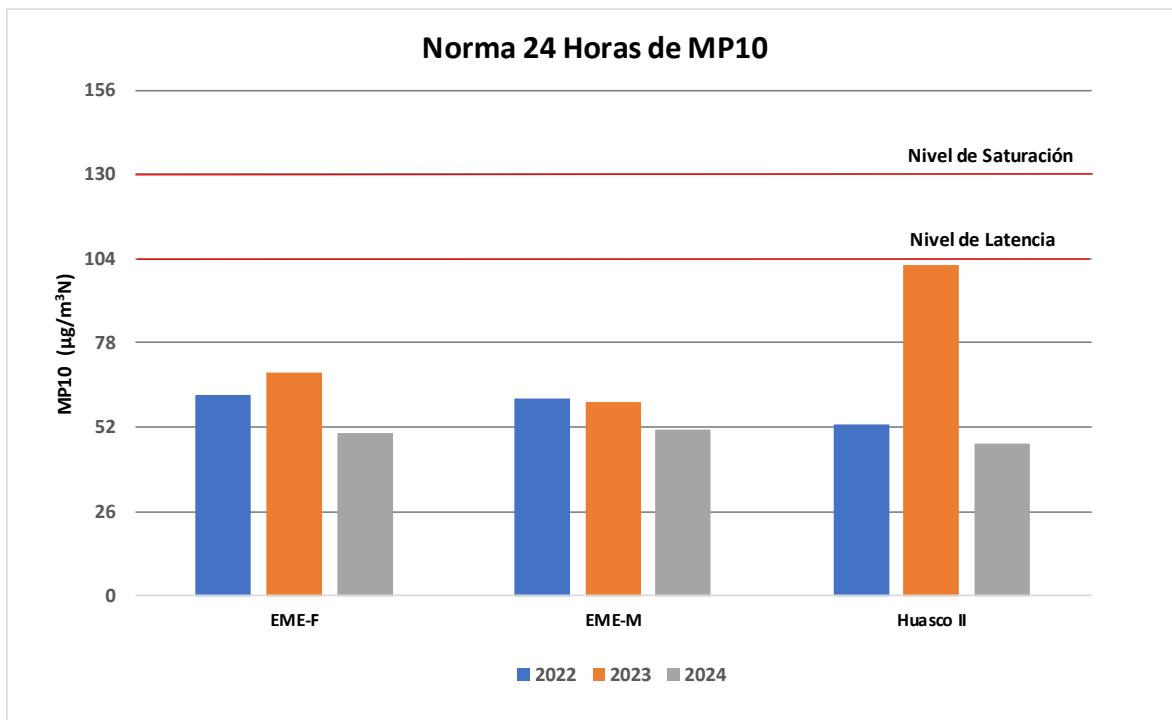


Gráfico 1 Norma 24 horas para MP10 para los años 2022, 2023 y 2024

6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP10

De acuerdo con los límites establecidos 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 monitora clasificada como EMRP, sea mayor o igual que $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

El periodo de evaluación de superación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. 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 2022, 2023 y 2024, para las estaciones que conforman la red de monitoreo.

El promedio de tres años, entre el año 2022 y 2024, 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 $31 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, $30 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y $27 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, equivalentes al 62%, 60% y 54%, del límite de la norma anual, respectivamente.



Tabla 14 Evaluación de la norma anual para MP10 durante el período 2022 al 2024

Red	Estación	Promedio Anual 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Anual 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Trianual 2022-2023-2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma Anual (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Guacolda	EME-F	30	34	27	30	60
	EME-M	32	34	28	31	62
CAP	Huasco II	29	30	23	27	54

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 2022 y el día 31 de diciembre de 2024, en comparación con el límite establecido en la normativa.

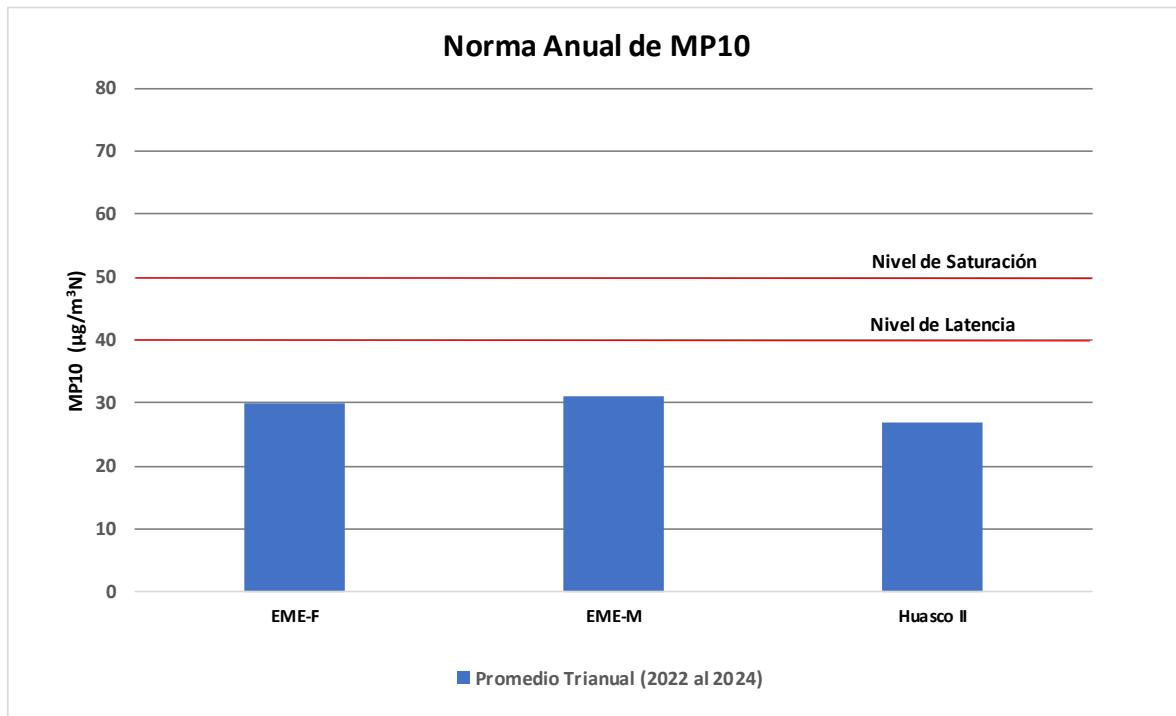


Gráfico 2. Norma anual para MP10, promedio trianual período 2022 al 2024

6.2. Evaluación de la norma NO₂

6.2.1. Evaluación de la norma primaria de 1 hora para NO₂

El período de evaluación de la norma primaria horaria para NO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 15, se presenta un resumen con los valores obtenidos de la evaluación de NO₂ en las estaciones en estudio.

La norma primaria de calidad de aire, D.S. N° 40/2024 del Ministerio del Medio Ambiente, para dióxido de nitrógeno como concentración de 1 hora será de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (106 ppbv).



Cabe señalar que, la norma de 1 hora se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 1 hora, cuando ocurra al menos, una de las siguientes condiciones:

- a. El promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados cada año, fuere mayor o igual al valor de la norma que se establece.
- b. Si en el primer o segundo periodo de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora para los periodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres periodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.

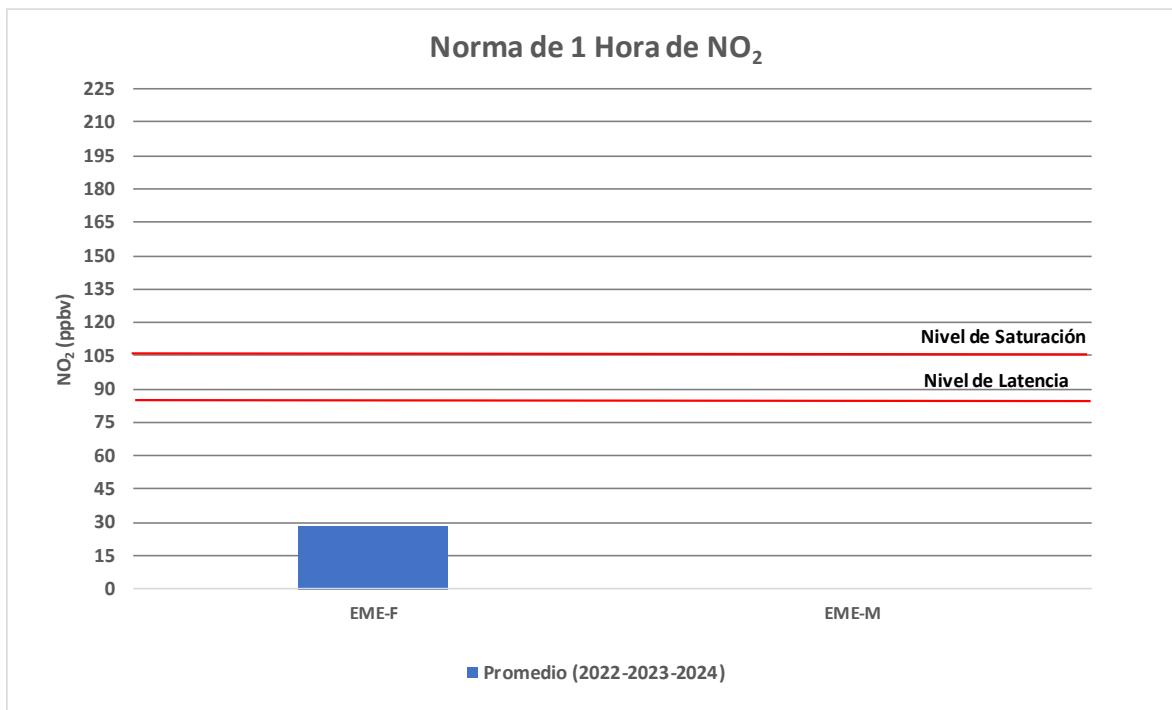
De acuerdo con lo calculado, en la Tabla 15, en las dos estaciones con representatividad para este contaminante, EME-F y EME-M, para el periodo entre el año 2022 y 2024. Mediante el cálculo del promedio de tres años del percentil 99 de las concentraciones de 1 hora, se concluyó que con la información disponible en ambas estaciones, solo es posible evaluar la norma de 1 hora en la estación EME-F, el valor promedio de 3 años obtenido corresponde a 28,38 ppbv, equivalente a 27% respecto del límite de la norma de 1 hora.

Tabla 15 Evaluación de la norma primaria 1 hora para NO₂ durante el período 2022 al 2024

Estación	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Percentil 99 Año 2023 (ppbv)	Percentil 99 Año 2024 (ppbv)	Percentil 99 Promedio Trianual 2022-2023-2024 (ppbv)	% de la Norma 1 hora (106 ppbv)
EME-F	28,10	29,04	27,99	28,38	27
EME-M	38,9	----	16,58	----	----

El Gráfico 3, muestra el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados cada año, en el gráfico muestra los valores obtenidos en las estaciones.





6.2.2. Evaluación de la norma primaria de 24 horas para NO₂

El periodo de evaluación de la norma primaria 24 horas para NO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 16, se presenta un resumen con los valores obtenidos de la evaluación de NO₂ en las estaciones en estudio.

La norma primaria de calidad de aire, D.S. N° 40/2024 del Ministerio del Medio Ambiente, para dióxido de nitrógeno como concentración de 24 horas será de 100 µg/m³N (53ppbv).

Cabe señalar que, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 24 horas, cuando ocurra al menos, una de las siguientes condiciones:

- El promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99 de la concentración de 24 horas registrados durante un año, fuere mayor o igual al valor de la norma que se establece.
- Si en el primer o segundo periodo de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de concentración de 24 horas para los periodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres periodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.



De acuerdo con lo calculado, en la Tabla 16, en las dos estaciones con representatividad para este contaminante, EME-F y EME-M, para el periodo entre el año 2022 y 2024. Mediante el cálculo del promedio de tres años del percentil 99 de la concentraciones de 24 horas, se concluyó que con la información disponible en ambas estaciones, solo es posible evaluar la norma de 24 horas en la estación EME-F, el valor promedio de 3 años obtenido corresponde a 14,64 ppbv, equivalente a 28% respecto del límite de la norma de 24 horas.

Tabla 16 Evaluación de la norma primaria de 24 horas para NO₂ durante el período 2022 al 2024

Estación	Percentil 99 2022 (ppbv)	Percentil 99 2023 (ppbv)	Percentil 99 2024 (ppbv)	Promedio Tres años (ppbv) 2022 al 2024	% de la Norma 24 Horas (53 ppbv)
EME-F	14,77	15,91	13,23	14,64	28
EME-M	25,53	---	7,08	---	---

El Gráfico 4, muestra el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas, donde se pueden observar de manera gráfica los valores obtenidos en las estaciones.

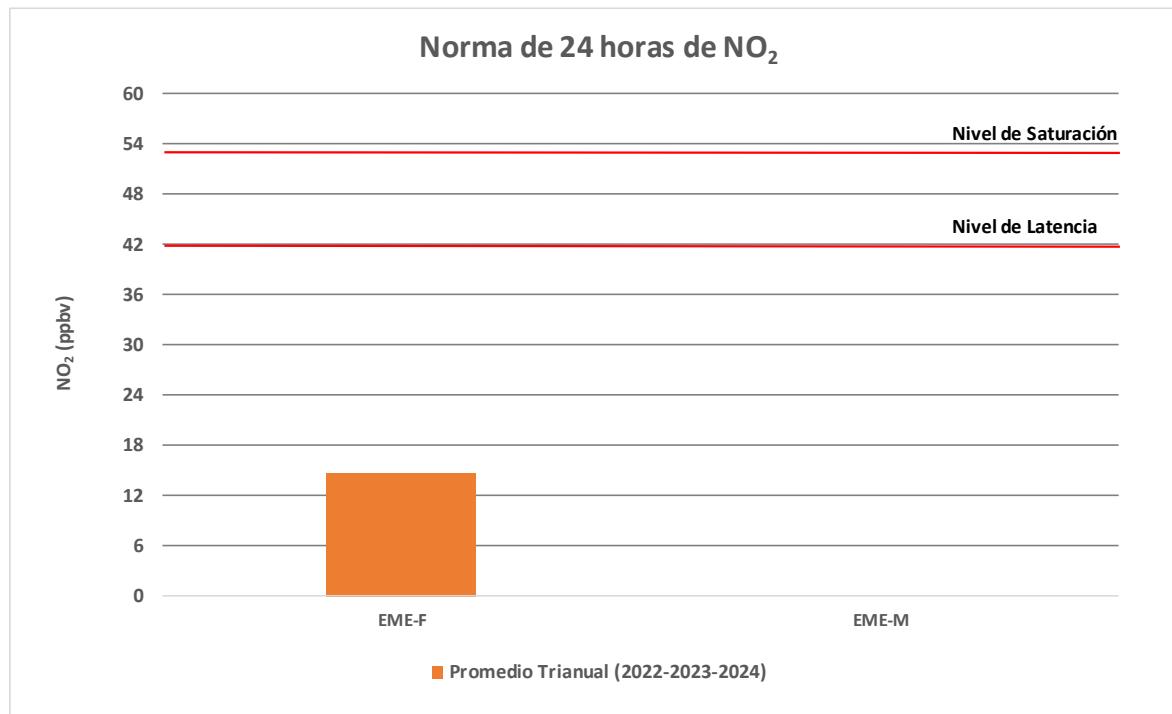


Gráfico 4 Norma de 24 horas de NO₂ (2022, 2023 y 2024)



6.2.3. Evaluación de la norma primaria anual para NO₂

El periodo de evaluación de la norma primaria anual para NO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 17, se presenta un resumen con los valores obtenidos de la evaluación de NO₂ en las estaciones en estudio.

La norma primaria de calidad de aire, D.S. N° 40/2024 del Ministerio del Medio Ambiente, para dióxido de nitrógeno como concentración de 24 horas será de 40 µg/m³N (21 ppbv).

Cabe señalar que, la norma anual se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración promedio de tres años, cuando ocurra al menos, una de las siguientes condiciones:

- a. El promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores de concentración anual, fuere mayor o igual al valor de la norma que se establece.
- b. Si en un año calendario, el valor de la concentración anual, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece.

De acuerdo con lo calculado, en la Tabla 17, en las dos estaciones con representatividad para este contaminante, EME-F y EME-M, para el periodo entre el año 2022 y 2024. Mediante el cálculo del promedio anual de tres años consecutivos, solo es posible evaluar la norma de 24 horas en la estación EME-F, el valor promedio de 3 años obtenido corresponde a 8,39 ppbv, equivalente a 40% respecto del límite de la norma anual.

Tabla 17 Evaluación de la norma primaria anual para NO₂ durante el periodo 2022 al 2024

Estación	Concentración Promedio Año 2022 (ppbv)	Concentración Promedio Año 2023 (ppbv)	Concentración Promedio Año 2024 (ppbv)	Promedio Trianual (2022-2023-2024) (ppbv)	% de la Norma anual (21 ppbv)
EME-F	8,03	9,90	7,23	8,39	40
EME-M	12,56	---	3,14	---	---

El Gráfico 5, muestra el promedio aritmético de tres años sucesivos de las concentraciones anuales para el año 2022, 2023 y 2024, el gráfico muestra los valores obtenidos en las estaciones.



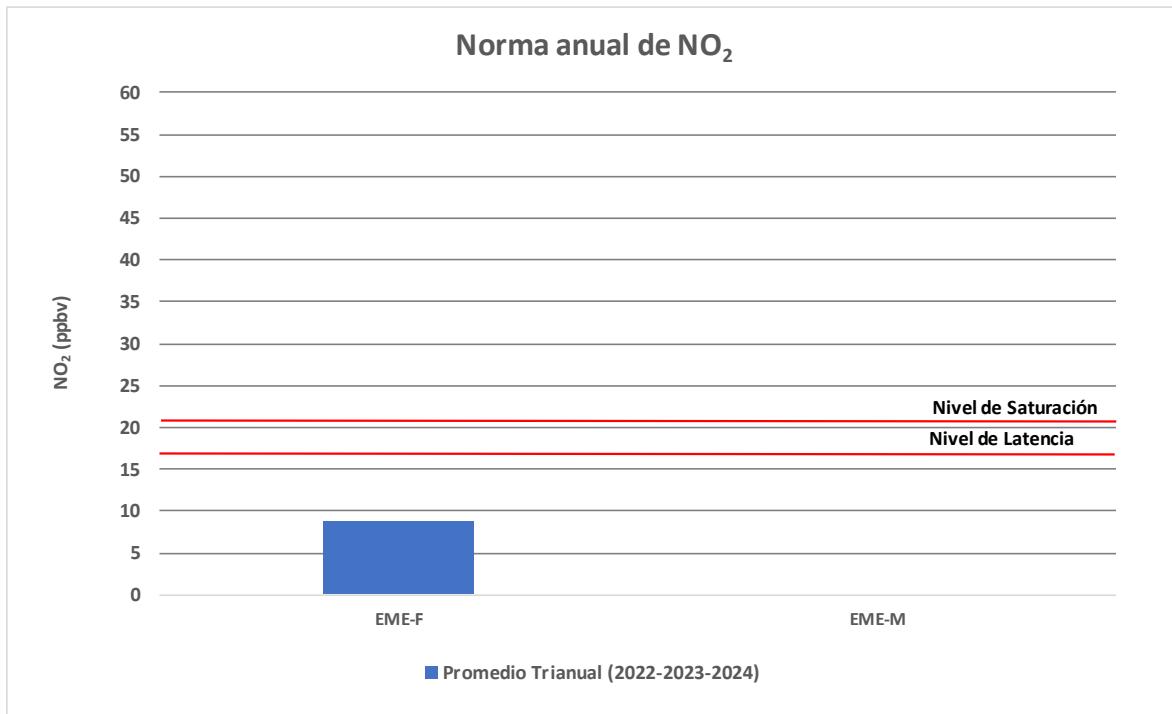


Gráfico 5 Norma anual de NO₂ (2022, 2023 y 2024)

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 2023 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 18, 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 18 Evaluación de la norma anual para Pb durante el período 2023 al 2024

Estación	Concentración Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Concentración Anual 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio bianual 2023-2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% 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 6, 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.

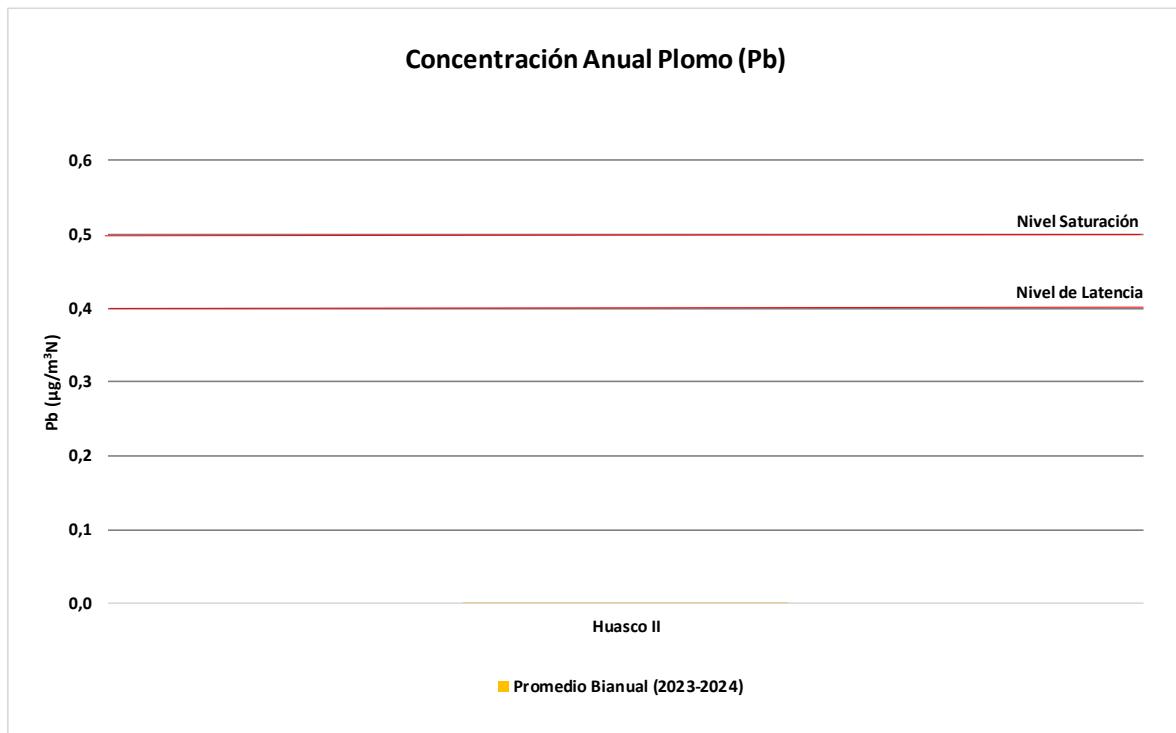


Gráfico 6 Norma anual para Pb, promedio bianual período 2023 al 2024



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 la norma secundaria horaria para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. 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 monitora 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 monitora 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 19 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 19 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 19 Evaluación de la norma secundaria horaria para SO₂ durante el periodo 2022 al 2024

Estación	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)	Percentil 99,73 Año 2024 (ppbv)	% de la Norma Horaria 2024 (764 ppbv)	Promedio tres años 2022-2023-2024 (ppbv)	% de la Norma Horaria Promedio Trianual (382 ppbv)
SM-1	6,50	0,9	12,63	1,7	9,97	1,3	9,70	2,5
SM-2	5,10	0,7	5,27	0,7	4,84	0,63	5,07	1,3
SM-3	5,00	0,7	3,78	0,5	4,50	0,6	4,43	1,2
SM-4	4,28	0,6	20,59	2,7	4,70	0,62	9,86	2,6
SM-5	3,10	0,4	3,08	0,4	3,56	0,47	3,25	0,85
SM-6	3,50	0,5	2,44	0,3	2,88	0,38	2,94	0,77
SM-7	7,10	0,9	2,38	0,3	2,95	0,4	4,14	1,1
SM-8	5,50	0,7	5,47	0,7	--	--	--	--

El Gráfico 7 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 99,73 del periodo como promedio trianual.



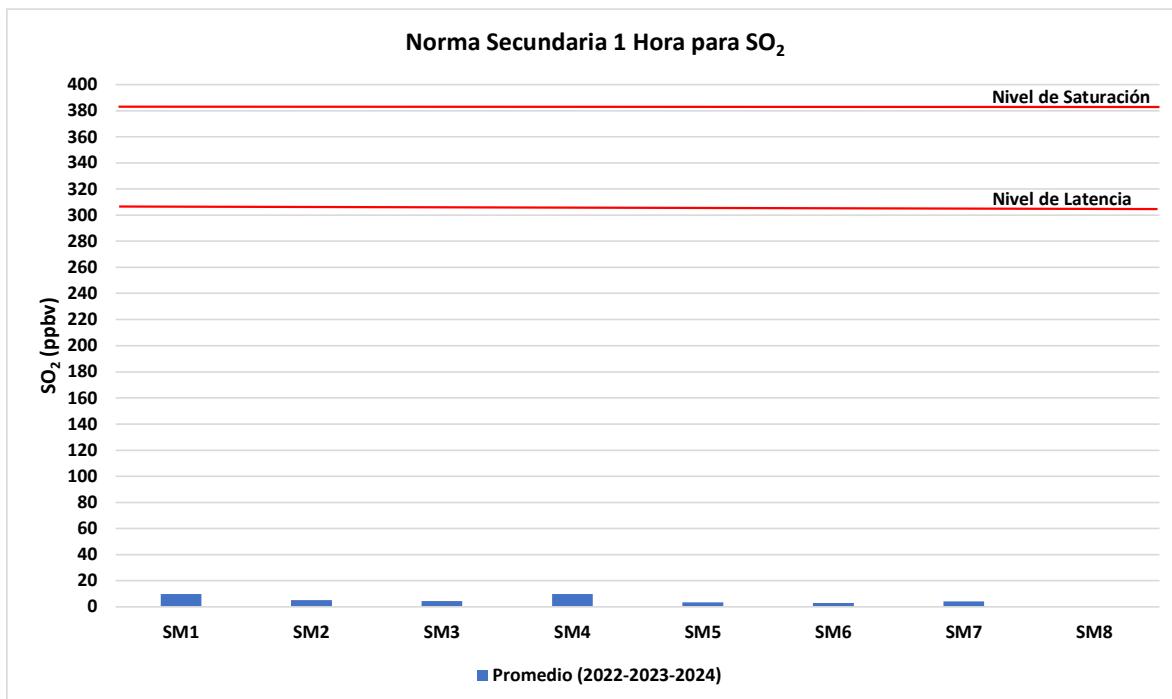


Gráfico 7 Norma secundaria 1 hora para SO₂, promedio período 2022 al 2024

Por otra parte, el Gráfico 8 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99,73 de las concentraciones horarias para cada uno de los años del periodo analizado.

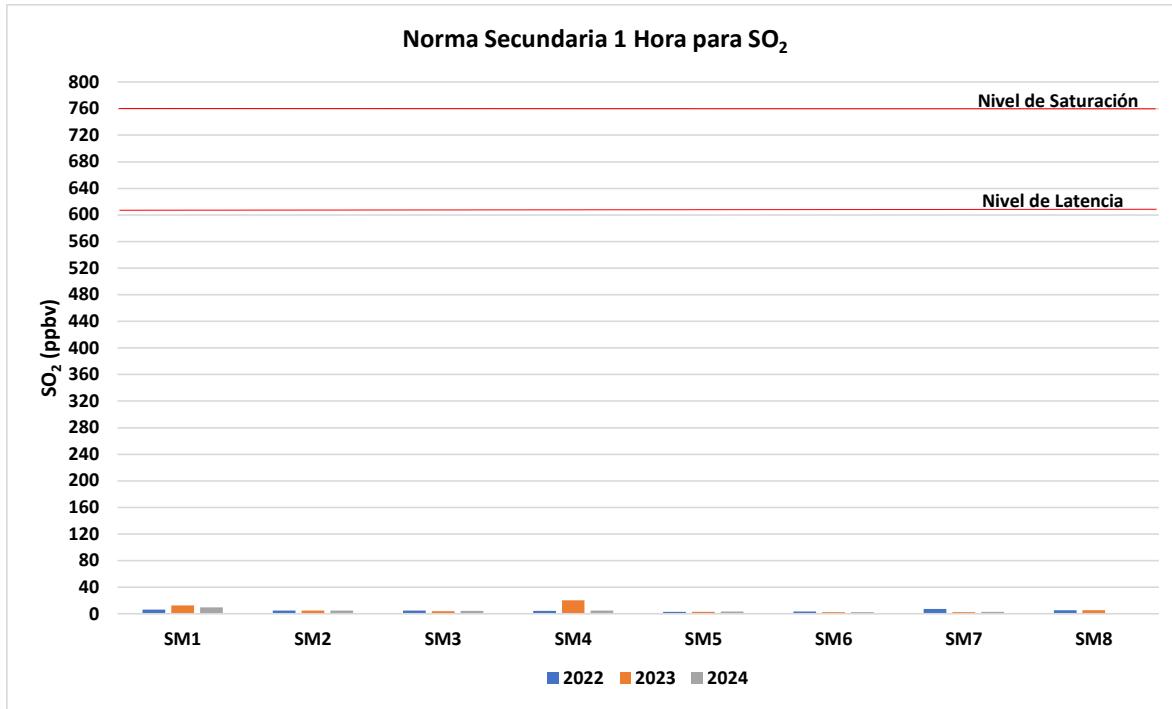


Gráfico 8 Norma secundaria 1 hora para SO₂, período 2022 al 2024



6.4.2. Evaluación de la norma secundaria 24 horas para SO₂

El periodo de evaluación de la norma secundaria para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. 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 20 se presentan los valores obtenidos del análisis del percentil 99,7 del periodo 2022 al 2024, 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 20 Evaluación de la norma secundaria 24 horas para SO₂ durante el periodo 2022 al 2024

Estación	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)	Percentil 99,7 Año 2024 (ppbv)	% de la Norma 24 horas 2024 (280 ppbv)	Promedio tres años 24 horas 2022-2023-2024 (ppbv)	% de la Norma 24 horas (140 ppbv)
SM-1	5,30	1,9	12,94	4,6	8,76	3,1	9,00	6,4
SM-2	4,51	1,6	4,31	1,5	4,64	1,7	4,49	3,2
SM-3	1,76	0,6	3,64	1,3	3,52	1,3	2,97	2,1
SM-4	3,73	1,3	19,36	6,9	3,19	1,1	8,76	6,3
SM-5	2,45	0,9	2,76	1,0	3,28	1,2	2,83	2,0
SM-6	3,19	1,1	2,14	0,8	2,70	1,0	2,68	1,9
SM-7	5,42	1,9	2,26	0,8	2,79	1,0	3,49	2,5
SM-8	3,54	1,3	4,65	1,7	--	--	--	--

El Gráfico 9, muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99,7 del periodo como promedio trianual.



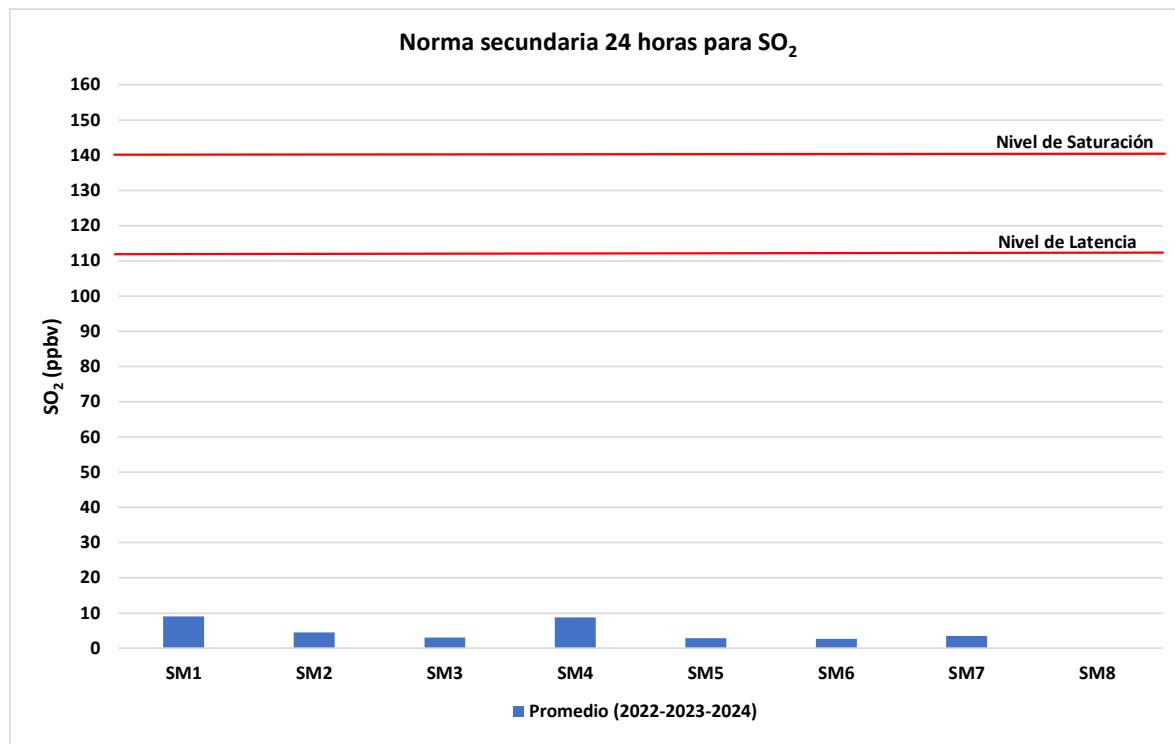


Gráfico 9 Norma secundaria 24 horas para SO₂, promedio período 2022 al 2024

Por otra parte, el Gráfico 10 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.

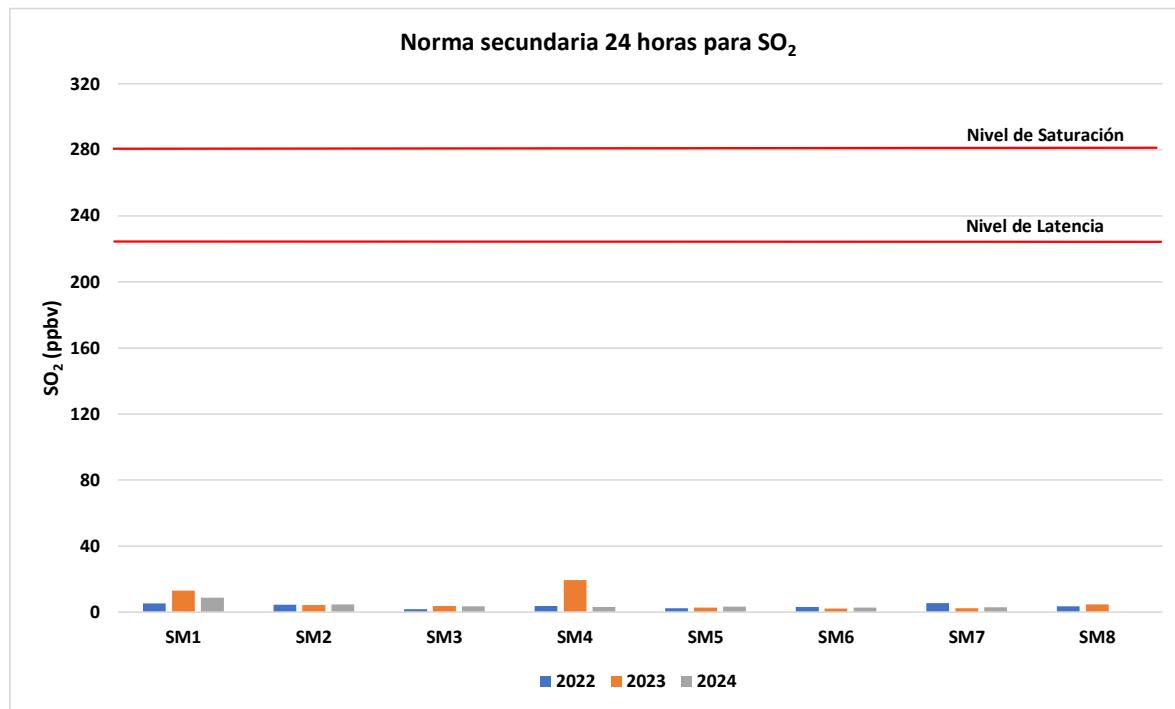


Gráfico 10 Norma secundaria 24 horas para SO₂, período 2022 al 2024



6.4.3. Evaluación de la norma secundaria anual para SO₂

El periodo de evaluación de la norma secundaria de calidad del aire de SO₂ como concentración anual, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. 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 monitora 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 monitora clasificada como EMRRN fuere mayor o igual a 62 ppbv.

En la Tabla 21, se muestran los valores obtenidos del análisis de las concentraciones anuales del periodo como promedio de tres años, 2022 al 2024, 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 21 Evaluación de la norma secundaria anual para SO₂ durante el período 2022 al 2024

Estación	Concentración Anual 2022 (ppbv)	% de la Norma Anual 2022 (62 ppbv)	Concentración Anual 2023 (ppbv)	% de la Norma Anual 2023 (62 ppbv)	Concentración Anual 2024 (ppbv)	% de la Norma Anual 2024 (62 ppbv)	Promedio Trianual (2022-2023-2024) (ppbv)	% de la Norma Anual (31 ppbv)
SM-1	2,19	3,5	2,30	3,71	2,76	4,4	2,42	7,8
SM-2	2,57	4,1	2,77	4,46	3,51	5,7	2,95	9,5
SM-3	2,63	4,2	2,40	3,87	2,43	3,93	2,49	8,0
SM-4	1,74	2,8	2,60	4,19	2,88	4,6	2,41	7,8
SM-5	1,65	2,7	1,70	2,74	2,41	3,9	1,92	6,2
SM-6	2,14	3,5	1,88	3,03	2,09	3,4	2,04	6,6
SM-7	---	---	1,57	2,54	2,15	3,5	---	---
SM-8	2,46	4,0	2,07	3,34	---	---	---	---

El Gráfico 11 muestra las concentraciones como promedio trianual para el periodo analizado.



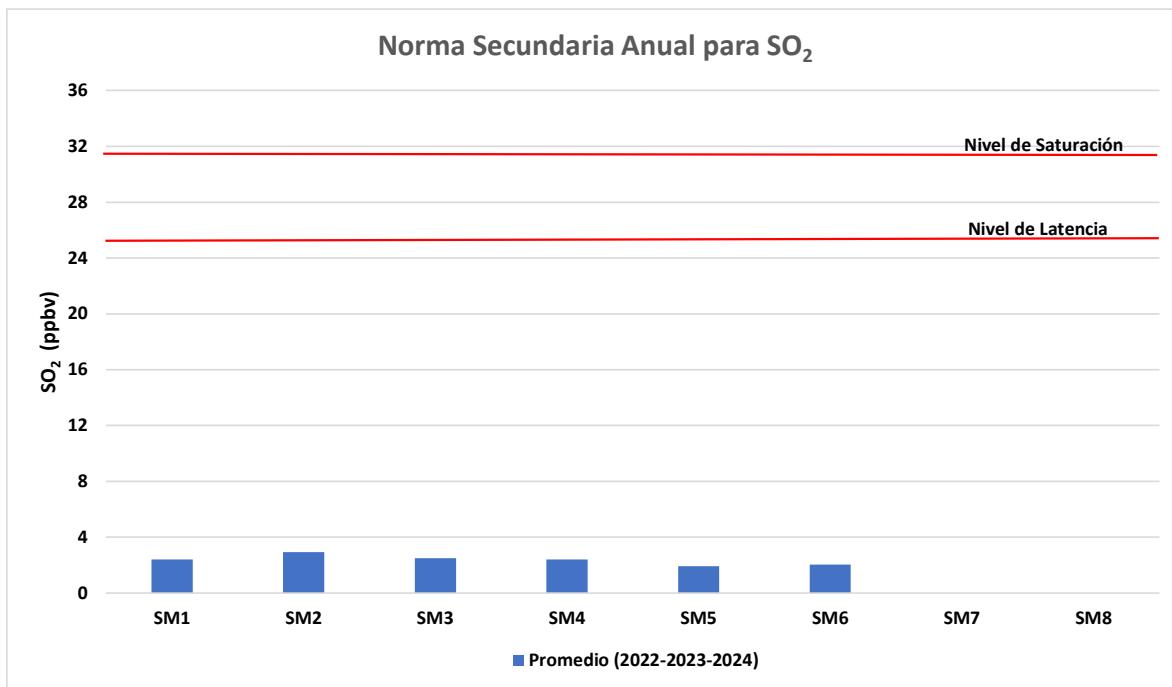


Gráfico 11 Norma secundaria anual para SO₂, promedio trianual período 2022 al 2024

Por otra parte, el Gráfico 12 presenta las concentraciones anuales para cada uno de los años de periodo analizado.

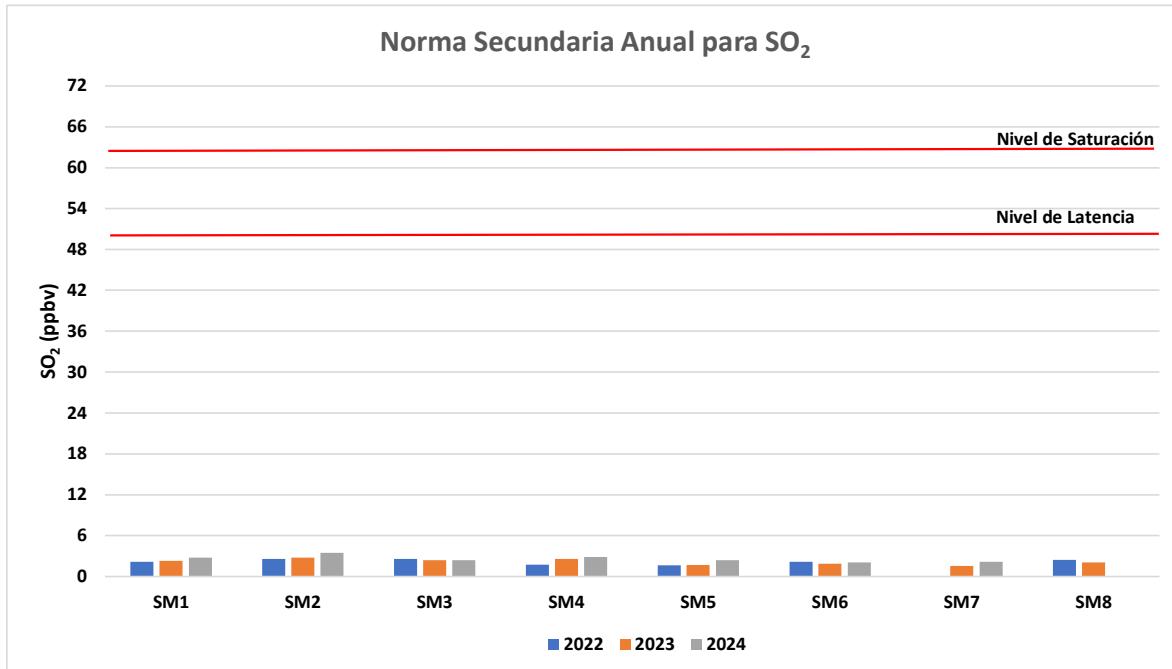


Gráfico 12 Norma secundaria anual para SO₂, período 2022 al 2024



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 la norma secundaria de calidad del aire de MPS como tasa de sedimentación mensual, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24, se presenta un resumen por año de las tasa de sedimentación 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 tasa de sedimentación media aritmética mensual.

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 tasa de sedimentación 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 Tasa de sedimentación mensual para MPS para el periodo del 2022

Mes	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	Tasa de Sedimentación Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación 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

Por su parte, 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 tasa de sedimentación 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 Tasa de sedimentación mensual para MPS para el periodo del 2023

Mes	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	Tasa de Sedimentación Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación 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

Finalmente, en la Tabla 24, se observa que para el año 2024 en la mayoría de los meses la norma mensual de MPS no fue superada, a excepción de los meses de agosto a diciembre en estación 2, en las cuales se superó la norma de 150 mg/m²día, siendo la tasa de sedimentación más alta observada en la estación 2 en el mes de septiembre con 179,9 mg/m²día, equivalente a 120% de la norma mensual.

Tabla 24 Tasa de sedimentación mensual para MPS para el periodo del 2024

Mes	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	Tasa de Sedimentación Mensual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Mensual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 150 (mg/m ² día)
ENE	65	43	172,5	115	78,3	52	91,6	61	74,5	50	55,8	37
FEB	53,2	35	110,1	73	65,5	44	67,9	45	76,7	51	56,7	38
MAR	46,8	31	65,1	43	47,2	31	87,3	58	113,4	76	40,2	27
ABR	32,3	22	80,5	54	32,2	21	64,6	43	50	33	26,4	18
MAY	48,3	32	61,8	41	41,4	28	77,5	52	55,6	37	27,3	18
JUN			40,5	27	51,4	34	60	40	62,4	42	45	30
JUL	56	37	59,5	40	42,1	28	67	45	47,4	32	33,7	22
AGO	68	45	176,8	118	41,1	27	48,3	32	68,9	46	40,1	27
SEP	57	38	179,9	120	52,3	35	54,4	36	73,6	49	51,1	34
OCT	48,2	32	150,7	100	53,1	35	63,2	42	80,8	54	62,8	42
NOV	68,1	45	174,2	116	80,4	54	79	53	95,6	64	67,7	45
DIC	89,15	59	173,18	115	72,41	48	107,95	72	94,65	63	83,21	55



A continuación, en los Gráfico 13 Gráfico 13, Gráfico 14 y Gráfico 15 se observa la distribución a nivel mensual de las concentraciones de MPS en las estaciones de la Red de monitoreo.

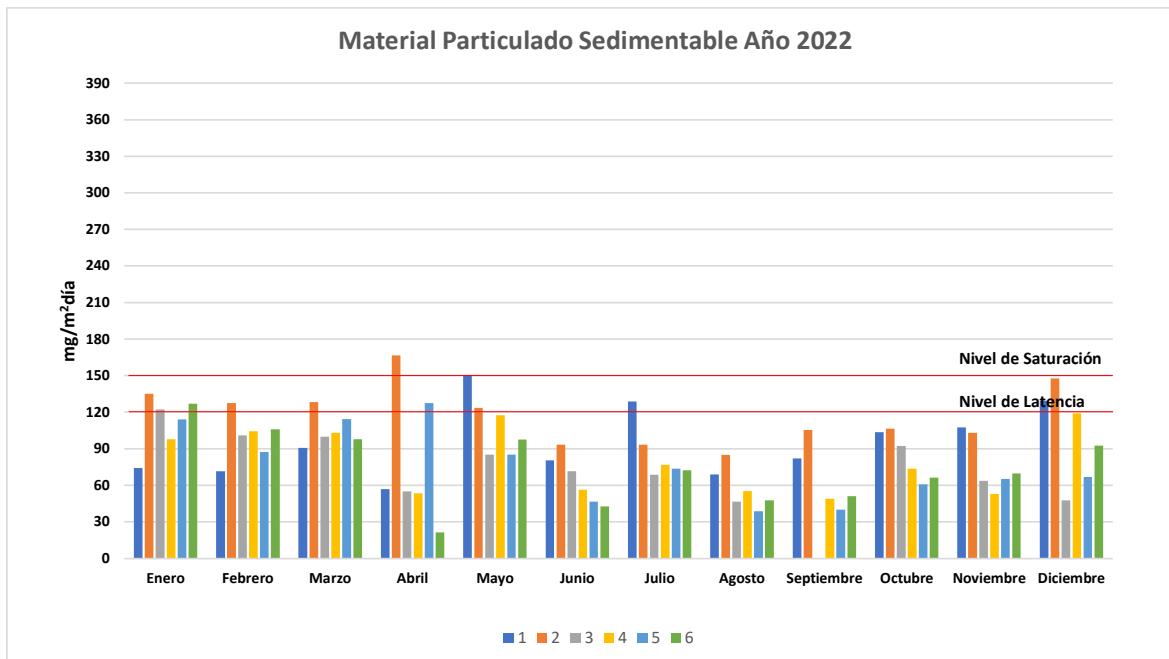


Gráfico 13 Tasa de sedimentación mensual de MPS para el año 2022

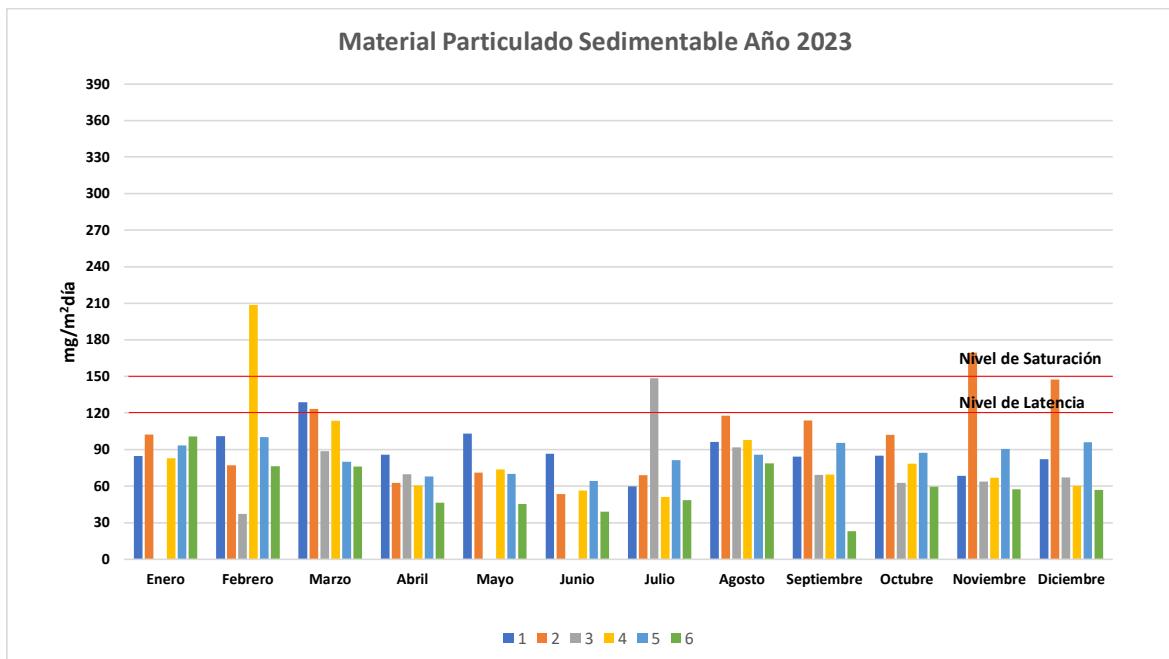


Gráfico 14 Tasa de sedimentación mensual de MPS para el año 2023



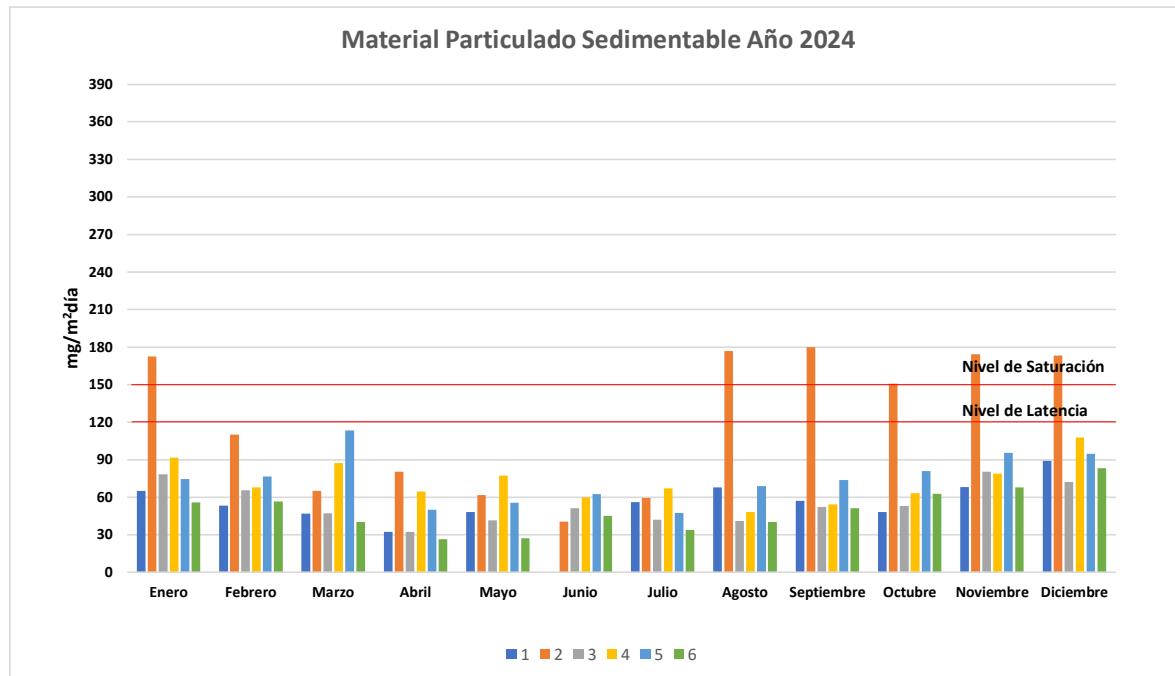


Gráfico 15 Tasa de sedimentación mensual de MPS para el año 2024



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

El periodo de evaluación de la norma secundaria de calidad del aire de MPS como concentración anual, corresponde al comprendido entre el día 1º de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 25 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 25 , se observa que la norma anual por MPS fue superada en los años 2022, 2023 y 2024 en la estación 2. En el año 2022 se observa que la norma anual por MPS fue superada en la estación 2 con una concentración de 118,0 mg/m²día, en el año 2023 también se observa superación a la norma anual en la estación 2, con una concentración de 100,8 mg/m²día. Por último, en el año 2024 se superó la norma anual en la estación 2 con una concentración de 120,4 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 25 Tasa de sedimentación anual de MPS para el periodo del 2022 al 2024

Estación	Tasa de Sedimentación Anual 2022 (mg/m ² día)	% de la Norma Anual 2022 100 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Anual 2023 (mg/m ² día)	% de la Norma Anual 2023 100 (mg/m ² día)	Tasa de Sedimentación Anual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Anual 2024 100 (mg/m ² día)
1	95,3	95,3	88,8	88,8	57,5	57,5
2	118,0	118,0	100,8	100,8	120,4	120,4
3	---	---	---	---	54,8	54,8
4	80,0	80,0	85,0	85,0	72,4	72,4
5	76,7	76,7	84,3	84,3	74,5	74,5
6	74,3	74,3	59,0	59,0	49,2	49,2

El Gráfico 16, muestra la tasa de sedimentación de las medias aritméticas de MPS para los años 2022, 2023 y 2024.



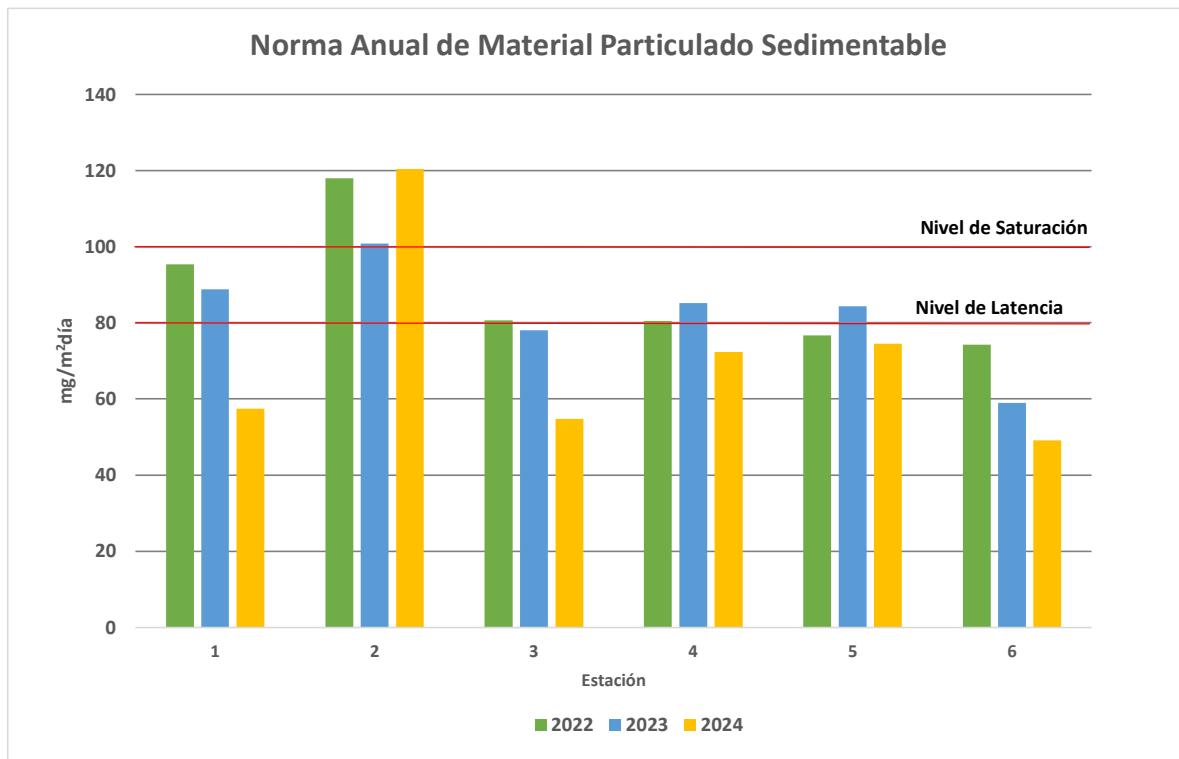


Gráfico 16 Tasa de sedimentación anual de MPS para los años 2022, 2023 y 2024.



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

El periodo de evaluación 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 2022 y el día 31 de diciembre de 2024.

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 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/m³día. 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 fue superada en la estación 4 con una concentración de 44,6 mg/m³día (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/m³día (82%), y la estación 3, con una concentración de 24,9 mg/m³día (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 ³ día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ³ 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 ³ día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ³ día)	Concentración Mensual 2022 (mg/m ³ día)	% de la Norma Mensual 30 (mg/m ³ 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.

En la Tabla 28, se calcularon las concentraciones mensuales de Hierro en MPS para el año 2024, 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 tampoco se observa superación al 80% 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 en ninguna de las estaciones en estudio y tampoco se superó el 80% de la norma a nivel mensual en el periodo indicado.



Tabla 28 Concentración mensual para Hierro en MPS para el periodo del 2024

Mes	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	Concentración Mensual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)	Concentración Mensual 2024 (mg/m ² día)	% de la Norma Mensual 60 (mg/m ² día)
ENE	3,4	5,7	3,9	6,5	4	6,7	4	6,7	3,8	6,3	3,6	6,0
FEB	7,4	12,3	8,3	13,8	11	18,3	7,6	12,7	7,7	12,8	8,9	14,8
MAR	2,6	4,3	2,5	4,2	2,7	4,5	3,3	5,5	5,8	9,7	5	8,3
ABR	1,3	2,2	1,9	3,2	1,3	2,2	1,9	3,2	1,8	3,0	1,6	2,7
MAY	2,9	4,8	2,4	4,0	2,4	4,0	2,6	4,3	2	3,3	1,3	2,2
JUN	--	--	1,5	2,5	1,6	2,7	2,1	3,5	1,6	2,7	1,5	2,5
JUL	3,5	5,8	3,3	5,5	3,3	5,5	3,4	5,7	2,9	4,8	2,9	4,8
AGO	2,7	4,5	3,3	5,5	2	3,3	2,2	3,7	2,5	4,2	1,5	2,5
DIC ²	5,6	18,8	5,4	18,2	4,0	13,4	7,1	23,8	5,2	17,4	5,3	17,6
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	2,7	4,5	3,7	6,2	2,8	4,7	2,6	4,3	3,1	5,2	2,7	4,5
OCT	2	3,3	3,1	5,2	2,1	3,5	1,6	2,7	2,8	4,7	2,4	4,0
NOV	2,8	4,7	2,8	4,7	3,3	5,5	2,7	4,5	3,1	5,2	3	5,0
DIC ¹	4,3	14,2	4,3	14,3	4,7	15,7	3,7	12,4	3,9	12,8	4,9	16,2

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 la norma secundaria de calidad del aire de Hierro en MPS como concentración anual, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024.

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/m³día de Hierro, como concentración media aritmética anual.

De la Tabla 29, 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 2022, 2023 y 2024. Cabe señalar que, la concentración más alta durante el año 2024 se observa en la estación 12 y estación 5 con 3,5 mg/m³día, equivalente al 12% 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 29 Concentración anual para Hierro en MPS para el periodo del 2022 al 2024

Estación	Concentración Anual 2022 (mg/m ³ día)	% de la Norma Anual 2022 30 (mg/m ³ día)	Concentración Anual 2023 (mg/m ³ día)	% de la Norma Anual 2023 30 (mg/m ³ día)	Concentración Anual 2024 (mg/m ³ día)	% de la Norma Anual 2024 30 (mg/m ³ día)
1	14,8	49	17,5	58	3,3	11
2	12,7	42	11,7	39	3,5	12
3	---	---	---	---	3,4	11,4
4	15,2	51	11,9	40	3,3	11
5	12,7	42	11,2	37	3,5	12
6	14,1	47	8,9	30	3,3	11

Complementariamente, en el Gráfico 17 se observan las medias aritméticas de Hierro a nivel anual.



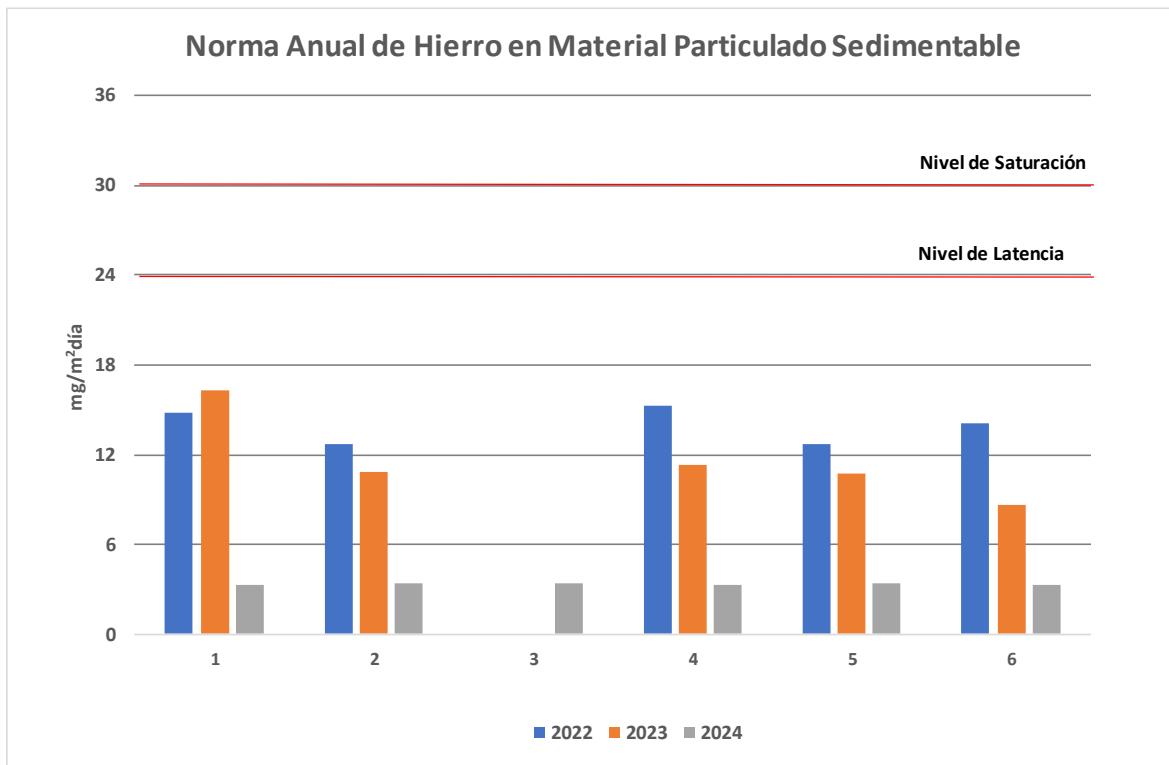


Gráfico 17 Concentración anual de MPS para los años 2022, 2023 y 2024

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 1º de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 30, 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 2022, 2023 y 2024, de las estaciones de monitoreo de la Red.

De acuerdo con el límite establecido en el D.S. N° 12/2011 del MMA, se considerará sobrepasada la norma para MP2,5 cuando el percentil 98 de los promedios diarios registrados durante un año, sea mayor a 50 µg/m³, en cualquier estación monitora calificada como EMRPMP2,5.

Tabla 30 Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP2,5 para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Percentil 98 Año 2022 (µg/m ³)	% de la Norma 24 horas 2022 50 (µg/m ³)	Percentil 98 Año 2023 (µg/m ³)	% de la Norma 24 horas 2023 50 (µg/m ³)	Percentil 98 Año 2024 (µg/m ³)	% de la Norma 24 horas 2024 50 (µg/m ³)
Huasco (Sivica)	14	28	18	36	14	28



De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas para los años 2022, 2023 y 2024, 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: 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2022, 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2023 y 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2024, equivalente al 28% y 36% y 28% del límite de la norma.

El Gráfico 18 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP2,5, por estación, para los años 2022, 2023 y 2024.

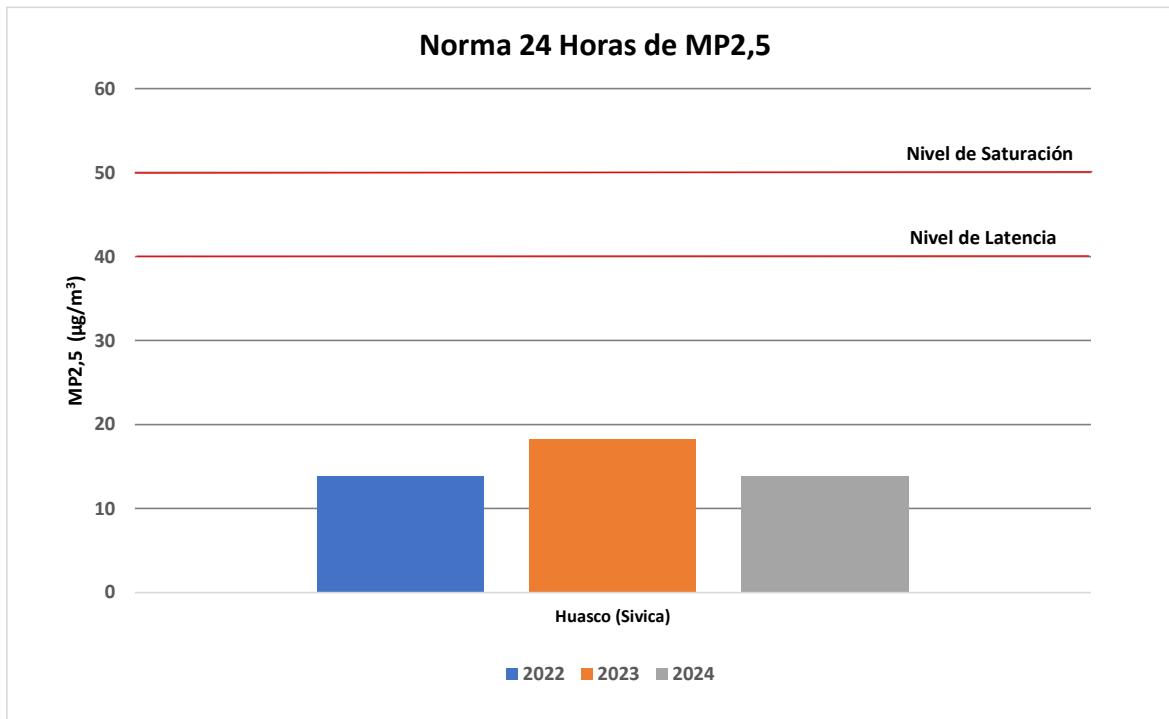


Gráfico 18 Norma 24 horas para MP2,5 por año

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 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 31, se presenta un resumen de los valores obtenidos, a través del cálculo del promedio aritmético de las concentraciones de los años 2022, 2023 y 2024, 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 31 Concentración promedio trianual y porcentaje de la norma anual MP2,5

Estación	Promedio Anual 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Anual 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Trianual (2022-2023-2024) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma Anual 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Huasco (Sivica)	7	7	6	7	35

El promedio trianual (2022, 2023 y 2024), expresado en porcentaje muestra que la estación Huasco (Sivica) 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 $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente al 35% del límite de la norma.

Complementariamente, en el Gráfico 19, se puede observar el promedio trianual de tres años calendario consecutivo, para el período comprendido entre el día 1º de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024.

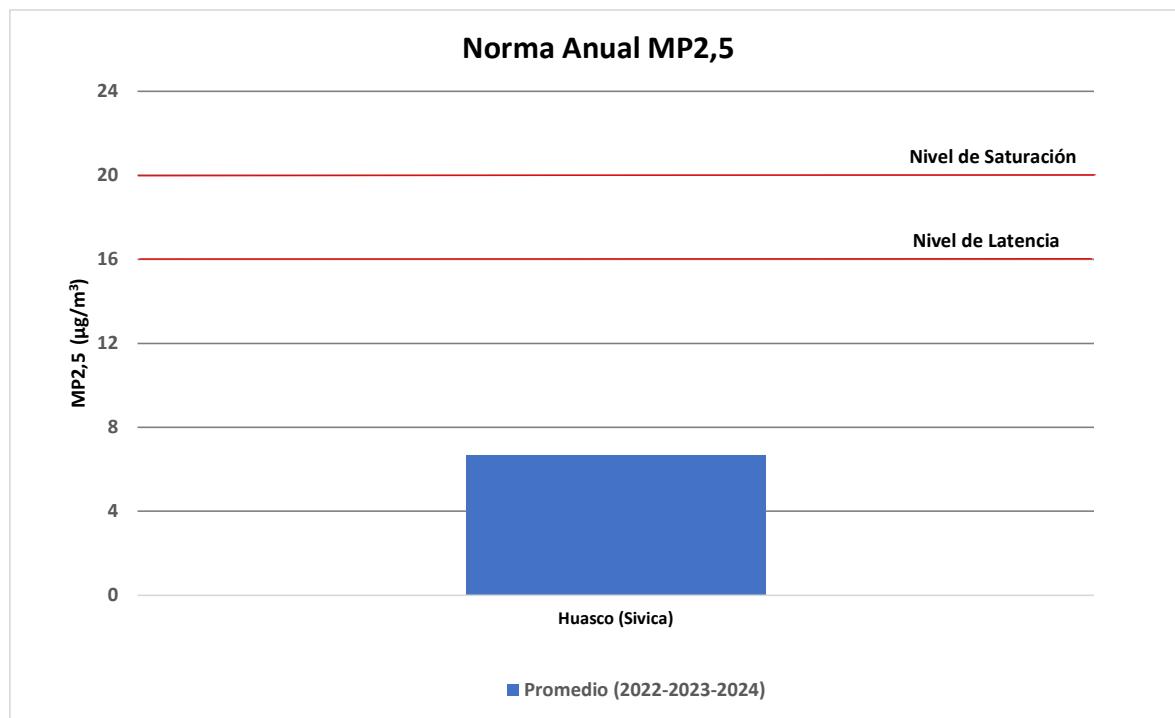


Gráfico 19 Norma Anual para MP2,5, Promedio tres años (2022 al 2024)



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 2022 y el 31 de diciembre de 2024, 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 2022 y 2023 se utilizaron los datos auditados por esta Superintendencia y publicados en los informes de fiscalización DFZ-2023-2239-III-NC y DFZ-2024-24-III-NC.

Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, que fija como límite un valor de 130 µg/m³N, mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 se determinó que la norma no fue superada y tampoco el 80% del límite de la norma. Las concentraciones obtenidas en el año 2022 mediante el cálculo del percentil 98 en las estaciones EME-F, EME-M y Huasco II, presentaron concentraciones de 62 µg/m³N, 61 µg/m³N y 53 µg/m³N, respectivamente. Para el año 2023 las concentraciones obtenidas fueron de: 102 µg/m³N en la estación Huasco II, 69 µg/m³N en la estación EME-F y 60 µg/m³N en la estación EME-M y, equivalente al 78%, 53% y 46%, respecto del límite de la norma de 24 horas. Finalmente, en el año 2024 se determinaron las concentraciones de: 51 µg/m³N en la estación EME-M, 50 µg/m³N en la estación EME-F y 47 µg/m³N en la estación Huasco II, equivalente al 39%, 38,5% y 36%, 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 2022 y 2024, y las concentraciones determinadas mediante el promedio de tres años en las estaciones EME-M, EME-F y Huasco II, correspondieron a 31 µg/m³N, 30 µg/m³N y 27 µg/m³N, equivalentes al 62%, 60% y 54%, respecto del límite de la norma anual.

Norma primaria de calidad del aire para NO₂

La evaluación de la norma de 1 hora para NO₂, que fija un límite de 106 ppbv (200 µg/m³N), el análisis de la información de las dos estaciones con representatividad para este contaminante, EME-F y EME-M, para el periodo entre el año 2022 y 2024. Mediante el cálculo del promedio del percentil 99 de las concentraciones de 1 hora de tres años consecutivos, se concluyó que con la información disponible en ambas estaciones, solo es posible evaluar la norma de 1 hora en la estación EME-F, y



el valor promedio de 3 años obtenido corresponde a 28,38 ppbv, equivalente a 27% respecto del límite de la norma de 1 hora.

En el caso de la evaluación de la norma de 24 horas, que fija un límite de 53 ppbv (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), el análisis de la información de las dos estaciones con representatividad para este contaminante, EME-F y EME-M, para el periodo entre el año 2022 y 2024. Mediante el cálculo del promedio del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas de tres años consecutivos, se concluyó que con la información disponible en ambas estaciones, solo es posible evaluar la norma de 24 horas en la estación EME-F, y el valor promedio de 3 años obtenido corresponde a 14,64 ppbv, equivalente a 28% respecto del límite de la norma de 24 horas.

Para el caso de la norma NO_2 a nivel anual, que establece como límite 21 ppbv (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), el análisis de la información de las dos estaciones con representatividad para este contaminante, EME-F y EME-M, para el periodo entre el año 2022 y 2024. Mediante el cálculo del promedio anual de tres años consecutivos, se concluyó que con la información disponible en ambas estaciones, solo es posible evaluar la norma anual en la estación EME-F, y el valor promedio de 3 años obtenido corresponde a 8,39 ppbv, equivalente a 40% respecto del límite de la norma anual.

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 (2023-2024) 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 2022, 2023 y 2024, concluye que en las 7 estaciones evaluadas la norma horaria 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 7 estaciones de la red que pudieron ser evaluadas muestra que el promedio trianual de los percentiles 99,7 para el periodo entre el 2022 y 2024, 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 6 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 y en la estación SM8 no fue posible evaluar la norma anual debido que presentó un porcentaje de datos validos de 68%, inferior al 75%. 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, 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 tasa de sedimentación más alta observada en la estación 2 en el mes de abril con 166,6 mg/m²día, equivalente a 111% de la norma mensual.

Por otra parte, para el año 2023 la evaluación de la norma mensual de MPS en las 6 estaciones de la red, se observa 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 tasa de sedimentación más alta observada en la estación 2 en el mes de febrero con 208,6 mg/m²día, equivalente a 139% de la norma mensual.

Finalmente, para el año 2024 se observó que en la mayoría de los meses la norma mensual de MPS no fue superada, a excepción de enero y de los meses de agosto a diciembre en estación 2, en las cuales se superó la norma de 150 mg/m²día, siendo la tasa de sedimentación más alta observada en la estación 2 en el mes de septiembre con 179,9 mg/m²día, equivalente a 120% 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 2022, 2023 y 2024 en la estación 2. En el año 2022 se observa que la norma anual por MPS fue superada en la estación 2 con una concentración de 118,0 mg/m²día, en el año 2023 también se observa superación a la norma anual en la estación 2, con una concentración de 100,8 mg/m²día. Por último, en el año 2024 se superó la norma anual en la estación 2 con una concentración de 120,4 mg/m²día. Señalar que para la estación 3, no 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 2022 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%).

Por otra parte, para el año 2023, 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 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.

Finalmente, para el año 2024 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 tampoco se observa superación al 80% 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 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 2022, 2023 y 2024. Cabe señalar que, la concentración más alta durante el año 2024 se observa en la estación 12 y estación 5 con 3,5 mg/m²día, equivalente al 12% 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.

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 2022, 2023 y 2024, y tampoco el 80% del límite de la norma. Señalar que, las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98 correspondieron a: 14 µg/m³en el año 2022, 18 µg/m³ en el año 2023 y 14 µg/m³en el año 2024, equivalente al 28% y 36% y 28% 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 2022 y el año 2024, 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 7 µg/m³, equivalente al 35% del límite de la norma.



8. ANEXOS

Nº Anexo	Nombre Anexo
1	Resoluciones EMRP, EMRPG y EMRRN
2	Datos de calidad del aire para el año 2024.

