

INFORME MODELO DE DISPERSIÓN

CLIENTE:

ULTRACEM, S.A.

PUERTO CRISTOBAL, CIUDAD DE COLÓN

ELABORADO POR:

ITS HOLDINGS SERVICES, S.A.

NÚMERO DE INFORME:

115-133-21-001-V.0

NOMBRE DE LOS CONSULTORES RESPONSABLES:

ING. JUAN CARLOS ESPINO

Firma:

ING. JUAN ANTONIO ICAZA

ING. GLADYS BARRIOS

FECHA: 27 DE DICIEMBRE DE 2021

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	OBJETIVOS	7
	OBJETIVO GENERAL	7
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	7
3	ALCANCE	7
4	METODOLOGÍA	7
4.1	MODELO A CORRER.....	7
4.2	SUPUESTOS.....	8
4.3	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA PARA LA CORRIDA DEL MODELO	8
4.4	METEOROLOGÍA A EMPLEAR.....	8
4.5	EMISIONES.....	8
4.6	CONTAMINANTES A MODELAR	10
4.7	IDENTIFICACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE RECEPTORES.....	10
4.8	CORRIDA DEL MODELO	10
5	ASPECTOS TEÓRICOS PRELIMINARES DEL MODELO	10
5.1	MODELO GAUSSIANO	10
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.....	16
5.5	ASPECTOS RELACIONADOS CON LA METEOROLOGÍA DE MODELOS DE LARGO PLAZO (LT) Y CORTO PLAZO (ST).....	17
6	METEOROLOGÍA	17
7	CALIDAD DE AIRE.....	27
7.1	LEGISLACIÓN DE CALIDAD DE AIRE APLICABLE	29
8	CORRIDA DEL MODELO	32
8.1	SELECCIÓN DEL DOMINIO DE MODELACIÓN	32
8.2	MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)	33
8.3	FUENTES DEL MODELO	34
8.3.1	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS FUENTES.....	34
8.4	ESCENARIOS DE SIMULACIÓN	41
8.4.1	RESULTADO DE LA MODELACION.....	41
	Isopletras de resultados.	41
9	CONCLUSIONES.....	61
10	BIBLIOGRAFÍA.....	62
11	ANEXOS.....	64

1 INTRODUCCIÓN

Este informe fue confeccionado a solicitud de nuestro cliente Ultracem S.A., para evaluar el impacto de la Planta de Concreto incluyendo la construcción de unas instalaciones para la recepción, almacenamiento, mezclado y despacho de cemento y sus posibles aportes sobre la Calidad de Aire. La Planta estará ubicada en el área de la Bahía de Limón en la parte Sureste de la ciudad de Colón y en la entrada Atlántica del Canal de Panamá, cerca al puerto Cristóbal, Corregimiento de Puerto Pilon, Provincia de Colón dicho lote cuenta con un área de 25.003 m², para el desarrollo del proyecto. En la tabla 1-1 se listan las coordenadas del Proyecto. El cliente está interesado en conocer el posible rango de aporte más alto a las condiciones de calidad de aire actuales 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

	Coordenadas Perímetro del Área	
1	619782,091 m E	1032156,302 m N
2	619851,500 m E	1032098,197 m N
3	619773,187 m E	1032004,648 m N
4	619703,778 m E	1032062,753 m N

El proyecto será desarrollado por etapas, las cuales describiremos a continuación:

La primera etapa contempla las siguientes operaciones principales: construcción de bodegas convencionales para el almacenamiento de materias primas en super sacos, a granel, producto terminado en sacos y en otras presentaciones, las cuales incluyen cemento, caliza, otras adicciones y aditivos; la descarga y cribado de super sacos; el sistema de empaque de cemento, el despacho de cemento en sacos y el sistema de despacho a granel; básculas camioneras, adecuaciones generales del terreno y todas las demás instalaciones auxiliares para el correcto funcionamiento de estos sistemas.

La Segunda etapa, consiste en la instalación del sistema de mezclado de cemento, adicciones y/o aditivos, un molino pendular para caliza, con su respectivo sistema de alimentación, almacenamiento, un cargador semiautomático de sacos y la instalación de equipos adicionales para un manejo más eficiente del producto terminado.

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

En la tercera etapa, el proyecto contempla las siguientes instalaciones principales: la instalación de una terminal de almacenamiento de cemento, la cual cuenta con silos metálicos y su respectivo sistema de llenado, el sistema de cargue a granel con báscula camionera y el sistema de transporte de cemento hacia los demás procesos incluidos en la primera y segunda etapa; y un segundo cargador semiautomático de sacos. La alimentación de estos silos se realizará por medio de cisternas graneleras, las cuales serán llenadas a través de un descargador de Buques ubicado en el puerto.

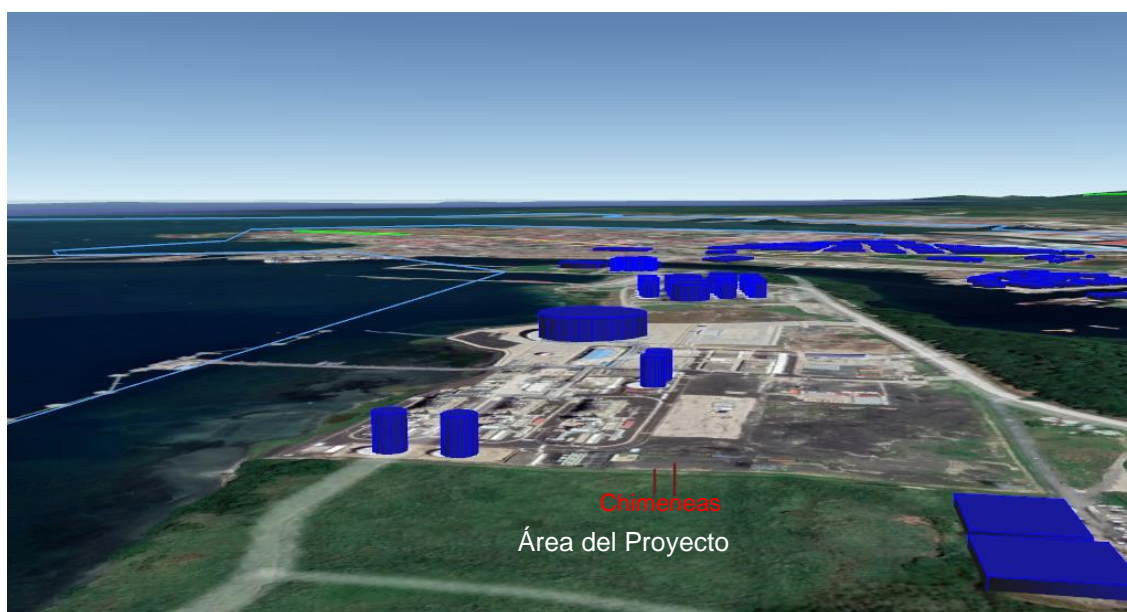
En la cuarta etapa, el proyecto contempla la instalación y puesta en marcha de una planta de molienda de Clinker para la producción de cemento, en la que se consideran las siguientes operaciones e instalaciones principales: Almacenamiento de materias primas a granel, que incluyen Clinker, caliza, yeso, puzolana, escoria, cenizas volantes y otras adicciones y aditivos utilizadas para la producción de cemento; la trituración y clasificación de las materias primas en caso de requerirse; la dosificación de estas materias primas a través de las tolvas de alimentación; el transporte de la materia prima dosificada hacia el molino; el secado y molienda de la materia prima en el molino; la clasificación, transporte y almacenamiento de producto terminado hacia los sistemas incluidos en la primera, segunda y tercera etapa.

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



Fuente: Google Earth, modificado por Fuente: Grupo ITS, 2021.

Figura 1-3 Localización de la Planta de Concreto



Fuente: Google Earth, modificado por Fuente: Grupo ITS, 2021.

2 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar los aportes de NO_x, SO₂ y Material Particulado (MP) en la calidad de aire derivados de la operación del proyecto, mediante la aplicación de un modelo de dispersión y compararlos con los aportes del proyecto.

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 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 la zona.
- Determinar si las emisiones de las fuentes fijas, afectan 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 Nuevo Proyecto de la planta de molienda de clinker.

4 METODOLOGÍA

4.1 MODELO A CORRER

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 Aermol 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 de la EPA WebFIRE, ajustados a las condiciones de Panamá y Datos teóricos que nos facilitó nuestro cliente de factores de emisión de sus fuentes.
- 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 A EMPLEAR

Para el presente ejercicio se empleó información meteorológica de 3 años generada por la Empresa Meteosim del año 2017 al 2020. 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 2017-2020 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), el cual se considerará uno de los principales agentes contaminantes que se desea

evaluar para un proyecto de este tipo y en general para una planta de Clinker. Estos monitoreos se llevaron a cabo por la empresa ECO Solutions MGB, Inc.

Para la elaboración de este modelo, se utilizaron los datos estadísticos de las chimeneas basados en factores de Emisión de la EPA WebFIRE, datos teóricos y de fábrica brindados por nuestro cliente sobre las fuentes emisoras y las condiciones de Panamá.

A continuación, se muestran los datos de emisión estimados² de las fuentes, utilizados en el modelo de dispersión:

Tabla 4.5-1 Emisión y parámetros operativos estimados de las fuentes:

Identificación de Fuentes	Emisión teórica de gases, por contaminante			Elevación Base (msnm)	Altura de la chimenea (m)	Temperatura del Gas (°C)	Diámetro de Chimenea (m)	Velocidad de Salida del Gas (m/s)
	Material Particulado PM-10 (g/s)	NO _x (g/s)	SO ₂ (g/s)					
Chimenea 1: Filtro de mangas Molino de cemento	0,0898	0,079	0,0118	7	10,62	90,0	0,64	15,54
Chimenea 2: Filtro de mangas Separador de cemento	0,2004	0,1665	0,0263	7	13,97	65,0	0,82	18,98
Fuentes Fugitivas	0,07713	N/A						

Fuentes: EPA WebFIRE, ajustado y datos teóricos de fábrica, brindados por nuestro cliente.

Nombre de factor de emisión	Fuente Cap AP 42	Factor de emisión PM10	Unidad
Aggregate storage piles	13.2.4.3	$0,35 * 0,0032 * \left(\frac{U}{5}\right)^{1,3} \left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}$	lb/Ton
Aggregate transfer	11.12	$E = 0,0017$	Kg/Mg
Cement unloading to elevated storage silo	11.12	$E = 0,24$	Kg/Mg
Weigh hopper loading	11.12	$E = 0,0013$	Kg/Mg
Mixer loading	11.12	$E = 0,078$	Kg/Mg
Truck loading	11.12	$E = 0,155$	Kg/Mg

U= Velocidad del viento m/s M= Contenido de humedad %

Nota: Se utilizó una capacidad de producción hora de 14 toneladas / día.

Tabla 4.5–2 Localización de las fuentes

Identificación de Fuentes	Sistema de Coordenadas	Hemisferio	Meridiano	Zona	Coordenada Este	Coordenada Norte
Chimenea 1	UTM WGS84	Norte	17	17 P	619746.24 m E	1032157.95 m N
Chimenea 2					619751.35 m E	1032150.85 m N

Fuentes: Google Earth, 2021.

² Los valores son estimaciones porque no se tiene la data real de emisiones de las fuentes fijas.

4.6 CONTAMINANTES A MODELAR

Los contaminantes a modelar son: material particulado (PM), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2), Dióxido de Nitrógeno (NO_2). En las modelaciones de Material Particulado, para efectos del presente análisis, se simuló 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 y los establecimientos y áreas alrededor de la planta, se definió una malla de receptores de 3,5 Km x 3,5 Km con una distancia de 50 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 el caso del NO_x se empleó el método de ozono limitante y para el caso del SO_2 la vida media del contaminante.

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 isopletras 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 aceptable³ a tal punto que es el modelo regulatorio de la EPA por excelencia.

El empleo del modelo Gaussiano consta básicamente de dos partes:

³ El ajuste de bondad de un modelo AERMOD es de aproximadamente el 80%, dependiendo de la calidad de los datos de entrada.

- 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).
- 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.

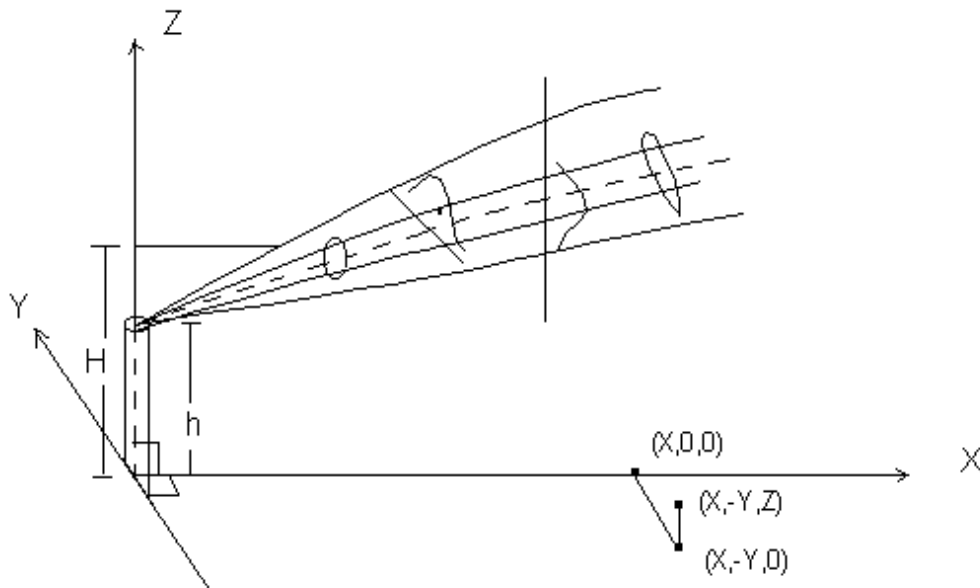
Para el cálculo de la concentración, se considera que la velocidad media del viento que afecta la pluma es u, la tasa de emisión uniforme de contaminantes es Q, y la reflexión total de la pluma tiene lugar en la superficie de la tierra, es decir, no hay sedimentación o reacción en la superficie. Luego,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

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

(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 incorpora 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 a la planta 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 interface 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 mesoescala que abarca un radio de hasta 50 Km² que a su vez corresponde a la resolución máxima permitida por un modelo AERMOD.

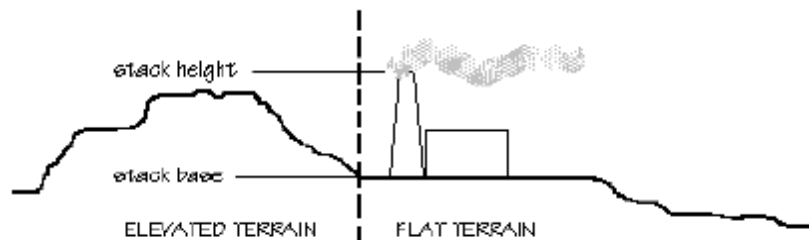
5.4.1 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA TOPOGRAFÍA

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 de la planta, 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

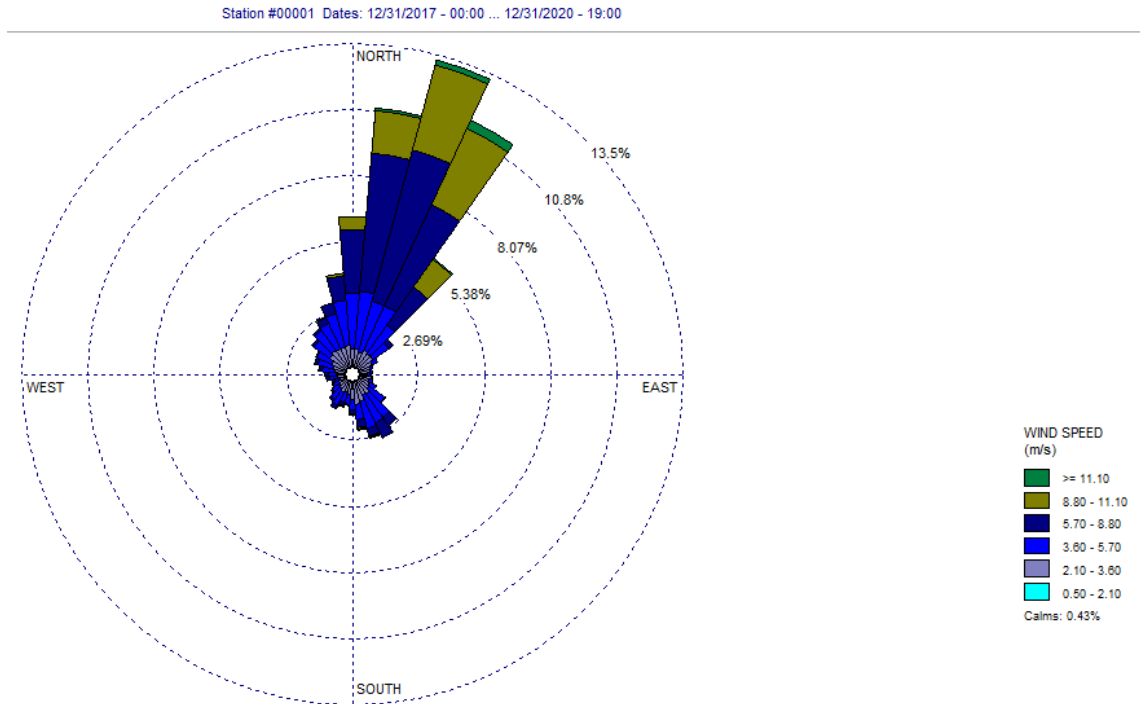
Para el presente ejercicio, se utilizó información meteorológica de 3 años generada por la empresa Meteosim. Esta información comprende variables superficiales horarias del año 2017 a 2020.

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

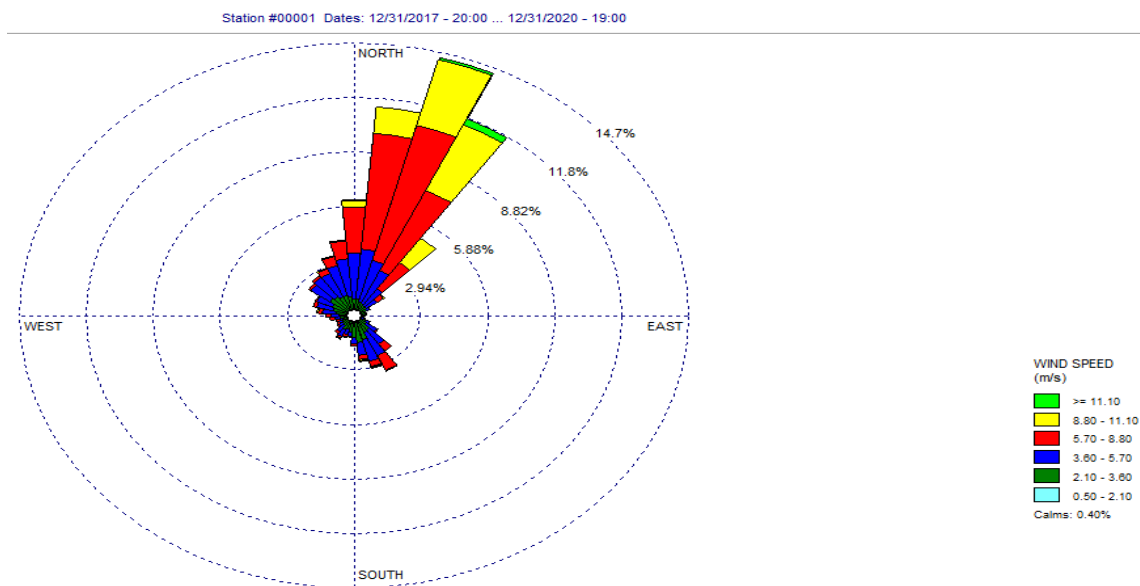
A continuación, se presentan las rosas de vientos diurna, nocturna y total:

Figura 6-1 Rosa de vientos diaria (24 hrs) desde donde sopla el viento (m/s) promedio anual de 2017 - 2020



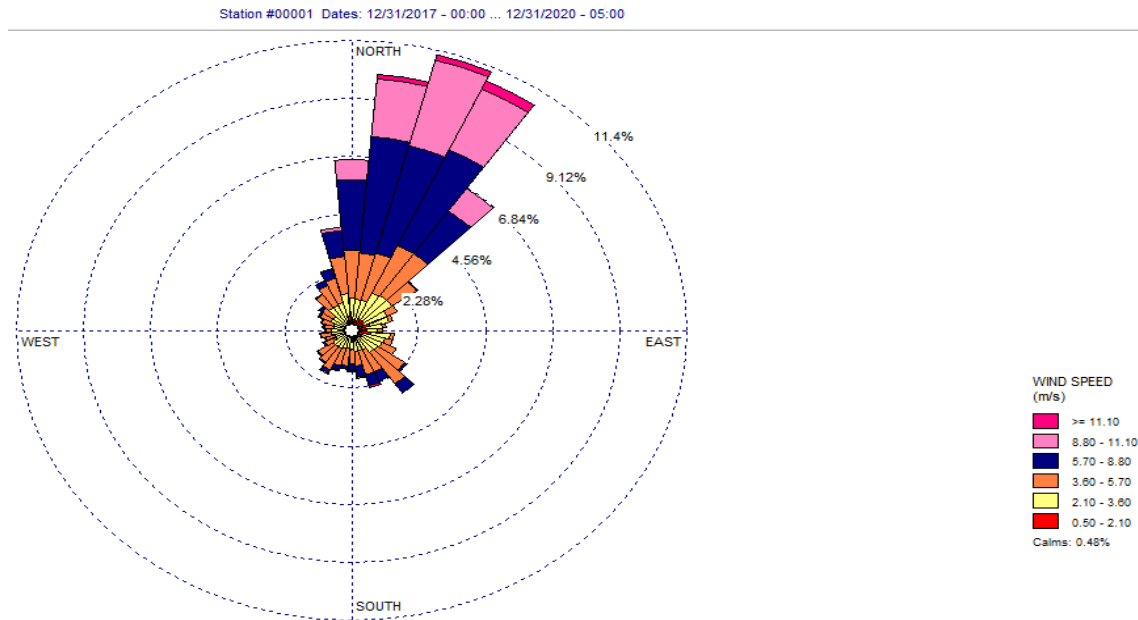
Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-2 Rosa de vientos diurna desde donde sopla el viento (m/s) promedio anual de 2017 - 2020



Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-3 Rosa de vientos nocturno desde donde sopla el viento (m/s) promedio anual de 2017 - 2020

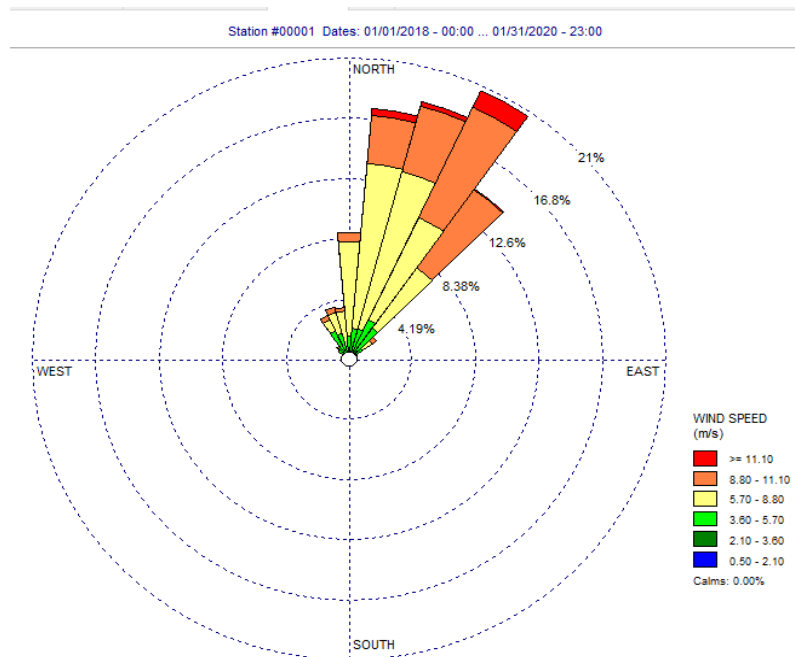


Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Tal y como se muestra en las figuras anteriores, los vientos predominantes en la zona soplan desde el NNNE (Nor Nor Noreste), el NE (Noreste) y el NNor Este (NNE), con algunos componentes ligeramente predominantes desde el SSE (Sur Sur Este). Esta configuración de la rosa de vientos representa brisas en tierra como componentes principales.

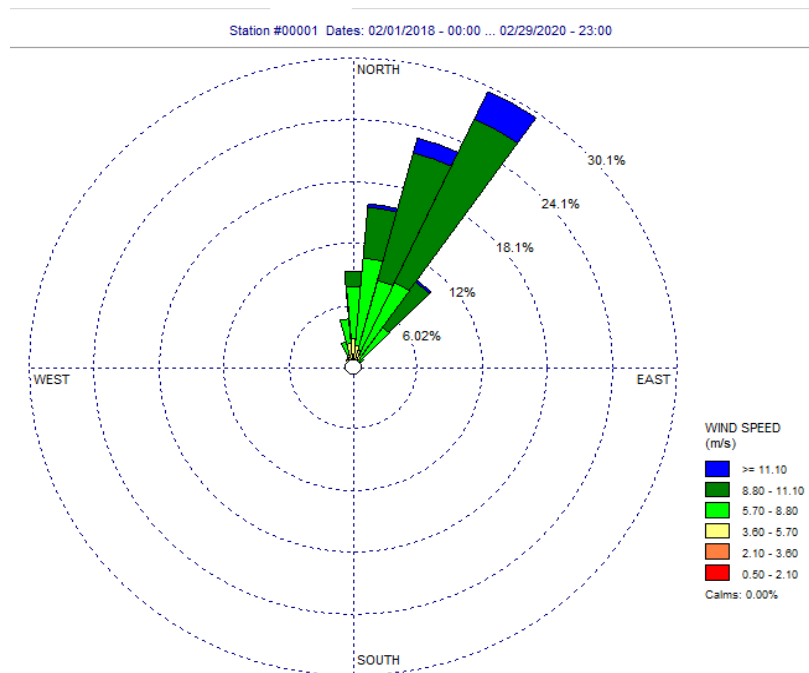
A continuación, se presentan las rosas de vientos con valores mensuales y anuales:

Figura 6-4 Rosa de vientos promedio anual del mes de enero de 2017 a 2020.



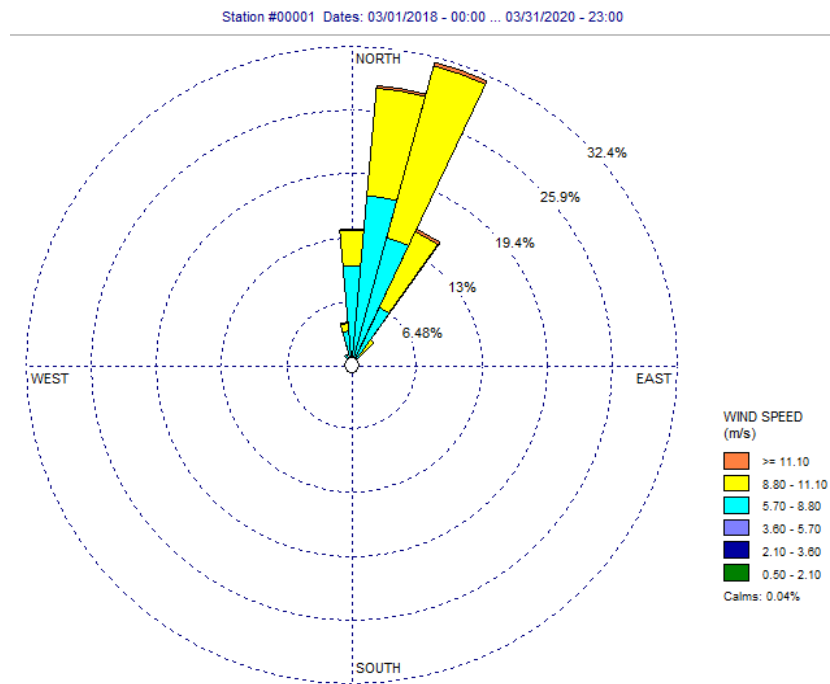
Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-5 Rosa de vientos promedio anual del mes de febrero de 2017 a 2020.



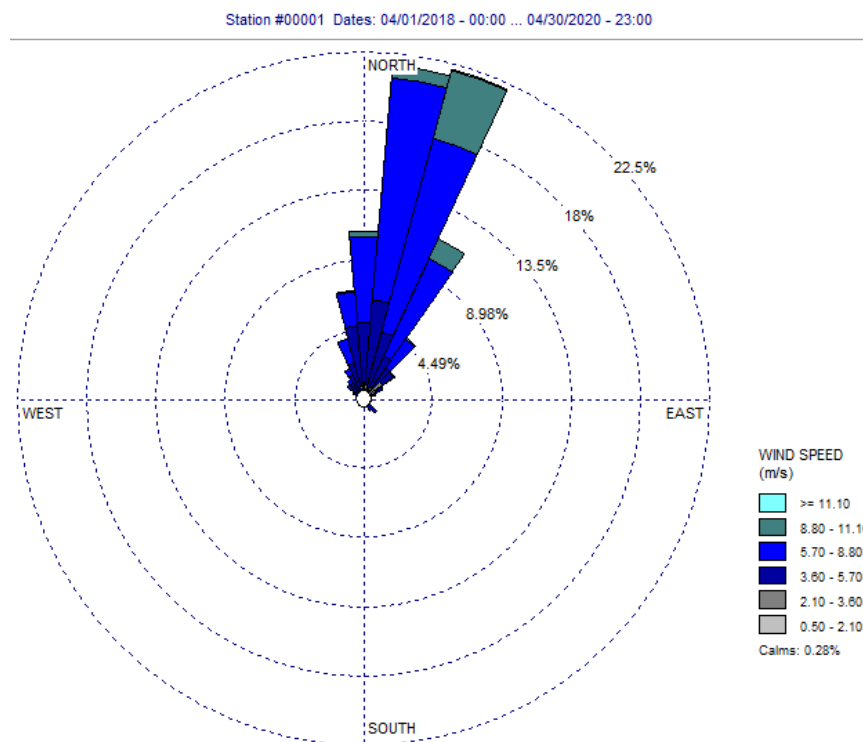
Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-6 Rosa de vientos promedio anual del mes de marzo de 2017 a 2020



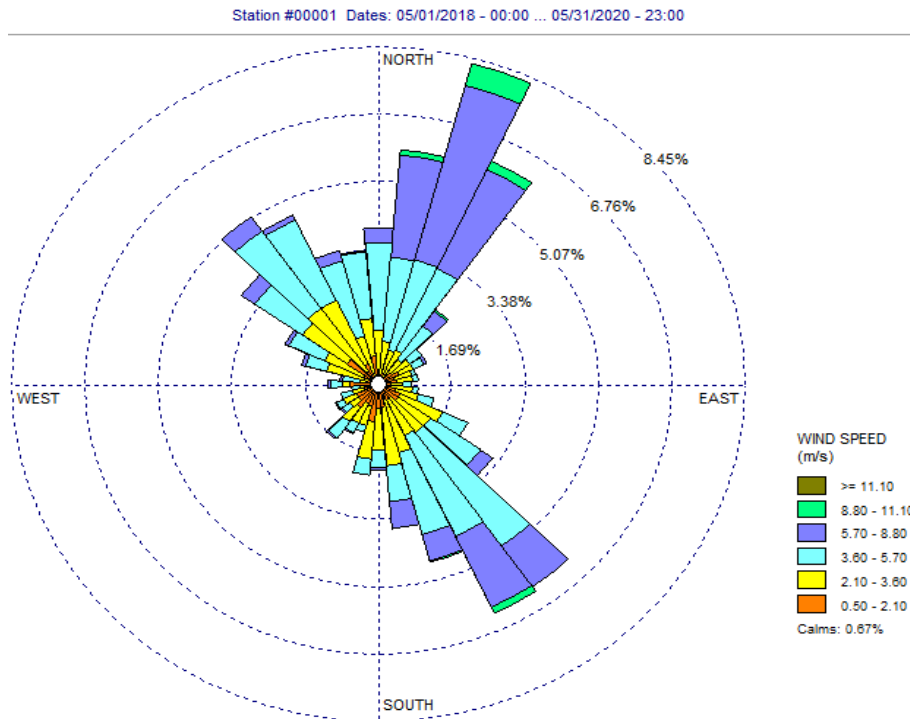
Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-7 Rosa de vientos promedio anual del mes de abril de 2017 a 2020



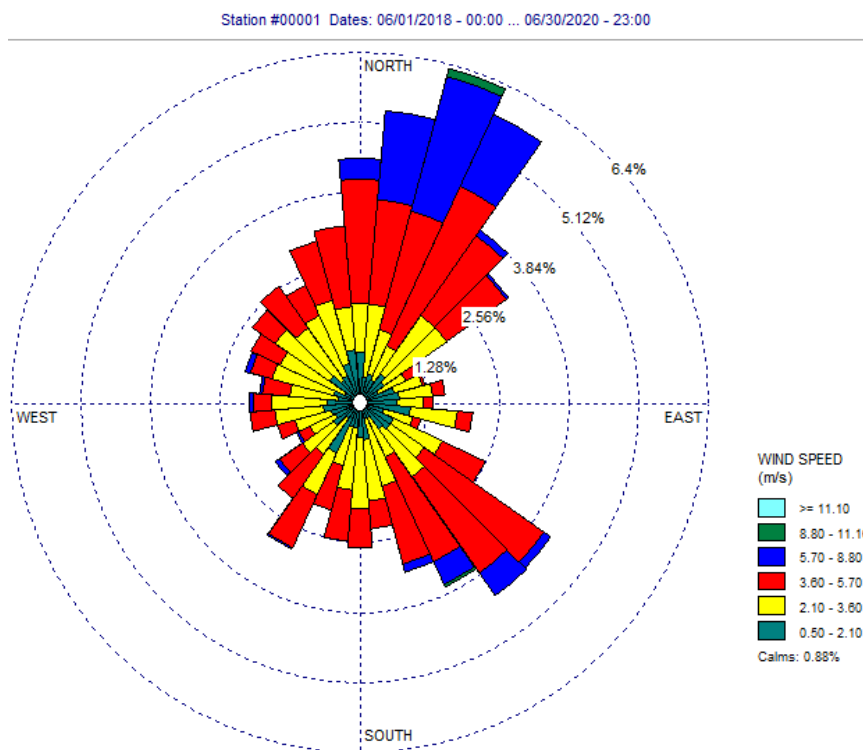
Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-8 Rosa de vientos promedio anual del mes de mayo de 2017 a 2020



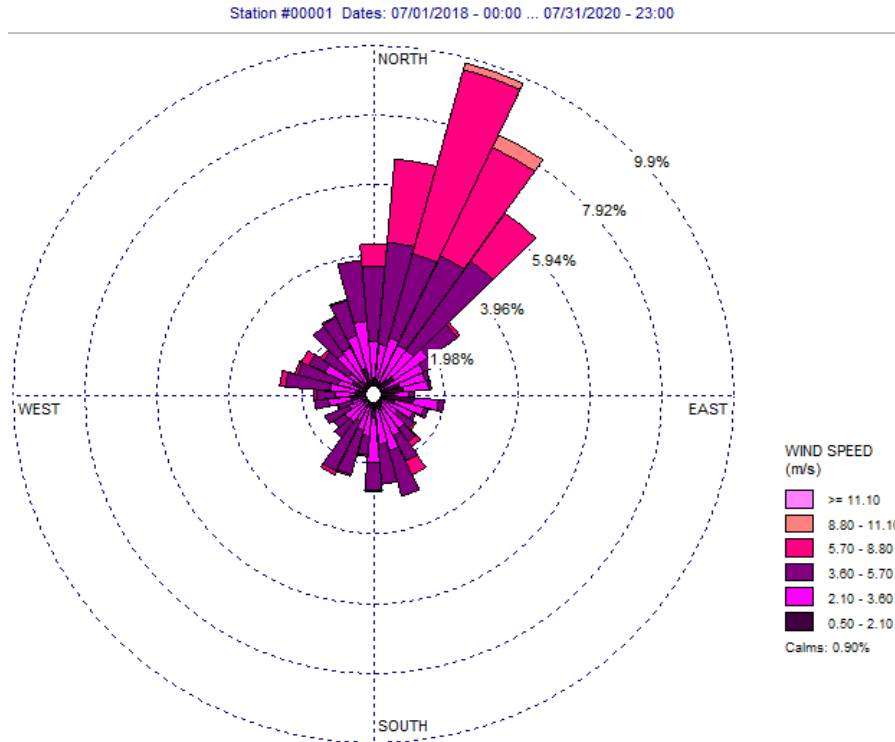
Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-9 Rosa de vientos promedio anual del mes de junio de 2017 a 2020



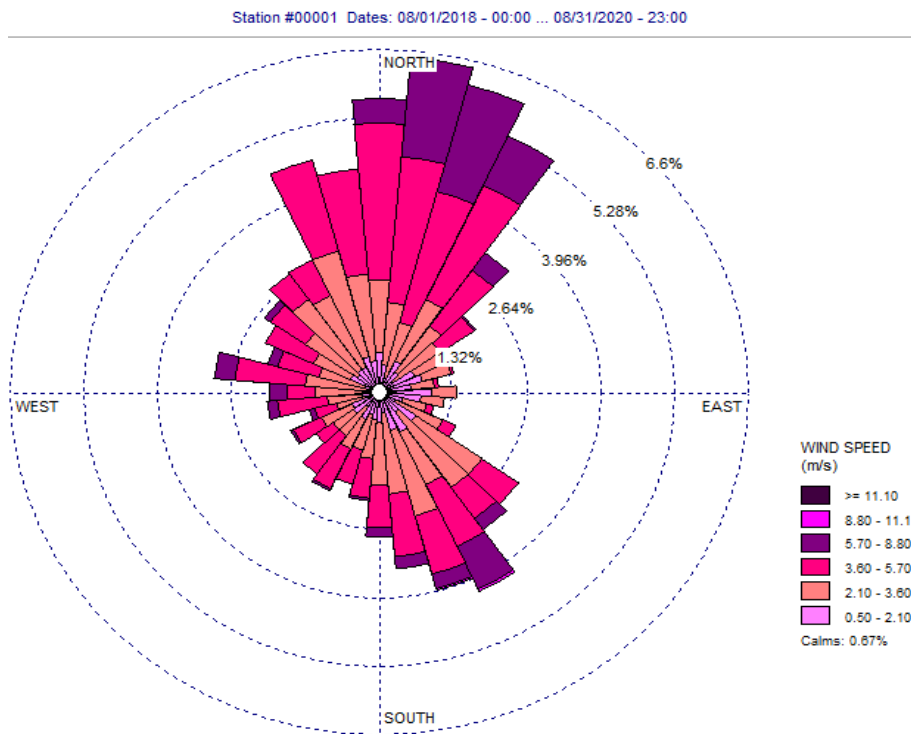
Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-10 Rosa de vientos promedio anual del mes de julio de 2017 a 2020



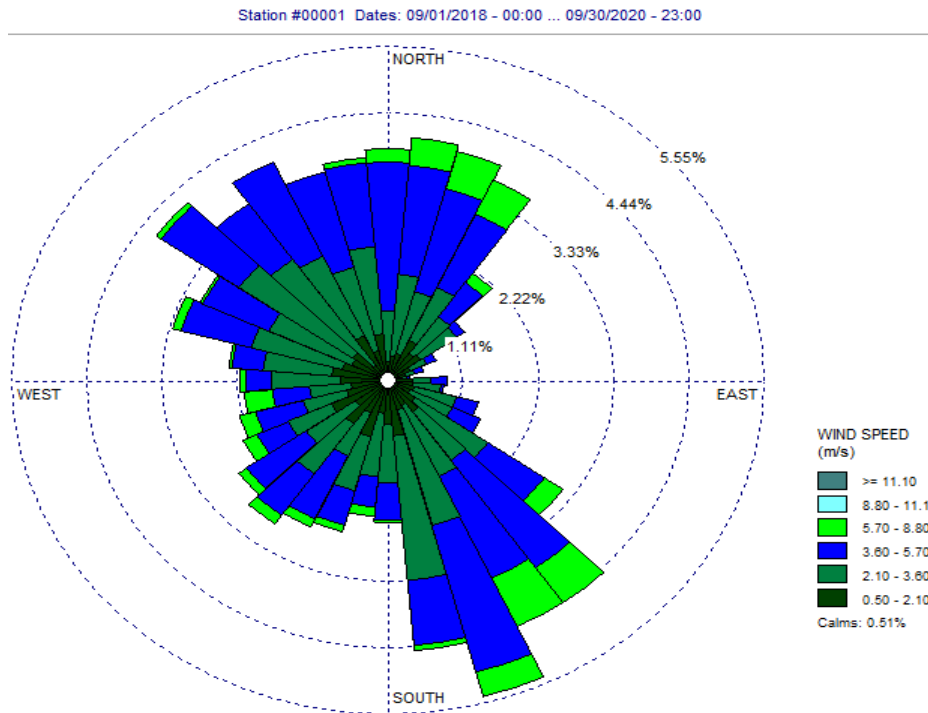
Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-11 Rosa de vientos promedio anual del mes de agosto de 2017 a 2020



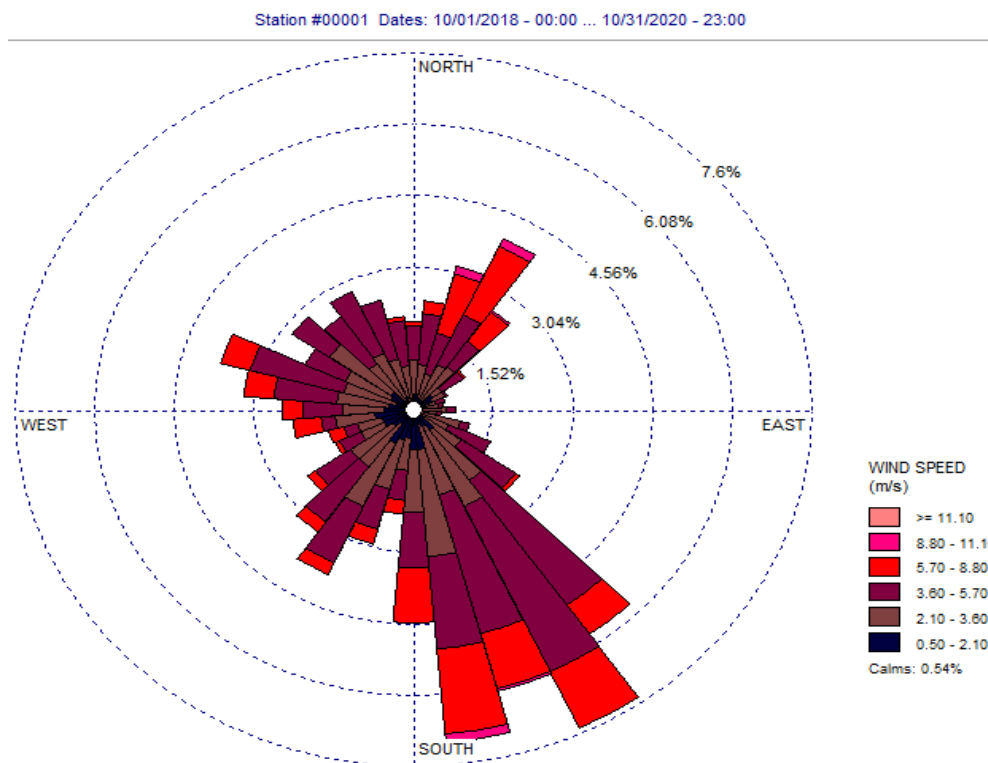
Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-12 Rosa de vientos promedio anual del mes de septiembre de 2017 a 2020



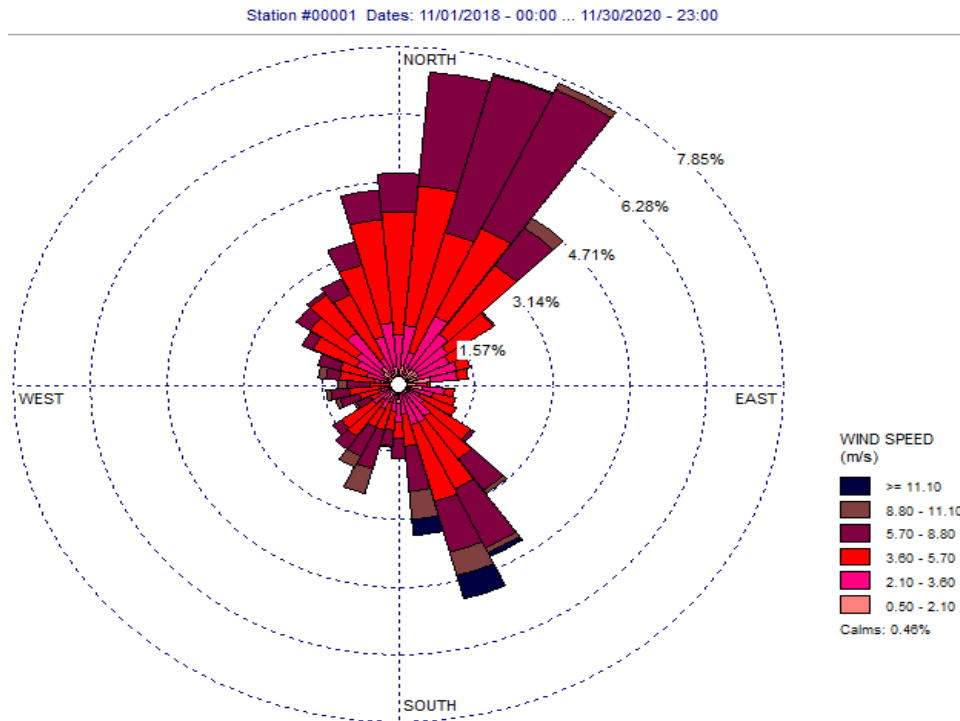
Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-13 Rosa de vientos promedio anual del mes de octubre de 2017 a 2020



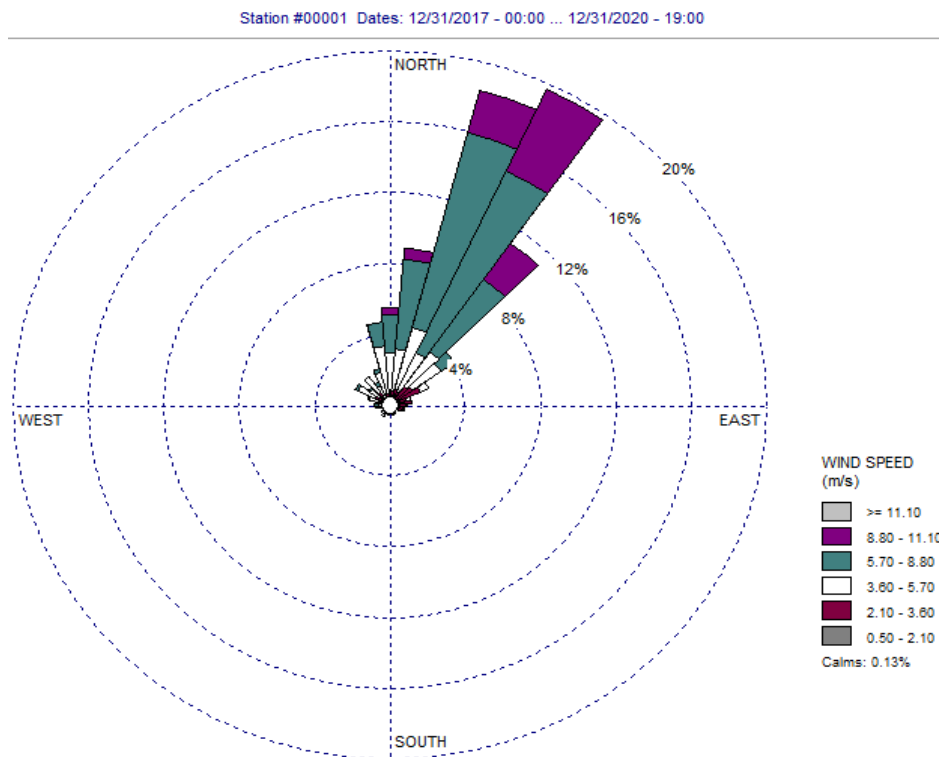
Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-14 Rosa de vientos promedio anual del mes de noviembre de 2017 a 2020



Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-15 Rosa de vientos promedio anual del mes de diciembre de 2017 a 2020



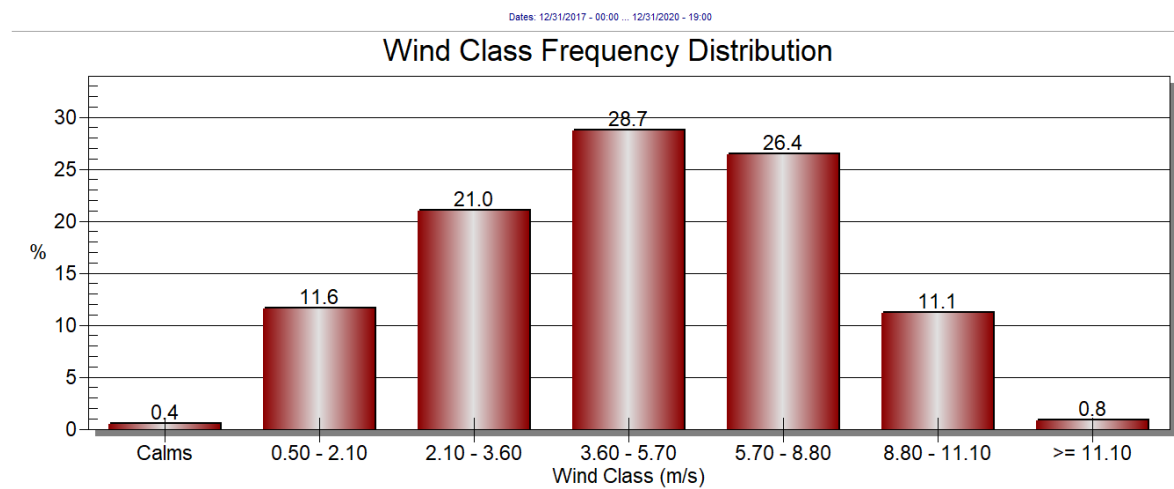
Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

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

Total No. of Hours:	26304
Average Wind Speed:	5.11 m/s
Calm Records:	112
Calm Winds Frequency:	0.43%
Data Availability:	100.00%
Incomplete/Missing Records:	0
Total Records Used:	26304

Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Figura 6-17 Distribución de Frecuencia de Clases del Viento



Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

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 2 puntos de interés; uno dentro del área donde se llevará a cabo el proyecto y otro fuera del perímetro del proyecto colindante con el vecino más cercano, 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, 2021. Data facilitada por nuestro cliente.

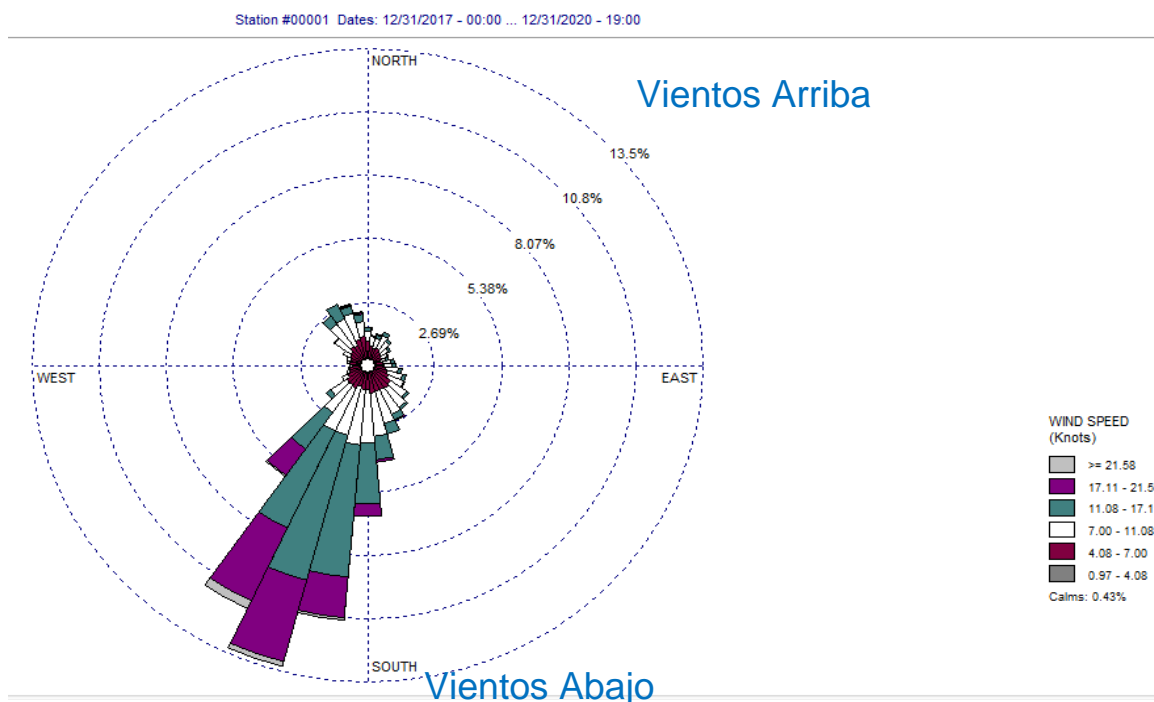
Tabla 7-1 Resultados de monitoreo de calidad de aire – por una hora

No.	Punto	Material Particulado	
		(PM10)	
		Horario	
		Diurno	Nocturno
1	Límite del área de proyecto (En las proximidades de la empresa AES Colón S.A. y STI).	11:26 a.m. a 12:26 p.m. Resultado: 28,0 $\mu\text{g}/\text{N-m}^3$	07:04 p.m. a 08:04 p.m. Resultado: 28,0 $\mu\text{g}/\text{N-m}^3$
2	Límite del área de proyecto (En las proximidades de la empresa AES Colón S.A. y STI).	02:23 p.m. a 03:23 p.m. Resultado: 29,0 $\mu\text{g}/\text{N-m}^3$	

Fuente: Eco Solutions MGB, Inc. Octubre, 2021.

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 periodos muy cortos de tiempo pueden no ser significativas de la condición de calidad de aire anual de las áreas evaluadas.

Figura 7-2 Flujo y dirección del viento, diaria (24 hrs) hacia donde sopla el viento (nudos) promedio anual de 2017 - 2020



Fuente: AERMET Grupo ITS, 2021.

Dada la condición dominante de vientos de la zona, puede señalarse que parte de los contaminantes pueden desplazarse vientos arriba en dirección Noreste, y los vientos en dirección Suroeste puede identificarse como vientos abajo para el caso de las emisiones.

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 “Producción de Cemento”, con número de CIU: 3692. Según lo que indican la legislación panameña:

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

Actividad (CIU)	Límites Máximos Permisibles (mg/Nm ³ a menos que indique otra unidad) ¹		
	Partículas Totales	Óxidos de Azufre	Óxidos de Nitrógeno
Producción de Cemento (3692)	50	400	600
Fundiciones (3720)	20 ^b	---	---
Molinos de Papel ³ (3419)	100 ^d	---	2 kg/t de PS*
Ingenios Azucareros (3131)	100 ⁱ	2000 ^h	Combustibles líquidos: 460 ^f Combustibles sólidos: 750 ^g
Generación Termoeléctrica ⁴ (4101)	50 ^{k,1}	0.2 tpd/MW (hasta 500 MW) 0.1 tpd/MW (incrementos arriba de 500 MW) No se puede exceder 2000 mg/Nm ³ ni 500 tpd	Carbón: 750 ^m Petróleo: 460 Gas: 320
Generación Termoeléctrica con Turbinas de Gas (4101)			Gas: 125 Diesel Nº2: 165 Bunker Nº6 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 ⁴	50 ⁿ 100 ^o	2000 ^p	Carbón: 750 Petróleo: 460 Gas: 320

Fuente: www.gacetaoficial.gob.pa/

Panamá no cuenta actualmente con una norma de calidad de aire (inmisiones) que fije o establezca los estándares ambientales para los contaminantes de interés modelados en este ejercicio. Existe un ante proyecto de norma desde al año 2006 cuyos estándares se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 7.1 - 2 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). ⁴	

Fuente: CAPAC, 2010.

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

⁴ 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 - 3 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 ^(a)	Not to be exceeded
Nitrogen Dioxide (NO₂)		primary	1 hour	100 ppb	98th percentile of 1-hour daily maximum concentrations, averaged over 3 years
		primary and secondary	1 year	53 ppb ^(a)	Annual Mean
Ozone (O₃)		primary and secondary	8 hours	0.070 ppm ^(a)	Annual fourth-highest daily maximum 8-hour concentration, averaged over 3 years
Particle Pollution (PM)	PM _{2.5}	primary	1 year	12.0 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
Sulfur Dioxide (SO₂)		primary	1 hour	75 ppb ^(a)	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>.

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

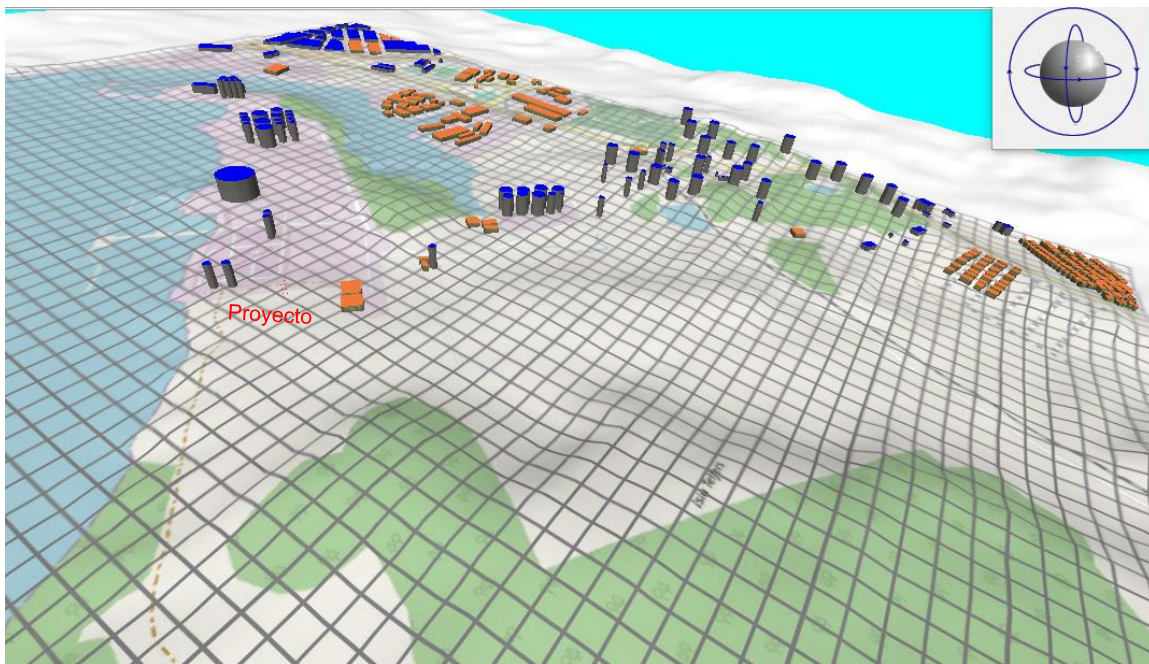
Teniendo en cuenta la ubicación del proyecto y sus alrededores, receptores de interés, áreas sensibles, así como los puntos de monitoreo de calidad de aire, se estableció un dominio de modelación de 3,5 km por 3,5 km, con receptores ubicados cada 50 m.

Figura 8-1 Dominio de simulación y malla de receptores



Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS.

Figura 8-2 Dominio de simulación, malla receptores con acercamiento



Fuente: AERMOD, BPIP, Grupo ITS.

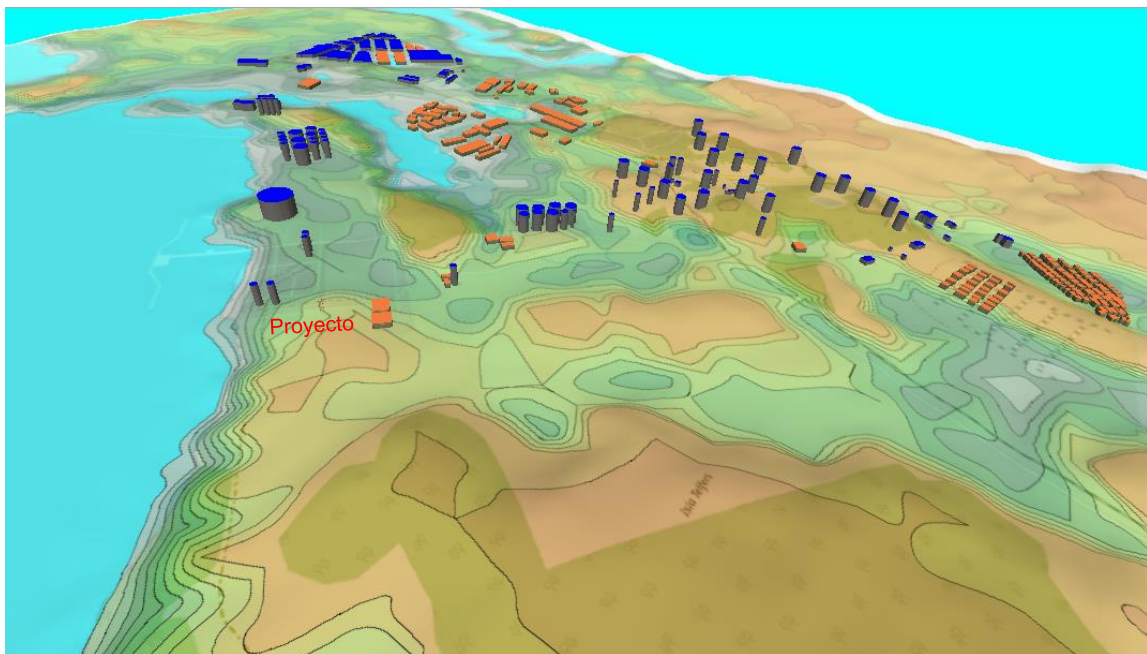
8.2 MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)

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.

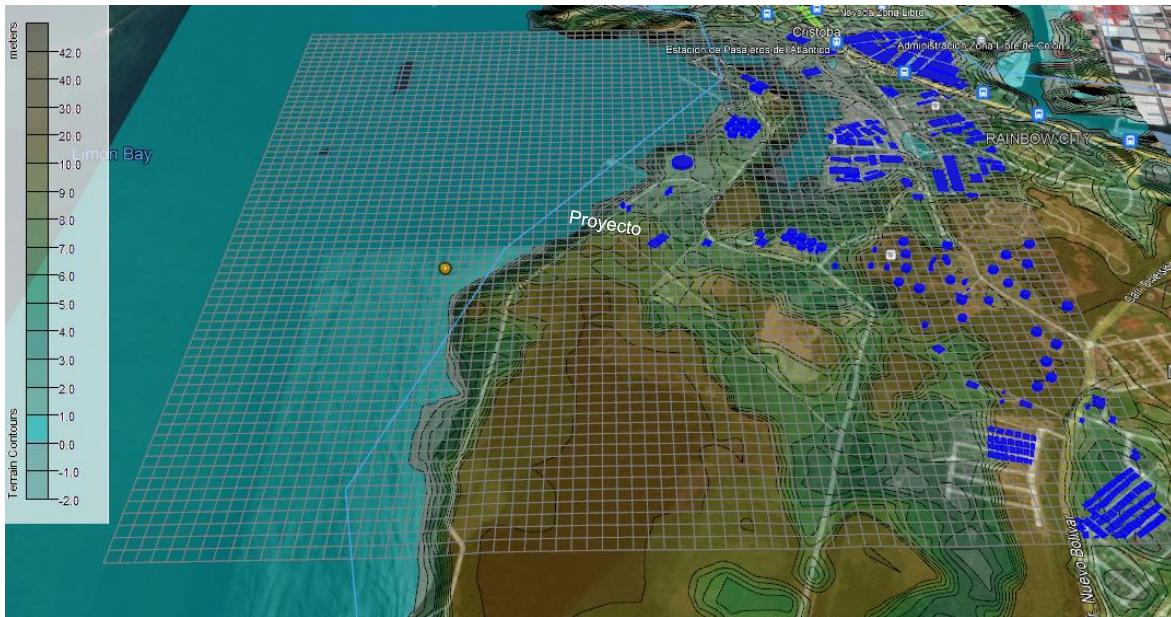
En la siguiente figura se muestra el modelo 3D utilizado para la presente modelación.

Figura 8.2-1 Modelo digital de terreno 3D. Exageración vertical 3 a 1



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

Figura 8.2 - 2 Preprocesador de terreno, datos topográficos en Google Earth



Fuente: AERMAP, Topografía en Google Earth, malla de receptores, edificios y topografía.

8.3 FUENTES DEL MODELO

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

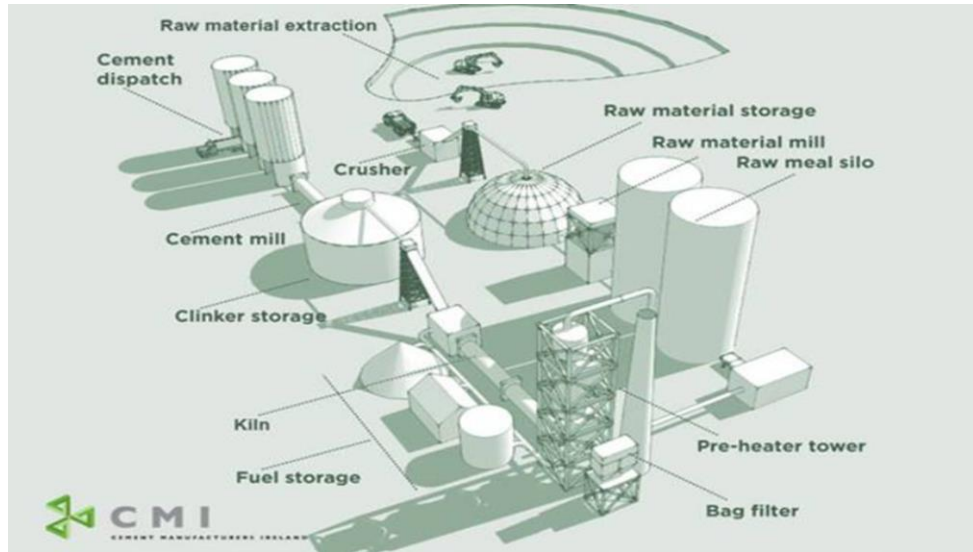
8.3.1 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS FUENTES.

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

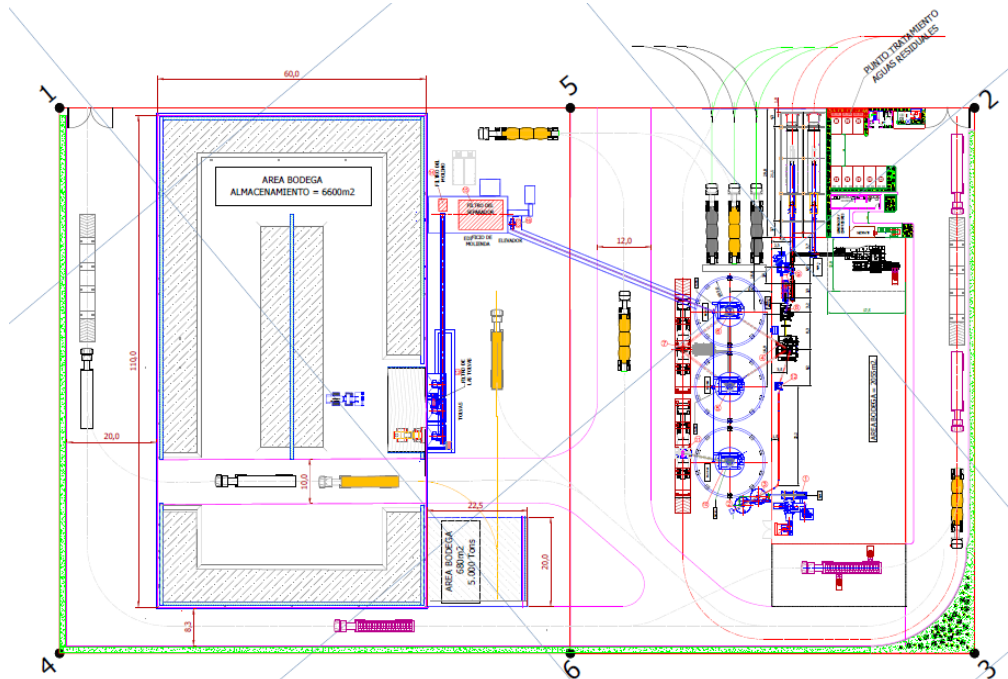
Para la modelación se tuvieron en cuenta las edificaciones del área, utilizando como base fotos satelital libres (Google Earth), mediciones in-situ y planos de elevación del Proyecto facilitados por nuestro cliente.

Figura 8.3.1-1 Detalle de fuentes de emisión

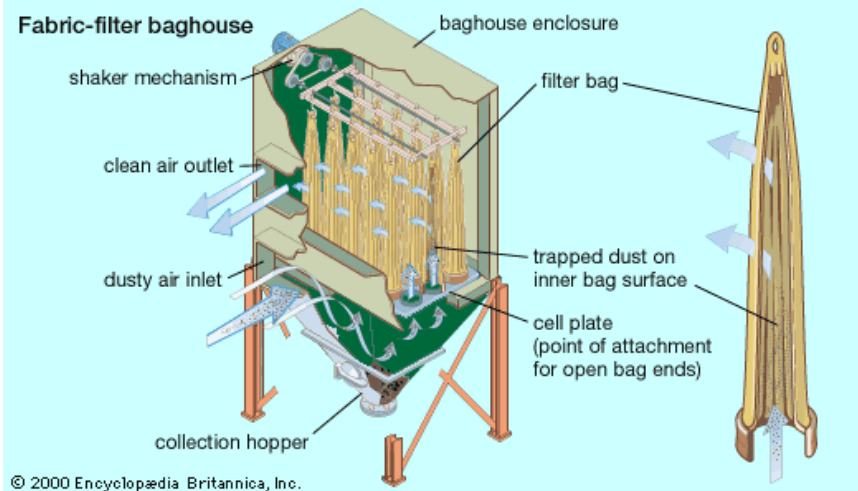
Típica planta de Cemento y Clinker 3D



Planta Propuesta, Etapa 4



DESCRIPCIÓN FILTRO COLECTOR DE POLVO DE MANGAS O TALEGAS



Los colectores de polvo de mangas son una versión a gran escala de una aspiradora. Son uno de los equipos más representativos de la separación de material particulado en el aire, que funcionan gracias al principio de filtración: un ventilador de tiro induce una succión haciendo pasar el aire cargado por medio de un tejido poroso hecho en forma de bolsas cilíndricas (elementos filtrantes) que se fijan a la estructura del filtro y se apoyan en jaulas metálicas.

Estos equipos recolectan el aire cargado de polvo por medio de un conducto de entrada que tiene como función principal distribuir uniformemente el gas en los elementos filtrantes que estos tienen en su interior (ver imagen). Así mismo, en la entrada del filtro hay una disminución de la velocidad del gas, así como un cambio de dirección del flujo de gas, que provoca la precipitación de las partículas más grandes. El flujo se distribuye en toda la superficie de los elementos del filtrantes, cruzándolos desde afuera hacia adentro. Una vez filtrado y limpio, el aire se transporta a la salida del filtro donde es emitido al ambiente en una concentración menor a 20 miligramos por m^3 . Con el fin de mantener la caída de presión dentro de los límites equilibrados, todo el polvo depositado en la superficie externa de los elementos del filtro se limpia automática y periódicamente mediante un fuerte chorro de aire presión (sacudida), este es controlado por un timer y/o diferencial de presión el cuál envía la señal cada una de las electroválvulas y estas se activan para permitir el paso de aire. Cada elemento de filtro tiene una manga por la cual se inyecta aire a alta presión y velocidad, produciendo una ola que sacude y desprende la capa de polvo de la superficie externa de las mangas.

El polvo, separado de la superficie del elemento filtrante, se recoge por gravedad en la tolva del filtro y luego se descarga continuamente gracias a la acción de una válvula rotatoria o el conjunto de un transportador de tornillo junto con una válvula rotativa (dependiendo del tamaño del colector).

DESCRIPCIÓN ASPIRADORA INDUSTRIAL



La aspiradora son equipos muy versátiles y utilizados en diferentes tipos de industrias para la recolección de residuos y/o derrames generados por los diferentes procesos de producción, estas funcionan gracias a un motor. Cuando el motor se enciende, este acciona un ventilador que, a su vez, reduce la presión del aire en su interior. En ese momento, se crea un vacío parcial obligando a entrar al aire a través de la manguera de la aspiradora.

Una vez dentro de la aspiradora, el polvo y la suciedad pueden ser filtrados de diferentes maneras, y esto dependerá del tipo de aspiradora que tenga. Para las aspiradoras de bolsa, el aire entra por medio de la bolsa para pasar al material poroso, dejando la suciedad atrapada en la bolsa.

Otras aspiradoras como es el caso de las utilizadas en la industria del cemento usan además de la bolsa que atrapa la suciedad, un colector de polvo a pequeña escala el cuál es el encargado de controlar la polución y/o material particulado que se genera durante la succión, gracias a su enorme potencia, de hecho, pueden transportar polvos y sólidos con muchas características incluso a decenas o cientos de metros, y luego descargarlos a través de tolvas o separadores.

DESCRIPCIÓN BARREDORA INDUSTRIAL



Las barredoras industriales son equipos necesarios en cualquier espacio público, edificio o empresa. Con ellas se pueden conseguir acabados limpios de una forma muy sencilla, agilizando la labor de despejar todos los desechos de los suelos y al mismo tiempo poder quitar los rastros de polvo u hojas, entre otros.

La tarea principal de las barredoras industriales es el de mantener los jardines, terrazas o pisos en un estado óptimo de limpieza.

Para que esto sea posible es necesario que sean maniobradas por una persona que sepa controlarlas adecuadamente. Las barredoras industriales emplean un movimiento giratorio de dos cepillos que están localizados en la parte delantera de la misma, dirigiendo los residuos a la parte inferior del dispositivo en donde está otro cepillo que atrae la suciedad por medio de un ventilador de aspirado el cual se encarga de transportar la suciedad hacia la tolva de almacenamiento, para el control de material particulado, están equipadas con un control de polvo seco y un control de polvo húmedo

Etapa 1

P-TER PAN FILTROS ETAPA 1				
Íte m	Descripción	Ubicación	Chimenea	Capacidad de Filtración
1	Filtro de mangas Tolva de descarga de big bags No.1	Cargue a Granel	No	1750m3/h
2	Filtro de mangas Tolva de descarga de big bags No.2	Cargue a Granel	No	1750m3/h
3	Filtro de cartuchos insertable Zaranda de 40t/h	Cargue a Granel	No	1780m3/h
4	Filtro de cartuchos insertable Chute telescópico	Cargue a Granel	No	2100m3/h
5	Filtro de mangas Tolva de descarga de big bags No.3	Sistema de Empaque	No	1750m3/h
6	Filtro de mangas Empacadora Haver y Zaranda 40t/h	Sistema de Empaque	No	5800m3/h
7	Filtro de cartuchos Limpiador de sacos	Sistema de Empaque	No	1200m3/h

Etapa 2

P-TER PAN FILTROS ETAPA 2				
Ítem	Descripción	Ubicación	Chimenea	Capacidad de Filtración
1	Filtro de mangas Tolva de descarga de big bags No.3	Sistema Mezclado	No	1750m3/h
2	Filtro de mangas Tolva de descarga de big bags No.4	Sistema Mezclado	No	1750m3/h
3	Filtro de cartuchos Mezclador	Sistema Mezclado	No	1500m3/h
4	Filtro de cartuchos insertable Zaranda de 60t/h	Sistema Empaque	No	1780m3/h
5	Filtro de mangas Empacadora 4 bocas en línea	Sistema Empaque	No	5600m3/h
6	Filtro de mangas Molino de Caliza	Sistema Molienda Materia Prima	No	5760m3/h
7	Filtro de cartuchos insertable Silo Almacenamiento caliza No1 de 105m3	Almacenamiento materias primas	No	14m2
8	Filtro de cartuchos insertable Silo Almacenamiento caliza No2 de 105m3	Almacenamiento materias primas	No	14m2
9	Filtro de cartuchos insertable tolva de 2.0m3	Sistema transporte Materias Primas	No	14m2

Etapa 3

P-TER PAN FILTROS ETAPA 3				
Ítem	Descripción	Ubicación	Chimenea	Capacidad de Filtración
1	Filtro de Mangas Tolvas alimentación materia	Alimentación molino de cemento	No	2500 m3/h
2	Filtro de Mangas Molino de Cemento	Molienda de cemento	Si	18000 m3/h
3	Filtro de Mangas Separador de Cemento	Molienda de cemento	Si	36000 m3/h
4	Filtro de mangas elevador de cangilones hacia silos de almacenamiento	Alimentación silos de almacenamiento	No	1500 m3/h

Etapa 4

P-TER PAN FILTROS ETAPA 3			
Descripción	Ubicación	Chimenea	Capacidad de Filtración
Filtro de Mangas Silo Almacenamiento No.1 de 5100m3	Silo almacenamiento	No	4000m3/h
Filtro de Mangas Silo Almacenamiento No.2 de 5100m3	Silo almacenamiento	No	4000m3/h
Filtro de Mangas Cargue a Granel	Cargue a Granel	No	3000m3/h
Filtro de cartuchos insertable Zaranda de 60t/h	Sistema Empaque	No	1780m3/h
Filtro de mangas Empacadora 4 bocas en línea	Sistema Empaque	No	5600m3/h
Filtro de Mangas Silo Almacenamiento No.3 de 5100m3	Silo almacenamiento	No	4000m3/h
Filtro de Cartuchos Cargue a Granel	Cargue a Granel	No	2100m3/h
Filtro de cartuchos insertable tolva de 2.0m3	Sistema transporte Materias Primas	No	14m2

8.4 ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

De acuerdo a la información meteorológicas de los últimos de 3 años (2017 – 2020), se realizó la modelación para la totalidad de las fuentes indicadas en la Tabla 8-4.1.

Para la corrida se evaluó 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

Periodo de Promediación	NO _x (µg/N-m ³)	SO ₂ (µg/N-m ³)	Material Particulado PM-10 (µg/N-m ³)
Diario (24 horas) <i>US EPA NAAQS, Percentil 99TH</i>	10,42	1,59	4,71
Mensual	4,01	0,62	2,20
Anual	0,57	0,089	0,67

Fuente: Grupo ITS. AERMOD, 2021.

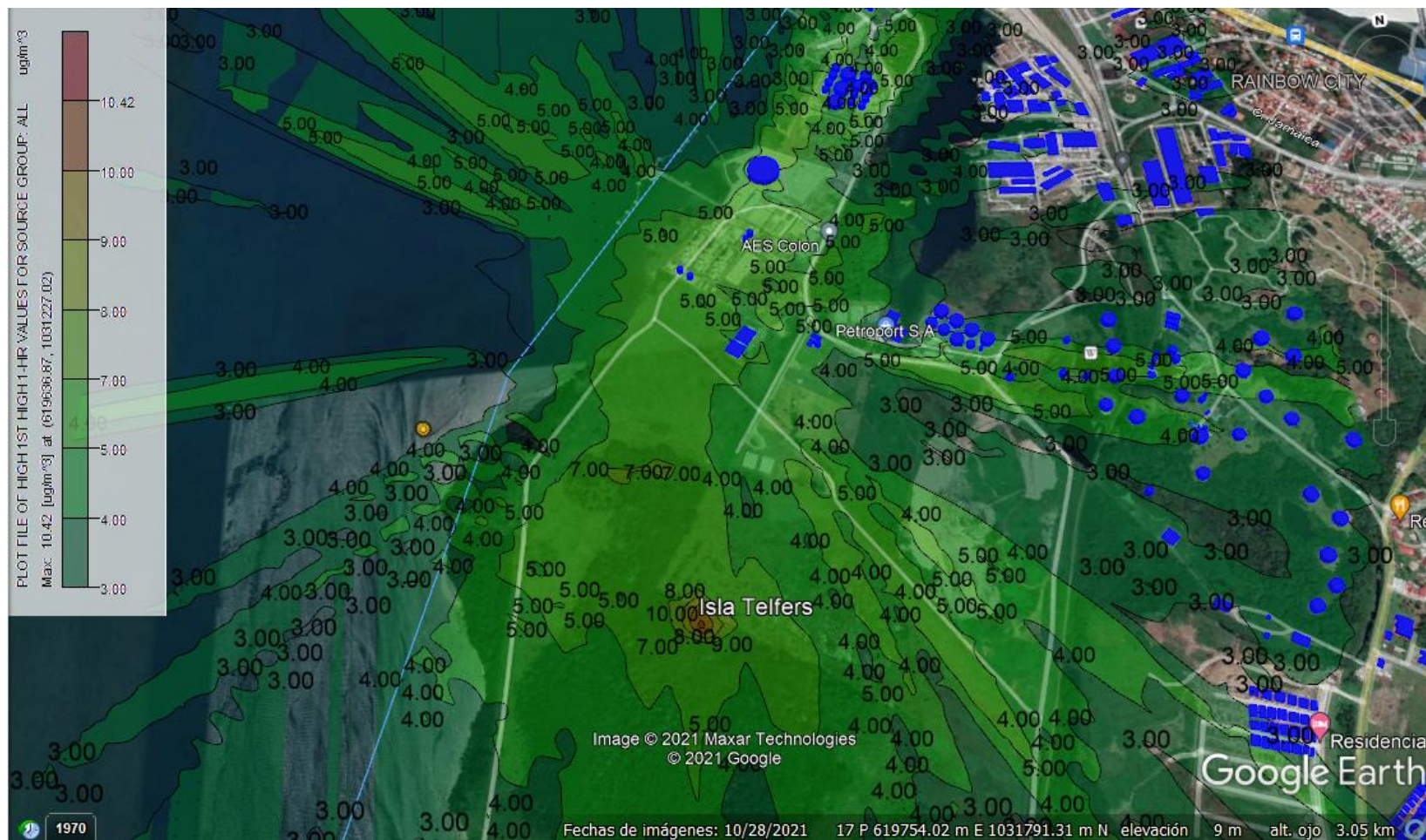
Conclusiones:

- **PM10:** Los resultados del modelaje para emisiones están todos por debajo de los límites máximos normados por el Decreto 5 del 4 de febrero de 2009 Fuente Fijas.
- **SO2:** Los resultados del modelaje para emisiones están todos por debajo de los límites máximos normados por el Decreto 5 del 4 de febrero de 2009 Fuente Fijas.
- **NOx:** Los resultados del modelaje para emisiones están todos por debajo de los límites máximos normados por el Decreto 5 del 4 de febrero de 2009 Fuente Fijas.

Isopletras de resultados.

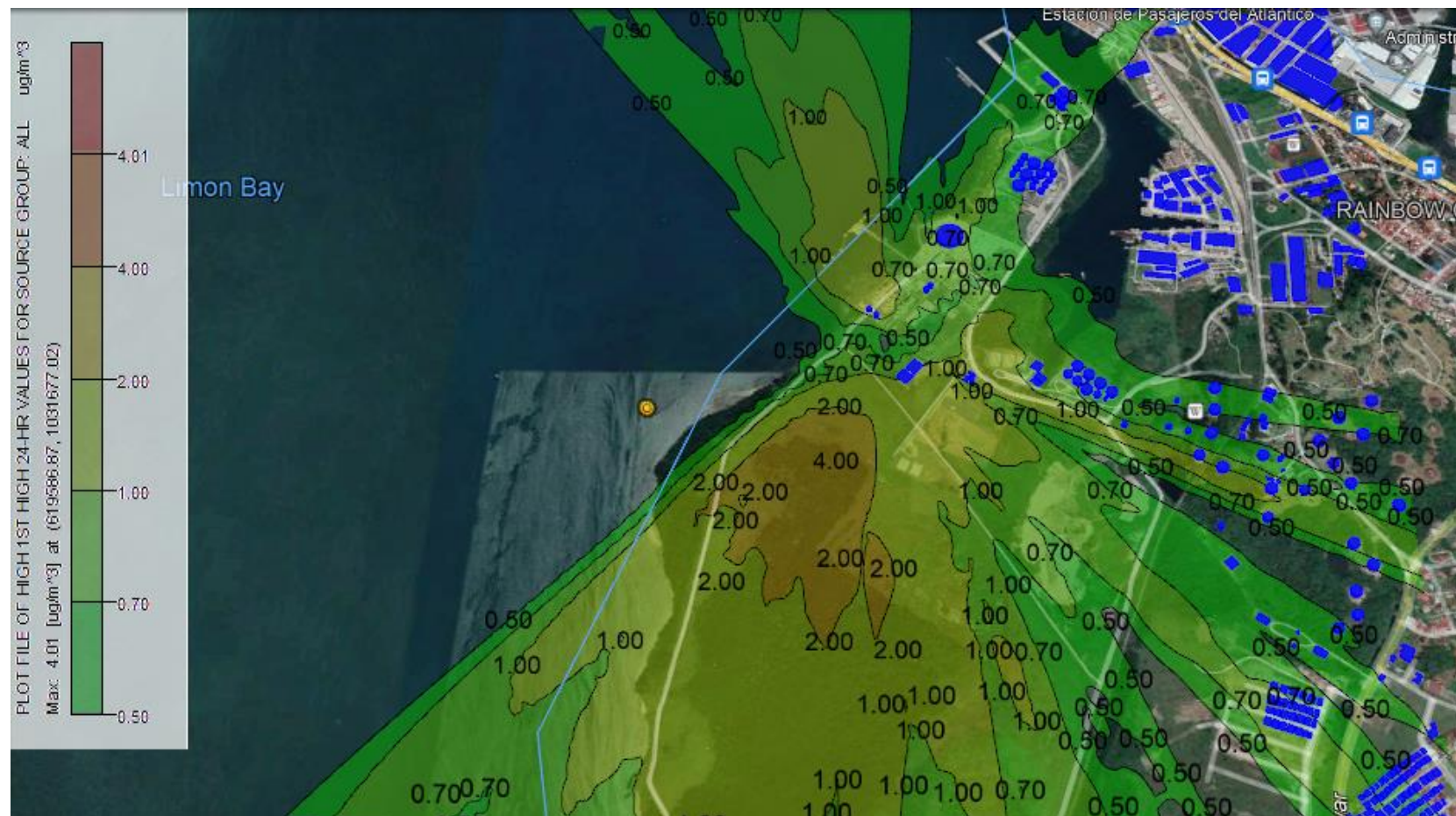
A continuación, se presentan las isopletras de resultados de Inmisiones para el promedio anual, diarios (percentil 99 y percentil 98) y mensuales.

Figura 8.4.1.-.1 NO₂ – Escenario por hora



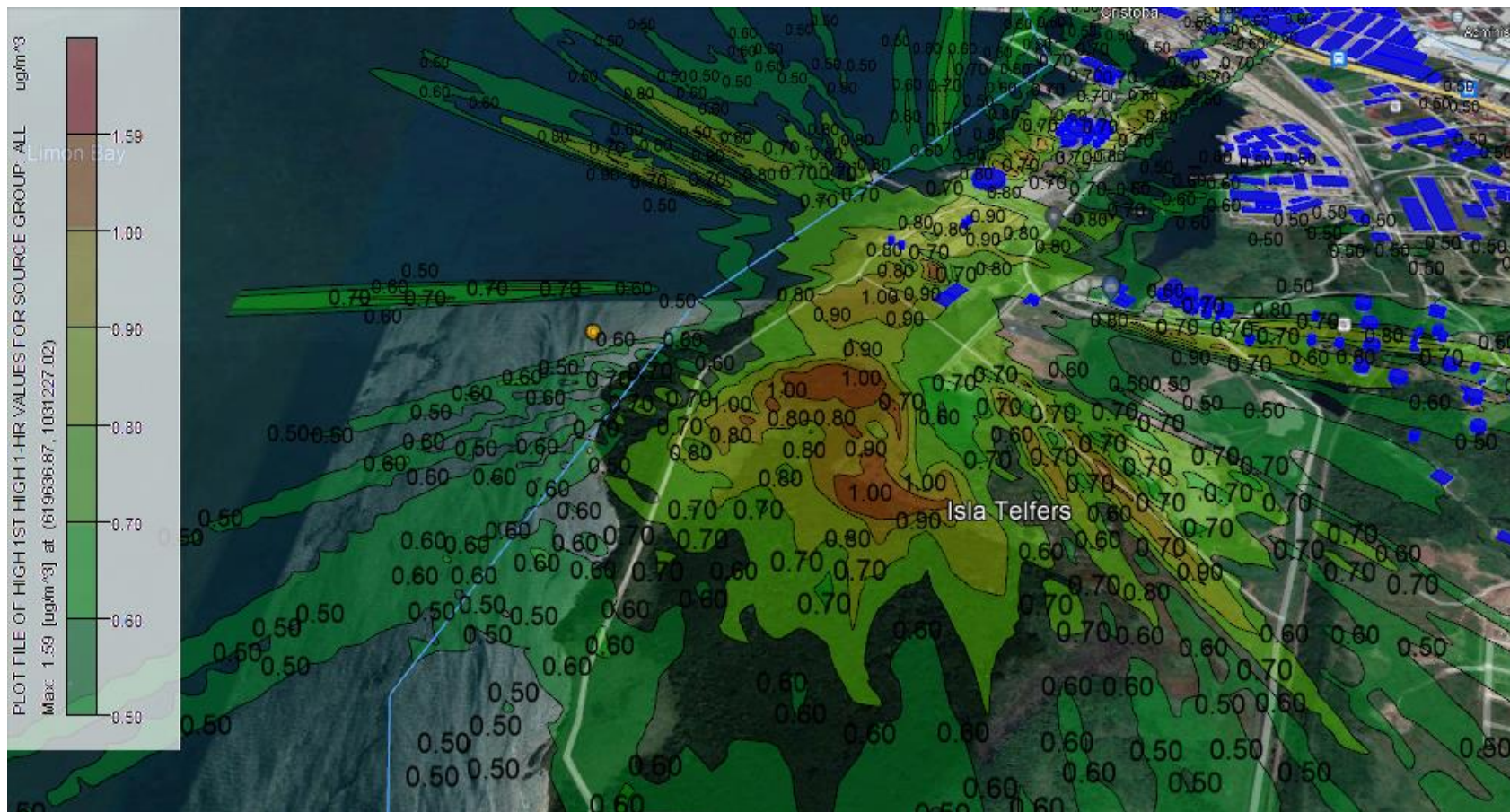
Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

Figura 8.4.1.-2 NO₂ – Escenario Diario (US EPA NAAQS, Percentil 99TH)



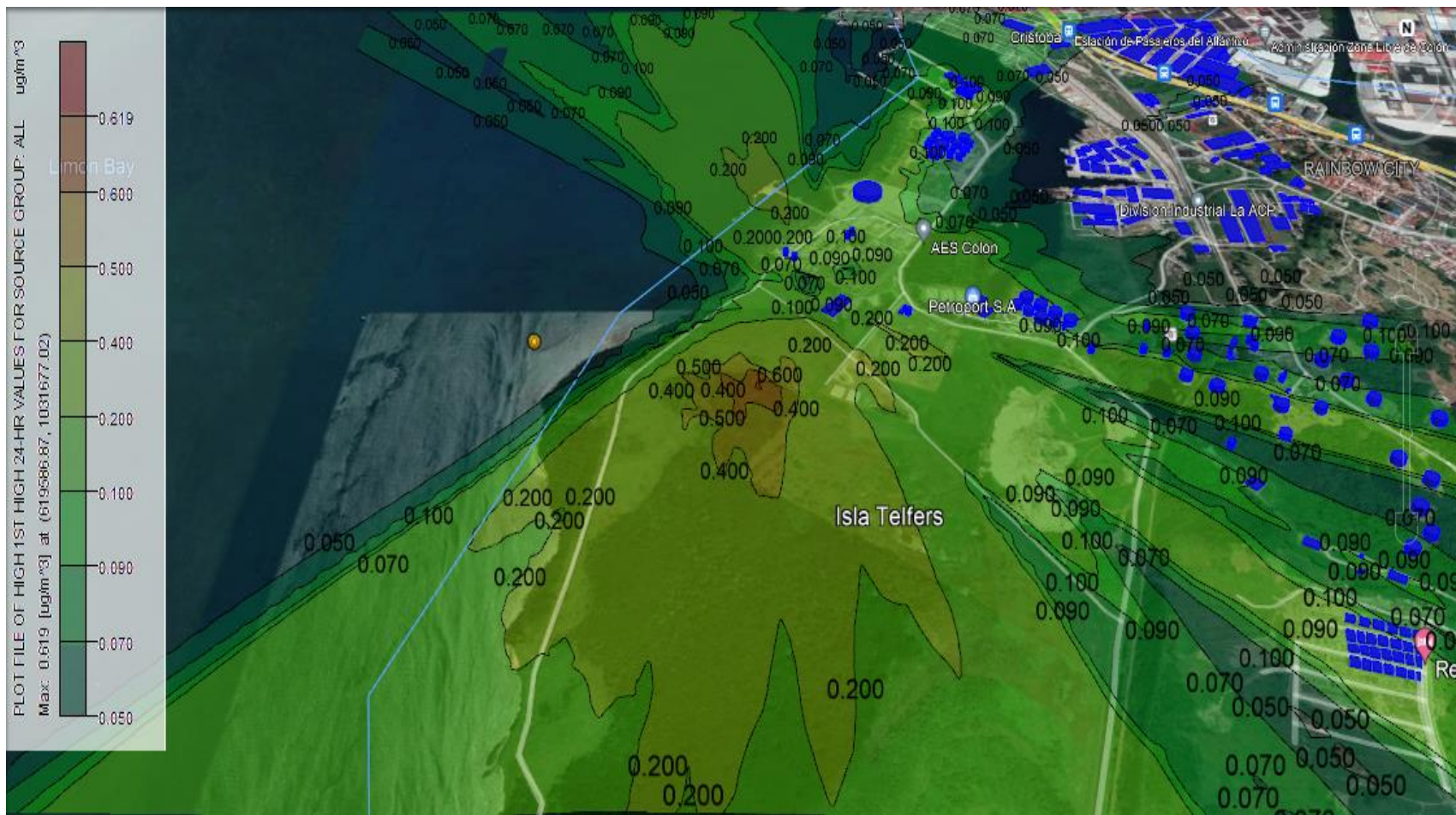
Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

Figura 8.4.1. - 4 SO₂ Escenario por hora



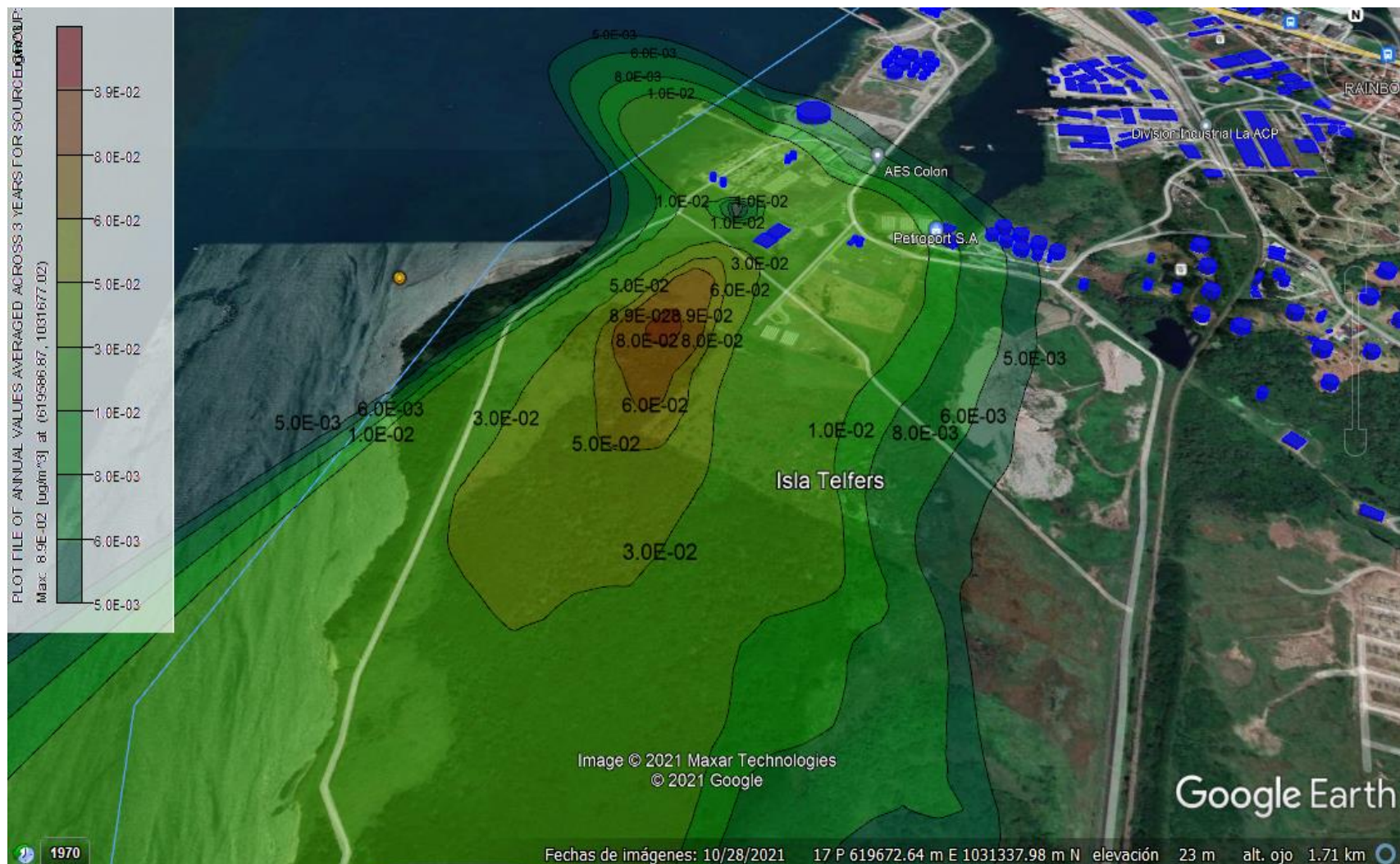
Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

Cuatro 8.4.1.-5 SO₂ Escenario Diario



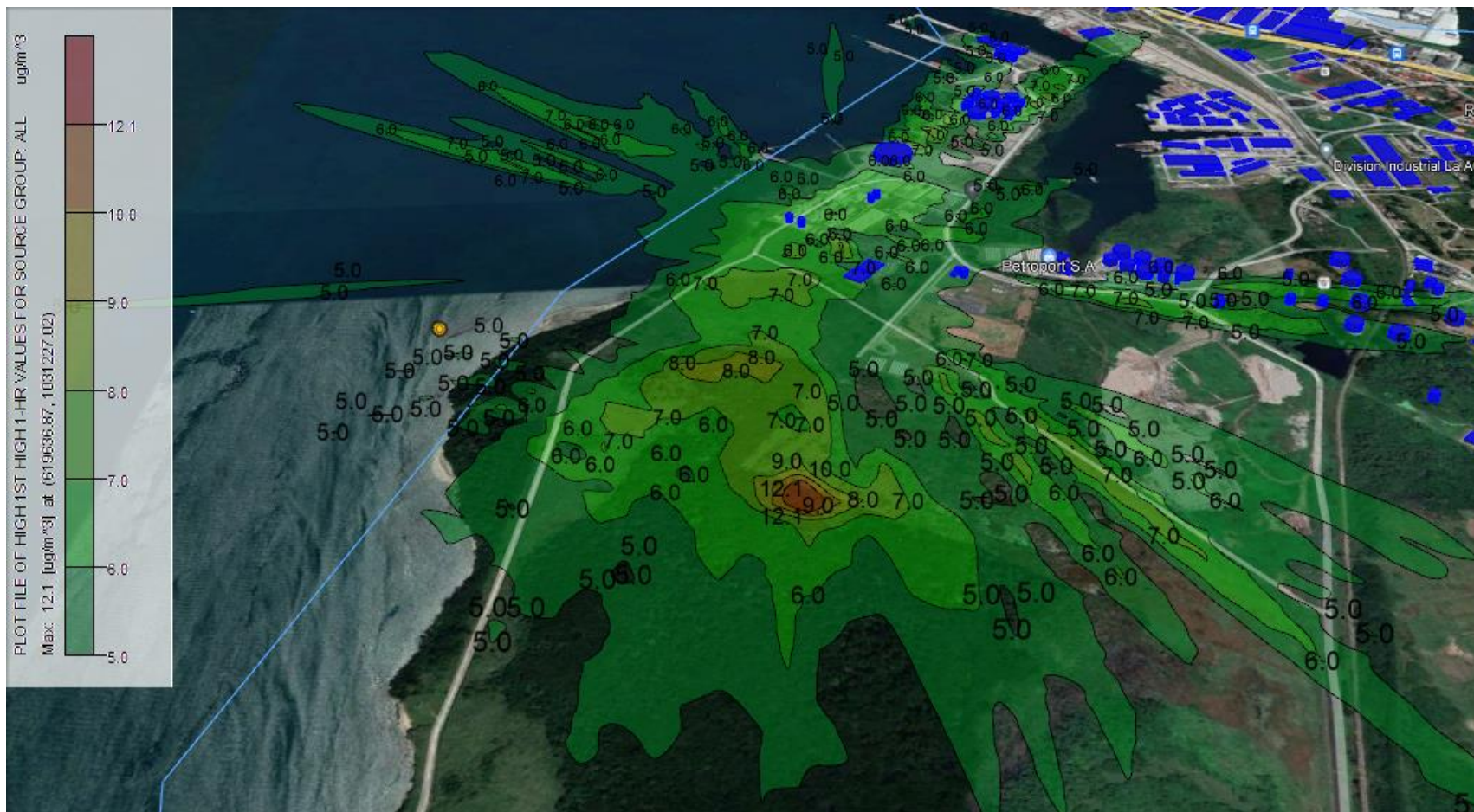
Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

Figura 8.4.1. - 6 SO₂ Escenario Anual



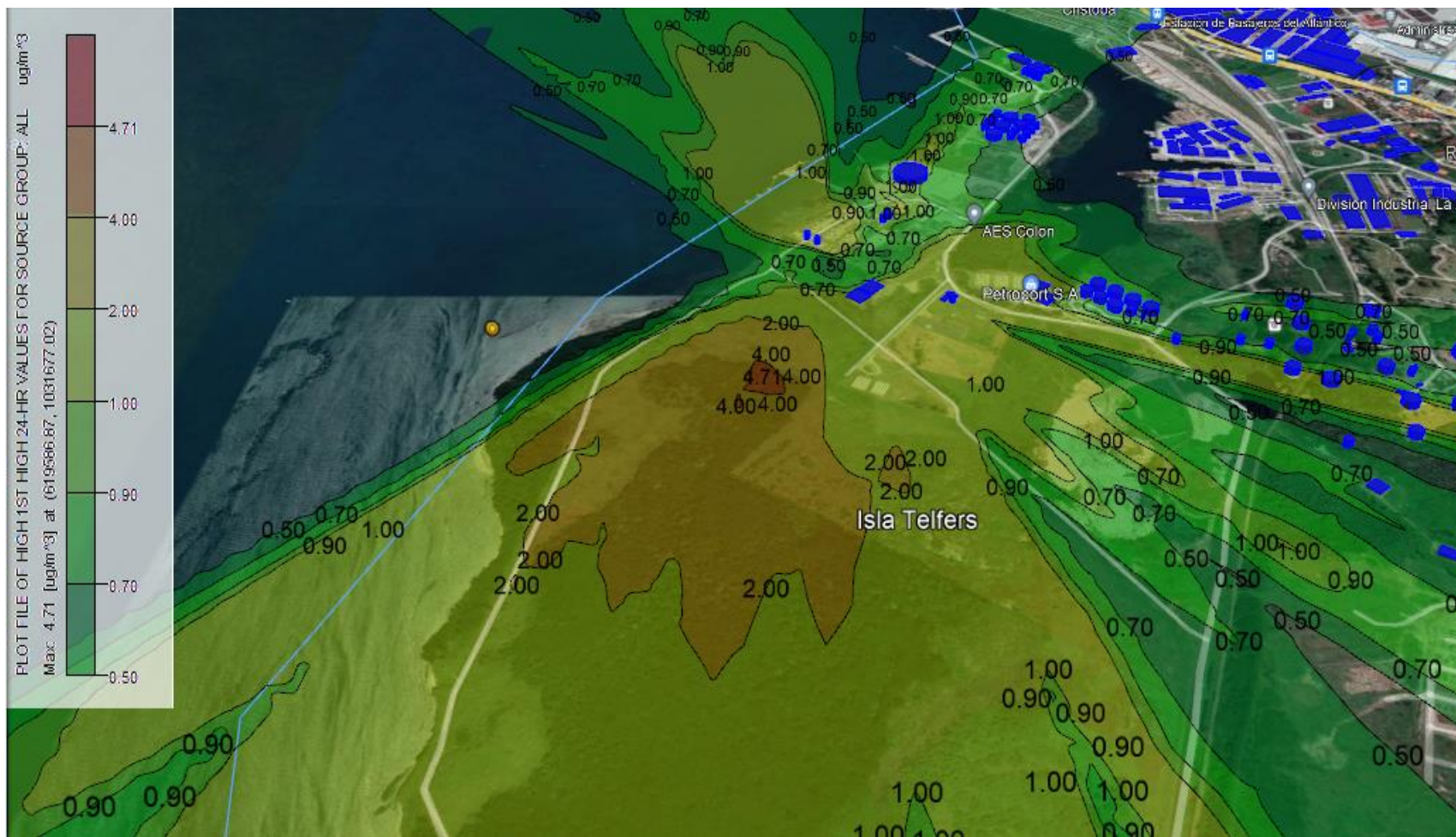
Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

Figura 8.4.1. - 7 PM-10 Escenario por Hora



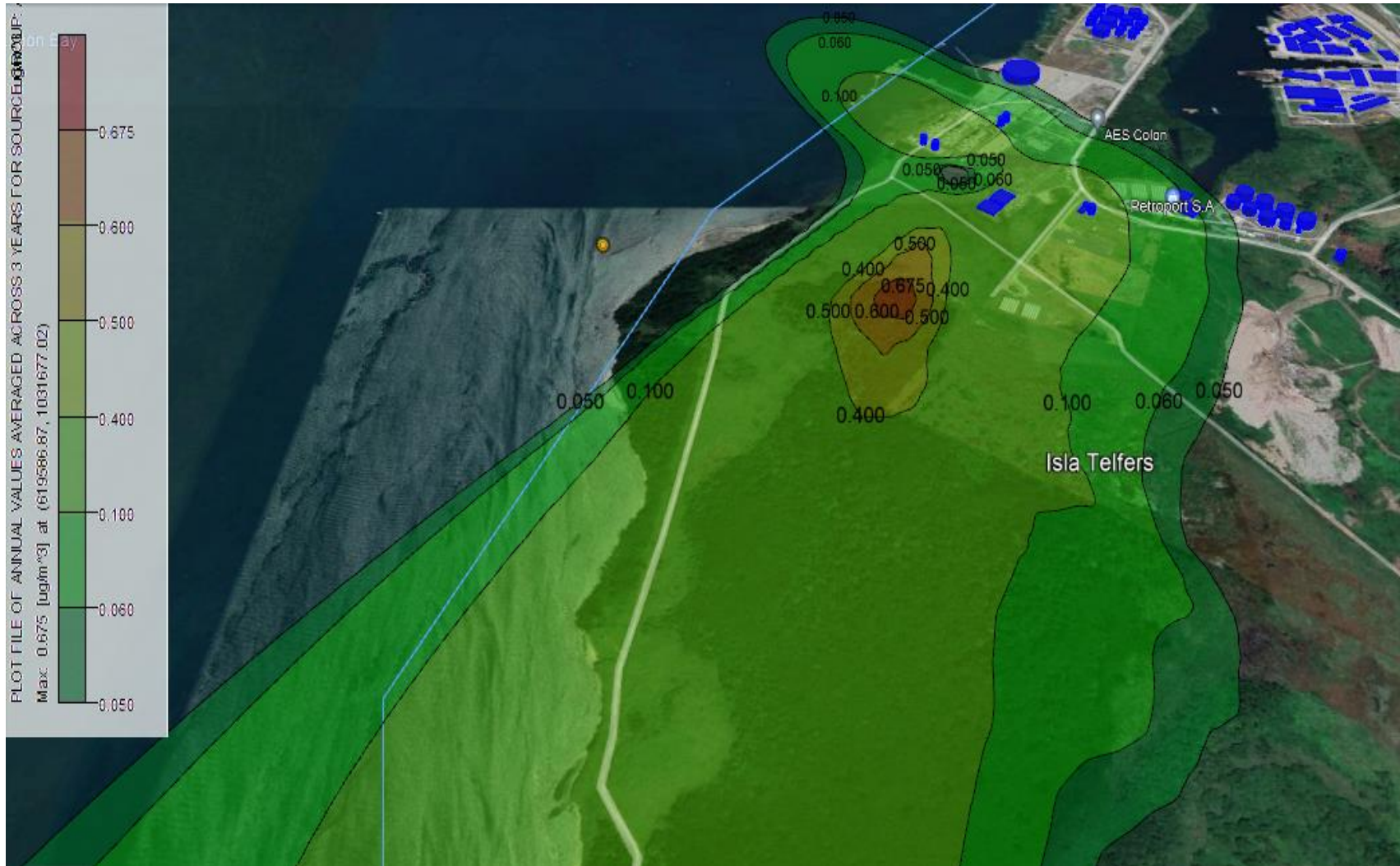
Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

Figura 8.4.1. - 7 PM-10 Escenario Diario (US EPA NAAQS, Percentil 99TH)



Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

Figura 8.4.1. - 8 PM-10 Escenario Anual



Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

Figura 8.4.1. - 9 PM-10 Escenario Anual con acercamiento



Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

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								
			NOx (µg/N-m³)		Límite de Normativa (µg/N-m³)	SO₂ (µg/N-m³)		Límite de Normativa (µg/N-m³)	PM-10 (µg/N-m³)		Límite de Normativa (µg/N-m³)
Punto 1: Residencial Canal View	Anteproyecto de Norma de Calidad de Aire – Panamá 2006	Anual	Min	0,01	100	Min	0,001	80	Min	28,01	50
			Max	0,03		Max	0,003		Max	28,04	
		24 horas (pico)	Min	0,7	150	Min	0,1	365	Min	28,7	150
			Max	1,0		Max	0,2		Max	28,9	
	US EPA	Anual	Min	0,0053 ppb	53 ppb	Min	0,001	N/D	Min	28,01	N/D
			Max	0,0159 ppb		Max	0,003		Max	28,04	
		24 horas (pico)	Min	0,7	N/D	Min	0,1	N/D	Min	28,7	150
			Max	1,0		Max	0,2		Max	28,9	

Fuente: AERMOD Grupo ITS, 2021.

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

- **PM10:** Los resultados del modelaje para inmisiones están todos por debajo del estándar pico de 24 horas (percentil 99) y límites anuales para Panamá. Para el caso de los valores fueron comparados con el límite de 24 horas (percentil 98th de los valores anuales de 3 años) de la EPA de los EEUU y cumplen con los límites máximos recomendados.

- **SO₂:** Los resultados del modelaje para inmisiones están todos por debajo del estándar pico de 24 horas (percentil 99) de los límites anuales para Panamá. Por lo tanto, cumplen con los límites máximos recomendados.
- **NO_x:** Los resultados del modelaje para inmisiones están todos por debajo del estándar pico de 24 horas (percentil 99) de los límites anuales para Panamá y los límites de promedio anuales de la EPA de los EEUU. Por lo tanto, cumplen con los límites máximos recomendados.

Notas:

Nota 1: La zona evaluada tiene una cercanía al mar y está rodeada de áreas boscosas que actúan como barreras sobre la dispersión de los contaminantes. Es posible que pueda haber aportes a los contaminantes por fuentes vehiculares y de fuentes fijas otras plantas en el área. Sin embargo, para este modelo solamente se consideró el aporte de este proyecto sobre la calidad del aire de área.

Nota 2: Los valores obtenidos para inmisiones fueron comparados contra los valores establecidos por el Anteproyecto de norma de calidad de aire de Panamá y la US:EPA.

Nota 3: Se realizaron los ajustes de material particulado con respecto a los datos de material particulado de línea base, realizados en un periodo de una (1) hora.

Nota 4: El valor de línea base de la zona, para material particulado en una hora de medición, ya se encuentra por encima de los límites de US:EPA, de acuerdo a los resultados presentados en el informe realizado por la empresa ECO Solutions MGB, Inc

Tomando en consideración las coordenadas de los puntos de monitoreo de calidad de aire se presenta la concentración esperada de Inmisiones a la calidad de aire en los modelos de dispersión para los receptores discretos medidos.

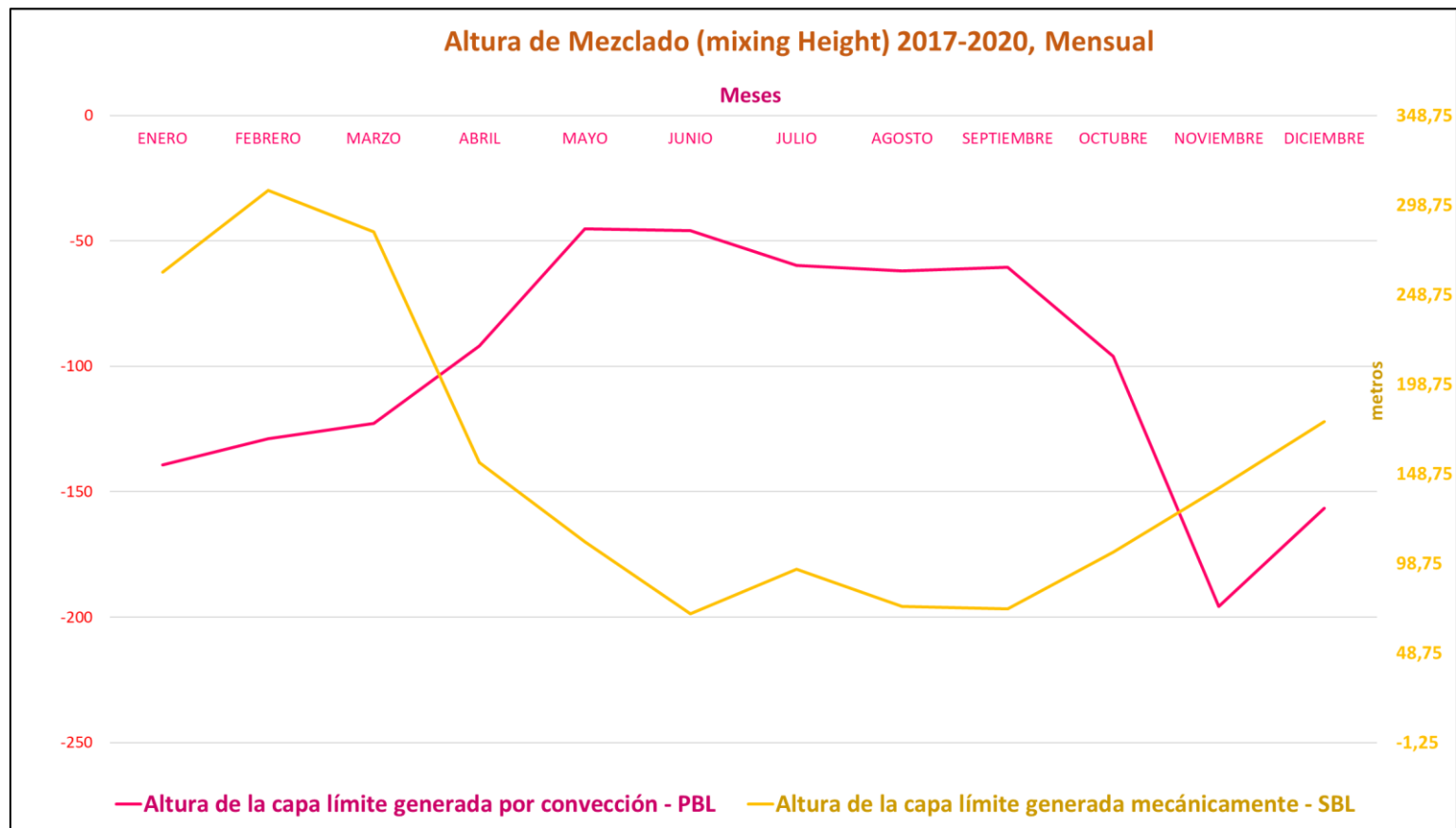
Tabla 8.4.1-3 Simulación de aportes de los contaminantes a la calidad de aire según modelo y resultados medidos

No.	PUNTO		PM10			
			Diario		Anual	
			µg / m³	% Aporte	µg / m³	% Aporte
1	Perímetro del Proyecto	Min	28,0	2,5 %	28,0	0,003 %
		Max	28,0	3,2 %	28,0	0,14 %

Fuente: AERMOD Grupo ITS, 2021.

De la tabla 7-4-3 puede apreciarse que para los resultados de las simulaciones anuales de inmisiones se cumple con los límites citados en el Anteproyecto de la norma de calidad de aire de Panamá 2006 y Límites de la EPA de los EEUU. Adicionalmente, los aportes de la fuente emisora no son significativos a la calidad del aire de la zona de estudio.

Figura 8.4.1 – 10 Altura de Mezclado 2017-2020



Fuente: Grupo ITS, 2021.

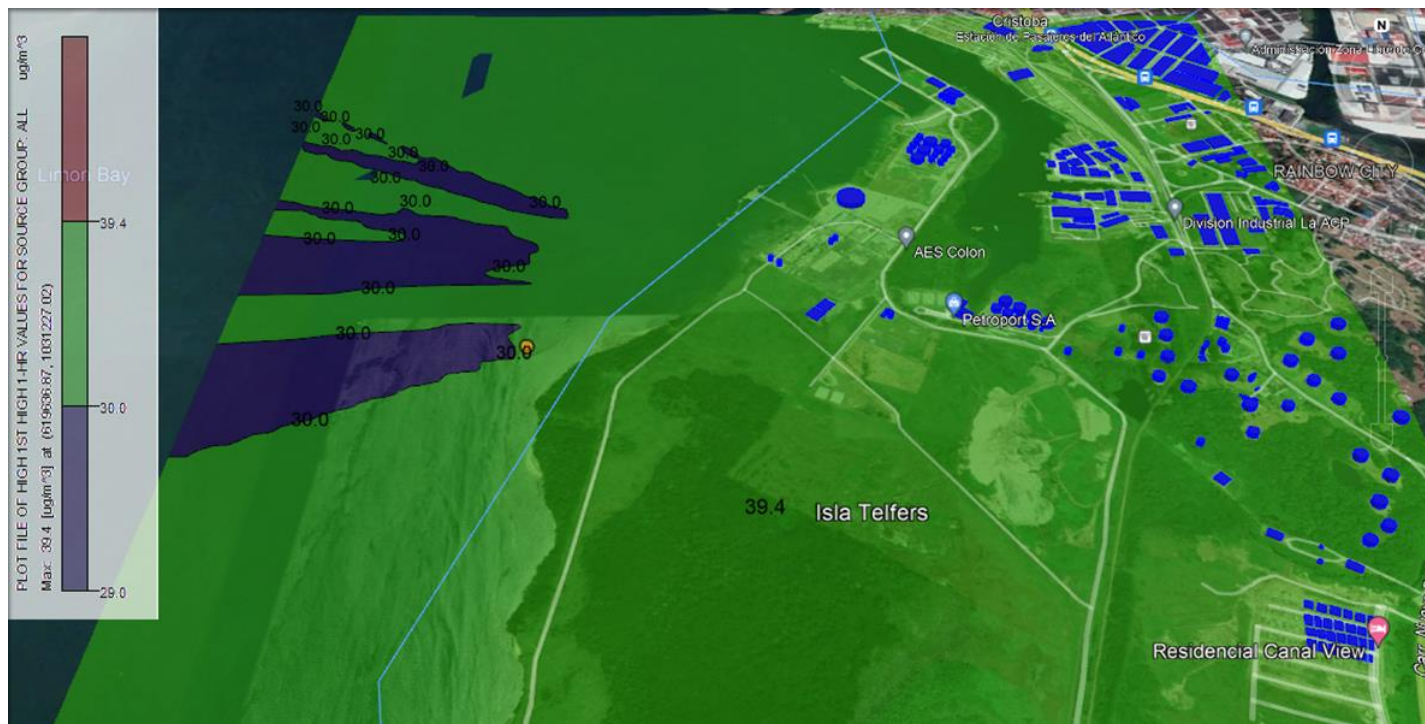


Figura 8.4.1. - 10 PM-10 Escenario por hora, calibrado a los datos de línea base.

Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.



Figura 8.4.1. - 11 PM-10 Escenario por 24 horas, calibrado a los datos de línea base.

Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

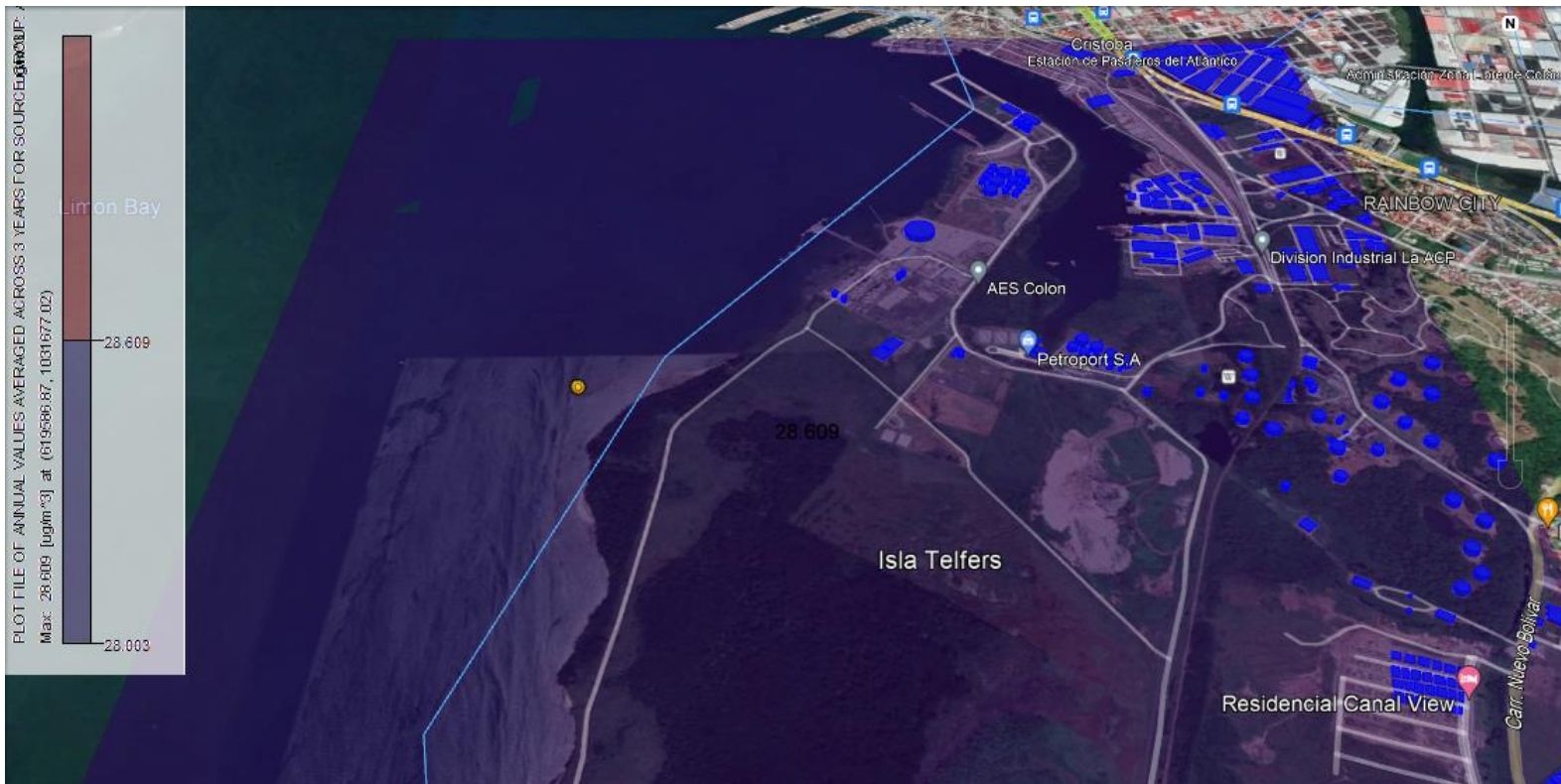


Figura 8.4.1. - 11 PM-10 Escenario anual, calibrado a los datos de línea base.

Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

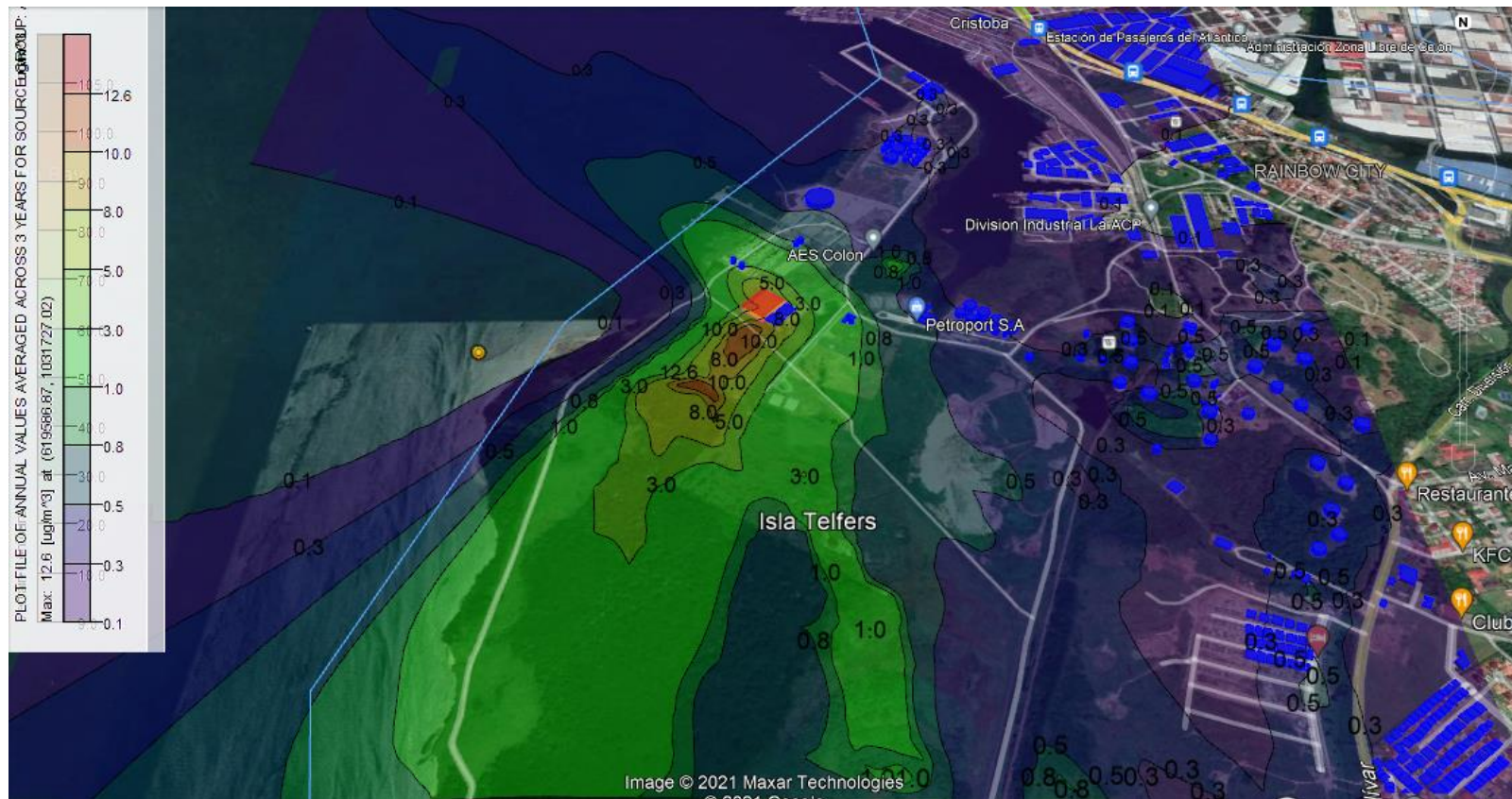


Figura 8.4.1. - 12 PM-10 Escenario anual, de modelación de las fuentes de áreas.

Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

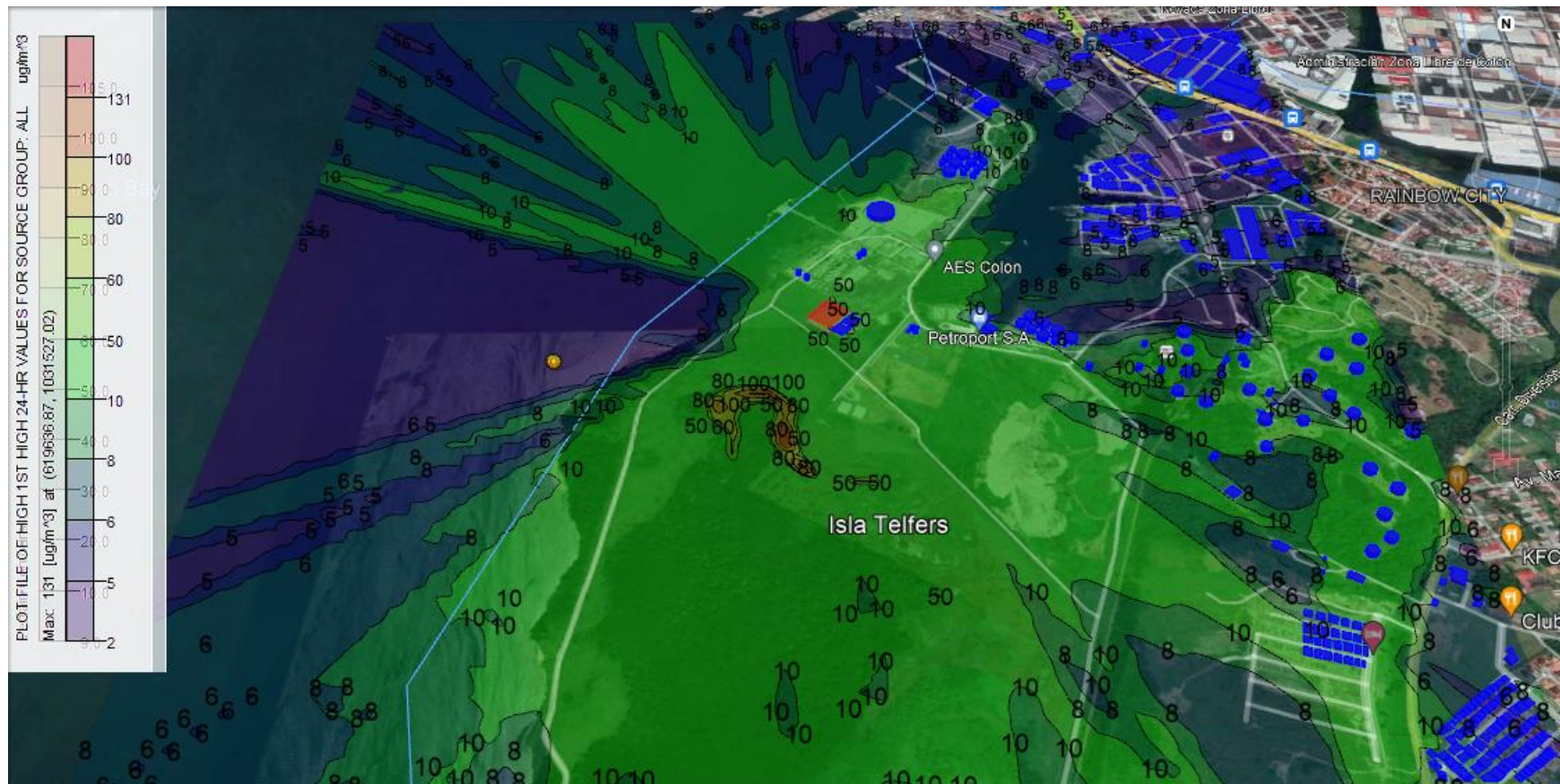


Figura 8.4.1. - 13 PM-10 Escenario 24 horas, de modelación de las fuentes de áreas.

Fuente: AERMOD, Google Earth, Grupo ITS, 2021.

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 genera aportes anuales por inmisiones a la calidad de aire de la zona por contaminante. Sin embargo, los aportes están por debajo de los estándares máximos de calidad de aire.
- De acuerdo con las concentraciones de fondo de material particulado (PM-10), el valor del aporte anual es menor a la concentración encontrada en los receptores discretos. Podría concluirse que los aportes son bastante bajos.
- No se tienen mediciones de inmisiones de la calidad de aire ambiental para los demás contaminantes (NO_2 y SO_2), por lo que no fue posible determinar el aporte a las concentraciones de fondo de la calidad de aire del área o calibrar el modelo en base a las concentraciones de calidad de aire actual para estos contaminantes.
- En cuanto a los aportes diarios (percentil 99th), la Planta genera diferentes aportes a la calidad de aire de la zona por cada contaminante. Sin embargo, los aportes están por debajo de los estándares máximos de calidad de aire.
- No se aprecian fenómenos de contaminación críticos en la zona.

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 Ltda. 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 Standars. Emission Factors. Western Surface Coal Mining. 2000.

_____. Office of Air Quality and Standars. On Site Meteorological Program Guidance for Regulatory Modeling Application. EPA 450/4-87-013. Junio. 1997.

_____. Office of Air Quality and Standars. 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

11 ANEXOS

ARCHIVOS DE SALIDA DE LA MODELACIÓN – COPIA DIGITAL (ANEXO 1).

MEMORIAS DE CÁLCULOS (ANEXO 1)