



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

**INFORME TÉCNICO
CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE POR
MP2,5, MP10, O₃, SO₂, NO₂ Y CO**

**RED MACAM-3
REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO**

SECCIÓN CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES ATMOSFÉRICAS

DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN

DFZ-2025-346-XIII-NC

NOVIEMBRE 2025

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



CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO	3
2. INTRODUCCIÓN	7
3. OBJETIVOS.....	8
4. ALCANCE	8
5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS	9
5.1. ESTACIONES DECLARADAS COMO EMRP-MP2,5, EMRP-MP10 Y EMRPG	10
5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS EN RED MACAM-3	11
5.3. AUDITORÍA DE DATOS	13
6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS NORMAS	22
6.1. EVALUACIÓN DE LA NORMA PARA MP2,5.....	22
6.1.1. <i>Evaluación de la norma 24 horas MP2,5</i>	22
6.1.2. <i>Evaluación de la norma anual para MP2,5</i>	24
6.2. EVALUACIÓN DE LA NORMA PARA MP10.....	26
6.2.1. <i>Evaluación de la norma 24 horas MP10</i>	26
6.2.2. <i>Evaluación de la norma anual para MP10</i>	29
6.3. EVALUACIÓN DE LA NORMA PRIMARIA SO ₂	31
6.3.1. <i>Evaluación de la norma primaria horaria de SO₂</i>	31
6.3.2. <i>Evaluación de la norma primaria 24 horas de SO₂</i>	34
6.3.3. <i>Evaluación de la norma primaria anual de SO₂</i>	36
6.4. EVALUACIÓN DE LA NORMA PRIMARIA O ₃	38
6.4.1. <i>Evaluación de la norma 8 horas O₃</i>	38
6.5. EVALUACIÓN DE LA NORMA CO	39
6.5.1. <i>Evaluación de la norma 1 hora CO</i>	39
6.5.2. <i>Evaluación de la norma 8 horas CO</i>	41
6.6. EVALUACIÓN DE LA NORMA NO ₂	42
6.6.1. <i>Evaluación de la norma 1 hora NO₂</i>	42
6.6.2. <i>Evaluación de la norma de 24 horas para NO₂</i>	44
6.6.3. <i>Evaluación de la norma anual NO₂</i>	45
7. CONCLUSIONES	47
8. ANEXOS	51



1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de las normas primarias de calidad del aire para material particulado fino respirable MP2,5 y material particulado respirable MP10, establecidas en el D.S. N° 12/2011 y el D.S. N° 12/2021, respectivamente, ambos del Ministerio del Medio Ambiente. Además, dentro del análisis de cumplimiento normativo se evaluaron las normas primarias para gases; SO₂, contenida en el D.S. N°104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente; para NO₂, contenida en el D.S. N° 40/2024 del Ministerio del Medio Ambiente; para CO, contenida en el D.S. N° 115/2002 y para O₃, contenida en el D.S. N° 112/2002, estas últimas del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. De acuerdo con lo establecido en la letra e) del artículo 16 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente, “fiscalizar las normas de calidad del aire y normas de emisión para cada región, incluida la Metropolitana”.

La actividad de fiscalización consideró la auditoría de los datos proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente, de las estaciones de la Red MACAM-3 declaradas como estaciones de monitoreo con representatividad poblacional para material particulado; MP2,5 y MP10; y representatividad poblacional para gases; SO₂, NO₂, O₃ y CO.

El análisis de datos de MP2,5, MP10, SO₂, NO₂, O₃ y CO se realizó con las mediciones del período comprendido entre el 1° de enero de 2022 al 31 de diciembre de 2024, período en el cual se utilizó en forma continua un instrumento de medición con aprobación EPA.

Para la auditoría de los datos de mediciones horarias y diarios se consideraron los criterios establecidos en cada una de las normas primarias y aquellos contenidos 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.

Norma de calidad del aire para MP2,5

El resultado del análisis de los datos de MP2,5 para el año 2024, concluyó que la norma de 24 horas que establece como límite 50 µg/m³, fue superada en siete (7) de las ocho (8) estaciones que contaban con disponibilidad de información, siendo la estación Cerro Navia (EMR) la que presentó la concentración más alta con 84 µg/m³, equivalente a un 168% respecto del límite, después le siguen las estaciones de Pudahuel (EMO) con 77 µg/m³, Cerrillos (EMP) con 72 µg/m³ y El Bosque (EMQ) con 71 µg/m³, correspondiente al 154%, 144% y 142% respecto del límite de la norma, en estación Quilicura (EMV) con 64 µg/m³ (128%), La Florida (EML) con 56 µg/m³ (112%) y Puente Alto (EMS) con 50 µg/m³ (100%). Por último, en la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de 45 µg/m³ (90%), concentración superior al 80% del límite de la norma de 24 horas.



Complementariamente, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que las estaciones que presentaron un número superior a 7 días con excedencias fueron: Cerro Navia (EMR) con 56 días, El Bosque (EMQ) con 45 días, Pudahuel (EMO) con 44 días, Cerrillos (EMP) con 39 días, Quilicura (EMV) con 26 días, La Florida (EML) con 18 días, y por último la estación Puente Alto (EMS) con 7 días.

En relación con la evaluación de la norma anual para MP2,5, mediante el cálculo del promedio tres años de las concentraciones, entre el año 2022 y 2024, se determinó que la norma fue superada en seis (6) de las ocho (8) estaciones evaluadas, presentando las siguientes concentraciones: El Bosque (EMQ) con 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (135%), Cerro Navia (EMR) y Pudahuel (EMO) con 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (130%), La Florida (EML) con 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (120%), Quilicura (EMV) con 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (115%) y Puente Alto (EMS) con 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (105%). En la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente al 90% del valor límite de la norma anual.

Norma de calidad del aire para MP10

El análisis de la norma de MP10 de 24 horas, que establece como límite 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, determinó que en cinco (5) estaciones con datos válidos, se superó la norma de 24 horas en el año 2024, determinándose las siguientes concentraciones: Cerro Navia (EMR) con 193 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (148%), Cerrillos (EMP) 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (123%), El Bosque (EMQ) y Pudahuel (EMO) con 155 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (119%), y Parque O'Higgins (EMN) con 149 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (115%). Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 que se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas en las estaciones de: Quilicura (EMV) con 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (96%), Puente Alto (EMS) con 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (93%) y La Florida (EML) con 123 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (95%) Talagante (EMT) con 115 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (88%).

En forma complementaria, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que de las diez (10) estaciones evaluadas, las estaciones que presentaron el mayor número de excedencias en el año 2024 fueron: Cerro Navia (EMR) con 44 días, Pudahuel (EMO) con 27 días, Cerrillos (EMP) con 22 días, El Bosque (EMQ) con 18 días y Parque O'Higgins (EMN) con 15 días.

A nivel de norma anual de MP10, se concluyó que esta fue superada en ocho (8) de las diez (10) estaciones que cumplían con los criterios establecidos en la norma para el periodo evaluado. Por otra parte, la evaluación determinó que las estaciones que presentaron superación a la norma anual en el año 2024 fueron: El Bosque (EMQ) con 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (144%), Cerro Navia (EMR) con 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (140%), Puente Alto (EMS) con 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (138%), Parque O'Higgins (EMN) con 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (136%), mientras que, Pudahuel (EMO) y La Florida (EML) se determinó una concentración de 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (128%), Quilicura (EMV) con 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (120%) y finalmente la estación La Condes (EMM) una concentración de 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (102%).



Norma primaria de calidad del aire para SO₂

Cabe señalar que, para el período analizado entre los años 2022 al 2024 para el contaminante SO₂, de las cuatro (4) estaciones que cuentan con la calificación EMRPG por SO₂, solo fue posible realizar el análisis de información en las estaciones de La Florida (EML) y El Bosque (EMQ), el resto de las estaciones no presentaron mediciones.

El análisis de la norma de 1 hora que establece un límite de 134 ppbv, mediante el cálculo del percentil 99, determinó que esta no fue superada en las dos (2) estaciones evaluadas y las concentraciones determinadas mediante el promedio de tres años del percentil 99 fueron de: 4,23 ppbv en La Florida (EML) y 4,76 ppbv en El Bosque (EMQ), equivalente al 3,2% y 3,6% respecto del límite de la norma horaria.

El resultado del análisis de la norma de 24 horas para SO₂ que establece como límite 57 ppbv, a través del cálculo del promedio de tres años del percentil 99, concluyó que la norma 24 horas no fue superada en las estaciones evaluadas, La Florida (EML) y El Bosque (EMQ), y los valores determinados fueron de: 3,47 ppbv en La Florida (EML) y 3,57 ppbv en El Bosque (EMQ), equivalente al 6,1% y 6,3% respecto del límite de la norma de 24 horas.

Respecto de la norma anual para SO₂ que establece como límite 23 ppbv, se concluyó que de las dos (2) estaciones que miden el contaminante no superaron la norma anual, y los valores determinados como promedio tres años correspondieron a: 2,20 ppbv en estación de La Florida (EML) y 2,01 ppbv en estación El Bosque (EMQ), correspondiente al 9,6% y 8,8% respecto del límite de la norma anual.

Norma primaria de calidad del aire para O₃

Para el contaminante O₃ se evaluó la norma de 8 horas mediante el cálculo del percentil 99, para el período entre el año 2022 al 2024. Del análisis realizado a las seis (6) estaciones calificadas como EMRPG, solo fue posible la evaluación de la norma de 8 horas en cinco (5) estaciones. La evaluación concluyó que la norma de 8 horas, que establece como límite 61 ppbv, fue superada en todas las estaciones, y los valores obtenidos correspondieron a: 79 ppbv (130%) en las Condes (EMM), 74 ppbv (121%) en La Florida (EML), 65 ppbv (107%) en Parque O'Higgins (EMN), 64 ppbv (105%) en Pudahuel (EMO) y 62 ppbv (102%) en El Bosque (EMQ).

Norma primaria de calidad del aire para CO

De acuerdo con el análisis efectuado para la norma de 1 hora de CO que establece como límite 26 ppmv, para el período 2022 al 2024, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las cinco (5) estaciones evaluadas de la Red MACAM-3 y tampoco fue superado el 80% de la norma. Por otra parte, hay que indicar que la concentración más alta se presentó en la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de 6,38 ppmv, correspondiente al 25% del límite de la norma de 1 hora.



En la evaluación del cumplimiento de la norma de 8 horas de CO que establece como límite 9 ppmv, mediante el promedio de tres años (2022 al 2024) del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red MACAM- 3, encontrándose todas por debajo del 80% del límite normativo. Cabe señalar que, la concentración más alta se observó en Pudahuel (EMO) con 4,61 ppmv, correspondiente al 51% del límite de la norma de 8 horas.

Norma primaria de calidad del aire para NO₂

La evaluación de la norma de 1 hora por NO₂ que establece como límite 200 µg/m³N, mediante el cálculo del promedio del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora de tres años calendarios, entre los años 2022 y 2024, concluyó que la norma no fue superada y solo se superó el 80% de la norma de 1 hora. Cabe destacar que, del análisis realizado se determinó que la norma de 1 hora superó el 80% en una (1) de las dos (2) estaciones en estudio, determinándose una concentración de 170 µg/m³N en estación Las Condes (EMM), correspondiente al 85% respecto del límite de la norma de 1 hora.

Respecto de la evaluación de la norma de NO₂ a nivel 24 horas y que establece como límite 100 µg/m³N, concluyó que la norma no fue superada en las estaciones Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO). Hay que señalar que, se determinó el valor de la norma 24 horas para NO₂, mediante el cálculo del promedio tres años del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas, se determinó que las dos (2) estaciones evaluadas superaron el 80% de la norma, y las concentraciones correspondieron a: 89 µg/m³N en estación Las Condes (EMM) y 95 µg/m³N en Pudahuel (EMO), equivalentes al 89% y al 95% respecto del límite de la norma de 24 horas.

En relación con la evaluación de la norma de NO₂ a nivel anual y que establece como límite 40 µg/m³N, se determinó que la norma anual fue superada en una (1) de las dos (2) estaciones en estudio, y la otra estación superó el 80% del límite de la norma anual. Cabe señalar que, las concentraciones obtenidas correspondieron a: 40 µg/m³N en estación Las Condes (EMM) y 38 µg/m³N en estación Pudahuel (EMO), correspondiente al 100% y 95% respecto del límite la norma anual.



2. INTRODUCCIÓN

La declaración de Zona Saturada a la Región Metropolitana de Santiago, se efectuó el 12 de junio de 1996, mediante el D.S. N° 131/1996 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. En él se estableció zona saturada por material particulado respirable, partículas en suspensión, ozono y monóxido de carbono; y zona latente por dióxido de nitrógeno. El año 1998, el D.S. N° 16/1998, oficializa el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA), que contiene las metas de calidad del aire y las medidas orientadas al control de las principales fuentes contaminantes identificadas en la región. Posteriormente el Plan fue reformulado en tres oportunidades a través del D.S. N° 59/2003, D.S N° 66/2009 y del D.S. N° 31/2017, este último actualmente vigente.

El 18 de enero de 2011 el Ministerio del Medio Ambiente estableció la norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP2,5, D.S. N° 12/2011 del MMA, con entrada en vigencia a partir del 1° de enero de 2012. En ella se establecen los límites de calidad primaria para MP2,5, con un máximo de 20 µg/m³ como concentración anual y 50 µg/m³ como concentración de 24 horas.

En el año 2013 la Superintendencia del Medio Ambiente realizó una fiscalización ambiental a la Red Automática de Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos, Red MACAM-3, con el objeto de evaluar la representatividad poblacional para MP2,5. Producto de esta fiscalización en el año 2014, se calificaron como EMRP (estaciones de monitoreo con representatividad poblacional) por MP2,5, un total de 7 estaciones de monitoreo.

En el año 2014, se evaluaron los datos de material particulado fino MP2,5 proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente. La información evaluada correspondió a las estaciones de la Red MACAM-3 declaradas como EMRP por MP2,5, para el período comprendido entre el 1 de enero y 31 de mayo de 2014, de esta evaluación anticipada de la norma se generó el informe DFZ-2014-371-XIII-NC-El, el que constató el estado de cumplimiento de la norma por 24 horas.

Estos antecedentes permitieron al Ministerio del Medio Ambiente, declarar como zona saturada por material particulado fino respirable MP2,5, como concentración de 24 horas, a la región Metropolitana, el 15 de noviembre de 2014. Posteriormente, el 24 de noviembre de 2017 se promulgo el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago, el que tiene por objetivo dar cumplimiento a las normas primarias de calidad ambiental de aire vigentes, asociadas a los contaminantes Material Particulado Respirable (MP10), Material Particulado Fino Respirable (MP2,5), Ozono (O₃) y Monóxido de Carbono (CO), en un plazo de 10 años.



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 los años 2022, 2023 y 2024, con el fin de obtener información válida que permita evaluar las normas de calidad del aire. Se debe señalar que los datos fueron proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente, mediante correo electrónico. Las estaciones informadas cuentan con declaración de representatividad poblacional (EMRP en adelante) por MP2,5, MP10 y representatividad poblacional de gases (EMRPG en adelante). El proceso de auditoría y análisis de los datos consideró la verificación del cumplimiento normativo de las normas primarias de calidad del aire de cada contaminante y la R.E. 1.449/2023 de la Superintendencia del Medio Ambiente.

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 MP2,5, MP10, SO₂, NO₂, O₃ y CO; en su nivel horario, diario y anual, según corresponda, para las estaciones que cuentan con representatividad poblacional para MP2,5, MP10 y de gases de la Red MACAM-3. Para lo anterior se determinará la validez de las mediciones realizadas por la Red MACAM-3, en base a una auditoría de los datos; para el período comprendido entre el 1° de enero al 31 de diciembre de 2024. Para los años 2022 y 2023 se utilizaron los datos validados por esta Superintendencia y publicados en los informes de fiscalización DFZ-2024-1788-XIII-NC y DFZ-2023-2618-XIII-NC.

4. ALCANCE

La evaluación se realizó en las estaciones que conforman la Red MACAM-3 y que cuenten con EMRP por material particulado y/o gases, según corresponda.

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



Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de MP10, y que cumplen con el requisito de estación declarada como EMRP para MP10 son: Independencia (EMF), La Florida (EML), Las Condes (EMM), Parque O'Higgins (EMN), Pudahuel (EMO), Cerrillos (EMP), El Bosque (EMQ), Cerro Navia (EMR), Puente Alto (EMS), Talagante (EMT) y Quilicura (EMV).

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de NO₂, y que cumplen con el requisito de estación declarada como EMRP para Gases son: Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO).

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de SO₂, CO y O₃, y que cumplen con el requisito de estación declarada como EMRP para Gases son: Las Condes (EMM), La Florida (EML), Pudahuel (EMO), El Bosque (EMQ), Independencia (EMF) y Parque O'Higgins (EMN).

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

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

Norma	Contaminante	Límite Concentración Horaria	Límite Concentración 24 horas	Límite Concentración Anual
D.S. N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente.	MP2,5	No aplica	50 µg/m ³	20 µg/m ³
D.S. N° 12/2021 del Ministerio del Medio Ambiente.	MP10	No aplica	130 µg/m ³ N	50 µg/m ³ N
D.S. N° 112/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República.	O ₃	61 ppbv (8 Horas)	-----	-----
D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente	SO ₂	134 ppbv	57 ppbv	23 ppbv
D.S. N° 40/2023 del Ministerio del Medio Ambiente	NO ₂	200 µg/m ³ N	100 µg/m ³ N	40 µg/m ³ N
D.S. N° 115/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República.	CO	26 ppmv (1 Hora) 9 ppmv (8 Horas)	-----	-----

5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

La información de las mediciones para MP2,5, MP10, SO₂, NO₂, O₃ y CO, se reportó a esta Superintendencia por parte del Ministerio del Medio Ambiente, mediante correo electrónico, incluyendo los datos crudos, datos validados y códigos de invalidación, en promedios horarios y en el formato establecido en la R.E. N°1.449/2023 de la SMA.



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

En la Tabla 2 se describen las estaciones de la Red MACAM-3 y sus respectivas resoluciones que las califican como estación de monitoreo con representatividad poblacional para material particulado (MP10 y MP2,5) y representatividad poblacional para gases.

Tabla 2 Estaciones declaradas como EMRP para MP10, MP2,5, SO₂, CO, O₃ y NO₂

Estación de Monitoreo	Resolución que otorga EMRP para MP2,5	Resolución que otorga EMRP para MP10	Resolución que otorga EMRPG para SO ₂ , CO y O ₃	Resolución que otorga EMRPG para NO ₂
Independencia (EMF)	Res. Exenta N° 83 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene
La Florida (EML)	Res. Exenta N° 82 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene
Las Condes (EMM)	Res. Exenta N° 84 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	Res. N° 121820 del 4 de enero de 2006 de MINSAL
Pudahuel (EMO)	Res. Exenta N° 88 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	Res. N° 121820 del 4 de enero de 2006 de MINSAL
El Bosque (EMQ)	Res. Exenta N° 87 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene
Puente Alto (EMS)	Res. Exenta N° 85 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 13454 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene	No Tiene
Quilicura (EMV)	Res. Exenta N° 439 del 18 de mayo de 2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. Exenta N° 245 del 18 de febrero de 2019, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	No Tiene	No Tiene
Parque O'Higgins (EMN)	No Tiene	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene
Cerrillos (EMP)	Res. Exenta N° 2324 del 29 de diciembre de 2022, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. Exenta N° 2325 del 29 de diciembre de 2022, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	No Tiene	No Tiene
Cerro Navia (EMR)	Res. Exenta N° 573 del 24 de junio de 2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente	Res. N° 66862 del 23 de noviembre de 2007 del MINSAL	No Tiene	No Tiene
Talagante (EMT)	No Tiene	Res. N° 13454 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene	No Tiene



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

Tabla 3 Estaciones de la Red MACAM-3 Georreferenciadas

Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (m) Datum WGS84, Huso 19 S	
Independencia (EMF)	346.488 E	6.300.681 N
La Florida (EML)	352.504 E	6.290.304 N
Las Condes (EMM)	358.305 E	6.305.906 N
Pudahuel (EMO)	337.311 E	6.298.809 N
El Bosque (EMQ)	345.313 E	6.286.825 N
Puente Alto (EMS)	352.049 E	6.282.013 N
Quilicura (EMV)	339.594 E	6.308.625 N
Parque O'Higgins (EMN)	345.673 E	6.296.019 N
Cerrillos (EMP)	342.746 E	6.292.645 N
Cerro Navia (EMR)	338.984 E	6.299.360 N
Talagante (EMT)	318.945 E	6.272.298 N

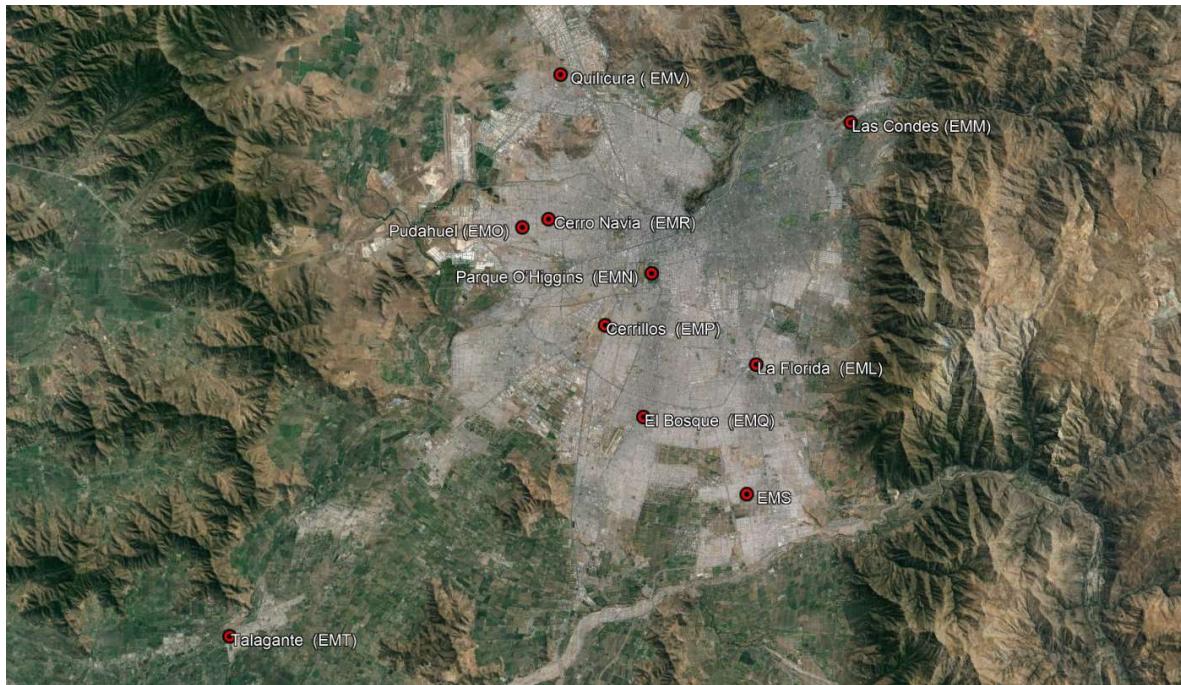


Figura 1 Ubicación de estaciones de calidad del aire de la Red MACAM-3.

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

De acuerdo con los antecedentes entregados por el Ministerio del Medio Ambiente para el periodo, los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo de MP10, MP2,5, O₃, NO₂, CO y SO₂ en



las estaciones evaluadas, cumplen con el requisito de emplear equipos con aprobación USEPA, establecido en las normas primarias. En la Tabla 4 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP10, MP2,5, O₃, NO₂, CO y SO₂ utilizados en las estaciones de calidad del aire analizadas.

Tabla 4 Listado de instrumentos y métodos de medición de los equipos de la Red MACAM-3 declaradas como EMRP por MP10, MP2,5, SO₂, CO, O₃ y NO₂

Estación de Monitoreo	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
La Florida (EML)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	SO ₂	Fluorescencia	Thermo 43i	EQSA-0486-060
	O ₃	Fotometría ultravioleta	Sabio 6030	EQOA-0415-222
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
Las Condes (EMM)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	O ₃	Fotometría ultravioleta	Sabio 6030	EQOA-0415-222
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
	NO ₂	Quimiluminiscencia	Thermo 42i	RFNA-1289-074
Pudahuel (EMO)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	O ₃	Fotometría ultravioleta	Sabio 6030	EQOA-0415-222
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
	NO ₂	Quimiluminiscencia	Thermo 42i	RFNA-1289-074
El Bosque (EMQ)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	SO ₂	Fluorescencia	Thermo 43i	EQSA-0486-060
	O ₃	Fotometría ultravioleta	Sabio 6030	EQOA-0415-222
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
Cerrillos (EMR)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
Puente Alto (EMS)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
Parque O'Higgins (EMN)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
	O ₃	Fotometría ultravioleta	Thermo 49i	EQOA-0880-047
Cerro Navia (EMR)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122



Estación de Monitoreo	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
Quilicura (EMV)	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
Talagante	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122

Cabe señalar que para las estaciones Parque O'Higgins (EMN), Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO), a pesar de contar con representatividad poblacional para el contaminante de SO₂, se constató que no se realizan mediciones de este contaminante a la fecha de elaboración de este informe. En relación con la estación Independencia (EMF) se encuentra desconectada desde mediados de 2021.

5.3. Auditoría de datos

Los datos validados por el MMA, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en cada una de las normas de calidad del aire primaria y de acuerdo a lo indicado en la R.E. N°1.449/2023 de la SMA. Además, se evaluó el comportamiento de los datos de manera anual, mediante gráficas de series de tiempo para cada una de las variables.

La auditoría de los datos consideró una revisión de los códigos de invalidación horarios reportados para los contaminantes MP10, MP2,5, SO₂, NO₂, CO y O₃ de cada estación. En la Tabla 5, se recopilan los porcentajes de datos inválidos por estación y contaminante para el año 2024, en la tabla se observa que el porcentaje de datos inválidos más alto se presentan en la estación La Florida (EML) con 10,3 % para el contaminante de SO₂ y Parque O'Higgins (EMN) con 13,3% para el contaminante de CO. Por otra parte, hay que señalar que la estación Independencia (EMF) calificada con representatividad poblacional para MP10, MP2,5, CO y O₃, no presenta mediciones (S/I) desde mediados del año 2021.

Por otro lado, cabe destacar que los datos correspondientes a los años 2022 y 2023 fueron auditados en los informes DFZ-2023-2618-XIII-NC y DFZ-2024-1788-XIII-NC, respectivamente.



Tabla 5 Porcentaje de datos horarios inválidos en el año 2024

Estación	MP10 (%)	MP2,5 (%)	SO ₂ (%)	CO (%)	O ₃ (%)	NO ₂ (%)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	
La Florida (EML)	0,3	2,7	10,3	3,9	1,5	
Las Condes (EMM)	1,6	5,7	S/I	5,9	4,4	3,6
Parque O'Higgins (EMN)	3,8		S/I	13,3	9,0	
Pudahuel (EMO)	3,6	7,9	S/I	8,1	8,0	4,1
Cerrillos (EMP)	3,3	2,2				
El Bosque (EMQ)	3,6	4,9	3,2	8,3	1,5	
Cerro Navia (EMR)	0,5	3,0				
Puente Alto (EMS)	0	1,6				
Talagante (EMT)	1,6					
Quilicura (EMV)	3,3	3,8				

S/I: estaciones sin mediciones del contaminante.

Se determinó estadísticamente la cantidad de datos disponible para el cálculo de los promedios diarios. La construcción de los promedios diarios (24 horas) se realizó en base a la disponibilidad de datos por día, considerando como mínimo el 75% de datos efectivamente medidos de acuerdo 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 horas, éstos se invalidaron de acuerdo con lo descrito en el decreto mencionado.

En la Tabla 6 se presentan el número de días válidos y el porcentaje de datos disponibles para el período 2022 al 2024, para los contaminantes MP10, MP2,5, SO₂, NO₂, O₃ y CO, según corresponda a cada estación. De la Tabla 6, se puede concluir que la mayoría de las estaciones que miden los contaminantes antes mencionados, presentan un porcentaje de datos válidos superior al 75% para el periodo, en el año 2022, se aprecia que la gran mayoría de las estaciones esta por sobre el 75% de datos válidos, a excepción de la estación Cerrillos (EMP) que inicio sus mediciones para material particulado MP10 y MP2,5 en abril y mayo respectivamente, por otra parte, en la estación Independencia (EMF) se encuentra apagada desde mediados del año 2022. Finalmente, para los años 2023 y 2024, en la tabla se observa un porcentaje de datos válidos superior al 75% en todas las estaciones.

Cabe señalar que, para el periodo analizado (2022 al 2024), se observa una disminución en el número de estaciones que monitorean el contaminante SO₂, las que corresponden a estaciones calificadas como EMRPG, de un número de seis (6) estaciones calificadas para medir SO₂ en la actualidad (2024) solo miden dos (2) estaciones (ver Tabla 6).



Tabla 6 Porcentaje de datos válidos para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	2022						2023						2024		
	MP10 % 24 hr	MP2,5 % 24 hr	SO ₂ % 1 hr	CO % 1 hr	O ₃ % 1 hr	NO ₂ % 1 hr	MP10 % 24 hr	MP2,5 % 24 hr	SO ₂ % 1 hr	CO % 1 hr	O ₃ % 1 hr	NO ₂ % 1 hr	MP10 % 24 hr	MP2,5 % 24 hr	SO ₂ % 1 hr
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I		S/I	S/I	S/I	S/I	S/I		99,7	97,3	S/I
La Florida (EML)	97	94	95	97	97		97	96	98	97	83		98,4	94,3	89,7
Las Condes (EMM)	96	96	S/I	92	93	96	97	95	S/I	95	97	94,5	96,2	94,5	S/I
Parque O'Higgins (EMN)	99		S/I	90	99		99,7		S/I	91	96		96,4		S/I
Pudahuel (EMO)	100	98	S/I	77	98	98	95,3	93	S/I	95	93	97,7	96,7	97,8	S/I
Cerrillos (EMP)	73 ¹	72 ²					98,6	97					96,4	95,1	
El Bosque (EMQ)	99	99	100	92	98		91	90	99,6	92	91		99,5	97,0	96,8
Cerro Navia (EMR)	100	98					96	94					100	98,4	
Puente Alto (EMS)	99	97					89	88					98,4	97,0	
Talagante (EMT)	98						96						96,7		
Quilicura (EMV)	99	98					99	97					99,7	97,3	

¹Estación Cerrillos: inicio de mediciones válidas de MP10 en nueva ubicación a partir del 6 de abril de 2022.

²Estación Cerrillos: inicio de mediciones válidas de MP2,5 en nueva ubicación a partir del 12 de abril de 2022.

S/I: estaciones sin mediciones del contaminante.



A continuación, en las siguientes tablas se resumen los porcentajes de datos válidos a nivel mensual para los años 2022, 2023 y 2024, para los diferentes parámetros en estudio. En la Tabla 7, se observa que para el contaminante MP10 la mayoría de las estaciones registra un porcentaje de datos válidos superior al 75% a nivel mensual. Respecto del año 2022, la estación Cerrillos (EMP) inició sus mediciones en el mes de abril de 2022 en una nueva ubicación. En el año 2023 solo se observan porcentajes de datos bajo el 75% en estación Pudahuel (EMO) con 74% en octubre, El Bosque (EMQ) con 20% en noviembre, Cerro Navia (EMR) con 58% en diciembre y la estación Puente Alto (EMS) con 71% en octubre y 0% en noviembre. Finalmente, en el año 2024 solo se observan porcentajes de datos bajo el 75% en estación Pudahuel (EMO) con 61% en agosto y la estación Parque O'Higgins (EMN) con 61% en agosto. Cabe señalar que, la estación Independencia (EMF) se encuentra desconectada desde mediados de julio de 2021 a la fecha.

Tabla 7 Porcentaje de datos válidos de MP10 por mes y estación para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2024	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2022	87	100	97	100	100	100	94	97	100	97	100	94
	2023	100	100	97	100	97	100	97	100	100	100	77	100
	2024	100	100	100	100	100	100	100	97	100	100	100	100
Las Condes (EMM)	2022	90	89	90	100	100	100	97	100	100	100	90	94
	2023	100	86	94	100	100	100	94	100	93	100	100	100
	2024	100	100	100	93	94	100	100	94	100	100	100	100
Parque O'Higgins (EMN)	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100
	2024	100	100	100	100	100	100	100	61	97	100	97	100
Pudahuel (EMO)	2022	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	97	100	100	97	97	74	93	87
	2024	100	100	100	97	100	100	100	61	100	100	100	100
Cerrillos (EMP)	2022	--	--	--	80	100	100	100	100	100	100	93	100
	2023	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90
	2024	100	100	100	77	100	93	100	90	100	100	100	100
El Bosque (EMQ)	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87
	2023	100	100	94	100	100	100	100	100	94	20	81	



Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	2024	87	90	100	100	100	100	100	100	100	81	100	100
Cerro Navia (EMR)	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100
	2023	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	93	58
	2024	100	100	100	100	100	100	100	94	100	100	100	100
Puente Alto (EMS)	2022	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100	94
	2023	100	100	97	100	100	100	100	97	100	71	0	100
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Talagante (EMT)	2022	100	93	100	100	97	100	100	90	100	100	100	100
	2023	100	100	100	97	100	100	100	100	100	81	97	84
	2024	100	100	97	100	87	100	100	97	100	100	100	100
Quilicura (EMV)	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87
	2023	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

En la Tabla 8, se observa que para el contaminante MP2,5 la mayoría de las estaciones presentó un porcentaje de datos válidos superior al 75% de los registros mensuales para el periodo 2022 al 2024. En relación con el año 2022 se observa que la estación Cerrillos (EMP) inició sus mediciones en abril de 2022 en una nueva ubicación y La Florida (EML) presentó 61% de datos validos en el mes de marzo. Por otra parte, en el año 2023 solo se observan porcentajes de datos validos bajo el 75% en estación Pudahuel (EMO) con 74% en marzo y octubre, Cerrillos (EMP) con 73% en abril, El Bosque (EMQ) con 20% en noviembre, Cerro Navia (EMR) con 61% en diciembre, y la estación Puente Alto (EMS) con 71% en octubre y 0% en noviembre. Finalmente, en el año 2024 solo se observan porcentajes de datos bajo el 75% en estación Pudahuel (EMO) con 61% en agosto y la estación La Florida (EML) con 74% en el mes de marzo. Cabe señalar que, la estación Independencia (EMF) se encuentra desconectada desde mediados de julio de 2021 a la fecha.

Tabla 8 Porcentaje de datos válidos de MP2,5 por estación para el año 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2024	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida	2022	90	100	61	100	100	100	94	97	100	94	100	94



Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(EML)	2023	100	100	77	100	97	100	97	100	100	100	77	100
	2024	100	97	74	100	100	100	100	97	100	100	100	100
Las Condes (EMM)	2022	100	89	81	100	100	100	97	100	100	100	90	94
	2023	100	86	77	100	100	97	84	100	93	100	100	100
	2024	100	100	87	93	84	77	97	94	100	100	100	100
Pudahuel (EMO)	2022	100	100	81	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	74	100	100	100	100	100	97	74	93	84
	2024	100	100	87	73	97	100	100	61	87	100	100	100
Cerrillos (EMP)	2022	-	-	-	63	100	100	100	100	100	100	93	100
	2023	94	100	100	73	100	100	100	100	100	100	100	94
	2024	100	100	100	83	100	100	100	90	100	100	100	100
El Bosque (EMQ)	2022	100	100	84	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	84	100	100	100	100	100	100	97	20	81
	2024	87	90	84	100	100	100	100	100	100	81	100	100
Cerro Navia (EMR)	2022	100	100	77	100	100	100	100	100	100	100	97	100
	2023	100	100	94	90	100	100	100	100	100	97	90	61
	2024	94	100	87	100	100	100	100	90	100	100	93	100
Puente Alto (EMS)	2022	100	100	77	100	100	100	100	94	100	100	100	94
	2023	100	100	84	100	100	100	100	97	100	71	0	100
	2024	100	100	87	100	100	100	94	100	100	100	100	100
Quilicura (EMV)	2022	100	100	97	87	100	100	100	100	100	100	97	90
	2023	100	82	94	100	94	100	100	100	97	100	100	100
	2024	90	76	100	100	100	100	100	87	100	100	100	100

En la Tabla 9, se resumen los porcentajes de datos validados de ozono para los años 2022, 2023 y 2024, se observa en general un porcentaje de datos válidos es superior al 75%, sin embargo, en el año 2022, solo en estación Las Condes se observó un porcentaje de 58% en el mes de marzo, y en estación Independencia no se realizaron mediciones. En relación con en el año 2023 en estación La Florida (EML) se observó un porcentaje de 7% en noviembre y 0% en diciembre, y en estación Pudahuel (EMO) con 38% en el mes de septiembre. Finalmente, en el año 2024 en estación Parque O'Higgins (EMN) con 73% en abril y 55% en agosto, también en la estación Pudahuel (EMO) se



observa un porcentaje de datos validos de 66% en febrero y 61% en agosto y El Bosque (EMQ) 53% en noviembre.

Tabla 9 Porcentaje de datos válidos de O₃ por estación para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2024	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2022	90	100	100	100	100	97	94	97	100	97	93	94
	2023	100	100	99	100	99	99	97	100	100	99	7	0
	2024	94	100	100	97	100	97	100	94	100	100	97	97
Las Condes (EMM)	2022	100	89	58	100	100	100	90	94	100	97	90	94
	2023	99	95	97	100	100	100	91	100	97	99	92	100
	2024	100	100	100	93	97	77	100	94	100	81	100	100
Parque O'Higgins (EMN)	2022	100	96	100	100	100	100	100	97	100	100	100	94
	2023	95	95	95	95	99	95	99	99	99	97	84	98
	2024	100	100	97	73	81	97	100	55	80	100	97	100
Pudahuel (EMO)	2022	100	100	84	100	100	100	100	97	100	100	100	97
	2023	100	100	99	100	99	98	100	98	38	97	93	97
	2024	100	66	94	97	97	100	100	61	100	100	100	100
El Bosque (EMQ)	2022	97	100	100	100	100	97	100	100	100	94	100	90
	2023	96	96	96	96	96	96	82	75	95	93	82	94
	2024	90	90	100	100	100	100	97	100	100	81	53	100

En la Tabla 10, se resumen los datos válidos de SO₂ a nivel mensual para los años 2022, 2023 y 2024, se observa en general un porcentaje de datos válidos es superior al 75%, sin embargo, en el año 2022 la estación La Florida (EML) presentó un porcentaje de 68% en marzo. En relación con el año 2023 las 2 estaciones evaluadas presentan porcentajes de datos validos superiores al 75%. Por otra parte, en el año 2024 solo la estación La Florida (EML) presentó un porcentaje de 10% en el mes de marzo y 70% en abril.

Cabe señalar que, las estaciones de Independencia (EMF) y Parque O'Higgins (EMN) no realizan mediciones de SO₂, en el caso de la primera estación desde octubre de 2014 y en caso de la segunda estación desde octubre de 2015.



Tabla 10 Porcentaje de datos válidos de SO₂ por estación para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2024	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2022	90	100	68	100	100	100	94	97	100	97	100	94
	2023	100	100	97	100	97	100	97	100	100	100	77	100
	2024	100	100	10	70	100	100	100	97	100	100	100	100
Parque O'Higgins (EMN)	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2024	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
El Bosque (EMQ)	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100	97
	2024	87	90	100	93	100	100	100	100	100	81	100	100

En la Tabla 11, se resumen los datos válidos de NO₂ a nivel mensual para los años 2022, 2023 y 2024, en ésta se observa que estación Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO) presentó en general un porcentaje de datos válidos superior al 75%. Cabe señalar que, para el año 2024 solo en agosto la estación Pudahuel (EMO) presentó un porcentaje de datos validos de 61%.

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

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Las Condes (EMM)	2022	94	89	94	100	100	100	97	100	100	100	90	94
	2023	100	89	77	83	100	100	94	100	93	100	100	100
	2024	100	100	100	93	97	100	100	94	90	81	100	100
Pudahuel (EMO)	2022	100	100	100	77	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	83	100	100	100	100	100	100	100	100
	2024	100	100	100	97	97	97	100	61	100	100	100	100

En la Tabla 12, se resumen los datos válidos de CO a nivel mensual en los años 2022, 2023 y 2024, se observa que la mayoría de las estaciones presentaron porcentajes de datos válidos superior al 75%, cabe mencionar que el año 2022, se observaron porcentajes de 65% enero y 73% en noviembre



en Las Condes (EMM), 37% en septiembre en la estación Parque O'Higgins (EMN) y 4 meses por debajo del 75% en la estación Pudahuel (EMO) y 71% en enero para la estación de El Bosque (EMQ). Para el año 2023 solo en la estación Parque O'Higgins (EMN) presentó un 49% en el mes de marzo y El Bosque (EMQ) presentó un 45% en el mes de mayo. Por último, en el año 2024 en estación Parque O'Higgins (EMN) se observa un 73% en abril y 55% en agosto, también en la estación Pudahuel (EMO) se observa un porcentaje de datos validos de 66% en febrero y en estación El Bosque (EMQ) un 53% en noviembre.

Tabla 12 Porcentaje de datos válidos de CO por estación para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2024	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2022	87	100	100	100	97	100	94	97	100	97	100	94
	2023	98	100	99	100	99	99	99	99	100	99	77	99
	2024	94	100	100	97	100	97	100	94	100	100	97	97
Las Condes (EMM)	2022	65	89	94	100	100	100	97	97	100	100	73	94
	2023	100	95	97	100	100	88	87	96	93	95	91	95
	2024	100	100	100	93	97	77	100	94	100	81	100	100
Parque O'Higgins (EMN)	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	37	84	87	77
	2023	86	88	49	100	100	95	96	96	96	95	92	94
	2024	100	100	97	73	81	97	100	55	80	100	97	100
Pudahuel (EMO)	2022	100	100	100	100	61	0	10	100	100	94	100	65
	2023	99	83	98	98	97	93	96	96	95	95	93	97
	2024	100	66	94	97	97	100	100	61	100	100	100	100
Cerrillos (EMP)	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2024	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
El Bosque (EMQ)	2022	71	93	90	90	94	97	100	94	93	100	90	97
	2023	98	98	98	98	45	96	96	96	95	95	95	95
	2024	90	90	100	100	100	100	97	100	100	81	53	100



6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS NORMAS

6.1. Evaluación de la norma para MP2,5

6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas MP2,5

El período 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 13 se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP2,5, para los años 2022, 2023 y 2024, en las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

De acuerdo con los límites establecidos 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 EMRPM2,5.

De acuerdo al análisis efectuado en la Tabla 13, se determinó mediante el percentil 98, que el límite de la norma de MP2,5 como concentración de 24 horas fue superado en el año 2024, en siete (7) de las ocho (8) estaciones que contaban con disponibilidad de información, siendo la estación Cerro Navia (EMR) la que presentó la concentración más alta con 84 µg/m³, equivalente a un 168% respecto del límite, después le siguen las estaciones de Pudahuel (EMO) con 77 µg/m³, Cerrillos (EMP) con 72 µg/m³ y El Bosque (EMQ) con 71 µg/m³, correspondiente al 154%, 144% y 142% respecto del límite de la norma, en estación Quilicura (EMV) con 64 µg/m³ (128%), La Florida (EML) con 56 µg/m³ (112%) y Puente Alto (EMS) con 50 µg/m³ (100%). Por último, en la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de 45 µg/m³ (90%), concentración superior al 80% del límite de la norma de 24 horas.

Tabla 13 Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5 para el período 2022 al 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)
Independencia (EMF)	---	----	---	----	---	----
La Florida (EML)	70	140	62	124	56	112
Las Condes (EMM)	50	100	45	90	45	89
Pudahuel (EMO)	79	158	76	152	77	154
Cerrillos ¹ (EMP)	---	----	71	142	72	144
El Bosque (EMQ)	86	172	69	138	71	142
Cerro Navia	79	158	79	158	84	168



(EMR)						
Puente Alto (EMS)	60	120	51	102	50	100
Quilicura (EMV)	72	144	64	128	64	128

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 12 de abril de 2022.

Adicionalmente, en el Gráfico 1, se pueden observar los percentiles 98 de las concentraciones de 24 horas, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024.

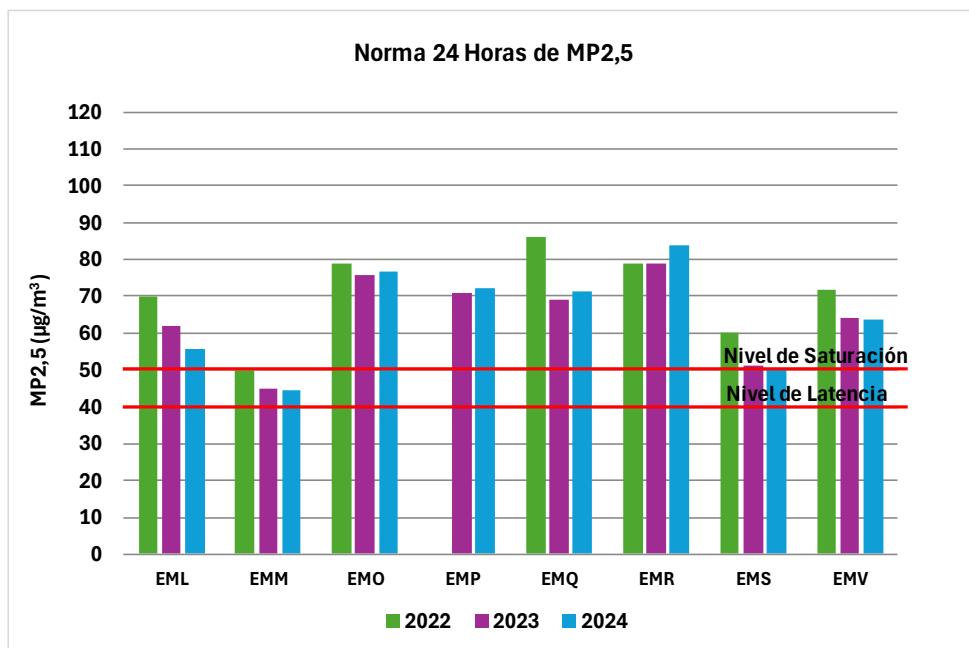


Gráfico 1 Norma 24 Horas MP2,5 para el periodo 2022 al 2024

Cabe señalar que al considerar las concentraciones diarias de MP2,5 para un año calendario (365 o 366 días), el cálculo del percentil 98 permite un máximo de 7 excedencias, es decir 7 días con registros mayores a 50 µg/m³ como concentración de 24 horas.

En la Tabla 14 se resume el número de días de excedencias a la norma de 24 horas por estación durante el año 2024, la cual muestra que el mayor número de días con excedencias se presentó en las estaciones de: Cerro Navia (EMR) con 56 días, El Bosque (EMQ) con 45 días, Pudahuel (EMO) con 44 días, Cerrillos (EMP) con 39 días, Quilicura (EMV) con 26 días, La Florida (EML) con 18 días, y por último la estación Puente Alto (EMS) con 7 días.



Tabla 14 Días superación norma 24 horas de MP2,5 para el año 2024

Estación	Días superación Norma 24 horas 2024
Independencia (EMF)	----
La Florida (EML)	18
Las Condes (EMM)	3
Pudahuel (EMO)	44
Cerrillos (EMP)	39
El Bosque (EMQ)	45
Cerro Navia (EMR)	56
Puente Alto (EMS)	7
Quilicura (EMV)	26

El Gráfico 2 muestra el número de excedencias por estación, desagregada a nivel mensual, para el período comprendido entre enero y diciembre del 2024, donde se observa que los días en los cuales se excede la norma se distribuyen en su mayoría es entre mayo y agosto, siendo la estación de Cerro Navia (EMR), El Bosque (EMQ), Pudahuel (EMO), Cerrillos (EMP), Quilicura (EMV), La Florida (EML) y Puente Alto (EMS), las que presentaron el mayor número de excedencias a la norma de 24 horas, con 56, 45, 44, 39, 26, 18 y 7 días, respectivamente.

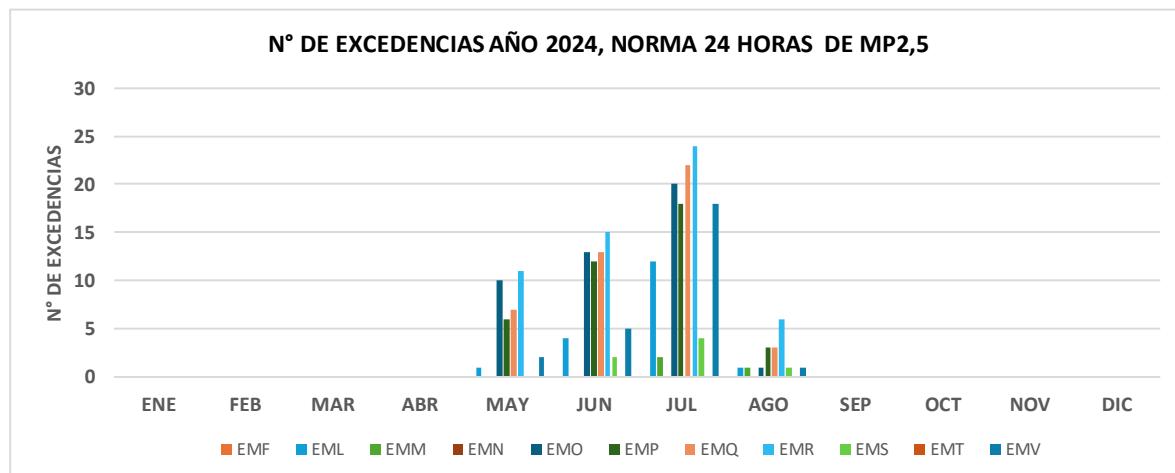


Gráfico 2 Excedencias norma 24 Horas MP2,5 para el año 2024

6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP2,5

El periodo de evaluación de la norma anual 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 15, se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo de la media anual de las concentraciones de 24 horas de MP2,5, para los años 2022, 2023 y 2024, en 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 de tres años calendarios de las concentraciones anuales sea mayor a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en cualquier estación monitorea 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. Si al cabo de un año, en alguna de las estaciones de monitoreo de calidad del aire clasificadas como EMRP, se verifica la superación de la norma, su frecuencia de medición deberá ser diaria.

La evaluación de la norma anual, con la información disponible para los años 2022, 2023 y 2024, mediante el cálculo del promedio tres años, se determinó que la norma fue superada en seis (6) de las ocho (8) estaciones evaluadas, presentando las siguientes concentraciones: El Bosque (EMQ) con 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (135%), Cerro Navia (EMR) y Pudahuel (EMO) con 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (130%), La Florida (EML) con 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (120%), Quilicura (EMV) con 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (115%) y Puente Alto (EMS) con 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (105%). En la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente al 90% del valor límite de la norma anual.

Tabla 15 Concentración tres años y porcentaje de la norma MP2,5

Estación	Concentración Anual Año 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentración Anual Año 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentración Anual Año 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Tres Años (2022-2023-2024) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma Anual 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Independencia (EMF)	----	----	----	----	----
La Florida (EML)	25	24	22	24	120
Las Condes (EMM)	18	19	17	18	90
Pudahuel (EMO)	25	29	23	26	130
Cerrillos (EMP)¹	----	25	24	----	----
El Bosque (EMQ)	28	28	26	27	135
Cerro Navia (EMR)	28	27	24	26	130
Puente Alto (EMS)	21	22	20	21	105
Quilicura (EMV)	24	23	21	23	115

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 12 de abril de 2022.

Complementariamente, en el Gráfico 3, se pueden observar las concentraciones de la media tres años por estación, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024.



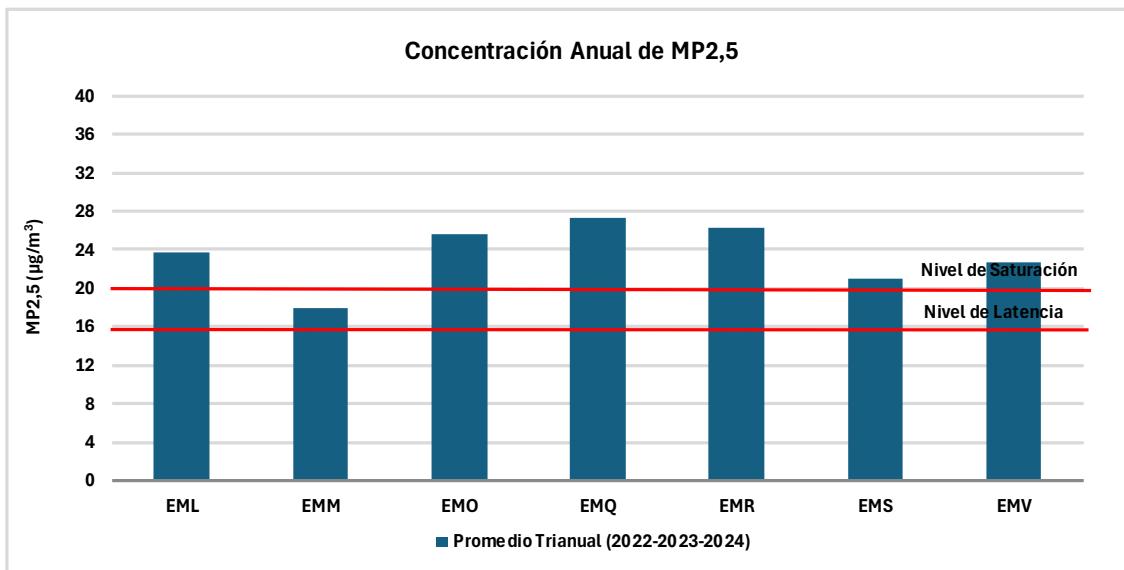


Gráfico 3 Norma Anual para MP2,5, Promedio tres años periodo 2022 al 2024

6.2. Evaluación de la norma para MP10

6.2.1. Evaluación de la norma 24 horas MP10

El período 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 otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 que se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas en las estaciones de: Quilicura (EMV) con 125 µg/m³N (96%), Puente Alto (EMS) con 121 µg/m³N (93%) y La Florida (EML) con 123 µg/m³N (95%) y Talagante (EMT) con 115 µg/m³N (88%).

Tabla 16, 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, de las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

De acuerdo con los límites establecidos 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:

- En un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas, sea mayor o igual a 130 µg/m³N.
- Si antes que concluya un año calendario, el número de días con mediciones sobre el valor de 130 µg/m³N, sea mayor que siete.

El período de evaluación de superación de la norma para MP10, corresponde a aquel comprendido



entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. Cabe resaltar que el nuevo límite establecido en la norma es aplicable a partir del año 2022.

De acuerdo con la condición a), de las diez (10) estaciones evaluadas para el año 2024, es posible señalar que en cinco (5) estaciones se superó el límite normativo de 24 horas, las concentraciones obtenidas, corresponden a: Cerro Navia (EMR) con 193 µg/m³N (148%), Cerrillos (EMP) 160 µg/m³N (123%), El Bosque (EMQ) con 155 µg/m³N (119%), Pudahuel (EMO) con 155 µg/m³N (119%) y Parque O'Higgins (EMN) con 149 µg/m³N (115%). Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 que se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas en las estaciones de: Quilicura (EMV) con 125 µg/m³N (96%), Puente Alto (EMS) con 121 µg/m³N (93%) y La Florida (EML) con 123 µg/m³N (95%) y Talagante (EMT) con 115 µg/m³N (88%).

Tabla 16 Evaluación de la norma 24 horas para MP10 para el período 2022 al 2024

Estación	Percentil 98 Año 2022 (µg/m ³ N)	% de la Norma 24 horas Año 2022 (130 µg/m ³ N)	Percentil 98 Año 2023 (µg/m ³ N)	% de la Norma 24 horas Año 2023 (130 µg/m ³ N)	Percentil 98 Año 2024 (µg/m ³ N)	% de la Norma 24 horas Año 2024 (130 µg/m ³ N)
Independencia (EMF)	S/I	-----	S/I	-----	S/I	-----
La Florida (EML)	133	102	134	103	123	95
Las Condes (EMM)	104	80	99	76	81	62
Parque O'Higgins (EMN)	143	110	160	123	149	115
Pudahuel (EMO)	151	116	156	120	155	119
Cerrillos ¹ (EMP)	----	----	158	122	160	123
El Bosque (EMQ)	154	118	157	121	155	119
Cerro Navia (EMR)	165	127	175	135	193	148
Puente Alto (EMS)	140	108	136	105	121	93
Talagante (EMT)	112	86	120	92	115	88
Quilicura (EMV)	124	95	145	112	125	96

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 6 de abril de 2022. S/I: Sin información.



El Gráfico 4 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP10, por estación, para los años 2022, 2023 y 2024.

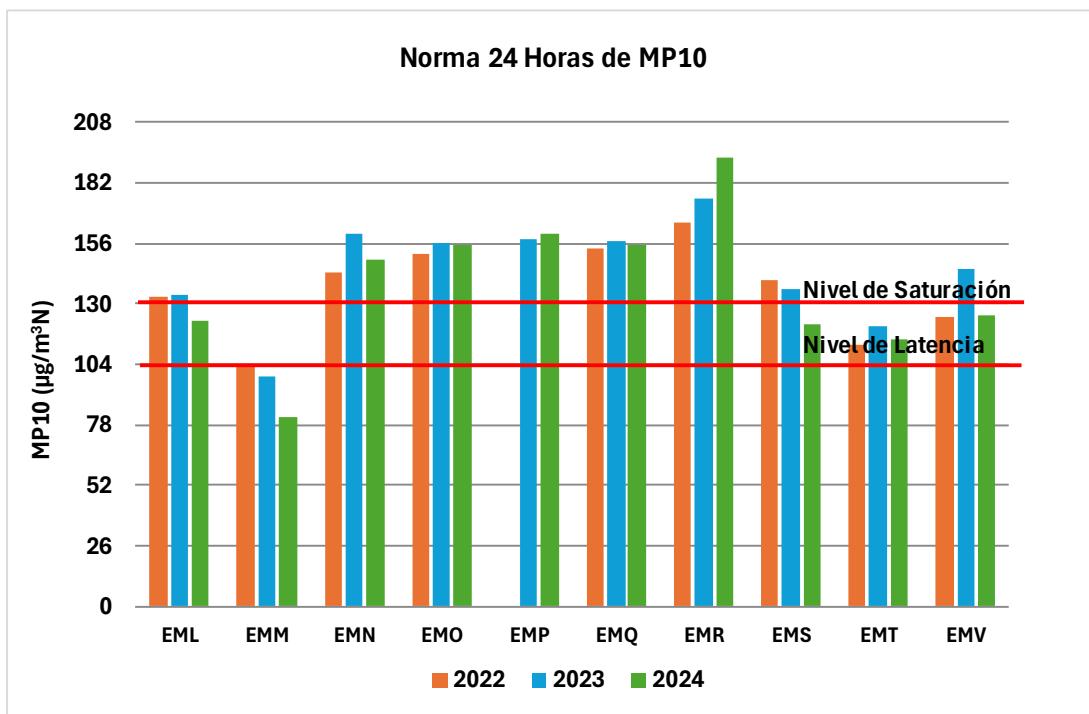


Gráfico 4 Norma 24 horas para MP10 para los años 2022, 2023 y 2024

En la Tabla 17 se resume el número de días con excedencias a la norma de 24 horas de MP10, por estación durante el año 2024, la cual muestra que de las diez (10) estaciones evaluadas el mayor número de días con excedencias se presentaron en las estaciones de: Cerro Navia (EMR) con 44 días, Pudahuel (EMO) con 27 días, Cerrillos (EMP) con 22 días, El Bosque (EMQ) con 18 días y Parque O'Higgins (EMN) con 15 días.

Tabla 17 Días superación norma 24 horas de MP10 para el año 2024

Estación	Días superación Norma 24 horas 2024
Independencia (EMF)	----
La Florida (EML)	5
Las Condes (EMM)	0
Parque O'Higgins (EMN)	15
Pudahuel (EMO)	27
Cerrillos (EMP)	22
El Bosque (EMQ)	18
Cerro Navia (EMR)	44



Estación	Días superación Norma 24 horas 2024
Puente Alto (EMS)	5
Talagante (EMT)	2
Quilicura (EMV)	7

Adicionalmente, en el Gráfico 5, se recopilan el número de excedencias de la norma de 24 horas por MP10, a nivel mensual y por estación durante el año 2024, donde se aprecia que las excedencias se dieron mayoritariamente en los meses de mayo y agosto.

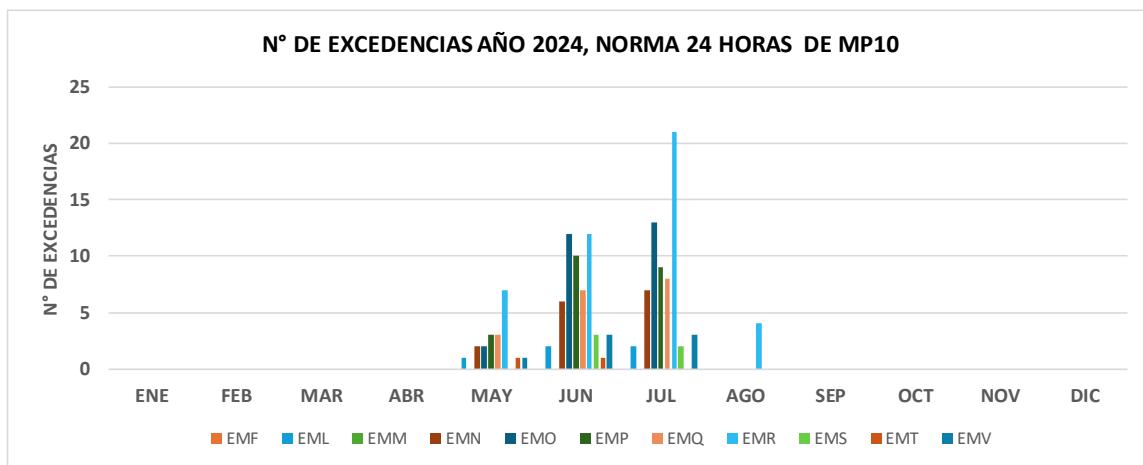


Gráfico 5 Excedencias a la Norma de 24 horas de MP10 en el año 2024

6.2.2. Evaluación de la norma anual para MP10

De acuerdo con los límites establecidos en el D.S. N° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente, la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable MP10 como concentración anual, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios consecutivos, en cualquier estación monitora calificada como EMRP, sea mayor o igual a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

El período de evaluación de la norma anual para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1º de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la

Tabla 18, 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 vigilancia de la Red MACAM-3.

La evaluación de los datos válidos de MP10 como norma anual determinó que la norma anual de MP10 fue superada en ocho (8) de las nueve (9) estaciones evaluadas. Las concentraciones determinadas en las estaciones, mediante el promedio tres años correspondieron a: El Bosque (EMQ) con $72 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (144%), Cerro Navia (EMR) con $70 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (140%), Puente Alto (EMS) con $69 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (138%), Parque O'Higgins (EMN) con $68 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (136%), mientras que, Pudahuel (EMO) y



La Florida (EML) se determinó una concentración de 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (128%), , Quilicura (EMV) con 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (120%) y finalmente la estación La Condes (EMM) una concentración de 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (102%).

Tabla 18 Evaluación de la norma anual para MP10 para el período 2022 al 2024

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 Tres Años (2022-2023-2024) ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma Anual (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Independencia (EMF)	----	----	----	----	----
La Florida (EML)	66	65	60	64	128
Las Condes (EMM)	55	51	48	51	102
Parque O'Higgins (EMN)	68	71	66	68	136
Pudahuel (EMO)	65	66	61	64	128
Cerrillos ¹ (EMP)	----	69	66	----	----
El Bosque (EMQ)	74	77	65	72	144
Cerro Navia (EMR)	71	72	68	70	140
Puente Alto (EMS)	70	73	65	69	138
Talagante (EMT)	50	50	47	49	98
Quilicura (EMV)	61	63	57	60	120

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 6 de abril de 2022.

Complementariamente, en el Gráfico 6, se pueden observar las concentraciones correspondientes al promedio aritmético de los tres años calendarios consecutivos, para el período comprendido entre el día 1º de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024.



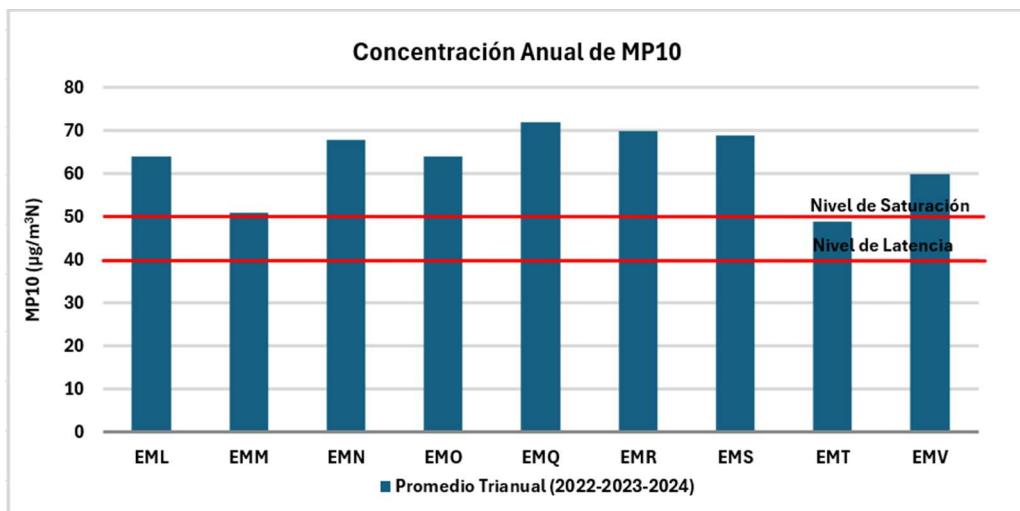


Gráfico 6 Norma Anual para MP10 Promedio tres años para el período 2022 al 2024

6.3. Evaluación de la norma primaria SO₂

6.3.1. Evaluación de la norma primaria horaria de SO₂

El periodo de evaluación de la norma primaria de 1 hora para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 19, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 1 hora para SO₂, en todas las estaciones de vigilancia de la calidad del aire de la Red MACAM-3.

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

- Se considerará sobrepasada la norma primaria 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 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, fuere mayor o igual a 134 ppbv (350 µg/m³N). A partir del cuarto año calendario de publicada la norma en el diario oficial, se considerará un percentil 99 para evaluar esta condición.
- Se considerará superada la norma de 1 hora, si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece. A partir del cuarto año calendario año de publicada la norma en el Diario Oficial, se considera un percentil 99 para evaluar esta condición.

Cabe señalar que, las estaciones Independencia (EMF) y Parque O'Higgins (EMN), no presentan información desde octubre de 2014 y octubre de 2015, respectivamente, por lo que no fue posible



evaluar la norma en dichas estaciones. Por otra parte, el análisis permitió concluir que la norma solo es posible evaluarla en la estación El Bosque (EMQ) y en estación La Florida (EML).

De acuerdo con lo calculado, Tabla 19, se determinó que la norma de 1 hora no fue superada en las estaciones de La Florida (EML) y El Bosque (EMQ), las concentraciones determinadas mediante el promedio del percentil 99 de tres años calendario sucesivos fueron de: 4,23 ppbv y en estación La Florida (EML) y 4,76 ppbv en la estación El Bosque (EMQ), equivalente al 3,2% y 3,6% del límite de la norma horaria.

Tabla 19 Evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO₂ para el período 2022 al 2024

Estación	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Percentil 99 Año 2023 (ppbv)	Percentil 99 Año 2024 (ppbv)	Percentil 99 Promedio Tres Años 2022-2023-2024 (ppbv)	% de la Norma 1 hora (134 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	----	----
La Florida (EML)	3,30	4,43	4,97	4,23	3,2
Parque O'Higgins (EMN)	S/I	S/I	S/I	----	----
El Bosque (EMQ)	5,24	4,54	4,50	4,76	3,6

*El porcentaje de datos válidos es inferior al 75%. S/I: Sin información.

El Gráfico 7 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99 del periodo como promedio tres años. Mientras que, el Gráfico 8 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 1 hora para cada uno de los años de periodo analizado.



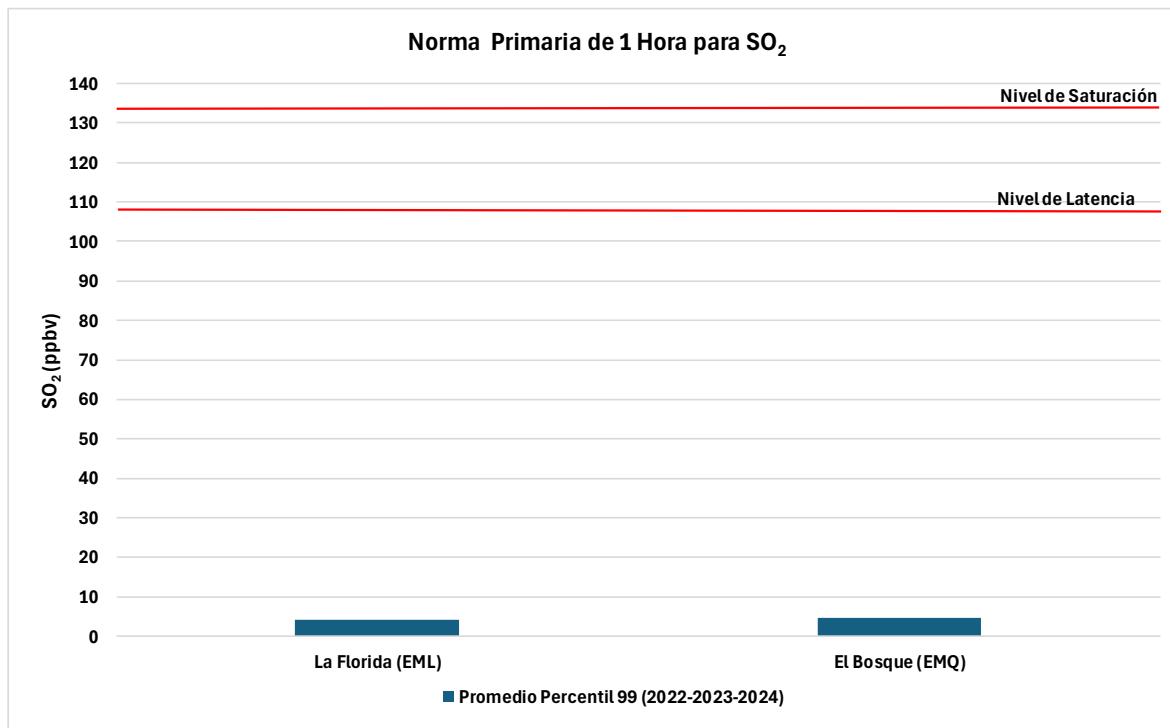


Gráfico 7 Norma primaria de 1 hora para SO₂, promedio tres años periodo 2022 al 2024 (condición a)

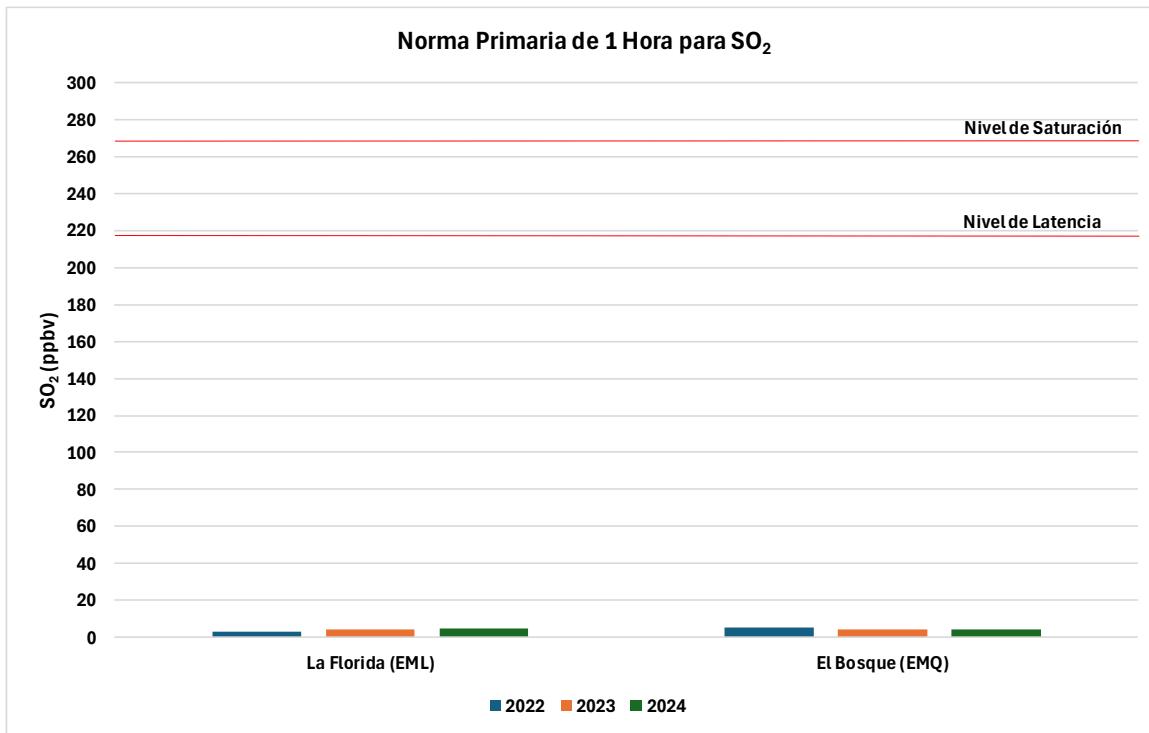


Gráfico 8 Norma primaria de 1 hora para SO₂, por año para el periodo 2022 al 2024 (condición b)



6.3.2. Evaluación de la norma primaria 24 horas de SO₂

El período de evaluación de la norma 24 horas para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 20 se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 24 horas para SO₂, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

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

- Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO₂ como concentración de 24 horas, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos, de los valores del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas, fuere mayor o igual a 57 ppbv (150 µg/m³N).
- Se considerará superada la norma 24 horas también, si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece.

La Tabla 20, muestra el análisis del cumplimiento de la norma de 24 horas por SO₂ como promedio del percentil 99 de tres años calendarios sucesivos, el que determinó que la norma 24 horas no fue superada en las estaciones evaluadas, La Florida (EML) y El Bosque (EMQ), y los valores determinados fueron de 3,47 ppbv en La Florida (EML) y 3,57 ppbv en El Bosque (EMQ), equivalente al 6,1% y 6,3% respecto del límite de la norma de 24 horas.

Tabla 20 Evaluación de la norma 24 horas de SO₂ para el período 2022 al 2024

Estación	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Percentil 99 Año 2023 (ppbv)	Percentil 99 Año 2024 (ppbv)	Promedio Tres Años (2022-2023-2024) (ppbv)	% de la Norma 24 horas (57 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	---	---
La Florida (EML)	2,58	3,83	3,99	3,47	6,1
Parque O'Higgins (EMN)	S/I	S/I	S/I	---	---
El Bosque (EMQ)	4,15	3,15	3,42	3,57	6,3

*El porcentaje de datos válidos es inferior al 75%. S/I: Sin información.

A continuación, en los Gráfico 9, se observa el promedio tres años del percentil 99 de las concentraciones diarias por estación para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En el Gráfico 10, se muestra la evaluación de norma de manera anual.



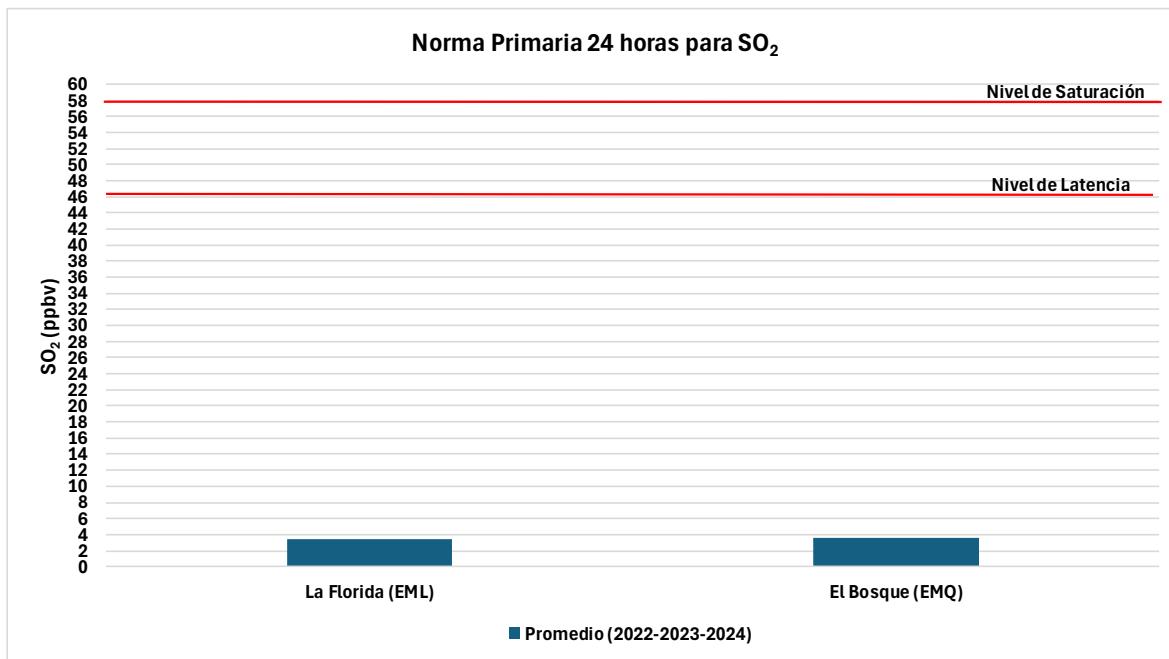


Gráfico 9 Norma primaria 24 horas para SO₂, promedio tres años periodo 2022 al 2024 (condición a)

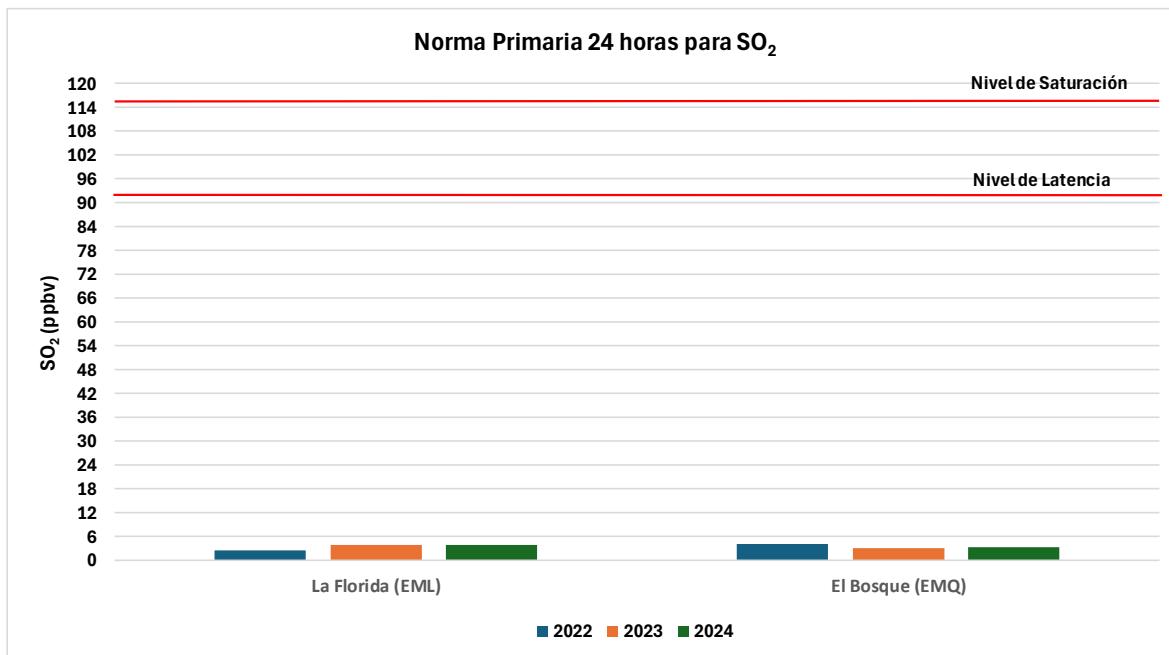


Gráfico 10 Norma primaria 24 horas para SO₂, por año para el periodo 2022 al 2024 (condición b)



6.3.3. Evaluación de la norma primaria anual de SO₂

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

- Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO₂ como concentración anual, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos de los valores de concentración anual, fuere mayor o igual a 23 ppbv (60 µg/m³N).
- 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.

El período de evaluación de superación de la norma anual 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, las estaciones Independencia (EMF) y Parque O'Higgins (EMN), no presentaron información desde octubre de 2014 y desde octubre de 2015, respectivamente, por lo que no fue posible evaluar la norma anual en ambas estaciones. En el caso de la estación de la Florida (EML) no se cuenta con tres años calendarios consecutivos de concentraciones para evaluar la norma anual de SO₂.

En la Tabla 21, se presenta un resumen con los promedios anuales y la evaluación de la norma anual para SO₂ en las estaciones de la Red MACAM-3. La evaluación de la norma de SO₂ se realizó en las dos (2) estaciones que miden el contaminante, encontrándose que la concentración promedio de tres años sucesivos está muy por debajo del límite establecido de 23 ppbv, los valores determinados correspondieron a: 2,20 ppbv en estación de La Florida (EML) y 2,01 ppbv en estación El Bosque (EMQ), correspondiente al 9,6% y 8,8% respecto del límite de la norma anual.

Tabla 21 Evaluación de la norma anual para SO₂ para el período 2022 al 2024

Estación	Promedio Anual 2022 (ppbv)	Promedio Anual 2023 (ppbv)	Promedio Anual 2024 (ppbv)	Promedio Tres Años (2022-2023-2024) (ppbv)	% de la Norma Anual (23 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	---	---
La Florida (EML)	1,65	2,57	2,38	2,20	9,6
Parque O'Higgins (EMN)	S/I	S/I	S/I	---	---
El Bosque (EMQ)	2,18	1,78	2,08	2,01	8,8

* El porcentaje de datos válidos es inferior al 75%. S/I: Sin información.

A continuación, en el Gráfico 11, se observa el promedio tres años de las concentraciones anuales por estación para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En el Gráfico 12, se muestran los promedios anuales para el mismo periodo.



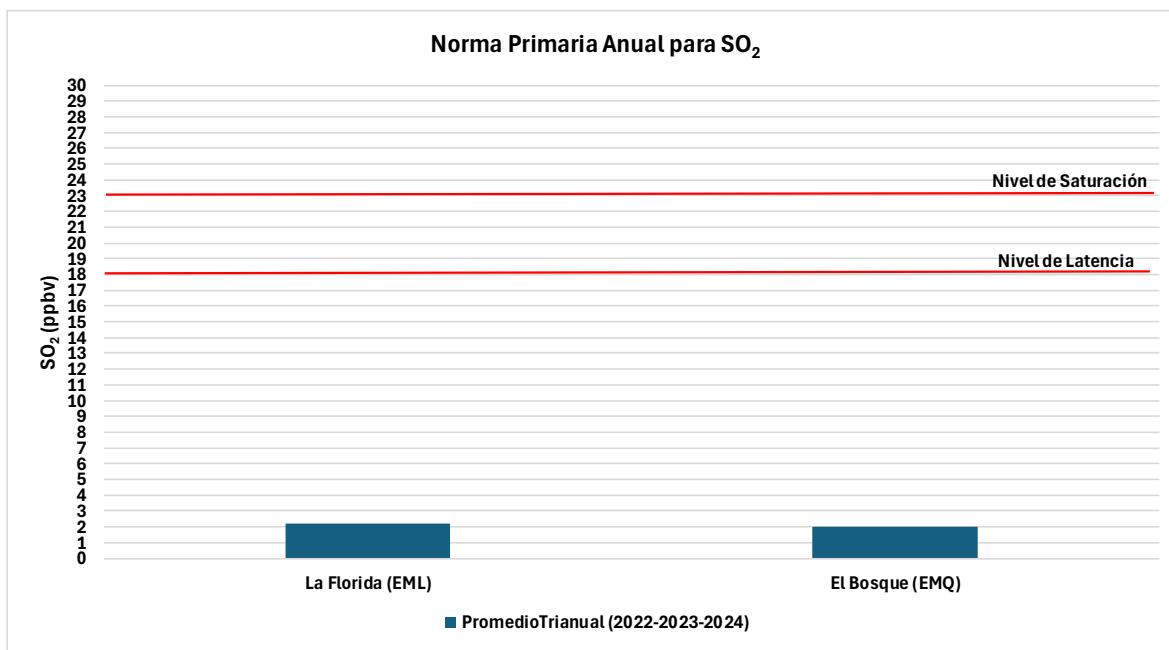


Gráfico 11 Norma primaria anual para SO₂, promedio tres años periodo 2022 al 2024 (condición a)

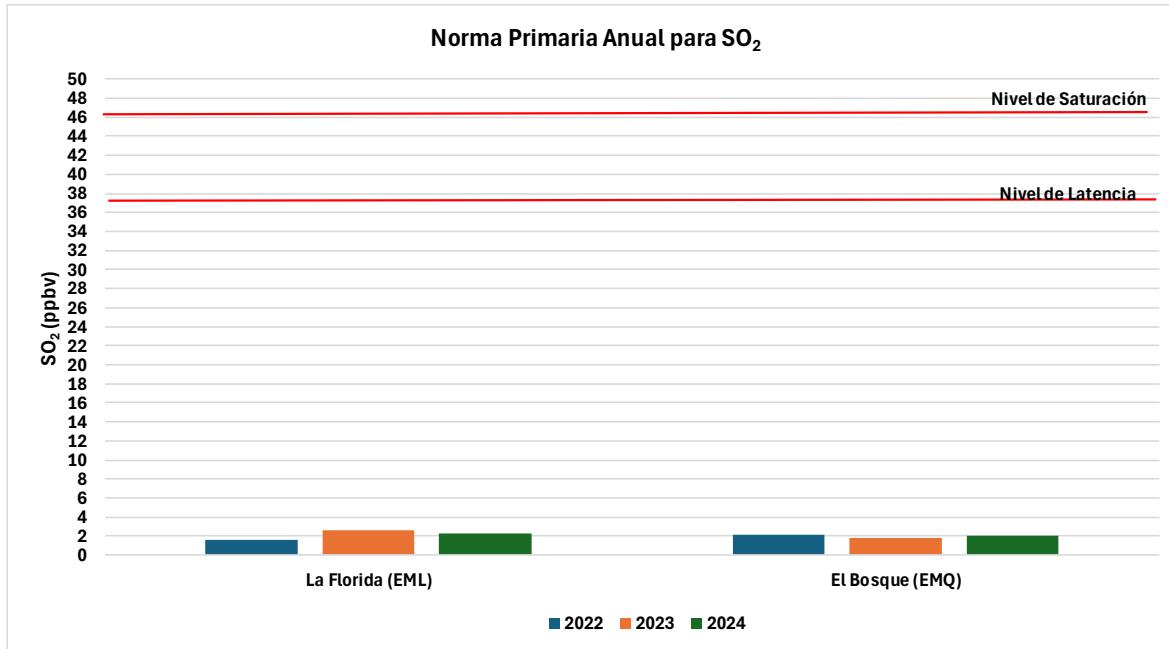


Gráfico 12 Norma primaria anual para SO₂, promedio anual por año para periodo 2022 al 2024 (condición b)



6.4. Evaluación de la norma primaria O₃

6.4.1. Evaluación de la norma 8 horas O₃

El período de evaluación de la norma 8 horas para O₃, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024.

Se debe señalar que, de acuerdo con los límites establecidos en el D.S. N° 112/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para O₃ como concentración de 8 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de las concentraciones de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual a 61 ppbv (120 µg/m³N).

Cabe señalar que, para el periodo evaluado, en la mayoría de las estaciones presentaron un porcentaje de datos validos superior al 75% requerido en la norma, mientras que la estación de Independencia (EMF) no presenta mediciones desde el año 2021 a la fecha. Por lo anterior, solo fue posible evaluar la norma de 8 horas en cinco (5) de las seis (6) estaciones.

Los resultados del cálculo del percentil 99, presentados en la Tabla 22 muestran que la norma como concentración de 8 horas fue superada en todas las estaciones evaluadas, y las concentraciones obtenidas fueron de: 79 ppbv (130%) en las Condes (EMM), 74 ppbv (121%) en La Florida (EML), 65 ppbv (107%) en Parque O'Higgins (EMN), 64 ppbv (105%) en Pudahuel (EMO) y 62 ppbv (102%) en El Bosque (EMQ).

Tabla 22 Evaluación de la norma 8 horas para O₃ para el período 2022 al 2024

Estación	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Percentil 99 Año 2023 (ppbv)	Percentil 99 Año 2024 (ppbv)	Promedio Tres Años (2022-2023-2024) (ppbv)	% de la Norma 8 horas (61 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	-----	-----
La Florida (EML)	68	88	67	74	121
Las Condes (EMM)	67	93	78	79	130
Parque O'Higgins (EMN)	62	71	61	65	107
Pudahuel (EMO)	54	77	60	64	105
El Bosque (EMQ)	55	76	56	62	102

* El porcentaje de datos válidos es inferior al 75%.



El Gráfico 13, muestra el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de las concentraciones de 8 horas, donde se pueden observar de manera gráfica los valores obtenidos en las estaciones.

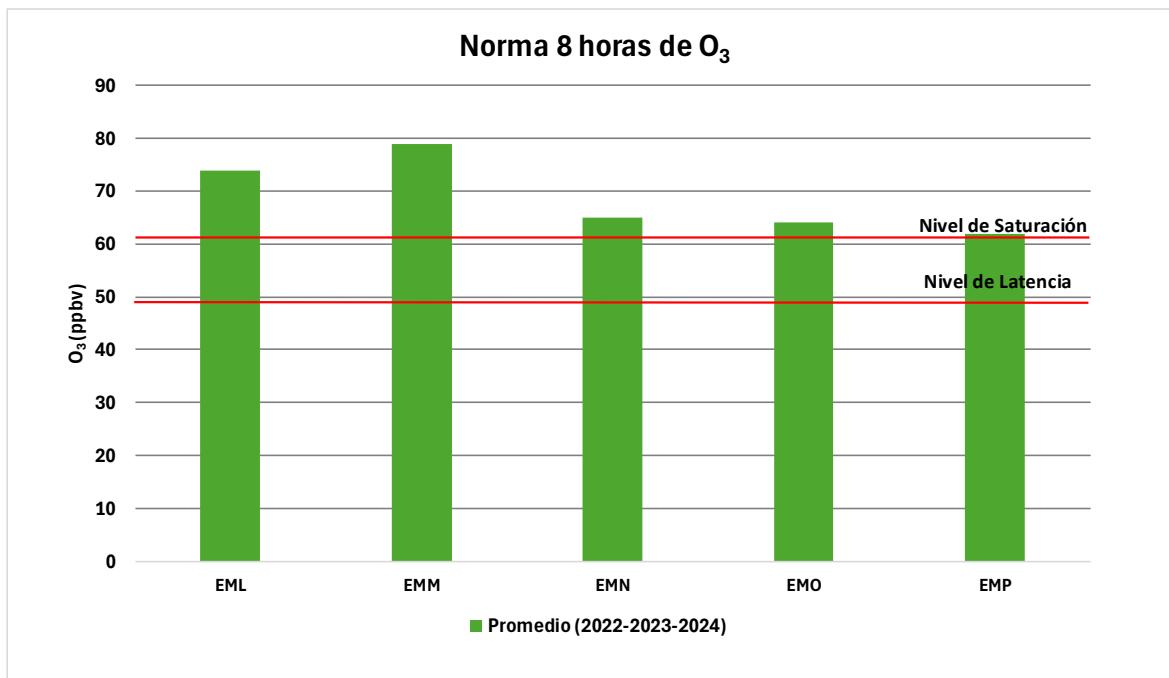


Gráfico 13 Norma 8 Horas para O₃ Promedio tres años para el período 2022 al 2024

6.5. Evaluación de la norma CO

6.5.1. Evaluación de la norma 1 hora CO

El período de evaluación de la norma 1 hora para CO, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 23, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 1 hora para CO, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

Se debe señalar que, de acuerdo con los límites establecidos en el D.S. N° 115/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para CO como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual a 26 ppmv (30 µg/m³N).

De acuerdo con el análisis efectuado, se determinó que la norma de 1 hora no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red MACAM-3 y tampoco fue superado el 80% de la norma (Tabla



23). Por otra parte, hay que indicar que la concentración más alta se presentó en la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de 6,38 ppmv, correspondiente al 25% del límite de la norma de 1 hora.

Tabla 23 Evaluación de la norma 1 hora de CO para el período 2022 al 2024

Estación	Percentil 99 Año 2022 (ppmv)	Percentil 99 Año 2023 (ppmv)	Percentil 99 Año 2024 (ppmv)	Promedio Tres Años (2022-2023-2024) (ppmv)	% de la Norma 1 hora (26 ppmv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	-----	-----
La Florida (EML)	3,35	3,57	3,37	3,43	13
Las Condes (EMM)	1,99	1,91	1,99	1,96	8
Parque O'Higgins (EMN)	6,20	5,75	5,05	5,67	22
Pudahuel (EMO)	5,46	6,03	7,65	6,38	25
El Bosque (EMQ)	5,72	4,96	5,69	5,46	21

El Gráfico 14, muestra el comportamiento del percentil 99 de las concentraciones de CO para los años 2022, 2023 y 2024.

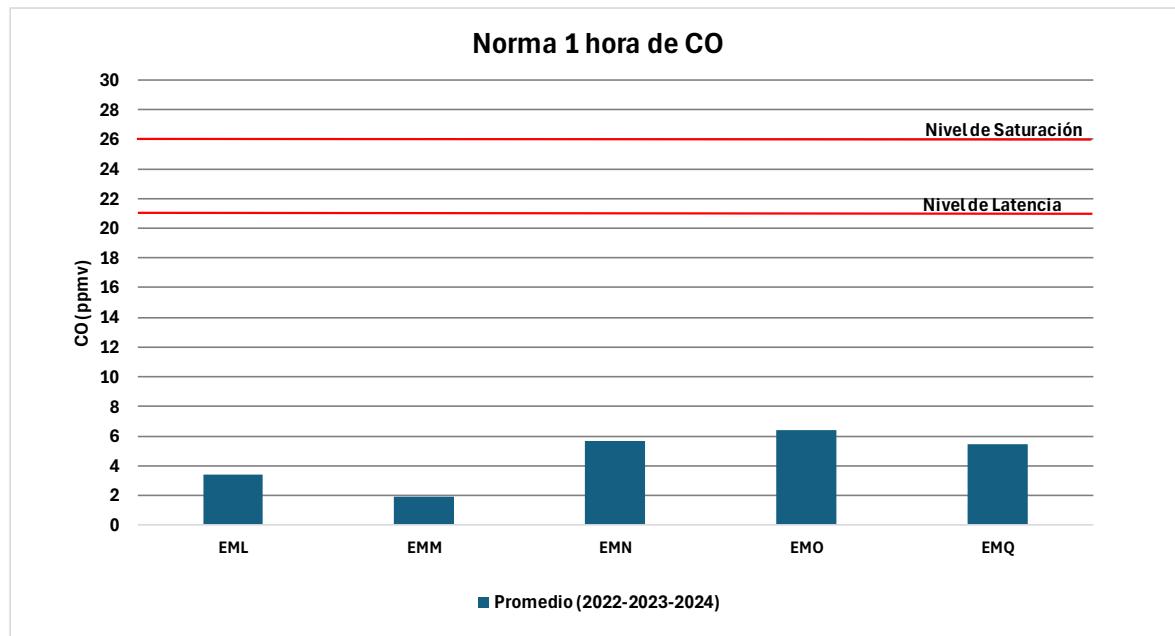


Gráfico 14 Norma 1 Hora para CO Promedio tres años para el período 2022 al 2024



6.5.2. Evaluación de la norma 8 horas CO

El período de evaluación de la norma 8 horas para CO, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 24 se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 8 horas para CO, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

Se debe señalar que, de acuerdo con los límites establecidos en el D.S. N° 115/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para CO como concentración de 8 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual a 9 ppmv (10 mg/m³N).

De la Tabla 24, es posible observar que la norma de 8 horas de CO no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red MACAM-3 y tampoco se superó el 80% de la norma de 8 horas de CO. Cabe señalar que, la concentración más alta se observó en Pudahuel (EMO) con 4,61 ppmv, correspondiente al 51% del límite de la norma de 8 horas.

Tabla 24 Evaluación de la norma 8 horas para CO para el período 2022 al 2024

Estación	Percentil 99 Año 2022 (ppmv)	Percentil 99 Año 2023 (ppmv)	Percentil 99 Año 2024 (ppmv)	Promedio Tres Años (2022-2023-2024) (ppmv)	% de la Norma 8 horas (9 ppmv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	-----	-----
La Florida (EML)	2,71	2,89	2,67	2,76	31
Las Condes (EMM)	1,70	1,69	1,73	1,71	19
Parque O'Higgins (EMN)	3,30	3,94	3,71	3,65	41
Pudahuel (EMO)	3,85	4,17	5,80	4,61	51
El Bosque (EMQ)	4,47	4,02	4,73	4,41	49

El Gráfico 15, presenta el promedio tres años del percentil 99 de las concentraciones de 8 horas para CO por estación para el período 2022 al 2024.



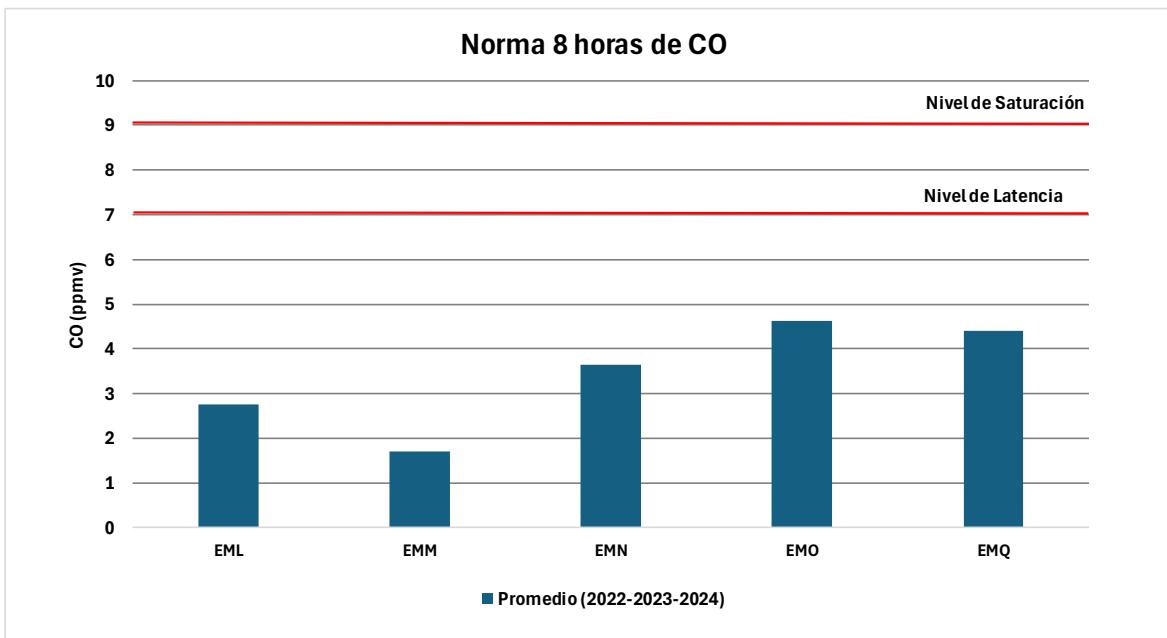


Gráfico 15 Norma 8 Horas para CO Promedio tres años para el período 2022 al 2024

6.6. Evaluación de la norma NO₂

6.6.1. Evaluación de la norma 1 hora NO₂

El periodo 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 Tabla 25, 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 µg/m³N.

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:

- 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.
- 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, Tabla 25, se determinó que la norma de 1 hora no fue superada en ninguna de las estaciones en estudio y solo se superó el 80% del límite de norma. Cabe señalar que, las concentraciones obtenidas mediante el cálculo del promedio de tres años del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora, determinó que la concentración más alta fue de 170 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en estación Las Condes (EMM), correspondiente al 85% respecto del límite de la norma de 1 hora.

Tabla 25 Evaluación de la norma de 1 hora para NO_2 para el período 2022 al 2024

Estación	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Percentil 99 Año 2023 (ppbv)	Percentil 99 Año 2024 (ppbv)	Promedio Tres Años (2022-2023-2024) (ppbv)	Promedio Tres Años (2022-2023- 2024) ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 1 hora (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Las Condes (EMM)	88,14	97,60	84,74	90,16	170	85
Pudahuel (EMO)	67,53	81,03	77,98	75,51	134	67

En el Gráfico 16, se observa el comportamiento el percentil 99 de las concentraciones de 1 hora para NO_2 para las estaciones de Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO).

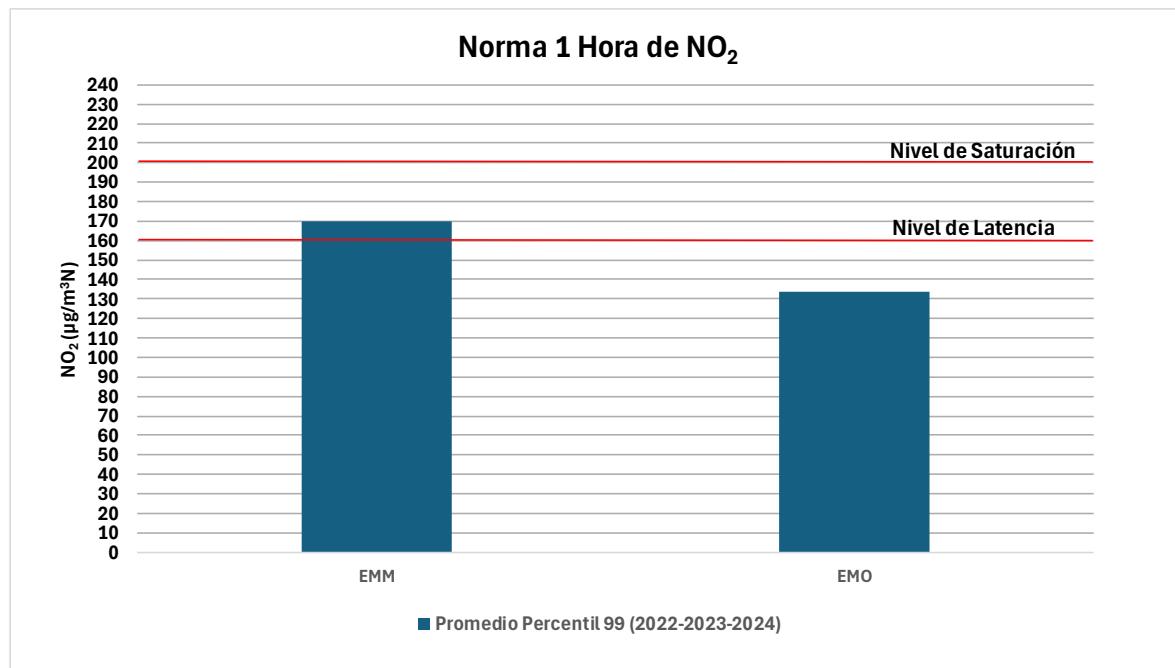


Gráfico 16 Norma 1 Hora para NO_2 , Promedio tres años para el período 2022 al 2024



6.6.2. Evaluación de la norma 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 Tabla 26, 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.

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, Tabla 26, se determinó que la norma de 24 horas no fue superada en ninguna de las estaciones en estudio. Cabe señalar que, las concentraciones obtenidas mediante el cálculo del promedio de tres años del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas, se determinó que las dos (2) estaciones evaluadas superaron el 80% de la norma, y las concentraciones correspondieron a: 89 µg/m³N en estación Las Condes (EMM) y 95 µg/m³N en Pudahuel (EMO), equivalentes al 89% y al 95% respecto del límite de la norma de 24 horas.

Tabla 26 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	Promedio Tres años (µg/m ³ N) 2022 al 2024	% de la Norma 24 Horas (100 µg/m ³ N)
Las Condes (EMM)	45,92	49,99	46,62	47,51	89	89
Pudahuel (EMO)	41,89	52,37	56,74	50,33	95	95

El Gráfico 17, 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.



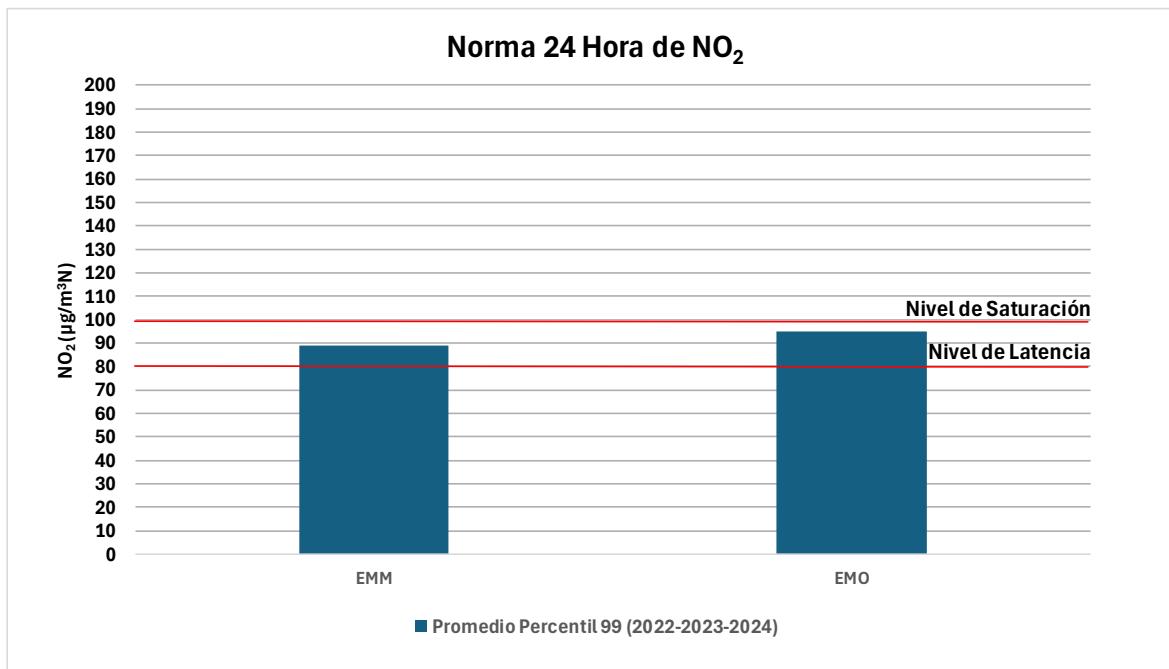


Gráfico 17 Norma primaria 24 horas para NO₂ para el período 2022 al 2024

6.6.3. Evaluación de la norma anual 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 Tabla 27, 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.

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:

- 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.
- 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, Tabla 27, se determinó que la norma anual fue superada en una (1) de las dos (2) estaciones en estudio, y la otra estación superó el 80% del límite de la norma anual. Cabe señalar que, las concentraciones obtenidas correspondieron a: 40 µg/m³N en estación Las Condes (EMM) y 38 µg/m³N en estación Pudahuel (EMO), correspondiente al 100% y 95% respecto del límite la norma anual.



Tabla 27 Evaluación de la norma anual para NO₂ para el período 2022 al 2024

Estación	Promedio Anual 2022 (ppbv)	Promedio Anual 2023 (ppbv)	Promedio Anual 2024 (ppbv)	Promedio Tres Años (2022-2023-2024) (ppbv)	Promedio Tres Años (2022-2023-2024) (μg/m ³ N)	% de la Norma Anual 40 μg/m ³ N
Las Condes (EMM)	21,92	22,03	20,45	21,47	40	100
Pudahuel (EMO)	18,76	19,97	21,18	19,97	38	95

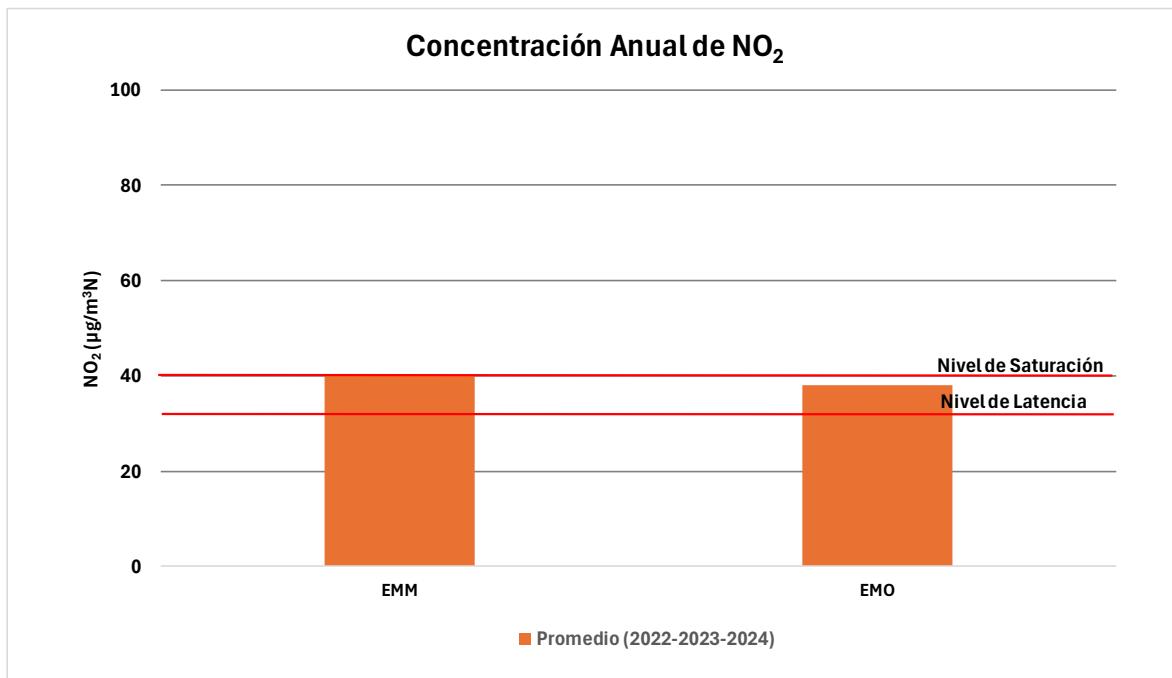


Gráfico 18 Norma Anual para NO₂, Promedio tres años para el período 2022 al 2024



7. CONCLUSIONES

El análisis de los datos de calidad del aire de la Red MACAM-3, consideró la información válida generada de las mediciones de MP10, MP2,5, SO₂, NO₂, O₃ y CO, en base al período comprendido entre el 1° de enero de 2022 y el 31 de diciembre de 2024, de las estaciones de la Red MACAM-3 con representatividad poblacional por material particulado y gases, período en el cual se utilizó en forma continua un instrumento de medición con aprobación EPA.

Para este informe de examen de información se consideraron como requisitos; la representatividad poblacional por MP10, MP2,5 y gases, de acuerdo con la Tabla 2, el empleo de instrumentos de medición de contaminantes atmosféricos con aprobación USEPA y la correcta validación de los datos por parte del MMA.

Para la auditoría de los datos de mediciones horarias y diarios se consideraron los criterios establecidos en cada una de las normas primarias y aquellos contenidos 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.

Norma de calidad del aire para MP2,5

El resultado del análisis de los datos de MP2,5 para el año 2024, concluyó que la norma de 24 horas que establece como límite 50 µg/m³, fue superada en siete (7) de las ocho (8) estaciones que contaban con disponibilidad de información, siendo la estación Cerro Navia (EMR) la que presentó la concentración más alta con 84 µg/m³, equivalente a un 168% respecto del límite, después le siguen las estaciones de Pudahuel (EMO) con 77 µg/m³, Cerrillos (EMP) con 72 µg/m³ y El Bosque (EMQ) con 71 µg/m³, correspondiente al 154%, 144% y 142% respecto del límite de la norma, en estación Quilicura (EMV) con 64 µg/m³ (128%), La Florida (EML) con 56 µg/m³ (112%) y Puente Alto (EMS) con 50 µg/m³ (100%). Por último, en la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de 45 µg/m³ (90%), concentración superior al 80% del límite de la norma de 24 horas.

Complementariamente, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que las estaciones que presentaron un número superior a 7 días con excedencias fueron: Cerro Navia (EMR) con 56 días, El Bosque (EMQ) con 45 días, Pudahuel (EMO) con 44 días, Cerrillos (EMP) con 39 días, Quilicura (EMV) con 26 días, La Florida (EML) con 18 días, y por último la estación Puente Alto (EMS) con 7 días.

En relación a la evaluación de la norma anual para MP2,5, mediante el cálculo del promedio tres años de las concentraciones, entre el año 2022 y 2024, se determinó que la norma fue superada en seis (6) de las ocho (8) estaciones evaluadas, presentando las siguientes concentraciones: El Bosque (EMQ) con 27 µg/m³ (135%), Cerro Navia (EMR) y Pudahuel (EMO) con 26 µg/m³ (130%), La Florida (EML) con 24 µg/m³ (120%), Quilicura (EMV) con 23 µg/m³ (115%) y Puente Alto (EMS) con



21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (105%). En la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente al 90% del valor límite de la norma anual.

Norma de calidad del aire para MP10

El análisis de la norma de MP10 de 24 horas, que establece como límite 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, determinó que en cinco (5) estaciones con datos válidos, se superó la norma de 24 horas en el año 2024, determinándose las siguientes concentraciones: Cerro Navia (EMR) con 193 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (148%), Cerrillos (EMP) 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (123%), El Bosque (EMQ) y Pudahuel (EMO) con 155 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (119%) ,y Parque O'Higgins (EMN) con 149 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (115%). Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 que se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas en las estaciones de: Quilicura (EMV) con 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (96%), Puente Alto (EMS) con 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (93%) y La Florida (EML) con 123 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (95%) Talagante (EMT) con 115 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (88%).

En forma complementaria, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que de las diez (10) estaciones evaluadas, las estaciones que presentaron el mayor número de excedencias en el año 2024 fueron: Cerro Navia (EMR) con 44 días, Pudahuel (EMO) con 27 días, Cerrillos (EMP) con 22 días, El Bosque (EMQ) con 18 días y Parque O'Higgins (EMN) con 15 días.

A nivel de norma anual de MP10, se concluyó que esta fue superada en ocho (8) de las diez (10) estaciones que cumplían con los criterios establecidos en la norma para el periodo evaluado. Por otra parte, la evaluación determinó que las estaciones que presentaron superación a la norma anual en el año 2024 fueron: El Bosque (EMQ) con 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (144%), Cerro Navia (EMR) con 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (140%), Puente Alto (EMS) con 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (138%), Parque O'Higgins (EMN) con 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (136%), mientras que, Pudahuel (EMO) y La Florida (EML) se determinó una concentración de 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (128%), Quilicura (EMV) con 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (120%) y finalmente la estación La Condes (EMM) una concentración de 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (102%).

Norma primaria de calidad del aire para SO₂

Cabe señalar que, para el período analizado entre los años 2022 al 2024 para el contaminante SO₂, de las cuatro (4) estaciones que cuentan con la calificación EMRPG por SO₂, solo fue posible realizar el análisis de información en las estaciones de La Florida (EML) y El Bosque (EMQ), el resto de las estaciones no presentaron mediciones.

El análisis de la norma de 1 hora que establece un límite de 134 ppbv, mediante el cálculo del percentil 99, determinó que esta no fue superada en las dos (2) estaciones evaluadas y las concentraciones determinadas mediante el promedio de tres años del percentil 99 fueron de: 4,23 ppbv en La Florida (EML) y 4,76 ppbv en El Bosque (EMQ), equivalente al 3,2% y 3,6% respecto del límite de la norma horaria.



El resultado del análisis de la norma de 24 horas para SO₂ que establece como límite 57 ppbv, a través del cálculo del promedio de tres años del percentil 99, concluyó que la norma 24 horas no fue superada en las estaciones evaluadas, La Florida (EML) y El Bosque (EMQ), y los valores determinados fueron de: 3,47 ppbv y 3,57 ppbv, equivalente al 6,1% y 6,3% respecto del límite de la norma de 24 horas.

Respecto de la norma anual para SO₂ que establece como límite 23 ppbv, se concluyó que de las dos (2) estaciones que miden el contaminante no superaron la norma anual, y los valores determinados como promedio tres años correspondieron a: 2,20 ppbv en estación de La Florida (EML) y 2,01 ppbv en estación El Bosque (EMQ), correspondiente al 9,6% y 8,8% respecto del límite de la norma anual.

Norma primaria de calidad del aire para O₃

Para el contaminante O₃ se evaluó la norma de 8 horas mediante el cálculo del percentil 99, para el periodo entre el año 2022 al 2024. Del análisis realizado a las seis (6) estaciones calificadas como EMRPG, solo fue posible la evaluación de la norma de 8 horas en cinco (5) estaciones. La evaluación concluyó que la norma de 8 horas, que establece como límite 61 ppbv, fue superada en todas las estaciones, y los valores obtenidos correspondieron a: 79 ppbv (130%) en las Condes (EMM), 74 ppbv (121%) en La Florida (EML), 65 ppbv (107%) en Parque O'Higgins (EMN), 64 ppbv (105%) en Pudahuel (EMO) y 62 ppbv (102%) en El Bosque (EMQ).

Norma primaria de calidad del aire para CO

De acuerdo con el análisis efectuado para la norma de 1 hora de CO que establece como límite 26 ppmv, para el periodo 2022 al 2024, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las cinco (5) estaciones evaluadas de la Red MACAM-3 y tampoco fue superado el 80% de la norma. Por otra parte, hay que indicar que la concentración más alta se presentó en la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de 6,38 ppmv, correspondiente al 25% del límite de la norma de 1 hora.

En la evaluación del cumplimiento de la norma de 8 horas de CO que establece como límite 9 ppmv, mediante el promedio de tres años (2022 al 2024) del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red MACAM- 3, encontrándose todas por debajo del 80% del límite normativo. Cabe señalar que, la concentración más alta se observó en Pudahuel (EMO) con 4,61 ppmv, correspondiente al 51% del límite de la norma de 8 horas.



Norma primaria de calidad del aire para NO₂

La evaluación de la norma de 1 hora por NO₂ que establece como límite 200 µg/m³N, mediante el cálculo del promedio del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora de tres años calendarios, entre los años 2022 y 2024, concluyó que la norma no fue superada y solo se superó el 80% de la norma de 1 hora. Cabe destacar que, del análisis realizado se determinó que la norma de 1 hora superó el 80% en una (1) de las dos (2) estaciones en estudio, determinándose una concentración de 170 µg/m³N en estación Las Condes (EMM), correspondiente al 85% respecto del límite de la norma de 1 hora.

Respecto de la evaluación de la norma de NO₂ a nivel 24 horas y que establece como límite 100 µg/m³N, concluyó que la norma no fue superada en las estaciones Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO). Hay que señalar que, se determinó el valor de la norma 24 horas para NO₂, mediante el cálculo del promedio tres años del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas, se determinó que las dos (2) estaciones evaluadas superaron el 80% de la norma, y las concentraciones correspondieron a: 89 µg/m³N en estación Las Condes (EMM) y 95 µg/m³N en Pudahuel (EMO), equivalentes al 89% y al 95% respecto del límite de la norma de 24 horas.

En relación con la evaluación de la norma de NO₂ a nivel anual y que establece como límite 40 µg/m³N, se determinó que la norma anual fue superada en una (1) de las dos (2) estaciones en estudio, y la otra estación superó el 80% del límite de la norma anual. Cabe señalar que, las concentraciones obtenidas correspondieron a: 40 µg/m³N en estación Las Condes (EMM) y 38 µg/m³N en estación Pudahuel (EMO), correspondiente al 100% y 95% respecto del límite la norma anual.



8. ANEXOS

Nº Anexo	Nombre Anexo
1	Resoluciones EMRP
2	Datos de calidad del aire para el año 2024

