



Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

**INFORME TÉCNICO  
CUMPLIMIENTO DE NORMA DE CALIDAD DEL AIRE POR  
MP10**

**RED DE CALIDAD DEL AIRE DE TOCOPILLA  
REGIÓN DE ANTOFAGASTA**

**DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN Y CONFORMIDAD AMBIENTAL**

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

**DFZ-2022-2902-II-NC**

**DICIEMBRE 2022**

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



## TABLA DE CONTENIDOS

<i>Tema</i>	<i>Página</i>
1. RESUMEN EJECUTIVO .....	3
2. INTRODUCCIÓN .....	5
3. OBJETIVOS .....	6
4. ALCANCE .....	6
5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS.....	7
5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP10 .....	7
5.2. Descripción de equipos de medición de la Red de Tocopilla .....	9
5.3. Auditoría de datos .....	9
6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA.....	11
6.1. Evaluación de la norma para MP10 .....	11
6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP10.....	11
6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP10.....	12
7. CONCLUSIONES.....	14
8. ANEXOS.....	15



## 1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de la norma 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 (cabe destacar, que el 4 de junio de 2022, se publicó en el diario oficial el D.S. N° 12/2021 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece la norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable MP10, la cual es vigente a partir del día de su publicación en el diario oficial). 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 la norma primaria de calidad del aire corresponde a un examen de información para MP10, donde se consideraron los datos validados proporcionados por los titulares de ENGIE ENERGÍA S.A. y AES GENER S.A. Dicha información fue sometida a una auditoría de validación y ratificación por parte de la SMA, además, se verificó el cumplimiento de los requerimientos de la norma primaria de MP10, la representatividad poblacional de las estaciones para material particulado MP10 y el empleo de instrumentos de medición de contaminantes atmosféricos con aprobación EPA.

El análisis de datos de MP10, se realizó con las mediciones del periodo comprendido entre el 1° de enero de 2019 y 31 de diciembre de 2021, 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 la norma primaria de calidad del aire para MP10, 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, se utilizó como criterio lo dispuesto en el decreto antes mencionado, que establece el cálculo diario sobre la base de al menos 18 horas continuas de medición.

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

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, para los años 2019, 2020 y 2021, y que fija como límite un valor de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , determinó mediante el análisis de los datos de MP10 y el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas en las estaciones Supersite y Gobernación, determinó que la norma no fue superada y las concentraciones se encontraron por debajo del 80 % del límite de la norma de 24 horas, registrándose para el año 2021 concentraciones de 73  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$



en la estación Supersite y  $79 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en la estación Gobernación, equivalente al 49% y 53% del valor límite de la norma 24 horas, respectivamente.

Respecto de la norma anual de MP10 que establece como límite una concentración de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , mediante el cálculo del promedio trianual (2019-2020-2021), se determinó que la norma anual de MP10 no fue superada en las estaciones en estudio, y las concentraciones obtenidas correspondieron a:  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en estación Supersite y  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en estación Gobernación, equivalente al 66% y 78% del valor límite de la norma anual de MP10, respectivamente.



## 2. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Tocopilla se encuentra ubicada en la comuna y provincia del mismo nombre, en el extremo norponiente de la Región de Antofagasta. Limita al oriente con la comuna de María Elena y al Sur con la de Mejillones. La comuna de Tocopilla posee una superficie de 4.038 km<sup>2</sup> y una población de 25.186 habitantes (CENSO 2017, INE).

En el año 2007 a través del D.S. N° 50, del MINSEGPRES, se declaró zona saturada por material particulado respirable MP10, como concentración anual de la zona circundante a la ciudad de Tocopilla. Posteriormente, en el mismo año se inicia el proceso elaboración del Plan de Descontaminación Atmosférico para la zona circundante a la ciudad de Tocopilla, siendo promulgado el 10 de junio de 2010 mediante el D.S. N° 70, del MINSEGPRES.

Cabe señalar que, para evaluar la calidad del aire por MP10 se utilizaron las estaciones de monitoreo con Representatividad Poblacional (EMRP) correspondientes a Gobernación y Escuela E-10, esta última fue reubicada en el año 2015 y paso a denominarse Supersite, de acuerdo con la resolución exenta N° 1413, de la SMA, que la calificó como EMRP por MP10 en el año 2019.

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 MP10, informadas por los titulares ENGIE ENERGÍA S.A. y AES GENER S.A., dichos antecedentes fueron solicitados a los titulares de ENGIE ENERGÍA S.A. y AES GENER S.A., para los años 2019, 2020 y 2021, mediante la Resolución Exenta N° 144 y la N°148, ambas de 2019. Las estaciones informadas por ambos titulares correspondieron a las estaciones Supersite y Gobernación, las cuales cuentan con calificación de representatividad poblacional (EMRP en adelante) por MP10 y utilizan instrumentos de medición de contaminantes atmosféricos con aprobación EPA. En el proceso de auditoría y análisis de los datos se consideró la verificación del cumplimiento normativo de las normas primaria de MP10 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°503 de 2 de junio de 2021, del Subsecretario del Medio Ambiente, complementa circular N°0001, de 2005, de la comisión nacional del medio ambiente, que instruye sobre procedimiento para la declaración, modificación y derogación de zonas saturadas o latentes de carácter atmosférico, y deja sin efecto la resolución exento N°302, de 2011, y N°1121, de 2020, ambas del Ministerio del Medio Ambiente.



### 3. OBJETIVOS

El objetivo general es evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire primaria para MP10, en su nivel diario y anual, según corresponda, considerando el período de información comprendido entre el 1° de enero de 2019 y el 31 de diciembre de 2021, en las estaciones que cuentan con representatividad poblacional para material particulado MP10.

Para lo anterior se determinó la validez de las mediciones de MP10, realizadas por la Redes de vigilancia de calidad del aire de Tocopilla, en base a una auditoría de los datos reportados para los años 2019, 2020 y 2021.

### 4. ALCANCE

Los datos validados por esta Superintendencia en el presente informe corresponden a los registros de MP10 de las redes de vigilancia de calidad del aire de Tocopilla, para el periodo comprendido entre el 1° de enero de 2019 y el 31 de diciembre de 2021.

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de MP10, que cumplen con ser estaciones con EMRP para MP10 corresponden a Supersite y Gobernación.

El presente documento evaluó el cumplimiento de las normas primaria de calidad vigente para el periodo evaluado entre el 1° de enero de 2019 y el 31 de diciembre de 2021. A continuación, en la Tabla 1 se muestran los valores límite a nivel 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° 59/1998, modificado por D.S. N° 45/2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República	MP10	No aplica	150 µg/m <sup>3</sup> N	50 µg/m <sup>3</sup> N



## 5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

Para la evaluación de los datos de MP10 en los años 2019, 2020 y 2021, se utilizó la información remitida por los titulares responsables de las estaciones de calidad del aire ENGIE ENERGÍA CHILE S.A. y AES GENER S.A., antecedentes solicitados mediante la Resolución Exenta N° 144 y N° 148, ambas de 2019. La información de calidad del aire recepcionada de las estaciones incluyó los datos crudos, datos validados (diario) y códigos de invalidación. 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 MP10, corresponden a las mediciones realizadas en las estaciones declaradas con representatividad poblacional para material particulado, indicadas en el punto 5.1 de este documento.

### 5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP10

En la Tabla 2 se describen las estaciones de ENGIE ENERGÍA CHILE S.A. y AES GENER, y sus respectivas resoluciones que las califican como estación de monitoreo con representatividad poblacional para material particulado MP10.

**Tabla 2 Estaciones declaradas como EMRP-MP10**

Propietario	Estación de Monitoreo	Resolución que otorga EMRP para MP10
ENGIE ENERGÍA CHILE S.A.	Supersite	Res. Exenta N° 1413 del 8 de octubre de 2019, de la Superintendencia del Medio Ambiente. <sup>1</sup>
AES GENER S.A.	Gobernación	Res. Exenta N° 2467 del 23 de julio de 2010, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la II Región de Antofagasta.

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

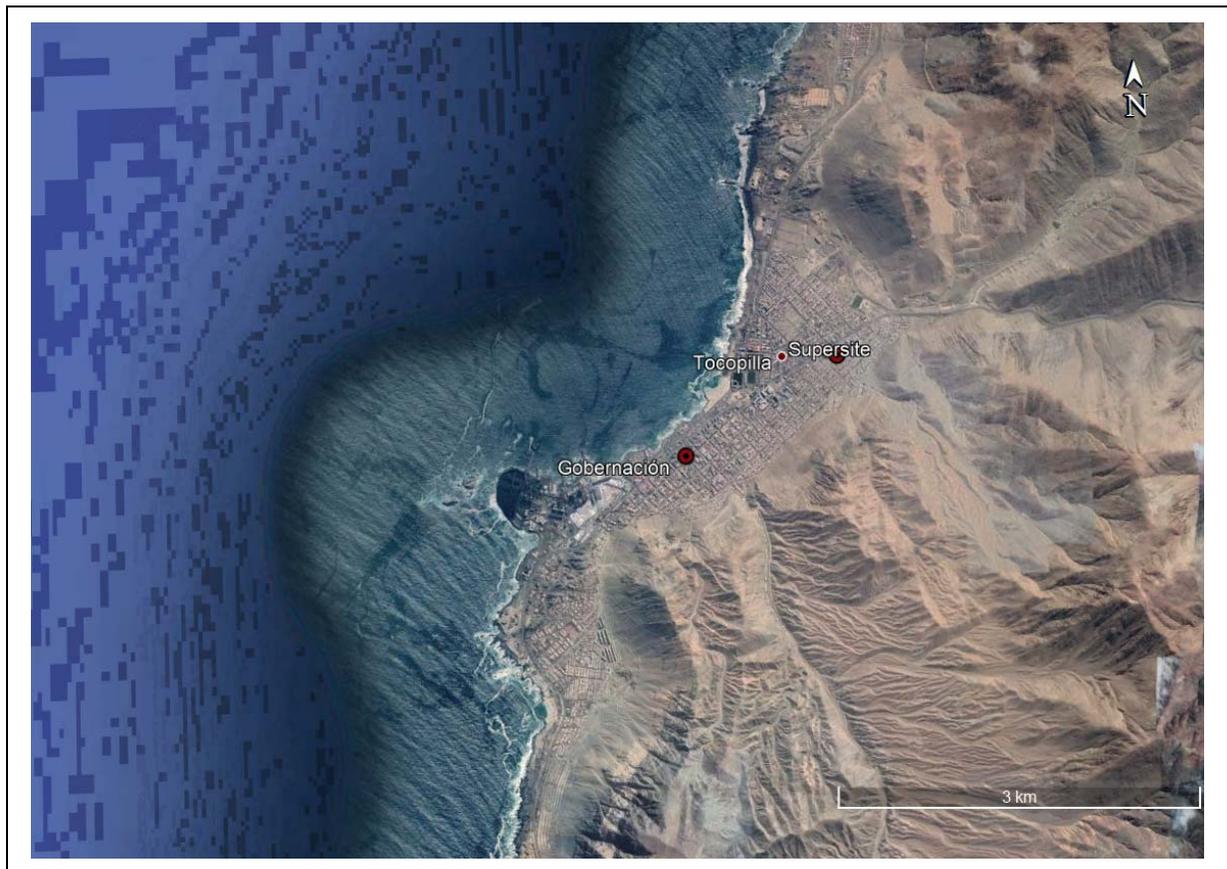
<sup>1</sup> Datos válidos a partir del 18 de diciembre de 2015.



**Tabla 3 Ubicación de las estaciones de ENGIE ENERGÍA CHILE S.A. y AES GENER S.A.**

Propietario	Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (m) Datum WGS84, Huso 19 S*	
		E	N
ENGIE ENERGÍA S.A.	Supersite	377.405 E	7.557.200 N
AES GENER S.A	Gobernación	376.085 E	7.556.381 N

\*Referencia de las resoluciones EMRP.



**Figura 1 Ubicación de estaciones de calidad del aire de Tocopilla**



## 5.2. Descripción de equipos de medición de la Red de Tocopilla

De acuerdo con los antecedentes entregados por los titulares de la Red de Tocopilla, para los años 2019, 2020 y 2021, respecto de los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo de MP10 en las estaciones evaluadas, cumplen con el requisito de emplear instrumentos de medición con aprobación EPA, establecido en la norma primaria de calidad del aire.

A continuación, en la Tabla 4 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP10, utilizados en las estaciones de calidad del aire analizadas, durante el año 2021.

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

Propietario	Estación de Monitoreo	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
ENGIE ENERGÍA S.A.	Supersite	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Tisch / TE-6070	RFPS-0202-141
AES GENER S.A	Gobernación	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Tisch / TE-6070	RFPS-0202-141

## 5.3. Auditoría de datos

Los datos de MP10 para los años 2019, 2020 y 2021, validados previamente por los titulares, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en la norma primaria de calidad del aire para dicho 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 diarias reportados para el contaminante MP10, medidos con equipos de tipo discreto, de las estaciones correspondientes a Supersite y Gobernación, 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 diarios para MP10 para el periodo de 2019 al 2021**

Estación	2019	2020	2021
	MP10 % Diario	MP10 % Diario	MP10 % Diario
Supersite	2,5	3,3	3,3
Gobernación	0	0	0



La invalidación de datos para el contaminante MP10 (discreto) se debió principalmente a fallas en energía, los equipos, exceso de tiempo de muestreo y valor fuera de rango, registrándose los datos inválidos en la estación Supersite, durante todo el periodo evaluado.

Mediante el análisis estadístico se determinó la cantidad de días disponibles para la evaluación de la norma 24 horas y anual. Los datos obtenidos de equipos de tipo gravimétricos, consideraron la cantidad de horas de funcionamiento del equipo de alto volumen de MP10, con un mínimo de 18 horas continuas de medición, de acuerdo con lo descrito en el D.S. N° 61/2008, modificado por D.S N° 30/2009 de MINSAL.

En las tablas siguientes, se resumen los días válidos por año y estación para el contaminante MP10, en la tabla se puede observar que el porcentaje de datos válidos es superior al 75%, en las estaciones Supersite y Gobernación, para los años 2019, 2020 y 2021.

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

**Tabla 6 Porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2019 y 31 de diciembre de 2021)**

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)
Supersite	2019	118	97,5
	2020	118	96,7
	2021	118	96,7
Gobernación	2019	120	100
	2020	122	100
	2021	122	100

Para efectos de la evaluación anual de la norma primaria de MP10, a continuación, en la Tabla 7 se resume el porcentaje de datos disponibles a nivel mensual, de las estaciones Supersite y Gobernación, observándose una disponibilidad de datos mensuales superior al 75% para los tres (3) años en evaluación.

**Tabla 7 Porcentaje de datos válidos de MP10 mensuales por estación para los años 2019, 2020 y 2021**

		MESES (%)											
		Red de Tocopilla											
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Supersite	2019	90	100	100	100	100	90	100	100	90	100	100	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	91	100	80	90	100
	2021	100	89	100	80	100	100	100	90	100	100	100	100
Gobernación	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
	2021	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 MP10

#### 6.1.1. 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 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. En la Tabla 8, se presenta un resumen de los valores calculados del percentil 98 de la concentración 24 horas de la norma de MP10, para los años 2019, 2020 y 2021, de las estaciones Supersite y Gobernación.

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  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .

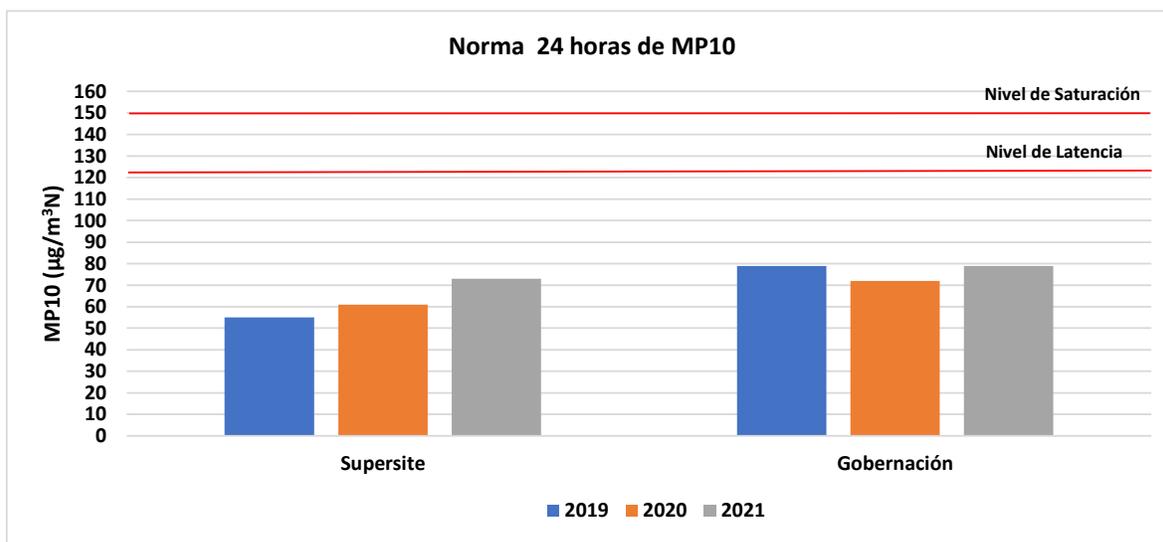
**Tabla 8 Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP10**

Estación	Percentil 98 Año 2019 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	% de la Norma 24 horas 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 2020 150 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Percentil 98 Año 2021 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	% de la Norma 24 horas 2021 150 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )
Supersite	55	37	61	41	73	49
Gobernación	79	53	72	48	79	53

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 con las concentraciones de 24 horas para los años 2019, 2020 y 2021, determinó que el valor de la norma 24 horas para MP10, no fue superado en ninguna de las estaciones en evaluación y los valores obtenidos se encontraron por debajo del 80% de la norma de 24 horas. Cabe señalar que, para el año 2020 las concentraciones obtenidas mediante el cálculo del percentil 98, correspondieron a 73  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en Supersite y a 79  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en Gobernación, equivalente al 49% y 53% del valor límite de la norma 24 horas, respectivamente.

El Gráfico 1, muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP10, por estación, para los años 2019, 2020 y 2021.





**Gráfico 1 Norma 24 horas para MP10 por año**

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

El periodo de evaluación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. En la Tabla 9, se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo del promedio aritmético de las concentraciones de los años 2019, 2020 y 2021, para las estaciones de vigilancia de la Red de Tocopilla.

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 µg/m³N.

**Tabla 9 Concentración trianual y porcentaje de la norma**

Estación	Promedio Anual 2019 (µg/m³N)	Promedio Anual 2020 (µg/m³N)	Promedio Anual 2021 (µg/m³N)	Promedio Trianual (2019-2020-2021) (µg/m³N)	% de la Norma Anual 50 (µg/m³N)
Supersite	33	31	34	33	66
Gobernación	39	37	40	39	78

Del análisis de evaluación de la norma anual para MP10, expresada como promedio trianual, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las estaciones en evaluación. Se observa que las estaciones Supersite y Gobernación, no superaron el 80% del límite de la norma anual de



MP10, y las concentraciones obtenidas como promedio trianual fueron de 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  y 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , equivalentes al 66% y 78% del valor límite de la norma anual de MP10, respectivamente.

Complementariamente, en el Gráfico 2, se pueden observar las concentraciones correspondientes al promedio aritmético de tres años calendario consecutivo, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021, de las estaciones Supersite y Gobernación.

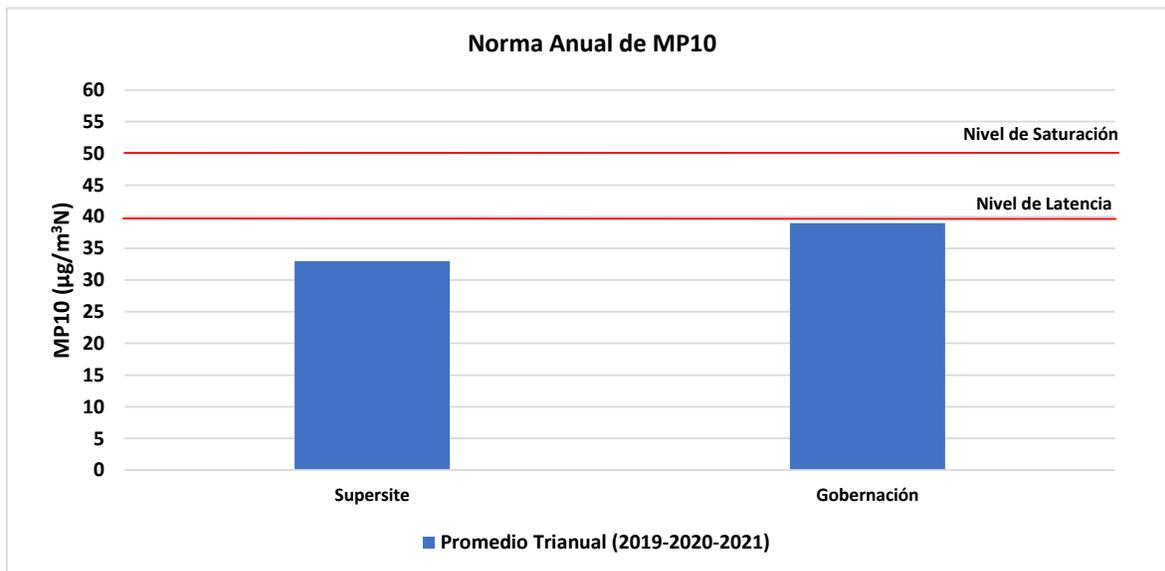


Gráfico 2 Norma Anual para MP10, Promedio trianual periodo 2019 al 2021



## 7. CONCLUSIONES

La revisión de la norma primaria de calidad del aire para el contaminante MP10, se realizó en base al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2019 y el 31 de diciembre de 2021, considerándose válida la información generada de las mediciones de MP10, de las estaciones Supersite y Gobernación. Para verificar el cumplimiento de las normas se consideró que, las estaciones cuenten con la calificación de representatividad poblacional para material particulado MP10, el uso 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 de los titulares para el periodo en evaluación.

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

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, para los años 2019, 2020 y 2021, y que fija como límite un valor de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , determinó mediante el análisis de los datos de MP10 y el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas en las estaciones Supersite y Gobernación, determinó que la norma no fue superada y las concentraciones se encontraron por debajo del 80 % del límite de la norma de 24 horas, registrándose para el año 2021 concentraciones de 73  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en la estación Supersite y 79  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en la estación Gobernación, equivalente al 49% y 53% del valor límite de la norma 24 horas, respectivamente.

Respecto de la norma anual de MP10 que establece como límite una concentración de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , mediante el cálculo del promedio trianual (2019-2020-2021), se determinó que la norma anual de MP10 no fue superada en las estaciones en estudio, y las concentraciones obtenidas correspondieron a: 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en estación Supersite y 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en estación Gobernación, equivalentes al 66% y 78% del valor límite de la norma anual de MP10, respectivamente.



## 8. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	Resoluciones EMRP
2	Datos de calidad del aire para el año 2021

