



SERPRAM

una empresa  **SUEZ**

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE

**ESTACIONES CARAMPANGUE Y LARAQUETE
REGIÓN DEL BIOBÍO**

INFORME N°1: PERÍODO 1 AL 31 DE ENERO DE 2020



ARAUCO®

SERPRAM

una empresa  suez


MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE

ESTACIONES CARAMPANGUE Y LARAQUETE REGIÓN DEL BIOBÍO

INFORME N°1: PERÍODO 1 AL 31 DE ENERO DE 2020



Elaborado por:
Mariel Ulloa C.



Revisado por:
Diego Navarro E.

ÍNDICE

	<u>PAG.</u>
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1 Metodología para asegurar la calidad de los datos	5
3.2 Estaciones de monitoreo y equipos de medición utilizados	5
4. LEGISLACIÓN VIGENTE	8
4.1 Material particulado respirable MP-10	8
4.2 Dióxido de azufre (SO ₂)	8
4.3 Ozono (O ₃)	10
4.4 Monóxido de carbono (CO)	10
4.5 Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	10
4.6 Decreto N°61/2008	11
5. RESULTADOS	12
5.1 Meteorología	14
5.2 Mediciones de material particulado	17
5.3 Mediciones de contaminantes gaseosos	21
6. DISCUSIONES	35
6.1 Variables meteorológicas	35
6.2 Material particulado respirable MP-10	38
6.3 Contaminantes gaseosos	39
7. CONCLUSIONES	43
REFERENCIAS	44

ANEXOS

- ANEXO 1 RESULTADOS ESTADÍSTICOS VARIABLES METEOROLÓGICAS
- ANEXO 2 PARÁMETROS MEDIDOS Y REGISTROS DE MATERIAL PARTICULADO
- ANEXO 3 RESULTADOS ESTADÍSTICOS CONTAMINANTES GASEOSOS
- ANEXO 4 VERIFICACIONES DE ZERO Y SPAN REALIZADAS A EQUIPOS DE GASES
- ANEXO 5 CERTIFICADOS Y ACREDITACIONES SERPRAM S.A.
- ANEXO 6 CÓDIGOS DE DATOS AUSENTES O INVÁLIDOS, DEFINIDOS SEGÚN D. N°61/2008
- ANEXO 7 RESPONSABLES Y PARTICIPANTES PARA LA ELABORACIÓN DE INFORME
- ANEXO 8 DATOS EN COLUMNA, DEFINIDOS SEGÚN D. N°61/2008

RESUMEN

Celulosa Arauco y Constitución S.A. solicitó a SERPRAM S.A. efectuar mediciones de calidad de aire y de parámetros meteorológicos en dos sectores poblados, uno en Carampangue y el otro en Laraquete, en Arauco Región del Biobío, con la finalidad de cumplir con las exigencias de las Resoluciones Exentas N°170/2006 y N°125/2008, a fin de que los monitoreos sean representativos de la calidad de aire en ambos sectores, Laraquete y Carampangue.

El presente documento corresponde al informe N°1, del periodo 2020, el cual contiene la información recolectada entre el 1 y el 31 de enero de 2020, cuyos resultados más importantes se presentan a continuación:

Tabla 1

Resumen de mediciones de calidad del aire, Estación Carampangue

PERÍODO 1 AL 31 DE ENERO DE 2020							
PARÁMETRO	UNIDAD	PROMEDIO	VALOR MÁXIMO		EXCEDENCIAS		NORMA
			DÍA	HORA	DÍA	HORA	
MATERIAL PARTICULADO MP-10	µg/m³N	30 (50 ⁺)	76 (150 ⁺)	217	0	-	D.S. N°59/1998
DIÓXIDO DE AZUFRE	ppbv	1 (31 ⁺ / 23 [*])	4 (96 ⁺ / 99 [*])	17 (268 [*])	0	0	D.S. N°104/2019 y D.S. N°22/2009
OZONO (MÓVIL)	ppbv	10	24	47 (61 ⁺)	-	0	D.S. N°112/2002
MONÓXIDO DE CARBONO	ppmv	0.2	0.8	2.9 (26 ⁺)	-	0	D.S. N°115/2002
MONÓXIDO DE CARBONO (MÓVIL)	ppmv	0.2	0.9	1.6 (9 ⁺)	-	0	D.S. N°115/2002
DIÓXIDO DE NITRÓGENO	ppbv	3 (53 ⁺)	5	12 (213 ⁺)	-	0	D.S. N°114/2002

(⁺) Límite normativo primario para contaminantes atmosférico calidad del aire.

(^{*}) Límite normativo secundario para el dióxido de azufre (zona sur), D.S. N°22/2009.

Tabla 2

Resumen de mediciones de calidad del aire, **Estación Laraquete**

PERÍODO 1 AL 31 DE ENERO DE 2020							
PARÁMETRO	UNIDAD	PROMEDIO	VALOR MÁXIMO		EXCEDENCIAS		NORMA
			DÍA	HORA	DÍA	HORA	
MATERIAL PARTICULADO MP-10	µg/m³N	26 (50 ⁺)	53 (150 ⁺)	282	0	-	D.S. N°59/1998
DIÓXIDO DE AZUFRE	ppbv	2 (31 ⁺ / 23 [*])	3 (96 ⁺ / 99 [*])	13 (268 [*])	0	0	D.S. N°104/2019 y D.S. N°22/2009
OZONO (MÓVIL)	ppbv	14	19	41 (61 ⁺)	-	0	D.S. N°112/2002
MONÓXIDO DE CARBONO	ppmv	0.2	0.4	1.1 (26 ⁺)	-	0	D.S. N°115/2002
MONÓXIDO DE CARBONO (MÓVIL)	ppmv	0.2	0.4	0.8 (9 ⁺)	-	0	D.S. N°115/2002
DIÓXIDO DE NITRÓGENO	ppbv	3 (53 ⁺)	6	18 (213 ⁺)	-	0	D.S. N°114/2002

(⁺) Límite normativo primario para contaminantes atmosférico calidad del aire.

(^{*}) Límite normativo secundario para el dióxido de azufre (zona sur), D.S. N°22/2009.

Al comparar los resultados obtenidos en las estaciones de monitoreo de Carampangue y Laraquete, con las Normas de Calidad del Aire, en los últimos tres años de monitoreo continuo (2017–2019), podemos indicar que, cumplen con la legislación chilena para las mediciones de contaminantes atmosféricos; Decretos Supremos N°59/1998 (MP10), N°104/2019 y N°22/2009 (SO₂), N°112/2002 (O₃), N°115/2002 (CO) y N°114/2002 (NO₂).

1. INTRODUCCIÓN

Celulosa Arauco y Constitución S.A. solicitó a SERPRAM S.A. efectuar mediciones de calidad de aire y de parámetros meteorológicos en dos sectores poblados, uno en Carampangue y el otro en Laraquete, en Arauco Región del Biobío, con la finalidad de cumplir con las exigencias de la Resolución Exenta N°170/2006, del 1 de junio de 2006, que calificó favorablemente el proyecto “Operación de la Turbina TG 24 MW con Petróleo Diesel como Combustible Alternativo” y la N°125/2008, del 10 de abril de 2008, que Califica Ambientalmente Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto “Planta de Cogeneración de Energía Eléctrica y Vapor con Biomasa en CFI Horcones”, a fin de que los monitoreos sean representativos de la calidad de aire en ambos sectores, Laraquete y Carampangue.

De esta forma, a partir del 06 de mayo de 2008 comienzan a operar la nueva estación meteorológica Carampangue y desde el 20 de junio de 2008, Laraquete.

A partir del 1 de enero de 2016, las estaciones de Carampangue y Laraquete, comienzan con el monitoreo de monóxido de carbono.

El programa de monitoreo de parámetros meteorológicos y calidad del aire, consiste en monitorear en forma continua los siguientes parámetros:

- Velocidad y dirección de viento
- Material particulado respirable, MP-10
- Dióxido de azufre, SO₂
- Ozono, O₃
- Monóxido de carbono, CO
- Dióxidos de nitrógeno, NO_x

El equipo de trabajo responsable de las actividades de muestreo, control, análisis de datos y confección de informe está conformado por:

- Jefe de Calidad del Aire: Daniela Caniu P.
- Ingeniero de Unidad de Calidad de Aire: Mariel Ulloa C.
- Jefe Zonal: Emilio Valenzuela C.
- Instrumentista: Bernardo Cabrera S., José Mella C. y Pedro Osorio S.

Es importante mencionar que a solicitud de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), desde el mes de febrero de 2018, las planillas de datos de gases son entregadas en las mismas unidades que registra el monitor, es decir, las concentraciones de gases se expresan en ppbv y ppmv, según el parámetro medido.

El presente documento corresponde al informe N°1, del periodo 2020, el cual contiene la información adquirida entre el 1 y el 31 de enero de 2020.

2. OBJETIVOS

1. Entregar a Celulosa Arauco y Constitución S.A., los resultados de parámetros ambientales considerados en la Resolución Exenta N°170/2006 y N°125/2008, medidos por un determinado período.
2. Entregar parámetros ambientales confiables y de calidad a través de procedimientos e instructivos generados en un Sistema de Gestión ISO 9001:2015, OHSAS 18001:2007 y Acreditación NCh-ISO 17025.Of2005 ensayos de gravimetría.
3. Realizar un monitoreo continuo asegurando una representación adecuada de los parámetros que se desean analizar, logrando que la recuperación de datos sea mayor al 75%.
4. Indicar, cuando sea posible, eventos, sucesos o situaciones externas que puedan afectar o condicionar las mediciones del período de monitoreo.
5. Indicar las ocasiones en que se producen excedencias a la normativa vigente y aplicable en el país.
6. Elaborar un informe que contenga los resultados de las mediciones.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Metodología para asegurar la calidad de los datos

El programa contempla el monitoreo continuo de parámetros meteorológicos y de calidad de aire y la metodología utilizada se presentó en detalle en el Informe N°1 entregado en el mes de julio de 2008.

Los tópicos más importantes que se describieron acerca de la metodología fueron:

- Criterios de selección de lugares e instalación de equipos
- Procedimientos de calibración para los equipos utilizados en la medición
- Programa de operación, control y mantención
- Procedimientos para el procesamiento de datos
- Procedimiento para el manejo de muestras de partículas

Por último, cabe hacer notar que la operación en la estación se realiza bajo las directrices del Decreto N°61 del Ministerio de Salud.

3.2 Estaciones de monitoreo y equipos de medición utilizados

A continuación, se presenta un detalle de los equipos que se instalaron para realizar el monitoreo de parámetros meteorológicos y de calidad de aire en las localidades de Carampangue y Laraquete, VIII Región.

A. ESTACIÓN CARAMPANGUE

Lugar: Los Boldos 05, Villa la Paz.

Mediciones meteorológicas: Velocidad del viento, dirección del viento, desviación estándar de la dirección.

Mediciones de calidad del aire: MP10, SO₂, O₃, CO, NO, NO₂, NO_x

Esta estación está ubicada en un terreno agrícola cercano a Villa La Paz. Al Norte, a una distancia aproximadamente a 7.6 Km se encuentran las chimeneas de Celulosa Arauco. Al Sur, aproximadamente a 100 m, se ubica la Villa La Paz. Al Este, se observan árboles de altura mediana que no impiden la libre circulación del viento. Finalmente, al Oeste, a unos 800 m se encuentra la ruta 160.

Las coordenadas geográficas (UTM) son:

WGS 84 (Huso 19k)
5.874.811 N
655.582 E

En el siguiente cuadro se describen los equipos instalados.

Tabla 3.1

Detalle de equipos instalados, Estación Carampangue

VARIABLE	EQUIPO	NÚMERO DE SERIE	PRINCIPIO DE OPERACIÓN
Monitoreo de vientos	R.M. Young, STD 5103	16346	Generación de pulso/ potenciómetro
MP-10	Thermo, Teom 1405DF	228761407	Concentración relativa por atenuación beta
Dióxido de azufre	Teledyne, 102E	1061	Fluorescencia UV
Ozono	Teledyne, T400	1764	Luminiscencia química
Monóxido de carbono	Thermo, 48i	715521919	IRND con filtro gaseoso de correlación
Óxidos de nitrógeno	Thermo, 42i	824231673	Luminiscencia química
Datalogger	Campbell, CR1000	5273	Sistema de adquisición de datos
Sistema aire acondicionado	Anwo	D202211670414424150214	Aire caliente o frío

B. ESTACIÓN LARAQUETE

Lugar: Los Llanos, Lote 52.

Mediciones meteorológicas: Velocidad del viento, dirección del viento, desviación estándar de la dirección.

Mediciones de calidad del aire: MP10, SO₂, O₃, CO, NO, NO₂, NO_x

Esta estación está ubicada en un terreno agrícola, aproximadamente a 200 m de distancia de la Ruta 160. Al Norte, a una distancia de aproximadamente 400 m, se encuentra la Población Los Pinos. Al Sur, se observan bosques de pino y eucaliptos, los que no interrumpen el libre flujo de viento. Al Este, se observan algunas casas y al Oeste, está la ruta 160 y un bosque de pino.

Las coordenadas geográficas (UTM) son:

WGS 84 (Huso 19k)
5.883.140 N
660.205 E

En el siguiente cuadro se describen los equipos instalados.

Tabla 3.2
Detalle de equipos instalados, Estación Laraquete

VARIABLE	EQUIPO	NÚMERO DE SERIE	PRINCIPIO DE OPERACIÓN
Monitoreo de vientos	R.M. Young, AQ 5305	135327	Generación de pulso/ potenciómetro
MP-10	Thermo, Teom 1405DF	228091404	Concentración relativa por atenuación beta
Dióxido de azufre	Teledyne, 102E	1056	Fluorescencia UV
Ozono	Teledyne, 400E	1156	Luminiscencia química
Monóxido de carbono	Thermo, 48i	817730676	IRND con filtro gaseoso de correlación
Óxidos de nitrógeno	Teledyne, 200E	1379	Luminiscencia química
Datalogger	Campbell, CR1000	7236	Sistema de adquisición de datos
Sistema aire acondicionado	Midea	108KA00244	Aire caliente o frío

En la Figura 3.1 se muestra las ubicaciones de las estaciones de monitoreo:

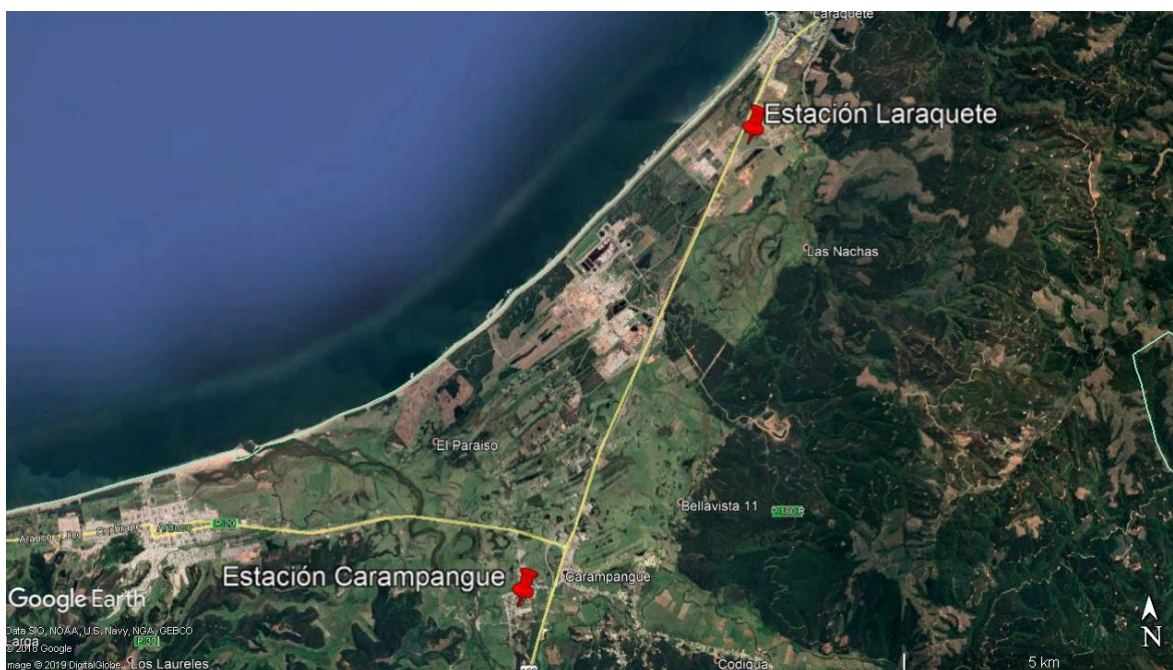


Figura 3.1 – Puntos de Monitoreo de calidad del aire, Estaciones Carampangue y Laraquete

4. LEGISLACIÓN VIGENTE

4.1 Material particulado respirable MP-10

El Ministerio del Medio Ambiente estableció la Norma de Calidad Primaria para material particulado MP10, en el Decreto Supremo N°59/1998.

Sin perjuicio de lo anterior, se mantendrá en vigencia por tres años, a contar del 1 de enero de 2014, lo dispuesto en los incisos 5° y 6° del artículo 2° del D.S. N°59 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

La actual normativa establece lo siguiente:

CONTAMINANTE	ANUAL	DIARIO
MP-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	50	150

Se considerará sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado MP10 cuando:

- El Percentil 98 de los valores promedios de 24 horas, registradas durante el período anual de cualquier estación monitorea calificada como EMRP, sea mayor o igual a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.
- Asimismo, se considerará superada la norma, si antes que concluya el período anual de mediciones de las estaciones monitoras de material particulado respirable MP10 calificada con EMRP, se registrare un número de días con mediciones sobre el valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ mayor que siete (7).
- El promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, sea mayor o igual que $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

4.2 Dióxido de azufre (SO₂)

En mayo de 2019, se deroga el D. S. N°113/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia y se aprueba la Norma Primaria de Calidad del Aire (SO₂), D.S. N°104 del Ministerio del Medio Ambiente, publicada en el diario oficial el 16 de mayo de 2019.

Por otra parte, la Secretaría General de la Presidencia de la República, aprobó la norma de calidad secundaria de aire para Dióxido de azufre (SO₂), D.S. N°22, la que modifica a la dada en el Decreto Supremo N°185 de 1991 del Ministerio de Minería, a partir del 1 de junio de 2010.

Las normas de calidad de aire para este contaminante, en Chile son:

CONTAMINANTE	NORMA PRIMARIA			NORMA SECUNDARIA		
	ANUAL	24 HORAS	1 HORA	ANUAL	24 HORAS	1 HORA
SO ₂ (ppbv)	23	57	134	23*	99*	268*

(*) Norma secundaria de calidad del aire para dióxido de azufre en la zona sur del país.

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre cuando:
Monitoreo Proyecto Celulosa Arauco
 SERPRAM - Servicios y Proyectos Ambientales S.A. Santiago – Chile
 Los Alerces N°2742 – Ñuñoa

- a) *El promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos, en cualquier estación monitora clasificada como EMRPG, sea mayor o igual a 23 ppbv.*
- b) *El promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un año calendario, en cualquier estación monitora clasificada como EMRPG, sea mayor o igual a 57 ppbv.*
- c) *El promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 98.5 de las concentraciones de 1 hora registradas durante un año calendario, sea mayor o igual a 134 ppbv. A partir del cuarto año calendario de publicada la norma, se considera un percentil 99 para evaluar esta condición.*
- d) *Si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98.5 de las concentraciones de 1 hora registradas, sea mayor o igual 268 ppbv. A partir del cuarto año calendario de publicada la norma, se considera un percentil 99 para evaluar esta condición.*

Se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire en la zona sur del país para dióxido de azufre cuando:

- a) *El promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos de los valores de concentración anual, fuere mayor o igual a 23 ppbv. Además, se considerará sobrepasada como concentración anual, si en un año calendario el valor de concentración fuere igual o mayor a 46 ppbv.*
- b) *El promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos de los valores del percentil 99.7 de las concentraciones de 24 horas registradas cada año, en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual a 99 ppbv. Además, se considerará sobrepasada, cuando el percentil 99.7 de las concentraciones de 24 horas de un año de monitoreo, fuere mayor o igual a 198 ppbv.*
- c) *El promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos de los valores del percentil 99.73 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual a 268 ppbv. Además, se considerará sobrepasada, cuando el percentil 99.73 de las concentraciones de 24 horas de un año de monitoreo, fuere mayor o igual a 536 ppbv.*

4.3 Ozono (O₃)

La Secretaría General de la Presidencia de la República, aprobó la norma primaria de calidad de aire para ozono (O₃), la que reemplaza a la Resolución 1215 del Ministerio de Salud.

El límite permisible para la norma primaria de calidad del aire para ozono es:

CONTAMINANTE	PROMEDIO MOVIL DE 8 HORAS
O ₃ (ppbv)	61

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para ozono como concentración de 8 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRPG, sea mayor o igual a 61 ppbv.

4.4 Monóxido de carbono (CO)

La Secretaría General de la Presidencia de la República, aprobó la norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono (CO), D.S. N°115, la cual fue publicada en el diario oficial el 10 de septiembre de 2002.

La norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono, establece los siguientes límites:

CONTAMINANTE	PROMEDIO MOVIL DE 8 HORAS	1 HORA
CO (ppmv)	9	26

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono cuando:

- a) *El promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRPG sea mayor o igual a 9 ppmv.*
- b) *El promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRPG, sea mayor o igual a 26 ppmv.*

4.5 Dióxido de nitrógeno (NO₂)

La Secretaría General de la Presidencia de la República, aprobó la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno (NO₂), D.S. N°114, a partir del 1° de abril de 2003.

Los límites permisibles para la norma primaria de calidad del aire para dióxido de nitrógeno son:

CONTAMINANTE	ANUAL	DIARIO
NO ₂ (ppbv)	53	213

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno cuando:

- a) El promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos, en cualquier estación monitora clasificada como EMRPG, sea mayor o igual a 53 ppbv.*
- b) Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora clasificada como EMRPG, sea mayor o igual a 213 ppbv.*

4.6 Decreto N°61/2008

Reglamento que aplica las condiciones de instalación y funcionamiento de las estaciones de medición de contaminantes atmosféricos, con el fin de asegurar la calidad de las mediciones y así verificar el cumplimiento de una Norma Primaria de Calidad o un monitoreo de una Resolución de Calificación Ambiental. Este reglamento indica las directrices y disposiciones en cuanto a las calibraciones de equipos de medición, mantención de monitores, registros mínimos que deben mantenerse en la estación, disposiciones para el tratamiento de los datos e informes, características físicas de los sistemas y subsistemas que integran las estaciones, entre otras.

5. RESULTADOS

En las Tablas 5.1 y 5.2, presentan un resumen de los datos disponibles con el porcentaje de recuperación del período de muestreo, para las estaciones de monitoreo de calidad de aire y de parámetros meteorológicos de Carampangue y Laraquete, respectivamente.

Los parámetros medidos están identificados por la siguiente nomenclatura:

VV	Velocidad del viento
DD	Dirección del viento
ST	Desviación estándar de la dirección del viento
MP-10	Material particulado respirable, de tamaño aerodinámico 10 micrones
SO ₂	Dióxido de azufre
O ₃	Ozono
CO	Monóxido de carbono
NO	Óxido nítrico
NO ₂	Dióxido de nitrógeno
NO _x	Óxidos de nitrógeno

Tabla 5.1

Porcentaje de recuperación de datos, Estación Carampangue

PARÁMETRO	PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN (%)
	ENE
VV	100
DD	100
ST	100
MP10	99.6
SO ₂	97.6
O ₃	97.0
CO	98.5
NO ₂	97.8

Tabla 5.2

Porcentaje de recuperación de datos, Estación Laraquete

PARÁMETRO	PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN (%)
	ENE
VV	99.3
DD	99.2
ST	99.2
MP10	88.7
SO ₂	96.4
O ₃	97.0
CO	97.7
NO ₂	97.6

Observaciones

La pérdida de datos de la dirección del viento y desviación estándar de la dirección, se debe a períodos de calma total, es decir, la velocidad del viento es igual 0.0 m/s.

En lo que respecta al muestreo de material particulado continuo, en general, la pérdida de información se puede provocar por cortes de energía o fallas en el equipo.

Para los contaminantes gaseosos, en general, la pérdida de datos se debe a las verificaciones de zero, span y a mantenciones en terreno las que duran entre 1 y 5 horas.

Cabe mencionar que el detalle de la ausencia de datos se encuentra en los informes de ensayos entregado en los Anexos 1, 2 y 3.

5.1 Meteorología

Las variables registradas en estaciones Carampangue y Laraquete, son velocidad del viento, dirección del viento y desviación estándar de la dirección del viento.

La información se registró en medio magnético. El procesamiento fue realizado sobre valores promedio horarios. En las Tablas 5.3 A; 5.4 A, se presenta un resumen de los valores medios del período 1 y el 31 de enero de 2020.

El porcentaje de calma corresponde al tiempo en que la velocidad del viento es inferior a 0.5 m/s.

En el Anexo 1, se presentan para cada una de las variables, los valores horarios, los resultados estadísticos para cada día y cada hora del período de mediciones y las figuras correspondientes las series de tiempo del período de mediciones, ciclos diarios típicos y rosas de direcciones de viento.

Tabla 5.3 A
Resultados de variables meteorológicas, Estación Carampangue

VARIABLE	VALOR
	ENE
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	
Promedio periodo	3.3
Valor máximo	10.0
Valor mínimo	0.3
Porcentaje de calmas	2.8
DIRECCIÓN DEL VIENTO	
Dirección predominante Diurno	S, SSW, WNW, NW
Dirección predominante Nocturno	SE, SSE, S
DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA DIRECCIÓN (°)	
Promedio periodo	23
Valor máximo	43
Valor mínimo	7

Tabla 5.4 A
Resultados de variables meteorológicas, Estación Laraquete

VARIABLE	VALOR
	ENE
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	
Promedio periodo	2.9
Valor máximo	10.1
Valor mínimo	0.3
Porcentaje de calmas	4.9
DIRECCIÓN DEL VIENTO	
Dirección predominante Diurno	SSW, SW, NW, NNW, N
Dirección predominante Nocturno	ESE, SE, ESE, S, SSW
DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA DIRECCIÓN (°)	
Promedio periodo	14
Valor máximo	44
Valor mínimo	4

5.2 Mediciones de material particulado

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones de material particulado, obtenidos en las estaciones de monitoreo Carampangue y Laraquete, durante el período 1 y el 31 de enero de 2020.

En la Tabla 5.5 y 5.6; y en las Figuras 5.1 y 5.2, se presentan los resultados de las mediciones realizadas de material particulado respirable MP-10.

En el Anexo 2, se presenta un análisis estadístico de la información de concentración de material particulado, valores horarios, valores medios diarios, valores máximos y mínimos. Además, se incluye una gráfica de los ciclos promedios horarios y de los valores medios diarios.

Tabla 5.5
Resultados de concentración de material particulado MP-10, Estación Carampangue

PERÍODO 2020	CONCENTRACIÓN MP-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	
	PROMEDIO ¹	MÁXIMO DIARIO
ENE	30	76
FEB	-	-
MAR	-	-
ABR	-	-
MAY	-	-
JUN	-	-
JUL	-	-
AGO	-	-
SEP	-	-
OCT	-	-
NOV	-	-
DIC	-	-
NORMA	50	150
PROM. ANUAL	30	-
VALOR MÁX.	-	76
RESUMEN PERÍODO 2017–2019		
PERÍODO	PROMEDIO	PERCENTIL 98 ¹
2017	25	50
2018	28	51
2019	26	54
PROM. TRIANUAL	26	-

¹La norma primaria de calidad del aire para MP-10 (D.S. N°59/1998) establece un límite de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para concentración de 24 horas y un límite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ como concentración promedio anual.

Tabla 5.6
Resultados de concentración de material particulado MP-10, Estación Laraquete

PERÍODO 2020	CONCENTRACIÓN MP-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	
	PROMEDIO ¹	MÁXIMO DIARIO
ENE	26	53
FEB	-	-
MAR	-	-
ABR	-	-
MAY	-	-
JUN	-	-
JUL	-	-
AGO	-	-
SEP	-	-
OCT	-	-
NOV	-	-
DIC	-	-
NORMA	50	150
PROM. ANUAL	26	-
VALOR MÁX.	-	53
RESUMEN PERÍODO 2017-2019		
PERÍODO	PROMEDIO	PERCENTIL 98 ¹
2017	22	42
2018	21	38
2019	24	50
PROM. TRIANUAL	22	-

¹La norma primaria de calidad del aire para MP-10 (D.S. N°59/1998) establece un límite de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para concentración de 24 horas y un límite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ como concentración promedio anual.

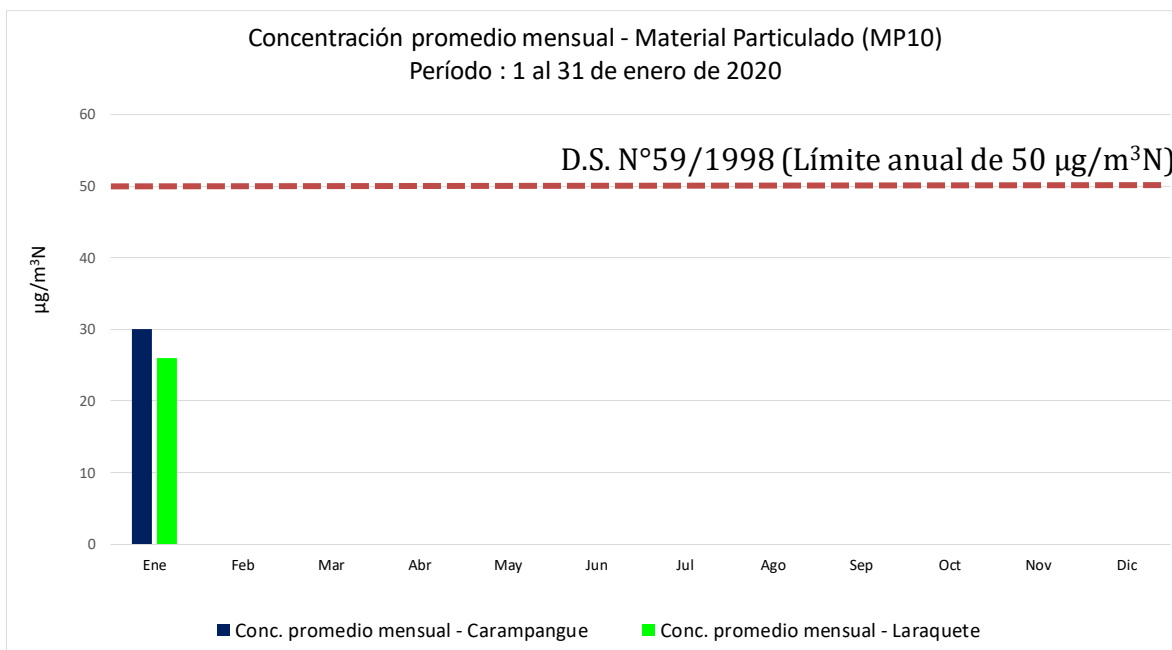


Figura 5.1 - Concentración promedio mensual de MP-10, Estaciones Carampangue y Laraquete

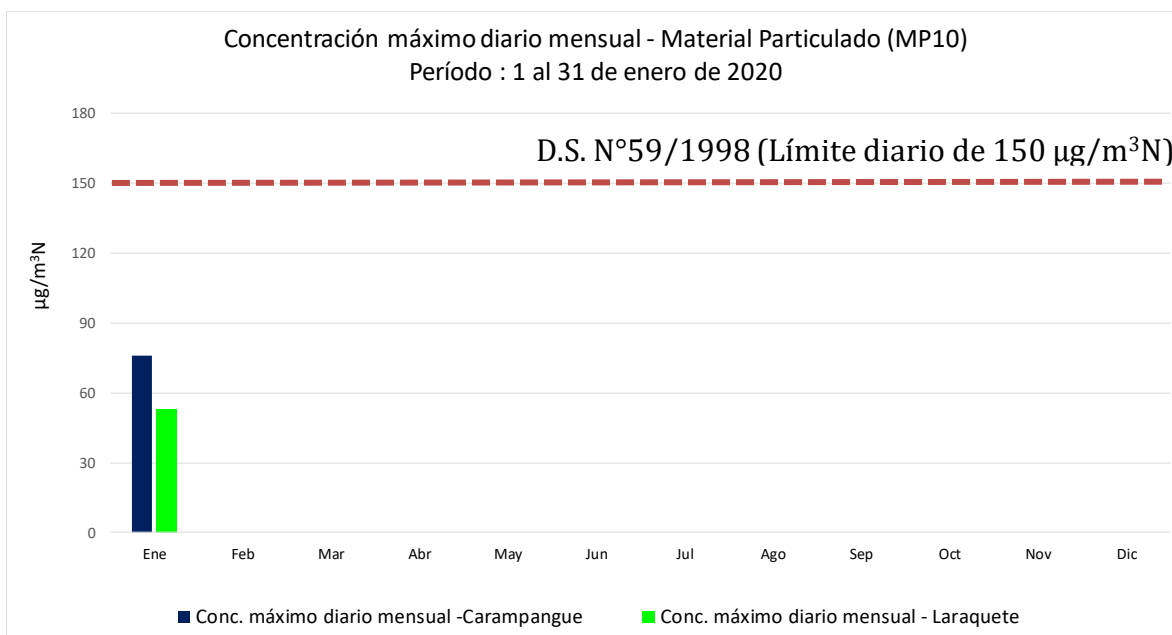


Figura 5.2 - Concentración máximo diario mensual de MP-10, Estaciones Carampangue y Laraquete

5.3 Mediciones de contaminantes gaseosos

A continuación, se presentan los resultados de mediciones de gases, obtenidos en las estaciones de monitoreo Carampangue y Laraquete, durante el período de mediciones 1 y el 31 de enero de 2020. Estos parámetros son comparados con la normativa aplicable a cada contaminante.

En el Anexo 3, se presentan los valores horarios para cada contaminante, valores medios diarios y valores máximos y mínimos. Además, se incluye una gráfica de los ciclos promedios horarios y de los valores medios diarios.

En el Anexo 4, para cada equipo de monitoreo instalado se presentan las verificaciones de zero y span realizadas durante el transcurso de las mediciones.

5.3.1 Dióxido de azufre

En las Tablas 5.7 y 5.8; y en las Figuras 5.3, 5.4 y 5.5, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de dióxido de azufre, en las estaciones Carampangue y Laraquete.

Tabla 5.7

Resultados de concentración de dióxido de azufre (SO₂), Estación Carampangue

PERÍODO 2020	CONCENTRACIÓN SO ₂ (ppbv)			
	PROMEDIO MENSUAL ²	VALOR MÁXIMO DIARIO ^{2, 3}	VALOR MÁXIMO HORARIO ³	
ENE	1	4	17	
FEB	-	-	-	
MAR	-	-	-	
ABR	-	-	-	
MAY	-	-	-	
JUN	-	-	-	
JUL	-	-	-	
AGO	-	-	-	
SEP	-	-	-	
OCT	-	-	-	
NOV	-	-	-	
DIC	-	-	-	
NORMA 1°	23	57	134	
NORMA 2°		99	268	
PROM. ANUAL	1	-	-	
VALOR MÁX.	-	4	17	
RESUMEN PERÍODO 2017-2019				
PERÍODO	PROM. ANUAL ²	PERCENTIL 99 ²	PERCENTIL 99.7 ³	PERCENTIL 99.73 ³
2017	1	3	3	9
2018	2	8	10	17
2019	1	4	5	10
PROM. TRIANUAL	1	5	6	12

²D.S. N°104/2019, establece como concentración de 24 horas, el límite de 57 ppbv, 134 ppbv como concentración de 1 hora y como concentración promedio anual, un límite de 23 ppbv; ³D.S. N°22/2009 Zona sur, establece un valor límite de 99 ppbv como concentración de 24 horas, 268 ppbv como concentración de 1 hora y como concentración promedio anual, un límite de 23 ppbv en la zona sur.

Tabla 5.8

Resultados de concentración de dióxido de azufre (SO₂), **Estación Laraquete**

PERÍODO 2020	CONCENTRACIÓN SO ₂ (ppbv)			
	PROMEDIO MENSUAL ²	VALOR MÁXIMO DIARIO ^{2,3}	VALOR MÁXIMO HORARIO ³	
ENE	2	3	13	
FEB	-	-	-	
MAR	-	-	-	
ABR	-	-	-	
MAY	-	-	-	
JUN	-	-	-	
JUL	-	-	-	
AGO	-	-	-	
SEP	-	-	-	
OCT	-	-	-	
NOV	-	-	-	
DIC	-	-	-	
NORMA 1°	23	57	134	
NORMA 2°		99	268	
PROM. ANUAL	2	-	-	
VALOR MÁX.	-	3	13	
RESUMEN PERÍODO 2017-2019				
PERÍODO	PROM. ANUAL ²	PERCENTIL 99 ²	PERCENTIL 99.7 ³	PERCENTIL 99.73 ³
2017	1	3	5	12
2018	1	5	6	18
2019	2	4	6	16
PROM. TRIANUAL	1	4	6	15

²D.S. N°104/2019, establece como concentración de 24 horas, el límite de 57 ppbv, 134 ppbv como concentración de 1 hora y como concentración promedio anual, un límite de 23 ppbv; ³D.S. N°22/2009 zona sur, establece un valor límite de 99 ppbv como concentración de 24 horas, 268 ppbv como concentración de 1 hora y como concentración promedio anual, un límite de 23 ppbv en la zona sur.

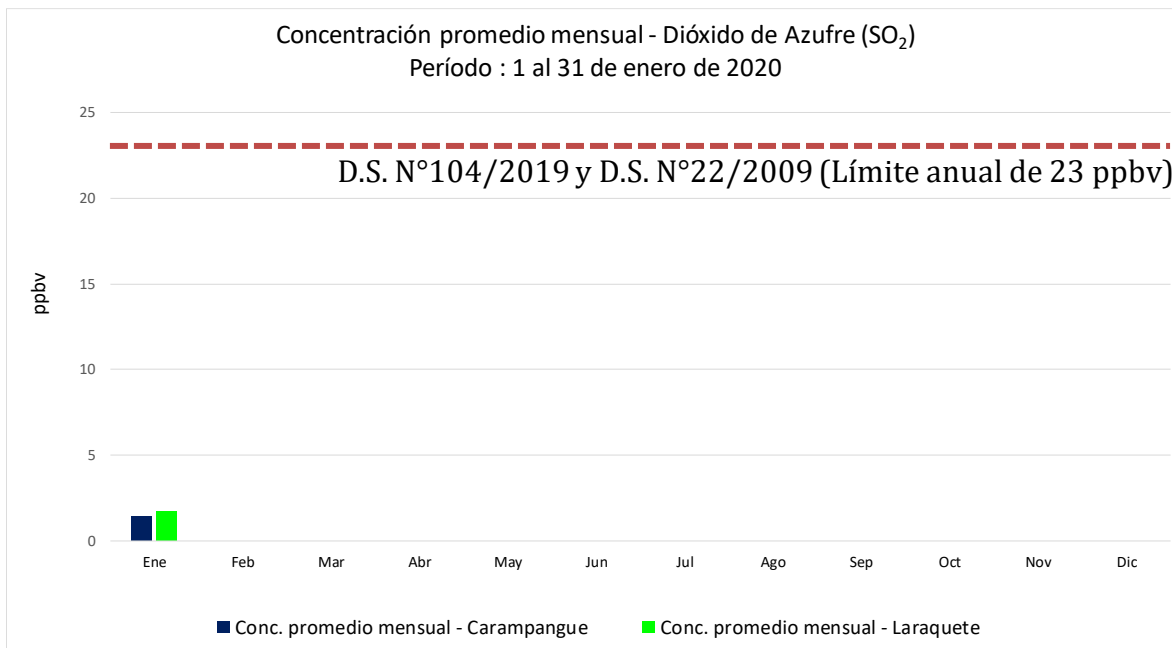


Figura 5.3 - Concentración promedio mensual de SO₂, Estaciones Carampangue y Laraquete

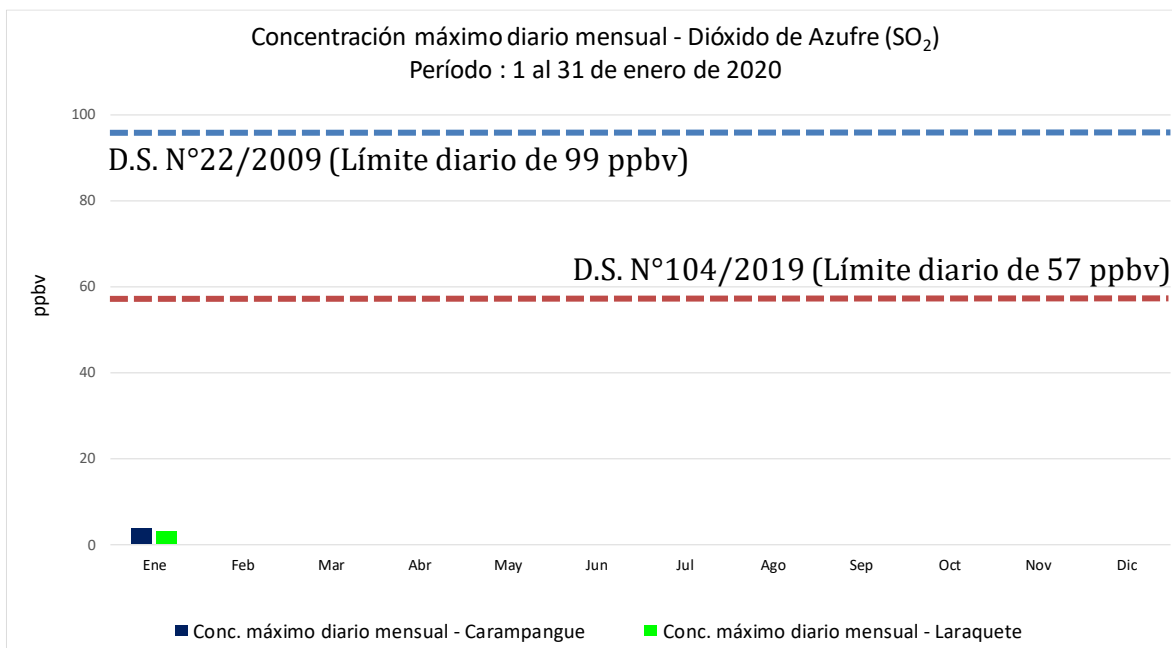


Figura 5.4 - Concentración máximo diario mensual de SO₂, Estaciones Carampangue y Laraquete

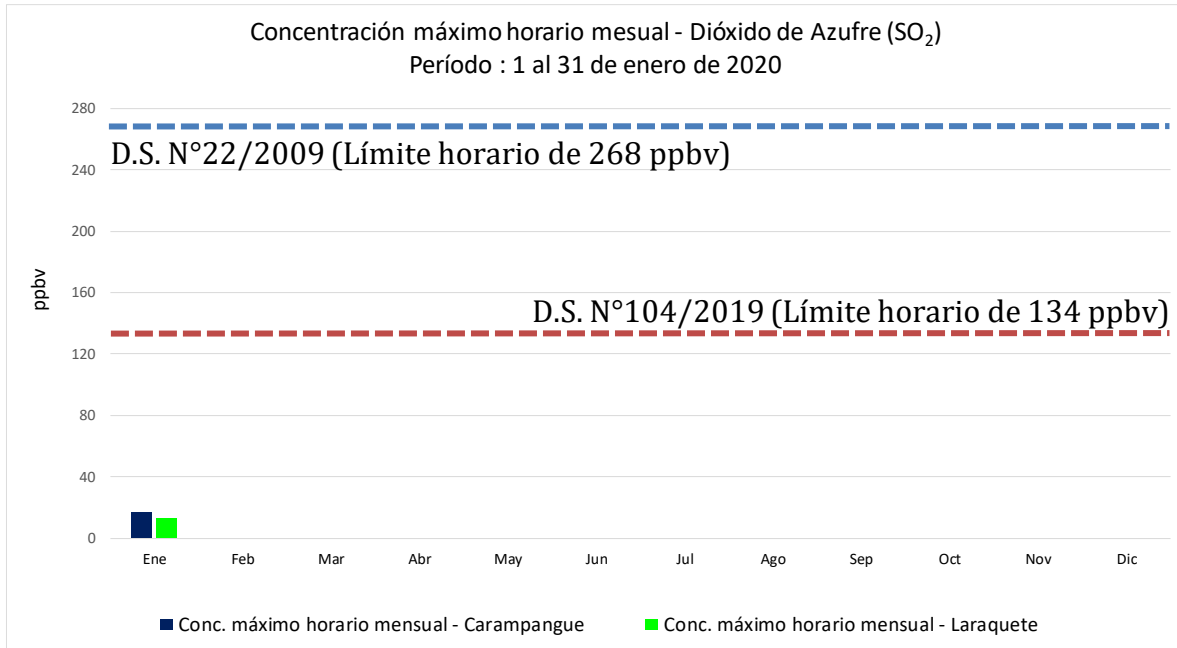


Figura 5.5 - Concentración máximo horario mensual de SO₂, Estaciones Carampangue y Laraquete

5.3.2 Ozono

En las Tablas 5.9 y 5.10; y en la Figura 5.6, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de ozono, en las estaciones Carampangue y Laraquete.

Tabla 5.9

Resultados de concentración de ozono (O₃), Estación Carampangue

PERÍODO 2020	CONCENTRACIÓN O ₃ (ppbv)	
	PROMEDIO	VALOR MÁXIMO HORARIO MÓVIL ⁴
ENE	10	47
FEB	-	-
MAR	-	-
ABR	-	-
MAY	-	-
JUN	-	-
JUL	-	-
AGO	-	-
SEP	-	-
OCT	-	-
NOV	-	-
DIC	-	-
NORMA		61
PROM. ANUAL	10	-
VALOR MÁX.	-	47
RESUMEN PERÍODO 2017–2019		
PERÍODO	PERCENTIL 99⁴	
2017	27	
2018	26	
2019	31	
PROM. TRIANUAL	28	

⁴D.S. N°112/2002, establece un valor límite de 61 ppbv, como concentración promedio de 8 horas.

Tabla 5.10
Resultados de concentración de ozono (O₃), Estación Laraquete

PERÍODO 2020	CONCENTRACIÓN O ₃ (ppbv)	
	PROMEDIO	VALOR MÁXIMO HORARIO MÓVIL ⁴
ENE	14	41
FEB	-	-
MAR	-	-
ABR	-	-
MAY	-	-
JUN	-	-
JUL	-	-
AGO	-	-
SEP	-	-
OCT	-	-
NOV	-	-
DIC	-	-
NORMA		61
PROM. ANUAL	14	-
VALOR MÁX.	-	41
RESUMEN PERÍODO 2017-2019		
PERÍODO	PERCENTIL 99⁴	
2017	28	
2018	33	
2019	33	
PROM. TRIANUAL	31	

⁴D.S. N°112/2002, establece un valor límite de 61 ppbv, como concentración promedio de 8 horas.

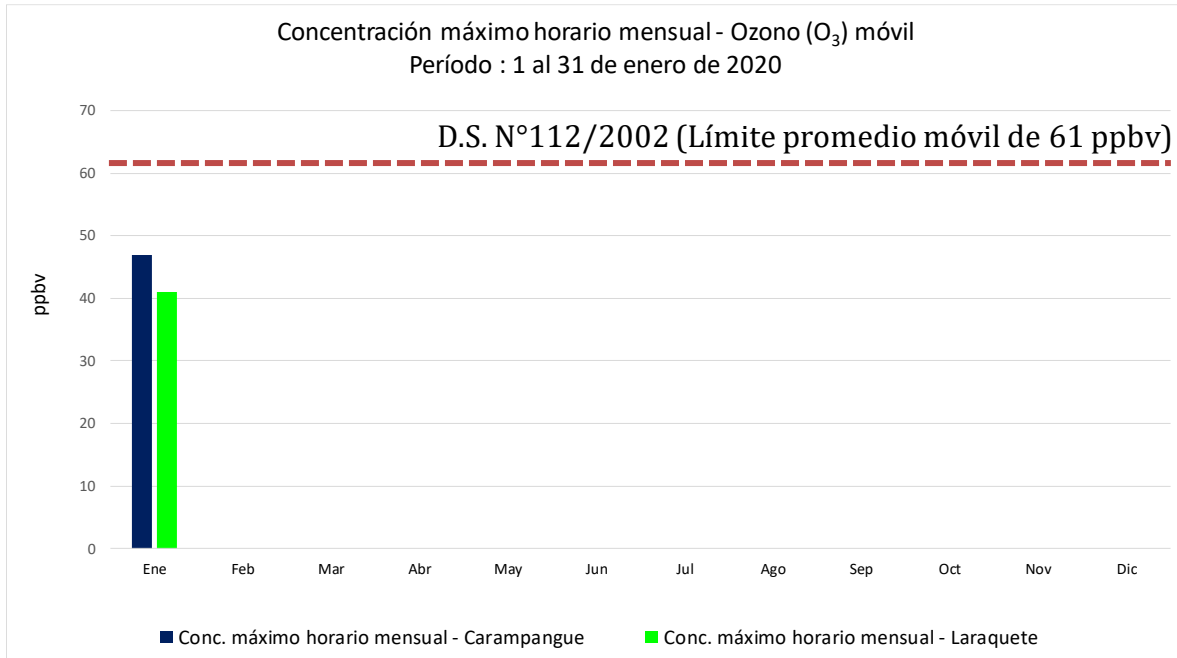


Figura 5.6 - Concentración máximo horario mensual de O₃ móvil, Estaciones Carampangue y Laraquete

5.3.3 Monóxido de carbono

En las Tablas 5.11 y 5.12; y en las Figuras 5.7 y 5.8, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de monóxido de carbono, en las estaciones Carampangue y Laraquete.

Tabla 5.11

Resultados de concentración de monóxido de carbono (CO), Estación Carampangue

PERÍODO 2020	CONCENTRACIÓN CO (ppmv)		
	PROMEDIO MENSUAL	VALOR MÁXIMO HORARIO ⁵	VALOR MÁXIMO HORARIO MÓVIL ⁵
ENE	0.2	2.9	1.6
FEB	-	-	-
MAR	-	-	-
ABR	-	-	-
MAY	-	-	-
JUN	-	-	-
JUL	-	-	-
AGO	-	-	-
SEP	-	-	-
OCT	-	-	-
NOV	-	-	-
DIC	-	-	-
NORMA		26	9
PROM. ANUAL	0.2	-	-
VALOR MÁX.	-	2.9	1.6
RESUMEN PERÍODO 2017–2019			
PERÍODO	PERCENTIL 99 ⁵	PERCENTIL 99 MÓVIL ⁵	
2017	1.1	2.0	
2018	1.9	1.3	
2019	1.9	1.3	
PROM. TRIANUAL	1.6	1.5	

⁵D.S. N°115/2002, establece un valor límite de 9 ppmv, como concentración de 8 horas y un valor límite de 26 ppmv, como concentración horaria.

Tabla 5.12

Resultados de concentración de monóxido de carbono (CO), **Estación Laraquete**

PERÍODO 2020	CONCENTRACIÓN CO (ppmv)		
	PROMEDIO MENSUAL	VALOR MÁXIMO HORARIO ⁵	VALOR MÁXIMO HORARIO MÓVIL ⁵
ENE	0.2	1.1	0.8
FEB	-	-	-
MAR	-	-	-
ABR	-	-	-
MAY	-	-	-
JUN	-	-	-
JUL	-	-	-
AGO	-	-	-
SEP	-	-	-
OCT	-	-	-
NOV	-	-	-
DIC	-	-	-
NORMA		26	9
PROM. ANUAL	0.2	-	-
VALOR MÁX.	-	1.1	0.8
RESUMEN PERÍODO 2017-2019			
PERÍODO	PERCENTIL 99 ⁵	PERCENTIL 99 MÓVIL ⁵	
2017	0.9	1.7	
2018	1.8	1.3	
2019	1.6	1.1	
PROM. TRIANUAL	1.4	1.4	

⁵D.S. N°115/2002, establece un valor límite de 9 ppmv, como concentración de 8 horas y un valor límite de 26 ppmv, como concentración horaria.

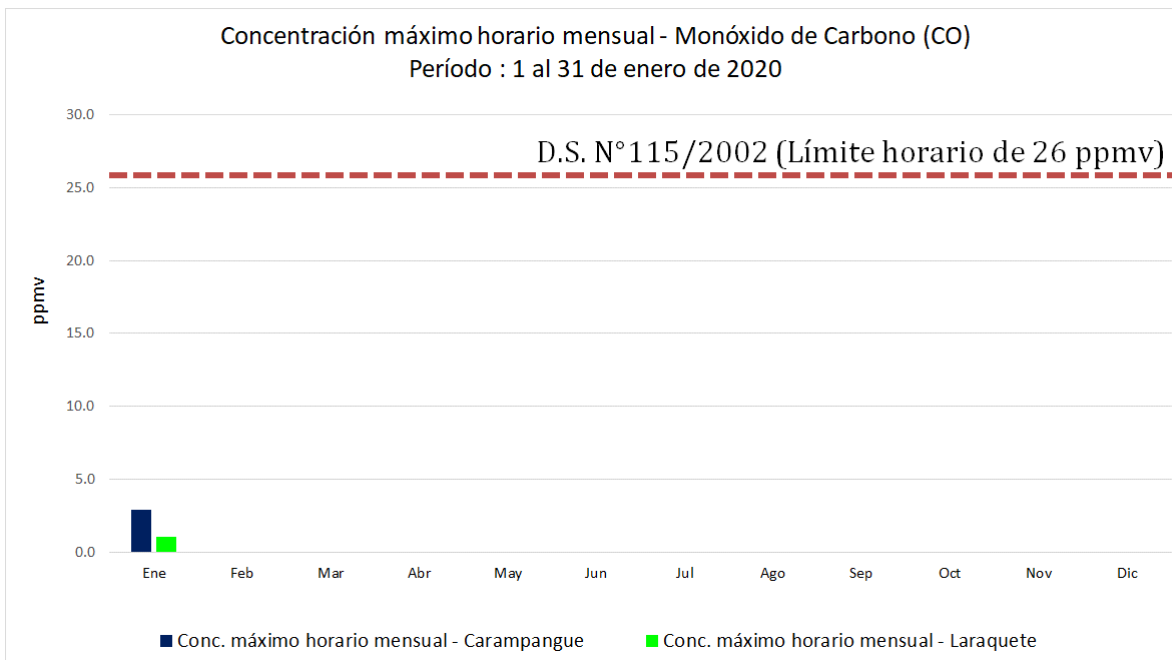


Figura 5.7 - Concentración máximo horario de CO, Estaciones Carampangue y Laraquete

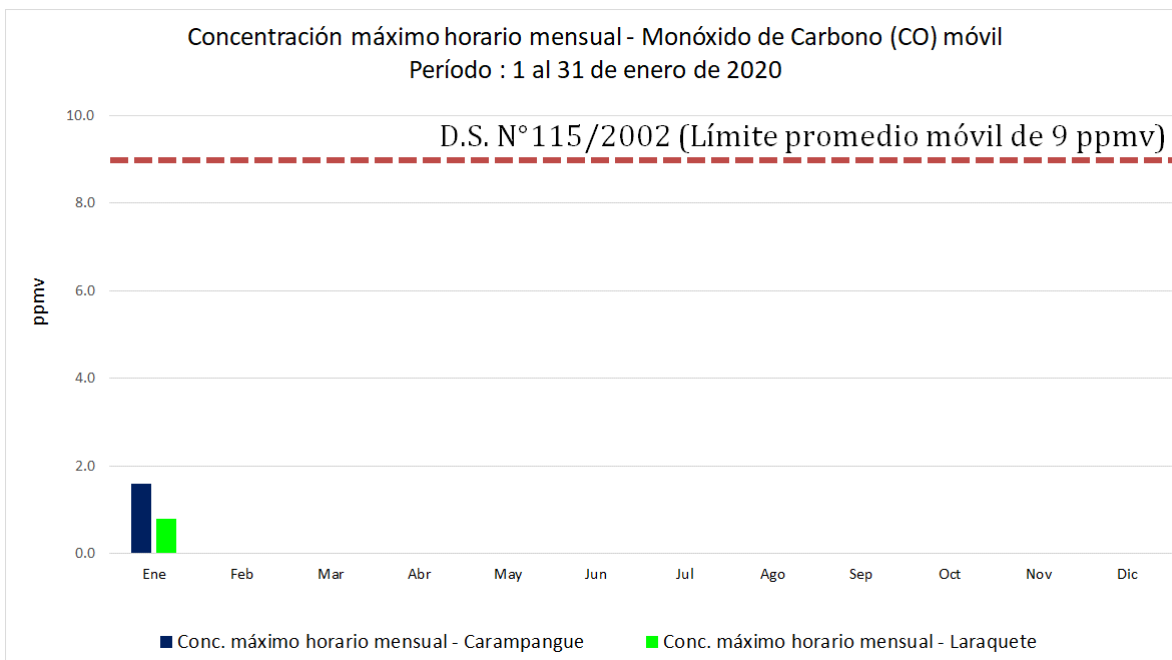


Figura 5.8 - Concentración máximo horario de CO móvil, Estaciones Carampangue y Laraquete

5.3.4 Dióxido de nitrógeno

En las Tablas 5.13 y 5.14; y en las Figuras 5.9 y 5.10, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de dióxido de nitrógeno, en las estaciones Carampangue y Laraquete.

Tabla 5.13

Resultados de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂), Estación Carampangue

PERÍODO 2020	CONCENTRACIÓN NO ₂ (ppbv)	
	PROMEDIO ⁶	VALOR MÁXIMO HORARIO
ENE	3	12
FEB	-	-
MAR	-	-
ABR	-	-
MAY	-	-
JUN	-	-
JUL	-	-
AGO	-	-
SEP	-	-
OCT	-	-
NOV	-	-
DIC	-	-
NORMA	53	213
PROM. ANUAL	3	-
VALOR MÁX.	-	12
RESUMEN PERÍODO 2017–2019		
PERÍODO	PROM. ANUAL	PERCENTIL 99 ⁶
2017	4	24
2018	4	23
2019	3	22
PROM. TRIANUAL	4	23

⁶D.S. N°114/2002, establece límite de concentración para 1 hora de 213 ppbv y como de concentración promedio anual de 53 ppbv.

Tabla 5.14
Resultados de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂), Estación Laraquete

PERÍODO 2020	CONCENTRACIÓN NO ₂ (ppbv)	
	PROMEDIO ⁶	VALOR MÁXIMO HORARIO
ENE	3	18
FEB	-	-
MAR	-	-
ABR	-	-
MAY	-	-
JUN	-	-
JUL	-	-
AGO	-	-
SEP	-	-
OCT	-	-
NOV	-	-
DIC	-	-
NORMA	53	213
PROM. ANUAL	3	-
VALOR MÁX.	-	18
RESUMEN PERÍODO 2017-2019		
PERÍODO	PROM. ANUAL	PERCENTIL 99 ⁶
2017	4	22
2018	4	24
2019	4	23
PROM. TRIANUAL	4	23

⁶D.S. N°114/2002, establece límite de concentración para 1 hora de 213 ppbv y como de concentración promedio anual de 53 ppbv.

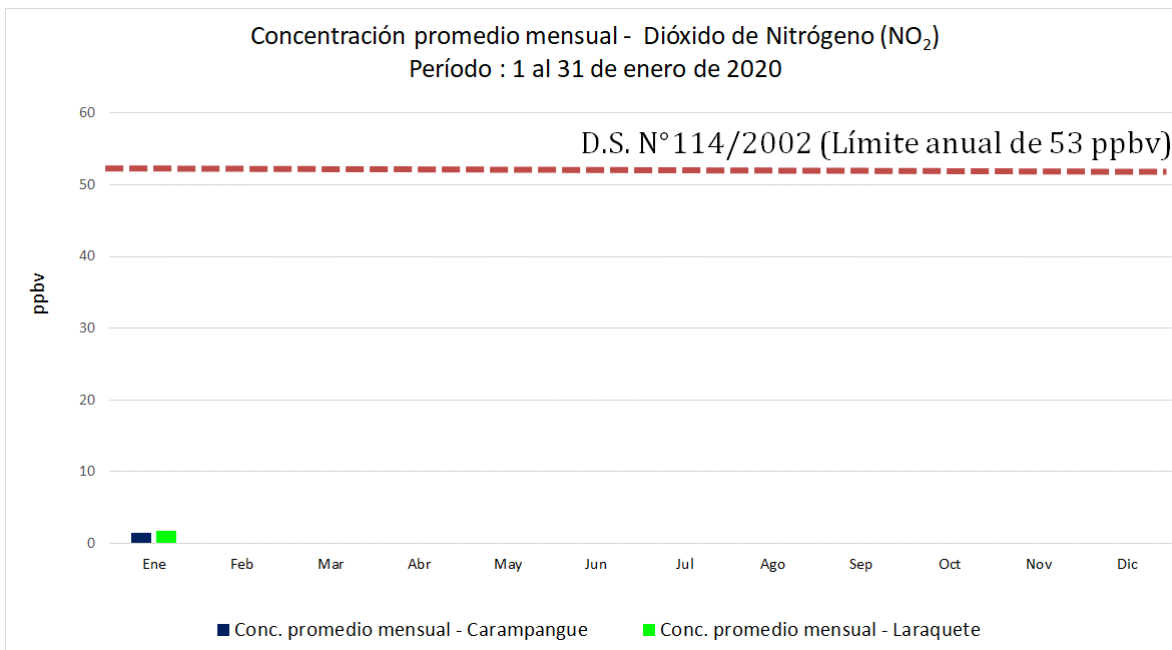


Figura 5.9 - Concentración promedio mensual de NO₂, Estaciones Carampangue y Laraquete

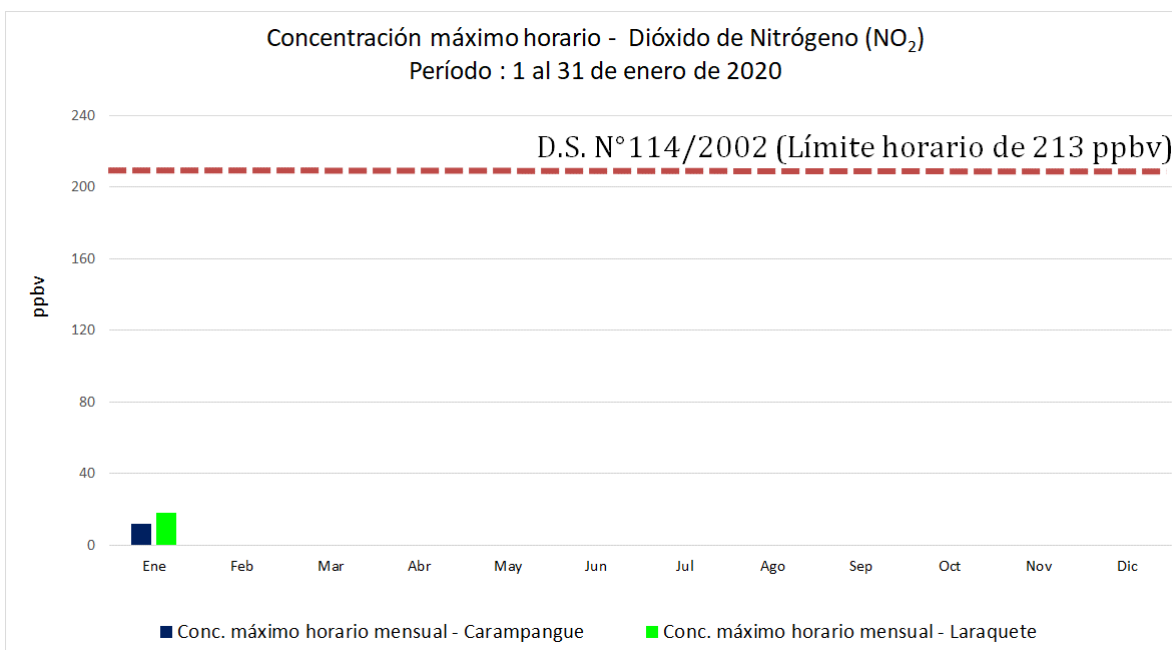


Figura 5.10 - Concentración máximo horario mensual de NO₂, Estaciones Carampangue y Laraquete

6. DISCUSIONES

6.1 Variables meteorológicas

Las variables registradas en las estaciones de monitoreo son velocidad del viento, dirección del viento y desviación estándar de la dirección del viento.

Es importante definir lo que significa régimen de vientos diurno y nocturno. Los regímenes de viento a escala local se generan debido al calentamiento y enfriamiento de la tierra; y a escala regional a causa del paso de sistemas frontales. El régimen diurno aparece con el calentamiento paulatino de la tierra, en épocas de verano comienza por lo general entre las 08 y 09 h y en invierno entre las 11 y 13 h. El régimen nocturno se genera por el enfriamiento paulatino de la tierra, en épocas de verano comienza entre las 01 y 02 h y en invierno entre las 18 y 20 h.

En las Tablas 5.3 A y B; 5.4 A y B, se presenta un resumen con los valores de los parámetros meteorológicos registrados en las estaciones Carampangue y Laraquete, durante el periodo 1 y el 31 de enero de 2020.

6.1.1 Velocidad del viento

A. Estación Carampangue

En estación Carampangue, durante el período 1 y el 31 de enero de 2020, la media del periodo fue de 3.3 m/s y los valores medio horarios del periodo están en el rango de 0.3 y 10.0 m/s.

En el período 1 y el 31 de enero de 2020, la velocidad media del viento fue de 3.3 m/s. Durante el período nocturno, comprendido entre las 20 y 07 h del día siguiente, las velocidades medias horarias estuvieron comprendidas entre 2.2 y 4.0 m/s. En cambio, durante el período diurno comprendido entre las 08 y 19 h, los valores medios son superiores a los del período nocturno y estuvieron comprendidos entre 2.5 y 5.2 m/s. El valor máximo registrado fue de 10.0 m/s, el que se produjo a las 17 h del día 4. Se observa un ciclo diario con valores superiores entre las 12 y 20 h. El 2.8% de los valores medios horarios es inferior a 0.5 m/s, o sea pertenecen a un período de calma.

B. Estación Laraquete

En estación Laraquete, durante el período 1 y el 31 de enero de 2020, la media del periodo fue de 2.9 m/s y los valores medio horarios del periodo están en el rango de 0.3 y 10.3 m/s.

En el período 1 y el 31 de enero de 2020, la velocidad media del viento fue de 2.9 m/s. Durante el período nocturno, comprendido entre las 20 y 07 h del día siguiente, las velocidades medias horarias estuvieron comprendidas entre 1.1 y 3.8 m/s. En cambio, durante el período diurno comprendido entre las 08 y 19 h, los valores medios son superiores a los del período nocturno y estuvieron comprendidos entre 1.8 y 5.4 m/s. El valor máximo registrado fue de 10.1 m/s, el que se produjo entre las 16 y 17 h del día 15. Se observa un ciclo diario con valores superiores entre las 11 y 21 h. El 4.9% de los valores medios horarios es inferior a 0.5 m/s, o sea pertenecen a un período de calma.

6.1.2 Dirección del viento

A. Estación Carampangue

En la Figura 6.1, se muestra la rosa de los vientos correspondiente al período comprendido entre el 1 y el 31 de enero de 2020. En el recuadro A, se puede observar que, los componentes predominantes del viento fueron del S, SSE, SSW y varios días del NW.

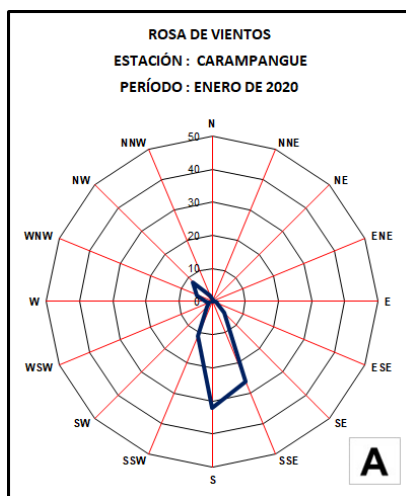


Figura 6.1 – Rosa de los vientos, Estación Carampangue

En el período 1 y el 31 de enero de 2020, se observan durante las 24 horas vientos con componente del S. La dirección predominante del viento durante el período nocturno, comprendido entre las 20 y 07 h del día siguiente, fue principalmente del SE y SSE. Durante el período diurno, comprendido entre las 08 y 19 h, la dirección del viento fue principalmente del SSW, SW y varios días del WNW, NW. La transición del período nocturno al diurno ocurre entre las 07 – 08 h; y la del período diurno al nocturno entre las 19 – 21 h.

B. Estación Laraquete

En la Figura 6.2, se muestra la rosa de los vientos correspondiente al período comprendido entre el 1 y el 31 de enero de 2020. En el recuadro A, se puede observar que, los componentes predominantes del viento fueron del SSW, SW, S y varios días del NNW, NW y N.

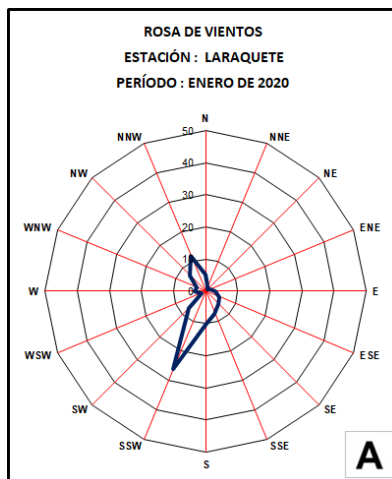


Figura 6.2 – Rosa de los vientos, Estación Laraquete

En el período 1 y el 31 de enero de 2020 la dirección predominante del viento durante el período nocturno, comprendido entre las 20 y 07 h del día siguiente, fue principalmente del ESE, SE, SSE, S y SSW. Durante el período diurno, comprendido entre las 08 y 19 h, la dirección del viento fue principalmente del SSW, SW y varios días del NW, NNW y N. La transición del período nocturno al diurno ocurre entre las 07 – 08 h; y la del período diurno al nocturno entre las 19 – 21 h.

6.1.3 Desviación estándar de la dirección del viento

La desviación estándar del viento es un parámetro que sirve para determinar la turbulencia atmosférica.

A. Estación Carampangue

En estación Carampangue, durante el período 1 y el 31 de enero de 2020, la media fue de 23 grados y los valores medios horarios del periodo están comprendidos entre 7 y 43 grados.

En el período 1 y el 31 de enero de 2020, el valor promedio de la desviación estándar de la dirección del viento fue de 23 grados. Los valores extremos oscilaron entre 7 y 43 grados.

B. Estación Laraquete

En estación Laraquete, durante el período 1 y el 31 de enero de 2020, la media fue de 14 grados y los valores medios horarios del periodo están comprendidos entre 4 y 44 grados.

En el período 1 y el 31 de enero de 2020, el valor promedio de la desviación estándar de la dirección del viento fue de 14 grados. Los valores extremos oscilaron entre 4 y 44 grados.

6.2 Material particulado respirable MP-10

A. Estación Carampangue

Al comparar los resultados que se presentaron en la Tabla 5.5, con la norma de calidad de aire para MP10 establecido en el D.S. N°59/1998, se puede inferir que, no ha sido sobrepasada durante el período de monitoreo comprendido entre el 1 y el 31 de enero de 2020. Los valores medios diarios, estuvieron comprendidos entre 11 y 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$; y el promedio mensual acumulado es de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

A continuación, se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos en enero de 2020:

En estación Carampangue, los promedios diarios del período fluctuaron entre 11 y 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$; y la media mensual fue de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se observa un ciclo diario con valores superiores a la media entre las 15 y las 00 h del día siguiente.

B. Estación Laraquete

Al comparar los resultados que se presentaron en la Tabla 5.6, con la norma de calidad de aire para MP10 establecido en el D.S. N°59/1998, se puede inferir que, no ha sido sobrepasada durante el período de monitoreo comprendido entre el 1 y el 31 de enero de 2020. Los valores medios diarios, estuvieron comprendidos entre 7 y 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$; y el promedio mensual acumulado es de 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

A continuación, se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos en enero de 2020:

En estación Laraquete, los promedios diarios del período fluctuaron entre 7 y 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$; y la media mensual fue de 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se observa un ciclo diario con valores superiores a la media entre las 07 y las 19 h.

6.3 Contaminantes gaseosos

6.3.1 Dióxido de azufre (SO₂)

A. Estación Carampangue

Al observar la Tabla 5.7, se puede inferir que, en el período 1 y el 31 de enero de 2020, los promedios diarios fluctúan entre 1 y 4 ppbv, valores que no superan la normativa primaria diaria (57 ppbv) y la secundaria (99 ppbv); los promedios horarios, oscilan entre 0 y 17 ppbv, los cuales no superan la normativa primaria (134 ppbv) y la secundaria (268 ppbv). Por otra parte, promedio mensual acumulado del período es de 1 ppbv, bajo las normativas anuales primaria y secundaria de la zona sur (23 ppbv), establecido en los D.S. N°104/2019 y N°22/2009, respectivamente.

A continuación, se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos en enero de 2020:

En estación Carampangue, los promedios diarios del período fluctuaron entre 1 y 4 ppbv; y los promedios horarios, oscilaron entre 0 y 17 ppbv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 1 ppbv. Se observa un ciclo diario con valores superiores a la media entre las 08 y las 15 h.

B. Estación Laraquete

Al observar la Tabla 5.8, se puede inferir que, en el período 1 y el 31 de enero de 2019, los promedios diarios fluctúan entre 1 y 3 ppbv, valores que no superan la normativa primaria diaria (57 ppbv) y la secundaria (99 ppbv); los promedios horarios, oscilan entre 0 y 13 ppbv, los cuales no superan la normativa primaria (134 ppbv) y la secundaria (268 ppbv). Por otra parte, promedio mensual acumulado del período es de 2 ppbv, lejano a superar las normativas anuales primaria y secundaria (23 ppbv), establecido en los D.S. N°104/2019 y N°22/2009, respectivamente.

A continuación, se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos en enero de 2020:

En estación Laraquete, los promedios diarios del período fluctuaron entre 1 y 3 ppbv; y los promedios horarios, oscilaron entre 0 y 13 ppbv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 2 ppbv. Se observa un ciclo diario con valores superiores a la media entre las 09 y las 11 h.

6.3.2 Ozono (O₃)

A. Estación Carampangue

Al observar la Tabla 5.9, se puede inferir que, durante el período 1 y el 31 de enero de 2020, el valor máximo horario móvil de ocho horas es de 47 ppbv, concentración que no sobrepasa el límite normado móvil (61 ppbv), establecido en el D.S. N°112/2002.

A continuación, se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos en enero de 2020:

En estación Carampangue, para el ozono (O₃), los valores diarios del período fluctuaron entre 4 y 25 ppbv; y los valores horarios, oscilaron entre 0 y 57 ppbv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 10 ppbv. Se observa un ciclo diario con valores superiores a la media entre las 10 y las 19 h.

Por otra parte, para el ozono móvil, los valores diarios del período fluctuaron entre 4 y 24 ppbv; y los valores horarios, oscilaron entre 1 y 47 ppbv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 10 ppbv.

B. Estación Laraquete

Al observar la Tabla 5.10, se puede inferir que, durante el período 1 y el 31 de enero de 2020, el valor máximo horario móvil de ocho horas es de 41 ppbv, concentración que no sobrepasa el límite normado móvil (61 ppbv), establecido en el D.S. N°112/2002.

A continuación, se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos en enero 2020:

En estación Laraquete, para el ozono (O₃), los valores diarios del período fluctuaron entre 9 y 20 ppbv; y los valores horarios, oscilaron entre 1 y 46 ppbv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 14 ppbv. Se observa un ciclo diario con valores superiores a la media entre las 10 y las 20 h.

Por otra parte, para el ozono móvil, los valores diarios del período fluctuaron entre 8 y 19 ppbv; y los valores horarios, oscilaron entre 2 y 41 ppbv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 14 ppbv.

6.3.3 Monóxido de carbono (CO)

A. Estación Carampangue

Al observar la Tabla 5.11, se puede inferir que, durante el período 1 y el 31 de enero de 2020, el valor máximo móvil de ocho horas es de 1.6 ppmv, concentración que no sobrepasa el límite normado móvil (9 ppmv); y los valores promedios horarios, fluctúan entre 0.1 y 0.8 ppmv, los cuales están lejos de superar el límite normado horario (26 ppmv), establecido en el D.S. N°115/2002.

A continuación, se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos en enero de 2020:

En estación Carampangue, para el monóxido de carbono (CO), los valores diarios del período fluctuaron entre 0.1 y 0.8 ppmv; y los valores horarios, oscilaron entre 0.0 y 2.9 ppmv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 0.2 ppmv. No se observa un ciclo diario superior a la media.

Por otra parte, para el monóxido de carbono móvil, los valores diarios del período fluctuaron entre 0.1 y 0.9 ppmv; y los valores horarios, oscilaron entre 0.0 y 1.6 ppmv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 0.2 ppmv.

B. Estación Laraquete

Al observar la Tabla 5.12, se puede inferir que, durante el período 1 y el 31 de enero de 2020, el valor máximo móvil de ocho horas es de 0.8 ppmv, concentración que no sobrepasa el límite normado móvil (9 ppmv); y los valores promedios horarios, fluctúan entre 0.1 y 0.4 ppmv, los cuales están lejos de superar el límite normado horario (26 ppmv), establecido en el D.S. N°115/2002.

A continuación, se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos en enero de 2020:

En estación Laraquete, para el monóxido de carbono (CO), los valores diarios del período fluctuaron entre 0.1 y 0.4 ppmv; y los valores horarios, oscilaron entre 0.0 y 1.1 ppmv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 0.2 ppmv. No se observa un ciclo diario superior a la media.

Por otra parte, para el monóxido de carbono móvil, los valores diarios del período fluctuaron entre 0.1 y 0.4 ppmv; y los valores horarios, oscilaron entre 0.1 y 0.8 ppmv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 0.2 ppmv.

6.3.4 Dióxido de nitrógeno (NO₂)

A. Estación Carampangue

Al observar la Tabla 5.13, se puede inferir que, durante el período 1 y el 31 de enero de 2020, promedio mensual acumulado del periodo para el dióxido de nitrógeno es de 3 ppbv, bajo el límite normado anual (53 ppbv). Por otra parte, el valor horario máximo, en dicho período, es de 12 ppbv, valor el cual no supera el límite normado horario (213 ppbv), establecido en el D.S. N°114/2002.

A continuación, se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos en enero de 2020:

En estación Carampangue, para el monóxido de nitrógeno (NO), los valores diarios del período fluctuaron entre 1 y 4 ppbv; y los valores horarios, oscilaron entre 0 y 33 ppbv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 2 ppbv. Se observa un ciclo diario con valores superiores a la media a las 06 h.

Por otra parte, para el dióxido de nitrógeno (NO₂), los valores diarios del período fluctuaron entre 1 y 5 ppbv; y los valores horarios, oscilaron entre 1 y 12 ppbv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 3 ppbv.

B. Estación Laraquete

Al observar la Tabla 5.14, se puede inferir que, durante el período 1 y el 31 de enero de 2020, promedio mensual acumulado del periodo para el dióxido de nitrógeno es de 3 ppbv, bajo el límite normado anual (53 ppbv). Por otra parte, el valor horario máximo, en dicho período, es de 18 ppbv, valor el cual no supera el límite normado horaria (213 ppbv), establecido en el D.S. N°114/2002.

A continuación, se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos en enero de 2020:

En estación Laraquete, para el monóxido de nitrógeno (NO), los valores diarios del período fluctuaron entre 1 y 10 ppbv; y los valores horarios, oscilaron entre 0 y 56 ppbv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 5 ppbv. Se observan dos ciclos diarios con valores superiores a la media entre las 18 y las 22 h y entre las 5 y las 10 h..

Por otra parte, para el dióxido de nitrógeno (NO₂), los valores diarios del período fluctuaron entre 2 y 6 ppbv; y los valores horarios, oscilaron entre 0 y 18 ppbv. Durante este periodo, se registró una media mensual de 3 ppbv.

7. CONCLUSIONES

De las mediciones efectuadas en el período de monitoreo comprendido entre el 1 al 31 de enero de 2020, se puede inferir que en las estaciones Carampangue y Laraquete, no se sobrepasa los límites establecidos por la legislación chilena, en los Decretos Supremos N°115/02 (CO), N°104/18 y N°22/09 (SO₂), N°114/02 (NO₂) y N°112/02 (O₃).

En cuanto al monitoreo de material particulado PM10, comprendido entre el 1 al 31 de enero de 2020, se puede inferir que no fue superado el límite máximo de 24 horas permisible para partículas respirables PM10, fijado en el D.S. N° 59/98, en las estaciones Carampangue y Laraquete.

Respecto al percentil 98 para MP-10, en las estaciones Carampangue y Laraquete durante el año 2020, no ha sobrepasado los límites establecidos por la normativa vigente.

Al comparar los promedios trianuales 2017 – 2019 para MP-10 en las estaciones Carampangue y Laraquete con los límites establecidos en el D.S. N°59/98, se puede inferir que se encuentran un 48% y un 56% respectivamente, bajo el límite anual establecido en la normativa vigente.

REFERENCIAS

D.S. N°59/1998 del Ministerio del Medio Ambiente **Norma de Calidad Primaria de Aire para Material Particulado Respirable MP 10.**

D.S. N°104/2019 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República **Norma de Calidad Primaria de Aire para Dióxido de Azufre (SO₂).**

D.S. N°22/2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República **Norma de Calidad Secundaria de Aire para Anhídrido Sulfuroso (SO₂).**

D.S. N°112/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República **Norma de Calidad Primaria de Aire para Ozono (O₃).**

D.S. N°115/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, **Norma de Calidad Primaria de Aire para Monóxido de Carbono (CO).**

D.S. N°114/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República **Norma de Calidad Primaria de Aire para Dióxido de Nitrógeno (NO₂).**

D. N°61/2008 del Ministerio de Salud, **Reglamento de Estaciones de Medición de Contaminantes Atmosféricos.**

R.E. N°223/2015 del Ministerio del Medio Ambiente, **Instrucciones Generales sobre la Elaboración del Plan de Seguimiento de Variables Medioambientales.**