



Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

**INFORME TÉCNICO  
CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE POR  
MP2,5, MP10, PLOMO Y SO<sub>2</sub>**

**EVALUACIÓN DE INFORMACIÓN**

**REDES DE CALIDAD DEL AIRE PUCHUNCAVÍ, QUINTERO Y CONCÓN**

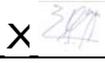
**REGIÓN DE VALPARAÍSO**

**DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN Y CONFORMIDAD AMBIENTAL**

**SECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO**

**DFZ-2021-90-V-NC**

**FEBRERO 2021**

	Nombre	Firma
Aprobado	Claudia Quiroga M.	12-02-2021  Claudia Quiroga M. Jefe Sección de Calidad del aire y Cambio Cl... Firmado por: claudia alejandra quiroga Muñoz
Elaborado	Isabel Leiva Campos	 Isabel Leiva Campos Profesional División de Fiscalización Firmado por: Isabel Leiva Campos

## TABLA DE CONTENIDOS

<i>Tema</i>	<i>Página</i>
1. RESUMEN EJECUTIVO .....	2
2. INTRODUCCIÓN .....	6
3. OBJETIVOS .....	8
4. ALCANCE .....	8
5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS .....	9
5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP2,5, EMRP-MP10, EMRPG y EMRRN .....	10
5.2. Descripción de equipos de medición Red de Ventanas y Red de ENAP Refinerías.....	12
5.3. Auditoría de datos .....	14
6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA .....	21
6.1. Evaluación de la norma para MP2,5 .....	21
6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas MP2,5.....	21
6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP2,5.....	22
6.2. Evaluación de la norma para MP10 .....	23
6.2.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP10.....	23
6.2.2. Evaluación de la norma anual para MP10.....	25
6.3. Evaluación de la norma primaria SO <sub>2</sub> .....	26
6.3.1. Evaluación de la norma primaria de 1 hora SO <sub>2</sub> .....	26
6.3.2. Evaluación de la norma primaria 24 horas SO <sub>2</sub> .....	30
6.3.3. Evaluación de la norma primaria anual de SO <sub>2</sub> .....	32
6.4. Evaluación de la norma secundaria para SO <sub>2</sub> .....	34
6.4.1. Evaluación de la norma secundaria a nivel horario para SO <sub>2</sub> .....	34
6.4.2. Evaluación de la norma secundaria 24 horas SO <sub>2</sub> .....	36
6.4.3. Evaluación de la norma secundaria anual de SO <sub>2</sub> .....	39
6.5. Evaluación de la norma primaria de Plomo (Pb).....	41
6.5.1. Evaluación de la norma anual para Plomo (Pb) .....	41
7. CONCLUSIONES.....	43
8. ANEXOS.....	47

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de las normas de calidad del aire para: MP10, contenida en el D.S. N° 59/1998 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, modificado por el D.S. N° 45/2001 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; MP2,5, contenida en el D.S. N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente; norma primaria para SO<sub>2</sub>, contenida en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio de Medio Ambiente; norma primaria de Plomo, contenida en el D.S. N° 136/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; y norma secundaria para SO<sub>2</sub>, contenida en el D.S. N° 22/2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Lo anterior de acuerdo con lo establecido en el Artículo 16° del párrafo II, de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente: “Corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente, fiscalizar el cumplimiento de las normas de calidad y normas de emisión de cada región, incluida la Metropolitana.”

La actividad de fiscalización de las normas de calidad del aire corresponde a un examen de información para MP2,5, MP10, SO<sub>2</sub> y Pb; donde se consideró para los años 2018 y 2019, el análisis de las normas efectuado en los informes DFZ-2019-664-V-NC y DFZ-2020-2496-V-NC. Para el año 2020 se realizó una auditoría y validación de los datos proporcionados por los titulares; Aes Gener - CODELCO División Ventanas y ENAP Refinerías, de las estaciones de la Red de Ventanas y la Red de ENAP Refinerías; declaradas como estaciones de monitoreo con representatividad poblacional para MP2,5 y MP10 (EMRPMP10 y EMRPMP2,5), representatividad poblacional para gases (EMRPG) y representatividad para recursos naturales (EMRRN). Las 10 estaciones declaradas como EMRPMP, EMRPG y EMRRN, corresponden a: Quintero, La Greda, Puchuncaví, Maitenes, Valle Alegre, Sur, Concón, Colmo, Junta de Vecinos y Las Gaviotas.

El análisis de datos de MP2,5, MP10, SO<sub>2</sub> y Pb se realizó con las mediciones del periodo comprendido entre el 1° de enero y 31 de diciembre de 2020, periodo en el cual se utilizaron instrumentos de medición con aprobación EPA.

Para la auditoría de los datos horarios se consideraron los criterios establecidos en las normas primaria y secundaria de calidad del aire, que indican que los datos deben ser reportados de acuerdo con lo establecido el Reglamento de Estaciones de Medición de Contaminantes Atmosféricos, D.S. N° 61/2008, modificado por el D.S. N° 30/2009, del Ministerio de Salud. Para el cálculo del promedio diario en equipos de tipo gravimétrico, en el caso del MP10 y MP2,5, se utilizó como criterio lo dispuesto en el decreto antes mencionado, que establece el cálculo diario sobre la base de 18 horas continuas de medición. En el caso del SO<sub>2</sub> se utilizó como criterio, para el cálculo del promedio anual las concentraciones mensuales y para el promedio de 24 horas los promedios horarios, de acuerdo con los criterios establecidos en la norma de SO<sub>2</sub>. Para el contaminante primario Plomo se utilizó como criterio lo descrito en la norma, que establece que se debe contar con al menos un 70% de los filtros programados para el mes.

### **Norma de calidad del aire para MP2,5**

La evaluación del cumplimiento de la norma de calidad del aire para MP2,5, que establece la superación de la norma de 24 horas con una concentración mayor a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , determinó que para el año 2018 el percentil 98 de las concentraciones diarias en todas las estaciones analizadas no superó la norma de 24 horas, y solo se observó que en la estación Concón se superó el 80% de la norma con una concentración de  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (82%). En el caso del año 2019 la norma 24 horas no fue superada en ninguna de las estaciones. Por último, para el año 2020 el cálculo del percentil 98 en cada una de las estaciones determinó que en ninguna de las estaciones se superó la norma y la concentración más alta se observó en la estación La Greda con  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (74%).

Del análisis de la norma anual de MP2,5, con la información disponible para los años 2018, 2019 y 2020, se concluyó que la norma anual no fue superada en las estaciones; Puchuncaví, Los Maitenes y Valle Alegre; las concentraciones trianuales expresadas como promedios se mantuvieron por debajo del 80% de la norma anual. No obstante, en las estaciones de Quintero, La Greda y Concón, mediante el cálculo del promedio trianual, se determinó en dichas estaciones una concentración de  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , es decir, un 80% de la norma anual.

### **Norma de calidad del aire para MP10**

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, que fija como límite un valor de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas para los años 2018, 2019 y 2020, determinó que el valor de la norma de MP10 como concentración de 24 horas, no fue superado en ninguna de las estaciones en los años analizados y los valores del percentil 98 se encontraron por debajo del 80% de la norma.

Respecto de la norma anual de MP10 que establece como límite una concentración de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , se determinó que el promedio trianual (2018-2019-2020) en cada una de las estaciones evaluadas no superó la norma anual de MP10. Sin embargo, se registraron porcentajes superiores al 80% de la norma anual en las estaciones de Concón con una concentración de  $42 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (84%) y Colmo con una concentración de  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (82%).

### **Norma primaria de calidad del aire para SO<sub>2</sub>**

La evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO<sub>2</sub>, que establece como límite 134 ppbv (350 µg/m<sup>3</sup>N), mediante el cálculo del promedio aritmético del percentil 98,5 de tres años calendario sucesivos, determinó que la norma no fue superada en las estaciones para el período en evaluación (2018 al 2020), y la concentración promedio trianual más alta a nivel horario se registró en la estación Quintero con 87,14 ppbv (65%).

La evaluación de la norma primaria de SO<sub>2</sub>, concluyó que la norma 24 horas de 57 ppbv (150 µg/m<sup>3</sup>N) no fue superada en las estaciones para el período en evaluación (2018 al 2020), y la concentración promedio trianual más alta de 24 horas se registró en la estación Quintero con 40,47 ppbv (71%).

Respecto de la norma anual que establece como límite 23 ppbv (60 µg/m<sup>3</sup>N), se determinó que no fue superada en ninguna de las estaciones para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020, y los valores se encontraron por debajo del 80% del límite de la norma anual.

### **Norma secundaria de calidad del aire para SO<sub>2</sub>**

La evaluación del cumplimiento de la norma secundaria de SO<sub>2</sub>, para el periodo comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020, determinó lo siguiente:

Respecto a la norma secundaria horaria, se realizó una evaluación de esta en las dos condiciones descritas en la norma mencionada. En el caso de la evaluación mediante el cálculo del promedio trianual del percentil 99,73, que establece un límite de 382 ppbv (1.000 µg/m<sup>3</sup>N), se determinó que todas las estaciones se encontraron por debajo del 80% del límite normativo. En la segunda condición, se evaluó el percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas durante un año calendario, el que establece un límite de 764 ppbv (2.000 µg/m<sup>3</sup>N), de lo cual se concluyó que todas las estaciones de la red se encontraron por debajo del 80% del límite horario definido para este caso. Por consiguiente, la norma secundaria horaria no fue superada en las estaciones de la red en ninguna de las dos condiciones analizadas.

Para la norma secundaria de 24 horas, cuyo límite es de 140 ppbv (365 µg/m<sup>3</sup>N), el cálculo del promedio trianual del percentil 99,7 determinó que ésta no fue superada en ninguna de las estaciones y los valores se encontraron por debajo del 80% de la norma. De igual manera, se evaluó la concentración anual para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado las concentraciones en todas las estaciones estuvieron por debajo del límite de 280 ppbv. Por consiguiente, la norma secundaria 24 horas no fue superada en las estaciones de la red en ninguna de las dos condiciones analizadas.

Respecto de la norma secundaria anual que establece un límite de 31 ppbv ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ), al calcular el promedio aritmético de las concentraciones anuales de los 3 años, se determinó que ésta no fue superada en ninguna de las estaciones analizadas y los valores obtenidos se encontraron por debajo del 80% de la norma. De igual manera, se evaluó la norma como concentración anual para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado las concentraciones en todas las estaciones se encontraron por debajo del límite de 62 ppbv. Por consiguiente, la norma secundaria anual no fue superada en las estaciones de la red en ninguna de las dos condiciones analizadas.

### **Norma primaria de calidad del aire para Pb**

La revisión de la norma primaria de calidad del aire para plomo se realizó en base al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2019 y el 31 de diciembre de 2020, considerándose válida la información generada de las mediciones de MP10 y la determinación de las concentraciones de plomo en filtros de MP10. Del análisis efectuado se pudo determinar lo siguiente:

El número de los análisis químicos de plomo en filtros de MP10 supera el 70% mensual que exige la norma, por tanto, la información proporcionada por la red de Aes Gener-CODELCO cumplió con el número de concentraciones válidas para plomo en filtros. Cabe destacar que, las estaciones de la Red de ENAP Refinerías no poseen información suficiente para efectuar una evaluación normativa, debido a las exigencias de su evaluación ambiental, y por lo tanto no se consideran para la evaluación de esta norma.

Del resultado de la evaluación de la norma anual de plomo, que fija como límite  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , se verificó que las concentraciones obtenidas en las estaciones de la Red de Aes Gener-CODELCO, no superaron la norma anual de plomo y los valores se encontraron por debajo del 80% de la norma.

## 2. INTRODUCCIÓN

El D.S. N° 185/1992 del Ministerio de Minería estableció que se instalará una red de monitoreo permanente de calidad del aire en la zona circundante al Complejo Industrial de Ventanas. El proyecto de red de monitoreo fue aprobado por Resolución Conjunta N° 2005 y N° 115 del 29 de abril de 1992, del Servicio de Salud de Viña del Mar-Quillota y Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Valparaíso, respectivamente; las que fueron modificadas posteriormente por la Res. N° 3474 y N° 206, del 23 de julio de 1992, del Servicio de Salud de Viña del Mar-Quillota y Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Valparaíso, respectivamente.

Debido a que las concentraciones monitoreadas por dicha red alcanzaron niveles por sobre la norma establecida por el D.S. N° 185/1992, el año 1994 se declaró la zona delimitada por las áreas jurisdiccionales de las comunas de Puchuncaví y Quintero, como saturada en material particulado respirable (MP10) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), mediante el D.S. N° 346/1994 del Ministerio de Agricultura.

Cabe señalar, que el 30 de marzo de 2019 se publicó en el diario oficial el D.S. N° 105 que aprueba el Plan de prevención y descontaminación atmosférica para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, entrando en vigencia el mismo día de su publicación. Además, en dicho documento se indica que se utilizaron para la elaboración del plan 10 estaciones de la zona de Quintero, Puchuncaví y Concón, y estas corresponden a; Quintero, La Greda, Puchuncaví, Los Maitenes, Valle Alegre y Sur, de la red de CODELCO Ventana y Aes Gener; y Concón, Colmo, Junta de Vecinos y Las Gaviotas, de la Red ENAP. De acuerdo con lo mencionado, para la evaluación de las normas de calidad en el presente informe se utilizaron las estaciones descritas anteriormente.

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.

Por lo expuesto anteriormente, se realizó un análisis de la validez de las mediciones de MP2,5, MP10, Pb y SO<sub>2</sub>, informadas por la Red de monitoreo de calidad del aire de Aes Gener-CODELCO Ventanas y la Red de ENAP Refinerías en el año 2019. Cabe señalar que en los informes DFZ-2019-664-V-NC y DFZ-2020-2496-V-NC, emitidos por la Superintendencia del Medio Ambiente, contienen la auditoría y validación de los datos generados durante los años 2018 y 2019. Respecto del año 2020 los datos fueron proporcionados por los titulares Aes Gener, CODELCO División Ventanas y ENAP Refinerías, en forma mensual. Las estaciones informadas en ambas redes cuentan con declaración de representatividad poblacional (EMRP en adelante) por MP2,5, MP10, representatividad poblacional de gases (EMRPG en adelante) por SO<sub>2</sub> primario y representatividad de recursos naturales (EMRRN en adelante) para SO<sub>2</sub> secundario. El proceso de auditoría y análisis de los datos consideró la verificación del cumplimiento normativo de las normas primarias y

secundaria de calidad del aire de cada contaminante y el cumplimiento de las exigencias del D.S. N° 61/2008, modificado por D.S. N°30/2009, del Ministerio de Salud.

Estos antecedentes permitirán al Ministerio del Medio Ambiente activar los instrumentos de política pública que correspondan, de acuerdo con lo establecido en la Resolución Exenta N° 302, de 2011, del Subsecretario del Medio Ambiente, que instruye sobre modificaciones al procedimiento de declaración de zona saturada y latente, a partir de la entrada en vigencia de la nueva Institucionalidad Ambiental, modificada por la Resolución Exenta N° 422, de 2012.

### 3. OBJETIVOS

El objetivo general es evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire primaria para MP2,5, MP10, Pb, SO<sub>2</sub> y norma secundaria para SO<sub>2</sub>; en su nivel horario, diario y anual, según corresponda, considerando el período de información comprendido entre el 1° de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2020, en las estaciones que cuentan con representatividad poblacional para material particulado MP2,5, MP10, gases (específicamente SO<sub>2</sub>), y además, cuenten con representatividad para recursos naturales.

Para lo anterior se determinó la validez de las mediciones de MP2,5, MP10, Pb y SO<sub>2</sub>, realizadas por la Red de monitoreo de calidad del aire de Ventanas y la Red de ENAP Refinerías en el año 2019, en base a una auditoría de los datos. Para los años 2018 y 2019 se utilizaron los datos validados por esta Superintendencia y publicados en los informes de fiscalización DFZ-2019-664-V-NC y DFZ-2020-2496-V-NC, respectivamente.

### 4. ALCANCE

Los datos validados por esta Superintendencia en el presente informe corresponden a los registros de MP2,5, MP10, SO<sub>2</sub> y Pb de la Red de Ventanas y la Red de ENAP Refinerías, para el periodo comprendido entre el 1° de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2020.

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de MP2,5, MP10, SO<sub>2</sub> y Pb, que cumplen con ser estaciones con EMRP y/o EMRRN para MP2,5, MP10 y SO<sub>2</sub> son: Quintero, La Greda, Puchuncaví, Maitenes, Valle Alegre, Sur, Concón, Colmo, Junta de Vecinos y Las Gaviotas.

El presente documento evaluó el cumplimiento de las normas primaria y secundaria de calidad vigentes para el periodo evaluado entre el 1° de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2020. A continuación, en la Tabla 1 se muestran los valores límite a nivel horario, diario y anual, por contaminante y cuerpo normativo, según corresponda:

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

Norma	Descripción	Contaminante	Límite concentración horaria	Límite concentración 24 horas	Límite concentración anual
Primaria	D.S. N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente	MP2,5	No aplica	50 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>
	D.S. N° 104/2018 del Ministerio de Medio Ambiente	SO <sub>2</sub>	134 ppbv (350 µg/m <sup>3</sup> N)	57 ppbv (150 µg/m <sup>3</sup> N)	23 ppbv (60 µg/m <sup>3</sup> N)
	D.S. N° 59/1998, modificado por D.S. N° 45/2001, del Ministerio Secretaria General de la Presidencia de la República	MP10	No aplica	150 µg/m <sup>3</sup> N	50 µg/m <sup>3</sup> N
	D.S. N° 136/2000 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia de la República	Plomo	No aplica	No aplica	0,5 µg/m <sup>3</sup> N
Secundaria	D.S. N° 22/2009, del Ministerio Secretaria General de la Presidencia de la República	SO <sub>2</sub>	382 ppbv (promedio del percentil 99,73 de 3 años) o 764 ppbv (percentil 99,73 durante un año)	140 ppbv (promedio del percentil 99,7 de 3 años) o 280 ppbv (percentil 99,7 durante un año)	31 ppbv (promedio trianual) o 62 ppbv (promedio anual)

## 5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

La información de las mediciones para los años 2018 y 2019, corresponden a los datos auditados y validados en el marco de los informes DFZ-2019-664-V-NC y DFZ-2020-2496-V-NC, emitidos por la Superintendencia del Medio Ambiente durante el año 2019 y 2020, respectivamente.

Para los datos del año 2020 se utilizó la información remitida por los titulares de la Red de Ventanas Aes Gener y CODELCO División Ventanas, antecedentes solicitados mediante la Resolución Exenta N° 734 de 2014, y la información remitida por el titular ENAP para la Red de ENAP Refinerías, solicitada mediante la Resolución Exenta N° 733 del 2014. La información de calidad del aire recepcionada de ambas redes incluyó los datos crudos (minuto), datos validados y códigos de invalidación, en promedios horarios para SO<sub>2</sub>, diario para material particulado (MP10 y MP2,5) y los resultados de análisis químico para plomo de los filtros de material particulado MP10. Adicionalmente, los titulares remitieron las calibraciones realizadas a los equipos durante el periodo de evaluación. Cabe señalar que la información enviada se reportó de acuerdo con el

formato establecido por la SMA, el cual incluye los códigos de invalidación establecidos en el D.S. N° 61/2008, modificado por el D.S. N° 30/2009, del MINSAL.

Los datos evaluados de MP2,5, MP10, SO<sub>2</sub> y Pb, corresponden a las mediciones realizadas en las estaciones declaradas con representatividad poblacional para material particulado, gases y recursos naturales, indicadas en el punto 5.1 de este documento.

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

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

**Tabla 2 Estaciones declaradas como EMRP-MP2,5, EMRP-MP10, EMRPG y EMRRN<sup>1</sup>**

Estación de Monitoreo	Resolución que otorga EMRP para MP2,5	Resolución que otorga EMRP para MP10	Resolución que otorga EMRP para SO <sub>2</sub>	Resolución que otorga EMRRN
Quintero	Res. Exenta N° 2943 del 26 de diciembre de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 1527 del 28 de junio de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 1527 del 28 de junio de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 2040 del 30 de diciembre de 2010, del Servicio Agrícola y Ganadero de la región de Valparaíso
La Greda	Res. Exenta N° 2944 del 26 de diciembre de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 1924 del 29 de agosto de 2000, del Servicio de Salud Viña del Mar - Quillota	Res. Exenta N° 305 del 28 de enero de 2004, del Servicio de Salud Viña del Mar - Quillota	Res. Exenta N° 2040 del 30 de diciembre de 2010, del Servicio Agrícola y Ganadero de la región de Valparaíso
Puchuncaví	Res. Exenta N° 2940 del 26 de diciembre de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 1924 del 29 de agosto de 2000, del Servicio de Salud Viña del Mar - Quillota	Res. Exenta N° 305 del 28 de enero de 2004, del Servicio de Salud Viña del Mar - Quillota	Res. Exenta N° 2040 del 30 de diciembre de 2010, del Servicio Agrícola y Ganadero de la región de Valparaíso
Los Maitenes	Res. Exenta N° 2942 del 26 de diciembre de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 1924 del 29 de agosto de 2000, del Servicio de Salud Viña del Mar - Quillota	Res. Exenta N° 305 del 28 de enero de 2004, del Servicio de Salud Viña del Mar - Quillota	Res. Exenta N° 2040 del 30 de diciembre de 2010, del Servicio Agrícola y Ganadero de la región de Valparaíso
Valle Alegre	Res. Exenta N° 2941 del 26 de diciembre de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 1924 del 29 de agosto de 2000, del Servicio de Salud Viña del Mar - Quillota	Res. Exenta N° 305 del 28 de enero de 2004, del Servicio de Salud Viña del Mar - Quillota	Res. Exenta N° 2040 del 30 de diciembre de 2010, del Servicio Agrícola y Ganadero de la región de Valparaíso
Sur	No Tiene	No Tiene	No Tiene	Res. Exenta N° 2040 del 30 de diciembre de 2010, del Servicio Agrícola y Ganadero de la región de Valparaíso

<sup>1</sup> Resoluciones de EMRPM10, EMRPM2,5, EMRPG y EMRRN, disponibles en el anexo del Informe DFZ-2014-431-V-NC-EI del año 2014.

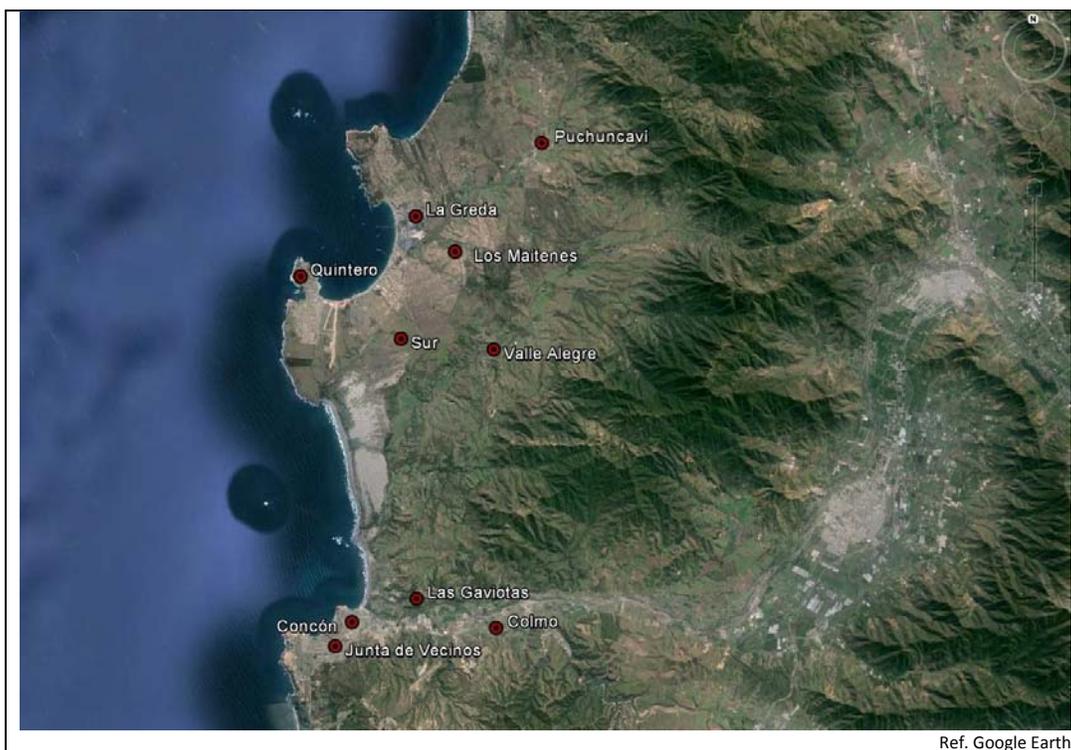
Estación de Monitoreo	Resolución que otorga EMRP para MP2,5	Resolución que otorga EMRP para MP10	Resolución que otorga EMRP para SO <sub>2</sub>	Resolución que otorga EMRRN
Concón	Res. Exenta N° 4421 del 27 de diciembre de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 2330 del 14 de septiembre de 2005, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 306 del 28 de enero de 2004, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 2033 del 30 de diciembre de 2010, del Servicio Agrícola y Ganadero de la región de Valparaíso
Colmo	No Tiene	Res. Exenta N° 2176 del 29 de julio de 2005, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 306 del 28 de enero de 2004, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 2033 del 30 de diciembre de 2010, del Servicio Agrícola y Ganadero de la región de Valparaíso
Junta de Vecinos	No Tiene	Res. Exenta N° 322 del 01 de abril de 2006, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 322 del 01 de abril de 2006, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 2033 del 30 de diciembre de 2010, del Servicio Agrícola y Ganadero de la región de Valparaíso
Las Gaviotas	No Tiene	No Tiene	Res. Exenta N° 2179 del 29 de julio de 2005, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de Valparaíso	Res. Exenta N° 2033 del 30 de diciembre de 2010, del Servicio Agrícola y Ganadero de la región de Valparaíso

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

**Tabla 3 Ubicación de las estaciones de la Red de Ventanas y ENAP Refinerías.**

Red	Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (m)	
		Datum WGS84, Huso 19 S*	
AESGener y CODELCO División Ventanas	Quintero	262.528 E	6.371.087 N
	La Greda	268.185 E	6.373.910 N
	Puchuncaví	274.379 E	6.377.371 N
	Los Maitenes	270.073 E	6.372.171 N
	Valle Alegre	271.889 E	6.367.413 N
	Sur	267.372 E	6.368.004 N
ENAP Refinerías	Concón	264.784 E	6.354.247 N
	Colmo	271.796 E	6.353.859 N
	Junta de Vecinos	263.944 E	6.353.098 N
	Las Gaviotas	267.940 E	6.355.336 N

\*Referencia de las resoluciones EMRP.



**Figura 1 Ubicación de estaciones de calidad del aire de la Red de Ventanas y la Red de ENAP Refinerías.**

## **5.2. Descripción de equipos de medición Red de Ventanas y Red de ENAP Refinerías**

De acuerdo con los antecedentes entregados por los titulares Aes Gener - CODELCO División Ventanas y ENAP Refinerías para el año 2020, los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo de MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> en las estaciones evaluadas, cumplen con el requisito de emplear equipos con aprobación USEPA, establecido en las normas primarias y secundaria de calidad del aire.

A continuación, en la Tabla 4 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub>, Plomo y SO<sub>2</sub>, utilizados en las estaciones de calidad del aire analizadas, durante el año 2020.

**Tabla 4 Listado de estaciones, instrumento y método de medición.**

Red	Estación de Monitoreo	Parámetros	Método de Medición	Marca/Modelo	Métodos de Referencia o Equivalente EPA
AESGener y CODELCO División Ventanas	Quintero	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGIPQ200/200A	RFPS-0498-116
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA -0486-060
	La Greda	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA -0486-060
	Puchuncaví	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA -0486-060
	Maitenes	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA -0486-060
	Valle Alegre	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA -0486-060
	Sur	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA -0486-060
ENAP Refinerías	Concón	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Thermo Scientific G10557PM10-1	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA -0486-060
	Colmo	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Teledyne/100E	EQSA -0495-100
	Junta de Vecinos	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Teledyne /T100	EQSA -0495-100
	Las Gaviotas	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Environnement/AF21M	EQSA -0292-084

### 5.3. Auditoría de datos

Los datos de MP2,5, MP10, Plomo y SO<sub>2</sub> para el año 2020, validados previamente por los titulares, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en las normas primarias y secundaria de calidad del aire respectivas para cada contaminante. Además, se evaluó el comportamiento de los datos para el periodo en estudio, a través de gráficas de series de tiempo para cada una de las estaciones.

La auditoría de los datos consideró una revisión de los códigos de invalidación horarios reportados para el contaminante SO<sub>2</sub> de cada estación y su correspondiente registro de calibración de cero y span o multipunto. Para el caso de los datos diarios de MP10 y MP2,5, medidos con equipos de tipo discreto, se evaluó el número de días sin dato o dato inválido. De este análisis se presentó el siguiente porcentaje de datos inválidos (Tabla 5):

**Tabla 5 Porcentaje de datos inválidos horarios y diarios por contaminante para el año 2020**

Estación	MP2,5 % Diario	MP10 % Diario	SO <sub>2</sub> % Horario
Quintero	0	0	1,2
La Greda	0	0,8	0,9
Puchuncaví	0	0,8	1,1
Los Maitenes	0	0	1,3
Valle Alegre	0	0,0	1,7
Sur	NA	NA	1,0
Concón	0	0,8	1,2
Colmo	NA	1,6	1,4
Junta de Vecinos	NA	0	0,7
Las Gaviotas	NA	NA	1,1

La invalidación de datos para los contaminantes MP10 y MP2,5 se debió principalmente a cortes de energía eléctrica, exceso de tiempo de muestreo y fallas en los equipos. En las estaciones que miden SO<sub>2</sub> la invalidación de datos horarios se debió a mantenciones en terreno y fallas de energía.

Mediante el análisis estadístico se determinó la cantidad de datos disponible para el cálculo de los promedios diarios respecto del SO<sub>2</sub> y de días disponibles para MP10 y MP2,5. La construcción de los promedios diarios (24 horas) se realizó en base a la disponibilidad de datos horarios por día, considerando como mínimo el 75% de datos efectivamente medidos de acuerdo con lo descrito en el D.S. N° 61/2008, modificado por D.S N° 30/2009 de MINSAL. En los casos de días con un porcentaje menor al 75% de datos horarios, estos se invalidaron de acuerdo con lo descrito en el decreto mencionado, sin perjuicio de lo dispuesto en cada una de las normas primarias y

secundarias de calidad del aire correspondiente a cada contaminante en evaluación. Para los datos obtenidos de equipos gravimétricos se consideró la cantidad de horas de funcionamiento del equipo de alto volumen o bajo volumen, MP10 y MP2,5, respectivamente, con un mínimo de 18 horas continuas de medición. Y para la validación de las concentraciones de Plomo se utilizó el criterio establecido en la norma, que considera contar con al menos un 70% de las mediciones programadas en filtros de MP10 para el mes.

En las tablas siguientes, se resumen los días válidos por año y estación para cada contaminante. Se puede observar un porcentaje de datos válidos superior al 75% para los contaminantes de MP10, MP2,5 y SO<sub>2</sub> en las estaciones de las Redes para los años 2018, 2019 y 2020. Se debe señalar que, en las estaciones de Colmo, Junta de Vecinos y Las Gaviotas, pertenecientes a la Red de ENAP Refinerías no se realizan mediciones del contaminante MP2,5.

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

**Tabla 6 Estación Quintero porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2018 y 31 de diciembre de 2020)**

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO <sub>2</sub>	Porcentaje de datos (%)
Quintero	2018	121	99,2	119	97,5	364	99,7
	2019	121	100	120	99,2	363	99,5
	2020	122	100	122	100	366	100

**Tabla 7 Estación La Greda porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2018 y 31 de diciembre de 2020)**

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO <sub>2</sub>	Porcentaje de datos (%)
La Greda	2018	119	97,5	122	100	364	99,7
	2019	119	98,3	121	100	365	100
	2020	122	100	121	99	366	100

**Tabla 8 Estación Puchuncaví porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2018 y 31 de diciembre de 2020)**

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO <sub>2</sub>	Porcentaje de datos (%)
Puchuncaví	2018	122	100	122	100	365	100
	2019	120	99,2	120	99,2	365	100
	2020	122	100	121	99	366	100

**Tabla 9 Estación Los Maitenes porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2018 y 31 de diciembre de 2020)**

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO <sub>2</sub>	Porcentaje de datos (%)
Los Maitenes	2018	121	99,2	121	99,2	364	99,7
	2019	117	96,7	121	100	365	100
	2020	122	100	122	100	363	99,2

**Tabla 10 Estación Valle Alegre porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2018 y 31 de diciembre de 2020)**

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO <sub>2</sub>	Porcentaje de datos (%)
Valle Alegre	2018	121	99,2	120	98,4	358	98,1
	2019	118	97,5	120	99,2	356	97,5
	2020	122	100	122	100	360	98,4

**Tabla 11 Estación Sur porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2018 y 31 de diciembre de 2020)**

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO <sub>2</sub>	Porcentaje de datos (%)
Sur	2018	No Aplica				361	98,9
	2019	No Aplica				364	99,7
	2020	No Aplica				365	99,7

**Tabla 12 Estación Concón porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2018 y 31 de diciembre de 2020)**

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO <sub>2</sub>	Porcentaje de datos (%)
Concón	2018	122	100	122	100	364	99,7
	2019	121	100	120	99,2	365	100
	2020	122	100	121	99	363	99,2

**Tabla 13 Estación Colmo porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2018 y 31 de diciembre de 2020)**

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO <sub>2</sub>	Porcentaje de datos (%)
Colmo	2018	No Aplica		122	100	365	100
	2019			120	99,2	363	99,5
	2020			120	98	362	98,9

**Tabla 14 Estación Junta de Vecinos porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2018 y 31 de diciembre de 2020)**

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO <sub>2</sub>	Porcentaje de datos (%)
Junta de Vecinos	2018	No Aplica		119	97,5	362	99,2
	2019			121	100	358	98,1
	2020			122	100	366	100

**Tabla 15 Estación Las Gaviotas porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2018 y 31 de diciembre de 2020)**

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO <sub>2</sub>	Porcentaje de datos (%)
Las Gaviotas	2018	No Aplica				355	97,3
	2019					359	98,4
	2020					363	99,2

Para efectos de la evaluación anual de las normas respectivas, a continuación, en la Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18 se resume el porcentaje de datos disponibles a nivel mensual, de las estaciones de la Red de Aes Gener - CODELCO y la Red de ENAP Refinerías, observándose una disponibilidad superior al 75% en la mayoría de los datos mensuales para los contaminantes de MP10, MP2,5 y SO<sub>2</sub>.

**Tabla 16 Porcentaje de datos válidos de MP2,5 mensuales por estación para los años 2018, 2019 y 2020**

MESES (%)													
AesGener y CODELCO División Ventanas													
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Quintero	2018	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
La Greda	2018	100	100	100	90	100	90	100	100	90	100	100	100
	2019	100	78	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Puchuncaví	2018	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	100	89	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Los Maitenes	2018	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	100	100	91	100	100	80	100	100	100	100	100	90
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Valle Alegre	2018	100	100	100	100	100	100	91	100	100	100	100	100
	2019	90	100	91	100	90	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ENAP Refinerías													
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Concón	2018	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Tabla 17 Porcentaje de datos válidos de MP10 mensuales por estación para los años 2018, 2019 y 2020**

MESES (%)													
AesGener y CODELCO División Ventanas													
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Quintero	2018	100	100	100	90	100	100	100	100	100	80	100	100
	2019	100	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
La Greda	2018	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100
Puchuncaví	2018	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	100	100	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100
Los Maitenes	2018	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Valle Alegre	2018	100	100	100	100	100	100	91	100	100	100	90	100
	2019	100	100	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ENAP Refinerías													
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Concón	2018	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	100	100	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90
Colmo	2018	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	100	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100

MESES (%)													
AesGener y CODELCO División Ventanas													
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	2020	100	100	100	100	100	80	100	100	100	100	100	100
Junta de Vecinos	2018	90	100	100	100	100	90	100	100	90	100	100	100
	2019	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 18 Porcentaje de datos válidos de SO<sub>2</sub> mensuales por estación para los años 2018, 2019 y 2020

MESES (%)													
AESGener y CODELCO División Ventanas													
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Quintero	2018	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
La Greda	2018	100	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Puchuncaví	2018	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Los Maitenes	2018	100	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	97	100	100	100	97	100	100	100	97	100	100	100
Valle Alegre	2018	100	100	100	100	100	87	94	100	100	97	100	100
	2019	100	100	94	97	97	93	94	100	97	100	100	100
	2020	100	100	100	100	94	100	94	100	100	100	100	94
Sur	2018	100	100	100	100	90	97	100	100	100	100	100	100
	2019	100	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100
ENAP Refinerías													
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Concón	2018	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97
	2019	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	97	100	93	100	100	100	100	100	100
Colmo	2018	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2019	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	93	100	97	100	100	100	100	97	100
Junta de Vecinos	2018	100	100	100	100	100	97	100	100	93	100	100	100
	2019	100	89	97	100	100	93	100	100	100	100	97	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Las Gaviotas	2018	100	93	100	100	100	100	90	100	100	97	87	100
	2019	100	100	94	93	100	100	100	100	100	94	100	100
	2020	97	100	100	100	97	100	100	100	100	97	100	100

La Tabla 19, muestra el porcentaje de filtros de MP10 analizados para el contaminante plomo. Del análisis estadístico se concluye que para la Red de Aes Gener - CODELCO se cumple con el número de concentraciones válidas para plomo en filtros, para el año 2019 y 2020, superando el 70%

mensual que exige la norma. Cabe destacar que las estaciones de la Red de ENAP Refinerías no poseen información suficiente para efectuar una evaluación normativa, debido a las exigencias de su evaluación ambiental, por lo tanto, no se consideran para la evaluación de esta norma.

**Tabla 19 Porcentaje de datos mensuales de Pb por estación para los años 2019 y 2020**

		MESES (%)											
		AesGener y CODELCO División Ventanas											
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Quintero	2019	100	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
La Greda	2019	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100
Puchuncaví	2019	100	100	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100
Los Maitenes	2019	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Valle Alegre	2019	100	100	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

## 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA

### 6.1. Evaluación de la norma para MP2,5

#### 6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas MP2,5

El periodo de evaluación de superación de la norma para MP2,5, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020. En la Tabla 20, 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 2018, 2019 y 2020, de las estaciones de monitoreo de la Red.

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

Tabla 20 Evaluación de la norma de 24 horas para MP2,5 durante el período 2018 al 2020

Red	Estación	Percentil 98 Año 2018 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% de la Norma 24 horas 2018 ( $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Percentil 98 Año 2019 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% de la Norma 24 horas 2019 ( $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Percentil 98 Año 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% de la Norma 24 horas 2020 ( $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
AESGener y CODELCO División Ventanas	Quintero	34	68	31	62	31	62
	La Greda	33	67	34	68	37	74
	Puchuncaví	38	76	36	72	32	63
	Los Maitenes	25	50	28	56	29	58
	Valle Alegre	24	48	22	45	27	53
ENAP Refinerías	Concón	41	82	35	70	34	67

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de los datos disponibles para los años 2018, 2019 y 2020, se determinó que para el año 2018 la norma 24 horas no fue superada en ninguna de las estaciones, y solo se observó que en la estación Concón se superó el 80% de la norma con una concentración de  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (82%). En el caso del año 2019, el cálculo del percentil 98 en cada una de las estaciones determinó que en ninguna de las estaciones se superó la norma y la concentración más alta se observó en la estación Puchuncaví con  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (72%). Por último, para el año 2020 tampoco fue superada la norma de 24 horas ni el 80%, y la concentración más alta se observó en la estación La Greda con  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (74%).

El Gráfico 1, muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de los promedios de las concentraciones diarias para el contaminante MP2,5, por estación, para los años 2018, 2019 y 2020.

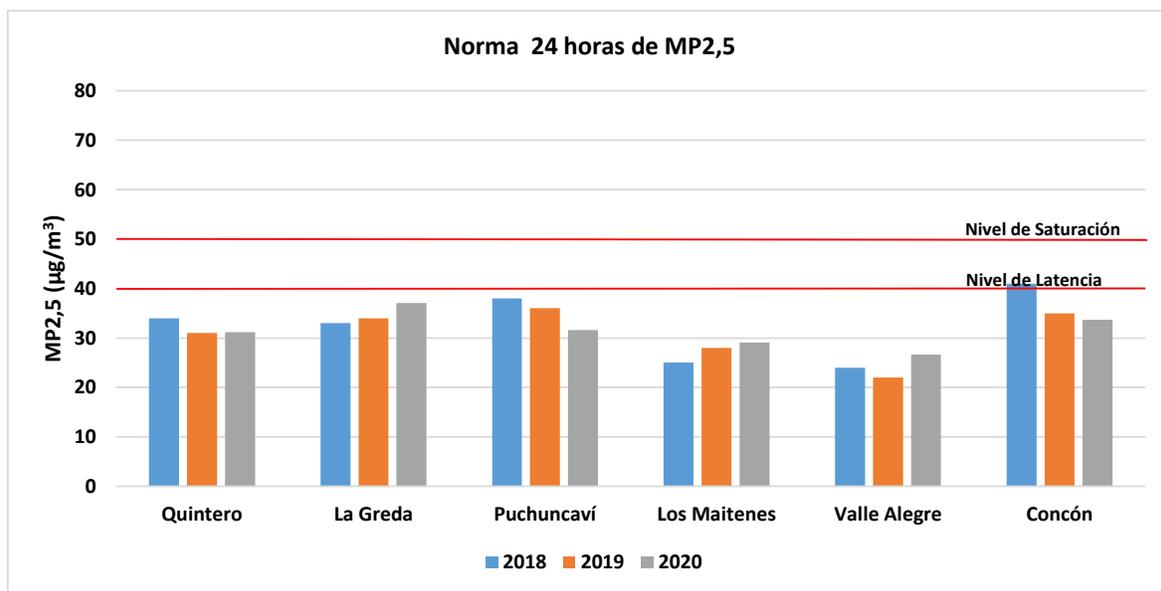


Gráfico 1 Norma 24 Horas para MP2,5

### 6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP2,5

El periodo de evaluación de superación de la norma anual para MP2,5, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020.

De acuerdo con los límites establecido en el D.S. N°12/2011 del MMA, la norma para MP2,5 se considerará sobrepasada cuando el promedio trianual de las concentraciones anuales sea mayor a 20 µg/m³, en cualquier estación monitorea calificada como EMRPMP2,5.

En la Tabla 21 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 2018, 2019 y 2020, en las estaciones de monitoreo de la Red.

Tabla 21 Evaluación de la norma anual para MP2,5 durante el período 2018 al 2020

Red	Estación	Concentración Anual Año 2018 (µg/m³)	Concentración Anual Año 2019 (µg/m³)	Concentración Anual Año 2020 (µg/m³)	Promedio Trianual (2018-2019-2020) (µg/m³)	% de la Norma Anual (20µg/m³)
AesGener y CODELCO División Ventanas	Quintero	15	16	16	16	80
	La Greda	15	16	16	16	80
	Puchuncaví	15	16	15	15	75
	Los Maitenes	12	13	13	13	65
	Valle Alegre	12	12	12	12	60
ENAP Refinerías	Concón	16	17	16	16	80

Los resultados de la evaluación de la norma anual para los años 2018, 2019 y 2020 indican que en las estaciones; Puchuncaví, Los Maitenes y Valle Alegre; las concentraciones trianuales expresadas como promedios se mantuvieron por debajo del 80% de la norma anual. No obstante, en las estaciones Quintero, La Greda y Concón, mediante el cálculo del promedio trianual, se determinó en dichas estaciones una concentración de  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , es decir, un 80% de la norma anual.

Complementariamente, en el Gráfico 2, se pueden observar las concentraciones medias anual por estación, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020.

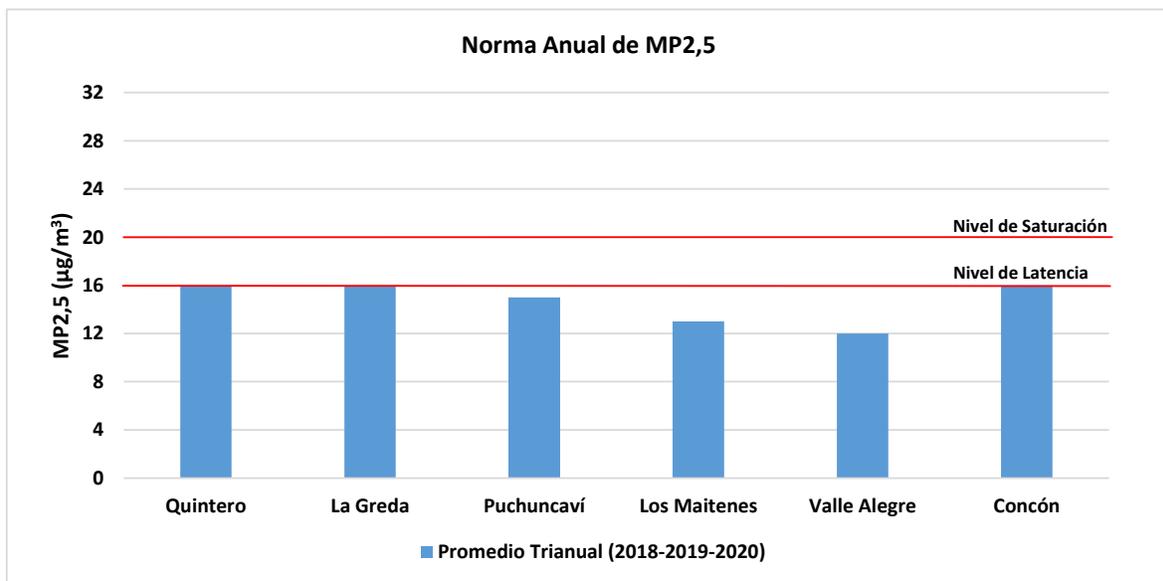


Gráfico 2 Norma anual para MP2,5

## 6.2. Evaluación de la norma para MP10

### 6.2.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP10

El periodo de evaluación de superación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020. En la Tabla 22, se presenta un resumen de los valores calculados del percentil 98 de la concentración 24 horas de la norma de MP10, para los años 2018, 2019 y 2020, de las estaciones de monitoreo de la Red.

Cabe señalar que, de acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 59/1998, modificado por el D.S. N°45/2001, del MINSEGPRES, la norma de calidad del aire para material particulado respirable (MP10), se considerará sobrepasada cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas

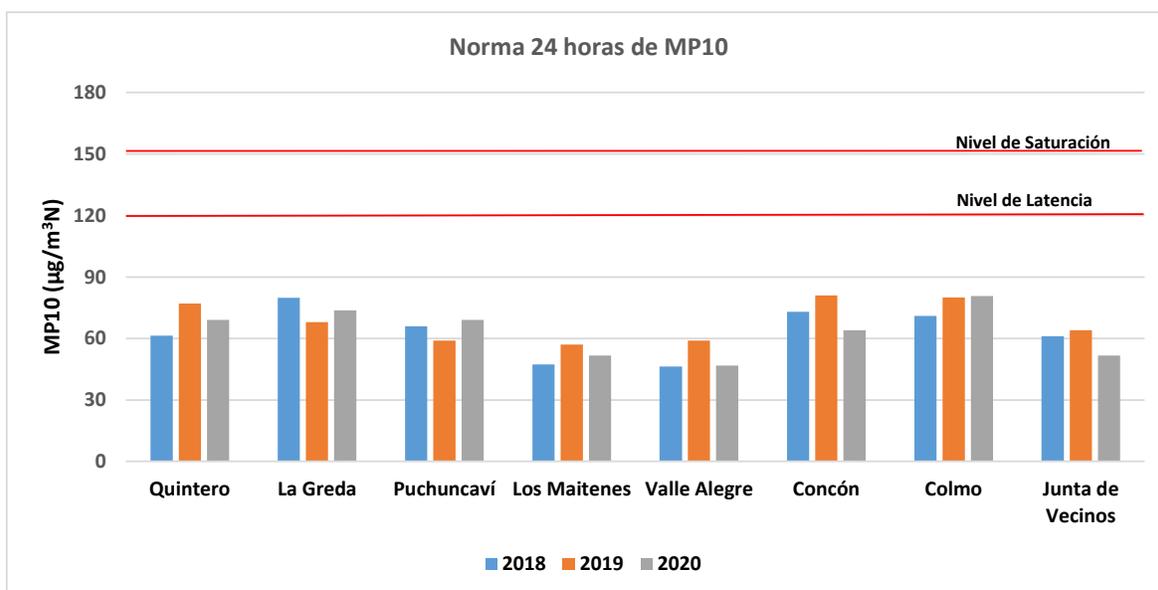
registradas durante un período anual en cualquier estación monitora clasificada como EMRPMP10, sea mayor o igual a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .

**Tabla 22 Evaluación de la norma de 24 horas para MP10 durante el período 2018 al 2020**

Red	Estación	Percentil 98 Año 2018 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	% de la Norma 24 horas Año 2018 ( $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Percentil 98 Año 2019 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	% de la Norma 24 horas Año 2019 ( $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Percentil 98 Año 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	% de la Norma 24 horas Año 2020 ( $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )
AESGener y CODELCO División Ventanas	Quintero	61	41	77	51	69	46
	La Greda	80	53	68	46	74	49
	Puchuncaví	66	44	59	39	69	46
	Los Maitenes	47	32	57	38	52	35
	Valle Alegre	46	31	59	39	47	31
ENAP Refinerías	Concón	73	49	81	54	64	43
	Colmo	71	47	80	53	81	54
	Junta de Vecinos	61	41	64	43	52	35

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 con las concentraciones de 24 horas para los años 2018, 2019 y 2020, se determinó que el valor de la norma diaria de MP10, no fue superado en ninguna de las estaciones y los valores del percentil 98 se encuentran por debajo del 80% de la norma.

El Gráfico 3 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP10, por estación, para los años 2018, 2019 y 2020.



**Gráfico 3 Norma 24 horas para MP10**

### 6.2.2. Evaluación de la norma anual para MP10

El periodo de evaluación de superación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020. En la Tabla 23, se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo del promedio aritmético de las concentraciones de los años 2018, 2019 y 2020, para las estaciones de monitoreo de la Red.

De acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 59/1998, modificado por el D.S. N° 45/2001, del MINSEGPRES, la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, se considerará sobrepasada, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, sea mayor o igual que 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .

**Tabla 23 Evaluación de la norma anual para MP10 durante el período 2018 al 2020**

Red	Estación	Promedio Anual 2018 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Promedio Anual 2019 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Promedio Anual 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Promedio Trianual (2018-2019-2020) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	% de la Norma Anual (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )
AesGener y CODELCO División Ventanas	Quintero	36	41	39	39	78
	La Greda	37	41	38	39	78
	Puchuncaví	35	39	36	37	74
	Los Maitenes	26	30	27	28	56
	Valle Alegre	25	30	27	27	54
ENAP Refinerías	Concón	43	44	38	42	84
	Colmo	39	44	39	41	82
	Junta de Vecinos	36	37	32	35	70

El promedio trianual expresado en porcentaje muestra que en ninguna de las estaciones de la Red se superó la norma anual de MP10. Sin embargo, se registraron porcentajes superiores al 80% de la norma anual en las estaciones de Concón con una concentración de 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (84%) y Colmo con una concentración de 41  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (82%).

Complementariamente, en el Gráfico 4, se pueden observar las concentraciones correspondientes al promedio aritmético de tres años calendario consecutivo, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020.

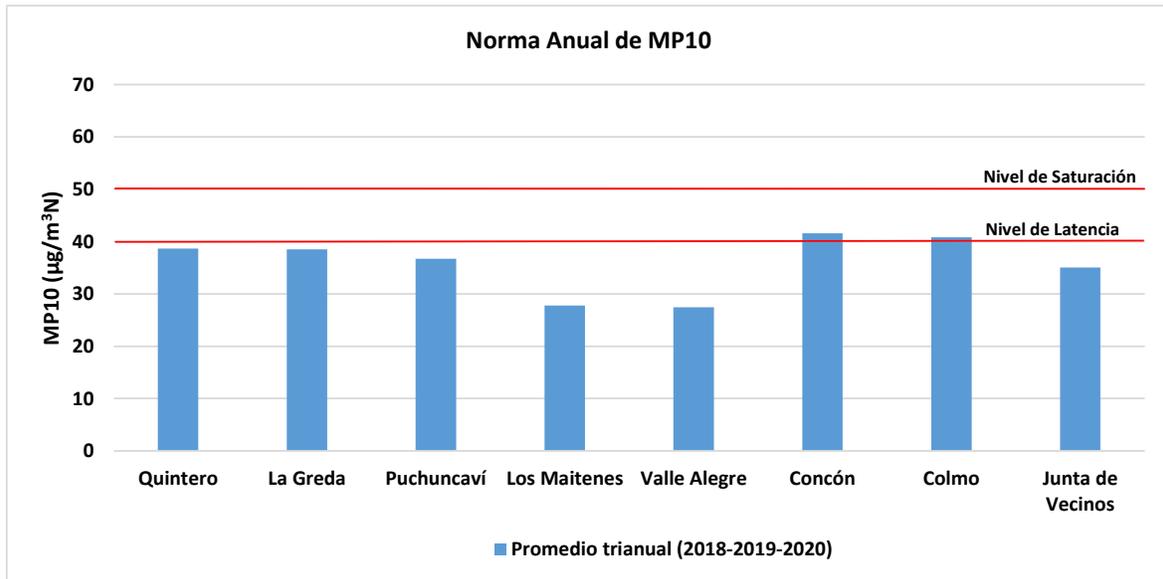


Gráfico 4 Norma anual para MP10

### 6.3. Evaluación de la norma primaria SO<sub>2</sub>

#### 6.3.1. Evaluación de la norma primaria de 1 hora SO<sub>2</sub>

El periodo de evaluación de superación de la norma primaria de 1 hora para SO<sub>2</sub>, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020. En la Tabla 24, se presenta un resumen con los valores del percentil 98,5 de la norma de 1 hora para SO<sub>2</sub>, en todas las estaciones de la Red.

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

- a. Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO<sub>2</sub> como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, fuere mayor o igual a 134 ppbv (350 µg/m<sup>3</sup>N). A partir del cuarto año calendario de publicada la norma en el diario oficial, se considerará un percentil 99 para evaluar esta condición.
- b. Se considerará superada la norma de 1 hora, si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece. A partir del cuarto año calendario año de publicada la norma en el Diario Oficial, se considera un percentil 99 para evaluar esta condición.

**Tabla 24 Evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO<sub>2</sub> para el período 2018 al 2020**

Estación	Percentil 98,5 2018 (ppbv)	% de la Norma Horaria 2018 (268 ppbv)	Percentil 98,5 2019 (ppbv)	% de la Norma Horaria 2019 (268 ppbv)	Percentil 98,5 2020 (ppbv)	% de la Norma Horaria 2020 (268 ppbv)	Promedio Trianual (ppbv)	% de la Norma Horaria (134 ppbv)
Quintero	100,90	38	92,77	35	67,75	25	87,14	65
La Greda	35,80	13	29,71	11	20,34	8	28,62	21
Puchuncaví	34,97	13	28,53	11	26,67	10	30,06	22
Los Maitenes	100,64	38	81,57	30	68,51	26	83,57	62
Valle Alegre	39,83	15	30,31	11	25,96	10	32,03	24
Concón	48,90	18	41,58	16	44,27	17	44,92	34
Colmo	11,70	4	9,29	3	7,40	3	9,46	7
Junta de Vecinos	18,16	7	9,65	4	7,76	3	11,86	9
Las Gaviotas	16,03	6	14,74	6	10,47	4	13,75	10

De acuerdo con lo calculado, Tabla 24, se determinó que la norma de 1 hora no fue superada en ninguna de las estaciones para el período en estudio, y la concentración promedio trianual del percentil 98,5 más alta se presentó en estación Quintero con una concentración de 87,14 ppbv (65%).

El Gráfico 5 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 98,5 del periodo como promedio trianual (condición a). Mientras que, el Gráfico 6 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora para cada uno de los años de periodo analizado (condición b).

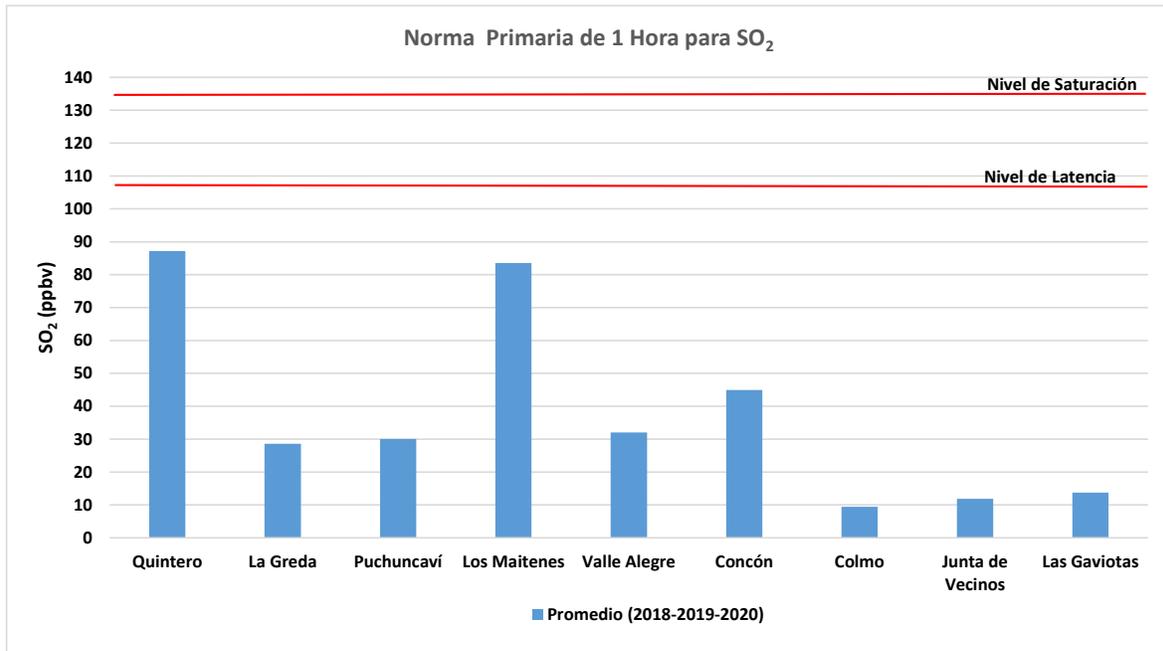


Gráfico 5 Norma primaria de 1 hora para SO<sub>2</sub>, promedio trianual periodo 2018 al 2020 (condición a)

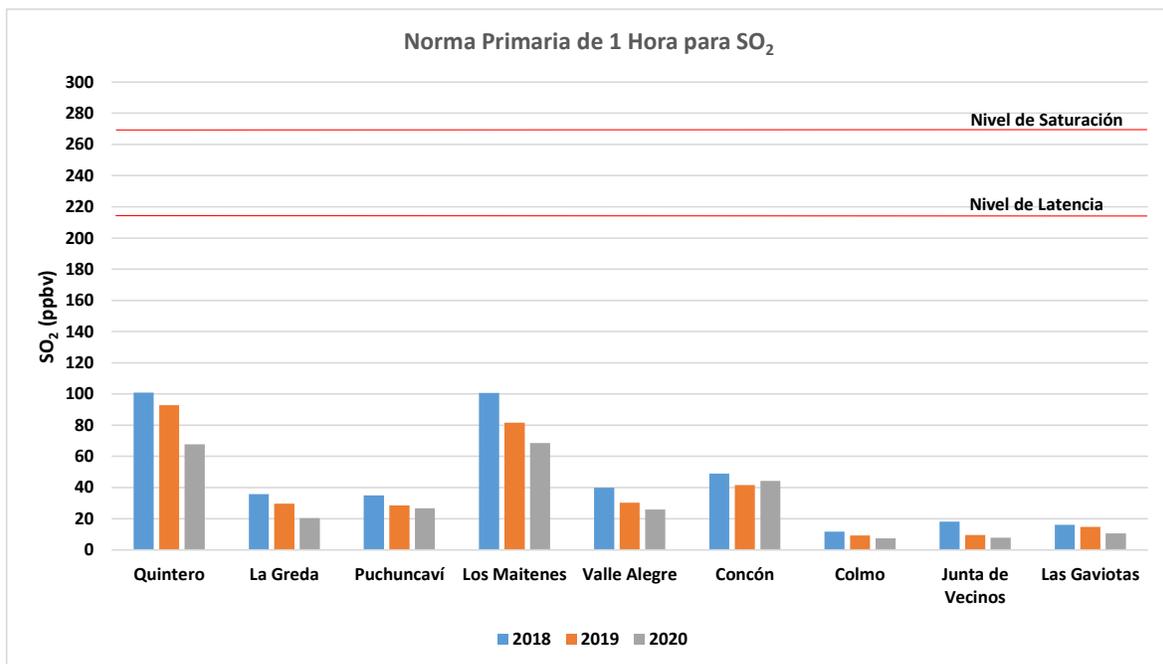


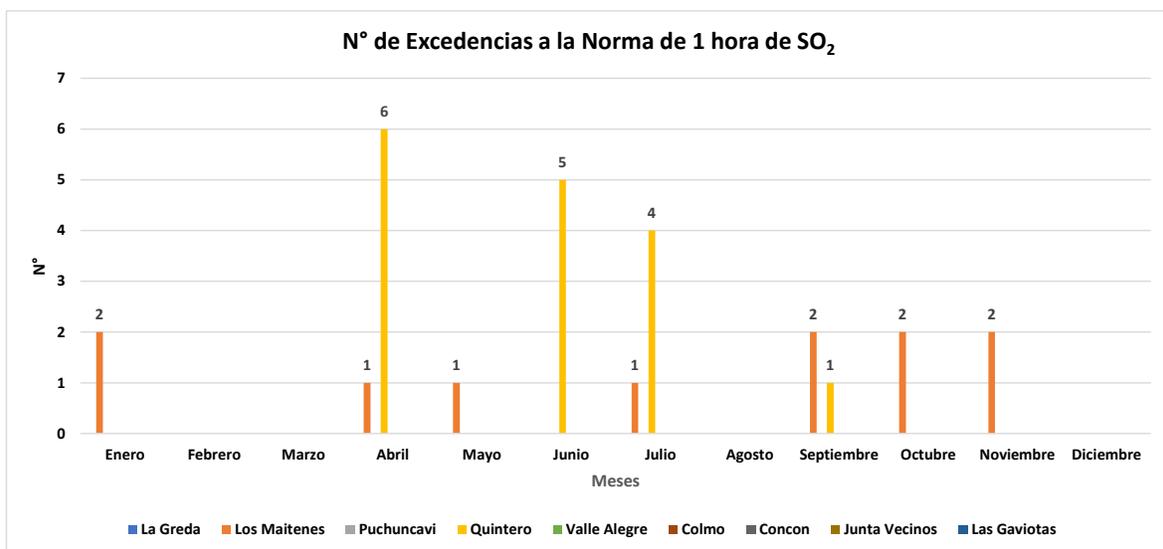
Gráfico 6 Norma primaria de 1 hora para SO<sub>2</sub>, por año para el periodo 2018 al 2020 (condición b)

En la Tabla 25, se resume el número de días de excedencias a la norma de 1 hora de SO<sub>2</sub> por estación durante el año 2020, la cual muestra que el mayor número de excedencias horarias se presentó en la estación Quintero con 16 excedencias y Los Maitenes con 11 excedencias.

**Tabla 25 N° de Excedencias a la norma de 1 Hora de SO<sub>2</sub> por estación para el año 2020**

Estación	N° de Excedencia Horarias
La Greda	0
Los Maitenes	11
Puchuncavi	0
Quintero	16
Valle Alegre	0
Colmo	0
Concón	0
Junta Vecinos	0
Las Gaviotas	0

El Gráfico 7, muestra el número de excedencias por estación, disgregada a nivel mensual, para el período comprendido entre enero y diciembre del año 2020, donde se observa que los días en los cuales hubo más excedencia a la norma ocurrió entre abril, junio y julio, siendo las estaciones de Quintero y Los Maitenes, las que presentaron el mayor número de excedencias a la norma de 1 hora.



**Gráfico 7 Número de Excedencias a la Norma 1 Hora de SO<sub>2</sub> para el 2020**

### 6.3.2. Evaluación de la norma primaria 24 horas SO<sub>2</sub>

El periodo de evaluación de superación de la norma primaria de 24 horas para SO<sub>2</sub>, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020. En la Tabla 26, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 24 horas para SO<sub>2</sub>, en todas las estaciones de la Red.

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

- Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO<sub>2</sub> 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/m<sup>3</sup>N).
- 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.

**Tabla 26 Evaluación de la norma primaria de 24 horas para SO<sub>2</sub> durante el período 2018- 2020**

Red	Estación	Percentil 99 2018 (ppbv)	Percentil 99 2019 (ppbv)	Percentil 99 2020 (ppbv)	Percentil 99 Promedio Trianual (2018-2019-2020) (ppbv)	% de la Norma 24 horas 57 ppbv
AesGener y CODELCO División Ventanas	Quintero	47,16	43,76	30,50	40,47	71
	La Greda	19,07	17,95	12,36	16,46	29
	Puchuncaví	17,19	13,84	12,71	14,58	26
	Los Maitenes	40,38	29,79	22,99	31,05	54
	Valle Alegre	19,69	14,54	12,72	15,65	27
ENAP Refinerías	Concón	32,77	26,01	25,21	28,00	49
	Colmo	6,78	6,01	5,08	5,96	10
	Junta de Vecinos	18,76	8,62	5,76	11,05	19
	Las Gaviotas	10,76	11,12	7,69	9,86	17

De acuerdo con lo calculado, Tabla 26, se determinó que la norma 24 horas no fue superada en ninguna de las estaciones para el período en estudio, y la concentración más alta, determinada mediante el promedio trianual de los percentiles 99, se presentó en estación Quintero con una concentración de 40,47 ppbv (71%).

El Gráfico 8 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99 del periodo como promedio trianual (condición a). Mientras que, el Gráfico 9 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas para cada uno de los años del periodo analizado (condición b).

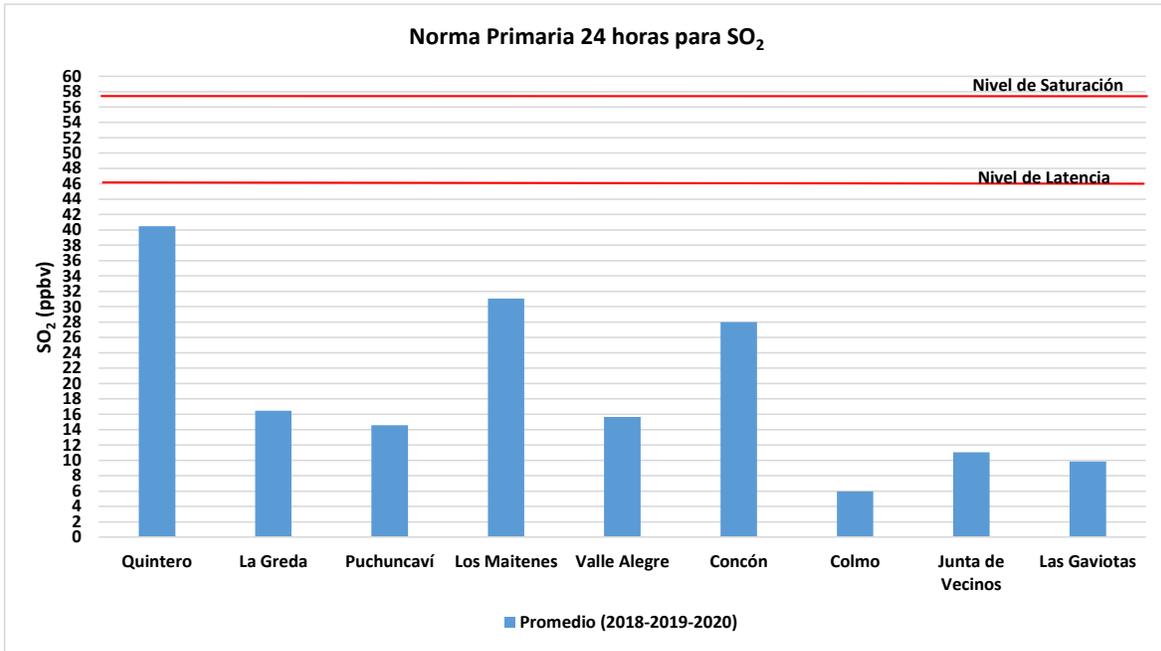


Gráfico 8 Norma primaria 24 horas para SO<sub>2</sub>, promedio trianual periodo 2018 al 2020 (condición a)

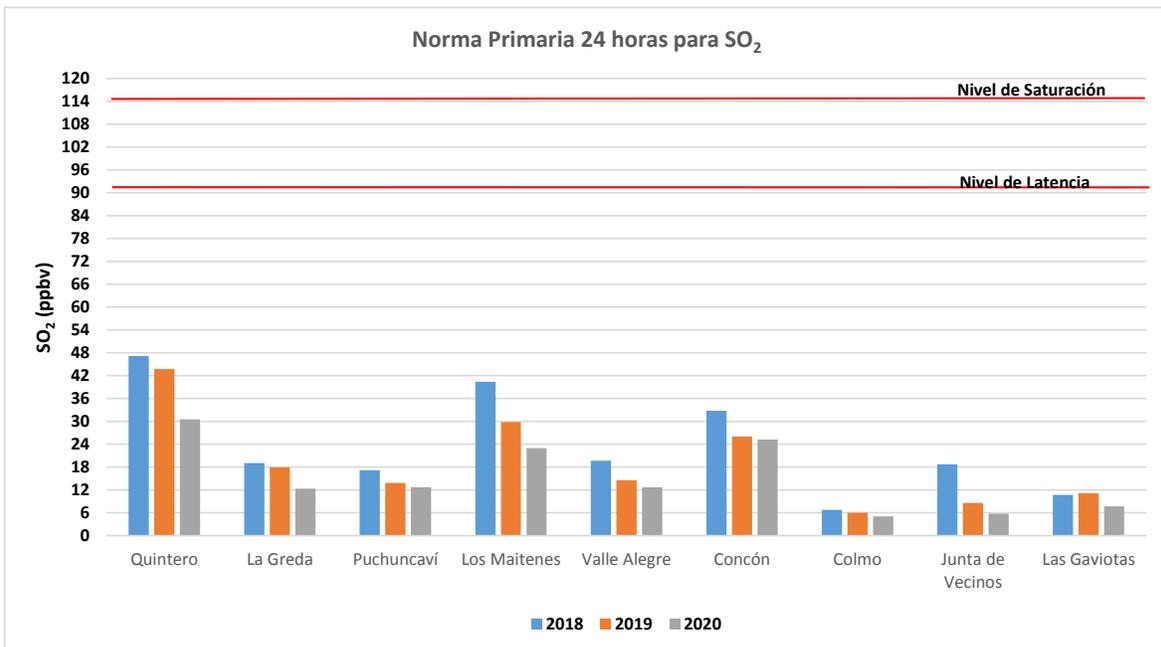


Gráfico 9 Norma primaria 24 horas para SO<sub>2</sub>, por año para el periodo 2018 al 2020 (condición b)

### 6.3.3. Evaluación de la norma primaria anual de SO<sub>2</sub>

El periodo de evaluación de superación de la norma primaria anual para SO<sub>2</sub>, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020. En la Tabla 27, se presenta un resumen con los promedios anuales de SO<sub>2</sub> en todas las estaciones de la red.

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

- Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO<sub>2</sub> como concentración anual, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos de los valores de concentración anual, fuere mayor o igual a 23 ppbv (60 µg/m<sup>3</sup>N).
- 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.

**Tabla 27 Evaluación de la norma primaria anual para SO<sub>2</sub> durante el período 2018 - 2020**

Red	Estación	Concentración Anual 2018 (ppbv)	Concentración Anual 2019 (ppbv)	Concentración Anual 2020 (ppbv)	Promedio Trianual (2018-2019-2020) (ppbv)	% de la Norma Anual 23 (ppbv)
AesGener y CODELCO División Ventanas	Quintero	10,00	9,66	7,33	9,00	39
	La Greda	6,74	4,51	4,16	5,14	22
	Puchuncaví	5,66	4,75	5,01	5,14	22
	Los Maitenes	11,65	8,85	7,26	9,25	40
	Valle Alegre	6,57	5,07	5,15	5,60	24
ENAP Refinerías	Concón	8,94	7,62	6,80	7,79	34
	Colmo	3,44	3,03	2,91	3,13	14
	Junta de Vecinos	3,11	3,18	3,12	3,14	14
	Las Gaviotas	4,38	4,34	3,40	4,04	18

De acuerdo con los resultados de la evaluación de la norma primaria anual, presentados en la Tabla 27, se determinó que las concentraciones obtenidas correspondientes al promedio trianual se encontraron por debajo del 80% de la primaria norma, por lo tanto, en ninguna de ellas se superó el límite establecido en la norma primaria anual y los valores se encontraron por debajo del 40% de la norma anual.

El Gráfico 10 muestra el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios (condición a), y el Gráfico 11 presenta las concentraciones anuales para cada uno de los años de periodo analizado (condición b).

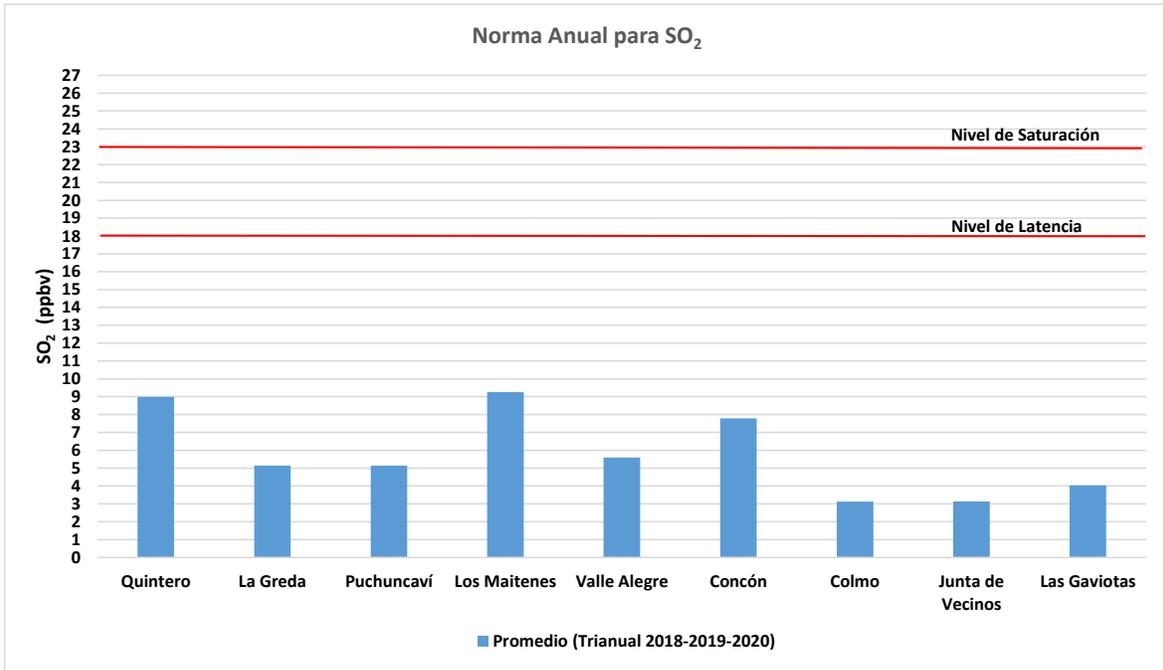


Gráfico 10 Norma primaria anual para SO<sub>2</sub>, promedio trienal periodo 2018 al 2020 (condición a)

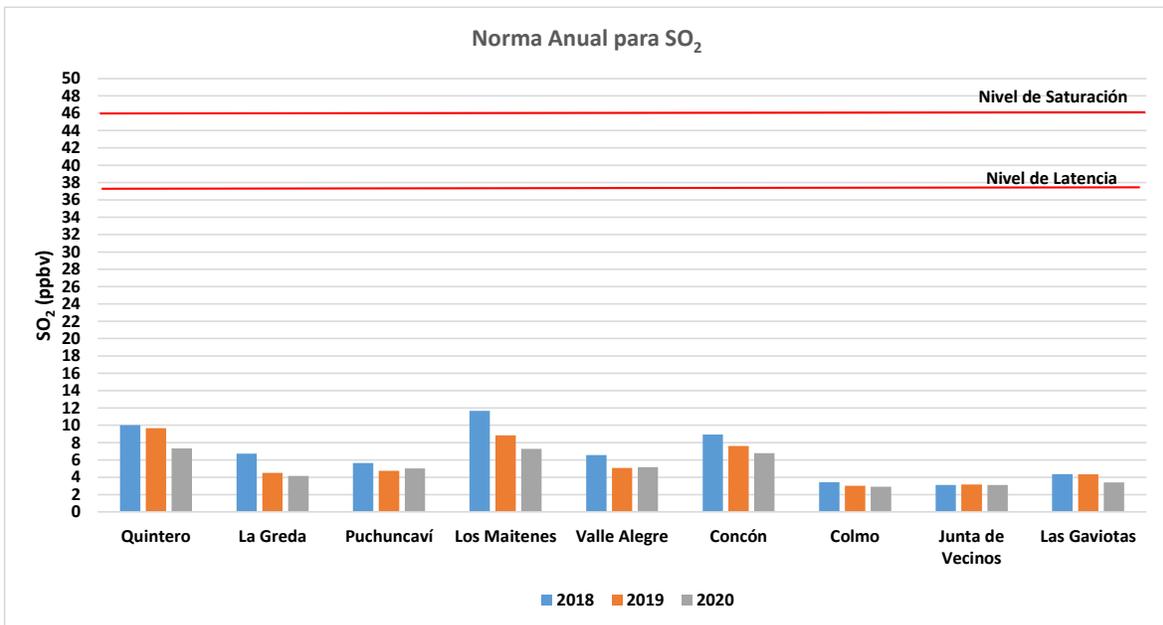


Gráfico 11 Norma primaria anual para SO<sub>2</sub>, promedio anual por año para periodo 2018 al 2020 (condición b)

## 6.4. Evaluación de la norma secundaria para SO<sub>2</sub>

### 6.4.1. Evaluación de la norma secundaria a nivel horario para SO<sub>2</sub>

El periodo de evaluación de superación de la norma secundaria horaria para SO<sub>2</sub>, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020. En la Tabla 28, se presenta un resumen con el cálculo del percentil 99,73 de la norma secundaria horaria para SO<sub>2</sub> en todas las estaciones de la Red.

Se debe señalar que se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para SO<sub>2</sub> como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual a 382 ppbv (1.000 µg/m<sup>3</sup>N). Además, se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 1 hora, si en un año calendario el percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN fuere mayor o igual a 764 ppbv (2.000 µg/m<sup>3</sup>N).

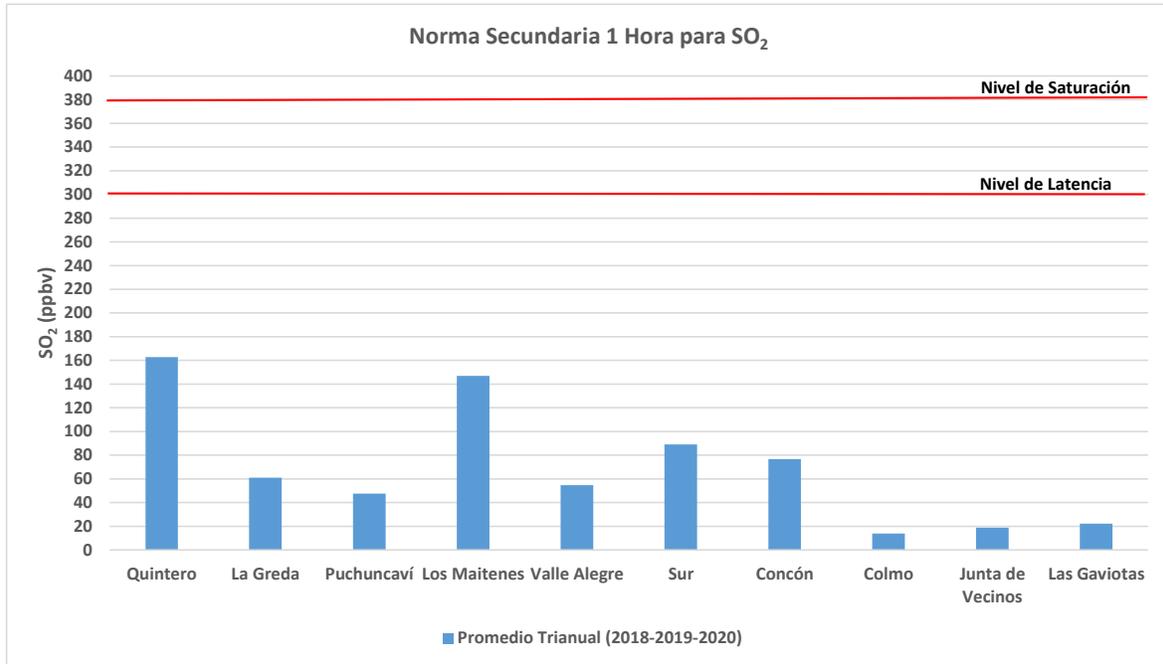
Tabla 28 Evaluación de la norma secundaria horaria para SO<sub>2</sub> durante el período 2018 - 2020

Estación	Percentil 99,73 2018 (ppbv)	% de la Norma Horaria 2018 (764 ppbv)	Percentil 99,73 2019 (ppbv)	% de la Norma Horaria 2019 (764 ppbv)	Percentil 99,73 2020 (ppbv)	% de la Norma Horaria 2020 (764 ppbv)	Promedio Trianual (ppbv)	% de la Norma Horaria (382 ppbv)
Quintero	185,98	24	178,15	23	124,59	16	162,91	43
La Greda	69,57	9	65,90	9	47,48	6	60,98	16
Puchuncaví	57,73	8	44,89	6	40,25	5	47,62	12
Los Maitenes	189,73	25	139,65	18	111,29	15	146,89	38
Valle Alegre	75,10	10	49,25	6	39,77	5	54,71	14
Sur	103,17	14	94,52	12	69,46	9	89,05	23
Concón	87,40	11	77,28	10	65,14	9	76,61	20
Colmo	17,64	2	13,85	2	10,38	1	13,96	4
Junta de Vecinos	19,73	3	21,26	3	15,43	2	18,81	5
Las Gaviotas	25,95	3	22,42	3	18,24	2	22,20	6

En la Tabla 28, se muestran los valores obtenidos del análisis del percentil 99,73 del periodo como promedio trianual y el porcentaje respecto de la norma secundaria horaria, constatándose que todas las estaciones se encuentran por debajo del 80% del límite horario anual (382 ppbv). Del mismo modo, se evaluó el percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en todas las

estaciones se encontraron por debajo del 80% del límite horario anual (764 ppbv). Por lo tanto, se concluye que la norma horaria no fue superada en ninguna de las estaciones evaluadas.

El Gráfico 12 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99,73 del periodo como promedio trianual. Mientras que el Gráfico 13 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99,73 de las concentraciones horarias para cada uno de los años de periodo analizado.



**Gráfico 12 Norma secundaria horaria para SO<sub>2</sub>**

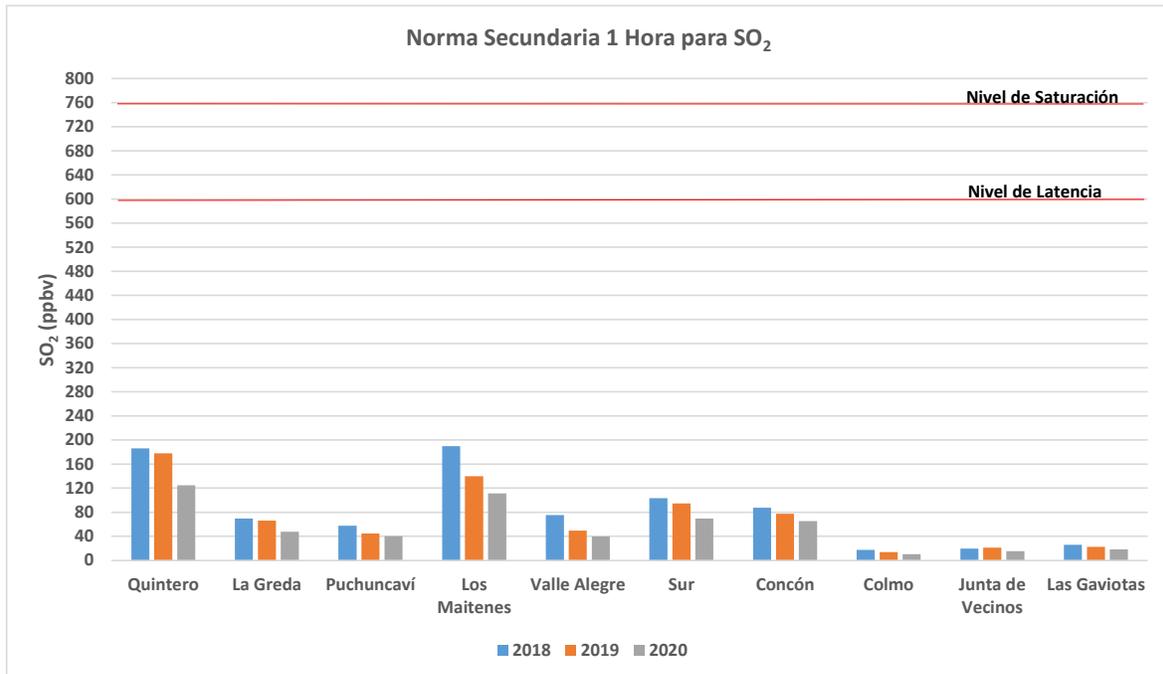


Gráfico 13 Norma secundaria horaria para SO<sub>2</sub> por año

#### 6.4.2. Evaluación de la norma secundaria 24 horas SO<sub>2</sub>

El periodo de evaluación de superación de la norma secundaria para SO<sub>2</sub>, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020. En la Tabla 29, se presenta un resumen con el cálculo del percentil 99,7 de la norma secundaria de 24 horas para SO<sub>2</sub> en todas las estaciones de monitoreo de la Red de Ventanas y la Red de ENAP Refinerías.

Se debe señalar que se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para SO<sub>2</sub> como concentración de 24 horas, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas registradas cada año, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual a 140 ppbv (365 µg/m<sup>3</sup>N). Además, se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas, si en un año calendario el percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas registradas en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN fuere mayor o igual a 280 ppbv (730 µg/m<sup>3</sup>N).

**Tabla 29 Evaluación de la norma secundaria de 24 horas para SO<sub>2</sub> durante el período 2018 - 2020**

Estación	Percentil 99,7 2018 (ppbv)	% de la Norma 24 horas 2018 (280 ppbv)	Percentil 99,7 2019 (ppbv)	% de la Norma 24 horas 2019 (280 ppbv)	Percentil 99,7 2020 (ppbv)	% de la Norma 24 horas 2020 (280 ppbv)	Promedio Percentil 99,7 24 horas (2018-2019-2020) (ppbv)	% de la Norma 24 horas (140 ppbv)
Quintero	63,17	23	48,19	17	48,98	17	53,45	38
La Greda	27,78	10	20,50	7	13,92	5	20,73	15
Puchuncaví	19,23	7	17,51	6	13,92	5	16,89	12
Los Maitenes	46,56	17	31,41	11	26,01	9	34,66	25
Valle Alegre	22,89	8	16,14	6	14,54	5	17,86	13
Sur	36,89	13	31,84	11	22,68	8	30,47	22
Concón	35,03	13	44,53	16	29,33	10	36,30	26
Colmo	8,76	3	7,01	3	5,65	2	7,14	5
Junta de Vecinos	19,12	7	9,29	3	6,64	2	11,68	8
Las Gaviotas	12,29	4	14,30	5	11,15	4	12,58	9

En la Tabla 29, se presentan los valores obtenidos del análisis del percentil 99,7 del periodo 2018 al 2020, como promedio trianual y el porcentaje respecto a la norma 24 horas, constatándose que todas las estaciones se encuentran por debajo del 80% del límite normativo. Del mismo modo, se evaluó el percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas registradas para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en todas las estaciones se encuentran por debajo del 80% del límite que exige la norma.

El Gráfico 14 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99,7 del periodo como promedio trianual. Mientras que el Gráfico 15 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas para cada uno de los años de periodo analizado.

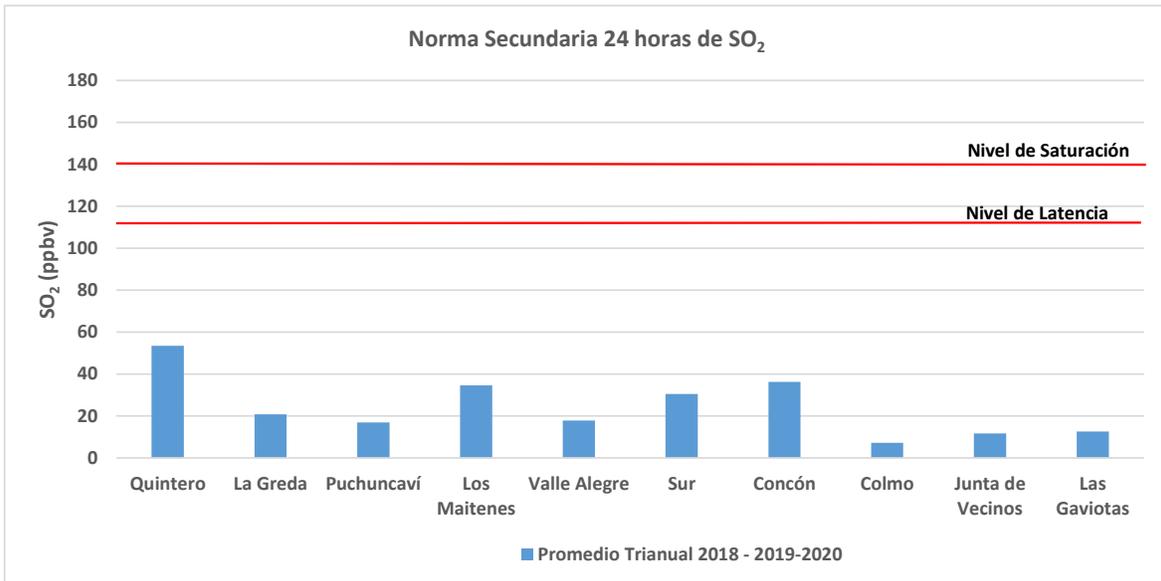


Gráfico 14 Norma secundaria diaria promedio trianual para SO<sub>2</sub>

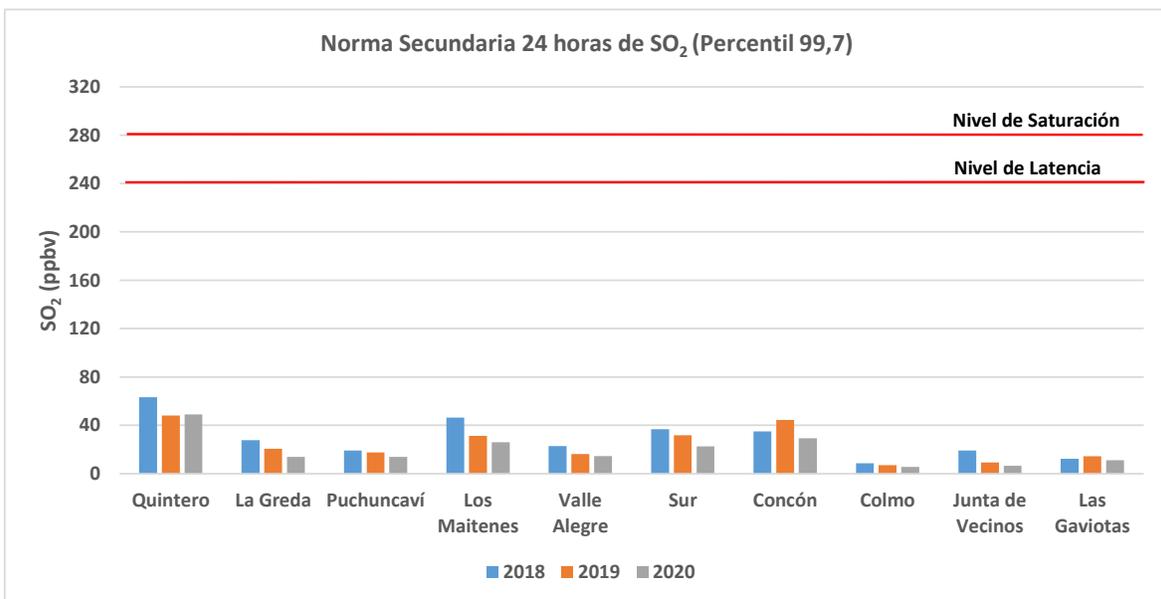


Gráfico 15 Norma secundaria diaria para SO<sub>2</sub> por año

#### 6.4.3. Evaluación de la norma secundaria anual de SO<sub>2</sub>

Se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para SO<sub>2</sub> como concentración anual, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores de concentración anual, en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual a 31 ppbv (80 µg/m<sup>3</sup>N). Se considera también sobrepasada la norma secundaria de calidad del aire como concentración anual, si en un año calendario, el valor de concentración en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN fuere mayor o igual a 62 ppbv (160 µg/m<sup>3</sup>N).

**Tabla 30 Evaluación de la norma secundaria anual para SO<sub>2</sub> durante el período 2018 - 2020**

Estación	Conc. Anual 2018 (ppbv)	% de la Norma Anual 2018 (62ppbv)	Conc. Anual 2019 (ppbv)	% de la Norma Anual 2019 (62ppbv)	Conc. Anual 2020 (ppbv)	% de la Norma Anual 2020 (62ppbv)	Promedio Trianual (2018-2019-2020) (ppbv)	% de la Norma Anual (31 ppbv)
Quintero	10,00	16	9,66	16	7,33	12	9,00	29
La Greda	6,74	11	4,51	7	4,16	7	5,14	17
Puchuncaví	5,66	9	4,75	8	5,01	8	5,14	17
Los Maitenes	11,65	19	8,85	14	7,26	12	9,25	30
Valle Alegre	6,57	11	5,07	8	5,15	8	5,60	18
Sur	9,36	15	7,40	12	6,60	11	7,79	25
Concón	8,94	14	7,62	12	6,80	11	7,79	25
Colmo	3,44	6	3,03	5	2,91	5	3,13	10
Junta de Vecinos	3,11	5	3,18	5	3,12	5	3,14	10
Las Gaviotas	4,38	7	4,34	7	3,40	5	4,04	13

En la Tabla 30, se muestran los valores obtenidos del análisis de las concentraciones anuales del periodo como promedio trianual y el porcentaje respecto de la norma anual, constatándose que todas las estaciones se encuentran por debajo del 80% del límite (31 ppbv). Del mismo modo, se evaluó la concentración anual para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en todas las estaciones se encontraron por debajo del 80% del límite (62 ppbv). Por lo tanto, se concluye que la norma anual no fue superada en ninguna de las estaciones en estudio.

El Gráfico 16 muestra las concentraciones anuales del periodo como promedio trianual. Mientras que el Gráfico 17 presenta las concentraciones anuales para cada uno de los años analizados.

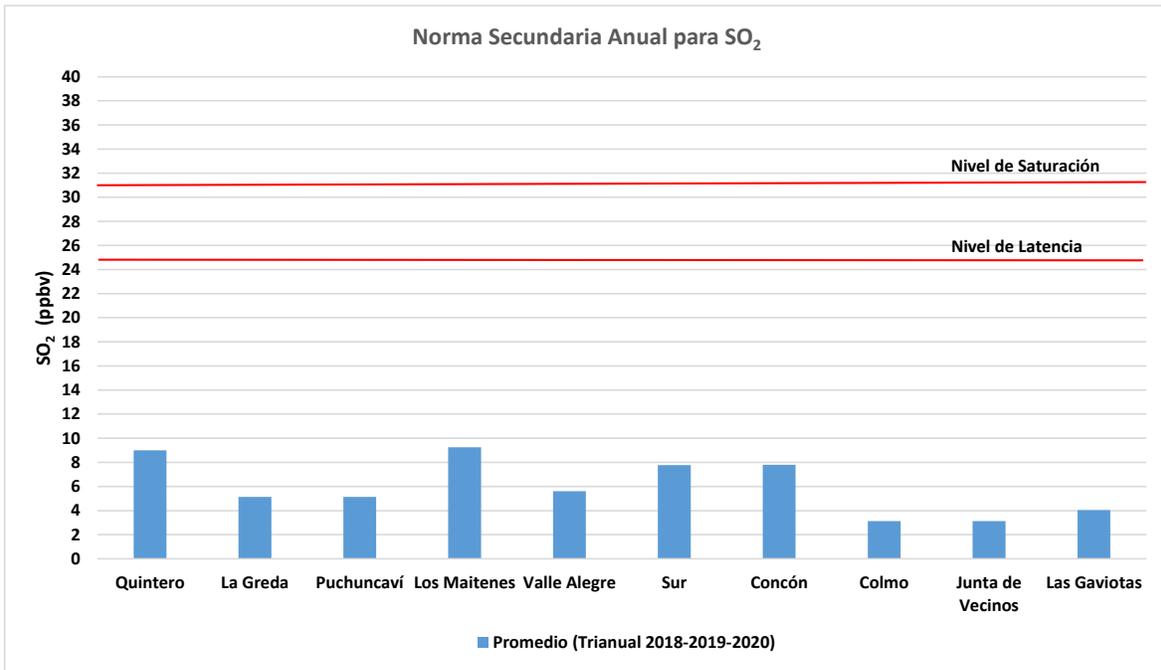


Gráfico 16 Norma secundaria promedio trienal para SO<sub>2</sub>

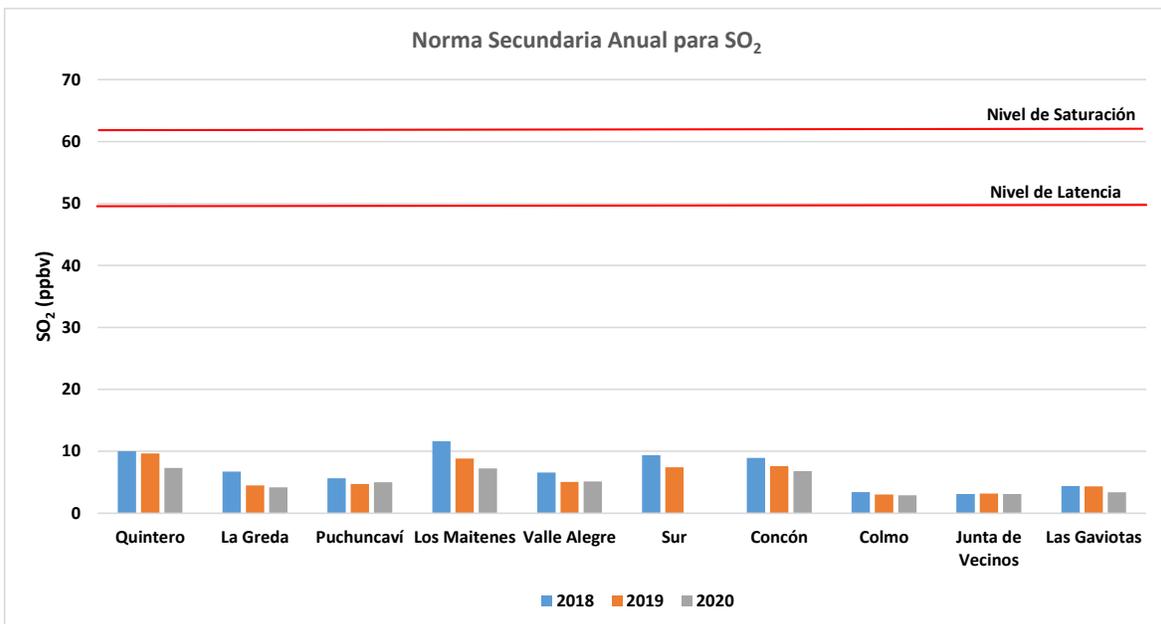


Gráfico 17 Norma secundaria anual para SO<sub>2</sub> por año

## 6.5. Evaluación de la norma primaria de Plomo (Pb)

### 6.5.1. Evaluación de la norma anual para Plomo (Pb)

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

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

Para la evaluación de la norma de plomo se utilizaron los resultados de los análisis químicos efectuados a los filtros de material particulado MP10. El periodo de evaluación de la norma anual de plomo (Pb), corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2020. En la Tabla 31, se presenta un resumen con las concentraciones anuales para plomo sólo en las estaciones de monitoreo de la Red de Aes Gener – CODELCO. Cabe destacar que las estaciones de la Red de ENAP Refinerías no poseen información suficiente para efectuar una evaluación normativa, debido a las exigencias de su evaluación ambiental, y por lo tanto no se consideran para la evaluación de esta norma.

El promedio bianual expresado en porcentaje, Tabla 31, muestra que la norma anual de Plomo no fue superada en las estaciones de monitoreo de la Red de Aes Gener – CODELCO, y los porcentajes obtenidos respecto de la norma se encontraron por debajo del 80% de la misma.

**Tabla 31 Evaluación de la norma primaria anual para Pb durante el período 2019 – 2020**

Red	Estación	Concentración Anual 2019 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Concentración Anual 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Promedio bianual (2019-2020) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	% de la Norma Anual 0,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )
AesGener Y CODELCO División Ventanas	Quintero	0,058	0,049	0,054	11
	La Greda	0,020	0,018	0,019	4
	Puchuncaví	0,016	0,016	0,016	3
	Los Maitenes	0,040	0,030	0,035	7
	Valle Alegre	0,016	0,016	0,016	3

El Gráfico 18, presenta el promedio bianual de las concentraciones anuales de Plomo para el periodo comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2020.

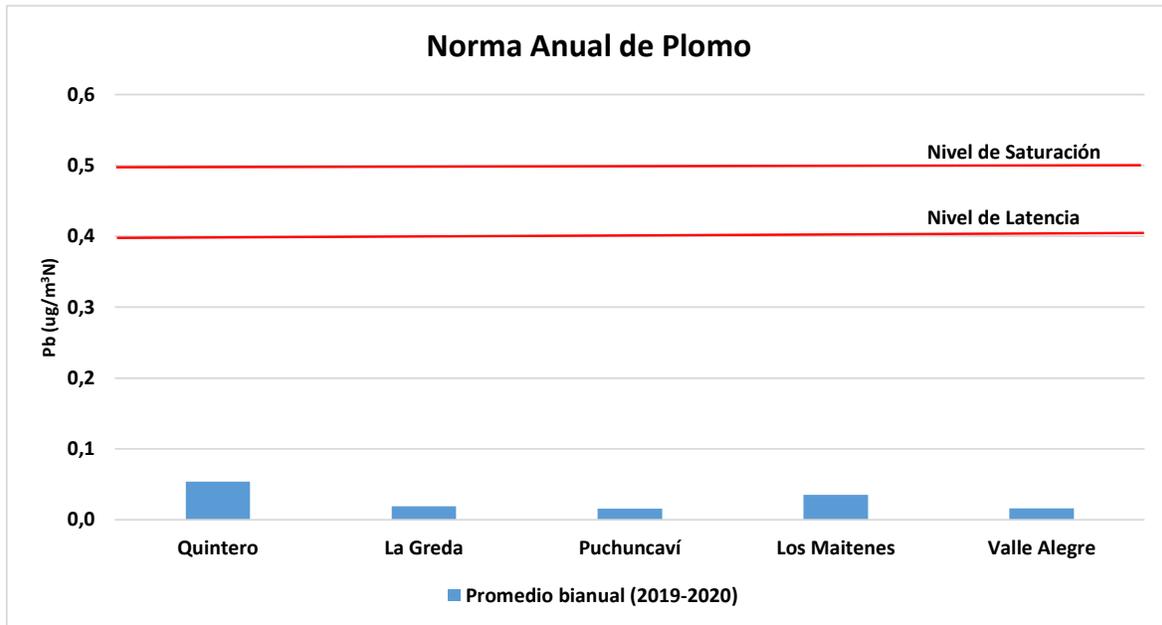


Gráfico 18 Norma anual para Plomo (Pb)

## 7. CONCLUSIONES

La revisión de las normas primarias y secundaria de calidad del aire se realizó en base al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2020, considerándose válida la información generada de las mediciones de MP2,5, MP10, SO<sub>2</sub> y Pb, de las 10 estaciones de la Red; Quintero, La Greda, Puchuncaví, Los Maitenes, Valle Alegre, Sur, Concón, Colmo, Junta de Vecinos y Las Gaviotas. Para verificar el cumplimiento de las normas se tomó en cuenta la representatividad poblacional para material particulado MP2,5; MP10, para el contaminante SO<sub>2</sub> la representatividad poblacional para gases por norma primaria y la representatividad para recursos naturales por norma secundaria, el empleo de instrumentos de medición de contaminantes atmosféricos con aprobación USEPA y la constatación por parte de la SMA de la correcta validación de los datos por parte del titular. En el caso de los años 2018 y 2019, se consideró el análisis efectuado a los informes DFZ-2019-664-V-NC y DFZ-2020-2496-V-NC, emitidos por la Superintendencia del Medio Ambiente durante los años 2018 y 2019, respectivamente.

### **Norma de calidad del aire para MP2,5**

La evaluación del cumplimiento de la norma de calidad del aire para MP2,5, que establece la superación de la norma de 24 horas con una concentración mayor a 50 µg/m<sup>3</sup>, determinó que para el año 2018 el percentil 98 de las concentraciones diarias en todas las estaciones analizadas no superó la norma de 24 horas, y solo se observó que en la estación Concón se superó el 80% de la norma con una concentración de 41 µg/m<sup>3</sup> (82%). En el caso del año 2019 la norma 24 horas no fue superada en ninguna de las estaciones. Por último, para el año 2020 el cálculo del percentil 98 en cada una de las estaciones determinó que en ninguna de las estaciones se superó la norma y la concentración más alta se observó en la estación La Greda con 37 µg/m<sup>3</sup> (74%).

Del análisis de la norma anual de MP2,5, con la información disponible para los años 2018, 2019 y 2020, se concluyó que la norma anual no fue superada en las estaciones; Puchuncaví, Los Maitenes y Valle Alegre; las concentraciones trianuales expresadas como promedios se mantuvieron por debajo del 80% de la norma anual. No obstante, en las estaciones de Quintero, La Greda y Concón, mediante el cálculo del promedio trianual, se determinó en dichas estaciones una concentración de 16 µg/m<sup>3</sup>, es decir, un 80% de la norma anual.

### **Norma de calidad del aire para MP10**

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, que fija como límite un valor de 150 µg/m<sup>3</sup>N, mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas para los años 2018, 2019 y 2020, determinó que el valor de la norma de MP10 como concentración de 24 horas, no fue superado en ninguna de las estaciones en los años analizados y los valores del percentil 98 se encontraron por debajo del 80% de la norma.

Respecto de la norma anual de MP10 que establece como límite una concentración de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , se determinó que el promedio trianual (2018-2019-2020) en cada una de las estaciones evaluadas no superó la norma anual de MP10. Sin embargo, se registraron porcentajes superiores al 80% de la norma anual en las estaciones de Concón con una concentración de 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (84%) y Colmo con una concentración de 41  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (82%).

### **Norma primaria de calidad del aire para SO<sub>2</sub>**

La evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO<sub>2</sub>, que establece como límite 134 ppbv (350  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ), mediante el cálculo del promedio aritmético del percentil 98,5 de tres años calendario sucesivos, determinó que la norma no fue superada en las estaciones para el período en evaluación (2018 al 2020), y la concentración promedio trianual más alta a nivel horario se registró en la estación Quintero con 87,14 ppbv (65%).

La evaluación de la norma primaria de SO<sub>2</sub>, concluyó que la norma 24 horas de 57 ppbv (150  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ) no fue superada en las estaciones para el período en evaluación (2018 al 2020), y la concentración promedio trianual más alta de 24 horas se registró en la estación Quintero con 40,47 ppbv (71%).

Respecto de la norma anual que establece como límite 23 ppbv (60  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ), se determinó que no fue superada en ninguna de las estaciones para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020, y los valores se encontraron por debajo del 80% del límite de la norma anual.

Adicionalmente y de manera complementaria al análisis realizado, se presentan a continuación, el percentil 99 de las concentraciones diarias de SO<sub>2</sub>, del periodo 2015 a 2020, de acuerdo con la norma 24 horas, de este parámetro.

**Tabla 32 Concentraciones 24 horas SO<sub>2</sub> 2015 - 2020**

Red	Estación	Percentil 99 2015 (ppbv)	Percentil 99 2016 (ppbv)	Percentil 99 2017 (ppbv)	Percentil 99 2018 (ppbv)	Percentil 99 2019 (ppbv)	Percentil 99 2020 (ppbv)	% Disminución 2015 a 2020
AesGener y CODELCO División Ventanas	Quintero	68,38	54,85	58,05	47,16	43,76	30,50	55
	La Greda	29,82	20,32	16,44	19,07	17,95	12,36	59
	Puchuncaví	18,36	17,86	13,84	17,19	13,84	12,71	31
	Los Maitenes	34,59	40,40	38,6	40,38	29,79	22,99	34
	Valle Alegre	15,98	17,68	16,16	19,69	14,54	12,72	20
ENAP Refinerías	Concón	62,86	36,22	41,27	32,77	26,01	25,21	60
	Colmo	8,09	7,56	8,35	6,78	6,01	5,08	37
	Junta de Vecinos	16,83	7,21	8,14	18,76	8,62	5,76	66
	Las Gaviotas	12,74	9,84	10,57	10,76	11,12	7,69	40

De la Tabla 32, es posible concluir de manera objetiva, que en todas las estaciones de calidad del aire de la zona se observó una disminución en las concentraciones de SO<sub>2</sub>, desde el 2015 al 2020.

### **Norma secundaria de calidad del aire para SO<sub>2</sub>**

La evaluación del cumplimiento de la norma secundaria de SO<sub>2</sub>, para el periodo comprendido entre el día 1° de enero de 2018 y el día 31 de diciembre de 2020, determinó lo siguiente:

Respecto a la norma secundaria horaria, se realizó una evaluación de esta en las dos condiciones descritas en la norma mencionada. En el caso de la evaluación mediante el cálculo del promedio trianual del percentil 99,73, que establece un límite de 382 ppbv (1.000 µg/m<sup>3</sup>N), se determinó que todas las estaciones se encontraron por debajo del 80% del límite normativo. En la segunda condición, se evaluó el percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas durante un año calendario, el que establece un límite de 764 ppbv (2.000 µg/m<sup>3</sup>N), de lo cual se concluyó que todas las estaciones de la red se encontraron por debajo del 80% del límite horario definido para este caso. Por consiguiente, la norma secundaria horaria no fue superada en las estaciones de la red en ninguna de las dos condiciones analizadas.

Para la norma secundaria de 24 horas, cuyo límite es de 140 ppbv (365 µg/m<sup>3</sup>N), el cálculo del promedio trianual del percentil 99,7 determinó que ésta no fue superada en ninguna de las estaciones y los valores se encontraron por debajo del 80% de la norma. De igual manera, se evaluó la concentración anual para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado las concentraciones en todas las estaciones estuvieron por debajo del límite de 280 ppbv. Por consiguiente, la norma secundaria 24 horas no fue superada en las estaciones de la red en ninguna de las dos condiciones analizadas.

Respecto de la norma secundaria anual que establece un límite de 31 ppbv (80 µg/m<sup>3</sup>N), al calcular el promedio aritmético de las concentraciones anuales de los 3 años, se determinó que ésta no fue superada en ninguna de las estaciones analizadas y los valores obtenidos se encontraron por debajo del 80% de la norma. De igual manera, se evaluó la norma como concentración anual para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado las concentraciones en todas las estaciones se encontraron por debajo del límite de 62 ppbv. Por consiguiente, la norma secundaria anual no fue superada en las estaciones de la red en ninguna de las dos condiciones analizadas.

### **Norma primaria de calidad del aire para Pb**

La revisión de la norma primaria de calidad del aire para plomo se realizó en base al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2019 y el 31 de diciembre de 2020, considerándose válida la

información generada de las mediciones de MP10 y la determinación de las concentraciones de plomo en filtros de MP10. Del análisis efectuado se pudo determinar lo siguiente:

El número de los análisis químicos de plomo en filtros de MP10 supera el 70% mensual que exige la norma, por tanto, la información proporcionada por la red de Aes Gener-CODELCO cumplió con el número de concentraciones válidas para plomo en filtros. Cabe destacar que, las estaciones de la Red de ENAP Refinerías no poseen información suficiente para efectuar una evaluación normativa, debido a las exigencias de su evaluación ambiental, y por lo tanto no se consideran para la evaluación de esta norma.

Del resultado de la evaluación de la norma anual de plomo, que fija como límite  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , se verificó que las concentraciones obtenidas en las estaciones de la Red de Aes Gener-CODELCO, no superaron la norma anual de plomo y los valores se encontraron por debajo del 80% de la norma.

## 8. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	Resolución Requiere Antecedentes del Titular Aes Gener y CODELCO División Ventanas.
2	Resolución Requiere Antecedentes del Titular ENAP Refinerías.
3	Datos de calidad del aire para el año 2020.