



2021

INFORME TRIMESTRAL DE CALIDAD DEL AIRE OCTUBRE DICIEMBRE



Subdirección de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio

Gestión del Conocimiento Ambiental

Dr. JUAN CARLOS REYES NOVA

Director General

Ing. Esp. LEONEL ENRIQUE ROA

Subdirector de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio

Ing. Esp. MARIA CARMENZA VICINI MARTINEZ

Coordinadora Gestión del Conocimiento e Investigación Ambiental

Ing. MAURICIO GALVÁN GÓMEZ

Profesional Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire

Bucaramanga, Marzo de 2022

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION	4
2	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	5
3	GENERALIDADES	7
3.1	Ubicación geográfica de estaciones y entorno	7
3.2	Tecnología de medición de las estaciones	10
3.2.1	Estaciones Cabecera y Ciudadela Real de Minas.....	10
3.2.2	Estación Florida.....	11
3.3	Resumen ficha técnica de las estaciones	13
3.3.1	Estación Ciudadela Real de Minas.....	13
3.3.2	Estación Florida.....	14
3.4	Contaminante evaluado	15
3.4.1	Material Particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5}).....	15
3.4.2	Dióxido de Azufre (SO ₂)	16
3.4.3	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂).....	16
3.4.4	Ozono Troposférico (O ₃)	16
3.4.5	Monóxido de Carbono (CO)	17
3.5	Tecnologías de monitoreo utilizadas	18
4	RESULTADOS DE LOS MONITOREOS DE CALIDAD DEL AIRE	19
4.1	Gráficas de evolución diaria de la concentración de los contaminantes estaciones nuevas del SVCA de la CDMB.....	19
4.1.1	PM ₁₀ – Tiempo de exposición 24 horas – diciembre de 2021	19
4.1.2	PM _{2.5} – Tiempo de exposición 24 horas – diciembre de 2021	21
4.1.3	SO ₂ – Tiempo de exposición 1 hora – diciembre de 2021	23
4.1.4	SO ₂ – Tiempo de exposición 24 horas – diciembre de 2021.....	24
4.1.5	NO ₂ – Tiempo de exposición 1 hora – diciembre de 2021	25
4.1.6	O ₃ – Tiempo de exposición 8 horas – diciembre de 2021	25
4.1.7	CO – Tiempo de exposición 8 horas – diciembre de 2021	27
4.1.8	CO – Tiempo de exposición 1 hora – diciembre de 2021.....	28
4.2	Cálculo del índice de calidad del aire – ICA para cada estación	29
4.2.1	PM ₁₀ – Tiempo de exposición 24 horas – diciembre de 2021	29
4.2.2	PM _{2.5} – Tiempo de exposición 24 horas – diciembre de 2021	31
4.2.3	SO ₂ – Tiempo de exposición 1 hora – diciembre de 2021	33

4.2.4	NO ₂ – Tiempo de exposición 1 hora – diciembre de 2021	34
4.2.5	O ₃ – Tiempo de exposición 8 horas – diciembre de 2021	35
5	METEOROLOGÍA DEL PERIODO	37
5.1	Gráficas de comportamiento mensual	37
5.1.1	Temperatura.....	37
5.1.2	Precipitación.....	39
5.1.3	Rosa de vientos.....	41
6	CONCLUSIONES.....	43

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1.	Analizador automático continuo de partículas BAM - 1020 marca Met One Instruments Inc.	10
Imagen 2.	Analizador automático continuo de ozono 400A marca TELEDYNE API.	12
Imagen 3.	Comparación del tamaño de las partículas de PM.....	15
Imagen 4.	Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo Piedecuesta PM10_24H.....	19
Imagen 5.	Estación Club Unión PM10_24H.....	19
Imagen 6.	Estación Colegio Gaitán PM10_24H.....	20
Imagen 7.	Estación Hospital Local del Norte PM10_24H	20
Imagen 8.	Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo PM2.5_24H	21
Imagen 9.	Estación Club Unión PM2.5_24H.....	21
Imagen 10.	Estación Colegio Gaitán PM2.5_24H.....	22
Imagen 11.	Estación Hospital Local del Norte PM2.5_24H	22
Imagen 12.	Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo SO2_1H	23
Imagen 13.	Estación Club Unión SO2_1H.....	23
Imagen 14.	Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo SO2_24H	24
Imagen 15.	Estación Club Unión SO2_24H.....	24
Imagen 16.	Estación Club Unión NO2_1H.....	25
Imagen 17.	Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo O3_8H.....	25
Imagen 18.	Estación Club Unión O3_8H	26
Imagen 19.	Estación Colegio Gaitán O3_8H	26
Imagen 20.	Estación Hospital Local del Norte O3_8H.....	27
Imagen 21.	Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo CO_8H	27
Imagen 22.	Estación Club Unión CO_8H.....	28
Imagen 23.	Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo CO_1H	28
Imagen 24.	Estación Club Unión CO_1H.....	29
Imagen 25.	Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo ICA PM10_24H ..	29
Imagen 26.	Estación Club Unión ICA PM10_24H.....	30
Imagen 27.	Estación Colegio Gaitán ICA PM10_24H.....	30

Imagen 28. Estación Hospital Local del Norte ICA PM10_24H	31
Imagen 29. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo ICA PM2.5_24H .	31
Imagen 30. Estación Club Unión ICA PM2.5_24H.....	32
Imagen 31. Estación Colegio Gaitán ICA PM2.5_24H.....	32
Imagen 32. Estación Hospital Local del Norte ICA PM2.5_24H	33
Imagen 33. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo ICA SO2_1H	33
Imagen 34. Estación Club Unión ICA SO2_1H.....	34
Imagen 35. Estación Club Unión ICA NO2_1H.....	34
Imagen 36. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo ICA O3_8H.....	35
Imagen 37. Estación Club Unión ICA O3_8H	35
Imagen 38. Estación Colegio Gaitán ICA O3_8H	36
Imagen 39. Estación Hospital Local del Norte ICA O3_8H	36
Imagen 40. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo Temperatura 24H	37
Imagen 41. Estación Club Unión Temperatura 24H.....	37
Imagen 42. Estación Colegio Gaitán Temperatura 24H.....	38
Imagen 43. Estación Hospital Local del Norte Temperatura 24H	38

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica Estación Club Unión.	7
Tabla 2. Ubicación geográfica Estación Ciudadela Real de Minas.....	7
Tabla 3. Ubicación geográfica Estación Florida.....	8
Tabla 4. Ubicación geográfica Estación Colegio Gaitán	8
Tabla 5. Ficha técnica analizador continuo automático BAM - 1020 marca Met One Inst. Inc.	13
Tabla 6. Ficha técnica analizador automático continuo de Ozono Teledyne API modelo 400A.....	14
Tabla 7. Resumen de las tecnologías de monitoreo utilizadas SVCA CDMB .	18

1 INTRODUCCION

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, como única y máxima autoridad ambiental en los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón, Piedecuesta, Lebrija, Rionegro, El Playón, Matanza, Suratá, Charta, Tona, Vetas y California, tiene el deber de dar cumplimiento estricto a las funciones establecidas en el artículo 31° de la Ley 99 de 1993 *“por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.”*, dentro de las cuales se destaca el numeral 22 que ordena implantar y operar el Sistema de Información Ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las directrices trazadas por el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

En este sentido, uno de los componentes principales del mencionado Sistema de Información Ambiental es el Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA, el cual debe diseñarse y operarse de acuerdo con lo dispuesto en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Manuales de Diseño y Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire), la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017 y la Política para el Mejoramiento de la Calidad del Aire – Documento CONPES 3943 de 2018.

El presente informe técnico se constituye como el cuarto informe trimestral correspondiente al periodo octubre – diciembre del año 2021 del renovado y fortalecido Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB, y marca un hito en la historia de la gestión del conocimiento ambiental en la Corporación al ilustrarse acá la salida de operación de los analizadores de PM₁₀ ubicados en la Carrera 33 con calle 52 y en el Colegio Aurelio Martínez Mutis de la Ciudadela Real de Minas, ambos en el Municipio de Bucaramanga y a su vez la entrada en operación de cuatro estaciones automáticas de referencia, instaladas en el Club Unión, Institución Educativa Integrada Jorge Eliécer Gaitán y Hospital Local del Norte de Bucaramanga y por primera vez desde finales de la década del 90 cuando se instalaron las primeras estaciones de monitoreo en el área metropolitana de Bucaramanga, para la CDMB es motivo de orgullo informar la instalación y puesta en marcha de la estación de monitoreo de calidad del aire en el Municipio de Piedecuesta, ubicada en el corazón del casco urbano del municipio garrotero, esto es en la terraza del Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo (Carrera 8 No. 10 – 65), que permitirá a la CDMB y a los demás actores institucionales la adopción de medidas tendientes a garantizar el efectivo derecho al goce de un ambiente sano de los piedecuestanos. El cuarto informe trimestral (octubre – diciembre de 2021) del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB tiene como objetivo principal determinar el cumplimiento de los niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire establecidos en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017 y el comportamiento del Índice de Calidad del Aire (ICA).

2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio PM_{10} con el nivel máximo permisible en el aire para un tiempo de exposición de 24 horas establecido en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, correspondiente a las estaciones automáticas ubicadas en los sectores de Ciudadela Real de Minas, Club Unión, Institución Educativa Jorge Eliécer Gaitán y Hospital Local del Norte en Bucaramanga y Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo en Piedecuesta.

- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio $\text{PM}_{2.5}$ con el nivel máximo permisible en el aire para un tiempo de exposición de 24 horas establecido en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, correspondiente a las estaciones automáticas ubicadas en los sectores de Club Unión, Institución Educativa Jorge Eliécer Gaitán y Hospital Local del Norte en Bucaramanga y Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo en Piedecuesta.

- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio O_3 con el nivel máximo permisible en el aire para un tiempo de exposición de 8 horas establecido en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, correspondiente a las estaciones automáticas ubicadas en los sectores de Club Unión, Institución Educativa Jorge Eliécer Gaitán y Hospital Local del Norte en Bucaramanga; Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo en Piedecuesta y Cañaveral en Floridablanca.

- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio SO_2 con el nivel máximo permisible en el aire para los tiempos de exposición de 24 horas y 1 hora establecidos en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, correspondiente a las estaciones automáticas ubicadas en los sectores de Club Unión en Bucaramanga y Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo en Piedecuesta.

- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio NO_2 con el nivel máximo permisible en el aire para un tiempo de exposición de 1 hora establecido en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, correspondiente a la estación automática ubicada en el Club Unión de Bucaramanga.

- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio CO con el nivel máximo permisible en el aire para los tiempos de exposición de 8 horas y 1 hora establecidos en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, correspondiente a las estaciones automáticas ubicadas en los sectores de Club Unión en Bucaramanga y Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo en Piedecuesta.
- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio TRS con el nivel máximo permisible en el aire para los tiempos de exposición de 24 horas y 1 hora establecidos en la Resolución MADS No. 1541 del 12 de noviembre de 2013, correspondiente a las estaciones automáticas ubicadas en la Institución Educativa Jorge Eliécer Gaitán y el Hospital Local del Norte en Bucaramanga.
- Realizar el cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA) para los contaminantes criterio PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 , NO_2 , O_3 y CO, de acuerdo con los puntos de corte establecidos en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, estableciendo las categorías correspondientes para la calidad del aire de las zonas evaluadas.

3 GENERALIDADES

3.1 Ubicación geográfica de estaciones y entorno

Tabla 1. Ubicación geográfica Estación Club Unión.

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS			ENTORNO
		Latitud	Longitud	Altitud	
Club Unión	Calle 49 No. 32 – 20. Terraza del Club Unión (Entre Carreras 33 y 32 y entre Calles 49 y 51).	07°06'52" N	76°06'39" W	976 m.	Zona de alto tráfico y congestión vehicular, caracterizada por la presencia de locales comerciales y oficinas.

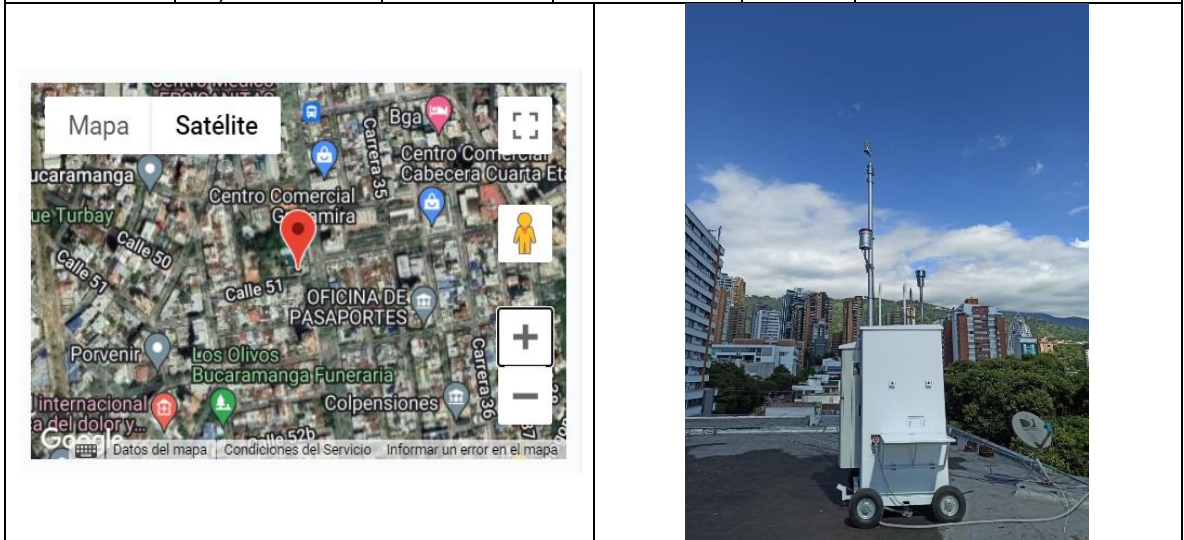


Tabla 2. Ubicación geográfica Estación Ciudadela Real de Minas.

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS			ENTORNO
		Latitud	Longitud	Altitud	
Ciudadela Real de Minas	Calle de los Estudiantes, terraza del Colegio Aurelio Martínez Mutis	07°06'21" N	73°07'25" W	930 m.	Zona de colegios y universidades, alta circulación de peatones y baja circulación vehicular.

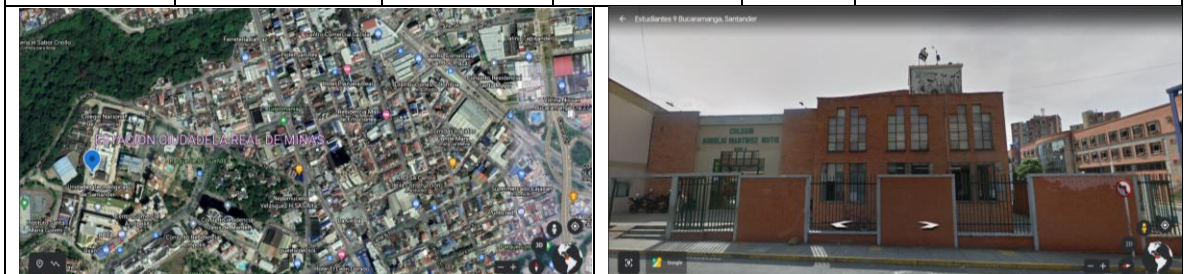


Tabla 3. Ubicación geográfica Estación Florida



ESTACIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS			ENTORNO
		Latitud	Longitud	Altitud	
Florida	Terraza del Edificio Sede Sur Telebucaramanga Sector Cañaverl	07°04'19" N	73°06'21" W	842 m.	Autopista vía nacional con gran circulación y cogestión en horas pico, zona rodeada de centros comerciales, bares y restaurantes.
					

Tabla 4. Ubicación geográfica Estación Colegio Gaitán

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS			ENTORNO
		Latitud	Longitud	Altitud	
Colegio Gaitán	Calle 16 No. 9 – 54 Institución Educativa Jorge Eliécer Gaitán.	07°07'49" N	73°08'4" W	928 m.	Sector principalmente residencial, con instituciones educativas y algunas actividades comerciales y de servicios.
					

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS			ENTORNO
		Latitud	Longitud	Altitud	
Piedecuesta	Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeozo – Carrera 8 No. 10 – 65 Barrio Centro.	06°59'6" N	73°02'56" W	1004 m.	Casco urbano antiguo del municipio, con gran flujo vehicular, vía no principal, uso del suelo mixto entre residencial, institucional y de servicios.
					

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS			ENTORNO
		Latitud	Longitud	Altitud	
Hospital Local del Norte	Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeozo – Carrera 8 No. 10 – 65 Barrio Centro.	06°59'6" N	73°02'56" W	1008 m.	Casco urbano antiguo del municipio, con gran flujo vehicular, vía no principal, uso del suelo mixto entre residencial, institucional y de servicios.
					

3.2 Tecnología de medición de las estaciones

3.2.1 Estaciones Cabecera y Ciudadela Real de Minas

En las estaciones ubicadas en los sectores de Cabecera y la Ciudadela Real de Minas del Municipio de Bucaramanga se mide el contaminante criterio denominado material particulado con diámetro aerodinámico menor a diez micras (PM_{10}), para lo cual se utiliza un analizador automático continuo de partículas marca Met One Instruments Inc. ®, modelo BAM – 1020.



Imagen 1. Analizador automático continuo de partículas BAM - 1020 marca Met One Instruments Inc.

Es un Monitor de Partículas Automático con designación U.S-EPA, que funciona bajo el principio de operación de Atenuación de los Rayos Beta. Posee un Datalogger incorporado para el Registro de los datos de concentración de material particulado.

El BAM 1020 mide y registra automáticamente los niveles de concentración de partículas en el aire (en miligramos o microgramos por metro cúbico) utilizando el principio probado en la industria de atenuación de rayos beta. Actualmente, miles de unidades BAM 1020 están desplegadas en todo el mundo, lo que convierte a la unidad en una de las plataformas de monitoreo del aire más exitosas del mundo. Al comienzo de cada hora de muestreo, una pequeña fuente de ^{14}C (carbono-14) emite una fuente constante de electrones de alta energía (conocidos como rayos beta) a través de una mancha de cinta de filtro limpia. Estos rayos beta son detectados y contados por un detector de centelleo sensible para determinar una lectura cero. Luego, el BAM 1020 avanza este punto de cinta hacia la boquilla de muestra, donde una bomba de vacío extrae una cantidad medida y controlada de aire exterior a través de la cinta de filtro, cargándola con polvo ambiental. Al final de

la hora de la muestra, esta mancha de polvo se vuelve a colocar entre la fuente beta y el detector, provocando así la atenuación de la señal de rayos beta que se utiliza para determinar la masa del material particulado en la cinta del filtro. Esta masa se utiliza para calcular la concentración volumétrica de material particulado en el aire ambiente.

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

La anterior ecuación es llamada la *Ley de Beer* y describe como la energía (en este caso rayos beta) es absorbida por una molécula específica en una longitud de onda específica.

I es el conteo de Rayos Beta a través del papel filtro sucio (*conteo por unidad de tiempo*). I_0 es el conteo de Rayos Beta a través del papel filtro limpio. μ es el área transversal de absorción del material que absorbe los Rayos Beta (cm^2/g) y x es la densidad de masa depositada en el papel filtro (cm^2/g).

$$x = -\frac{1}{\mu} \ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

El BAM1020 realmente despeja x , la densidad de masa depositada en el papel filtro (cm^2/g), de la ecuación de la ley de Beer. En la siguiente ecuación podemos observar como el BAM1020 logra esto.

$$C = \frac{Ax}{V}$$

Para hallar la concentración de Partículas Suspendidas en el Aire el BAM – 1020 despeja la concentración C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de la ecuación de arriba. A es el área manchada con el polvo depositado en el filtro (m^2). X es la densidad de masa depositada en el filtro ($\mu\text{g}/\text{m}^2$). V es el volumen muestreado (m^3).

3.2.2 Estación Florida

En la estación ubicada en el sector de Cañaveral del Municipio de Floridablanca se mide el contaminante criterio denominado Ozono Troposférico (O_3), para lo cual se utiliza un analizador automático continuo marca TELEDYNE API modelo 400A.



Imagen 2. Analizador automático continuo de ozono 400A marca TELEDYNE API.

El Modelo 400A es un Analizador de Ozono, que funciona por el método de absorción de rayos UV. Es controlado por microprocesador y posee capacidad de registro de datos, gracias a su memoria interna. Los datos almacenados pueden ser fácilmente extraídos a través de su puerto RS-232.

El analizador de absorción UV modelo T400 o 400A utiliza un sistema basado en la ley de Beer-Lambert para medir rangos bajos de ozono en el aire ambiente.

Una señal de luz ultravioleta de 254 nm pasa a través de la celda de muestra donde se absorbe en proporción a la cantidad de ozono presente. Periódicamente, una válvula de conmutación alterna la medición entre el flujo de muestra y una muestra que ha sido eliminada de ozono. El resultado es una medición de ozono verdadera y estable.

$$I = I_0 e^{-\alpha L c}$$

La ecuación es llamada la *Ley de Beer* y describe como la luz es absorbida por una molécula específica en una longitud de onda específica. I_0 es la intensidad de la luz si no hubiera absorción. I es la cantidad con absorción. L es la distancia en que la luz viaja siendo absorbida. c es la concentración del gas absorbente (en el caso del modelo 400A, Ozono) y α es el coeficiente de absorción ($305 \text{ atm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) que dice que también el O_3 se absorbe a la longitud de onda específica de interés (254 nm).

$$c = \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) * \left(\frac{1}{\alpha L}\right)$$

El Modelo 400A realmente despeja c , la concentración de O_3 , de la ecuación de la *Ley de Beer* en la longitud o recorrido de absorción L .

3.3 Resumen ficha técnica de las estaciones

3.3.1 Estación Ciudadela Real de Minas

Tabla 5. Ficha técnica analizador continuo automático BAM - 1020 marca Met One Inst. Inc.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	DESCRIPCIÓN
Principio:	Concentración relativa por atenuación Beta.
Método de referencia:	Método gravimétrico.
Rango:	0 a 10.000 mg/m ³ .
Precisión (24 horas):	± 3 µg con rango de concentración de 0 a 0.100 mg/m ³ (modo 24 horas). ± 2% con rango de concentración de 0.100 a 1.000 mg/m ³ .
Precisión (1 hora):	± 8 µg con rango de concentración de 0 a 0.100 mg/m ³ (modo 1 hora). ± 8% con rango de concentración de 0.100 a 1.000 mg/m ³ .
Resolución:	± 2 µg/m ³
Estabilidad del Span (1 mes):	± 4%, verificado con calibrador incorporado.
Lectura mínima:	± 1 µg/m ³ (± 0,001 mg/m ³).
Calibración:	Calibración Automática de Membrana Interna provee test de SPAN. Membrana es activada automáticamente cada hora, desviaciones del estándar son registradas.
Ciclo de medición:	1 hora estándar, o seleccionable por el operador con rango de 1 minuto a 200 minutos. Ciclos de Tiempo especiales Disponibles.
Medición Beta:	Fuente C-14, 60 µCi (< 2.22 X 10 ⁶ Beq.) Tiempo de Vida Medio de 5730 años.
Detector:	Sonda plástica centelleante
Cinta filtro:	Filtro de Fibra de Vidrio Continuo, 30mm de ancho por 21 m de longitud, Un Rollo operará por 60 días @ un período de muestreo de 1 Hr.
Rata de flujo:	16.7 LPM (estándar), ajustable de 0 a 20 LPM.
Sistema de flujo:	Medido utilizando medidor de flujo másico.
Bomba de muestreo:	Bomba Rotatoria 1/3 Hp (estándar).
Sistema de calentamiento de flujo:	No requerido. Excepto en casos de condensación extremos, lo que reduce la pérdida de COV's. Cuando sea necesario BX-825 ó BX- 826 instalado alrededor del tubo de entrada.
Aprobaciones:	US EPA, Reino Unido, Corea, Japón, China.
Display y teclado:	Display de 8 líneas por 40 caracteres, con luz de respaldo, provee todos los parámetros operacionales, de calibración y configuración con Llamados de menú y cursor de control. Teclado contiene las cuatro teclas de llamado, cuatro teclas de cursor y seis teclas de funciones.
Funciones del Display:	Pantallas para SETUP, OPERATE y TEST, DIRIGIDAS POR MENU.
Salidas análogas:	0-1 VDC o 0- 10 VDC, seleccionables por switch, (tipo aislado) 4-20 o 0- 20 mA, seleccionables por switch, (tipo aislado).
Interface Serial #1:	Transferencia de Datos y Estado de Operación del Instrumento. Esta interface es a menudo utilizada con modem para comunicaciones remotas.
Interface Serial #2:	Salida únicamente y puede ser utilizada con impresora o computador. La salida puede ser de fecha, hora y datos, o puede ser de uno o dos modos de diagnóstico. Utilizada por técnicos para dar servicio al instrumento.

Impresora:	Impresora Serial puede ser conectada a la Interface Serial #2, cable opcional para interface paralela a serial puede ser utilizado con impresoras paralelas estándar.
Impresora externa:	Impresora serial de 80 columnas disponible como opción.
Telemeter:	Timer in externo (aislado) Fault in telémetro (aislado).
Alarma cierre de contacto:	Error Datos inválidos Falla en el Rollo Error de Flujo Falla de Suministro Mantenimiento.
Software:	Puede ser utilizado con cualquier programa terminal y con la mayoría de los paquetes de software Met One.
Errores:	Cinta de Filtro Rota, Rata de Flujo de Calibración, Presión, etc.
Datos registrados:	Concentración (mg/m ³) a rata de muestreo.
Memoria Total:	30 a 200 días dependiendo del período de muestra.
Salidas:	RS - 232 para Lectura de Datos (de un BAM-1020 localizado remotamente).
Rango temperatura de operación:	0-40 °C (0-90% HR, no condensante).
Rango extendido de temperatura:	-30° a +60 °C (0- 90% HR, no condensante).
Suministro Voltaje/Frecuencia:	100/115/230 VAC, cambiado con switch interno, 50 o 60 Hz, manualmente seleccionable dentro de la unidad.
Peso:	21 Kg (46.3 libras) aprox. Excluyendo la bomba.
Dimensiones:	(14 3/8") x (19") x (18").
Unidad de Control del Detector:	75 VA
Calibración de la cinta:	Gravimétrica de la cinta, utilizando un Kit de Prueba BX- 304 y una balanza de precisión.

3.3.2 Estación Florida

Tabla 6. Ficha técnica analizador automático continuo de Ozono Teledyne API modelo 400A.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	DESCRIPCIÓN
Principio:	Método de absorción de rayos ultravioleta.
Rangos:	Seleccionables desde 10 ppb hasta 10 ppm.
Unidades de medición:	Seleccionables ppb, ppm, µg/m ³
Ruido del Zero:	< 0.3 ppb RMS (EPA)
Ruido del Span:	< 0.5% lectura RMS (EPA) (arriba de 100 ppb)
Límite Detectable más bajo:	< 0.6 ppb (EPA)
Desviación del Zero (24 h):	< 1.0 ppb
Desviación del Zero (7 d):	< 1.0 ppb
Desviación del Span (24 h):	< 1% lectura
Desviación del Span (7 d):	< 1% lectura
Linealidad:	Mejor que 1% F.S.
Precisión:	0.5% lectura
Tiempo de Retraso:	<10 seg (EPA)
Tiempo de Subida/Caída:	<20 seg al 95% (EPA)
Flujo de Muestra:	800 scc/min. ± 10%
Rango de Temperatura:	5 – 40°C
Rango de Humedad:	10-90% HR, No condensante

Coeficiente Temperatura:	< 0.05 % por °C
Coeficiente Voltaje:	< 0.05 % por V
Dimensiones (H x W x D):	7" x 17" x 24"(178 mm x 432 mm x 610 mm)
Peso:	37 lb (17 kg) unidad estándar
Suministro:	39 lb (17.6 kg) con IZS 110V/60 Hz, 220V/50 Hz, 240 V/50
Condiciones Ambientales:	Hz 250 watts 230 V~, 50 Hz, 2.5A Categoría de Instalación (Categoría Sobrevoltaje) II. Grado de Polución 2 2.000 m altitud máxima.
Salida Recorder/DAS:	± 100 mV, ± 1 V, ± 5 V, ± 10 V (Bi-Polar), 0-20 o 4-20 mA loop de corriente.
Resolución Salida Análoga:	1 parte en 1024 del voltaje F.S.
Salidas de Estado:	12 de opto-aislador

3.4 Contaminante evaluado

3.4.1 Material Particulado (PM₁₀ y PM_{2.5})

PM significa material particulado (también llamado contaminación por partículas): el término para una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo, son lo suficientemente grandes y oscuras como para verlas a simple vista. Otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de un microscopio electrónico. La contaminación por partículas incluye:

- **PM₁₀**: partículas inhalables que tienen diámetros de, por lo general, 10 micrómetros y menores;
- **PM_{2.5}**: partículas inhalables finas que tienen diámetros de, por lo general, 2,5 micrómetros y menores.



Imagen 3. Comparación del tamaño de las partículas de PM.

3.4.2 Dióxido de Azufre (SO₂)

El Dióxido de azufre es un gas incoloro, irritante, con un olor penetrante que se comienza a percibir con 0,3 a 1,4 ppm y es perfectamente distinguible a partir de 3 ppm -partes por millón-. Su densidad es el doble que la del aire. No es un gas inflamable, ni explosivo y tiene mucha estabilidad, es muy soluble en agua y en contacto con ella se convierte en ácido sulfúrico. Consiste en un átomo de azufre y dos de oxígeno.

Durante su proceso de oxidación en la atmósfera, este gas forma sulfatos. Estos sulfatos forman parte del material particulado PM10. En presencia de humedad el dióxido de azufre forma ácidos en forma de aerosoles y se produce una parte importante del material particulado secundario o fino (PM2.5). El SO₂ es el responsable de la lluvia ácida.

Tanto la exposición a sulfatos como a los ácidos derivados del SO₂, comportan graves riesgos para la salud ya que éstos pasan directamente al sistema circulatorio humano a través de las vías respiratorias.

3.4.3 Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

El dióxido de nitrógeno NO₂ es un compuesto químico gaseoso de color marrón amarillento formado por la combinación de un átomo de nitrógeno y dos de oxígeno. Es un gas tóxico e irritante. El NO₂ junto al NO-óxido nitroso- son conocidos como NO_x y son algunos de los principales contaminantes en las ciudades.

En la naturaleza se produce por los incendios forestales o las erupciones volcánicas. También se produce de forma natural por la descomposición de nitratos orgánicos. El volumen total que se produce de forma natural es infinitamente menor que el que se produce por efecto del hombre.

La mayor parte tiene su origen en la oxidación del NO que se produce en la combustión de los motores de los vehículos, fundamentalmente los diesel. El NO emitido por los motores, una vez en la atmósfera, se oxida y se convierte en NO₂. Es también un potenciador del material particulado, sobre todo de partículas finas MP2,5 que son las más perjudiciales. En su reacción con la luz UV del sol es un precursor de O₃ ozono troposférico.

3.4.4 Ozono Troposférico (O₃)

El ozono es un gas incoloro, formado por tres moléculas de oxígeno, que se encuentra de forma natural en la troposfera y la estratosfera.

Se distinguen dos tipos en función de su ubicación:

El ozono presente en la estratosfera forma una capa que nos protege de las radiaciones ultravioletas; “La capa de Ozono”. Debido a la contaminación por actividades antropogénicas se ha generado uno de los mayores problemas ambientales “El agujero de la capa de Ozono” relacionado directamente con el Cambio Climático.

Por otro lado, el ozono presente en la troposfera de forma natural es producto del transporte de éste desde la estratosfera y de diferentes reacciones químicas. Los precursores para la formación del ozono troposférico mediante dichas reacciones son los COV, CO y los NOx.

Normalmente el ozono no se produce de forma directa si no por la transformación de otros compuestos llamado precursores. La actividad antrópica ha generado un aumento de las concentraciones de estos precursores, especialmente NOx y los COV, generando un problema de contaminación atmosférica. Los NOx actúan como catalizadores y forman ozono a partir de los COV, por lo que el O₃ es clasificado como un contaminante secundario.

La contaminación por ozono troposférico está determinada por las concentraciones de los precursores y las condiciones meteorológicas, afectando especialmente durante la primavera y el verano en áreas suburbanas y rurales influenciadas por áreas urbanas.

En los últimos años ha aumentado la importancia sobre este contaminante por varios aspectos; la afección sobre la salud y el medio ambiente, así como la dificultad para predecir las concentraciones de este contaminante debido a su carácter de contaminante secundario.

3.4.5 Monóxido de Carbono (CO)

El CO se produce por la combustión incompleta de materiales combustibles como gas, gasolina, queroseno, carbón, petróleo o madera. Las chimeneas de hornos e incineradores industriales, las calderas para generación de vapor, los calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustibles fósiles o derivados del petróleo, como las estufas u hornillas de la cocina o los calentadores de queroseno, también pueden producir CO si no están funcionando bien.

Tanto los automóviles en movimiento como los automóviles parados con el motor encendido (en ralentí) emiten CO. El monóxido de carbono tiene una afinidad mucho más alta que el oxígeno por la hemoglobina de la sangre, por lo que forma carboxihemoglobina que impide a la hemoglobina transportar el oxígeno a las células, y por tanto, el organismo no puede obtener la energía necesaria para sobrevivir.

3.5 Tecnologías de monitoreo utilizadas

Tabla 7. Resumen de las tecnologías de monitoreo utilizadas SVCA CDMB

ESTACIÓN	CONTAMINANTE CRITERIO	PRINCIPIO DE OPERACIÓN	REGIMEN DE OPERACIÓN
Ciudadela Real de Minas	PM ₁₀	Concentración relativa por atenuación Beta.	Continuo - Automático
Florida	O ₃	Método de absorción de rayos ultravioleta.	Continuo - Automático
Piedecuesta, Club Unión, Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte.	PM ₁₀	Espectrometría	Continuo - Automático
Piedecuesta, Club Unión, Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte.	PM _{2.5}	Espectrometría	Continuo - Automático
Piedecuesta, Club Unión	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Continuo - Automático
Piedecuesta, Club Unión	NO ₂	Quimioluminiscencia	Continuo - Automático
Piedecuesta, Club Unión, Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte.	O ₃	Fotometría ultravioleta	Continuo - Automático
Piedecuesta, Club Unión	CO	Espectroscopía de absorción infrarroja	Continuo - Automático

4 RESULTADOS DE LOS MONITOREOS DE CALIDAD DEL AIRE

4.1 Gráficas de evolución diaria de la concentración de los contaminantes estaciones nuevas del SVCA de la CDMB.

4.1.1 PM₁₀ – Tiempo de exposición 24 horas – diciembre de 2021

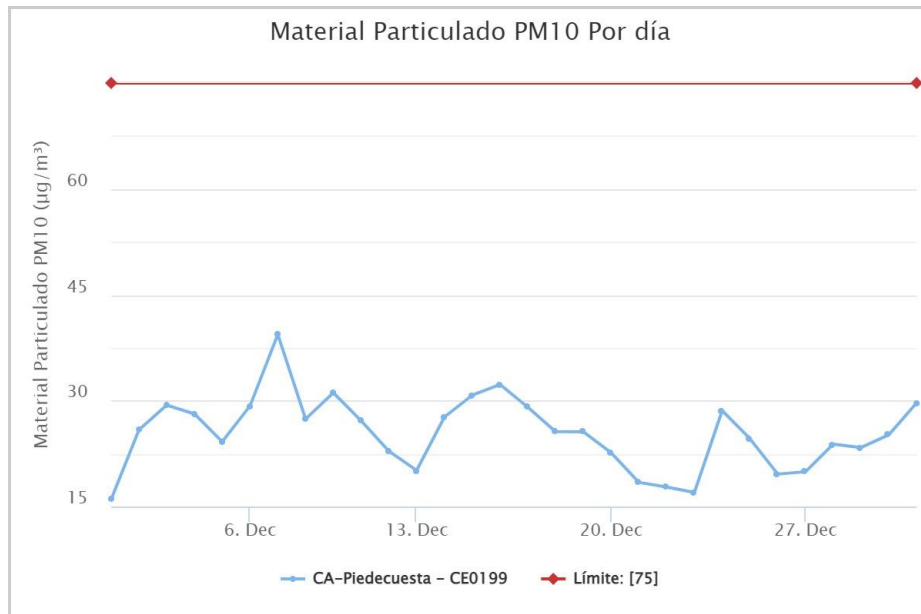


Imagen 4. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeago Piedecuesta PM10_24H

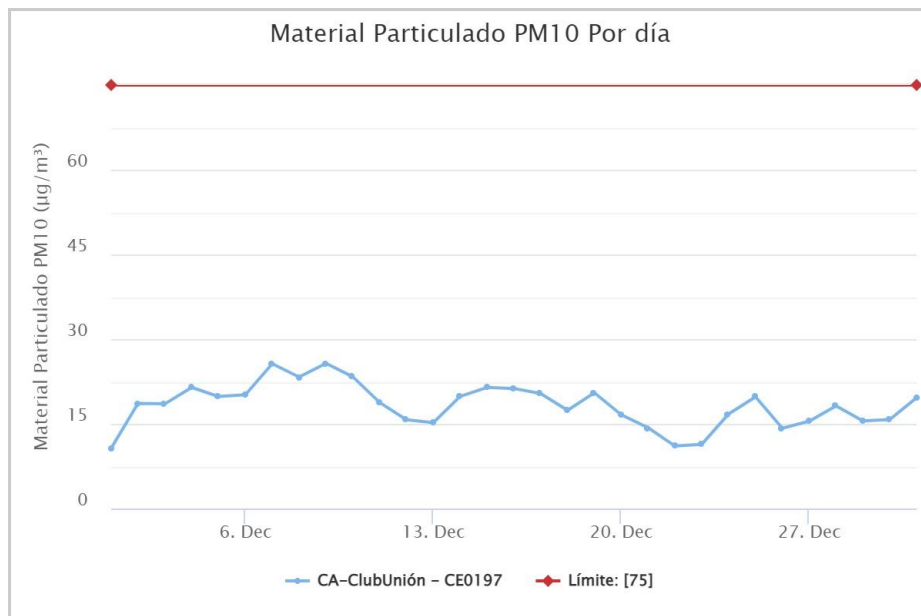


Imagen 5. Estación Club Unión PM10_24H

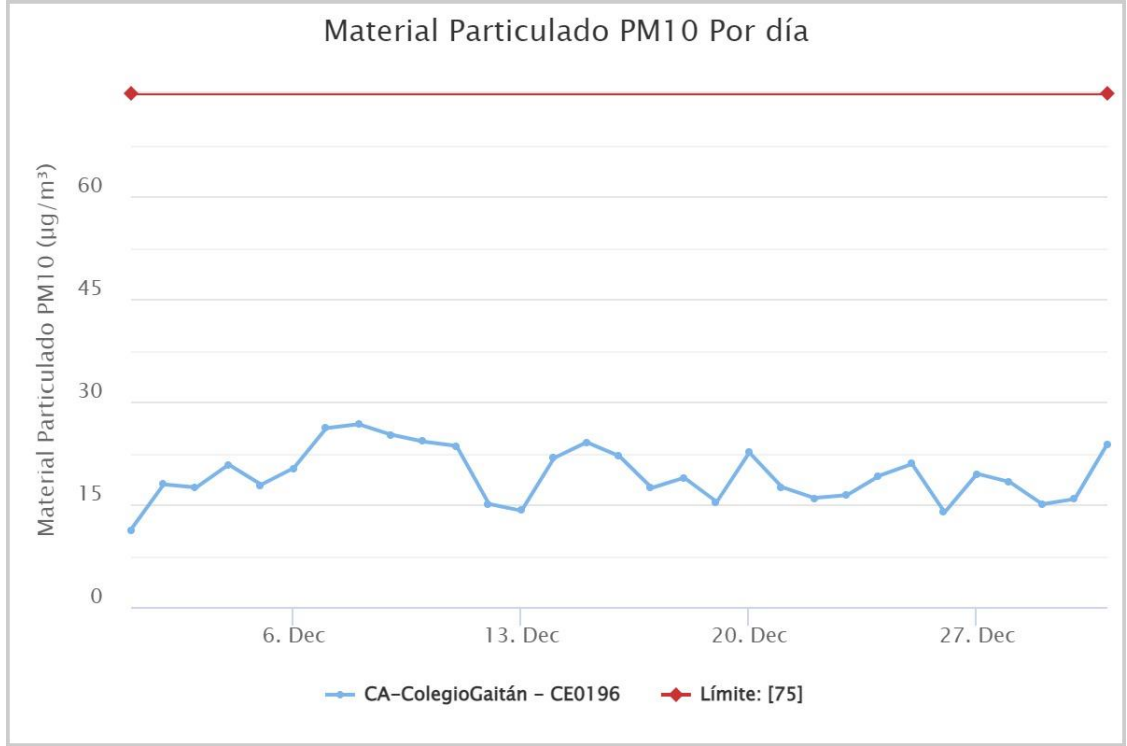


Imagen 6. Estación Colegio Gaitán PM10_24H



Imagen 7. Estación Hospital Local del Norte PM10_24H

4.1.2 PM_{2.5} – Tiempo de exposición 24 horas – diciembre de 2021

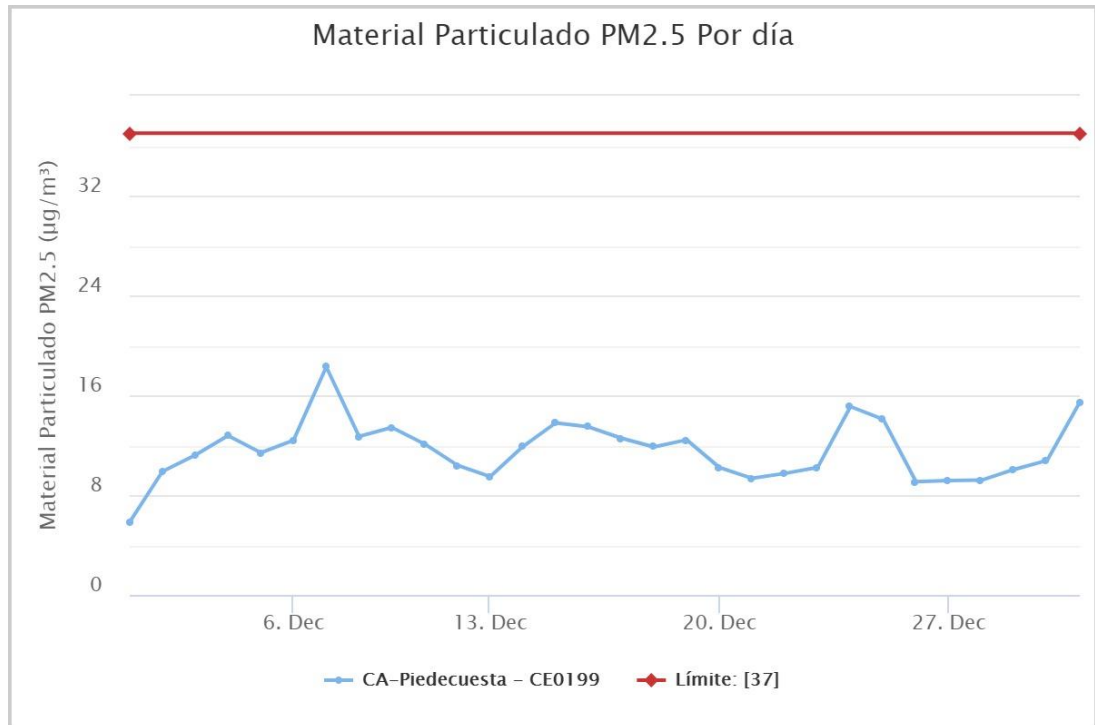


Imagen 8. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo PM_{2.5}_24H

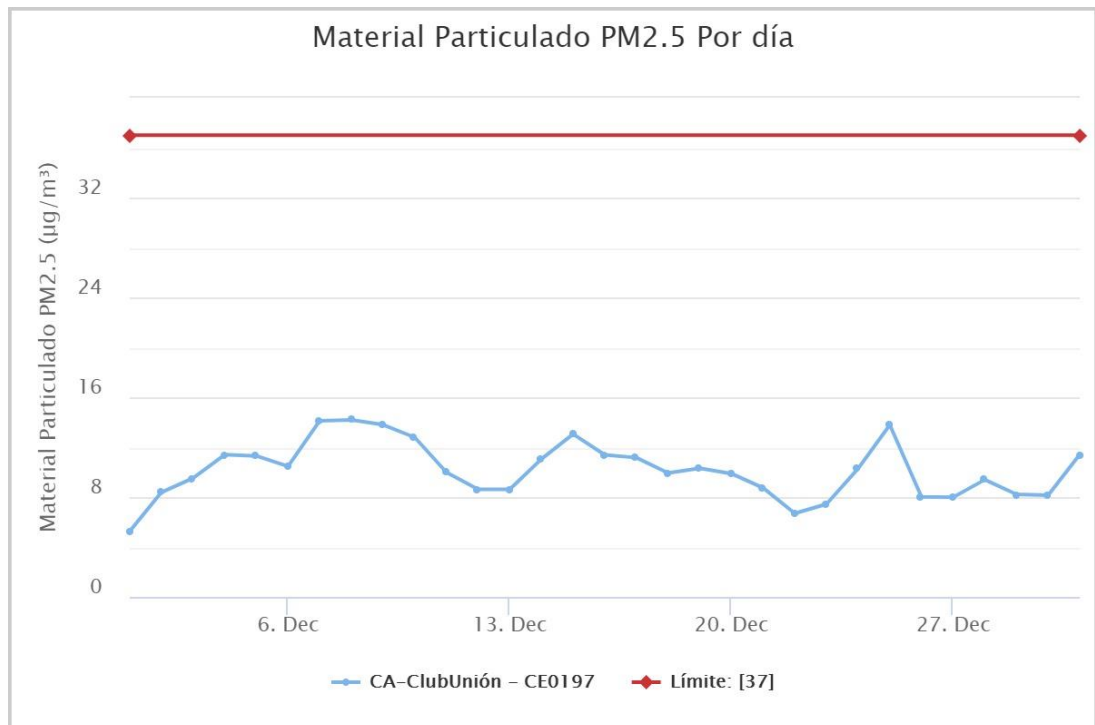


Imagen 9. Estación Club Unión PM_{2.5}_24H

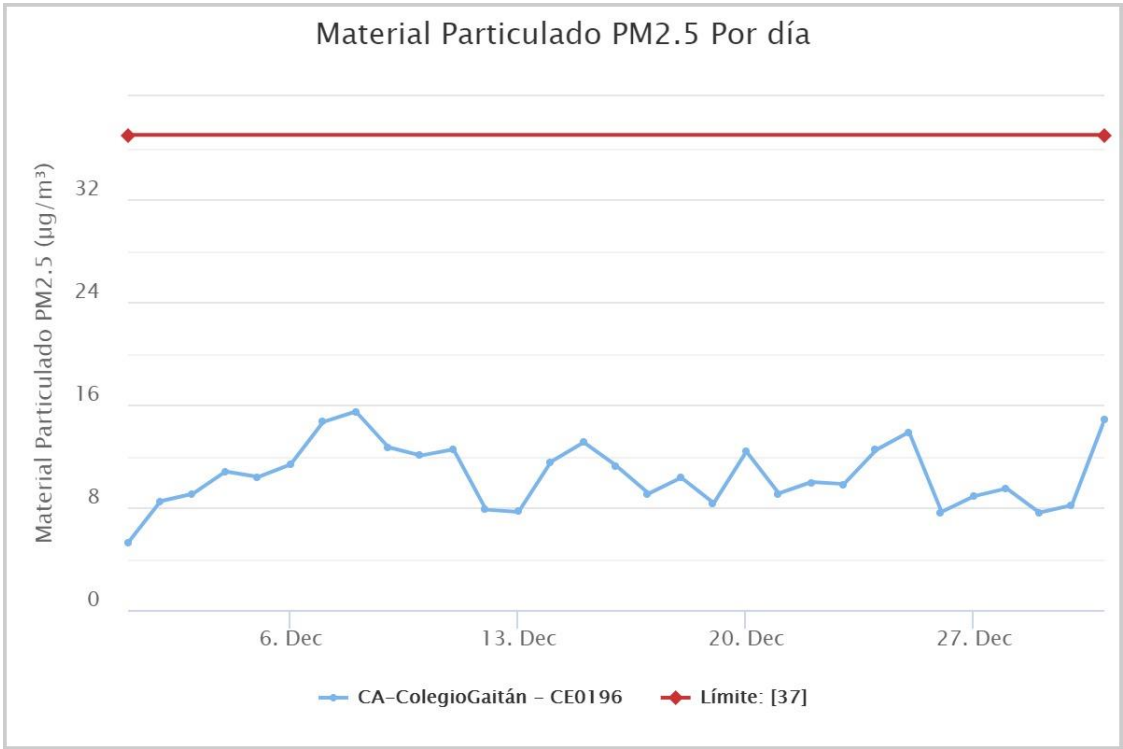


Imagen 10. Estación Colegio Gaitán PM2.5_24H



Imagen 11. Estación Hospital Local del Norte PM2.5_24H

4.1.3 SO₂ – Tiempo de exposición 1 hora – diciembre de 2021

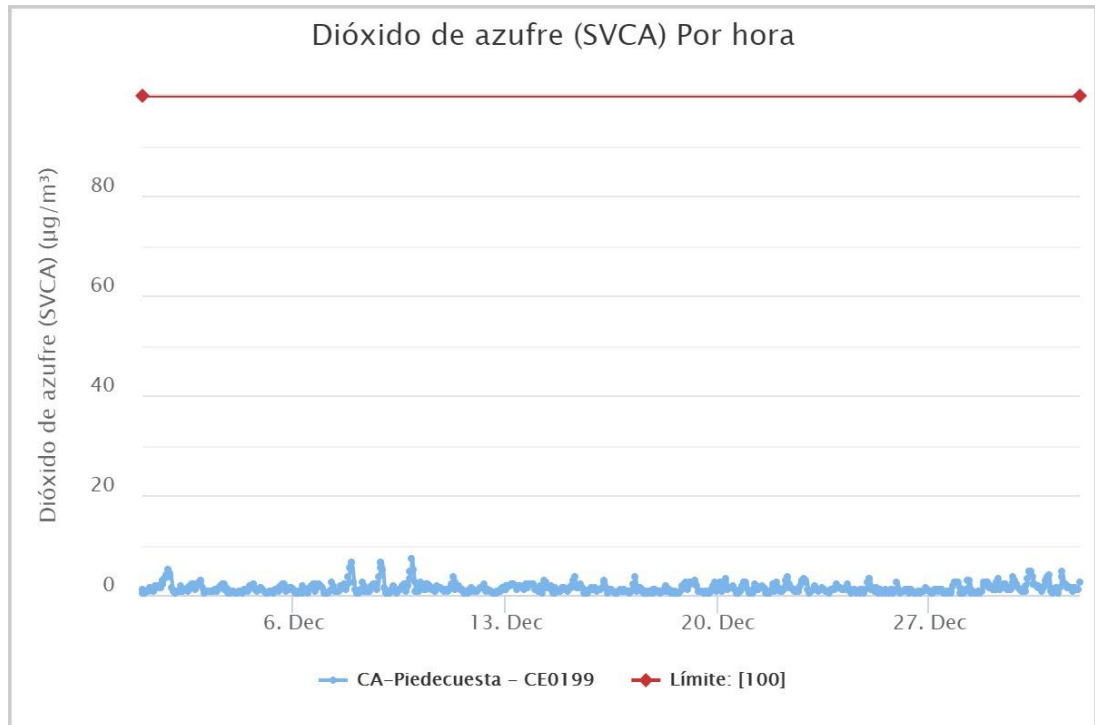


Imagen 12. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeagozo SO₂_1H

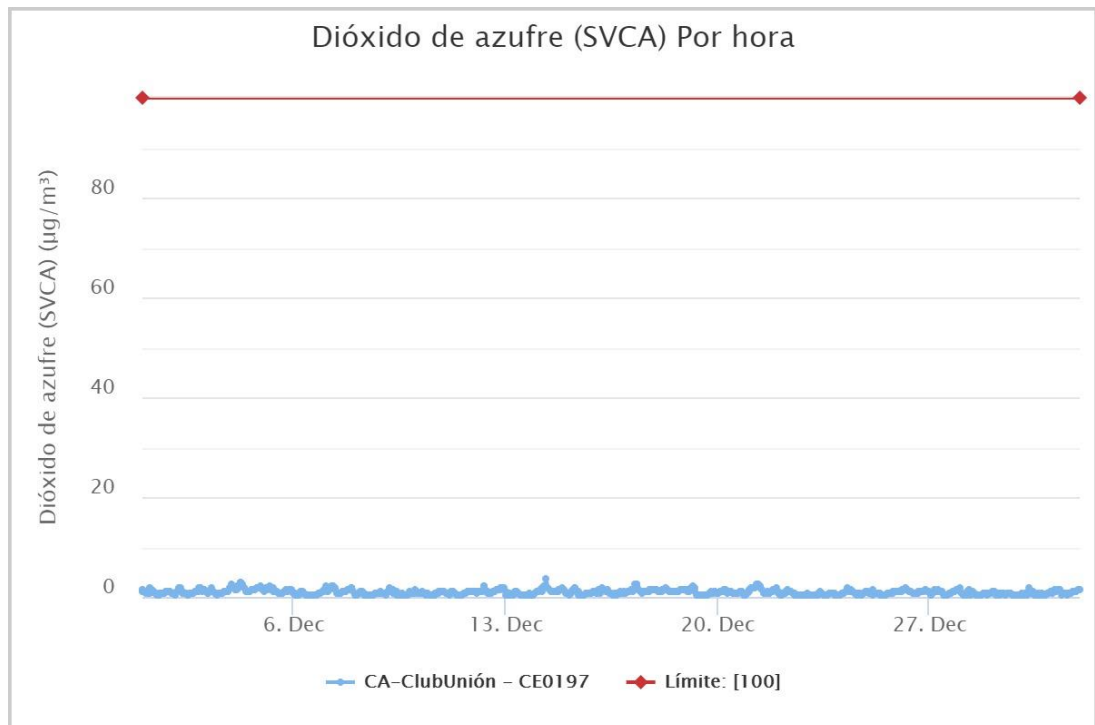


Imagen 13. Estación Club Unión SO₂_1H

4.1.4 SO₂ – Tiempo de exposición 24 horas – diciembre de 2021

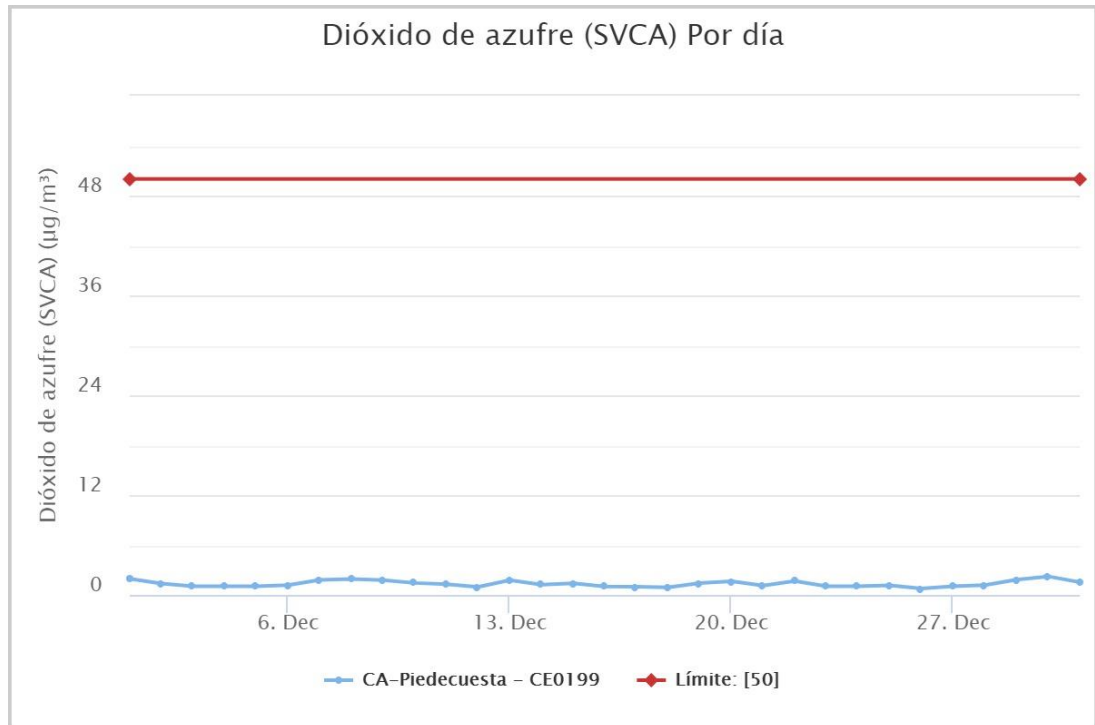


Imagen 14. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeagozo SO₂_24H

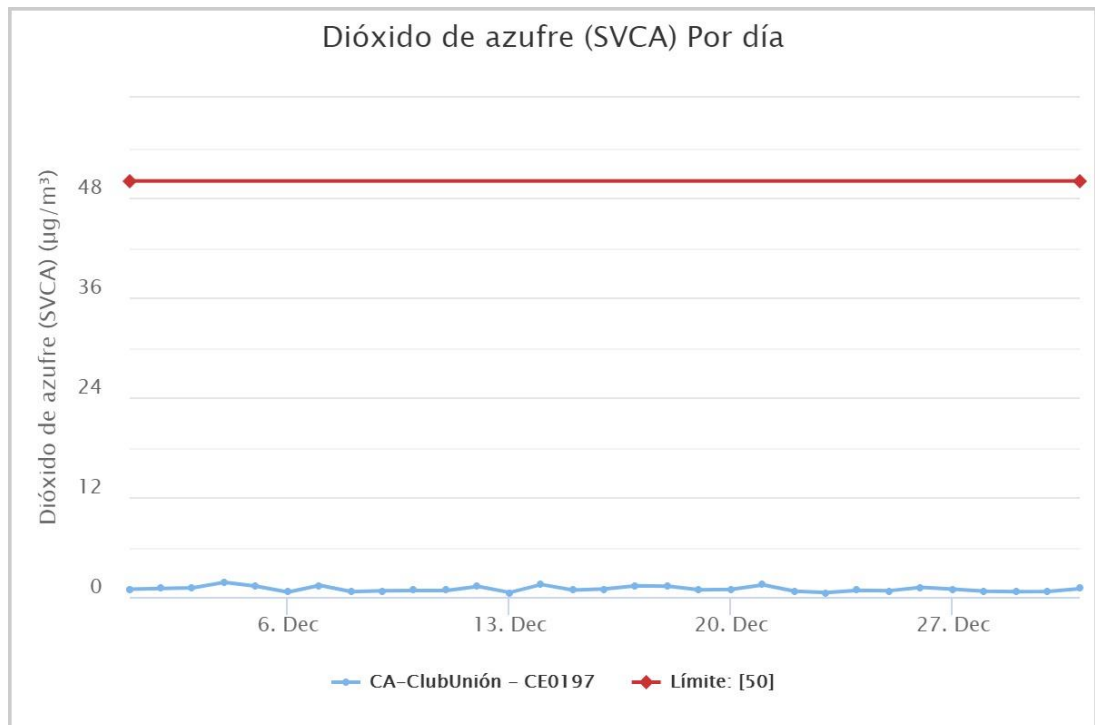


Imagen 15. Estación Club Unión SO₂_24H

4.1.5 NO₂ – Tiempo de exposición 1 hora – diciembre de 2021

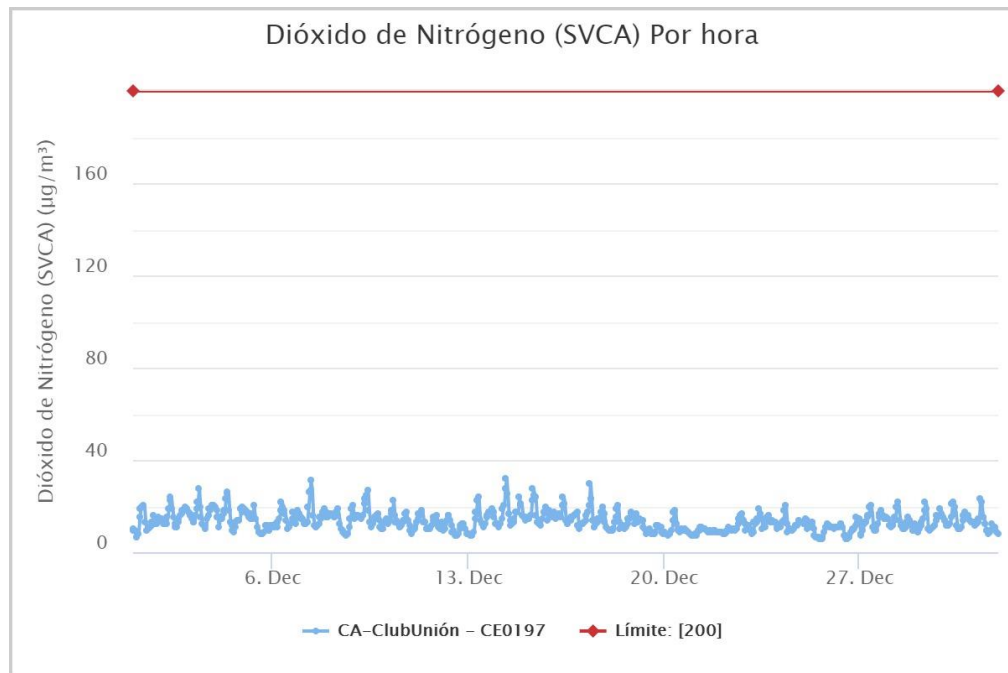


Imagen 16. Estación Club Unión NO₂_1H

4.1.6 O₃ – Tiempo de exposición 8 horas – diciembre de 2021

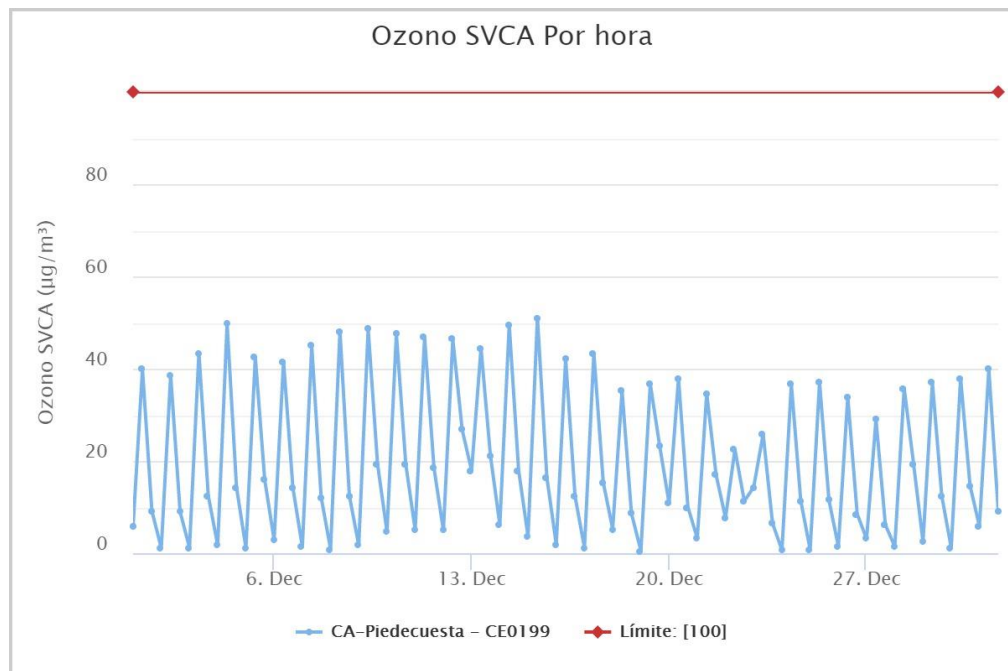


Imagen 17. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeozo O₃_8H

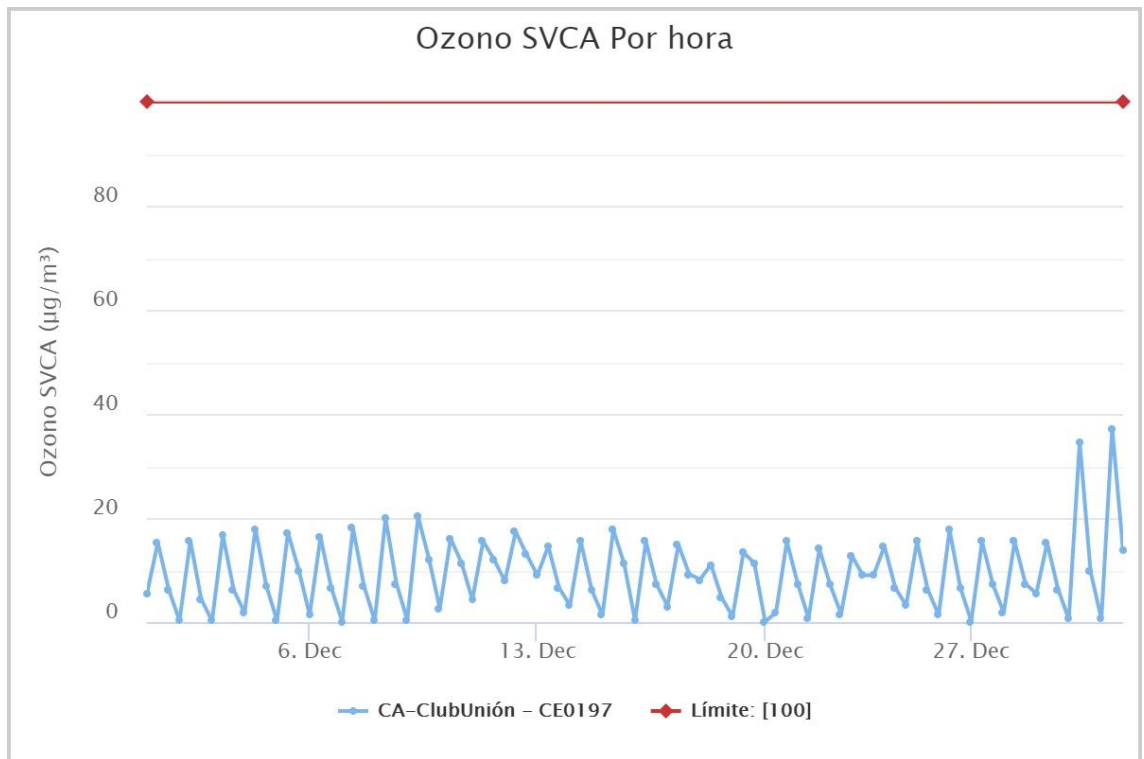


Imagen 18. Estación Club Unión O3_8H

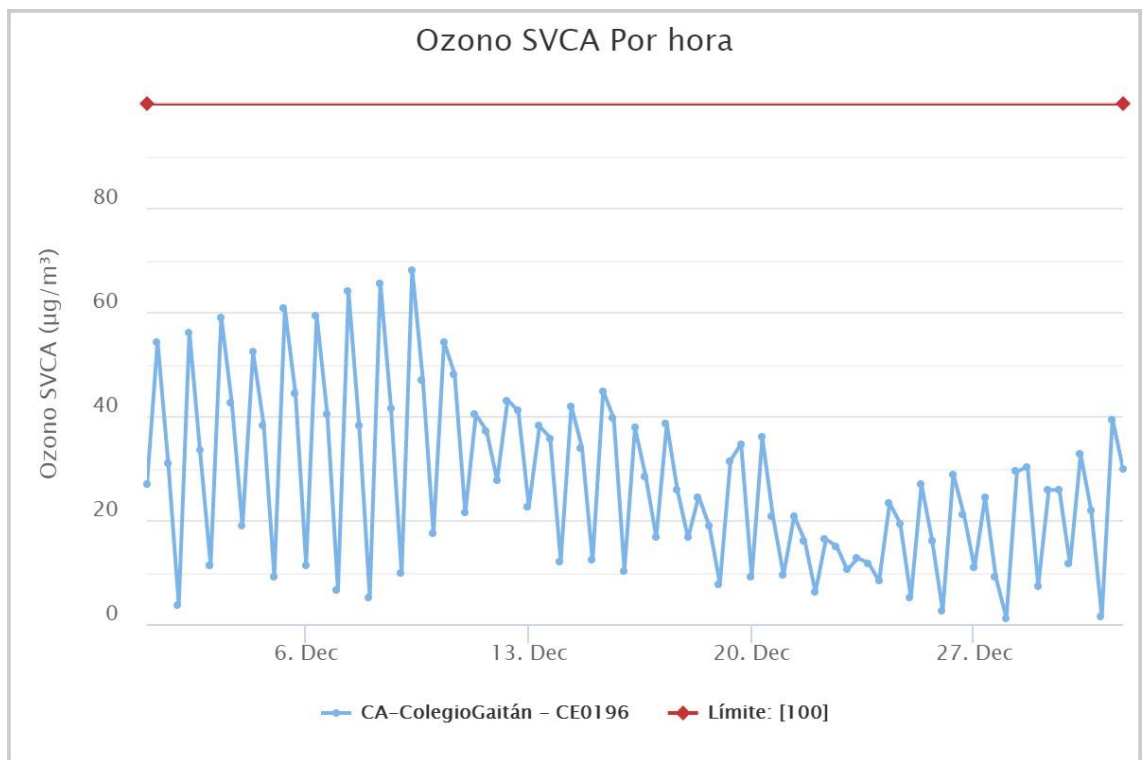


Imagen 19. Estación Colegio Gaitán O3_8H

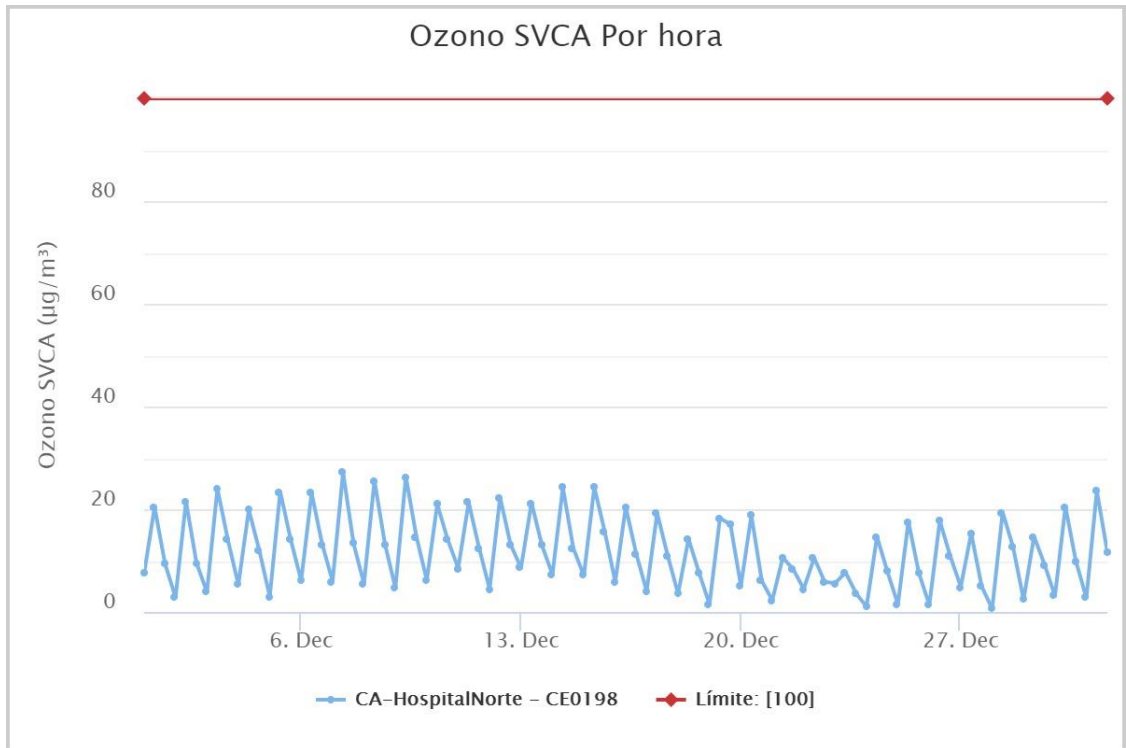


Imagen 20. Estación Hospital Local del Norte O3_8H

4.1.7 CO – Tiempo de exposición 8 horas – diciembre de 2021

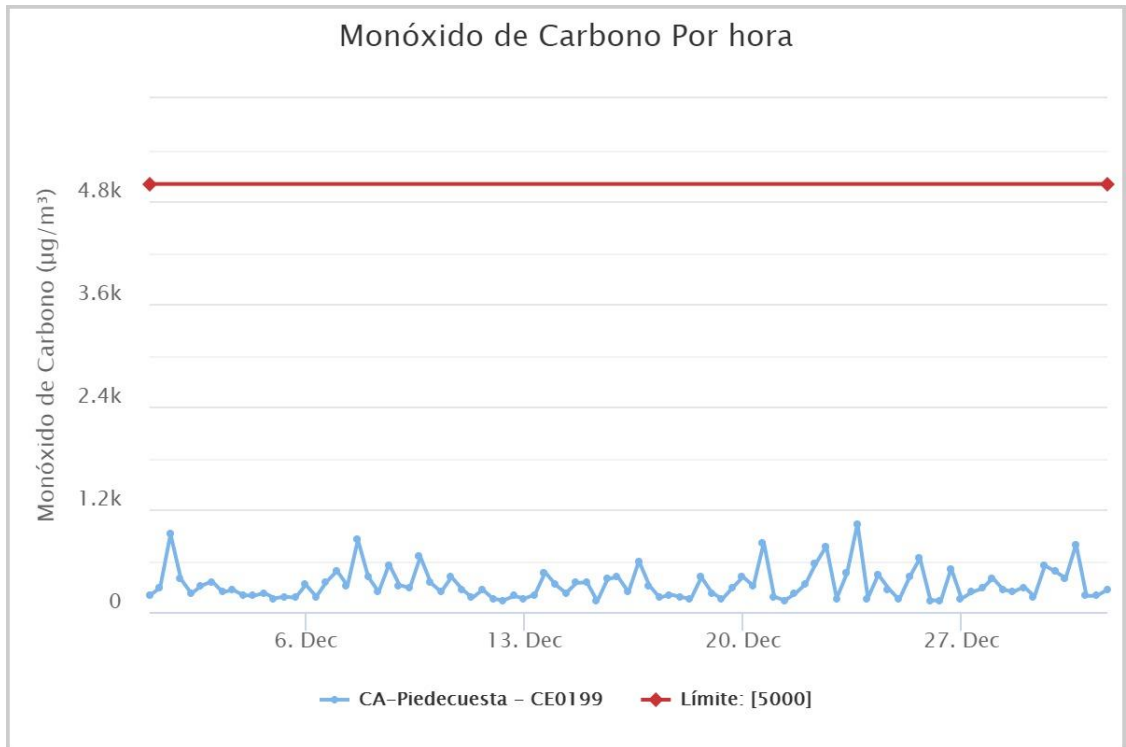


Imagen 21. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeagozo CO_8H

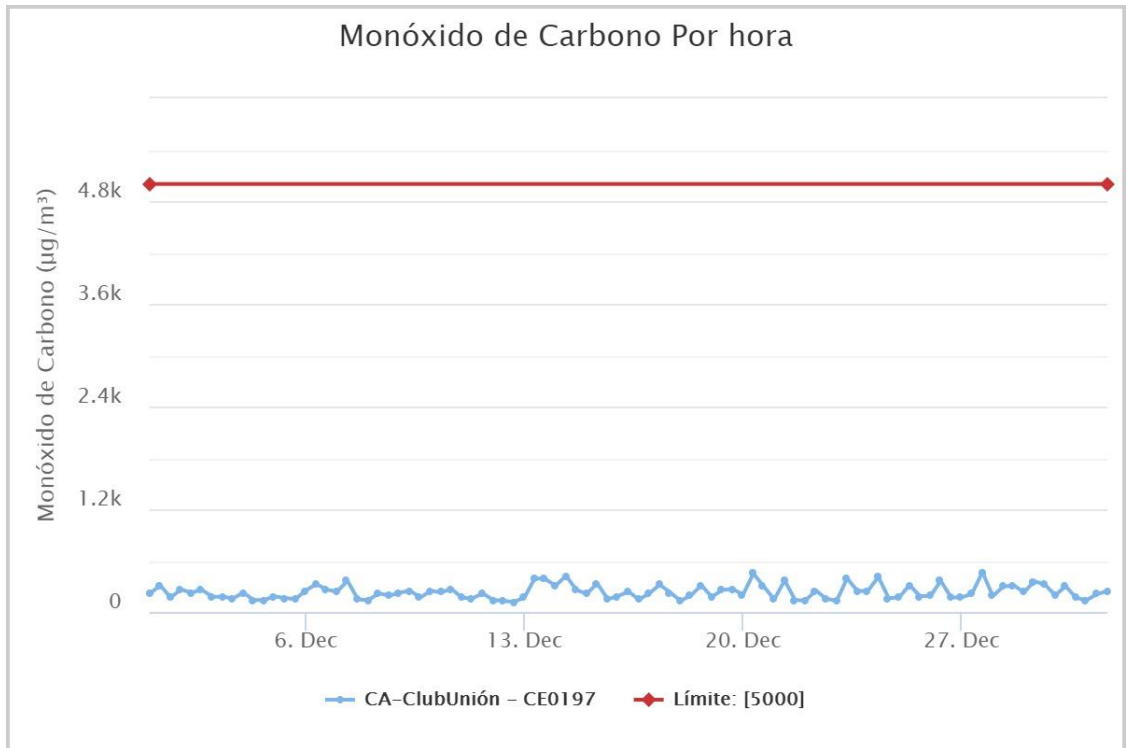


Imagen 22. Estación Club Unión CO_8H

4.1.8 CO – Tiempo de exposición 1 hora – diciembre de 2021

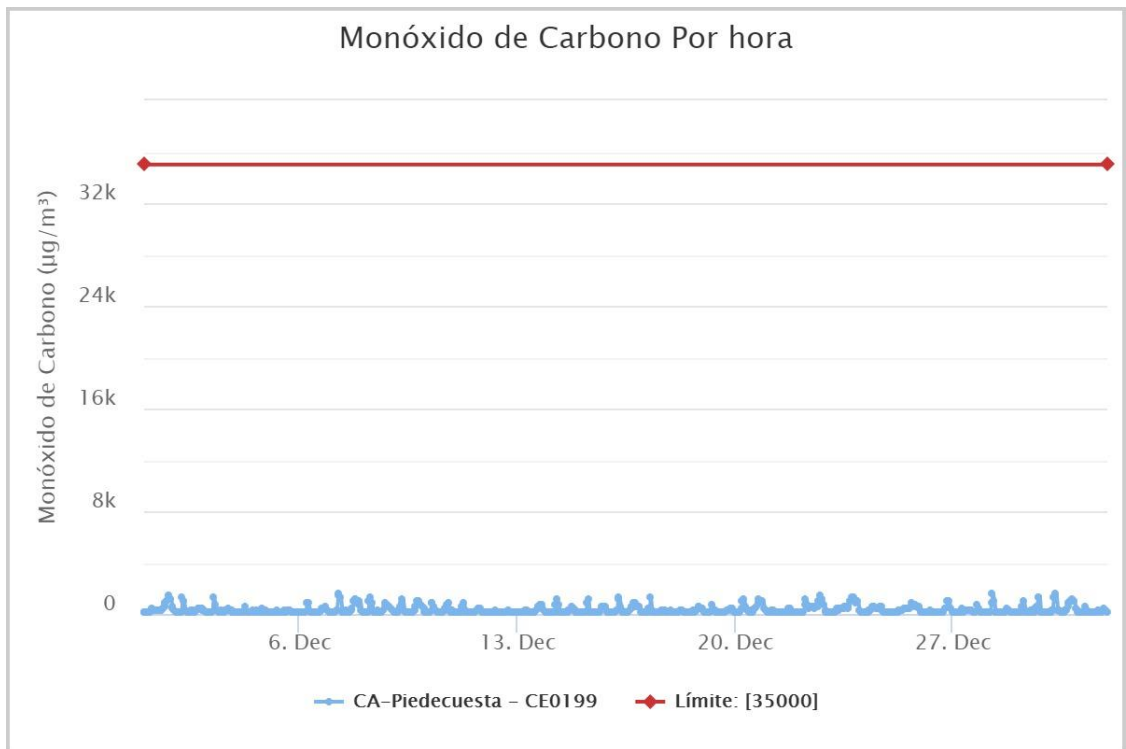


Imagen 23. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeozo CO_1H

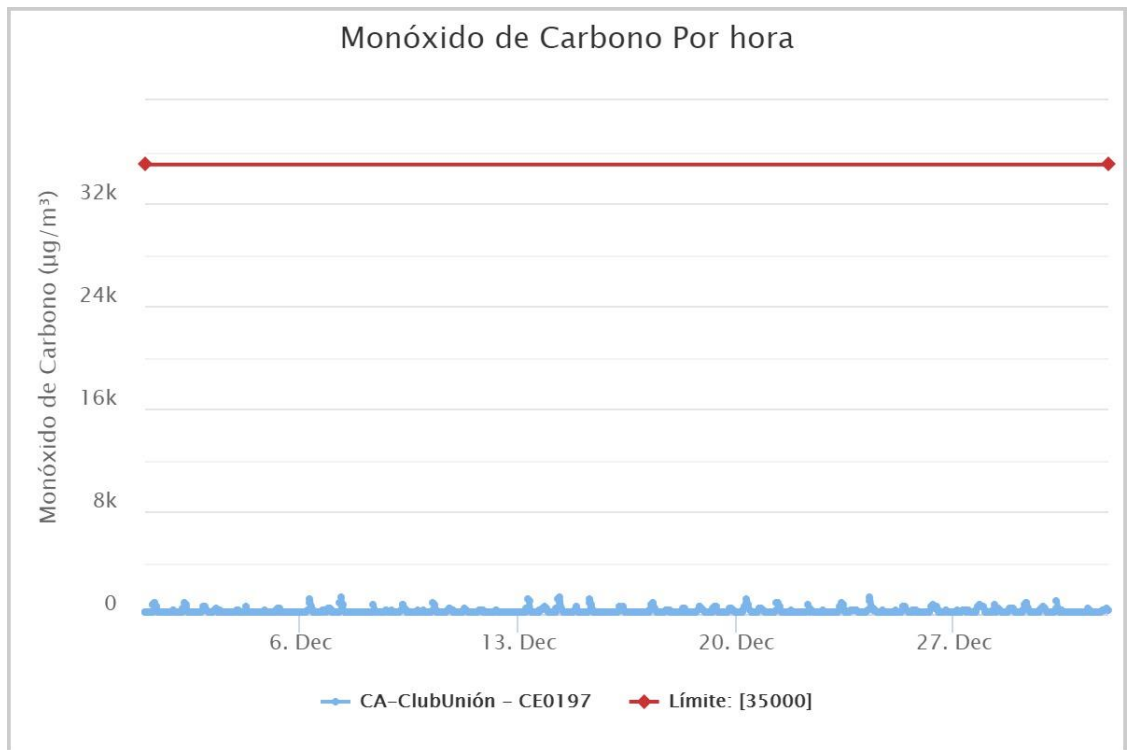


Imagen 24. Estación Club Unión CO_1H

4.2 Cálculo del índice de calidad del aire – ICA para cada estación

4.2.1 PM₁₀ – Tiempo de exposición 24 horas – diciembre de 2021

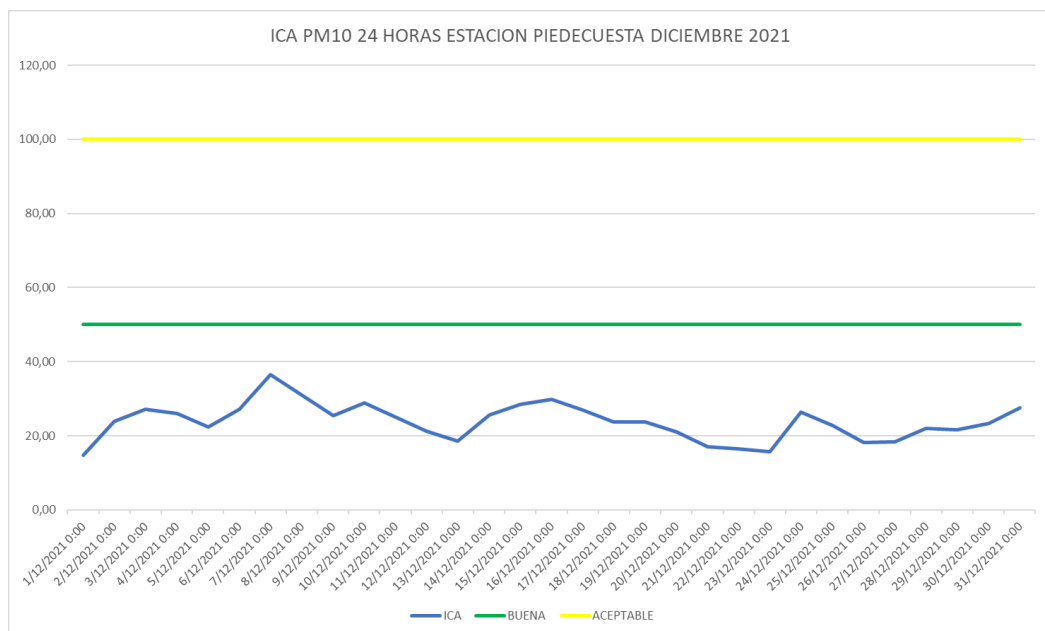


Imagen 25. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeogo ICA PM10_24H

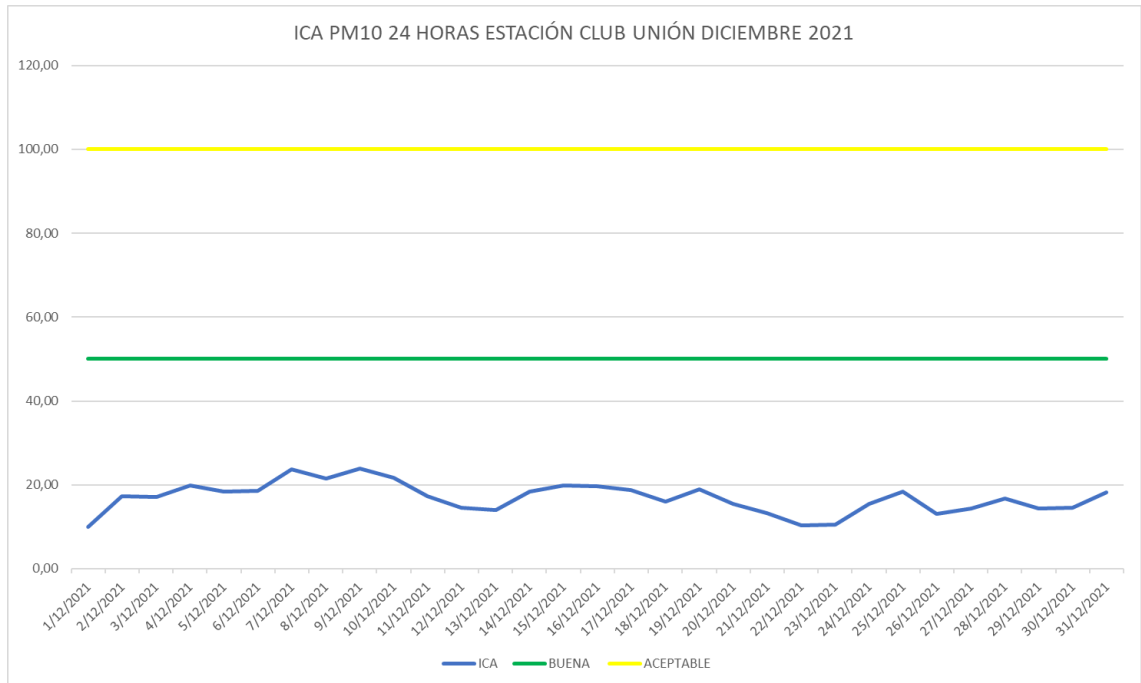


Imagen 26. Estación Club Unión ICA PM10_24H

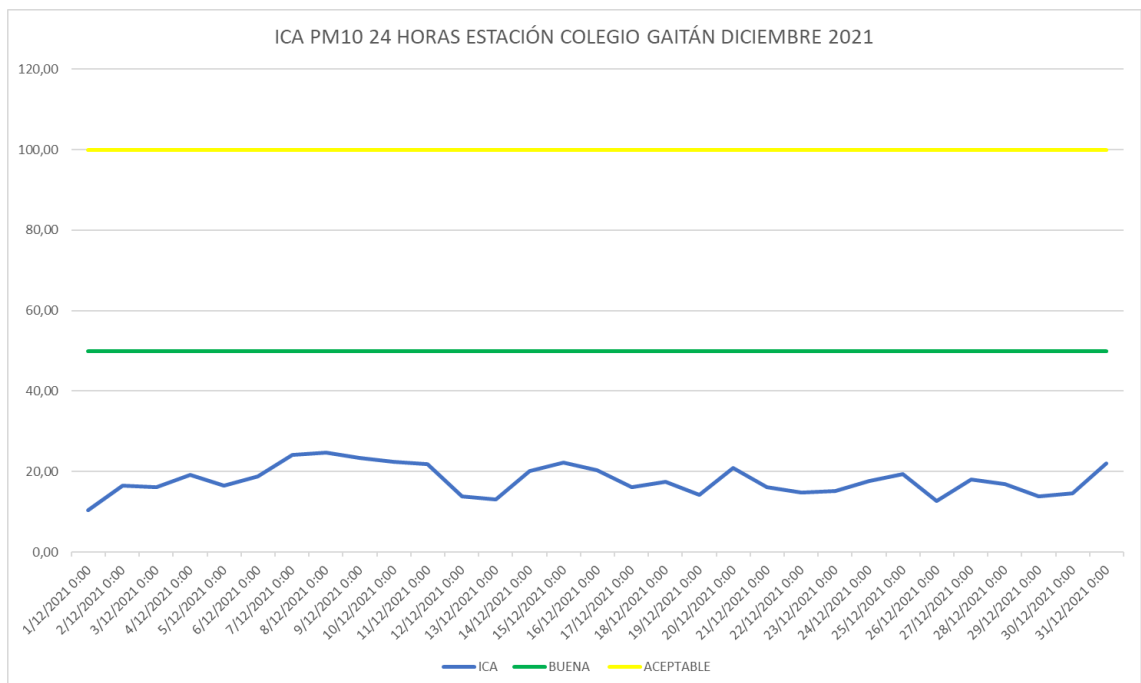


Imagen 27. Estación Colegio Gaitán ICA PM10_24H

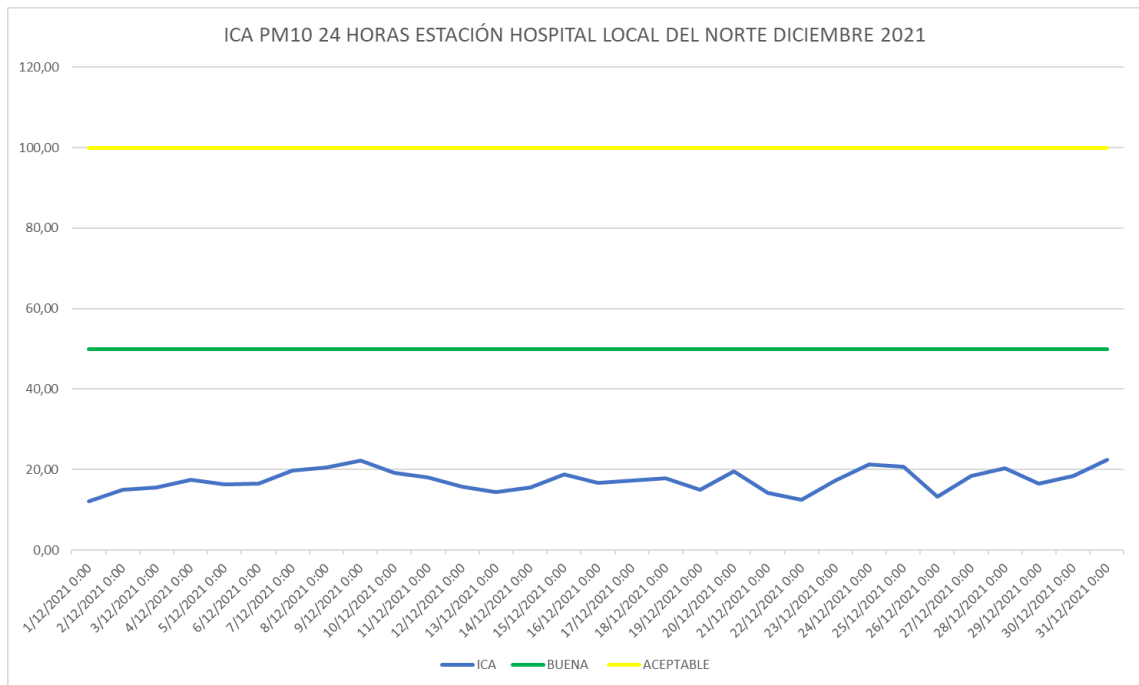


Imagen 28. Estación Hospital Local del Norte ICA PM10_24H

4.2.2 PM_{2.5} – Tiempo de exposición 24 horas – diciembre de 2021

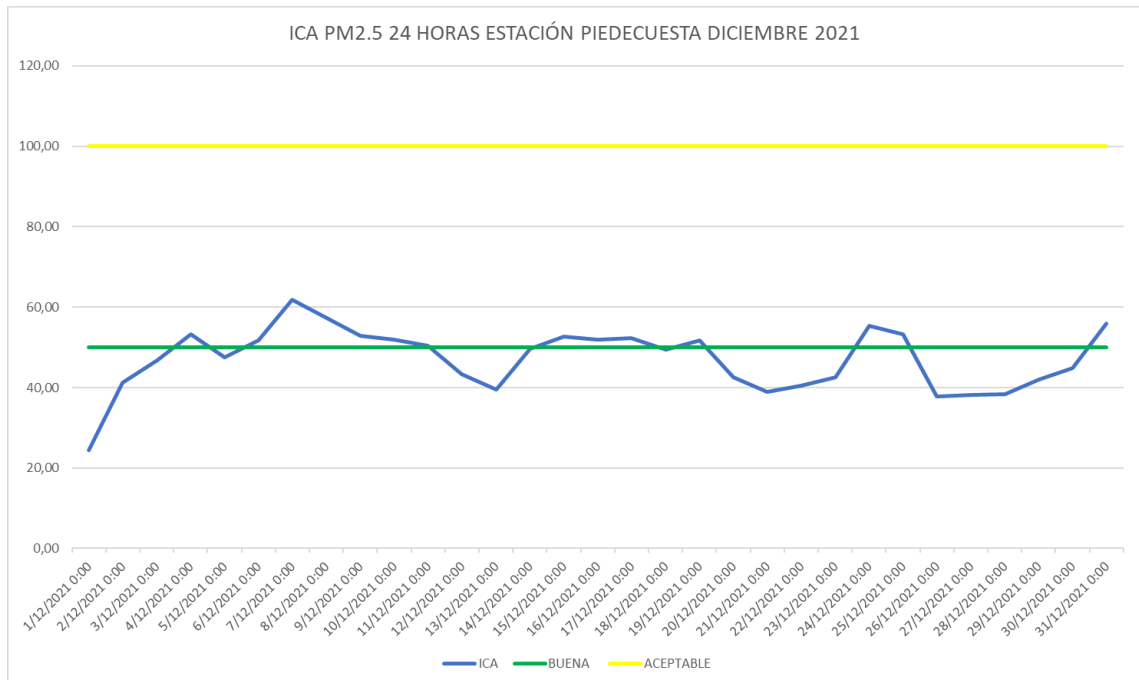


Imagen 29. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo ICA PM2.5_24H

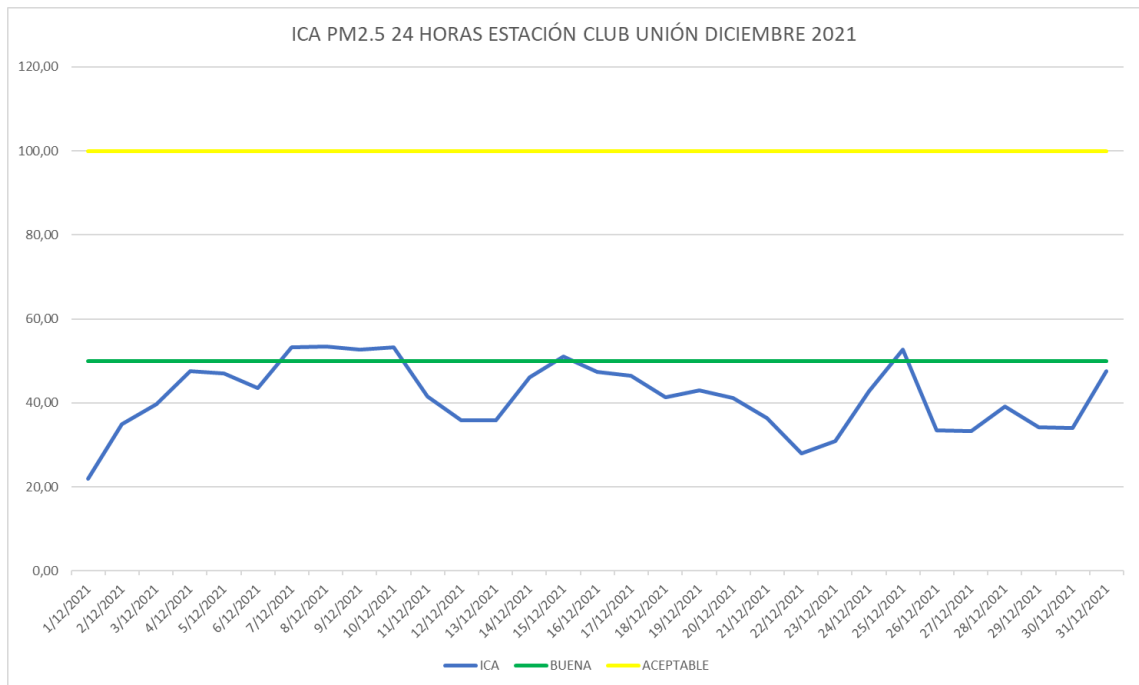


Imagen 30. Estación Club Unión ICA PM2.5_24H

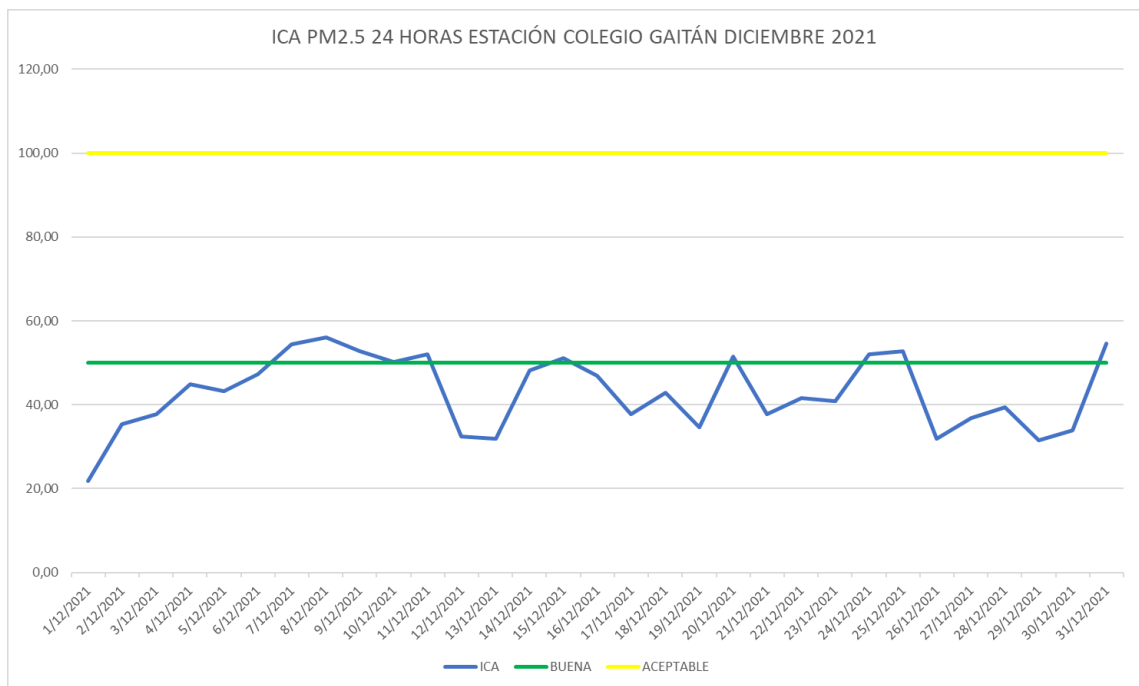


Imagen 31. Estación Colegio Gaitán ICA PM2.5_24H

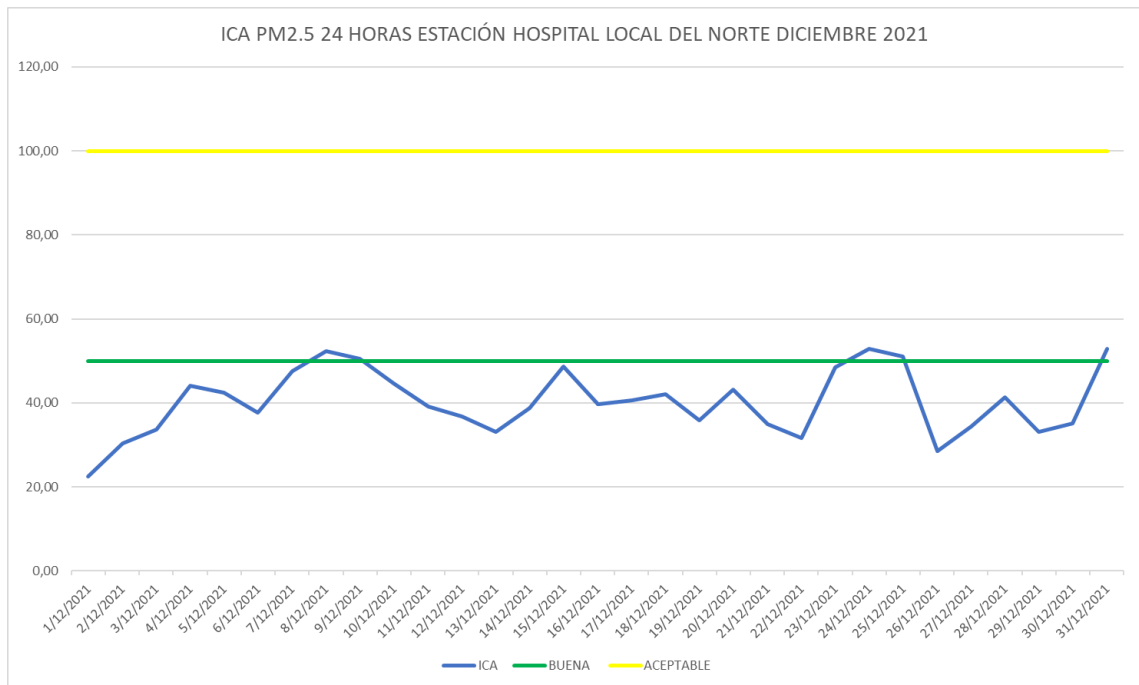


Imagen 32. Estación Hospital Local del Norte ICA PM2.5_24H

4.2.3 SO₂ – Tiempo de exposición 1 hora – diciembre de 2021

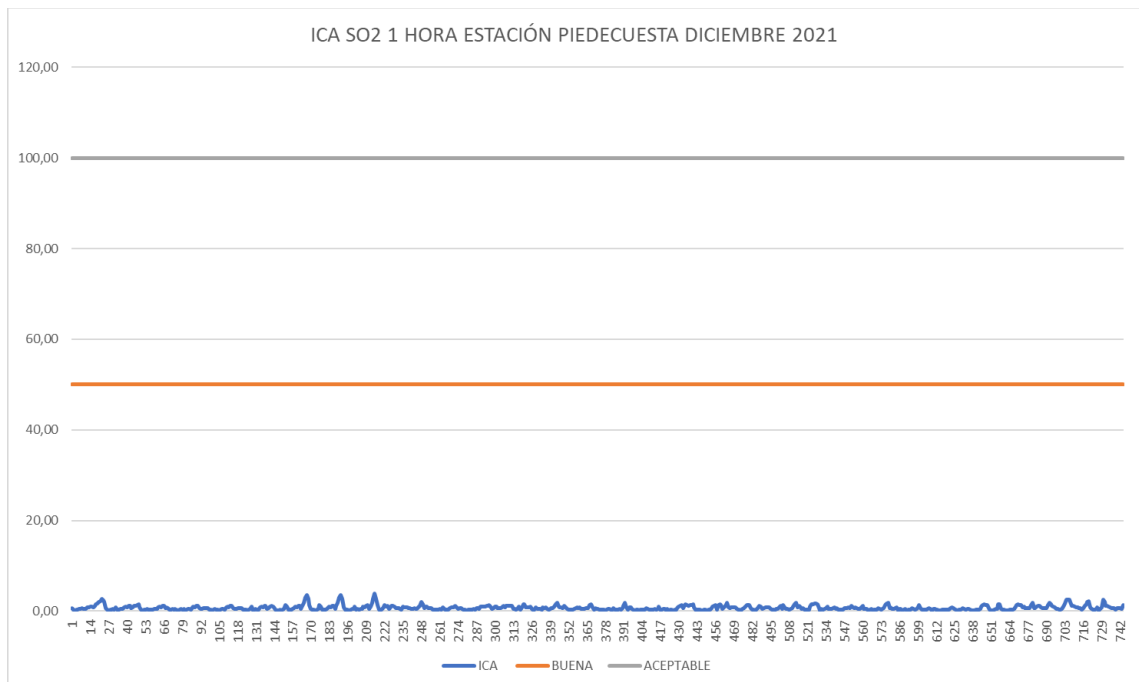


Imagen 33. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo ICA SO2_1H

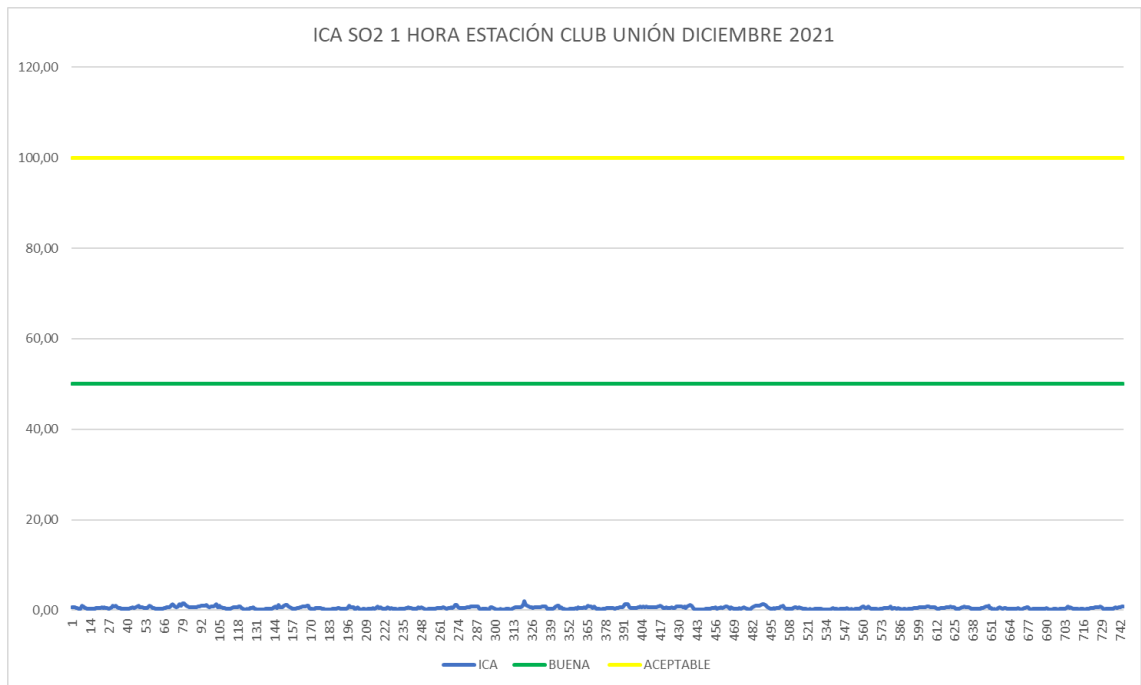


Imagen 34. Estación Club Unión ICA SO2_1H

4.2.4 NO₂ – Tiempo de exposición 1 hora – diciembre de 2021

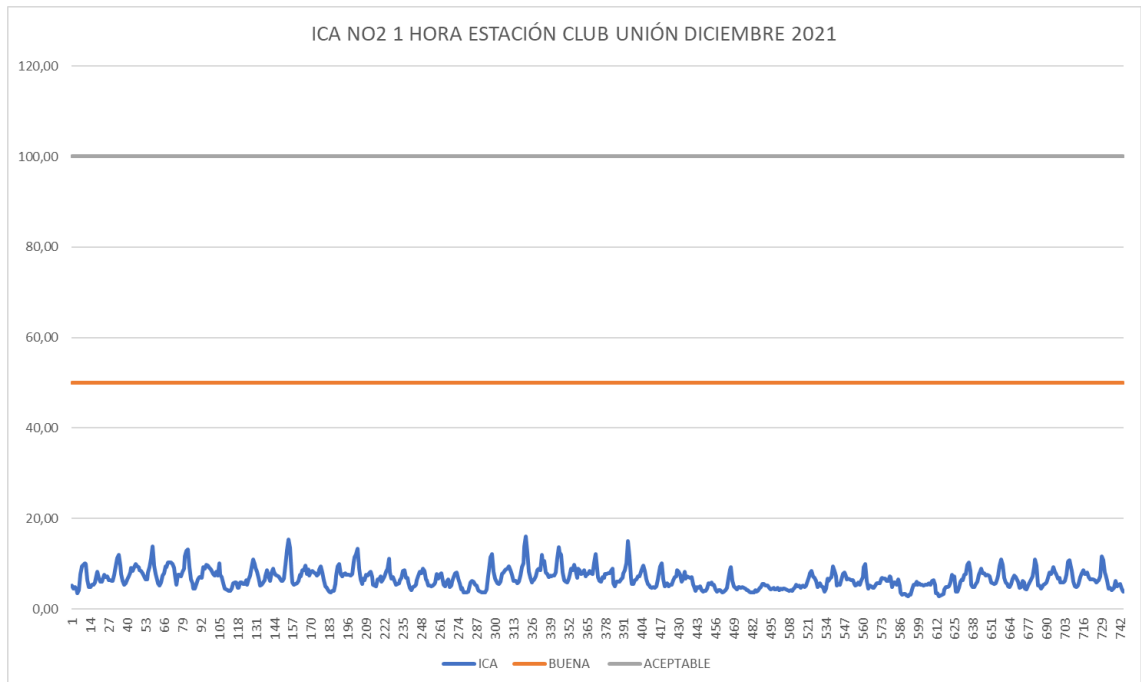


Imagen 35. Estación Club Unión ICA NO2_1H

4.2.5 O₃ – Tiempo de exposición 8 horas – diciembre de 2021

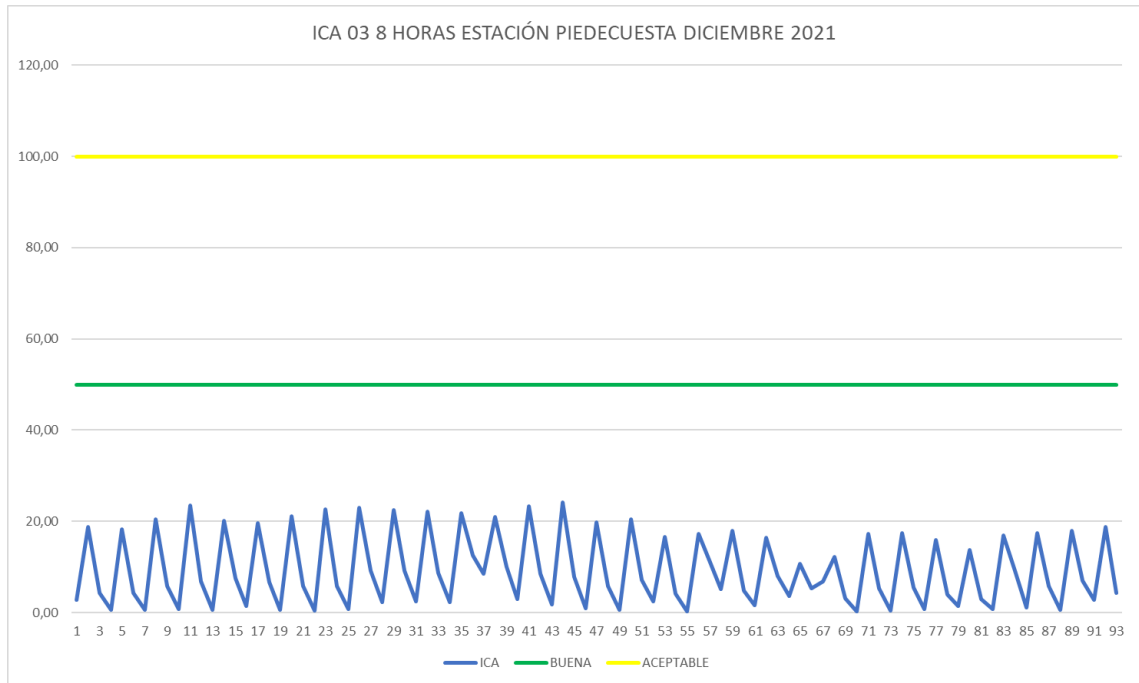


Imagen 36. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeogo ICA O3_8H

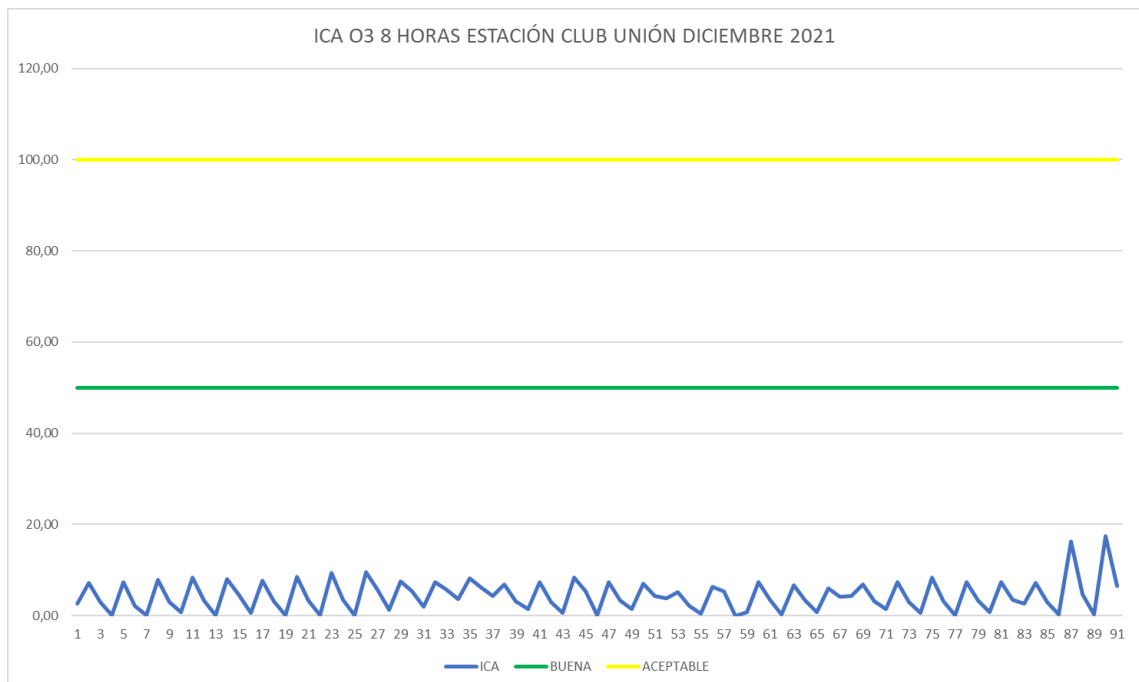


Imagen 37. Estación Club Unión ICA O3_8H

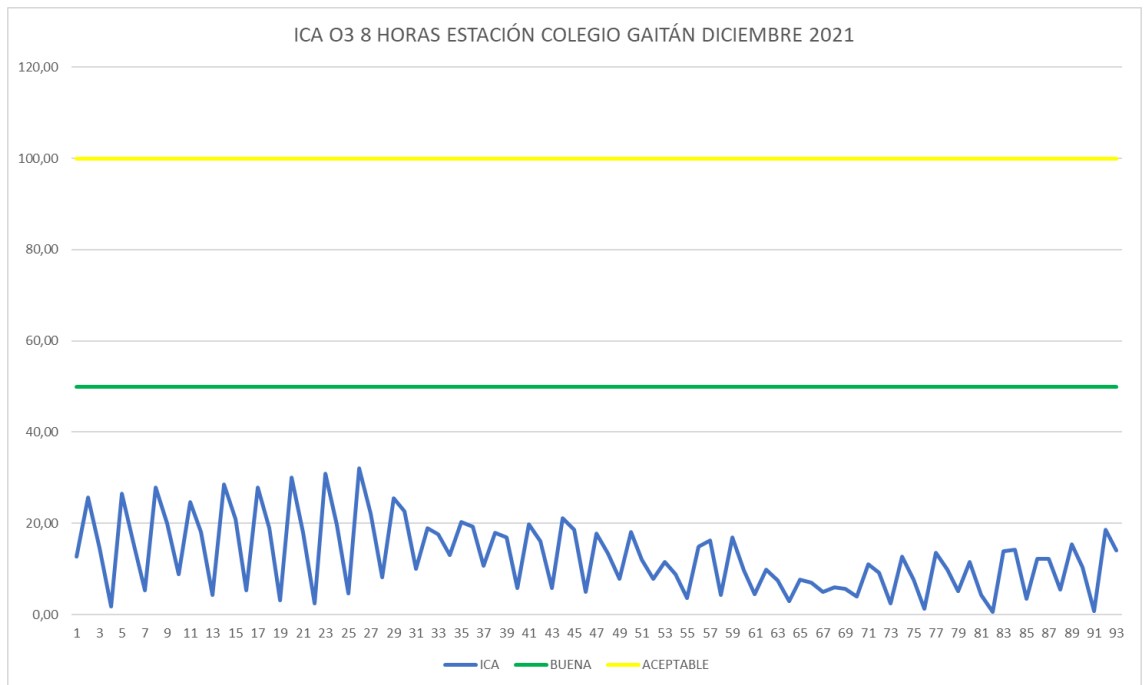


Imagen 38. Estación Colegio Gaitán ICA O3_8H

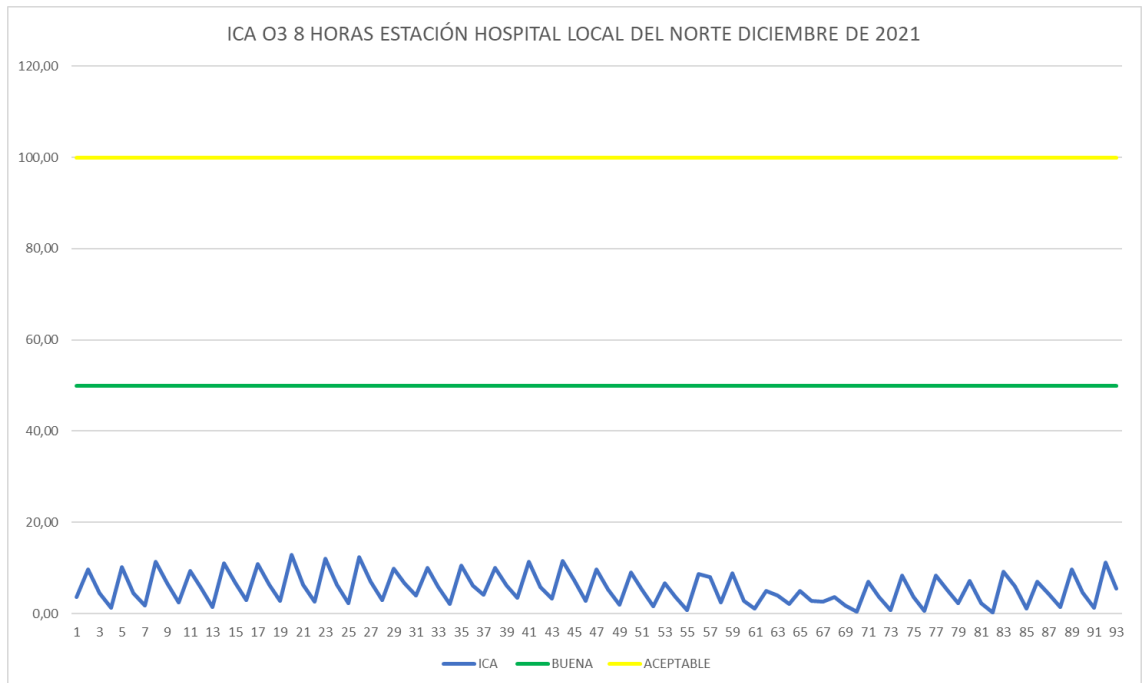


Imagen 39. Estación Hospital Local del Norte ICA O3_8H

5 METEOROLOGÍA DEL PERIODO

5.1 Gráficas de comportamiento mensual

5.1.1 Temperatura

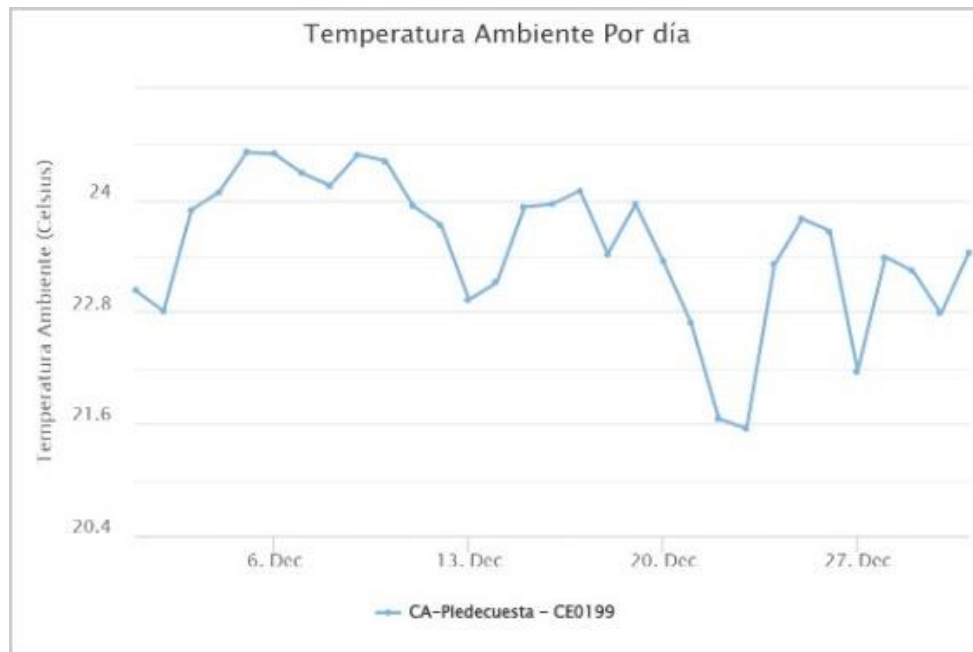


Imagen 40. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo Temperatura 24H

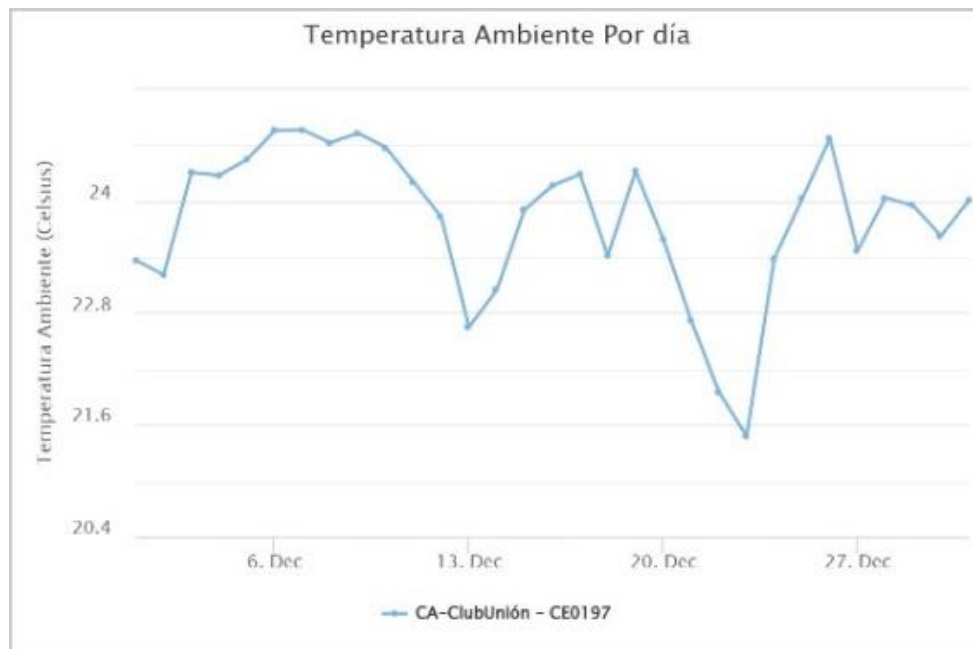


Imagen 41. Estación Club Unión Temperatura 24H

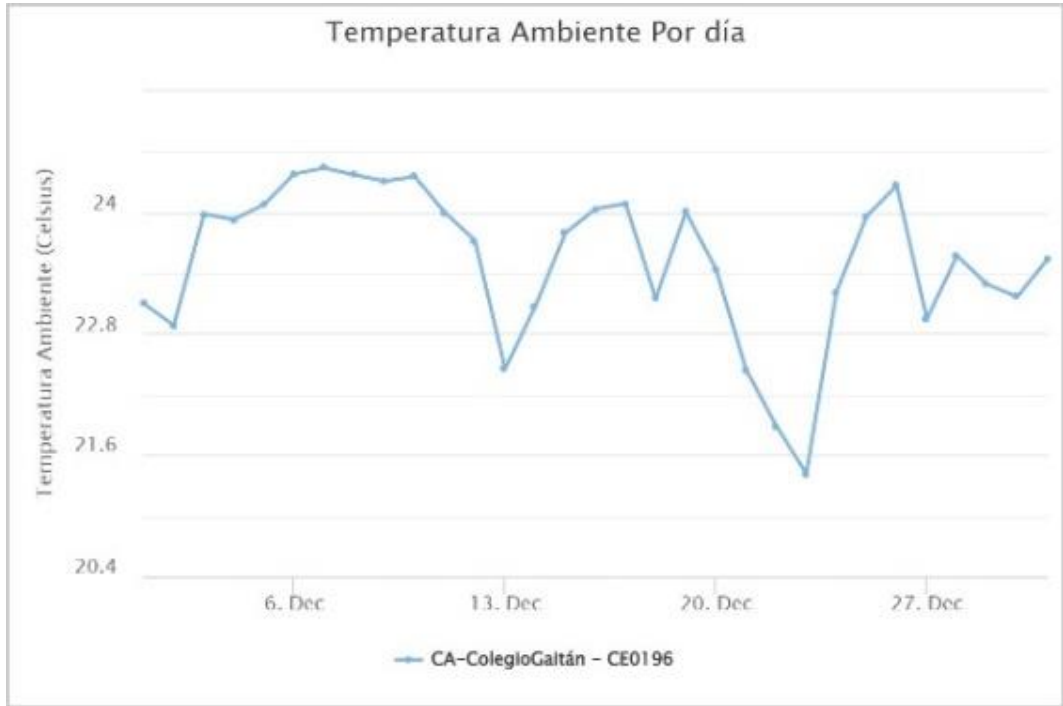


Imagen 42. Estación Colegio Gaitán Temperatura 24H

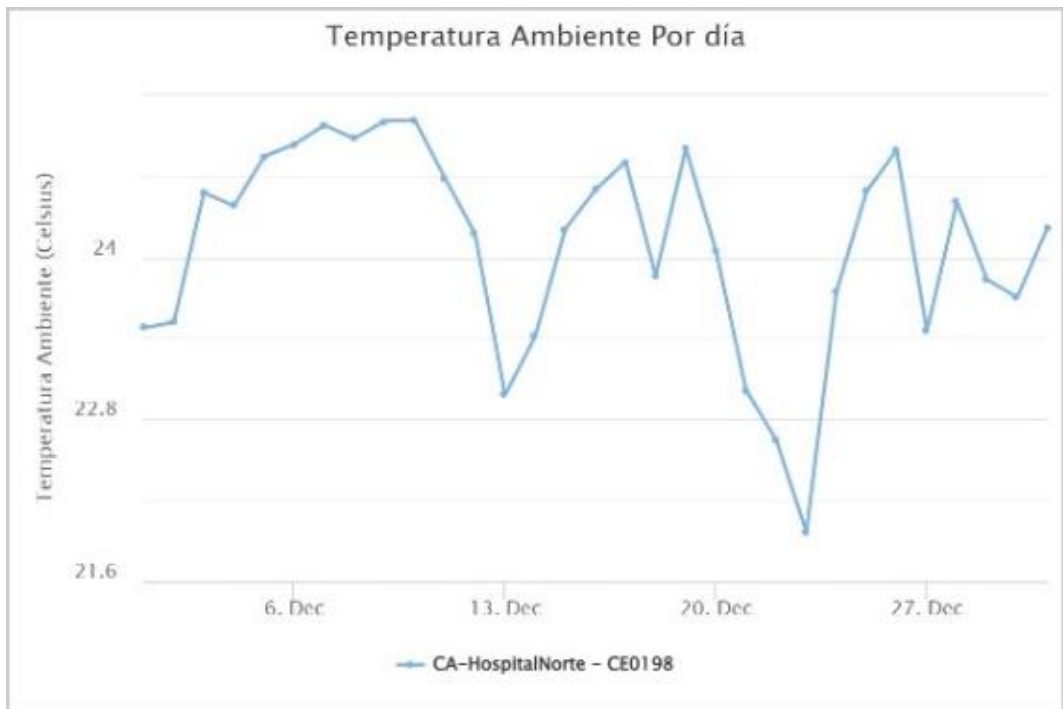


Imagen 43. Estación Hospital Local del Norte Temperatura 24H

5.1.2 Precipitación

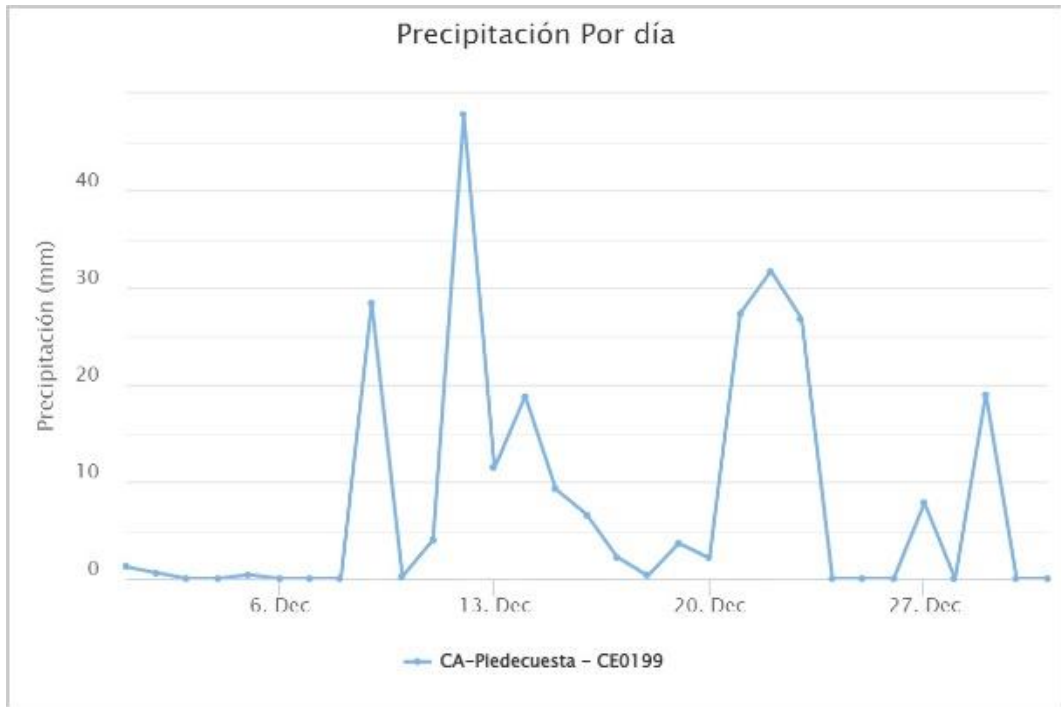


Imagen 44. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeago Precipitación Diaria

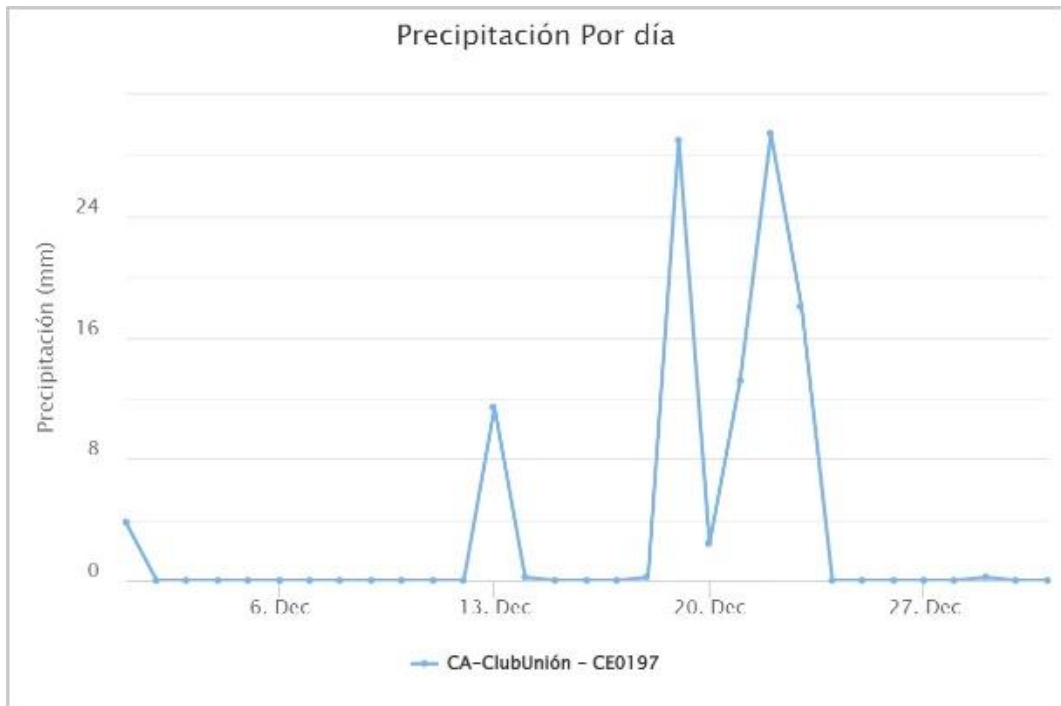


Imagen 45. Estación Club Unión Precipitación Diaria

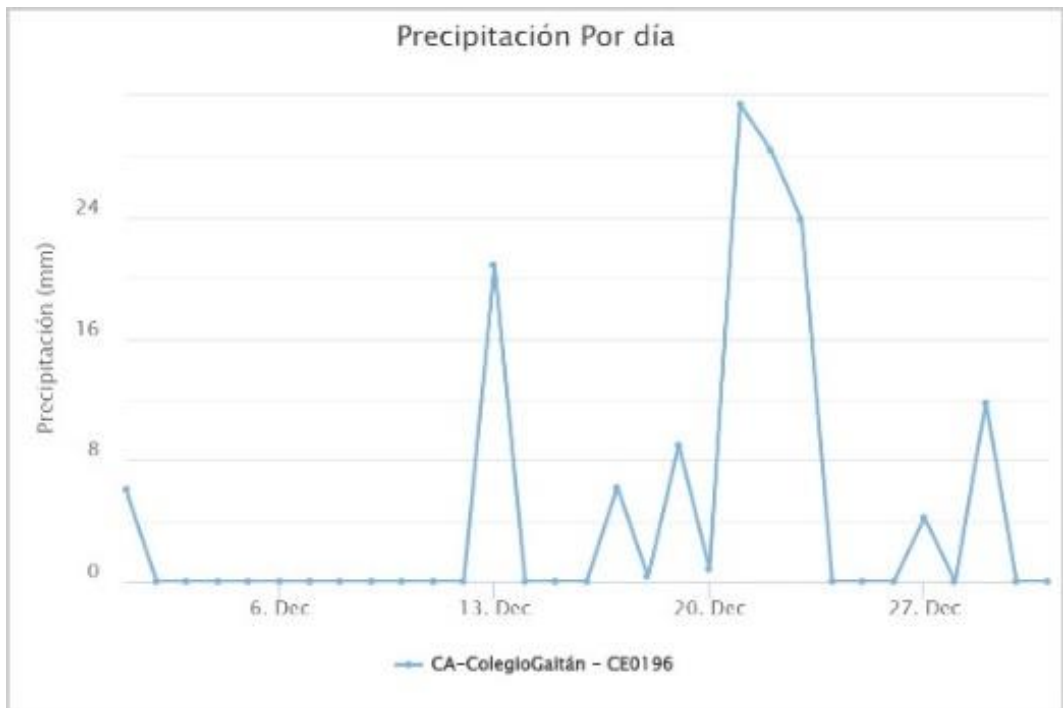


Imagen 46. Estación Colegio Gaitán Precipitación Diaria

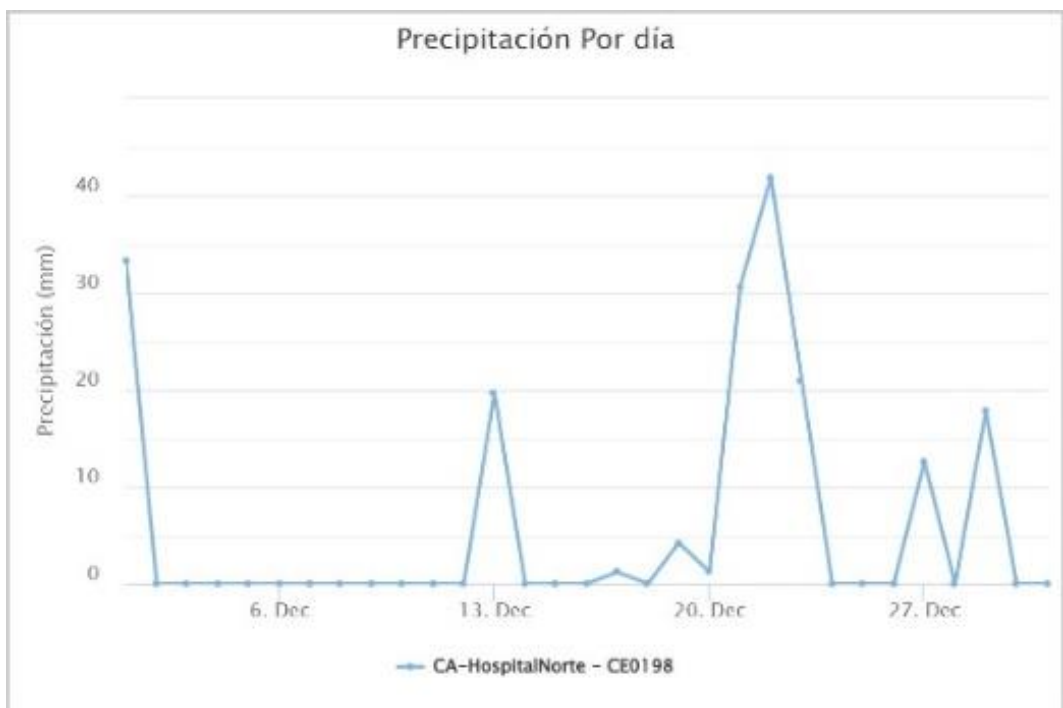


Imagen 47. Estación Hospital Local del Norte Precipitación Diaria.

5.1.3 Rosa de vientos

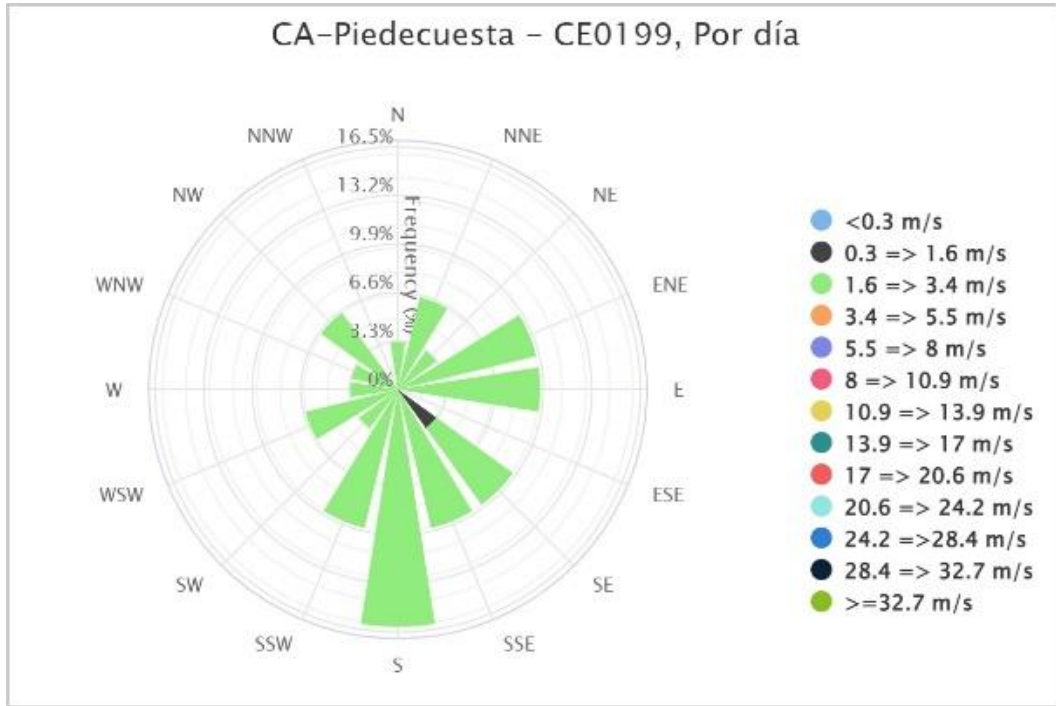


Imagen 48. Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeozo Rosa de Vientos



Imagen 49. Estación Club Unión Rosa de Vientos

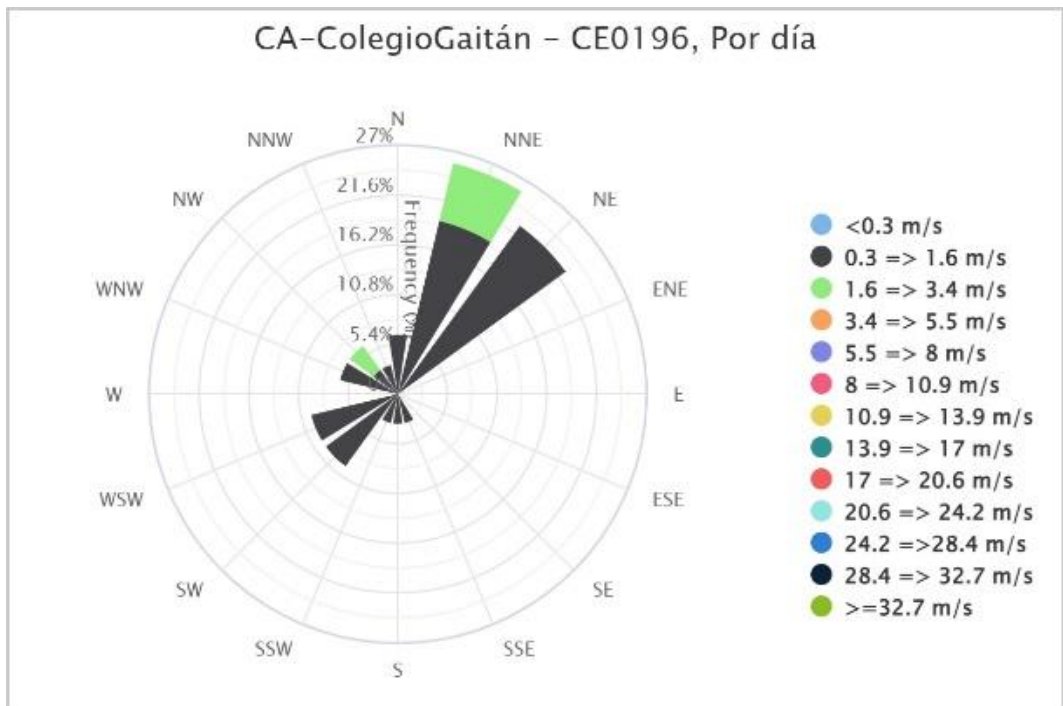


Imagen 50. Estación Colegio Gaitán Rosa de Vientos

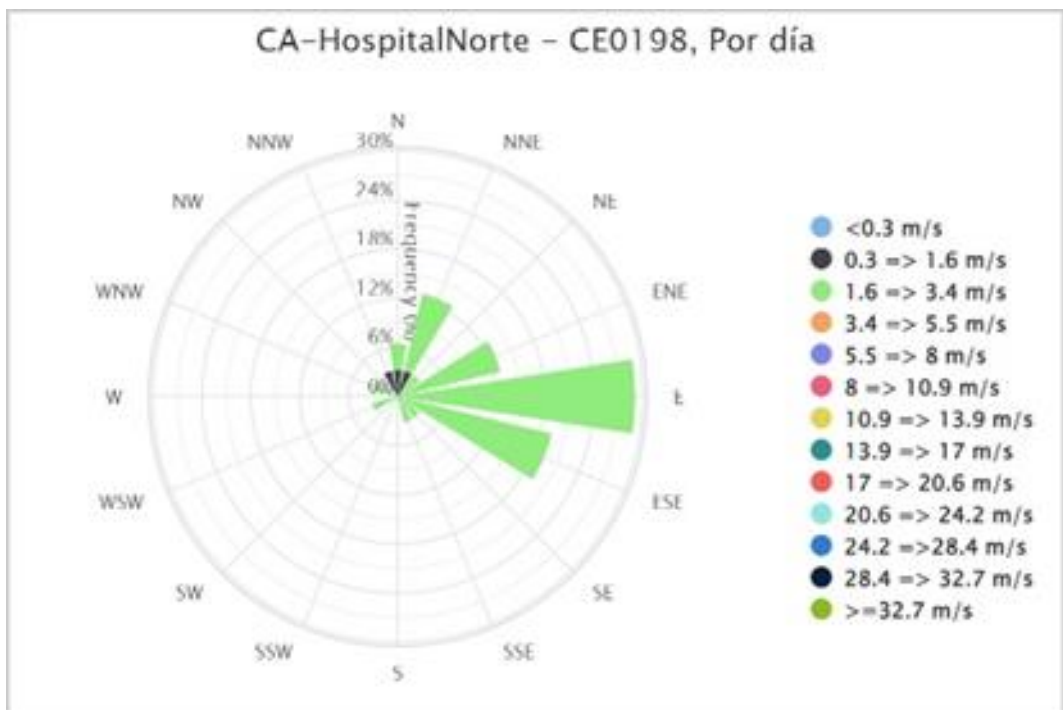


Imagen 51. Estación Hospital Local del Norte Rosa de Vientos

6 CONCLUSIONES

- Para el periodo comprendido entre el 01 y el 31 de diciembre de 2021 no se presentaron excedencias de los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución MADS No. 2254 de 2017 de los contaminantes criterio PM₁₀, PM_{2.5} y O₃ para las estaciones ubicadas en los sectores de Club Unión, Colegio Gaitán y Hospital Local del Norte en Bucaramanga y Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo en Piedecuesta.
- Para el periodo comprendido entre el 01 y el 31 de diciembre de 2021 no se presentaron excedencias de los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución MADS No. 2254 de 2017 de los contaminantes criterio SO₂ y CO para las estaciones ubicadas en los sectores de Club Unión en Bucaramanga y Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo en Piedecuesta.
- Para el periodo comprendido entre el 01 y el 31 de diciembre de 2021 no se presentaron excedencias del nivel máximo permisible establecido en la Resolución MADS No. 2254 de 2017 del contaminante criterio NO₂ para la estación ubicada en el sector del Club Unión en Bucaramanga.
- Para el periodo comprendido entre el 01 y el 31 de diciembre de 2021 el Índice de Calidad del Aire (ICA) de los contaminantes criterio PM₁₀, SO₂, NO₂, CO y O₃ se mantuvo en la categoría de BUENA y lejos de la frontera con la próxima categoría de aceptable para todas las estaciones donde fue monitoreado.
- Para el periodo comprendido entre el 01 y el 31 de diciembre de 2021 el Índice de Calidad del Aire (ICA) del contaminante criterio PM_{2.5} osciló entre las categorías de BUENA y ACEPTABLE para todas las estaciones donde fue monitoreado, por lo que se requiere vigilancia especial sobre dicho parámetro haciendo uso de los principios de prevención y precaución en materia ambiental para garantizar el efectivo goce de un ambiente sano de los ciudadanos.