

DIRECTORA DE EVALUACION
GRACIELA PALACIOS
MINISTERIO DE AMBIENTE
E. S. D.

Fatima
DEIA

AMBIENTE

Estimada Directora Palacios:

7/NOV/2024 9:23AM

Yo, **JORGE LUIS DIAZ NUÑEZ**, varón de nacionalidad panameño, mayor de edad, portador de la cedula 8-346-334, correo electrónico: jfernandez@hauspanama.com actuando en nombre y representación de **PACORA DEL ESTE DEVELOPMENT, S.A.**, inscrita en (MERCANTIL) Folio N°155690042; promotora del proyecto categoría II denominado "**MASTER PLAN PACORA - CEMENTERIO**", el cual se ubica según certificación de registro público en el Corregimiento de Pacora, Distrito de Panamá, Provincia de Panamá, sobre las fincas N°30279571 con una superficie actual de 5ha + 9575m² 3070cm² y la Finca N°30430026 con una superficie actual de 9,790.98m², con código de ubicación 8716, pero actualmente pertenecen al corregimiento de Las Garzas, Distrito y Provincia de Panamá, comparezco ante su despacho, en seguimiento a lo indicado en las respuestas de la nota aclaratoria No. DEIA-DEEI-AC-0108-0409-2024 de 4 de septiembre de 2024, y notificada el día 10 de septiembre de 2024., presentada ante su despacho el 1 de octubre de 2024, hacemos entrega del Informe de Modelo de Dispersión realizado por ITS Holding Services, S.A

Atentamente,


JORGE LUIS DIAZ NUÑEZ
REPRESENTANTE LEGAL
PACORA DEL ESTE DEVELOPMENT, S.A.

INFORME MODELO DE DISPERSIÓN

**PACORA DEL ESTE DEVELOPMENT, S.A.
PROYECTO MÁSTER PLAN PACORA – CEMENTERIO
CORREGIMIENTO DE LAS GARZAS, DISTRITO Y PROVINCIA DE
PANAMÁ**

ELABORADO POR: ITS HOLDINGS SERVICES, S.A.

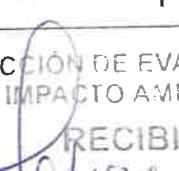
NÚMERO DE INFORME: 115-133-672-24-001-v.0

**NOMBRE DE LOS CONSULTORES RESPONSABLES:
ING. JUAN CARLOS ESPINO**





**REVISIÓN:
ING. GLADYS BARRIOS**

REPÚBLICA DE PANAMÁ	MICISTERIO DE AMBIENTE
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	
RECIBIDO	
Por:	
Fecha:	23/10/24
Hora:	9:23 am

FECHA: 23 DE OCTUBRE DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	OBJETIVOS	5
	OBJETIVO GENERAL.....	5
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	5
3	ALCANCE	5
4	METODOLOGÍA	6
4.1	MODELO QUE SE CORRERÁ	6
4.2	SUPUESTOS	6
4.3	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA PARA LA CORRIDA DEL MODELO	6
4.4	METEOROLOGÍA QUE EMPLEAR	7
4.5	EMISIÓNES	7
4.6	CONTAMINANTES QUE MODELAR.....	9
4.7	IDENTIFICACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE RECEPTORES.....	9
4.8	CORRIDA DEL MODELO	9
5	ASPECTOS TEÓRICOS PRELIMINARES DEL MODELO	9
5.1	MODELO GAUSSIANO	9
5.2	EL MODELO SELECCIONADO	12
5.3	BONDAD DE AJUSTE DE UN MODELO DE ESTE TIPO	15
5.4	ASPECTOS DE LA CORRIDA DEL MODELO RELACIONADOS CON LA TOPOGRAFÍA Y LA ROSA DE VIENTOS	15
5.4.1	ASPECTOS RELACIONADOS CON LA TOPOGRAFÍA	15
5.4.2	ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ROSA DE VIENTOS.....	17
5.5	ASPECTOS RELACIONADOS CON LA METEOROLOGÍA DE MODELOS DE LARGO PLAZO (LT) Y CORTO PLAZO (ST).....	18
6	METEOROLOGÍA	18
7	CALIDAD DE AIRE	39
7.1	LEGISLACIÓN DE CALIDAD DE AIRE APLICABLE	45
8	CORRIDA DEL MODELO	54
8.1	SELECCIÓN DEL DOMINIO DE MODELACIÓN	54
8.2	MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)	58
8.3	FUENTES DEL MODELO	62
8.3.1	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS FUENTES.....	62
8.4	ESCENARIOS DE SIMULACIÓN.....	63
8.4.1	RESULTADO DE LA MODELACION	63
	ISOPLÉTAS DE RESULTADOS	66
9	CONCLUSIONES.....	80
10	BIBLIOGRAFÍA.....	81

1 INTRODUCCIÓN

Este informe fue confeccionado a solicitud de nuestro cliente Pacora del Este Development, S.A., para evaluar el impacto del Proyecto Máster Plan Pacora – Cementerio, ubicado en el Corregimiento de las Garzas, Distrito y Provincia de Panamá sus posibles aportes sobre la Calidad de Aire a futuro. Dentro de las actividades que llevaría a cabo la empresa, se abarca principalmente la incineración de residuos humanos. Las instalaciones de la funeraria estarán ubicadas en el área del Corregimiento de las Garzas, Distrito y Provincia de panamá. En la tabla 1-1 se listan las coordenadas del Proyecto. Como propósito de este estudio, nuestro cliente desea conocer el posible rango de aporte más alto a las condiciones de calidad de aire futuras de la zona.

El presente informe contiene el análisis de los aportes de contaminación a los niveles actuales de calidad de aire, a partir de un modelo de dispersión, corrido a través del programa AERMOD 9.6.5., versión 16216r, aprobada por la Environmental Protection Agency (EPA).

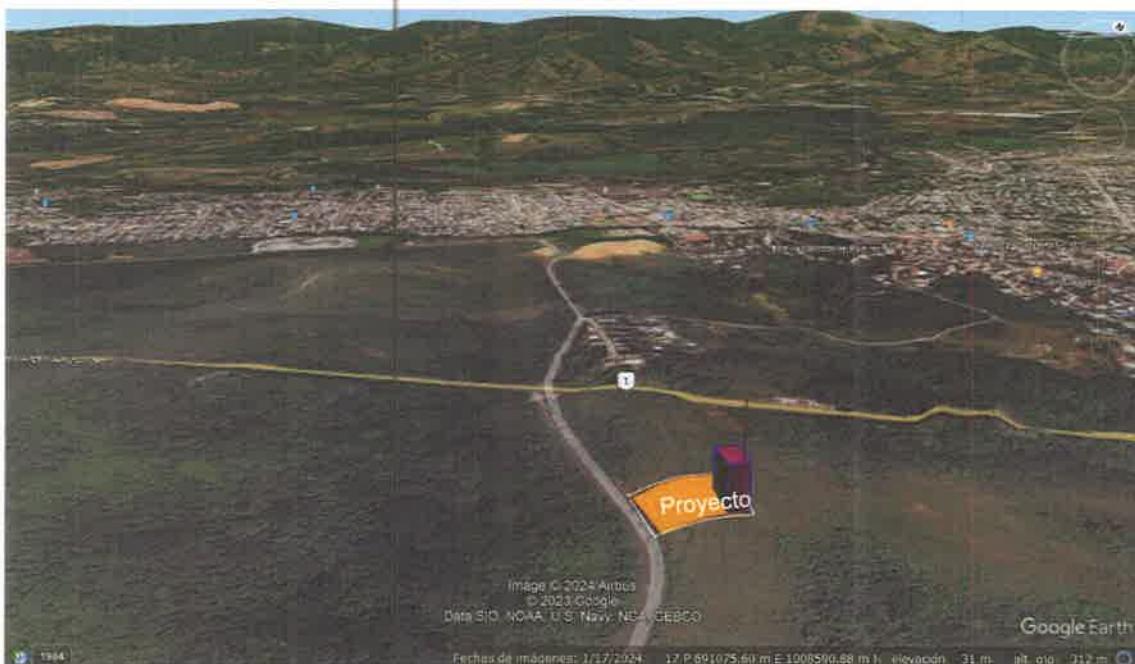
Tabla 1-1 Coordenadas del Perímetro del Proyecto¹

Nº	Coordenadas de Chimeneas	
	UTM WGS84: Zona 17 P	
1	691924,00 m E	1007498,00 m N

Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

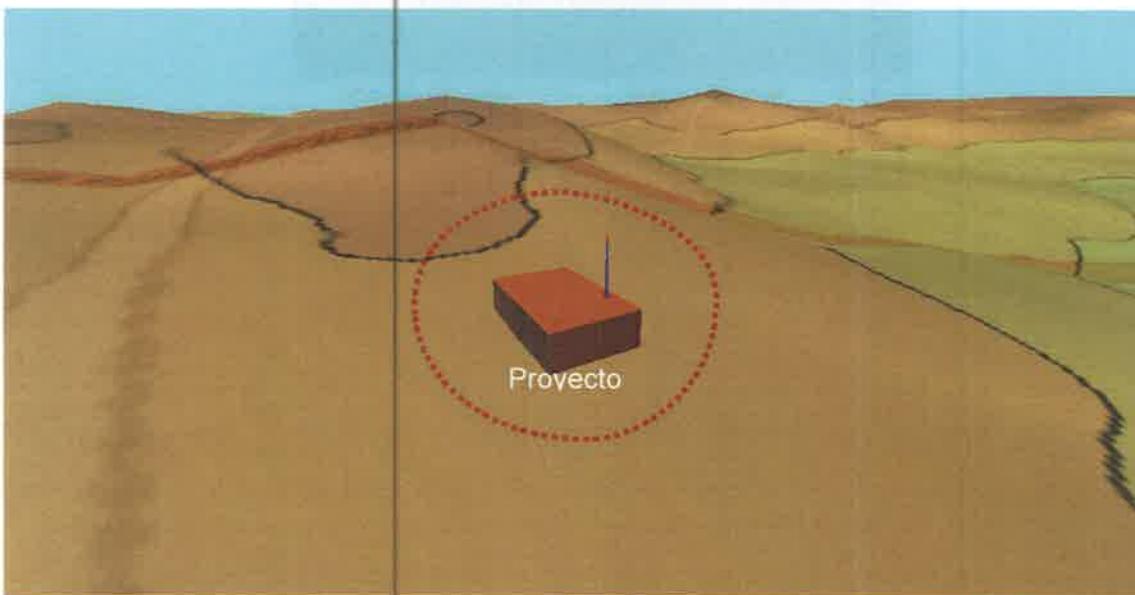
¹ Nota: Los puntos en esta tabla se encuentran localizados en la Figura 1-2 Localización del Perímetro del Proyecto en la siguiente página.

Figura 1-1 Localización del perímetro del proyecto



Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

Figura 1-2 Localización del Proyecto y área de influencia con edificaciones y topografía



Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

2 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar los aportes de Material Particulado (MP) (PM-10), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y monóxido de carbono (CO) en la calidad de aire derivados de la operación del proyecto, mediante la aplicación de un modelo de dispersión.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Lo anterior supone el desarrollo de los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las fuentes de emisión.
- Caracterización de las emisiones según el tipo de fuente.
- Correr un modelo de dispersión en función de la operación proyectada.
- Determinar los posibles niveles de aporte de acuerdo con los resultados de la modelación.
- Realizar un diagnóstico del posible impacto de las emisiones de la Planta, simuladas mediante el uso de un modelo de dispersión, para determinar el aporte de estas a la calidad de aire de los receptores discretos aledaños.
- Determinar si las emisiones de las fuentes fijas no significativas las chimeneas isopletas afectarían la calidad del aire en la zona de estudio.

3 ALCANCE

Mediante un modelo de dispersión se evaluarán los aportes en la calidad de aire producidos por el Proyecto de la empresa Pacora del Este Development, S.A., Proyecto Máster Plan Pacora – Cementerio, ubicado en el Corregimiento de las Garzas, Distrito y Provincia de Panamá sus posibles aportes sobre la Calidad de Aire a futuro. Dentro de las actividades que llevaría a cabo la empresa, se abarca principalmente la incineración de residuos humanos. Las instalaciones de la funeraria estarán ubicadas en el área del Corregimiento de las Garzas, Distrito y Provincia de Panamá.

4 METODOLOGÍA

4.1 MODELO QUE SE CORRERÁ

Existen un sinnúmero de modelos de dispersión disponibles en el mercado. Para un proyecto de este tipo, en el que se requieren múltiples receptores, topografía compleja, análisis de concentraciones en períodos anuales, es necesario correr un modelo de corto plazo. Para ello, se corrió el modelo gaussiano AERMOD de la empresa Lakes Environmental, versión 16216r, debidamente aprobada por la Environmental Protection Agency (EPA).

4.2 SUPUESTOS

Las emisiones de las fuentes fijas fueron determinadas en base a:

- Datos teóricos obtenidos de la ficha técnica de los incineradores y de factores de emisión teóricos de la EPA WebFire. Considerando las condiciones teóricas de fabricación de las chimeneas.
- Monitoreos de Calidad de Aire Ambiental (inmisiones) realizadas en campo en áreas cercanas al proyecto por el Laboratorio Químico Ambiental, S.A. (LAQUIA, S.A.), ubicado en la Chorrera.
- Las corridas del modelo de dispersión seleccionado.
- El ajuste de los resultados de la modelación, realizado de acuerdo con la información de calidad de aire medida *in-situ*.

4.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA PARA LA CORRIDA DEL MODELO

Con base en la información secundaria suministrada, se establecieron los datos que debían levantarse para la corrida del modelo:

- Información de las características de la zona.
- Características de las fuentes.
- Información meteorológica del área.
- Información de emisiones para los contaminantes de interés.
- Información necesaria de la operación para la corrida del modelo.
- Planos del Proyecto con alturas de edificaciones y estructuras.

4.4 METEOROLOGÍA QUE EMPLEAR

Para el presente ejercicio se empleó información meteorológica de 1 año generada por la Empresa Meteosim del año 2022 al 2023. Dicha información meteorológica superficial fue procesada por el paquete meteorológico AERMET.

Este ejercicio de modelación debe ser entendido como una labor de diagnóstico que agrupa emisiones de diversos años y que dispone de un muestreo de fuentes fijas. Bajo estas consideraciones, y para un resultado de meteorología anual que reproduce las condiciones tierra que se esperan de acuerdo con la configuración de la zona de interés, se considera válida la meteorología del año 2022-2023 para el ejercicio aquí desarrollado.

4.5 EMISIONES

Se realizaron monitoreos de la calidad de aire en el área, evaluándose las inmisiones a la calidad del aire dentro del perímetro de la empresa y en las áreas colindantes con el vecino más cercano. Dentro de estas mediciones se incluyó la evaluación de Material Particulado (PM-10), Dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y monóxido de carbono (CO), los cuales se consideran los principales agentes contaminantes (contaminantes primarios) que se desea evaluar para este proyecto y en general para la operación de incineración de este tipo. Los monitoreos que se llevaron a cabo por el laboratorio Ambiental fueron puntuales.

Para la elaboración de este modelo, se utilizaron los datos reales monitoreados en las chimeneas del horno incinerador y datos en campo de alturas facilitados por nuestro cliente sobre las fuentes emisoras en el sitio.

A continuación, se muestran los datos de emisión estimados de las fuentes, utilizados en el modelo de dispersión:

Tabla 4.5-1 Coordenada de Fuentes de emisión

Nº	Coordenada de Chimenea	
	UTM WGS84: Zona 17 P	
1	691924,00 m E	1007498,00 m N

Fuente: Laboratorio Químico Ambiental, S.A. (LAQUIA, S.A.). mediciones in situ, 2024.

Tabla 4.5-2 Emisión y parámetros operativos estimados de las fuentes fijas

Contaminante	Tasa de Emisión (g/s)	Elevación Base hasta el suelo (m) ⁴	Elevación de edificación hasta techo (m)	Altura de la chimenea desde el techo (m)	Altura total de chimeneas desde el suelo Release Height (m)	Temperatura del Gas (°C) ²	Diámetro de Chimenea (m)	Velocidad de Salida del Gas (m/s) ³
Emisión teórica de partículas Material Particulado (PM-10)	1,10 ⁴							
Emisión teórica de gases NO2	0,275 ⁵							
Emisión teórica de gases SO2	0,000147 ⁶							
Emisión teórica de gases CO	6,23 ⁷							

Fuente: Pacora Del Este Development, S.A. - Proyecto Máster Plan Pacora – Cementerio, data teórica de fabricante y Factores de Emisión de la EPA WebFire, 2024.

² Se utilizó la temperatura de cámara secundaria, ya que esta cámara es donde se realiza la post-combustión de los gases antes de ser liberados a la atmósfera. Considerando la máxima temperatura y las pérdidas de calor en el ducto que conecta a la cámara secundaria con la chimenea. Considerando que el horno no tiene un sistema de enfriamiento adicional.

³ Calculado a partir del siguiente análisis:

$$Q_{\text{total diario}} = 4 \times 50 = 200 \text{ m}^3/\text{día}, \quad Q_{\text{segundo}} = \frac{200 \text{ m}^3}{24 \times 3600 \text{ segundos}} = \frac{200}{86400} = 0.0023148 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \times \left(\frac{0.48}{2}\right)^2 = \pi \times 0.24^2 = 0.18095 \text{ m}^2 \quad v = \frac{Q}{A} = \frac{0.0023148 \text{ m}^3/\text{s}}{0.18095 \text{ m}^2} = 0.0128 \text{ m/s}$$

⁴ EPA WebFire: SSC 10 500110

⁵ EPA WebFire: SCC 10201001

⁶ EPA WebFire: SCC 10100601

⁷ EPA WebFire: SCC 10500110

4.6 CONTAMINANTES QUE MODELAR

En las modelaciones de Material Particulado, para efectos del presente análisis, se simularon emisiones de partículas en suspensión menores a $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}), las cuales para este tipo de análisis se considera como conservador.

4.7 IDENTIFICACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE RECEPTORES

En base a la localización de las fuentes involucradas, los establecimientos y áreas alrededor de la planta, se definió una malla de receptores de 180×180 puntos distribuidos equidistantemente en un área de $44,8 \text{ Km} \times 44,8 \text{ Km}$ con una distancia de 25 metros entre los receptores, en los cuales se evaluaron los efectos sobre la calidad del aire.

4.8 CORRIDA DEL MODELO

La totalidad de los modelos de simulación se corrieron bajo parámetros regulatorios de la EPA.

Para poder dar cuenta de los efectos de las edificaciones de la zona evaluada, sobre la dispersión de los contaminantes, se corrió el modelo empleando los algoritmos BPIP (Building Profile Input Program).

En base a los datos anteriores, se realizó la corrida de un modelo, para el cual se revisaron en detalle los archivos de entrada y salida y se realizaron los ajustes del caso.

Este escenario comprende la definición de todos los parámetros de control del modelo, así como también los parámetros de salida. Las isopletas se construyeron en función de la concentración media anual esperada.

5 ASPECTOS TEÓRICOS PRELIMINARES DEL MODELO

5.1 MODELO GAUSSIANO

Este modelo estima las concentraciones de contaminantes producidas por una fuente puntual continua. Es de anotar que, aunque sus resultados son aproximados (como todos

los modelos), éste ha brindado evidencias de ser aceptable⁸ a tal punto que es el modelo regulatorio de la EPA por excelencia.

El empleo del modelo Gaussiano consta básicamente de dos partes:

- Determinación de la altura a la cual deja de elevarse por fuerza ascensional para convertirse en una pluma con desplazamiento horizontal.
- Determinación de la distribución de la concentración de la pluma.

También se supone que la pluma es transportada a lo largo del eje por medio del viento, a una velocidad igual a la velocidad promedio del viento (μ).

El modelo según Salazar (1985) usa la siguiente expresión para calcular o estimar la concentración de contaminantes:

$$C(x, y, z, t) = (Q(2\pi)^{-3/2}/(G_x G_y G_z)) \text{Exp}\{-1/2\}$$

t: Tiempo de difusión (s)

Q: Concentración de la fuente emisora (g/s)

G_x, G_y, G_z: Coeficientes de dispersión (m)

C(x, y, z, t): Concentración instantánea después de un tiempo t, en los puntos x, y, z (g/m³)

El modelo de pluma Gaussiano se denomina así porque considera que la propagación de los contaminantes tiene una distribución Gaussiana (de "campana") en ambos planos, horizontal y vertical, con desviaciones estándar de la distribución de concentración de la pluma en estos planos de σ_y y σ_z respectivamente; usando datos estadísticos para calcular concentraciones anuales y/o estacionales o valores de sedimentación de partículas.

La explicación de este fenómeno es el resultado de tres descubrimientos fundamentales en el campo de la dispersión:

- La distribución de propagación vertical de las partículas emitidas desde un punto elevado está relacionada con la desviación estándar del ángulo de elevación del viento σ_E , en el punto de salida (Hay y Pasquill 1957).
- Construcción de un método para derivar la propagación de contaminantes a partir de registros de fluctuación del viento (Hay y Pasquill 1959).

⁸ El ajuste de bondad de un modelo AERMOD es de aproximadamente el 80%, dependiendo de la calidad de los datos de entrada.

- Construcción de un método para estimación de la difusión cuando no están disponibles datos detallados de viento, que trabaja expresando la altura y propagación angular del desprendimiento de la pluma en términos de parámetros climáticos observados comúnmente (Pasquill, 1961).

Los modelos de dispersión actuales son, fundamentalmente, el resultado de la combinación de los descubrimientos anteriormente mencionados.

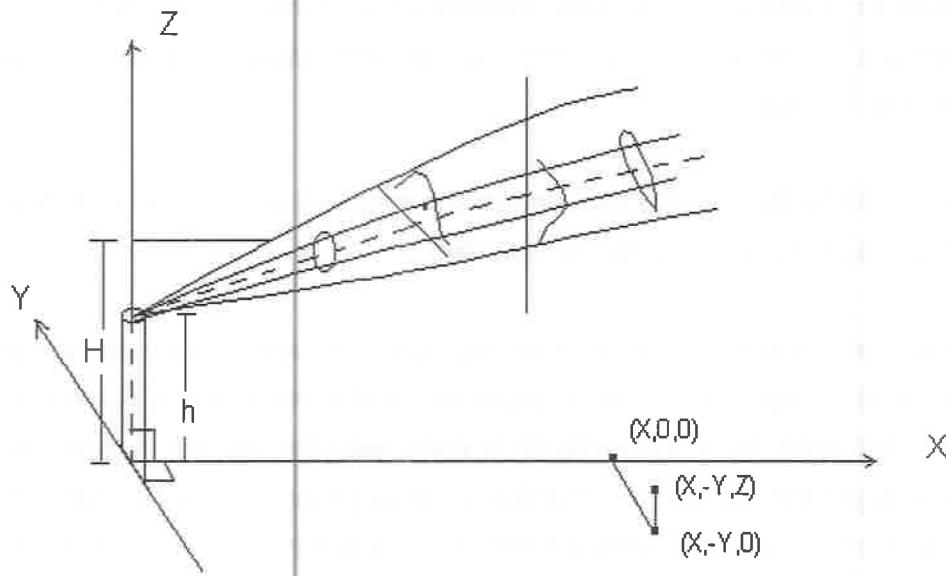
Para el cálculo de la concentración, se considera que la velocidad media del viento que afecta la pluma es u , la tasa de emisión uniforme de contaminantes es Q , y la reflexión total de la pluma tiene lugar en la superficie de la tierra, es decir, no hay sedimentación o reacción en la superficie. Luego, la concentración, x , de gases o aerosoles (partículas de diámetro $< 20\mu$) en x , y , z ocasionada por una fuente continua con una altura efectiva de emisión H está dada por:

$$x(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_r\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_r}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

(Turner, 1969).

El sistema de coordenadas con el origen a nivel del piso en o debajo del punto de emisión; con el eje X extendiéndose horizontalmente en la dirección media del viento. El eje Y está en el plano horizontal perpendicular al eje X, y el eje Z perpendicular al plano XY (Turner, 1969), tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 5-1 Sistema de coordenadas del modelo Gaussiano



El modelo opera con datos meteorológicos porque factores como la velocidad media del viento u ; temperatura del aire, T_a ; el aumento de la velocidad del viento con la altura, du/dz y la estabilidad atmosférica influyen en la elevación de la pluma (columna de gases).

5.2 EL MODELO SELECCIONADO

Existen múltiples tipos de modelos de dispersión. Para un trabajo como el aquí propuesto se requiere un modelo complejo que permita aportar datos relevantes sobre los efectos actuales y futuros de la operación de la planta. Básicamente los modelos se diferencian en los siguientes aspectos:

- La información meteorológica de entrada al modelo puede ser simple (datos de velocidad, dirección y estabilidad únicos) o compleja (datos de velocidad, dirección, estabilidad, temperatura, y otras variables hora a hora).
- Los tipos de promedios de ponderación que admite el modelo (corto a largo plazo).
- El número de fuentes y receptores que admite el modelo.
- El tipo de fuentes involucradas en el modelo (puntuales, de área, de volumen, abiertos, pits abiertos, de línea, flares, etc.).
- Las características topográficas del área a modelar.
- Las posibilidades de analizar velocidades de creación y destrucción de contaminantes.
- Las posibilidades de diferenciar diversos tipos de receptores.

- La utilización de diversos algoritmos para la simulación de escenarios complejos como es el caso de los efectos de fumigación o el análisis multianual para el caso de estándares internacionales de calidad de aire.

The American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model Improvement Committee (AERMIC) [EPA-454, 2004] fue formado para actualizar los modelos de dispersión de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), de acuerdo con el nivel de estado del arte en el tema. A través del AERMIC se incorporó el sistema de modelos AERMOD, que anexa la dispersión de contaminantes en el aire basada en la estructura de turbulencia de la capa límite planetaria y en conceptos de escala, incluyendo tratamientos de superficies y elevación de las fuentes y teniendo en cuenta tanto terrenos complejos como simples.

Existen dos preprocesadores de datos de entrada que son componentes regulatorios del AERMOD: AERMET, preprocesador de datos meteorológicos y el AERMAP preprocesador de los datos del terreno. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, EPA), el 21 de octubre del 2005 estableció el AERMOD como el modelo de uso recomendado para la dispersión de contaminantes a escala local, en sustitución del ISCST3, hasta ese momento usado. Ha sido demostrado y documentado, tanto por evidencias científicas como por estudios de validación, que el AERMOD representa un sólido y significativo avance respecto al ISCST3.

La formulación del AERMOD ha sido sometida a una revisión profunda e independiente, lo que permite concluir que las bases científicas del AERMOD están al nivel del estado del arte de la ciencia [U.S. Environmental, 2002; Cimorelli, et. al., 2005; Perry, et. al., 2005, y Paine, et. al., 1998]. Por otra parte, están disponibles en www.epa.gov/scram001 diecisiete bases de datos de resultados de mediciones en diferentes ambientes (terreno llano o complejo, áreas rurales y urbanas, con obstáculos importantes en el terreno o sin ellos), que fueron usadas para evaluar los resultados del modelo y que pueden ser descargadas libremente para tareas propias de validación.

De forma resumida, AERMOD representa una técnica de dispersión que incorpora las técnicas más avanzadas de parametrización de la capa límite planetaria, dispersión convectiva, formulación de la elevación de la pluma e interacciones complejas del terreno

con la pluma. En comparación con el ISCST3, AERMOD contiene nuevos o mejorados algoritmos para:

- Dispersión tanto en la capa límite estable como en la convectiva.
- Flotabilidad y elevación de la pluma.
- Penetración de la pluma dentro de la inversión elevada.
- Tratamiento de fuentes elevadas y bajas.
- Perfiles verticales de viento, temperatura y turbulencia.
- Tratamiento de receptores en todo tipo de terrenos.

Algunas de las características y de las capacidades primarias de AERMOD son:

- Tipos de la fuente: Múltiple fuentes del punto, del área y del volumen.
- Lanzamientos de la fuente: Superficie, cerca de la superficie y de fuentes elevadas.
- Localizaciones de la fuente: Localizaciones urbanas o rurales. Los efectos urbanos son escalados por la población.
- Tipos del Pluma: Continuo, plumas boyantes.
- Deposición de la Pluma: Deposición seca o mojada de partículas y/o gases.
- Dispersión del Pluma tratamiento: Modelo Gaussiano tratamiento en horizontal y en la vertical para las atmósferas estables. Tratamiento Non-Gaussiano en la vertical para las atmósferas inestables.
- Tipos del terreno: Terreno simple o complejo.
- Efectos del edificio: Dirigido por algoritmos del downwash.
- Niveles de la altura de los datos de la meteorología: Acepta datos de la meteorología de alturas múltiples.
- Perfiles meteorológicos de los datos: Los perfiles verticales del viento, de la turbulencia y de la temperatura se crean.

Con el objeto de explicar en detalle el fenómeno de contaminación atmosférica se utilizó un modelo de corto plazo, de última generación y aprobado por la EPA, denominado AERMOD, de la casa de software Lakes-Environmental, debidamente actualizado y para el cual contamos con la licencia de uso respectiva. Este modelo tiene, entre otras las siguientes ventajas:

- Por ser de corto plazo que permite evaluar los aportes de contaminantes de la planta hora a hora identificando en detalle la responsabilidad que le compete al Proyecto Máster Plan Pacora – Cementerio de acuerdo con sus condiciones de operación.
- Admite datos hora a hora de cada una de las variables meteorológicas necesarias para aplicar la modelación.
- Admite múltiples fuentes y de diversos tipos.
- Permite evaluar efectos complejos como es el caso de la deposición seca y la fumigación, por medio de la aplicación de algoritmos como el Building Profile Input Program (BPIP) desarrollado y aprobado por la EPA.
- Admite múltiples receptores y la identificación de algunos receptores especiales.
- Permite evaluar el aporte individual de cada una de las fuentes analizadas.
- Posee una potente interfaz gráfica y cartográfica para construir reportes de isopletas y simular escenarios fácilmente.

5.3 BONDAD DE AJUSTE DE UN MODELO DE ESTE TIPO

Como puede apreciarse de la descripción anterior el trabajo se realiza a partir de un modelo probabilístico que involucra un sinnúmero de factores de los cuales se hacen inferencias, pero en ningún momento se puede hablar de modelos determinísticos de precisión. Es por ello que al procesar los resultados y calibrar un modelo de este estilo, las bondades de ajuste del mismo sobre las condiciones reales oscilan alrededor del 80%.

5.4 ASPECTOS DE LA CORRIDA DEL MODELO RELACIONADOS CON LA TOPOGRAFÍA Y LA ROSA DE VIENTOS

Antes de la precisión de cualquier aspecto meteorológico es necesario tener en cuenta el concepto de escala de análisis para el ejercicio de simulación. La escala de análisis empleada es la que permite determinar el nivel de detalle con el que se atenderá el modelo. Para este modelo se empleó un análisis de escala media mespescala que abarca un radio de hasta 50 Km² que a su vez corresponde a la resolución máxima permitida por un modelo AERMOD.

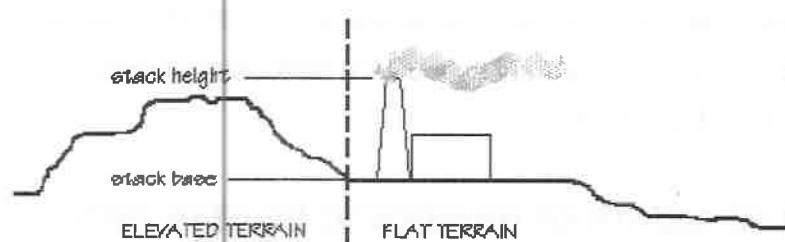
5.4.1 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA TOPOGRAFÍA

En relación con la topografía del modelo de dispersión, existen básicamente dos posibilidades para su corrida:

- Terreno plano (flat): Supone que el área a modelar es plana y tiene la misma altura que la de la base de la fuente empleada. Para el caso de fuentes puntuales considera que la base de la chimenea es el nivel 0 de referencia.
- Terreno elevado: En esta modalidad de terreno se admiten elevaciones de cualquier tipo teniendo presente que el nivel 0 es el de la base de la chimenea de menor cota que se emplea en la simulación.

Un esquema que representa lo anterior es el siguiente:

Figura 5-2 Esquema de procesamiento topográfico del modelo



Para ambos tipos de terreno los modelos de dispersión emplean algoritmos diferentes. Para el caso de los terrenos complejos como el que debe estudiarse para la operación del Proyecto Máster Plan Pacora – Cementerio, se parte del principio que debe trabajarse con un modelo de terreno elevado. Para ello se emplean los denominados algoritmos de topografía compleja (terrain complex algorithm). Para este caso el modelo selecciona como concentración del receptor la más alta encontrada con uso de los algoritmos tanto para el caso de terreno plano como de terreno elevado.

En el modelo empleado se definieron elevaciones de terreno tanto para los receptores como para las fuentes simuladas; de esta manera se reproducen las condiciones topográficas de la zona simulada. La omisión de la topografía en un modelo de dispersión está implicando que el escenario de simulación es optimista pues se obvian dos fenómenos fundamentales: la presencia de barreras topográficas y la eliminación de algoritmos de terreno complejo que seleccionan la concentración más alta por receptor.

Es frecuente pensar que las barreras topográficas se convierten en una limitante a la dispersión de contaminantes. Esta afirmación debe ser validada en función de los siguientes aspectos:

- Los obstáculos topográficos deben convertirse en una verdadera barrera a la circulación de vientos, pequeñas ondulaciones de terreno no son consideradas un obstáculo relevante.
- Los obstáculos obviamente deben estar localizados vientos abajo.
- Los efectos de la presencia de bosques o vegetación alta. Sin bien en la práctica actúan como barreras, no pueden ser evaluados a través de opciones de dispersión. Para ello deben correrse modelos de deposición seca y húmeda, los cuales requieren información meteorológica y granulométrica con mayor nivel de detalle. Los fenómenos de depositación seca permiten evaluar en detalle procesos de sedimentación de partículas en función de su tiempo y condiciones específicas de viaje a través de la atmósfera, así como la impactación de partículas en superficies. La depositación húmeda permite evaluar los efectos de disminución de concentración producto de la lluvia.

5.4.2 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ROSA DE VIENTOS

La rosa de vientos empleada corresponde a una medición realizada a 10 m de altura sobre el nivel del suelo. Esta altura es la regulatoria establecida por el EPA y reúne intrínsecamente los siguientes supuestos:

- A dicha altura se han evitado los efectos locales de rugosidad del terreno (σ_0).
- Esta medición es representativa del comportamiento atmosférico en la totalidad de la altura de mezclado.

Para efectos de simulación, se asume además que el comportamiento de los vientos es uniforme a lo largo de zona a modelar, es decir, que el comportamiento de vientos es el mismo de acuerdo con el área abarcada según la escala de análisis empleada.

En el caso de que existiesen fenómenos topográficos importantes que afectarán radicalmente el comportamiento de vientos, es necesario segmentar la zona de análisis y correr modelos diferentes dependiendo de la preponderancia de vientos en cada sector. La interacción entre ambos modelos puede construirse a partir de la adición de concentraciones por medio de otras herramientas geoestadísticas.

Así las cosas, si por ejemplo el viento predominante procede del norte y existen obstáculos importantes en el sur de la zona analizada que afectarán la meteorología de la zona sur, si

no se segmentase el área sur, el modelo supone que aún en la cara sur de la zona topográficamente compleja, los vientos tienen el mismo comportamiento que los de la cara norte.

5.5 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA METEOROLOGÍA DE MODELOS DE LARGO PLAZO (LT) Y CORTO PLAZO (ST)

Una de las principales limitaciones para la corrida de modelos de dispersión en países que no poseen información meteorológica superficial amplia y suficiente que garantice la cobertura de las zonas a modelar, es la precisión de los datos meteorológicos. La diferencia fundamental entre los modelos LT y ST al momento de ingresar datos de meteorología es que para el primero se construye una matriz de distribución conjunta de probabilidad (JFD) con los datos disponibles, mientras que para la segunda se requieren datos horarios. Es ideal que por lo menos se cuente con datos de esa categoría para un año completo.

6 METEOROLOGÍA

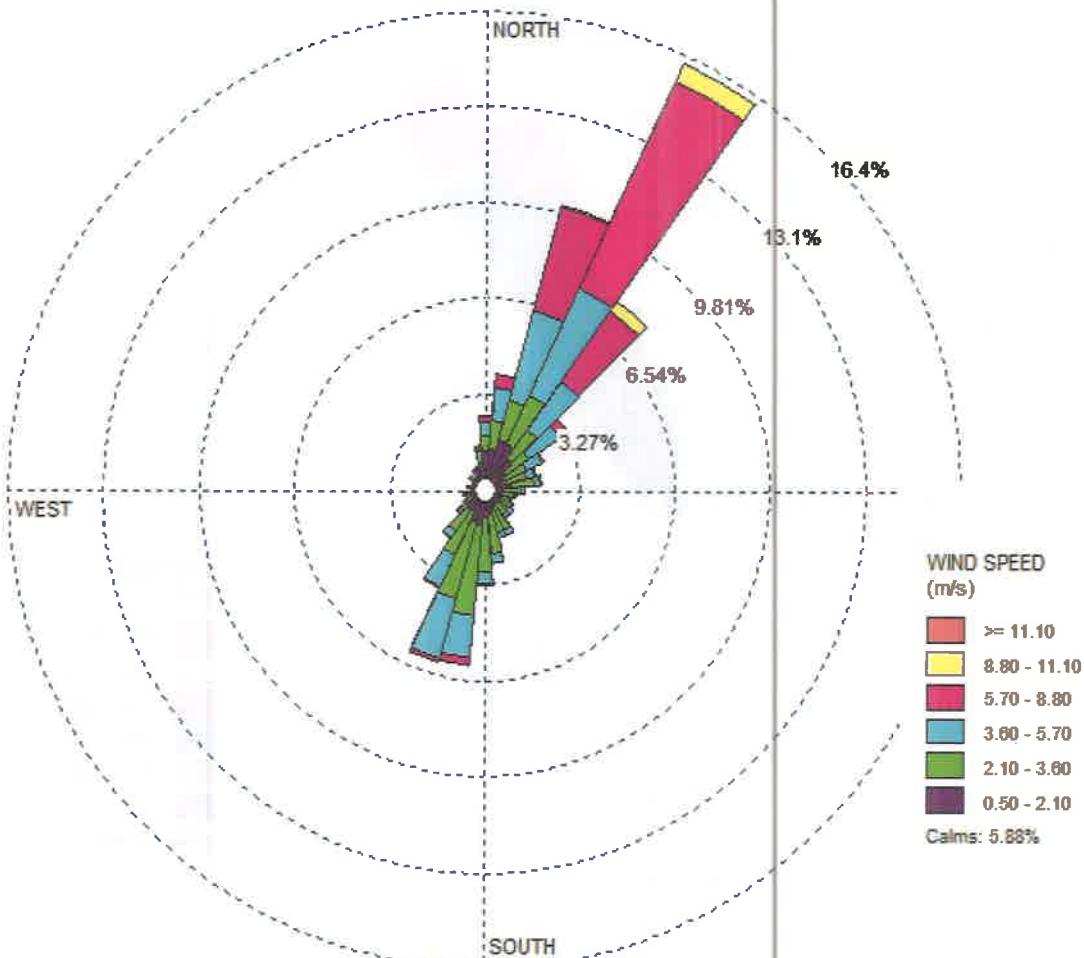
Para el presente ejercicio, se utilizó información meteorológica de 1 año generada por la empresa Meteosim. Esta información comprende variables superficiales horarias del año 2022 a 2023.

Dicha información ha sido procesada por ITS Holdings Services, S.A. Para el presente ejercicio se han realizado las siguientes actividades:

- Compilación, procesamiento y análisis meteorológico para la serie de datos disponible.
- Corrida del modelo AERMET, empleando el generado de información a partir de datos superficiales, para la preparación de los archivos SFC y PFL para realizar el modelo.
- Construcción de rosas de viento.

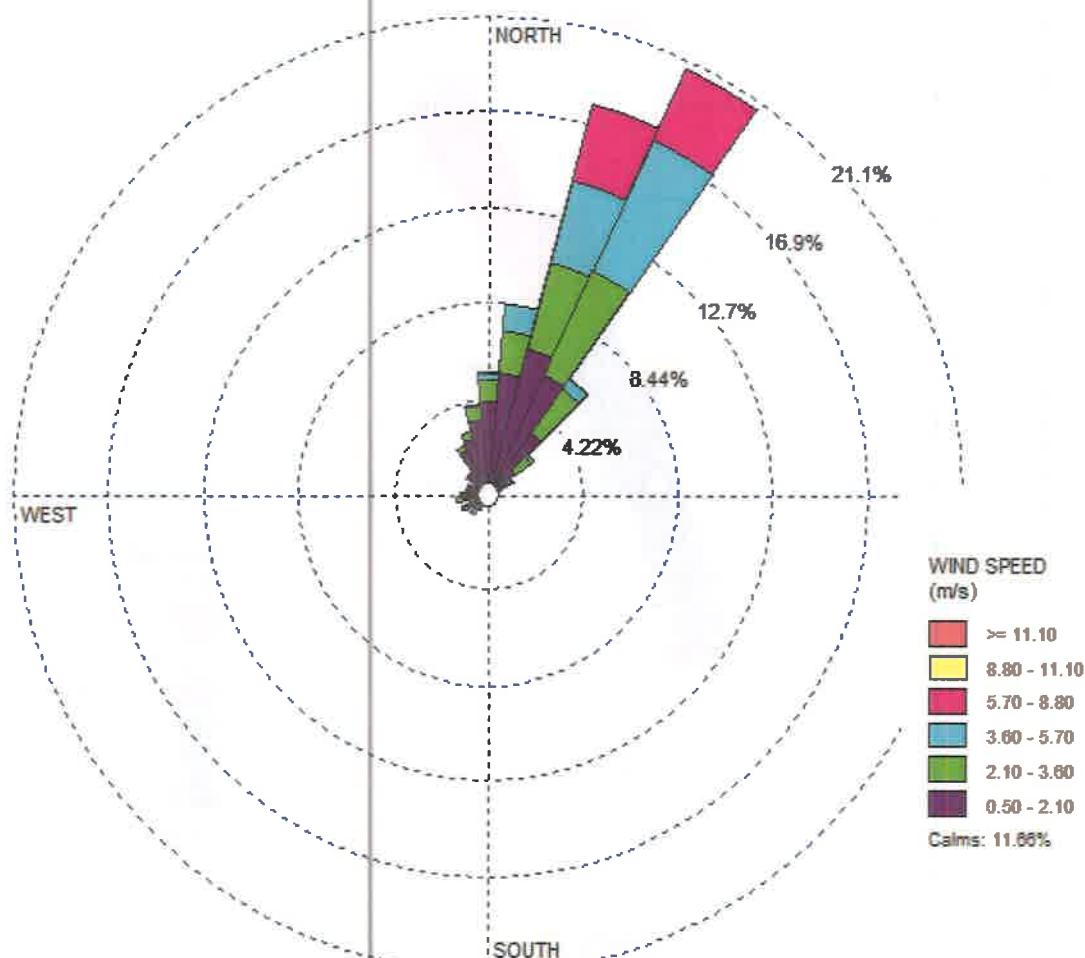
A continuación, se presentan las rosas de vientos diurna, nocturna y total:

Figura 6-1 Rosa de vientos diurna desde donde sopla el viento (m/s) promedio anual de
2022 - 2023



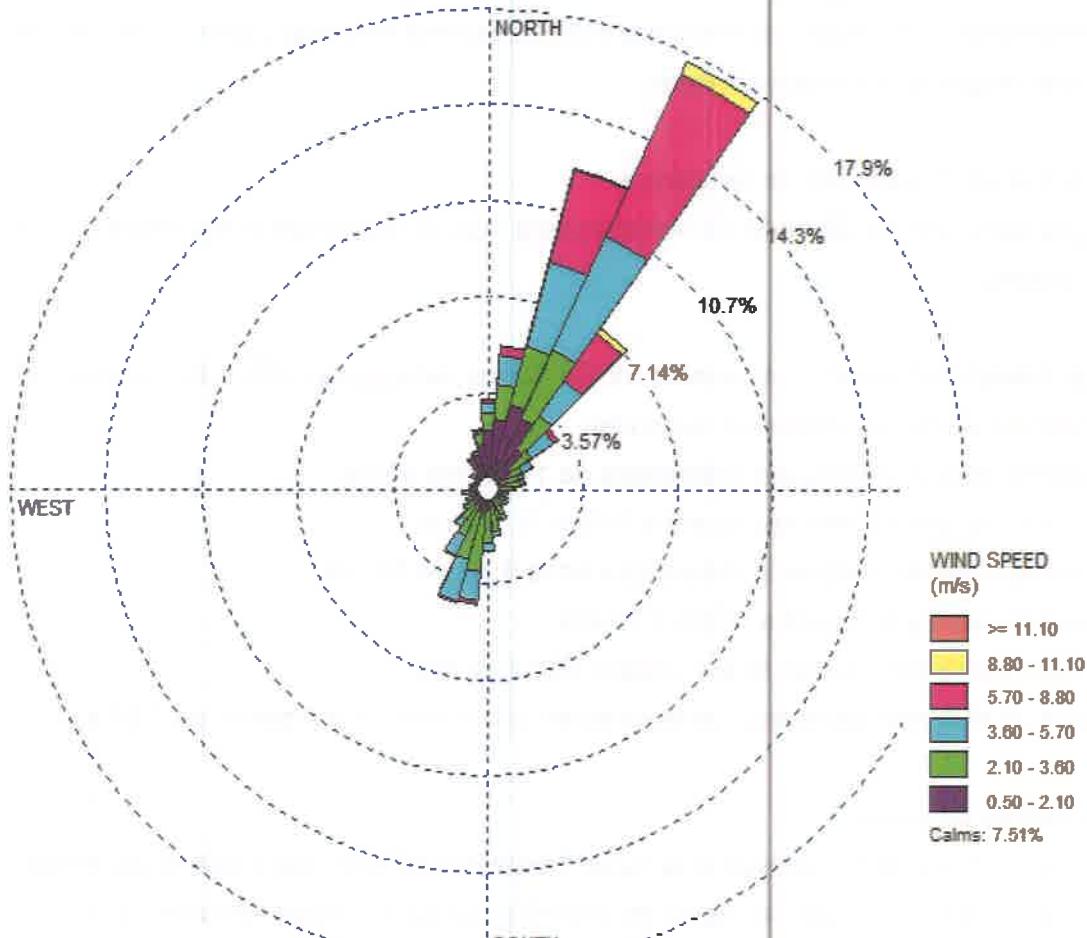
Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024

Figura 6-2 Rosa de vientos nocturno desde donde sopla el viento (m/s) promedio anual de 2022 - 2023



Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024

Figura 6-3 Rosa de vientos diaria (24 hrs) desde donde sopla el viento (m/s) promedio anual de 2022 - 2023



Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024

Tal y como se muestra en las figuras anteriores, los vientos predominantes en la zona soplan desde el NNE (Nor Noreste), con vientos soplando desde el NE (Noreste) con frecuencias significativas, con algunos componentes ligeramente predominantes desde el SO (Suroeste). Esta configuración de la rosa de vientos representa brisas en tierra como componentes principales.

En estos diagramas de rosa de los vientos se muestra la distribución de las direcciones y velocidades del viento durante un período de tiempo. La longitud de cada barra representa la frecuencia (en porcentaje) del viento que sopla desde esa dirección, y los colores indican diferentes rangos de velocidad del viento.

Aspectos clave de esta rosa de los vientos:

1. Origen del viento: La dirección del viento en esta rosa de los vientos indica desde dónde sopla el viento.

2. Velocidades del viento: Los colores de las barras representan diferentes rangos de velocidad del viento (en metros por segundo):

- Rosa representa vientos con velocidades de 11.10 m/s o más.
- Amarillo representa velocidades entre 8.80 y 11.10 m/s.
- Cian (azul-verde) representa velocidades entre 5.70 y 8.80 m/s.
- Verde muestra vientos entre 3.60 y 5.70 m/s.
- Morado indica vientos más lentos, entre 0.50 y 2.10 m/s.
- Negro en el centro representa condiciones de calma (vientos por debajo de 0.50 m/s).

3. Frecuencia del viento:

- El círculo más externo representa la mayor frecuencia (17.9%), que indica el porcentaje de tiempo en que los vientos provienen del norte-noreste con diversas velocidades.

- El siguiente círculo hacia adentro representa el 14.3%, mostrando vientos menos frecuentes o a velocidades más bajas.

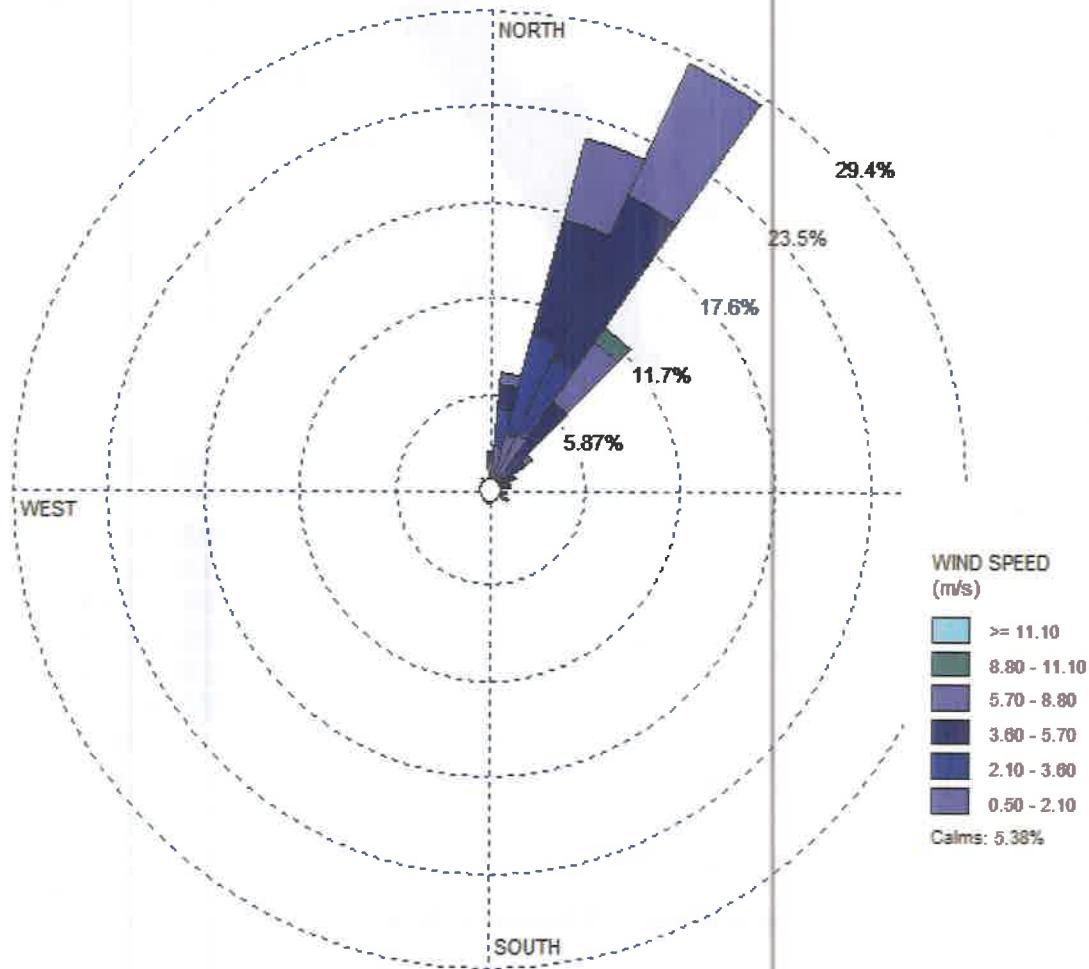
De acuerdo con esta rosa de los vientos:

- Los vientos NNE (norte-noreste) son los más frecuentes, alcanzando hasta 17.9% del tiempo, particularmente a velocidades más altas.
- Los vientos NE (noreste) también son frecuentes, hasta 14.3% del tiempo.
- Las velocidades del viento están distribuidas en varios rangos, con vientos significativos en el rango de cian (5.70–8.80 m/s) y rosa (más de 11.10 m/s).

En resumen, los vientos más fuertes y frecuentes provienen del NNE (norte-noreste) y NE (noreste), con velocidades que a menudo superan los 5.7 m/s.

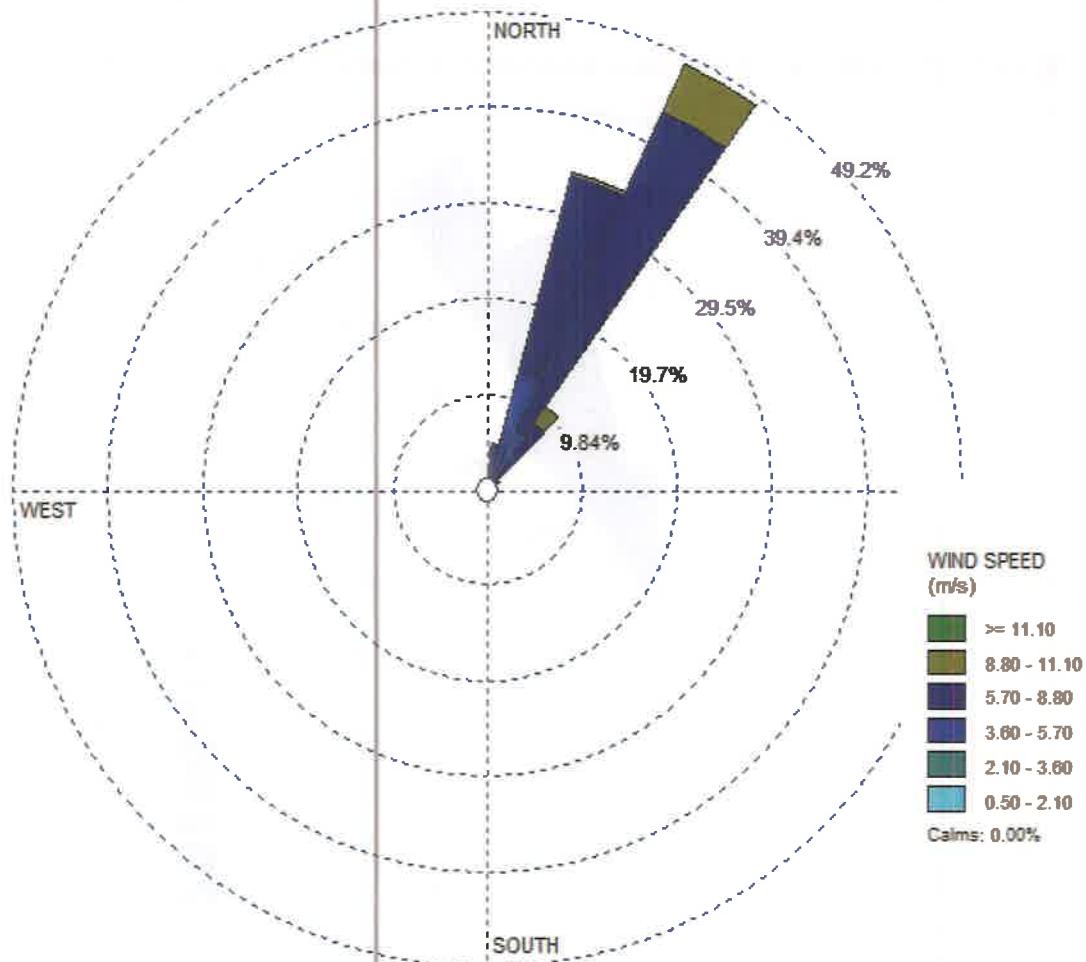
A continuación, se presentan las rosas de vientos con valores mensuales y anuales:

Figura 6-4 Rosa de vientos promedio anual del mes de enero de 2022 a 2023.



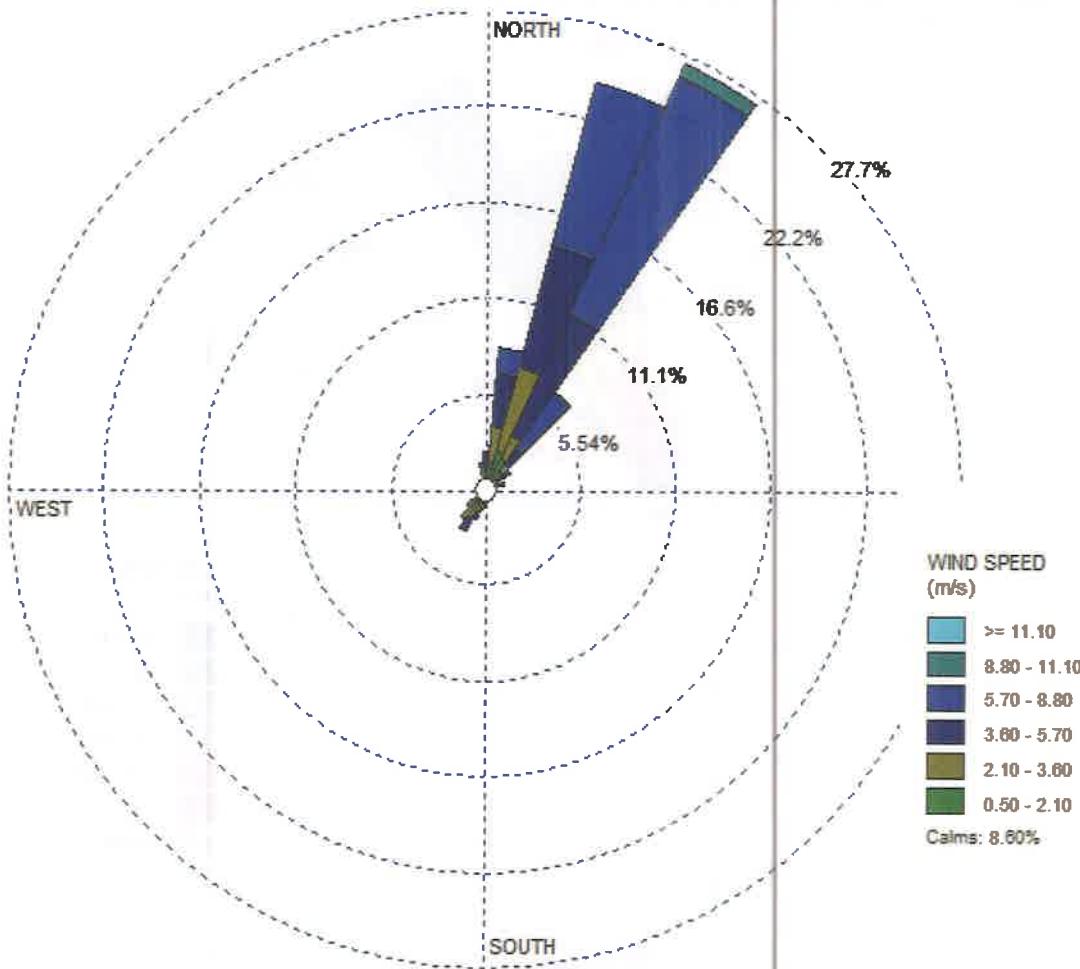
Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024.

Figura 6-5 Rosa de vientos promedio anual del mes de febrero de 2022 a 2023.



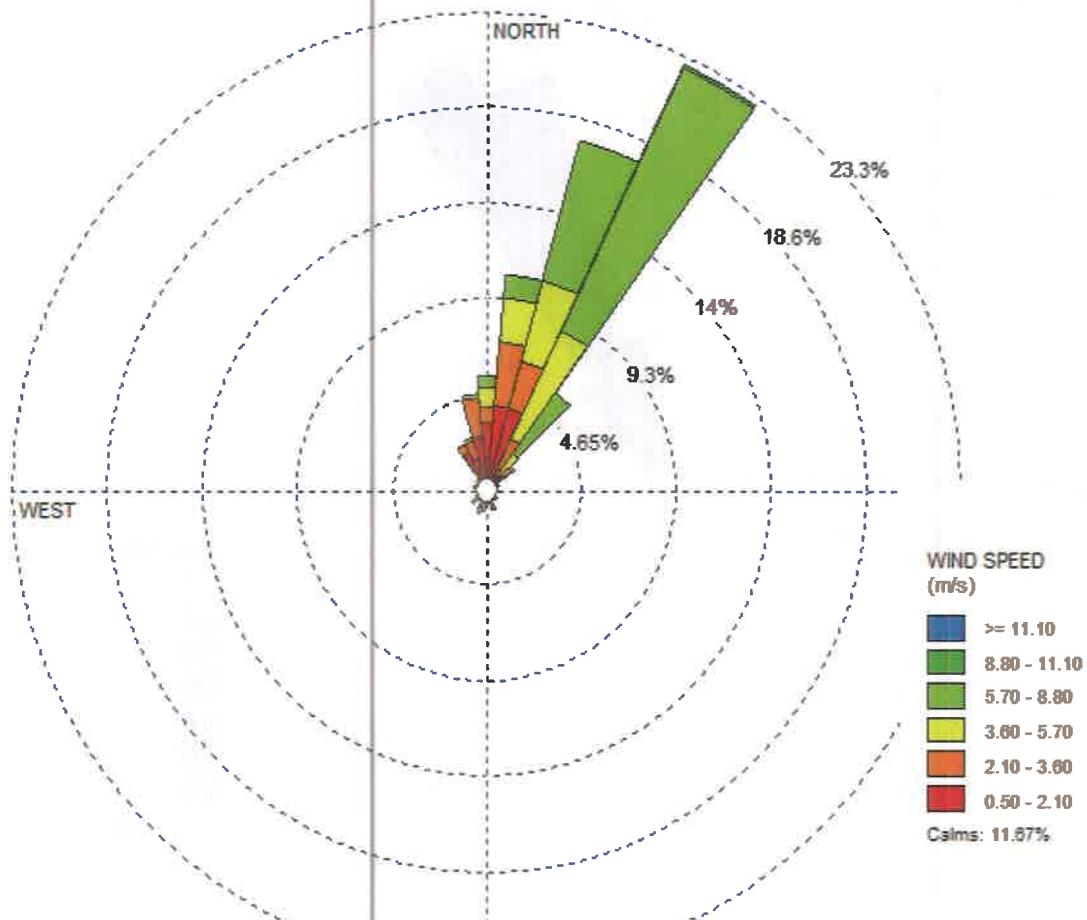
Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024

Figura 6-6 Rosa de vientos promedio anual del mes de marzo de 2022 a 2023.



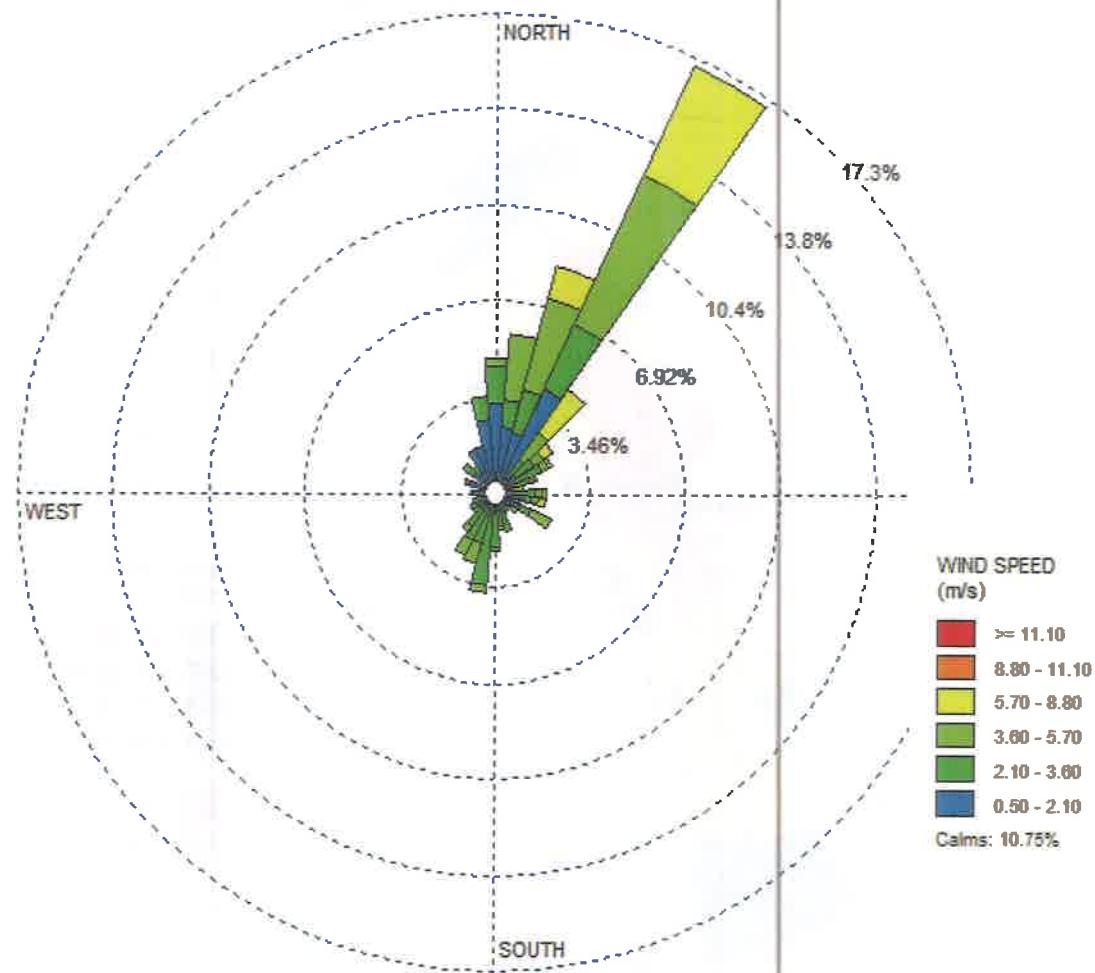
Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024.

Figura 6-7 Rosa de vientos promedio anual del mes de abril de 2022 a 2023.



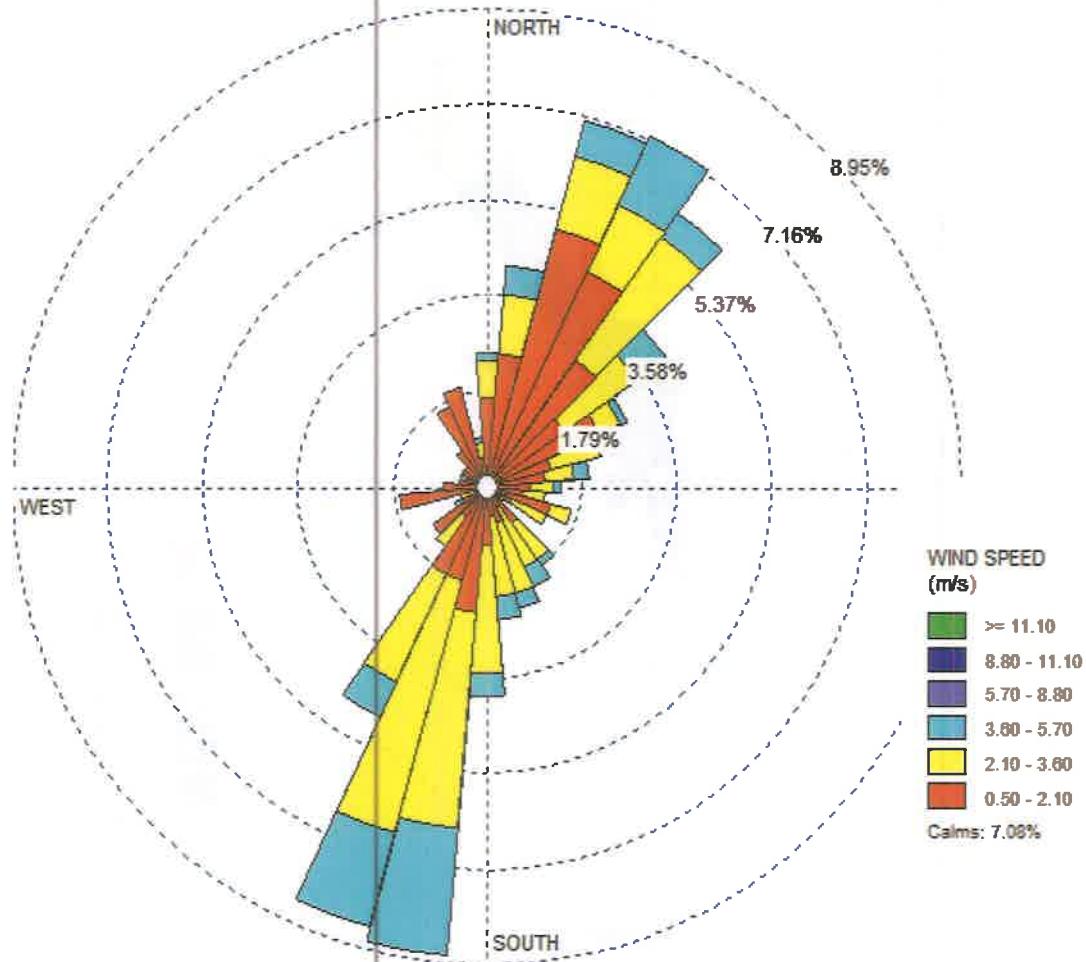
Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024.

Figura 6-8 Rosa de vientos promedio anual del mes de mayo de 2022 a 2023.



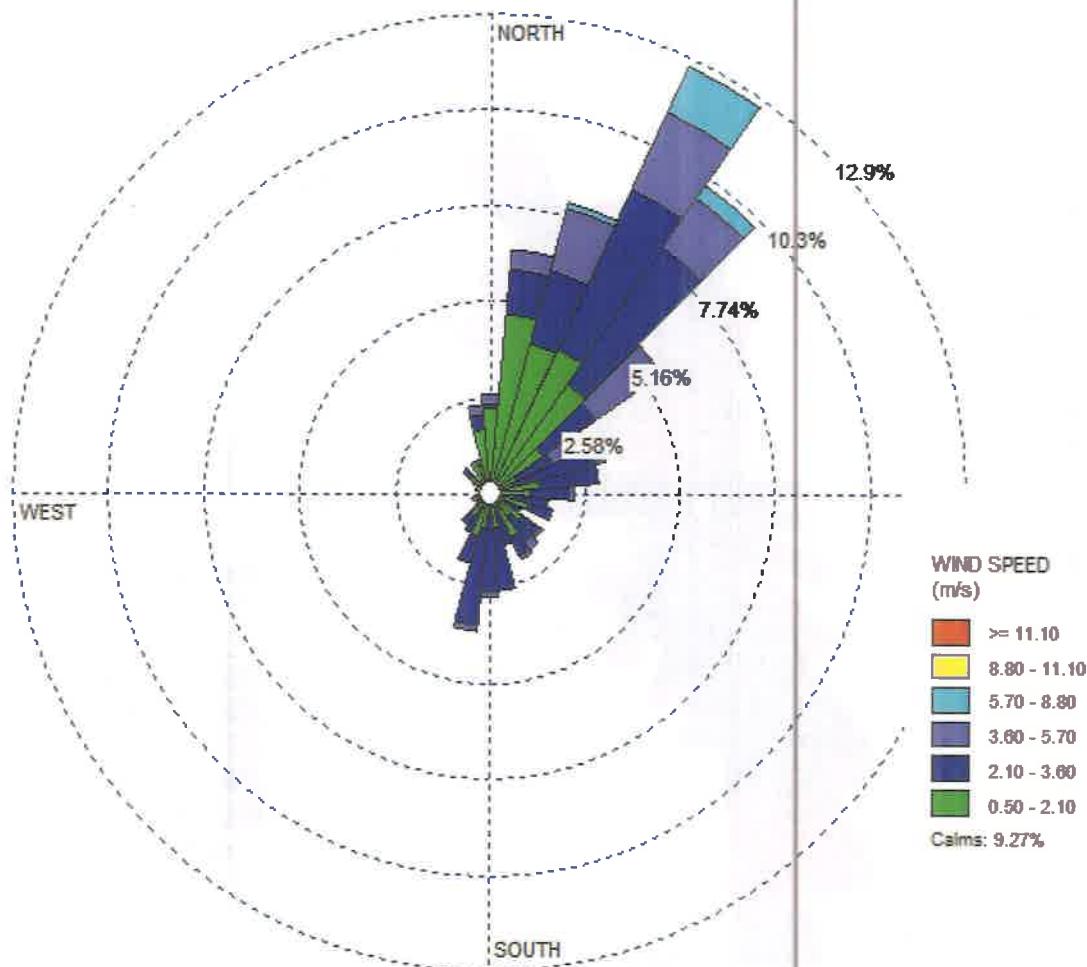
Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024.

Figura 6-9 Rosa de vientos promedio anual del mes de junio de 2022 a 2024.



Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024.

Figura 6-10 Rosa de vientos promedio anual del mes de julio de 2022 a 2023.



Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024.

Figura 6-11 Rosa de vientos promedio anual del mes de agosto de 2022 a 2023.

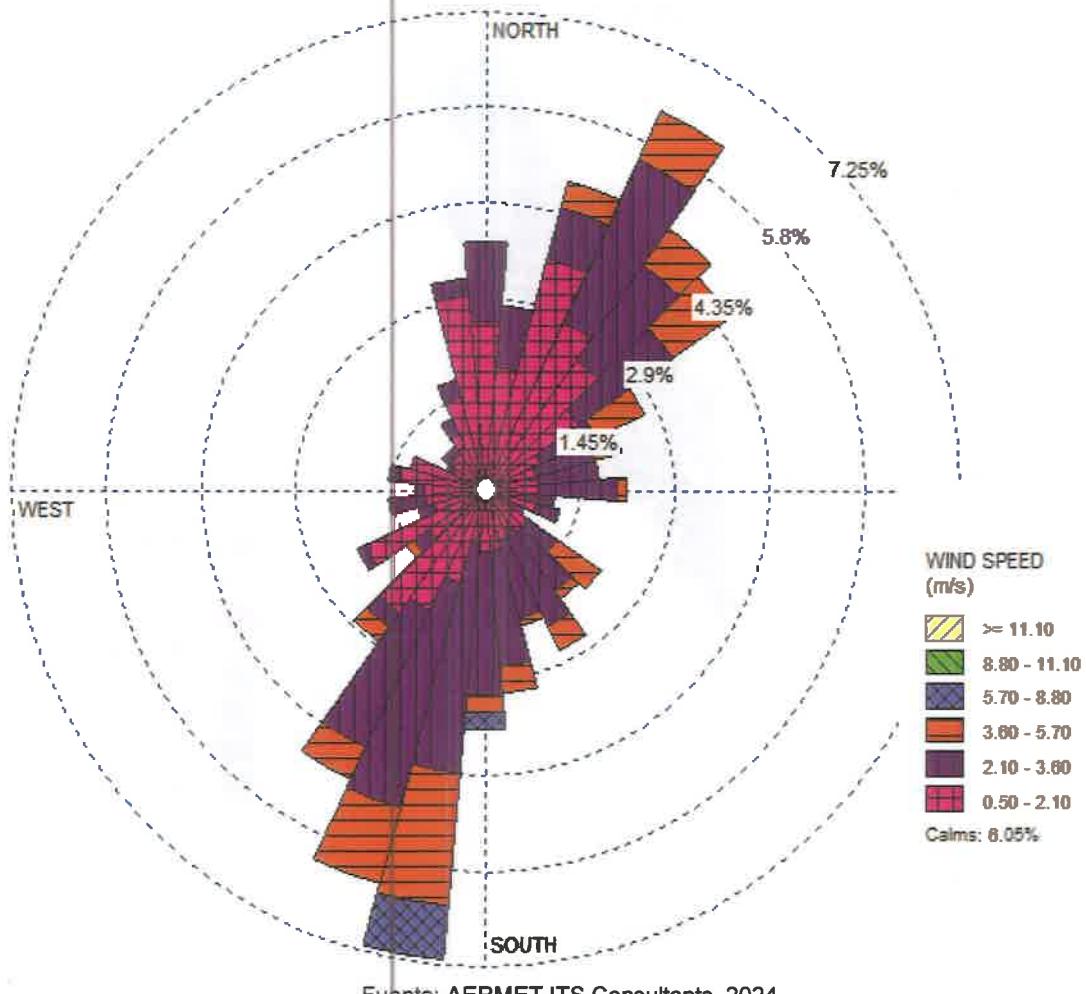
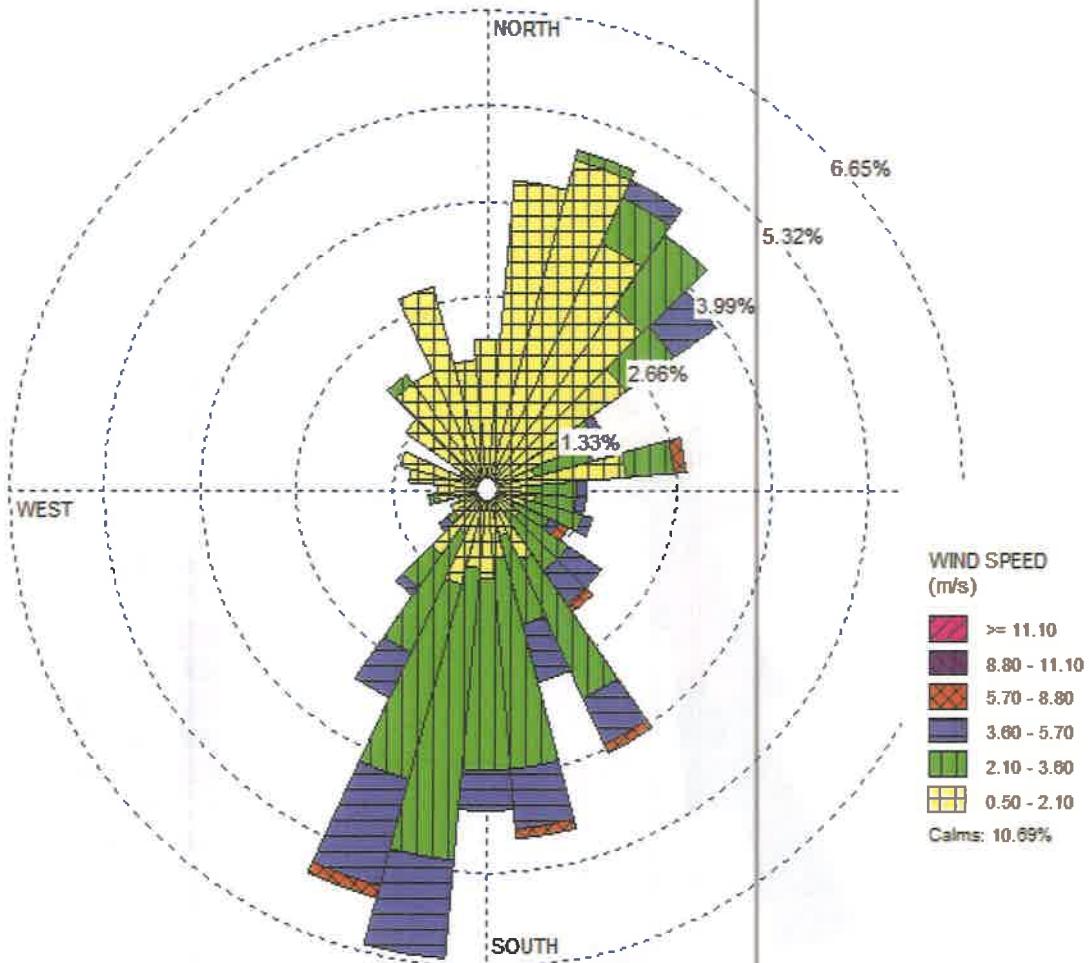
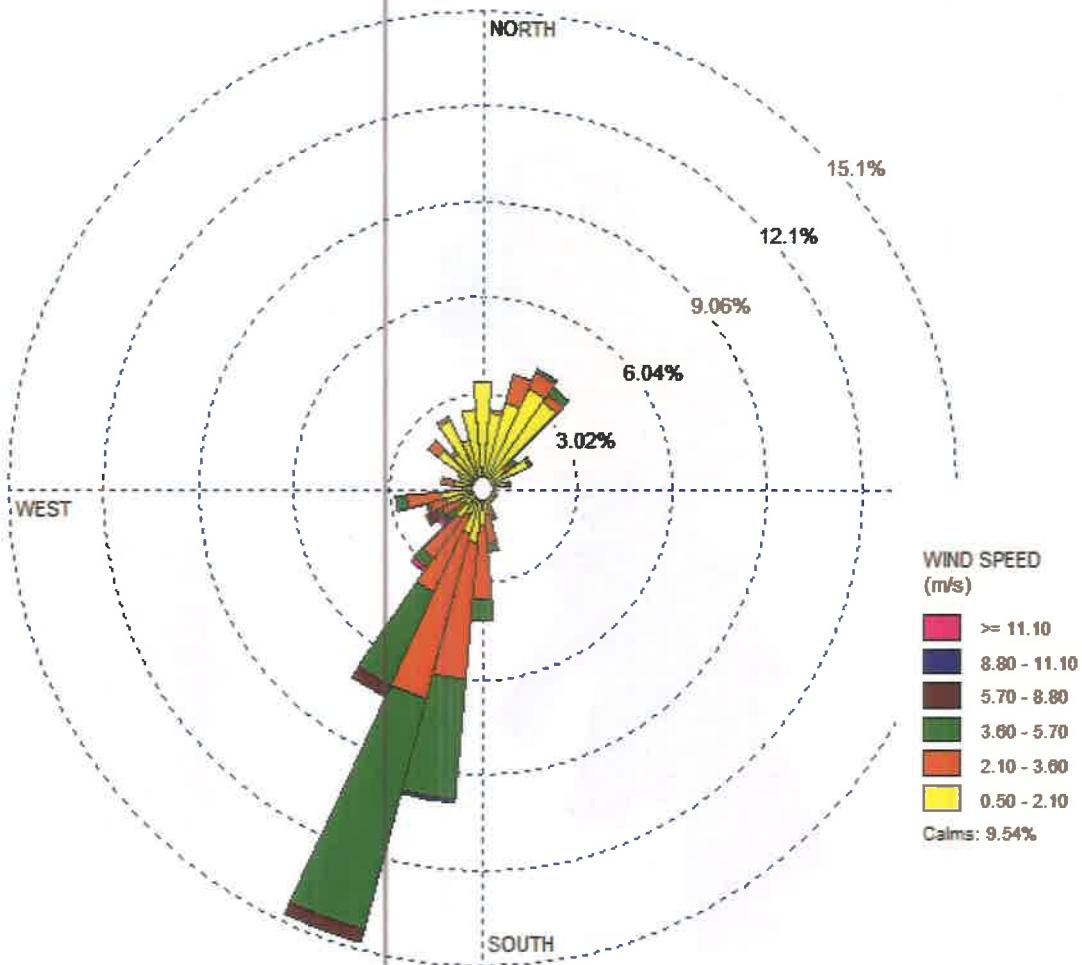


Figura 6-12 Rosa de vientos promedio anual del mes de septiembre de 2022 a 2023.



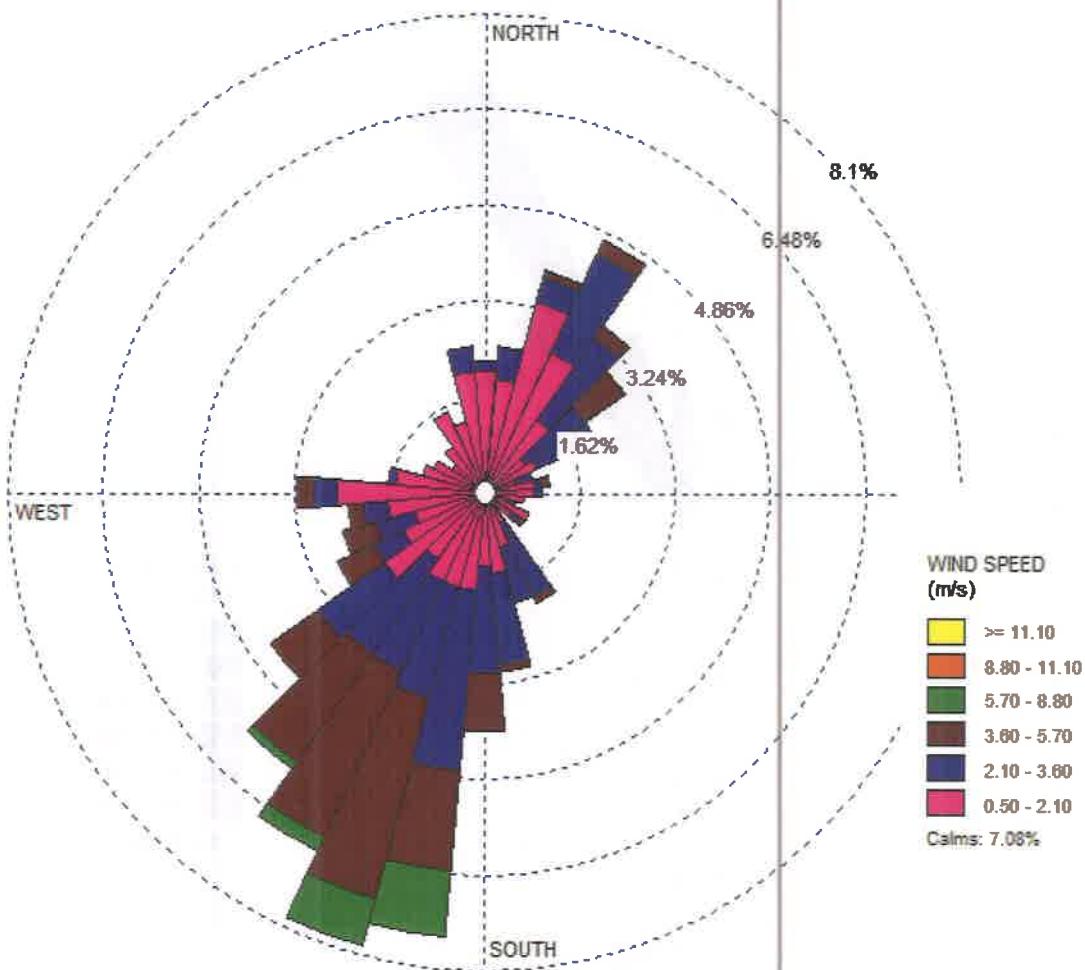
Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024.

Figura 6-13 Rosa de vientos promedio anual del mes de octubre de 2022 a 2023.



Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024.

Figura 6-14 Rosa de vientos promedio anual del mes de noviembre de 2022 a 2023.



Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024.

Figura 6-15 Rosa de vientos promedio anual del mes de diciembre de 2022 a 2023.

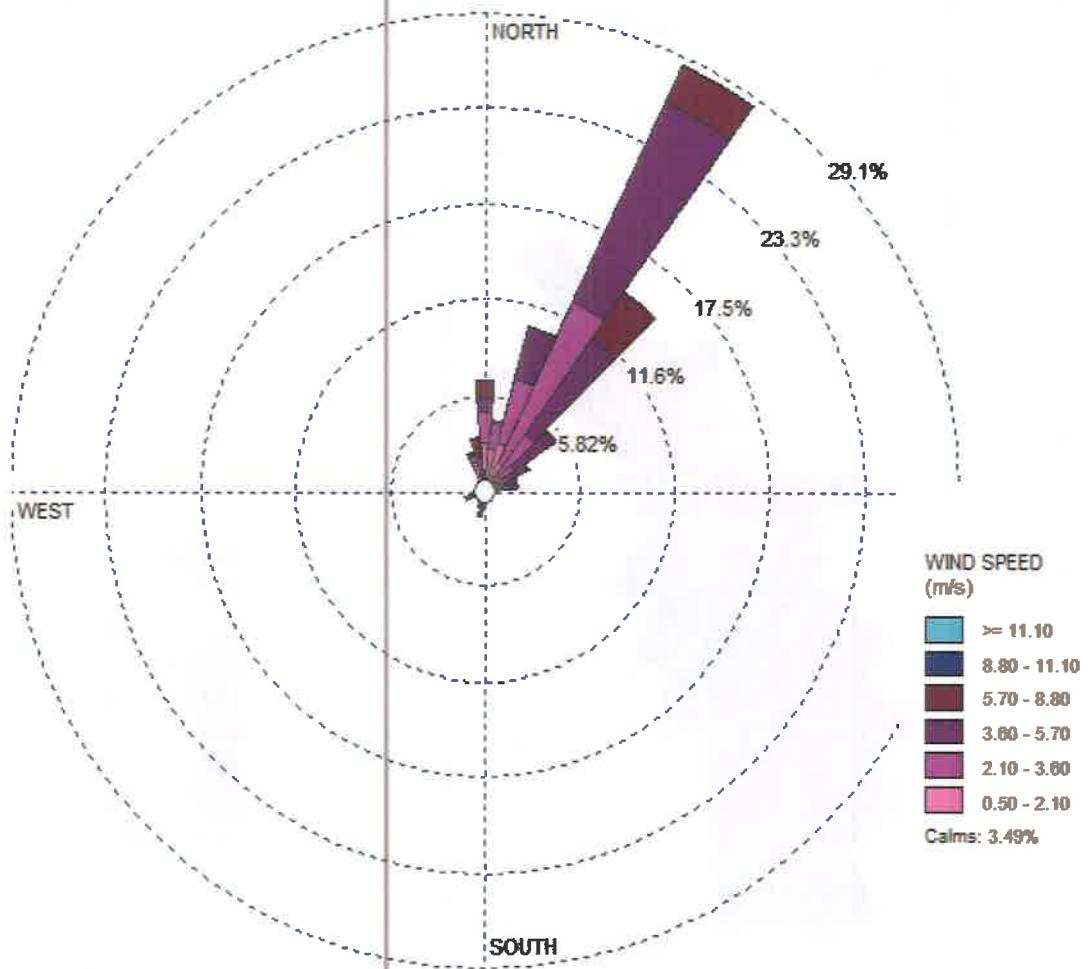
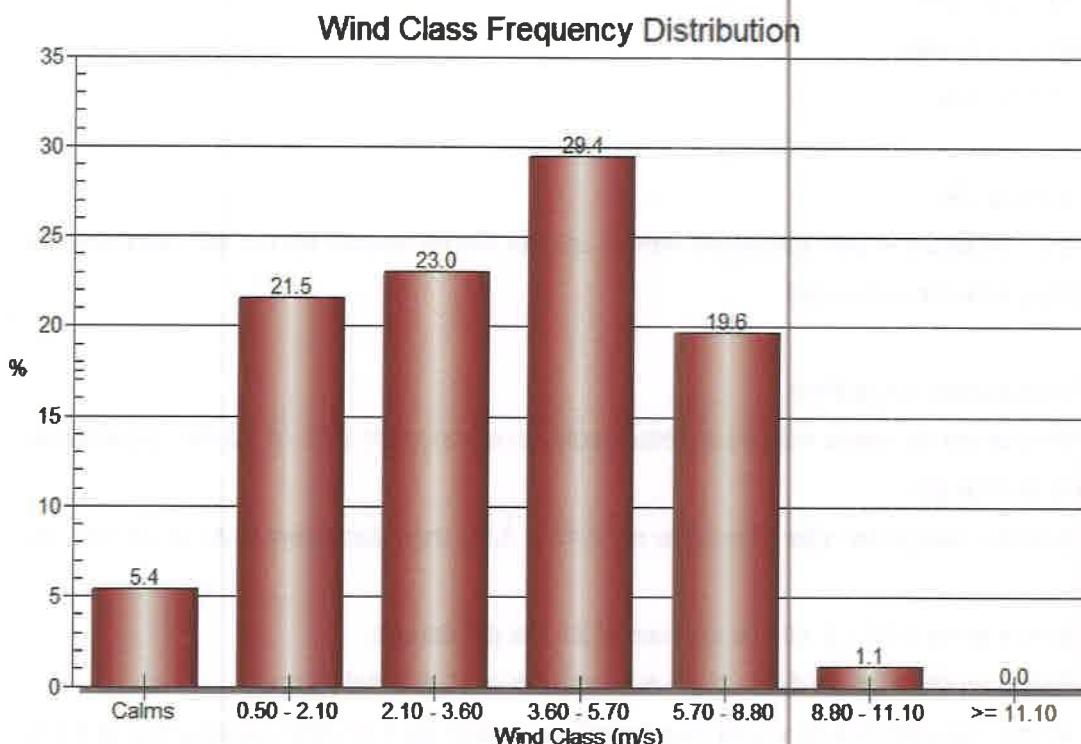


Figura 6-16 Resumen de Reporte Data Meteorológica y % de vientos en calma

Total No. of Hours:	744
Average Wind Speed:	3.68 m/s
Calm Records:	40
Calm Winds Frequency:	5.38%
Data Availability:	100.00%
Incomplete/Missing Records:	0
Total Records Used:	744

Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024.

Figura 6-17 Distribución de Frecuencia de Clases del Viento



Fuente: AERMET ITS Consultants, 2024.

La mayoría de los vientos están en el rango moderado (3.60 - 5.70 m/s) con una velocidad promedio del viento de 3,68 m/s, y los vientos muy fuertes (más de 8.80 m/s) son raros. Las calmas y los vientos ligeros (por debajo de 2.10 m/s), ubicados en una frecuencia de 5,38% de vientos en calma, también ocurren relativamente con poca frecuencia. Esta distribución ayuda a comprender las condiciones típicas del viento en el área estudiada con precisión.

Este último gráfico representa una Distribución de Frecuencia por Clases de Viento, mostrando con qué frecuencia ocurren diferentes clases de velocidad del viento (medidas en metros por segundo, m/s) como un porcentaje del total del período de observación:

1. Clases de velocidad del viento (m/s):

- El eje x muestra los diferentes rangos de velocidad del viento (clases):
 - Calmas: Velocidades de viento muy bajas (por debajo de 0.50 m/s).
 - 0.50 - 2.10 m/s
 - 2.10 - 3.60 m/s
 - 3.60 - 5.70 m/s
 - 5.70 - 8.80 m/s
 - 8.80 - 11.10 m/s
 - ≥ 11.10 m/s

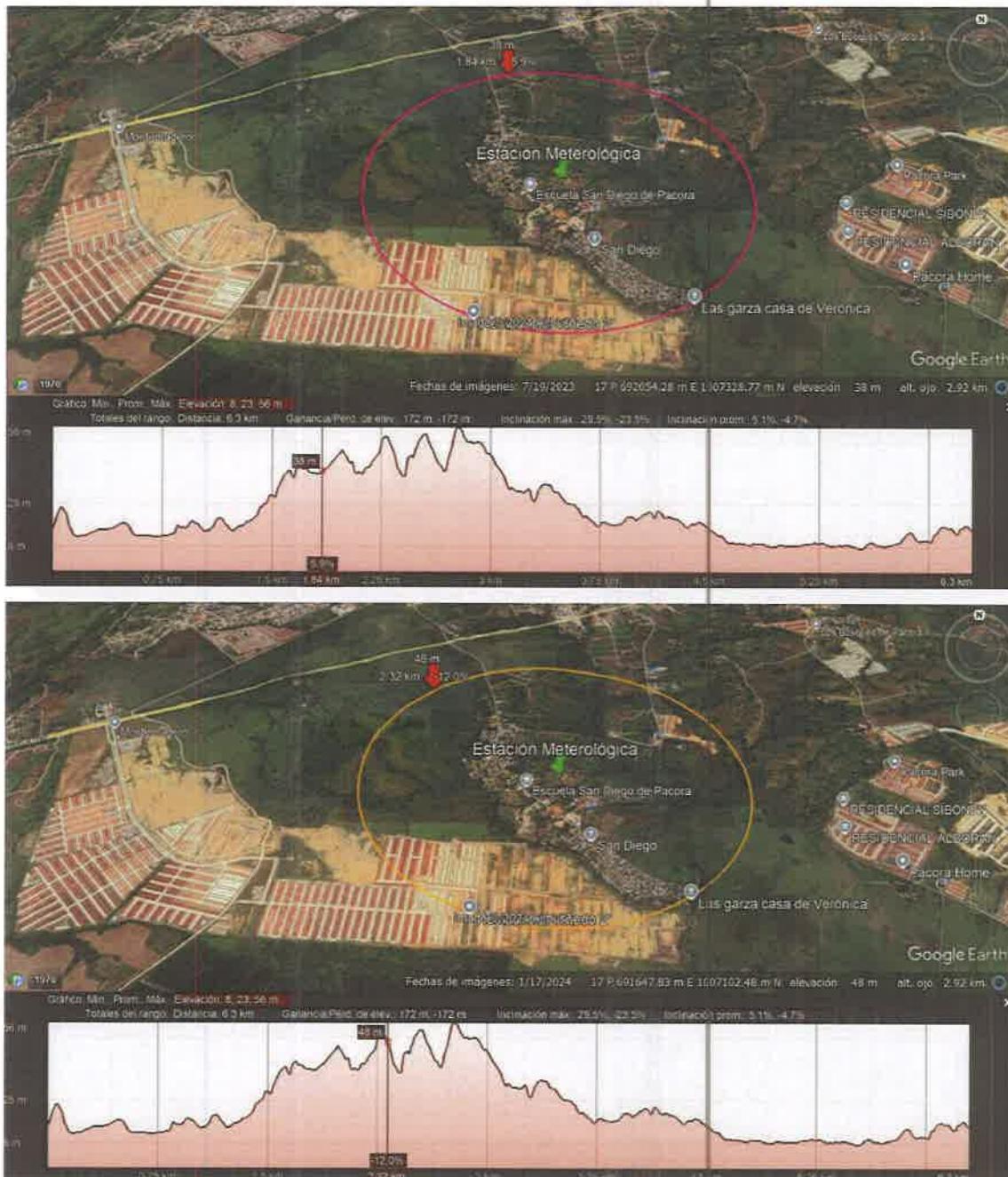
2. Frecuencia (%):

- El eje y muestra el porcentaje de tiempo que el viento estuvo dentro de cada una de estas categorías de velocidad.

Principales puntos del gráfico

- Las velocidades de viento más frecuentes están en el rango de 3.60 - 5.70 m/s, ocurriendo el 29.4% del tiempo.
- La siguiente categoría más frecuente es 2.10 - 3.60 m/s, representando el 23.0% del tiempo.
- Los vientos entre 0.50 - 2.10 m/s ocurren el 21.5% del tiempo.
- Los vientos en el rango de 5.70 - 8.80 m/s ocurren el 19.6% del tiempo.
- Las calmas (velocidades de viento muy bajas por debajo de 0.50 m/s) representan el 5.4% del tiempo total.
- Los vientos en el rango de 8.80 - 11.10 m/s son relativamente raros, ocurriendo solo el 1.1% del tiempo.
- No se observaron vientos con velocidades iguales o superiores a 11.10 m/s, lo que se muestra con un 0.0%.

Figura 6-18 Localización del Proyecto, alcance y precisión de data meteorológica y perfiles de elevación



Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

Figura 6-19 Localización del Proyecto rosa de vientos montada en área, hacia donde sopla el viento (varios ángulos)



Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

7 CALIDAD DE AIRE

Con el objetivo de determinar las condiciones de calidad de aire en la zona y las afectaciones que las emisiones del Proyecto podrían causar, se llevó a cabo una evaluación de calidad del aire en diferentes puntos del área, tal como se observa en la siguiente figura:

Figura 7-1 Ubicación de los puntos de medición de la Calidad de Aire Ambiental



Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

Imagen 7-2 Resultados de monitoreo de calidad de aire puntual

15.1 Informe de laboratorio

Panamá Desar. La Chorrera.
Ave. Brillante,
550-54405730-4933
laquiasa21@gmail.com

Laboratorio Químico Ambiental S.A.

(LAQUIA, S.A.)

INFORME DE ANÁLISIS

IA 021-2024

Calidad de Aire



LAQUIA S.A.

Usuario	Pacora del Este Development, S.A.	
Fecha de Informe	11 de Abril de 2024	
Fecha de Muestreo	7 de Abril de 2024	
Descripción de la Muestra	Monitoreo de Calidad de Aire, Área de Proyecto.	
Procedimiento de Muestreo Utilizado	EPA - OSHA-Medición en Tiempo Real-Gravimétrico-Sensores Electroquímicos	
Personal que realizó muestreo	Lledo. Enzo De Gracia/ Lledo, Isis López.	
Proyecto	Master Plan Pacora-Cementerio.	
Sitio de toma Muestra	Corregimiento de las Garzas, Distrito y Provincia de Panamá.	
Analistas	Lledo. Enzo De Gracia	
Condiciones Ambientales del Laboratorio	T= 23,5° C	H= 47%
I. Calidad de Aire		
Parámetro:	Unidad	Monitoreo de Calidad de Aire, Área de Proyecto. Nº. Lab. IA-24
PM ₁₀	µg/m ³	8,0
NO ₂	µg/m ³	0,2
SO ₂	µg/m ³	0,4
Método		
NO ₂	Espectrofotométrico-Sensor Electroquímico	
PM ₁₀	EPA - OSHA - lectura en tiempo real/Gravimétrico	
SO ₂	Thorin-Titulación-Sensor Electroquímico	
Equipo		
NO ₂	Tren de muestreo USEPA con bombas de vacío-Captura/GasAlert 5 BW Technologies by Honeywell	
PM ₁₀	Cassette prepesado - Model VPC300	
SO ₂	Tren de muestreo USEPA con bombas de vacío-Captura/GasAlert 5 BW Technologies by Honeywell	
II. Datos Meteorológicos		
Parámetros	Unidad	Monitoreo de Calidad de Aire, Área de Proyecto. Nº. Lab. IA-24
Dirección del Viento	-	Suroeste
Velocidad del Viento	Km/h	9,4
Temperatura	°C	37,3
Humedad Relativa	%	50,0
Horas de Lectura	-	2:10 pm a 2:40 pm
Equipo: Acu-Rite Model 00256M Anemómetro		
Ubicación Satelital:	17P0691924 UTM 1007498 N 09°06'36.7" W 079°15'12.9"	

Fuente: Laboratorio Químico Ambiental, S.A. (LAQUIA, S.A.), 2024.

Imagen 7-3 Resultados de monitoreo de calidad de aire puntual

Laboratorio Químico Ambiental S.A.
(LAQUIA, S.A.)
INFORME DE ANÁLISIS
IA 021-2024



Calidad de Aire – Olores Molestos

Usuario	Pacora del Este Development, S.A.	
Fecha de Informe	11 de Abril de 2024	
Fecha de Muestreo	7 de Abril de 2024	
Descripción de la Muestra	Un Punto de Monitoreo de Calidad de Aire, Área de Proyecto.	
Procedimiento de Muestreo	EPA - OSHA - Medición en Tiempo Real - Sensores Electroquímicos.	
Utilizado		
Personal que realizó muestreo	Licedo. Enzo De Gracia/ Licedo. Isis López	
Proyecto	Master Plan Pacora-Cementerio.	
Sitio de toma Muestra	Corregimiento de las Garzas, Distrito y Provincia de Panamá.	
Analistas	Licedo. Enzo De Gracia	
Condiciones Ambientales del Laboratorio	T= 23.5° C	H= 47%
I. Calidad de Aire		
Parámetro:	Unidad	Monitoreo de Olores molestos, Área de proyecto, No. Lab. 33-24
CO	ppm	< 0,1
H ₂ S	ppm	< 0,1
NH ₃	µg/m ³	< 0,1
Método / Equipo		
CO	Sensor Electroquímico/ Forensics Multigas Detector	
H ₂ S	Sensor Electroquímico/ Forensics Multigas Detector	
NH ₃	Espectrofotométrico /Tren de muestreo USEPA con bombas de vacío-Captura	
II. Datos Meteorológicos		
Parámetros	Unidad	Monitoreo de Olores molestos, Área de proyecto, No. Lab. 33-24
Dirección del Viento	–	Suroeste
Velocidad del Viento	Km/h	9,4
Temperatura	°C	37,3
Humedad Relativa	%	50,0
Hora de Lectura	–	2:10 pm a 2:40 pm
Equipo: Acu-Rite Model 00256M Anemometer		
Ubicación Satelital:	17P0691924 UTM 1007498 N 09°06'36.7" W 079°15'12.9"	

Fuente: Laboratorio Químico Ambiental, S.A. (LAQUIA, S.A.), 2024.

Imágen 7-4 Resultados de monitoreo de calidad de aire puntual

Panamá Oeste, La Chorrera. Ave. Brillante. 258-5440-6730-4933 laquia2@gmail.com	Laboratorio Químico Ambiental S.A. (LAQUIA, S.A.) IA 021-2024			
Tabla Comparativa Calidad de Aire				
INFORME DE ANÁLISIS				
Usuario	Pacora del Este Development, S.A.			
Fecha de Informe	1 de Abril de 2024			
Fecha de Muestreo	7 de Abril de 2024			
Descripción de la muestra	Monitoreo de Calidad de Aire, Área de Proyecto.			
Procedimiento de Muestreo Utilizado	EPA - OSHA-Medición en Tiempo Real-Gravimétrico-Sensores Electroquímicos			
Personal que realizó muestreo	Lledo, Enzo De Gracia/ Lledo, Isis López			
Proyecto	Master Plan Pacora-Cementerio.			
Sitio de Toma de Muestra	Corregimiento de las Garzas, Distrito y Provincia de Panamá.			
Analista	Lledo, Enzo De Gracia			
Condiciones Ambientales del Laboratorio	T°= 23,5° C	H= 47%		
Resultados				
Interpretación de Resultados				
Parámetro	Unidad	Resultado Punto 1 No. Lab. 049-24	Valores Guías de Calidad del Aire Ambiente de la OMS	Interpretación
PM ₁₀	µg/m ³	8.0	150	Dentro de la Norma
NO ₂	µg/m ³	0.2	200	Dentro de la Norma
SO ₂	µg/m ³	0.4	500	Dentro de la Norma
Interpretación de Resultados				
Los resultados obtenidos, del sitio de monitoreo, están por debajo de los valores guías máximos permitidos de la Organización Mundial de la Salud, dando como resultado una buena calidad de aire.				

Fuente: Laboratorio Químico Ambiental, S.A. (LAQUIA, S.A.), 2024.

Imagen 7-2 Calibración del Modelo y Ajuste por concentraciones de Fondo
PM-10

Hourly File and Background Concentration Units

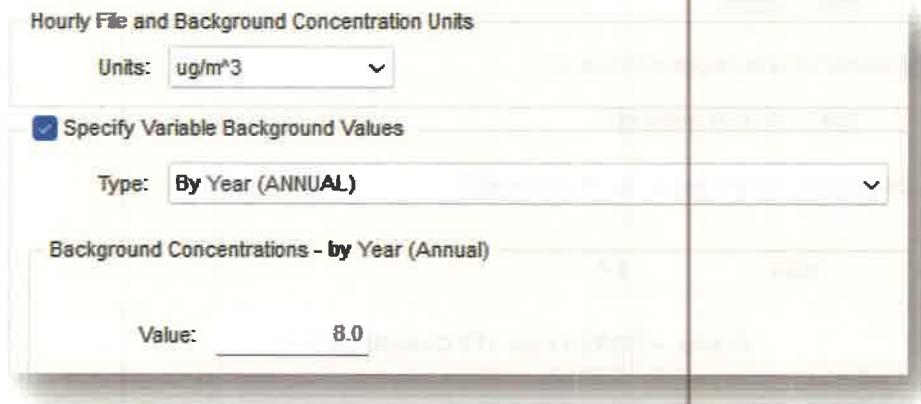
Units: ug/m³

Specify Variable Background Values

Type: By Year (ANNUAL)

Background Concentrations - by Year (Annual)

Value: 8.0



Fuente: AERMOD View, ITS Consultants 2024.

NO2

Hourly File and Background Concentration Units

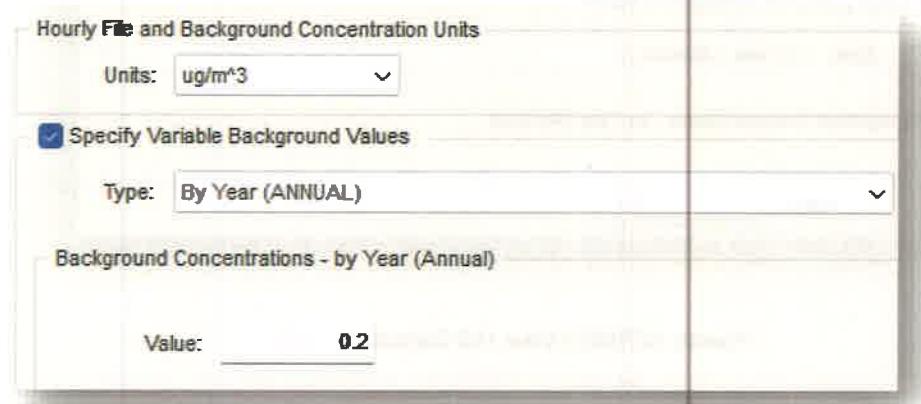
Units: ug/m³

Specify Variable Background Values

Type: By Year (ANNUAL)

Background Concentrations - by Year (Annual)

Value: 0.2



Fuente: AERMOD View, ITS Consultants 2024.

SO2**Hourly File and Background Concentration Units**Units: ug/m³ Specify Variable Background Values

Type: By Year (ANNUAL)

Background Concentrations - by Year (Annual)

Value: 0.4

Fuente: AERMOD View, ITS Consultants 2024.

CO**Hourly File and Background Concentration Units**Units: ug/m³ Specify Variable Background Values

Type: By Year (ANNUAL)

Background Concentrations - by Year (Annual)

Value: 0.1

Fuente: AERMOD View, ITS Consultants 2024.

Nota: De acuerdo con la información disponible de las evaluaciones de calidad de aire y los diferentes marcos de referencia, debe en primera instancia señalarse que estos valores de calidad de aire obtenidos pueden emplearse para interpretar un valor puntual y no una tendencia de calidad de aire. Para evaluar las condiciones de mediano y largo plazo debería monitorearse durante un mayor período de tiempo y en condiciones climáticas diferentes. Las mediciones por períodos muy cortos de tiempo pueden no ser significativas de la condición de calidad de aire anual de las áreas evaluadas.

7.1 LEGISLACIÓN DE CALIDAD DE AIRE APLICABLE

Panamá cuenta actualmente con una norma de Emisiones para Fuentes Fijas Significativas y No Significativas. Dependiendo a la actividad comercial, para el caso de este análisis se utilizaron los límites de Emisiones de “Otras Actividades”. Según lo que indican la legislación panameña:

Tabla 7.1 - 1 Decreto Ejecutivo 5 del 4 de febrero de 2009

Actividad (CTIU)	Límites Máximos Permisibles (mg/Nm ³ a menos que indique otra unidad)*			
	Tóxicos Totales	Óxidos de Azufre	Óxidos de Nitrógeno	
Producción de Cemento (3692)	50	400	600	
Fundiciones (3720)	20 ^b	---	---	
Molinos de Papel ^c (3419)	100 ^d	---	2 kg/t de PS ^e	
Ingenios Azucareros (3131)	100 ^f	2000 ^g	Combustibles líquidos: 460 ^f Combustibles sólidos: 750 ^g	
Generación Termoeléctrica ^j (4101)	0.2 tpd/MW (hasta 500 MW) 0.1 tpd/MW arríbde 50 t ^h	Carbón: 750 ^m Petróleo: 460 Gas: 120		
Generación Termoeléctrica con Turbinas de Gas (4101)	No se puede exceder 2000 mg/Nm ³ ni 500 tpd		Gas: 125 Diesel N°2: 165 Bunker N°6 y otros: 300	
Fabricación de Productos Petroquímicos	20	500	300	
Refinación de Petróleo	50	150 (unidades con recuperación de azufre) 500 (unidades de combustión)	460	
Fabricación de Productos Farmacéuticos	20	---	---	
Procesamiento de Aceite Vegetal	50	---	---	
Otras Actividades ^k	50 ^h 100 ^h	2000 ^h	Carbón: 750 Petróleo: 460 Gas: 320	

Fuente: www.gacectaooficial.gob.pa/

Tabla 7.1 - 2 Decreto Ejecutivo 150 del 28 de mayo de 2018

Artículo 69. Todo horno crematorio debe cumplir con los siguientes límites máximos de emisión:

Contaminantes y sustancias	Límite superior permisible
Partículas totales	50 miligramos por metro cúbico
Monóxido de carbono	100 ppm por volumen
Ácido clorhídrico	100 a 93% de ppm por volumen o porcentaje de reducción
Dióxido de azufre	55 ppm por volumen
Policlorodibenzodioxinas	25 nanogramos por metro cúbico
Policlorodibenzofuranos	25 nanogramos por metro cúbico

Tabla 7.1 - 3 Decreto Ejecutivo 296 del 17 de mayo de 2022

Capítulo IV

Los Valores límites de Operación Para la Vigilancia de las Instalaciones de Tratamiento Alternativo de Desechos Hospitalarios Peligrosos



Artículo 31: Los valores límite de vigilancia para las siguientes sustancias contaminantes (mg/Nm³):

Sustancias Contaminantes	mg/Nm ³
PM _{2.5}	0.065
Total de Compuestos Orgánicos Volátiles (TCOV's)	<2
Ozono (O ₃)	0.150

Tabla 7.1 - 4 Decreto Ejecutivo 293 del 23 de agosto de 2004

14. Presentar los siguientes límites:

- a) La concentración del monóxido de carbono (CO) en los gases de combustión no deberá exceder los 1000 mg/ Nm³.
- b) La concentración del compuesto orgánico, expresado en carbón total, en los gases de combustión, no deberá exceder de 20 mg/Nm³.

Estos límites se establecerán con arreglo a las condiciones siguientes: temperatura de 273 K, presión 101.3 KPA, 11% de oxígeno o 9% de CO₂, gas seco.

15. El tiempo de residencia mínima de las cenizas debe ser:

- a. En el equipo del horno rotativo: 30 minutos.
- b. En el incinerador de cámara fija: 60 minutos. Debe ser mantenido, en el mínimo, el 11% de oxígeno en la chimenea.

Tabla 7.1 - 5 Decreto Ejecutivo 293 del 23 de agosto de 2004

ANEXO I

Tabla #1. Límite de Emisiones para Incineradores de Desechos Peligrosos, incluso los que tratan Productos Organoclorados

Contaminantes	Unidades (al 7% de O ₂)	Límite de emisiones
Partículas totales	Miligramos por metro cúbico	<50
Monóxido de carbono	ppm por volumen	< 100
Ácido clorhídrico	ppm por volumen o porcentaje de reducción	100 o 93%
Ácidos Fluorhídrico + Ácido bromhídrico	Miligramos por metro cúbico	< 3
Dióxido de Azufre	ppm por volumen	<55
Oxídos de Nitrógeno	ppm por volumen	<250
Pbomo	Miligramos por metro cúbico	<3
Cadmio	Miligramos por metro cúbico	<0.1
Mercurio	Miligramos por metro cúbico	<0.1
Cromo	Miligramos por metro cúbico	<0.2
Níquel	Miligramos por metro cúbico	<0.1
Policlorodibenzodioxinas	Nanogramos por metro cúbico	25
Policlorodibenzofuranos	Nanogramos por metro cúbico	25
Cianuros	Miligramos por metro cúbico	<3
Fósforo	Miligramos por metro cúbico	<5
Emisiones visibles (humos)	Porcentaje de opacidad	< 30%

Fuente: Normas de la Unión Europea.
Ppm: partes por millón

Panamá cuenta actualmente con una norma de calidad de aire (inmisiones) que fija y establece los estándares ambientales para los contaminantes de interés modelados en este ejercicio, a través de la Resolución 021-2023 del Ministerio de Salud, donde se estipulan los siguientes límites máximos:

Tabla 7.1 – 6 Límites máximos para Partículas

Contaminante	Tiempo Promedio	µg/m³
PM_{2.5}, µg/m³	Anual	15
	24 horas	37.5
PM₁₀, µg/m³	Anual	30
	24 horas	75

Fuente: Resolución 021-2023, Gaceta Oficial.

Tabla 7.1 – 7 Límites máximos para Gases Contaminantes

Contaminante	Tiempo Promedio	µg/m³
O₃, µg/m³	8 horas	100
	Anual	10
	24 horas	25
NO₂, µg/m³	1 hora	200
	24 horas	40
SO₂, µg/m³	10 minutos	500
Contaminante	Tiempo Promedio	mg/m³
CO, mg/m³	24 horas	4
	8 horas	10
	1 horas	35
	15 minutos	100

Fuente: Resolución 021-2023, Gaceta Oficial.

También existe un ante proyecto de norma desde al año 2006 cuyos estándares se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 7.1 - 8 Anteproyecto de Norma de Calidad de Aire – Panamá 2006

Contaminante	Unidad	Límite	Tiempo promedio de muestreo
Material Particulado Respirable, (PM ₁₀)	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	50	Anual
		150	24 horas
Dióxido de Azufre, (SO ₂)	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	80	Anual
		365	24 horas
Monóxido de Carbono, (CO)	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	10 000	8 horas
		30 000	1 hora
Dióxido de Nitrógeno, (NO ₂)	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	100	Anual
		150	24 horas
Ozono, (O ₃)	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	157	8 horas
		235	1 hora
Material Particulado Respirable, (PM _{2,5})	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	15	Anual
		35	24 horas
Dióxido de Carbono, (CO ₂)	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ N}$	No tiene límite de referencia (Salud Ambiental). ⁹	

Fuente: CAPAC, 2010.

Además de esta consideración normativa, en ausencia de estándares ambientales de carácter nacional, se utilizan como referencia otras fuentes internacionales reconocidas tales como la NAAQS (United States National Ambient Air Quality Standards).

⁹ Ver compromisos del país para CO₂ para Inventarios de Gases Efecto Invernadero de Panamá: https://unfccc.int/national_reports/non_annex_i_ghg_inventories

Figura 7.1 - 9 National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)

Pollutant [links to historical tables of NAAQS reviews]	Primary/ Secondary	Averaging Time	Level	Form
Carbon Monoxide (CO)	primary	8 hours	9 ppm	Not to be exceeded more than once per year
		1 hour	35 ppm	
Lead (Pb)	primary and secondary	Rolling 3 month average	0.15 µg/m ³ ^[1]	Not to be exceeded
Nitrogen Dioxide (NO ₂)	primary	1 hour	100 ppb	98th percentile of 1-hour daily maximum concentrations, averaged over 3 years
	primary and secondary	1 year	53 ppb ^[2]	Annual Mean
Ozone (O ₃)	primary and secondary	8 hours	0.070 ppm ^[3]	Annual fourth-highest daily maximum 8-hour concentration, averaged over 3 years

<u>Particle Pollution (PM)</u>	PM _{2.5}	primary	1 year	9.0 µg/m ³	annual mean, averaged over 3 years
		secondary	1 year	15.0 µg/m ³	annual mean, averaged over 3 years
		primary and secondary	24 hours	35 µg/m ³	98th percentile, averaged over 3 years
PM ₁₀	primary and secondary	24 hours	150 µg/m ³		Not to be exceeded more than once per year on average over 3 years
<u>Sulfur Dioxide (SO₂)</u>	primary	1 hour	75 ppb ⁽⁴⁾		99th percentile of 1-hour daily maximum concentrations, averaged over 3 years
	secondary	3 hours	0.5 ppm		Not to be exceeded more than once per year

Fuente: <http://www.epa.gov/air/criteria.html>.

Figura 7.1 - 10 Organización Mundial de la Salud (OMS)

Contaminante	Tiempo promedio	2005 AQG	2021 AQG
$\text{PM}_{2.5}$, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	10	5
	24-hour ^a	25	15
PM_{10} , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	20	15
	24-hour ^a	50	45
O_3 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Peak season ^b	–	60
	8-hour ^a	100	100
NO_2 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	40	10
	24-hour ^a	–	25
SO_2 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24-hour ^a	20	40
CO , mg/m^3	24-hour ^a	–	4

Fuente: Guías de OMS de 2021. Recuperado 2023.

Figura 7.1 - 11 Organización Mundial de la Salud (OMS) – Niveles interinos

Table 0.1. Recommended AQG levels and interim targets

Pollutant	Averaging time	Interim target			AQG level	
		1	2	3	4	5
PM_{2.5}, µg/m³	Annual	35	25	15	10	5
	24-hour ^a	75	50	37.5	25	15
PM₁₀, µg/m³	Annual	70	50	30	20	15
	24-hour ^a	150	100	75	50	45
O₃, µg/m³	Peak season ^b	100	70	-	-	60
	8-hour ^a	160	120	-	-	100
NO₂, µg/m³	Annual	40	30	20	-	10
	24-hour ^a	120	50	-	-	25
SO₂, µg/m³	24-hour ^a	125	50	-	-	40
CO, mg/m³	24-hour ^a	7	-	-	-	4

^a 99th percentile (i.e. 3–4 exceedance days per year).

^b Average of daily maximum 8-hour mean O₃ concentration in the six consecutive months with the highest six-month running-average O₃ concentration.

Nota: Cabe resaltar que los valores límites pico (24 horas) establecidos por la OMS se basan en el valor Percentil 99th de las mediciones anuales y los valores límites pico (24 horas) establecidos por la EPA de los Estados Unidos, donde se utiliza el Valor Percentil 98th de las mediciones anuales de 3 años. Por lo que, se entiende que los límites recomendados por la OMS se consideran más conservadores; y los límites de la EPA más permisibles (considerando 3 días más al año de excedencia, en las mediciones anuales).

8 CORRIDA DEL MODELO

8.1 SELECCIÓN DEL DOMINIO DE MODELACIÓN

Teniendo en cuenta la ubicación del proyecto y sus alrededores, receptores de interés, áreas sensibles, así como los puntos de monitoreo de calidad de aire, se estableció un dominio de modelación de 0,700 km por 0,700 km, con receptores ubicados cada 7 m.

Figura 8.1.1 Dominio de simulación y malla de receptores (con acercamiento)



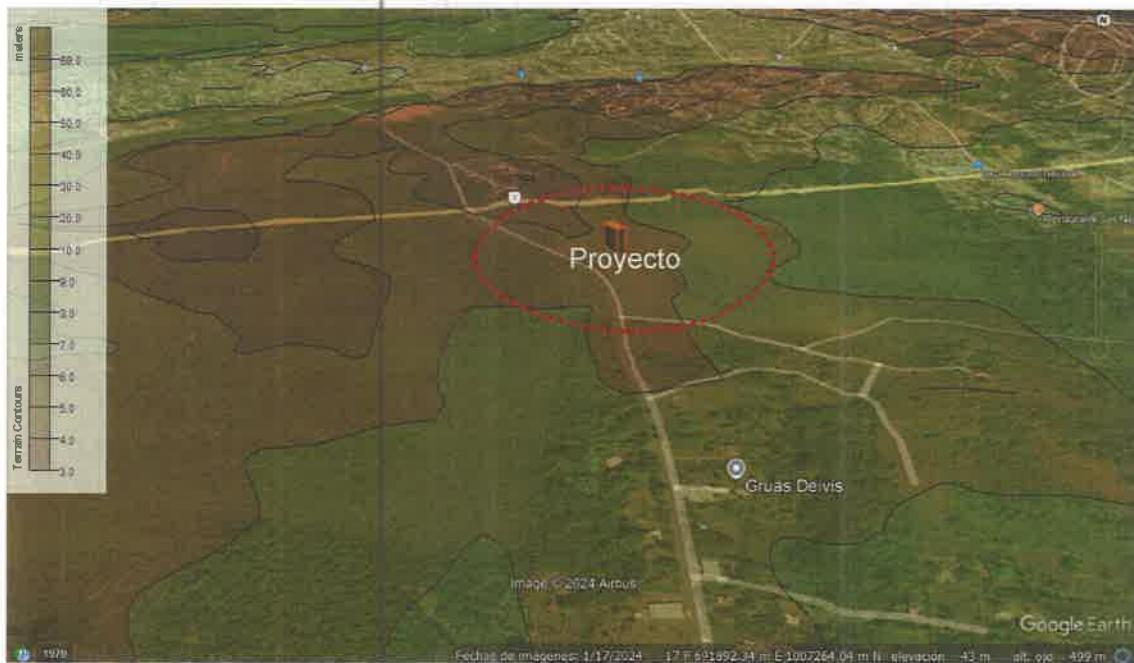
Fuente: AERMOD, Google Earth, ITS Consultants.

Figura 8.1.2 Dominio de simulación, malla receptores (con alejamiento)



Fuente: AERMOD, BPIP, ITS Consultants.

Figura 8.1.3 Localización del Proyecto con vegetación y topografía



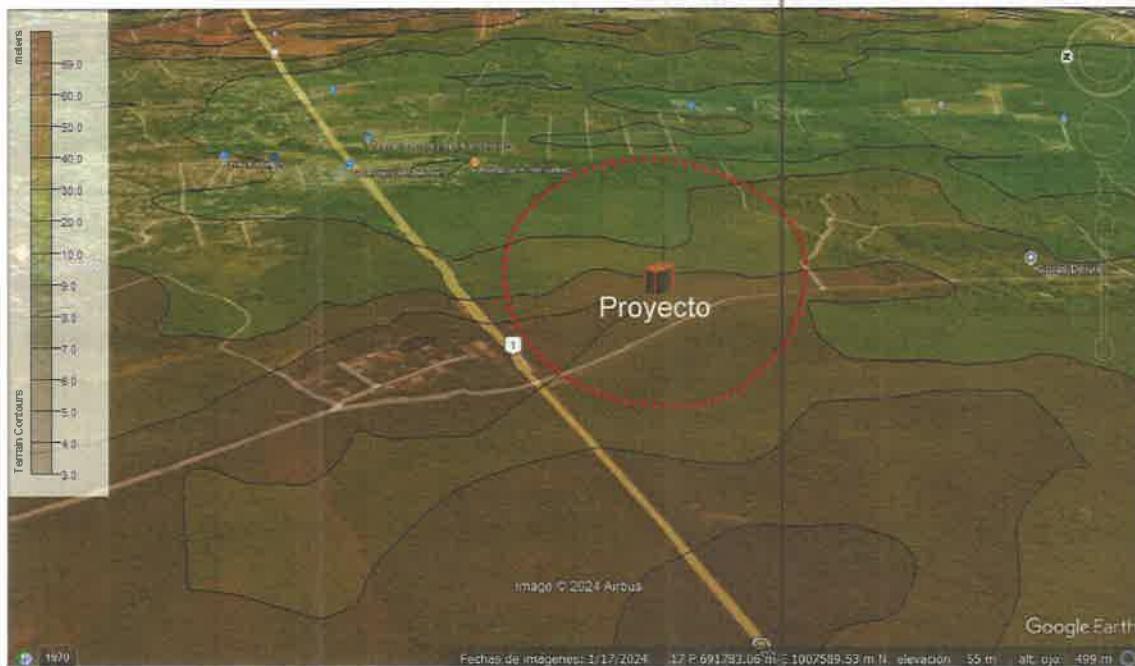
Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

Figura 8.1.4 Localización del Proyecto con edificaciones, vegetación y topografía (vista posterior)



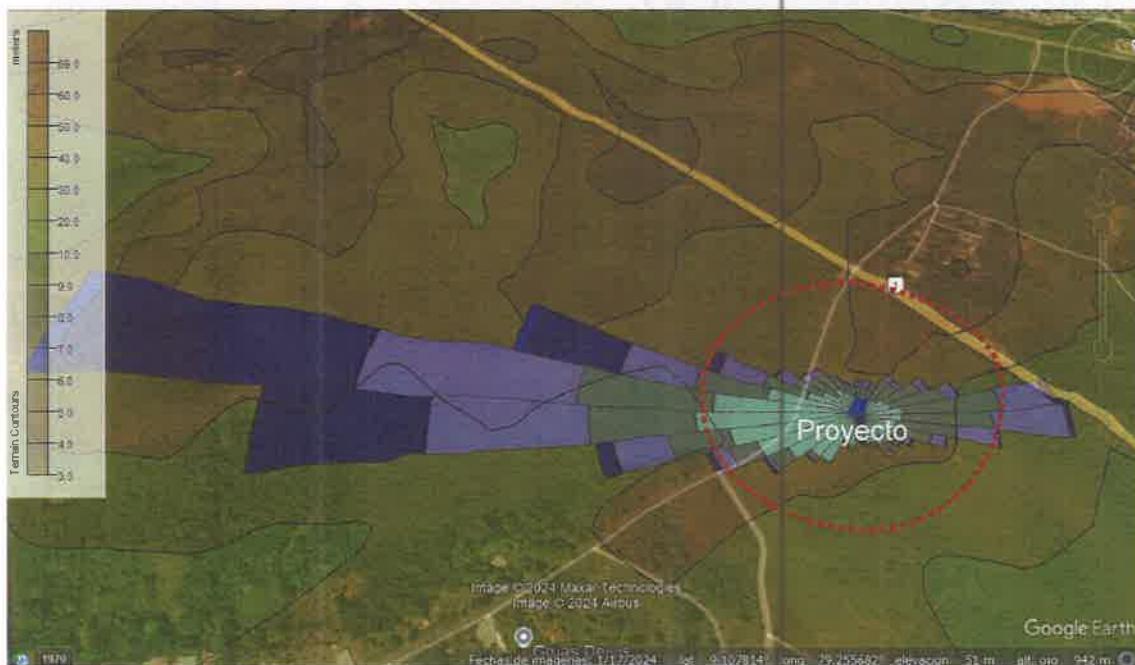
Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

Figura 8.1.5 Localización del Proyecto con vegetación y topografía (vista lateral)



Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

Figura 8.1.6 Localización del Proyecto con edificaciones, vegetación, topografía y vientos



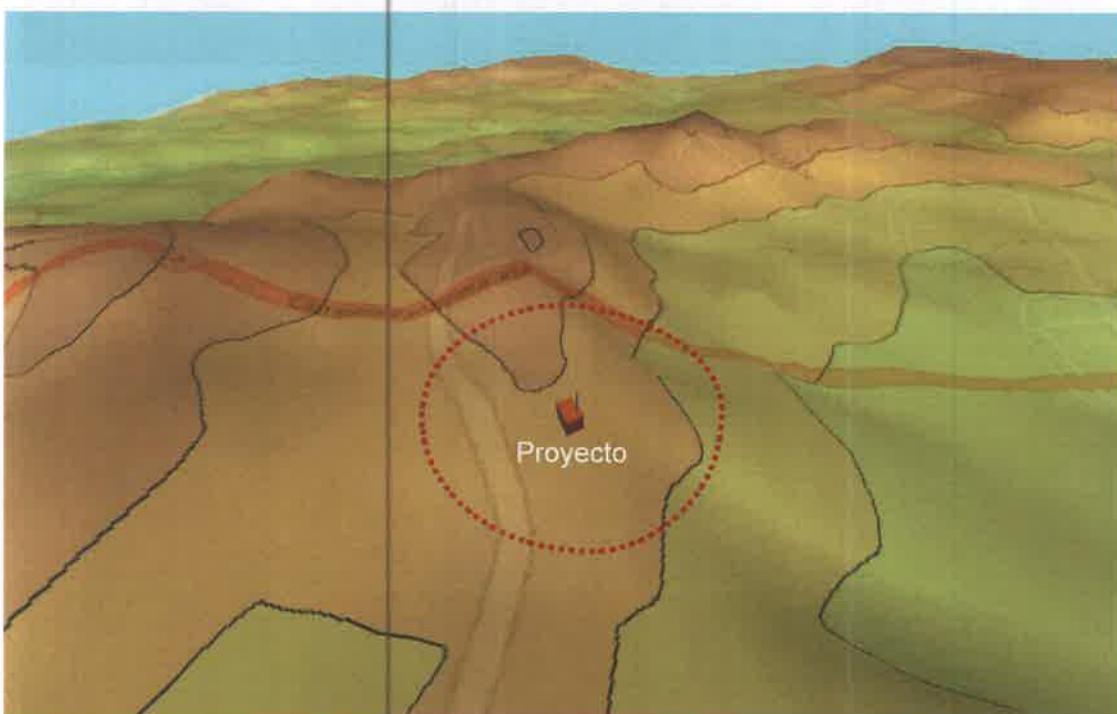
Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

8.2 MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)

Para la simulación se utilizó un modelo digital de terreno con el fin de reproducir las condiciones topográficas de la zona simulada. Este modelo digital de terreno se compone de la topografía de la zona en cuestión y de la vista en planta con la ubicación de las fuentes de emisión. La base para el modelo digital de terreno se tomó a partir del servicio SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la Nasa.

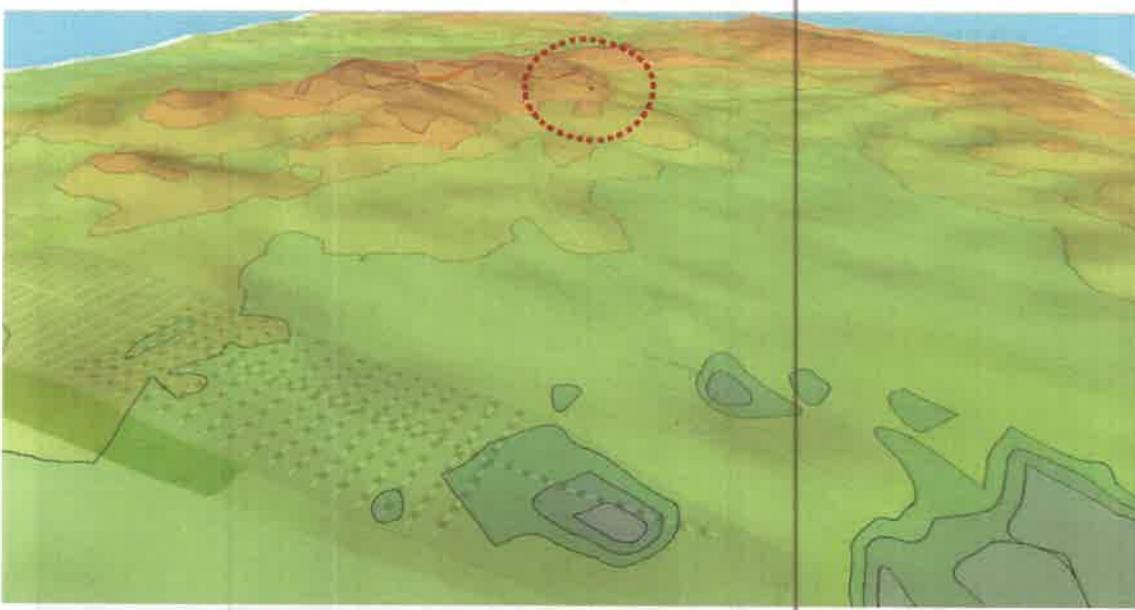
La topografía para la zona modelada se tomó del modelo digital de terreno SRTM3 con una resolución cada 90 m. En la siguiente figura se muestra el modelo 3D utilizado para la presente modelación.

Figura 8.2.1 Modelo digital de terreno 3D. Exageración vertical 1 a 1 en visor AERMOD
3D



Fuente: AERMOD VIEW 9.9.0. Modelo SRTM3 cada 90 m. AERMOD 3D Versión 16216r.

Figura 8.2.2 Localización del Proyecto y área de influencia con edificaciones y topografía



Fuente: AERMOD VIEW 9.9.0. Modelo SRTM3 cada 90 m. AERMOD 3D Versión 16216r..

Figura 8.2.3 Localización proyecto con vegetación



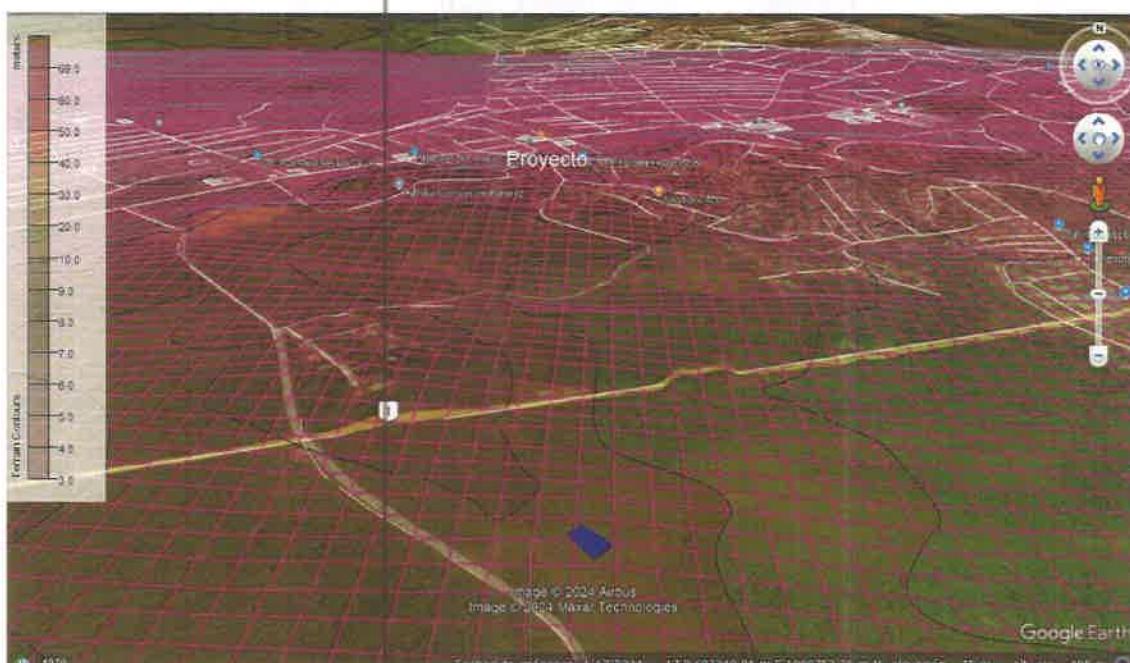
Fuente: Importado de Open Street Maps a Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

Figura 8.2.4 Preprocesador de terreno, datos topográficos por AERMAP, edificaciones preprocesadas por BPIP y Vista de polígonos en visor AERMOD 3D



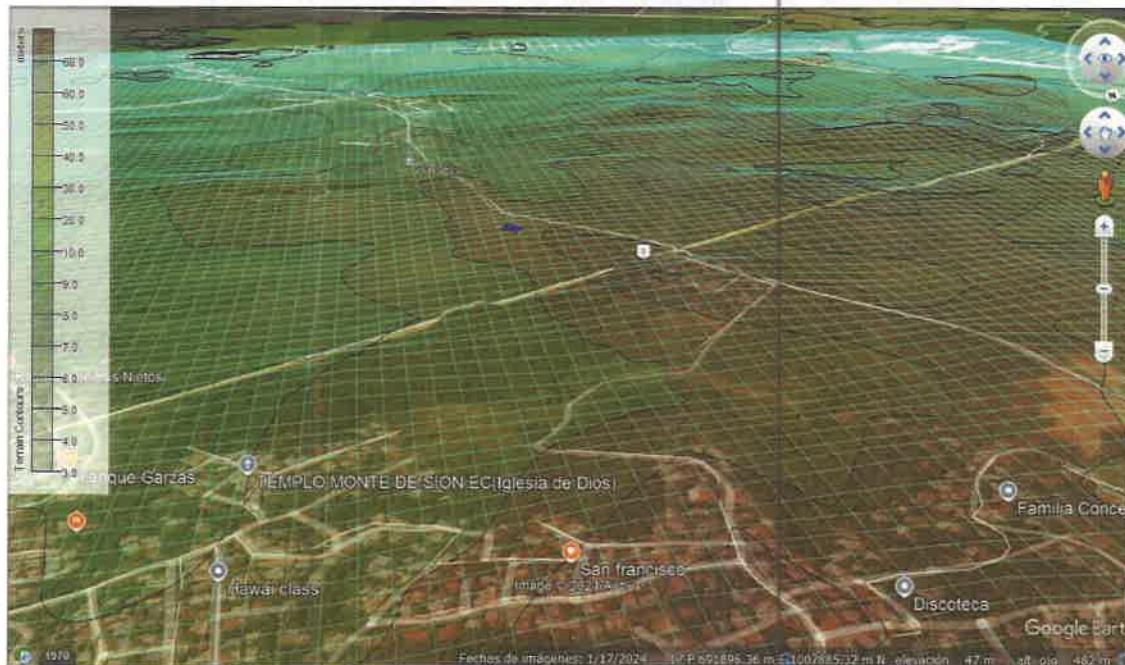
Fuente: AERMAP, Google Earth, AERMOD Visor 3D, modificado por ITS Consultants. 2024.

Figura 8.2.5 Localización del Proyecto con edificaciones, vegetación y malla de receptores
- área de influencia del modelado (con acercamiento)



Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

Figura 8.2.6 Localización del Proyecto con topografía y edificaciones preprocesadas por BPIP y malla de receptores



Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

8.3 FUENTES DEL MODELO

Las fuentes empleadas en la modelación con su tasa de emisión y características de operación se presentan a continuación.

8.3.1 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS FUENTES.

La siguiente imagen muestra la representación gráfica de las fuentes, de acuerdo con la geometría empleada.

Para la modelación se tuvieron en cuenta las edificaciones del área, utilizando como base fotos satelital libres (Google Earth), mediciones in-situ y planos de elevación del Proyecto facilitados por nuestro cliente.

Figura 8.3.1-1 Detalle de fuentes de emisión del Proyecto Fuentes Fijas No Significativas (chimeneas) visor 3D



Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

8.4 ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

De acuerdo con la información meteorológicas del último de 1 año (2022 – 2023), se realizó la modelación para la totalidad de las fuentes indicadas en la Tabla 8-4.1.

Para la corrida se evalúo el efecto de fumigación asociado a la presencia de edificaciones y accidentes topográficos, además del aporte de contaminantes en términos de concentración.

8.4.1 RESULTADO DE LA MODELACION

Los resultados de las modelaciones efectuadas se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 8.4.1-1 Resultados de modelaciones: Promedios de Emisiones Totales Anuales a diferentes periodos de promediación:

Periodo de Promediación	Resultado del Modelado Emisión de Fuentes Fijas	Material Particulado ¹⁰ (Concentración de PM-10 modelada en AERMOD)			
		Límite máximo Decreto 5 de 2009	Límite máximo Decreto 150	Límite máximo Decreto 296	Límite máximo Decreto 293
	(mg/N·m ³)	(mg/N·m ³)	(mg/N·m ³)	(mg/N·m ³)	(mg/N·m ³)
8 horas	84,9				
Diario (24 horas) OMS, Percentil 99TH	40,3	PTS 50 ¹¹	PM-10 50	PM-2,5 0,065	PTS 50
Diario (24 horas) US EPA NAAQS, Percentil 98TH	40,3	100 ¹²		PM-10 N/D	Opacidad <30%
Mensual	13,0				
Anual	6,8				

Fuente: ITS Consultants. AERMOD, 2024.

¹⁰ Los datos de entrada al modelo derivan de la data teórica del horno incinerador y chimeneas brindada por fabricante a nuestro cliente. Así también, los datos la tasa de emisión por contaminante se derivan de data estadística de la EPA WebFire de los EE. UU.

¹¹ Para instalaciones de capacidad igual o mayor a 50 MW.

¹² Para instalaciones de capacidad menor de 50 MW.

Gases ¹³ (Concentración de NO ₂ modelada en AERMOD)						
Periodo de Promediación	Resultado del Modelado Emisión de Fuentes Fijas	Límite máximo	Límite máximo	Límite máximo	Límite máximo	
		Decreto 5 de 2009	Decreto 150	Decreto 296	Decreto 293	
	(mg/N·m ³)	(mg/N·m ³)	(mg/N·m ³)	(mg/N·m ³)	(ppmv)	
1 hora	54,0					
8 horas	21,2					
Diario (24 horas) OMS, Percentil 99 TH	10,1					
Diario (24 horas) US EPA NAAQS, Percentil 98 TH	10,1	2000	--	--	<250	
Mensual	3,2					
Anual	1,7					

Gases ¹⁴ (Concentración de SO ₂ modelada en AERMOD)						
Periodo de Promediación	Resultado del Modelado Emisión de Fuentes Fijas	Límite máximo	Límite máximo	Límite máximo	Límite máximo	
		Decreto 5 de 2009	Decreto 150	Decreto 296	Decreto 293	
	(mg/N·m ³)	(mg/N·m ³)	(ppmv)	(mg/N·m ³)	(ppmv)	
Anual	52,5	50 100	55	--	55	

¹³ Los datos de entrada al modelo derivan de la data teórica del horno incinerador y chimeneas brindada por fabricante a nuestro cliente. Así también, los datos la tasa de emisión por contaminante se derivan de data estadística de la EPA WebFire de los EE. UU.

¹⁴ Los datos de entrada al modelo derivan de la data teórica del horno incinerador y chimeneas brindada por fabricante a nuestro cliente. Así también, los datos la tasa de emisión por contaminante se derivan de data estadística de la EPA WebFire de los EE. UU.

Gases ¹⁶ (Concentración de CO modelada en AERMOD)						
Periodo de Promediación	Resultado del Modelado Emisión de Fuentes Fijas		Límite máximo Decreto 5 de 2009	Límite máximo Decreto 150	Límite máximo Decreto 296	Límite máximo Decreto 293
	(mg/N·m³)		(mg/N·m³)	(ppmv)	(mg/N·m³)	(mg/N·m³)
	Min	Max				
Mensual	38,6	69,1	--	100 ppm _v (115 mg/N·m³)	--	1000 mg/N·m³ <100 ppm _v (115 mg/N·m³)
Anual	20,0	35,8				

¹⁵ Los datos de entrada al modelo derivan de la data teórica del horno incinerador y chimeneas brindada por fabricante a nuestro cliente. Así también, los datos la tasa de emisión por contaminante se derivan de data estadística de la EPA WebFire de los EE. UU.

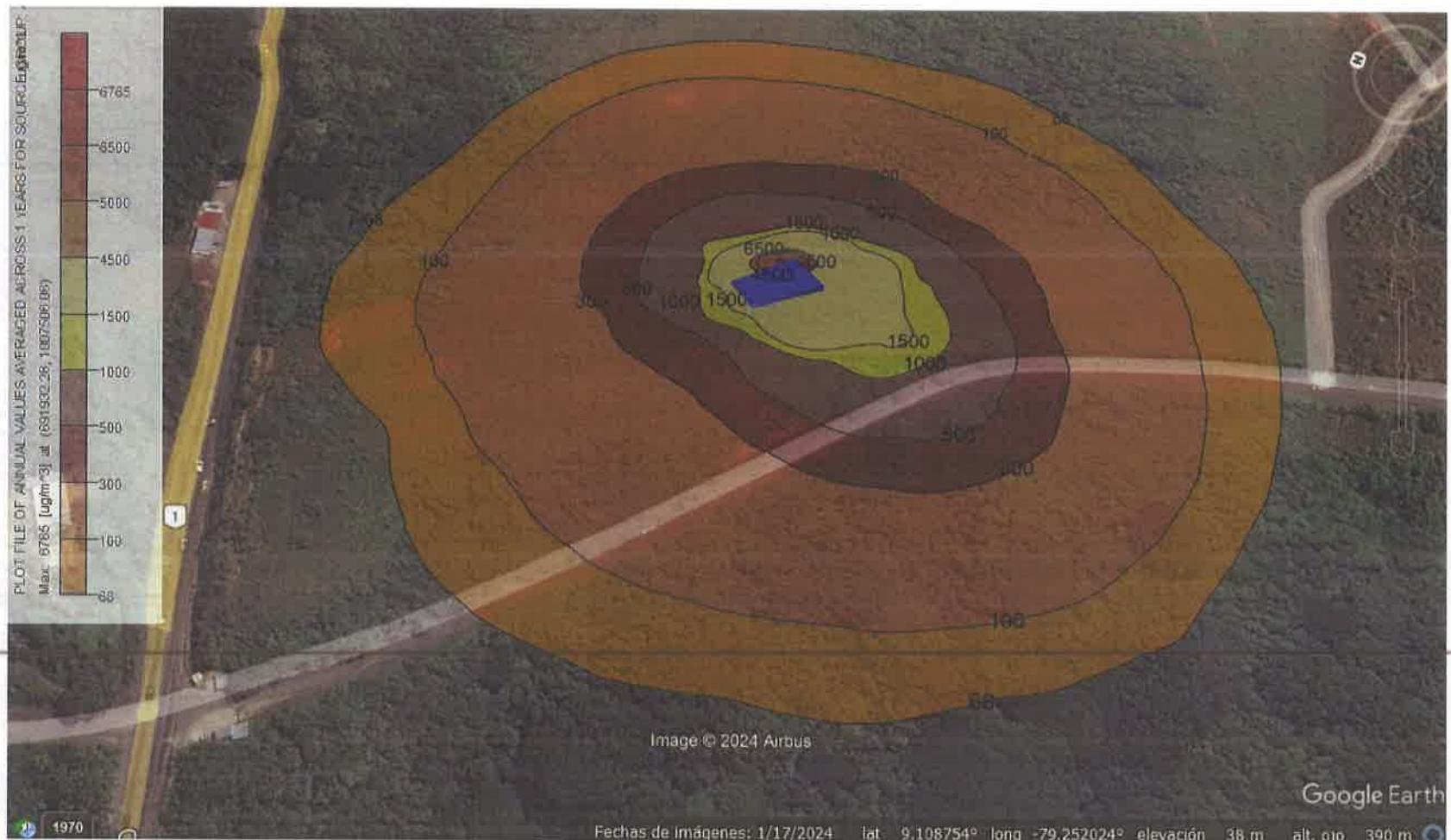
De acuerdo con los resultados de las emisiones totales que serán producidas en los receptores en área aledañas y áreas de influencia puede indicarse lo siguiente:

- **PM-10:** Los resultados del modelaje para inmisiones indican que los valores anuales y 24 horas, estarían por debajo del límite para Panamá del Decreto Ejecutivo 5 del 4 de febrero de 2009, Decreto Ejecutivo 150 del 28 de mayo de 2018, Decreto Ejecutivo 296 del 17 de mayo de 2022 y Decreto Ejecutivo 293 del 23 de agosto de 2004.
- **NO₂:** Los resultados del modelaje para inmisiones indican que los valores anuales y 24 horas, estarían por debajo del límite para Panamá del Decreto Ejecutivo 5 del 4 de febrero de 2009, Decreto Ejecutivo 150 del 28 de mayo de 2018, Decreto Ejecutivo 296 del 17 de mayo de 2022 y Decreto Ejecutivo 293 del 23 de agosto de 2004.
- **SO₂:** Los resultados del modelaje para inmisiones indican que los valores anuales, estarían por debajo del límite para Panamá del Decreto Ejecutivo 5 del 4 de febrero de 2009, Decreto Ejecutivo 150 del 28 de mayo de 2018, Decreto Ejecutivo 296 del 17 de mayo de 2022 y Decreto Ejecutivo 293 del 23 de agosto de 2004.
- **CO:** Los resultados del modelaje para inmisiones indican que los valores anuales, estarían por debajo del límite para Panamá del Decreto Ejecutivo 5 del 4 de febrero de 2009, Decreto Ejecutivo 150 del 28 de mayo de 2018, Decreto Ejecutivo 296 del 17 de mayo de 2022 y Decreto Ejecutivo 293 del 23 de agosto de 2004.

ISOPLETAS DE RESULTADOS

A continuación, se presentan las isopletas de resultados de Inmisiones para el promedio anual, diarios (percentil 99 y percentil 98) y mensuales.

Figura 8.4.1. - 1 Inmisiones a la Calidad de Aire Ambiental de PM-10 Escenario anual

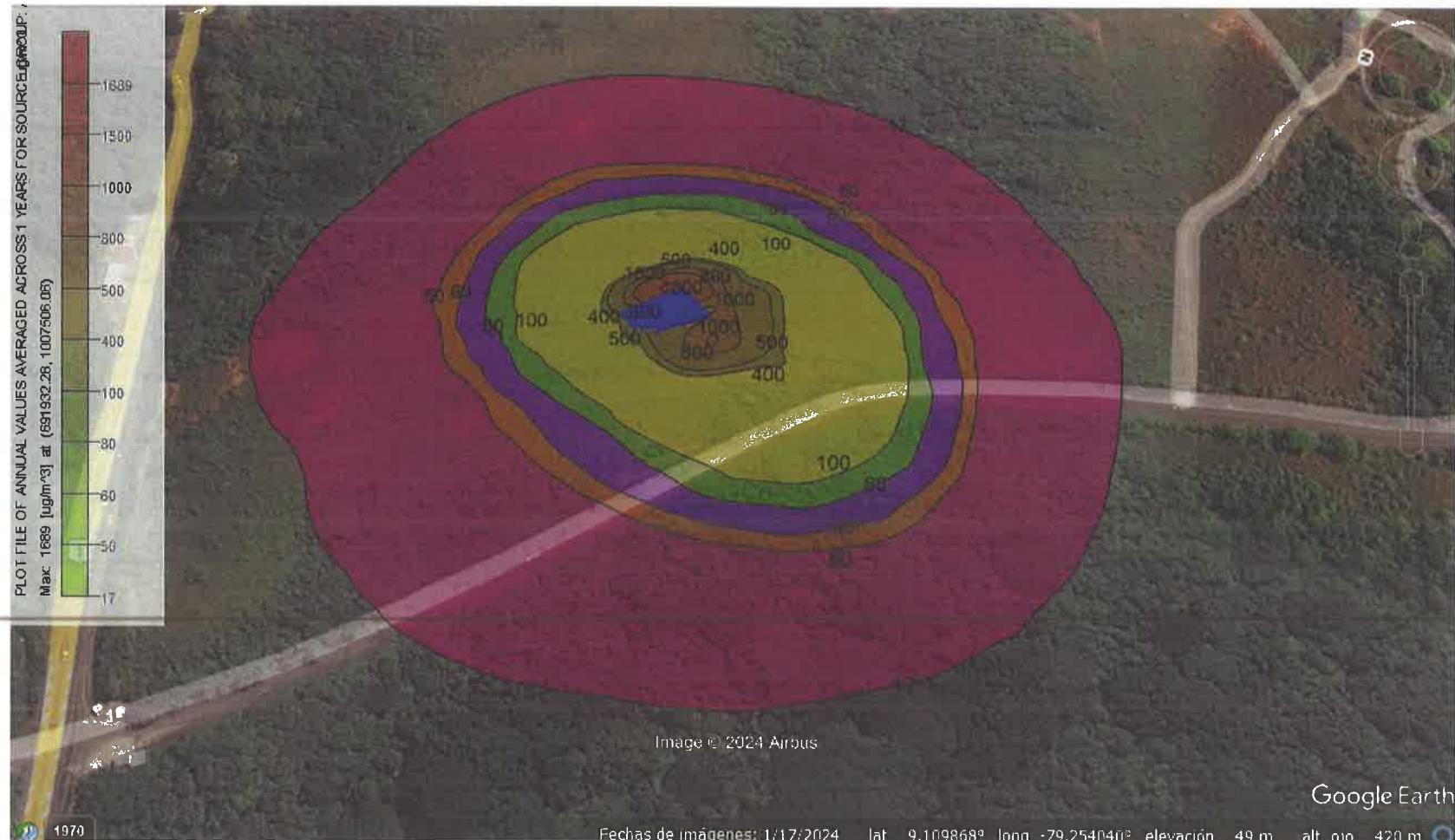


Fuente: AERMOD, Google Earth, ITS Consultants, 2024.

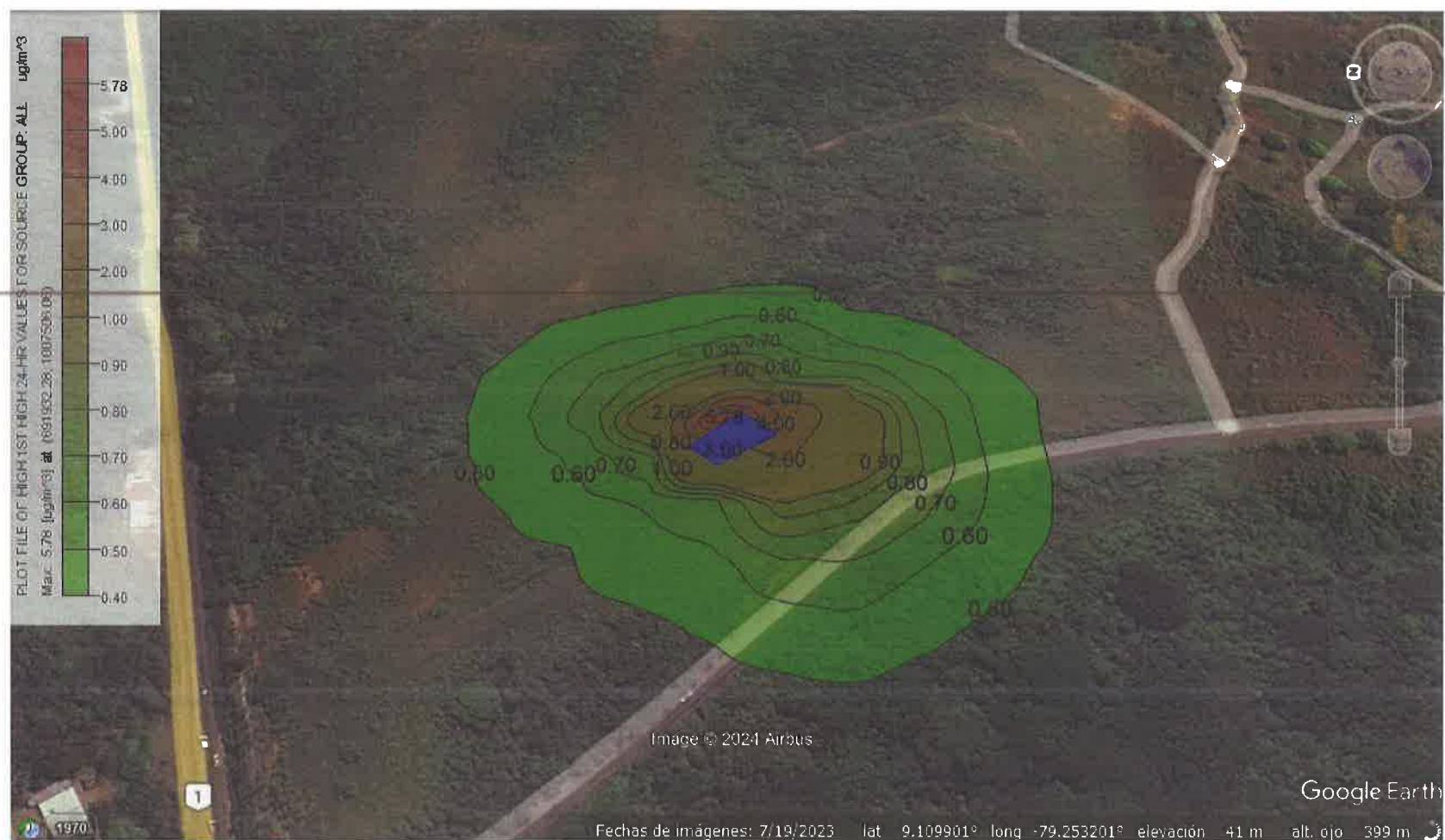
Figura 8.4.1. - 2 Inmisiones a la Calidad de Aire Ambiental de PM-10 Escenario anual



Fuente: AERMOD, Google Earth, ITS Consultants, 2024.

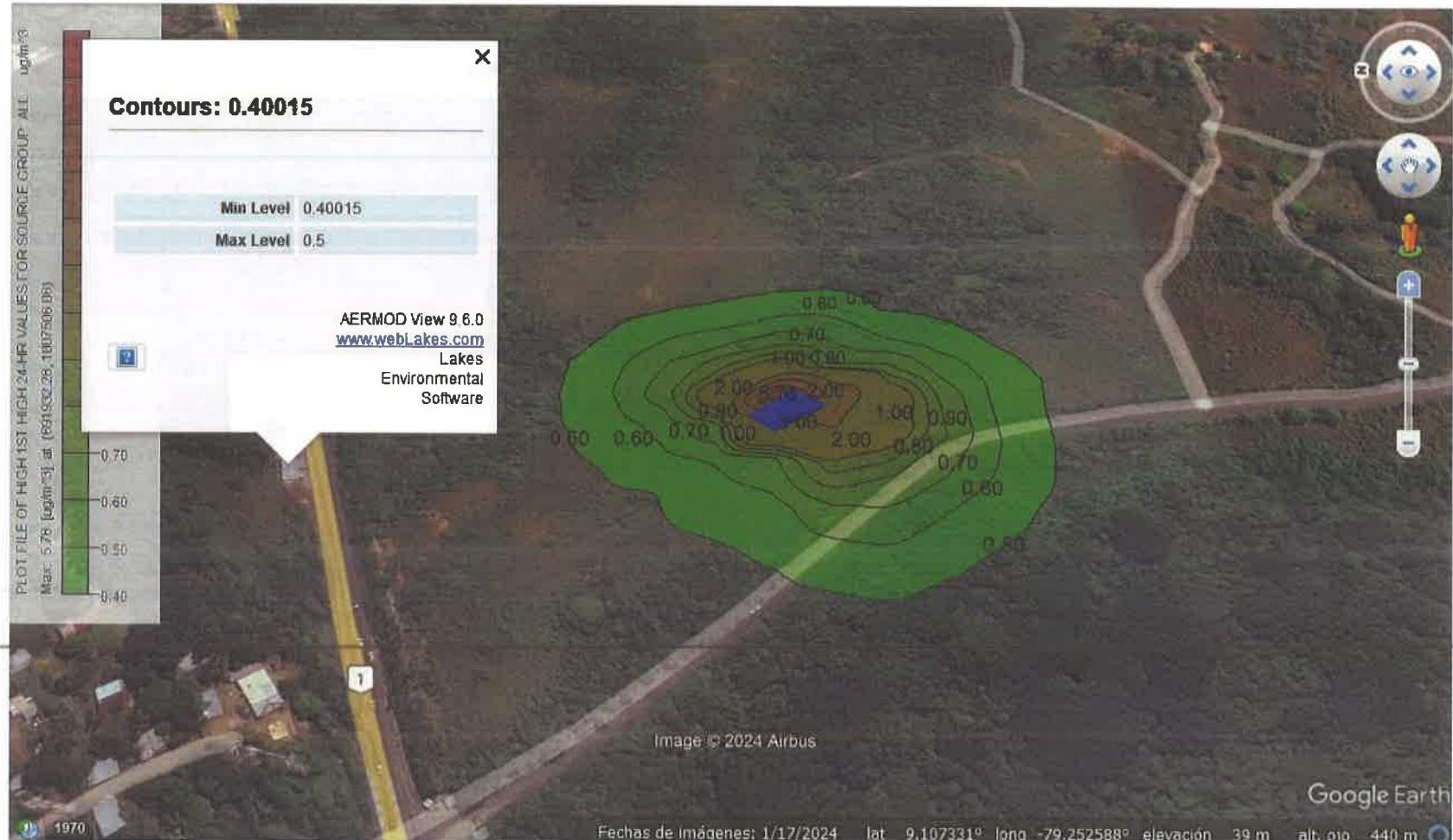
Figura 8.4.1.- 3 Inmisiones a la Calidad de Aire Ambiental de NO₂ Escenario anual

Fuente: AERMOD, Google Earth, ITS Consultants, 2024.

Figura 8.4.1. - 4 Inmisiones a la Calidad de Aire Ambiental de SO₂ Escenario diario

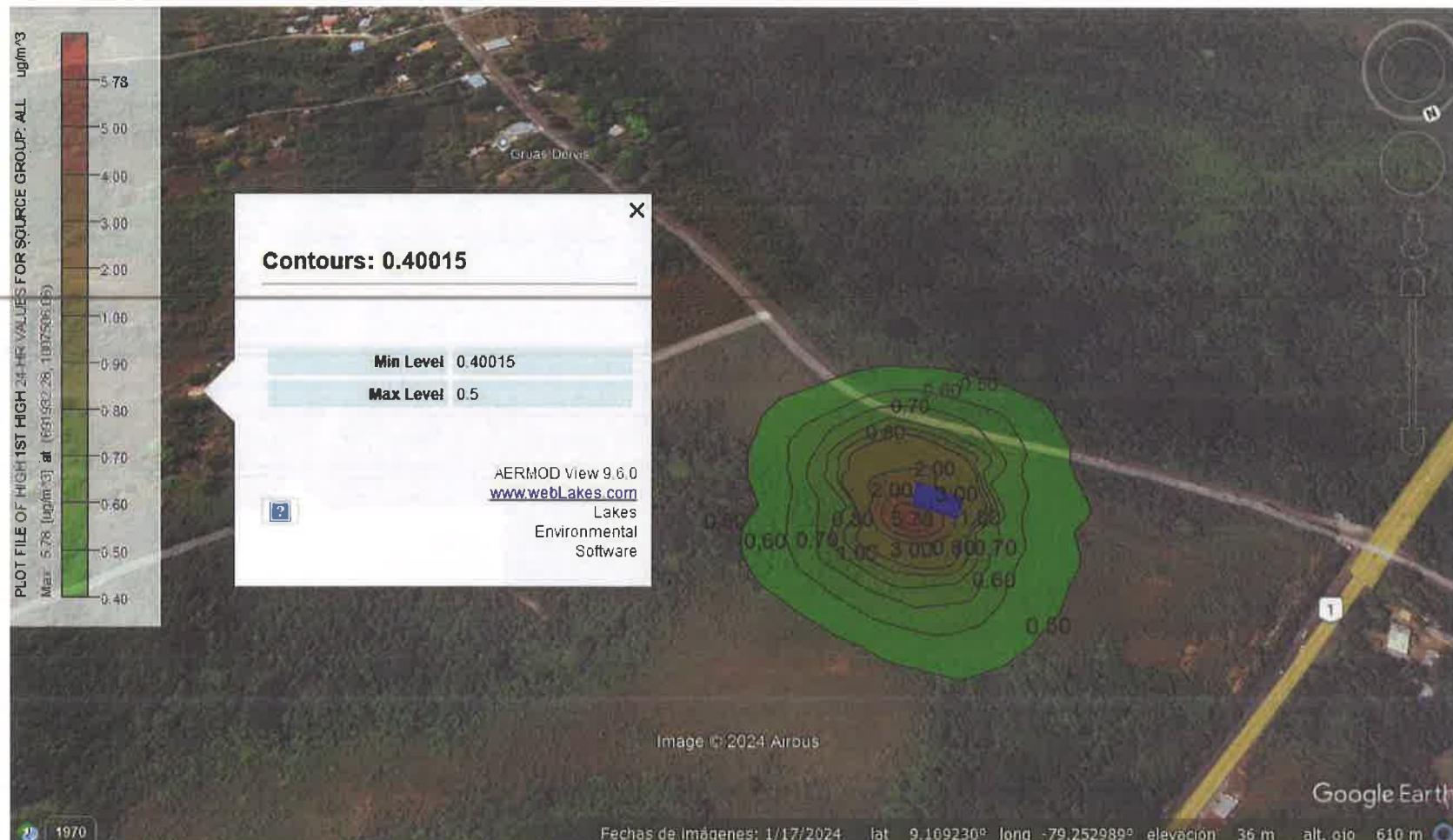
Fuente: AERMOD, Google Earth, ITS Consultants, 2024.

Figura 8.4.1. - 5 Inmisiones a la Calidad de Aire Ambiental de SO₂ Escenario diario, aportes



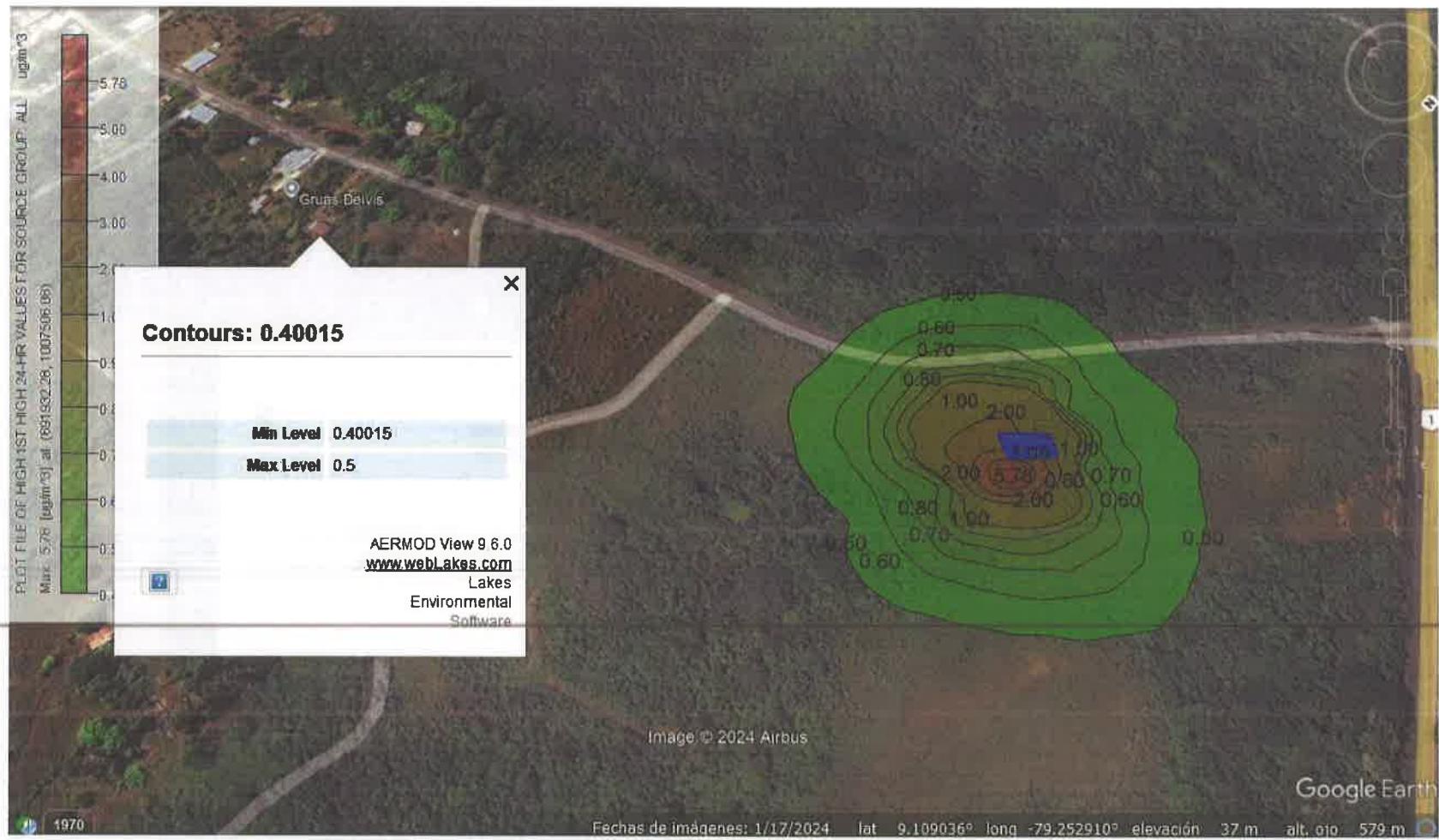
Fuente: AERMOD, Google Earth, ITS Consultants. 2024.

Figura 8.4.1. - 6 Inmisiones a la Calidad de Aire Ambiental de SO₂ Escenario diario, aportes



Fuente: AERMOD, Google Earth, ITS Consultants, 2024.

Figura 8.4.1. - 7 Inmisiones a la Calidad de Aire Ambiental de SO₂ Escenario diario, aportes



Fuente: AERMOD, Google Earth, ITS Consultants, 2024

Figura 8.4.1. - 8 Inmisiones a la Calidad de Aire Ambiental de SO₂ Escenario anual, aportes



Fuente: AERMOD, Google Earth, ITS Consultants, 2024..

Figura 8.4.1. - 9 Inmisiones a la Calidad de Aire Ambiental de SO₂ Escenario anual



Fuente: AERMOD, Google Earth, ITS Consultants, 2024.

Figura 8.4.1. - 10 PM-10 Inmisiones a la Calidad de Aire Ambiental de CO, anual



Fuente: AERMOD, Google Earth, ITS Consultants, 2024.

Nota: Los valores de la Figura 8.4-1 -10 para CO están reportados en $\mu\text{g}/\text{N}\cdot\text{m}^3$, ya que es la unidad de reporte que genera el software; sin embargo, deben ajustarse a $\text{mg}/\text{N}\cdot\text{m}^3$ al dividir los valores entre 1000 que es la unidad de reporte para este gas (CO).

Tabla 8.4.1-2 Comparación de Resultados Modelados de Inmisiones a la Calidad de Aire contra Legislación Panameña

Límites			Resultados Modelados de Inmisiones en los receptores sensitivos	
Receptor	Resolución 021-2023 - MINSA	24 horas (pico anual)	PM-10 ($\mu\text{g}/\text{N}\cdot\text{m}^3$)	Límite de Normativa ($\mu\text{g}/\text{N}\cdot\text{m}^3$)
			68	75

Fuente: AERMOD, ITS Consultants, 2024.

Límites			Resultados Modelados de Inmisiones en los receptores sensitivos	
Receptor	Resolución 021-2023 - MINSA	24 horas (pico anual)	NO2 ($\mu\text{g}/\text{N}\cdot\text{m}^3$)	Límite de Normativa ($\mu\text{g}/\text{N}\cdot\text{m}^3$)
			17,0	25

Fuente: AERMOD, ITS Consultants, 2024.

Límites			Resultados Modelados de Inmisiones en los receptores sensitivos	
Receptor	Resolución 021-2023 - MINSA	24 horas (pico anual)	SO2 ($\mu\text{g}/\text{N}\cdot\text{m}^3$)	Límite de Normativa ($\mu\text{g}/\text{N}\cdot\text{m}^3$)
			0,5	40

Fuente: AERMOD, ITS Consultants, 2024.

Límites			Resultados Modelados de Inmisiones en los receptores sensítivos	
Receptor	Resolución 021-2023 - MINSA	Diario	CO (mg/N·m ³)	Límite de Normativa (mg/N·m ³)
			6,8	10 mg/m³ (para 8 horas)

De acuerdo con los resultados de las inmisiones totales que serán producidas en los receptores en área aledañas y áreas de influencia puede indicarse lo siguiente:

- **PM-10:** Los resultados del modelaje para inmisiones indican que los valores estarían por debajo del límite anual pico de 24 horas (percentil 98th y 99th) para Panamá de la Resolución 021-2023 del MINSA. Por otro lado, los resultados del modelaje se compararon con los límites anuales picos diarios (24 horas) de la NAAQS de la EPA de los EE. UU. y el Anteproyecto de Calidad de Aire Ambiental Panamá del 2006 y se ubicaron por debajo de estos criterios y el objetivo interino 3 del estándar de las Guías de la OMS para Calidad de Aire Ambiental (2021).
- **NO₂:** Los resultados del modelaje para inmisiones indican que los valores estarían por debajo del límite anual pico de 24 horas (percentil 98th y 99th) para Panamá de la Resolución 021-2023 del MINSA. Por otro lado, los resultados del modelaje se compararon con los límites anuales picos diarios (24 horas) de la NAAQS de la EPA de los EE. UU. y el Anteproyecto de Calidad de Aire Ambiental Panamá del 2006 y se ubicaron por debajo de estos criterios y del criterio AQG del estándar de las Guías de la OMS para Calidad de Aire Ambiental (2021).
- **SO₂:** Los resultados del modelaje para inmisiones indican que los valores estarían por debajo del límite anual pico de 24 horas (percentil 98th y 99th) para Panamá de la Resolución 021-2023 del MINSA. Por otro lado, los resultados del modelaje se compararon con los límites anuales picos diarios (24 horas) de la NAAQS de la EPA de los EE. UU. y el Anteproyecto de Calidad de Aire Ambiental Panamá del 2006 y se ubicaron por debajo de estos criterios y del criterio AQG del estándar de las Guías de la OMS para Calidad de Aire Ambiental (2021).
- **CO:** Los resultados del modelaje para inmisiones indican que los valores estarían por debajo del límite de corto tiempo de 8 horas para Panamá de la Resolución 021-2023 del MINSA. Por otro lado, los resultados del modelaje se compararon con el límite de corto tiempo de 8 horas de la NAAQS de la EPA de los EE. UU. y el límite de corto tiempo de 8 horas del Anteproyecto de Calidad de Aire Ambiental Panamá del 2006 y se ubicaron por debajo de estos criterios y el objetivo interino 1 del estándar de las Guías de la OMS para Calidad de Aire Ambiental (2021).

Notas:

Nota 1: El modelo fue calibrado con data de mediciones In Situ de PM-10, NO₂, SO₂ y CO.

Nota 2: A ausencia de datos de monitoreos anuales. Se recomiendan campañas de monitoreo semanales en diferentes periodos del años y condiciones climáticas.

9 CONCLUSIONES

De acuerdo con las concentraciones reportadas por los modelos, sumados a los niveles de calidad de aire medidos, puede señalarse que:

- El Proyecto generará emisiones a la calidad de aire de la zona por contaminante (PM-10), NO₂, SO₂ y CO. La concentración de dichas emisiones en la fuente se encontró que estarían por debajo de los límites establecidos en los Decretos: Decreto Ejecutivo 5 del 4 de febrero de 2009, Decreto Ejecutivo 150 del 28 de mayo de 2018, Decreto Ejecutivo 296 del 17 de mayo de 2022 y Decreto Ejecutivo 293 del 23 de agosto de 2004.
- El Proyecto genera aportes anuales por inmisiones a la calidad de aire de la zona por contaminante (PM-10), NO₂, SO₂ y CO. Dichos aportes están por debajo de los límites anual pico de 24 horas (percentil 98th y 99th) y del límite de corto tiempo de 8 horas (para CO) de los estándares máximos de calidad de aire de la legislación panameña de la Resolución 021-2023.
- El Proyecto generará concentraciones relevantes de (PM-10), NO₂, SO₂ y CO; sin embargo, al estar la zona evaluada rodeada de áreas boscosas y con topografía elevada, estas actúan como barreras sobre la dispersión de los contaminantes. Las concentraciones en las residencias más cercanas se logran atenuar en función de la distancia y barreras naturales por debajo de los límites anuales pico de 24 horas (percentil 98th y 99th) establecidos por la Resolución 021-2023.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Air and Waste Management Association. Air Pollution Manual. 1999.
- Alley Roberts E. & Associates, Inc. Manual del Control de la Calidad del Aire. Editorial McGraw Hill. 2001.
- Bedoya V. Julián. Short Term Mathematical modeling for air Pollution. Purdue University. December. 1980.
- Boubel W Richard y otros. Fundamentals of air pollution. Academic Press. Third Edition. 1994.
- Butcher Samuel y Charlson Robert. An Introduction to air chemistry. Editorial. Academic Press New York and London. 1972.
- Canter W. Larry. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Editorial Mc Graw Hill. Primera Edición. 1997.
- Conesa Fernández, Vicente. 1997. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ed. Mundi-prensa, Madrid.
- De Nevers Noel. Ingeniería de ada & co Itda. del Aire. Ed Mc Graw Hill. Primera Edición. 1997.
- Environmental Protection Agency. Office of Air Quality and Standards. Appendix C.2. Generalized particle size distributions. 1985.
- Office of Air Quality and Standards. Emission Factors. Fugitive Dust Sources. 2000.
- Office of Air Quality and Standards. User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models. 1995.
- Office of Air Quality and Standards. Emission Factors. Western Surface Coal Mining. 2000.
- Office of Air Quality and Standards. On Site Meteorological Program Guidance for Regulatory Modeling Application. EPA 450/4-87-013. Junio. 1997.
- Office of Air Quality and Standards. Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (Technical Support Document for the Stack Height Regulation). EPA 450/4-80-023R. Junio de 1985
- Gerard, Kielyu. Ingeniería Ambiental. Editorial Mc Graw Hill. España 1999.
- Lakes Environmental. ISC View User's Guide. 1998.
- Longley W. Richmond. Tratado Ilustrado de Meteorología. Centro Regional de Ayuda Técnica de México y Argentina. 1973.
- Red de Vigilancia de la Calidad de Aire para el Área Metropolitana –REDAIRE- Boletines informativos 1 al 9. 2000.

Pasquill F. Atmospheric diffusion; the dispersion of windborne material from industrial and other sources. 1974.

Stoker Stephen, Seager Spencer. Química Ambiental. Contaminación del aire y del agua. Editorial Blume. Primera edición. Barcelona. 1991.

Ministerio de Ambiente de Panamá. Indicadores Ambientales de la República de Panamá. Parte 7. Abril 2011