

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS**  
**NATURALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE**  
**RECURSOS NATURALES**



**“INFLUENCIA DEL DISEÑO DE LOS DUCTOS DE ESCAPE Y**  
**ARQUITECTURA DEL TECHO SOBRE LA DISPERSIÓN DE**  
**CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EMITIDOS POR LOS GRUPOS**  
**ELECTRÓGENOS DE EMERGENCIA DEL EDIFICIO TORRE DEL PARQUE,**  
**SAN ISIDRO-LIMA”.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO**  
**AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**

**AUTORES:**

BACH. ROCIO MAYRA ATATURIMA CARBAJAL

BACH. ZULEMA FIORELLA CAMPOSANO AYALA

BACH. JEAN PAUL FERNÁNDEZ TINCOPA

**ASESOR:**

DR. FERNANDO VÁSQUEZ PERDOMO

**CALLAO – 2023**

**PERU**



## **INFORMACIÓN BÁSICA**

- **FACULTAD:** INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.
- **UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:** UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.
- **TÍTULO:** INFLUENCIA DEL DISEÑO DE LOS DUCTOS DE ESCAPE Y ARQUITECTURA DEL TECHO SOBRE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EMITIDOS POR LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE EMERGENCIA DEL EDIFICIO TORRE DEL PARQUE, SAN ISIDRO-LIMA.
- **AUTORES:**  
ROCIO MAYRA ATATURIMA CARBAJAL / 0009-0000-1469-7652 / 72731366  
ZULEMA FIORELLA CAMPOSANO AYALA / 0009-0002-2433-6353 / 47169694  
JEAN PAUL FERNANDEZ TINCOPA / 0009-0002-1854-5626 / 47280880
- **ASESOR:** DR. FERNANDO VÁSQUEZ PERDOMO/ 0000-0002-0537-447X / 07287415.
- **COASESOR:** MTRO. CESAR GUALBERTO VICTORIA BARROS / 0000-0003-3666-7221 / 44799329.
- **LUGAR DE EJECUCIÓN:** SAN ISIDRO-LIMA
- **UNIDAD DE ANÁLISIS:** CONCENTRACIONES DEL APORTE DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> Y CO.
- **TIPO DE INVESTIGACIÓN:** APLICADA

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

## COMISION DE GRADOS Y TITULOS

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES N° 007-2023-JEDT-FIARN

Siendo las 15:10 horas del día viernes 13 de octubre del 2023, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales ubicado en la Av. Juan Pablo II N° 306-Bellavista-Callao; en cumplimiento de la resolución N° 134-2023-D-FIARN se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada "INFLUENCIA DEL DISEÑO DE LOS DUCTOS DE ESCAPE Y ARQUITECTURA DEL TECHO SOBRE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EMITIDOS POR LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE EMERGENCIA DEL EDIFICIO TORRE DEL PARQUE, SAN ISIDRO-LIMA" presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales de los Bachilleres Rocio Mayra Ataurima Carbajal, Zulema Fiorella Camposano Ayala y Jean Paul Fernández Tincopa.

Contando con la asistencia del Jurado Evaluador y Asesor a fin de dar cumplimiento a la Resolución N° 134-2023-D-FIARN de fecha 02 de octubre del 2023, los mismos que están integrados por los siguientes docentes:

Dra. Carmen Elizabeth Barreto Pío	Presidente
Dr. Miguel Ángel De La Cruz Cruz	Secretario
Mtra. Janet Mamani Ramos	Vocal
Dr. Fernando Vásquez Perdomo	Asesor

Terminada la exposición y la absolución de las preguntas del Jurado Evaluador, se invita a los Bachilleres y al público en general se retiren del Auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, para las deliberaciones del caso.

Luego de las deliberaciones el Jurado Evaluador acuerda APROBAR POR UNANIMIDAD, con la escala de calificación cualitativa MUY BUENO y calificación cuantitativa DIECISIETE (17) la presente tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio del 2023.

En señal de conformidad firma el Jurado Evaluador, siendo las 16:20 horas del día viernes 13 de octubre del 2023.

Dra. Carmen Elizabeth Barreto Pío  
Presidente

Dr. Miguel Ángel De La Cruz Cruz  
Secretario

Mtra. Janet Mamani Ramos  
Vocal

Dr. Fernando Vásquez Perdomo  
Asesor

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	1A; ATATURIMA CARBAJAL; Mayra_CAMPOSANO AYALA; Zulema Fiorella_FERNADEZ TINCOPA; Jeanpau_IF TESIS.pdf (D175407398)
<b>Submitted</b>	2023-10-06 19:19:00
<b>Submitted by</b>	
<b>Submitter email</b>	fiarn.investigacion@unac.edu.pe
<b>Similarity</b>	3%
<b>Analysis address</b>	unidad.de.investigacion.fiarn.unac@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>GONZALES_JCGS.pdf</b> Document GONZALES_JCGS.pdf (D147074179)		<b>1</b>
<b>SA</b>	<b>FINAL TESIS URKUND.docx</b> Document FINAL TESIS URKUND.docx (D149939902)		<b>2</b>
<b>SA</b>	<b>1A - Ramos Hernandez Xavier Alexander - Titulo Profesional - 2022.docx</b> Document 1A - Ramos Hernandez Xavier Alexander - Titulo Profesional - 2022.docx (D157603527)		<b>2</b>
<b>SA</b>	<b>PI_Joselyn Romero.docx</b> Document PI_Joselyn Romero.docx (D22850078)		<b>3</b>
<b>SA</b>	<b>TESIS FINAL QUISPE BERNAOLA LUIS MIGUEL.pdf</b> Document TESIS FINAL QUISPE BERNAOLA LUIS MIGUEL.pdf (D154594622)		<b>1</b>
<b>SA</b>	<b>1A - TRUJILLO JURADO CARLOS DANIEL - TÍTULO PROFESIONAL - 2023.docx</b> Document 1A - TRUJILLO JURADO CARLOS DANIEL - TÍTULO PROFESIONAL - 2023.docx (D166257256)		<b>1</b>
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional del Callao / INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - VASQUEZ QUISPE Hubert.pdf</b> Document INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - VASQUEZ QUISPE Hubert.pdf (D116585257) Submitted by: fiarn.investigacion@unac.edu.pe Receiver: unidad.de.investigacion.fiarn.unac@analysis.orkund.com		<b>3</b>
<b>SA</b>	<b>TESIS_2019_CF_USB_ANTIPLAGIO.docx</b> Document TESIS_2019_CF_USB_ANTIPLAGIO.docx (D143420940)		<b>2</b>
<b>SA</b>	<b>ASTOCONDOR_AAF.pdf</b> Document ASTOCONDOR_AAF.pdf (D117495836)		<b>3</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://retc.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/07/Guia-metodologica-para-la-estimacion-de-emi...">https://retc.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/07/Guia-metodologica-para-la-estimacion-de-emi...</a> Fetched: 2023-10-06 19:19:00		<b>2</b>

## **DEDICATORIA**

A nuestro amado Padre Celestial, por ser nuestro pronto auxilio y ayuda en cada paso que damos. A nuestros padres que nos motivaron y alentaron día a día para cumplir con este objetivo.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarnos con su Santo Espíritu y abrir todas las puertas necesarias para poder concluir esta investigación.

A nuestros jurados por su objetividad y responsabilidad al momento de calificar nuestra investigación.

A nuestros queridos profesores, Dra. Carmen Elizabeth Barreto Pío, Mtra. Janet Mamani Ramos, Dr. Miguel Ángel De la Cruz Cruz, Dr. Máximo Fidel Baca Neglia, por ser pilares fundamentales en la promoción de la investigación y desarrollo académico de nuestra ALMA MATER.

A nuestros asesores de tesis, Dr. Fernando Vásquez Perdomo y Mtro. Cesar Gualberto Victoria Barros por su apoyo incondicional durante todo el proceso de elaboración de esta investigación.

A nuestro amigo y colega, el Ing. Juan Miguel Cárdenas De la Cruz, por ser nuestro asesor externo en la especialidad y por el aporte de la información brindada durante el desarrollo de esta investigación.

A todos los gremios de Representación Estudiantil Universitaria de la UNAC, con quienes compartimos grandes luchas por lograr una educación de calidad para todos.

## INDICE

INDICE .....	8
RESUMEN.....	16
ABSTRACT.....	17
INTRODUCCIÓN.....	18
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.1.Descripción de la realidad problemática .....	20
1.2.Formulación del problema .....	22
1.2.1.Problema general .....	22
1.2.2.Problemas específicos .....	22
1.3.Objetivos .....	22
1.3.1.Objetivos generales.....	22
1.3.2.Objetivos específicos .....	23
1.4.Justificación.....	23
1.4.1.Justificación Teórica.....	23
1.4.2.Justificación Social .....	23
1.4.3.Justificación Ambiental.....	24
1.5.Delimitantes de la investigación.....	25
1.5.1.Teórica .....	25
1.5.2.Temporal .....	25
1.5.3.Espacial .....	26
II. MARCO TEÓRICO.....	27
2.1.Antecedentes: Internacional y nacional .....	27
2.1.1.Antecedentes internacionales.....	27
2.1.2.Antecedentes nacionales .....	30
2.2.Bases teóricas.....	31
2.2.1.La Atmósfera.....	31
2.2.2.Contaminación atmosférica .....	32
2.2.3.Evacuación de contaminantes a la atmósfera.....	32
2.2.4.Principales contaminantes del aire .....	33
2.2.5.Dispersión de contaminantes atmosféricos .....	33
2.2.6.Los modelos de dispersión de contaminantes .....	34
2.2.7.Usos de la modelación .....	35
2.2.8.Modelo de dispersión Gaussiano .....	35

2.2.9.Elevación del Penacho o Pluma de dispersión .....	38
2.2.10.Estabilidad o comportamiento de la pluma o penacho.....	38
2.2.11.Tipos de plumas contaminantes .....	38
2.2.12.Programa de modelamiento de dispersión de contaminantes atmosféricos SCREEN View .....	41
2.3.Marco conceptual .....	42
2.3.1.Diseño de los ductos de escape de los grupos electrógenos de emergencia .....	42
2.3.2.Factores que intervienen en la geometría de los ductos o chimeneas.....	43
2.3.3.Sistema de escape de los ductos .....	45
2.3.4.Diseño de arquitectura del edificio.....	48
2.3.5.Descripción de los contaminantes atmosféricos a evaluar en la investigación .....	50
2.3.6.Factores meteorológicos .....	51
2.3.7.Marco legal.....	56
2.4.Definición de términos básicos .....	61
2.4.1.Ciclo completo de contaminación atmosférica de fuentes fijas .....	61
2.4.2.Calidad de aire .....	62
2.4.3.Sistema Aislado.....	62
2.4.4.Escenario crítico conservador.....	62
2.4.5.Grupos electrógenos de emergencia.....	62
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	65
3.1.Hipótesis.....	65
3.1.1.Operacionalización de las variables .....	65
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO .....	67
4.1.Diseño metodológico .....	67
4.2.Método de investigación .....	68
4.2.1.Metodología de la investigación para el Objetivo específico 1: “Establecer en qué medida el diámetro de los ductos de escape influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima”. .....	69
4.2.2.Metodología de la investigación para el Objetivo específico 2: “Establecer en qué medida la altura de los ductos de escape influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima”. .....	74
4.2.3.Metodología de la investigación para el Objetivo específico 3:	

“Establecer en qué medida la corona del muro cortina de la arquitectura del techo influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima”.....	76
4.3.Población y muestra .....	77
4.4.Lugar de estudio y periodo desarrollado .....	79
4.5.Técnicas e instrumentos para la recolección de la información .....	80
4.6.Análisis y procesamiento de datos.....	80
4.6.1.Uso de software SCREEN View .....	81
4.6.2.Uso de software WRPLOT .....	83
4.7.Aspectos éticos en investigación .....	84
V. RESULTADOS .....	85
5.1.Resultados descriptivos.....	85
5.1.1.Determinación de los datos de entrada para el programa SCREEN View .....	85
5.1.2.Datos de entrada para el programa WRPLOT – Rosa de vientos.....	86
5.2.Resultados Inferenciales .....	88
5.2.1.Diseño de los ductos de escape y análisis de la influencia del diámetro y altura de los ductos sobre la dispersión de los contaminantes atmosféricos provenientes de los gases de combustión de los Grupos Electrógenos de Emergencia.....	88
5.2.2.Determinación de la influencia de la arquitectura del techo técnico sobre la dispersión de los contaminantes atmosféricos provenientes de los gases de combustión de los Grupos Electrógenos de Emergencia....	112
VI. DISCUSION DE RESULTADOS.....	114
6.1.Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados .....	114
6.1.1.Hipótesis General.....	114
6.1.2.Hipótesis Específica 1 .....	115
6.1.3.Hipótesis Específica 2 .....	116
6.1.4.Hipótesis Específica 3 .....	117
6.2.Contrastación de los resultados con otros estudios similares .....	118
6.3.Responsabilidad Ética .....	121
VII. CONCLUSIONES .....	122
VIII. RECOMENDACIONES.....	123
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	124
ANEXO 1: Matriz de Consistencia .....	129
ANEXO 2: Instrumentos de recolección de datos Validados.....	130

ANEXO 3: Base de datos ..... 139  
OTROS ANEXOS..... 153

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Tabla 1</b>	Componentes de los ductos de escape .....	43
<b>Tabla 2</b>	Geometría de los ductos.....	44
<b>Tabla 3</b>	Geometría del techo técnico .....	49
<b>Tabla 4</b>	Categorías de estabilidad atmosférica de Pasquill-Gifford según clases.....	52
<b>Tabla 5</b>	Estándares de calidad ambiental para aire (ECA) (D.S. N° 003-2017-MINAM). .....	57
<b>Tabla 6</b>	Muestra de magnitudes del impacto. ....	59
<b>Tabla 7</b>	Factores de emisión para gasolina no controlada y motores industriales diesel. ....	60
<b>Tabla 8</b>	Ficha Técnica Grupo 1.....	63
<b>Tabla 9</b>	Ficha Técnica Grupo 2.....	63
<b>Tabla 10</b>	Tabla de la información de la prueba mínima de operación del Grupo electrogéneo MC-800s (Manual del operador del grupo electrogéneo CUMMINS).....	64
<b>Tabla 11</b>	Matriz de Operacionalización de variables .....	66
<b>Tabla 12</b>	Tabla de tasa de emisión para cada contaminante.....	70
<b>Tabla 13</b>	Tabla de datos de entrada estimados para la aplicación del modelo SCREEN View.....	71
<b>Tabla 14</b>	Tabla de datos de entrada estimados para la aplicación del modelo SCREEN View.....	71
<b>Tabla 15</b>	Tabla de distancias discretas ingresadas al software SCREEN View.....	72
<b>Tabla 16</b>	Distancias discretas de los 5 puntos receptores a evaluar. ....	79
<b>Tabla 17</b>	Detalle de técnicas e instrumentos utilizados en la investigación.....	80
<b>Tabla 18</b>	Información general del área de estudio.....	85
<b>Tabla 19</b>	Data de entrada para la corrida del software SCREEN View con los cinco escenarios propuestos. ....	85
<b>Tabla 20</b>	Coordenadas de la estación meteorológica San Borja. ....	86
<b>Tabla 21</b>	Data de la rosa de viento.....	87
<b>Tabla 22</b>	Comparación de concentraciones a diferentes diámetros y distancias discretas con altura constante para el contaminante PM <sub>10</sub> . ....	89
<b>Tabla 23</b>	Comparación de concentraciones a diferentes diámetros y distancias discretas con altura constante para el contaminante NO <sub>2</sub> .....	92
<b>Tabla 24</b>	Comparación de concentraciones a diferentes diámetros y distancias discretas con altura constante para el contaminante CO.....	94

<b>Tabla 25</b>	Comparación de concentraciones a diferentes alturas y distancias discretas con diámetro constante para el contaminante PM <sub>10</sub> .....	96
<b>Tabla 26</b>	Comparación de concentraciones a diferentes alturas y distancias discretas con diámetro constante para el contaminante NO <sub>2</sub> .....	99
<b>Tabla 27</b>	Comparación de concentraciones a diferentes alturas y distancias discretas con diámetro constante para el contaminante CO .....	102
<b>Tabla 28</b>	Resultados obtenidos del monitoreo realizado en el techo técnico.....	104
<b>Tabla 29</b>	Concentraciones del contaminante PM <sub>10</sub> con una altura original a diferentes diámetros de menor a mayor, a una distancia de 6.86 m. ....	105
<b>Tabla 30</b>	Concentraciones del contaminante PM <sub>10</sub> con un diámetro original a diferentes alturas de menor a mayor, a una distancia de 6.86 m. ....	105
<b>Tabla 31</b>	Comparación de las concentraciones finales (CFI) para el contaminante PM <sub>10</sub> (valor modelado más la Concentración de Fondo) con el ECA aire.....	106
<b>Tabla 32</b>	Cuadro de resultados de las magnitudes de impacto del aporte del contaminante para PM <sub>10</sub> .....	107
<b>Tabla 33</b>	Concentraciones de NO <sub>2</sub> con una altura original a diferentes diámetros de menor a mayor, a una distancia de 6.86 m. ....	107
<b>Tabla 34</b>	Concentraciones de NO <sub>2</sub> con un diámetro original a diferentes alturas de menor a mayor, a una distancia de 6.86 m. ....	108
<b>Tabla 35</b>	Comparación de las concentraciones finales para el contaminante NO <sub>2</sub> (valor modelado más la Concentración de Fondo) con el ECA Aire. ....	108
<b>Tabla 36</b>	Cuadro de resultados de las magnitudes de impacto del aporte del contaminante para NO <sub>2</sub> .....	109
<b>Tabla 37</b>	Concentraciones del contaminante CO con una altura original a diferentes diámetros de menor a mayor, a una distancia de 6.86 m. ....	110
<b>Tabla 38</b>	Concentraciones del contaminante de CO con un diámetro original a diferentes alturas de menor a mayor, a una distancia de 6.86 m. ....	110
<b>Tabla 39</b>	Comparación de las concentraciones finales para el contaminante CO (valor modelado más la Concentración de Fondo) con el ECA Aire.....	111
<b>Tabla 40</b>	Cuadro de resultados de las magnitudes de impacto del aporte del contaminante para CO .....	112

## TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Pluma de tipo espiral. Tomada de “Contaminación del aire: Origen y control”, por Wark y Warner. 2012, p. 131.....	39
<b>Figura 2.</b>	Pluma tipo cono. Tomada de “Contaminación del aire: Origen y control”, por Wark y Warner. 2012, p. 131. ....	39
<b>Figura 3.</b>	Pluma tipo abanico. Tomada de “Contaminación de aire: Origen y Control”, por Wark y Warner. 2012, p.131.....	40
<b>Figura 4.</b>	Pluma tipo fumigación. Tomada de “Contaminación del aire: Origen y control”, por Wark y Warner. 2012, p. 131. ....	40
<b>Figura 5.</b>	Esquema de las variables usadas en la ecuación el programa SCREEN View. Tomada de “Aplicación de un modelo de dispersión atmosférica”, por Cabrera, 2012, p. 38.....	41
<b>Figura 6.</b>	Aplicación del software SCREEN View .....	42
<b>Figura 7.</b>	Detalle plano de corte techo técnico y diseño de ductos de escape (plano de Autodesk AutoCAD). Tomada de Modasa Diesel Andinos S.A., 2017.....	44
<b>Figura 8.</b>	Técnicas de estimación de emisiones. Tomado de INECC-SEMARNAT. 2013, p. 27. ....	47
<b>Figura 9.</b>	Plano de la planta del techo técnico del edificio. Tomada de COSAPI S.A, 2017.....	49
<b>Figura 10.</b>	Building Downwash (efecto del edificio de corriente descendente). Tomada de "Dispersión de contaminantes en la atmósfera", por Espert y López, 2004.....	55
<b>Figura 11.</b>	Distancia mínima para evitar la influencia de la cercanía de los obstáculos a la chimenea. Tomada de “Dispersión de contaminantes en la atmósfera”, por Espert y López, 2004. ....	55
<b>Figura 12.</b>	Diagrama de flujo de la metodología de la investigación. ....	67
<b>Figura 13.</b>	Esquematación de la metodología de la investigación .....	68
<b>Figura 14.</b>	Esquematación de la metodología de la investigación para el objetivo 1.....	69
<b>Figura 15.</b>	Esquematación de la metodología de la investigación para el objetivo 2.....	74
<b>Figura 16.</b>	Esquematación de la metodología de la investigación para el objetivo 3.....	76
<b>Figura 17.</b>	Techo Técnico Edificio Torre del Parque.....	78
<b>Figura 18.</b>	Plano en Autodesk AutoCAD del techo técnico del edificio Torre del Parque con los 5 puntos receptores. ....	78
<b>Figura 19.</b>	Mapa de ubicación geográfica del Edificio Torre del Parque. Tomada de Google Maps, 2022.....	79

<b>Figura 20.</b>	Esquema detallado del procedimiento del Software SCREEN View para la obtención de las concentraciones de los contaminantes a diferentes distancias.....	82
<b>Figura 21.</b>	Esquema detallado del procedimiento realizado en el software WRPLOT para la generación de la gráfica de rosa de vientos. ....	83
<b>Figura 22.</b>	Rosa de viento de Estación Meteorológica San Borja - Barlovento (agosto 2022).....	87
<b>Figura 23.</b>	Rosa de viento en Estación San Borja, en la esquina superior izquierda de rojo, el Edificio Torre del Parque – vista en Google Earth. ....	88
<b>Figura 24.</b>	Nota: Ø=diámetro; D=distancia discreta de la fuente al punto receptor para el contaminante PM <sub>10</sub> .....	91
<b>Figura 25.</b>	Nota: Ø=diámetro (metros); D=distancia discreta de la fuente al punto receptor para el contaminante NO <sub>2</sub> . (metros) .....	93
<b>Figura 26.</b>	Nota: Ø=diámetro (metros); D=distancia discreta de la fuente al punto receptor para el contaminante CO (metros). ....	95
<b>Figura 27.</b>	Nota: h=altura (metros); D=distancia discreta de la fuente al punto receptor para el contaminante PM <sub>10</sub> .....	97
<b>Figura 28.</b>	Mapa representativo de las isoconcentraciones asumiendo un escenario crítico conservador para el contaminante PM <sub>10</sub> para una altura y un diámetro original. (PM <sub>10</sub> , H=2.5 m-D=0.3556 m). ....	98
<b>Figura 29.</b>	Nota: h=altura (metros); D=distancia discreta de la fuente al punto receptor para el contaminante NO <sub>2</sub> . (metros).....	100
<b>Figura 30.</b>	Mapa representativo de las isoconcentraciones asumiendo un escenario crítico conservador para el contaminante NO <sub>2</sub> para una altura y un diámetro original (H=2.5 m-D=0.3556 m).....	101
<b>Figura 31.</b>	Nota: h=altura (metros); D=distancia discreta de la fuente al punto receptor para el contaminante CO (metros). ....	103
<b>Figura 32.</b>	Mapa representativo de las isoconcentraciones asumiendo un escenario crítico conservador para el contaminante CO para una altura y un diámetro original (H=2.5 m-D=0.3556 m).....	104
<b>Figura 33.</b>	Distancia mínima para evitar la influencia de la cercanía de los obstáculos a la chimenea. Tomada de “Dispersión de contaminantes en la atmósfera”, por Espert y López, 2004. ....	113
<b>Figura 34.</b>	Vista de la distancia de las fuentes a la corona del muro cortina.....	113

## RESUMEN

En la presente investigación se estudió la influencia del diseño de los ductos de escape y arquitectura del techo sobre la dispersión de partículas y gases contaminantes, aplicando el software SCREEN View para el desarrollo del modelamiento, el cual se basa en el principio de dispersión Gaussiano.

Al mejorar el diseño de los ductos escape y la arquitectura del techo técnico se logró optimizar la dispersión de los gases y partículas contaminantes provenientes de los grupos electrógenos. Por lo cual, se tuvo que evaluar y modelar diferentes escenarios, entre ellos: la variación del diámetro y la altura de las chimeneas. Obteniendo que, para todos los contaminantes: PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, trabajando con una altura original de 2.5 m, con una variación de diámetro de la chimenea que fue desde 0.203 m hasta 0.406 m, y tomando diferentes distancias de muestreo, la menor concentración de contaminantes se obtuvo con el mayor diámetro, para todas las distancias. De igual manera, se demostró que, para todos los contaminantes: PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, utilizando un diámetro original de 0.355 m, a diferentes alturas de la chimenea y para distintas distancias de muestreo, las menores concentraciones se obtuvieron con la mayor altura de la chimenea, la cual fue de 4 m. Con lo cual se demostró que el diseño de los ductos de escape de los grupos electrógenos de emergencia si influye sobre la dispersión de los gases y partículas contaminantes en el techo técnico del Edificio Torre del Parque.

Finalmente, se hizo el análisis de la dispersión de los contaminantes con relación a la presencia de la corona del muro cortina, en donde se concluyó que, si existe una influencia de la arquitectura del techo técnico en la dispersión de los contaminantes, habiéndonos basado en la premisa de Espert y López.

**Palabras clave:** ductos, gases, partículas contaminantes, diseño, software SCREEN View, emisión, pluma de dispersión gaussiana y techo técnico.

## ABSTRACT

In the present investigation, the influence of the design of the exhaust ducts and roof architecture on the dispersion of polluting particles and gases was studied, applying the SCREEN View software for the development of the modeling, which is based on the Gaussian dispersion principle.

By improving the design of the exhaust ducts and the architecture of the technical roof, it was possible to optimize the dispersion of polluting gases and particles from the generating sets. Therefore, different scenarios had to be evaluated and modeled, including: the variation in the diameter and height of the chimneys, obtaining that, for all pollutants: PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, working with an original height of 2.5 m, with a variation in chimney diameter that was from 0.203 m to 0.406 m, and taking different sampling distances, the lowest concentration of contaminants was obtained with the largest diameter, for all distances. Similarly, it was shown that, for all pollutants: PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, using an original diameter of 0.355 m, at different heights of the chimney and for different sampling distances, the lowest concentrations were obtained with the highest height of the chimney, which was 4 m. With which it was demonstrated that the design of the exhaust ducts of the emergency generating sets does influence the dispersion of polluting gases and particles in the technical roof of the Torre del Parque Building.

Finally, the analysis of the dispersion of the contaminants was carried out in relation to the presence of the crown of the curtain wall, where it was concluded that, if there is an influence of the architecture of the technical roof on the dispersion of the contaminants, having based ourselves on the premise of Espert and López.

**Keywords:** pipelines, gases, polluting particles, design, SCREEN View software, emission, Gaussian dispersion plume and technical ceiling.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación es un grave problema ambiental que afecta a todo el planeta de manera preocupante. Las sustancias químicas contaminantes presentes en la atmósfera producen un efecto nocivo en seres vivos o en el ambiente (Raheison, 2020). La contaminación gaseosa está compuesta por material particulado ( $PM_{10}$ ), compuestos volátiles y gases como dióxido de carbono y monóxido de carbono ( $CO_2$ ,  $CO$ ), dióxido de azufre ( $SO_2$ ), óxido nítrico ( $NO$ ) y otros producidos por procesos industriales (Zhou et al., 2021).

Los contaminantes atmosféricos, son vertidos a la atmósfera a través de ductos de escape, a partir del cual se dispersa por el área circundante; dependiendo del tamaño del contaminante puede ser dispersado desde unos metros hasta miles de kilómetros (Vera et al., 2009).

El proceso de dispersión depende de factores mecánicos y meteorológicos, entre ellos, los más importantes son: velocidad de salida de la partícula, temperatura a boca de chimenea, características físicas de las partículas contaminantes, velocidad y dirección del viento, temperatura del aire, presencia de turbulencia, humedad y presión atmosférica (Cabrera, 2012). Los contaminantes liberados por los ductos impactan negativamente sobre la atmósfera, generando una dispersión ineficiente y aportando así contaminantes a nivel de suelo, lo cual genera riesgo para la salud; por ello es importante contar con un adecuado diseño de los ductos y arquitectura del techo, para que las partículas contaminantes se dispersen con mayor facilidad.

En el presente proyecto se investigó la influencia del diseño de los ductos de escape y la arquitectura del techo sobre la dispersión de emisiones de partículas contaminantes provenientes de los grupos electrógenos de emergencia ubicados en el techo del edificio Torre Del Parque en San Isidro-Lima. Para lo cual, se analizó el techo técnico, ubicando las dos fuentes de emisiones provenientes de los grupos electrógenos de emergencia.

En la actualidad los estudios de dispersión de contaminantes atmosféricos se ejecutan con modelos matemáticos para realizar cálculos en el área de la fuente de emisión. Para el análisis de la dispersión de contaminantes provenientes de los ductos de escape de los grupos electrógenos de emergencia, se realizó la simulación con el software SCREEN View; un modelo gaussiano regulado por el EPA de Estados Unidos.

Este proyecto de investigación tiene como finalidad dar una alternativa de mejora, aplicando el software SCREEN View para un modelo preventivo, para que de esta manera se puedan reducir y controlar las emisiones en futuras edificaciones sustentables, así como cumplir con los estándares y especificaciones técnicas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA USA), y el Estándar de calidad Ambiental – Aire (ECA).

El resultado de la investigación servirá como guía base para la mejora continua en la planificación de construcción de edificios con generadores eléctricos de emergencia y como instrumento de gestión ambiental acorde a normas internacionales. Así mismo, aportar a manuales, expedientes o proyectos de investigación para la elaboración de documentos o informes técnicos sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos.

# **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Descripción de la realidad problemática**

En las dos últimas décadas del presente siglo, el crecimiento económico en el Perú ha generado el boom de la construcción. Sin embargo, como no se tiende a tomar en cuenta como prioridad, la caracterización de los aspectos ambientales en los diferentes procesos de la industria de la construcción, como en el diseño de sistemas de ductos de escape y diseño de arquitectura de edificaciones, resultan no ser suficientemente efectivos para realizar una adecuada dispersión de los gases y partículas emitidos a la atmósfera.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) en conjunto con el Instituto nacional de estadística e informática (INEI), demostraron que la calidad de aire de Lima Metropolitana no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni el medio ambiente (SENAMHI, 2021).

Los proyectistas de edificaciones, no suelen considerar relevante el control y reducción del aporte de contaminantes de una fuente, así como la normatividad internacional, fenómenos meteorológicos, estándares e información técnica en control de emisiones, esto evidencia la falta de criterios de diseño en los ductos de escape así como en la arquitectura del techo en el tramo final de los ductos de escape de emisiones en función a la dispersión de contaminantes, lo cual impide una efectiva difusión de los contaminantes y estos se concentran alrededor de la fuente. Por ello, en el presente estudio se investigó la influencia del diseño de los ductos de escape y de la arquitectura del techo técnico sobre la dispersión de contaminantes como CO, PM<sub>10</sub> y NO<sub>2</sub> para ello se utilizó el software SCREEN View; el cual es un programa que utiliza la industria y la ingeniería para evaluar la dispersión de gases y contaminantes atmosféricos. Este software ofrece un método fácil de usar para la obtención de estimaciones de concentraciones de contaminantes atmosféricos, incorporando factores relacionados con la fuente y factores meteorológicos, con la cual se puede calcular estas concentraciones en diferentes distancias especificadas por el usuario (Mauricio y Murga, 2015).

Así mismo, también se validaron las concentraciones del aporte de los contaminantes atmosféricos producto de la dispersión sobre el techo técnico en un área circundante a la fuente fija, simulado con la ayuda del software SCREEN View.

El Edificio ubicado en calle las Begonias N° P-0552 ocupa la totalidad de la manzana teniendo como frente principal la calle Las Begonias. Las Calles Andrés Reyes, el Parque y Dean Valdivia definen los otros tres frentes del edificio de oficinas, en el distrito de San Isidro, Provincia y Departamento de Lima. Consta de un edificio de oficinas y locales comerciales de 10 pisos sobre superficie y cuatro sótanos. En la Azotea se encuentra el techo técnico del edificio, espacio en donde se ubican las fuentes fijas o ductos de escape provenientes de los equipos electromecánicos del edificio además de un área de terraza, fuentes de emisiones. Finalmente, en los cuatro sótanos se ubican los estacionamientos, cuarto de bombas y ambientes de servicio del edificio como depósitos, cuarto de aire acondicionado, cuarto de grupos electrógenos, cuarto de subestación eléctrica (COSAPI S.A., 2017).

La investigación tuvo como finalidad dar una alternativa de solución a la ineficiente dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los ductos de escape de los grupos electrógenos de emergencia. Además, el resultado de la investigación servirá como una guía para futuros proyectos de investigación, documentos o informes técnicos sobre dispersión de contaminantes atmosféricos en edificaciones.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿En qué medida el diseño de los ductos de escape y arquitectura del techo influyen sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿En qué medida el diámetro de los ductos de escape influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima?
- b) ¿En qué medida la altura de los ductos de escape influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima?
- c) ¿En qué medida la corona del muro cortina de la arquitectura del techo influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivos generales**

Determinar la influencia del diseño de los ductos de escape y arquitectura del techo sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a) Establecer en qué medida el diámetro de los ductos de escape influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.
- b) Establecer en qué medida la altura de los ductos de escape influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.
- c) Establecer en qué medida la corona del muro cortina de la arquitectura del techo influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Justificación Teórica**

Con el desarrollo de esta investigación se generó información sobre la influencia de los diseños de ductos y arquitectura del techo en la dispersión de contaminantes atmosféricos que permitirá enriquecer la literatura científica sobre este concepto, para futuros proyectos de investigación, documentos o informes técnicos sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos en edificaciones.

### **1.4.2. Justificación Social**

La presente investigación se realizó en el techo técnico del edificio “Torre del Parque” ubicado en el distrito de San Isidro- Lima, y se buscó analizar la influencia de los diseños de los ductos de escape y arquitectura del techo sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia, para optimizar las concentraciones de los gases y partículas contaminantes, los cuales pueden causar efecto nocivos para la salud de las personas, logrando así mejorar la efectividad de la dispersión de los

contaminantes en la zona de estudio, beneficiando a la población ubicada en esta zona.

### **1.4.3. Justificación Ambiental**

El recurso aire, al ser un bien común, debe ser cuidado de igual forma por todos, por lo que es de fundamental importancia determinar que residuos se emiten a éste y en qué cantidad, para ello existen instrumentos como los ECA ambiental, que establece la contaminación que puede recibir un cuerpo receptor (aire) y los LMP los cuales son indicadores que tienen por objetivo proteger la salud y contribuir a preservar la calidad del ambiente, en lo que al ámbito nacional se refiere, pero aún con estos referentes, se necesitan leyes, normas y ordenanzas más exigentes para el cuidado de éste importante recurso natural, normativas que podemos encontrar en el ámbito internacional.

En las últimas décadas, las construcciones de edificaciones son una alternativa de inversión de grandes empresas y la demanda hace que este sector posea una atractiva estabilidad, pero las realizaciones de distintos proyectos solo apuntan a la finalización de estos, para cumplir con la adecuación arquitectónica visual del proyecto, limitándose a cumplir con las normas que rigen su sector, obviando, en muchos casos, los aspectos ambientales asociados.

En la actualidad, el desarrollo de proyectos de arquitectura sostenible es promovidos por gobiernos provinciales, locales y distritales mediante ordenanzas que premian el compromiso medioambiental, por lo que las empresas inmobiliarias buscarían implementar mejorar sus procesos con el fin de mitigar los impactos en el ambiente que generan sus actividades.

De esta forma, buscar optimizar la concentración de gases y partículas en el ambiente debido al movimiento medio general del aire, fluctuaciones turbulentas y difusión de masa debido a los gradientes de concentración, mediante una "mejor" dispersión de estos residuos, como una solución que, junto a otras medidas que se puedan aportar, ayudará a mitigar la contaminación de este valioso recurso.

## **1.5. Delimitantes de la investigación**

### **1.5.1. Teórica**

En la actualidad en los proyectos de edificaciones en Perú, no se elaboran ni ejecutan estudios de modelamiento de dispersión de contaminante con el uso del software SCREEN View, el cuál es utilizado en entidades públicas (SENAMHI, SENACE, SENASA, etc.) para la construcción de edificios verdes.

En el presente proyecto se consideró la recopilación de datos informativos, memoria descriptiva de arquitectura del edificio, fichas técnicas, planos de diseño de arquitectura, planos de diseño de los ductos de escape, información de la fábrica del sistema de escape, data meteorológica del SENAMHI, monitoreo ambiental, etc.

Entre las limitaciones de investigación se determinó lo siguiente:

- a)** Insuficiente información meteorológica: cobertura de nubes, Perfil atmosférico.
- b)** Insuficiente información de monitoreos isocinéticos en la fuente fija para la toma de dato de la tasa de emisión de los parámetros a evaluar para nuestra zona de investigación.

### **1.5.2. Temporal**

La recopilación de datos de la edificación, y planos de instalación de ductos de escape se realizó desde el 2017, la cual fue recopilada del proyecto de la construcción de Edificio Torre Del Parque, Motores Diesel Andinos S.A y SEMIN S.R.L (Encargada de la instalación de los ductos escape y grupos electrógenos) y la simulación con el programa software SCREEN View se realizó en septiembre del 2022.

### **1.5.3. Espacial**

Se modeló la influencia de los ductos de escape y de la arquitectura del techo técnico, así como el proceso de dispersión de contaminantes atmosféricos en un espacio del área circundante alrededor de las fuentes fijas del techo técnico del “Edificio Torre del Parque” del distrito de San Isidro, departamento de Lima.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes: Internacional y nacional**

#### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Bustillos (2011), realizó en su investigación la simulación de la dispersión de las cenizas emitidas en una de las actividades eruptivas del volcán Tungurahua del año 2011, haciendo uso de los softwares ambientales SCREEN View y Disper 5.2. Para ello empleó datos registrados por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional; por el Volcanic Ash Advisory Center; por la estación de monitoreo de material particulado PM<sub>10</sub>, de la Municipalidad de Ambato y; por el departamento de meteorología aeronáutico en el aeropuerto de Chachoán, Ambato. Mediante análisis estadístico, identificó un incremento promedio en el mes de abril y mayo de la actividad volcánica, y en el caso de las empresas industriales y de servicios, consideradas fuentes fijas de contaminación del aire, se determinó que 5 de las 50 empresas muestra sobrepasaron el valor norma. Con estos datos, obtuvo resultados que le permitieron establecer que los softwares utilizados constituyen una herramienta útil con aproximaciones a una situación real, y que con las modificaciones necesarias pueden ser consideradas de manera positiva, ya que podrían contribuir al conocimiento de la dispersión de las emisiones de los volcanes en actividad en Ecuador debido a los procesos eruptivos del volcán Tungurahua.

Caselles (2012), llevó a cabo la evaluación de la dispersión ambiental de los gases generados en el relleno sanitario mediante la herramienta SCREEN View, analizando los resultados de material particulado durante 18 días, esto lo hizo realizando la identificación y evaluación de los procesos y monitoreos que se llevan a cabo para el control de la calidad del aire en la zona de influencia con el fin de mejorar los márgenes de rentabilidad financiera y fomentar la responsabilidad social. Finalmente, este proyecto permitió conocer los monitoreos ambientales que son realizados a los contaminantes en el relleno sanitario del Parque Tecnológico Ambiental “Las Bateas” de Aguachica, junto con sus respectivas emisiones.

Avilés y Rivera (2018), encontraron en la ciudad de Cuenca dos importantes fuentes de contaminación: el parque industrial y el automotor. La investigación dio a conocer la dispersión de los contaminantes (CO, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>) provenientes del sector industrial. Para ello elaboraron un inventario de emisiones actualizado mediante levantamiento en la fuente y revisión bibliográfica, reportando un total de 122 industrias, consideradas 22 de ellas fuentes fijas de emisión. El SO<sub>2</sub> fue el contaminante de mayor emisión con 69.55 g/s, siguiéndolo el NO<sub>x</sub> con 19.68 g/s y CO con 2,92 g/s, siendo el rubro de elaboración de cartón y papel el mayor aportador de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> y para el CO, el rubro de productos farmacéuticos y químicos. Realizaron la modelación de la dispersión de contaminantes usando SCREEN View 3 y Disper 5.2 concluyendo que ambos softwares entran en el rango aceptable para realizar estos tipos de trabajos de investigación.

Cabrera (2012), tuvo como objetivo aplicar un modelo de dispersión atmosférica, para verificar su versatilidad ante distintos escenarios, tanto reales como ficticios. En esta investigación el autor utilizó el software SCREEN3 para describir los modelos de dispersión atmosférica y su relación en la evaluación ambiental, frente a distintas posibilidades de escenarios, tales como: cercanía al mar, distintas estabildades atmosféricas o terrenos complejos , para modelar el nivel de contaminación generado por una fuente puntual en el Valle de La Calera, la cementera “Cemento Melón S.A.”, estos resultados los comparó con la norma chilena de calidad de aire determinando que esta emisión generada por esta fuente fija no sobrepasa la norma Chilena. Los resultados de las modelaciones sugieren la necesidad de intervenir en el funcionamiento del SEIA para asegurar que los modelos de dispersión atmosférica se utilicen de acuerdo a lo exigido en la ley, que tengan un uso justificado y aplicado correctamente.

Vera, Patiño y Barriga (2009), realizaron un análisis de los diferentes parámetros que influyen en la dispersión de contaminantes atmosféricos de las emisiones generadas por un caldero de 200 hp, con una chimenea de 10 m de altura y 0.5 m de diámetro interno. Se tomaron en consideración variables como: velocidad del viento, temperatura de salida de los gases y las condiciones de

estabilidad atmosférica, así como también examinaron la utilización de las ecuaciones de Riggs, Concawe, Holland y Carson & Moses, en la determinación del incremento en la altura de la pluma de la chimenea, afectan la concentración de contaminantes cuando se aplican en modelos de dispersión. Concluyeron, que es mejor contar con chimeneas que tengan una temperatura elevada y una alta velocidad de salida en los gases, ya que estos factores influyen en la altura de la pluma del contaminante, lo cual mejora la dispersión de los contaminantes. Caso contrario, es decir, si ambos factores no presentan valores elevados, por lo menos uno de ellos debe serlo. Además, observaron que las condiciones que presentan mayor adversidad para una mejor dispersión de contaminantes atmosféricos, se tienen cuando existe una baja temperatura de descarga, baja velocidad del viento, baja altura de chimenea y una estabilidad atmosférica de tipo C.

Tricio (2008), tuvo como objetivo de investigación ratificar la importancia que tienen los trabajos relacionados con la dispersión de contaminantes en la atmósfera aplicada a los Estudios de Impacto Ambiental haciendo uso de los modelos SCREEN3 y Berlyand para análisis de sondeo. En el área del yacimiento se llevó a cabo un muestreo del material de la superficie de la pista de los caminos principales y secundarios para ser sometidos al análisis granulométrico. El valor de 37,3 % de tenor de limo, el cual, comparado con los valores reportados para otras actividades extractivas típicas, superaron en más del doble estos valores, lo cual dada la dependencia directa del factor de emisión con el tenor de limo (s), fue un elemento de peso en la contaminación por polvo dentro del yacimiento. Teniendo en cuenta estos valores la estimación del factor de vehículos cuando van vacíos es menor que cuando van llenos tanto de mineral como de escombros. En estos resultados se nota que el elemento que más influye en la variación del factor de emisión fueron el peso y la velocidad del equipo.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Alva (2019), determinó la concentración de material particulado  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , de monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre ( $SO_2$ ). Dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) en la boca de hornos de la planta de producción de óxido de calcio Puylucana, ubicada en el distrito de Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca, utilizando el contador de partículas HANDELD 3016 IAQ y el sensor de gases AEROQUAL S200, durante 8 horas continuas por 3 días, así mismo realizó la simulación de la dispersión de emisiones con el software SCREEN View, para procesar los datos registrados y compararlos con los estándares de calidad ambiental de aire. Determinó las concentraciones en la boca de hornos para  $PM_{10}$  de  $12.64 \mu g/m^3$ ,  $PM_{2.5}$  de  $18.13 \mu g /m^3$ , CO de  $9968.16 \mu g/m^3$ ,  $SO_2$  de  $17.01 \mu g/m^3$ ,  $NO_2$  de  $93.03 \mu g/m^3$ , las cuales no superan en ningún punto el Estándar de Calidad Ambiental Aire (ECA Aire). Utilizando el software SCREEN View, observó que las concentraciones descendieron muy por debajo de los estándares de calidad ambiental, esto debido principalmente a la acción dispersante del viento.

Mauricio y Murga (2015), buscaron determinar el nivel de concentración de las emisiones de las chimeneas de los calderos 17 y 20 de la empresa Cartavio S.A.A, durante los años 2013, 2014 y 2015, haciendo uso del modelo gaussiano SCREEN3 para simular la dispersión atmosférica de los contaminantes CO,  $NO_x$ ,  $PM_{10}$  y  $SO_2$ . Al analizar las emisiones de las chimeneas, determinaron que las concentraciones máximas a nivel de suelo para los contaminantes CO,  $NO_x$ ,  $PM_{10}$  y  $SO_2$  están por debajo de los ECA Aire, sin embargo, en el sector Norte a la empresa Cartavio S.A.A, observaron que las repercusiones por las concentraciones de CO,  $NO_x$ ,  $PM_{10}$  y  $SO_2$  son mayores, esto debido a las condiciones meteorológicas y las condiciones de operación, con este resultado recomendaron llevar a cabo estudios de modelamiento de los contaminantes atmosféricos para tomar medidas correctivas.

De La Cruz, Huamani y Morales (2022), tuvieron como objetivo estimar y analizar la dispersión en el aire de las emisiones fugitivas de COVs generadas en un EDS de combustible de la estación de servicio de combustibles de Santa

María de Huachipa, para ello utilizó el modelo de dispersión gaussiano SCREEN3. Los resultados que obtuvieron para una semana de evaluación fueron los siguientes: pérdidas evaporativas de 17.5 kg de COVs y del diésel 8.8 kg de COVs, además de altas concentraciones de COVs medidos in situ con un promedio de 47442.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Finalmente, después analizar los resultados obtenidos concluyeron que, debido a que estos niveles sobrepasaron el ECA, la población adyacente a la estación está propensa a la inhalación de COVs, y puede sufrir daños en su salud.

García y Tucto (2022), tuvieron como propósito establecer el grado de predicción del programa SCREEN View de las concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ , provenientes de las calderas de la empresa Agroindustrial Laredo S.A.C. a distintas distancias de la fuente de 500, 900 y 1300 metros. Para ello, tomaron como comparación las concentraciones medidas con muestreadores Hi-Vol a las mismas distancias antes mencionadas. Determinaron los aspectos meteorológicos de la zona y hallaron la velocidad y dirección del viento para plasmarlas en las rosas de viento, realizadas con ayuda del programa WRPlot, asimismo midieron las concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$  haciendo uso del Hi-Vol en los puntos establecidos. Finalmente contrastaron los resultados obtenidos in situ, con los estimados por el programa SCREEN View, determinando que la diferencia fue de 0.0052 en promedio. Con ello concluyeron que el grado de predicción del programa SCREEN View es alto, ya que no existe una diferencia significativa entre los resultados calculados con los tabulados.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. La Atmósfera**

Se define atmósfera como “la capa de aire que rodea la tierra”. Si bien esta definición general es correcta, para adentrarnos en el estudio se profundizará en la estructura dentro de sus diferentes capas y su comportamiento dinámico.

La atmósfera tiene una masa de aproximadamente  $59 \times 10^{21}$  gr y está

constituida por 78% de nitrógeno, 21 % de oxígeno y 1 % de Argón, así como otros gases, etc (Matias, 2021).

Estas relaciones cambian muy poco con el lugar o el tiempo, en la mayor parte de la atmósfera esta comprende franjas que rodean la tierra hasta una altura variable de unos 250 a 1000 kilómetros, estructurada en las siguientes capas principales: troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera y exosfera (De Nevers, 2000; Villar , 2017).

### **2.2.2. Contaminación atmosférica**

La contaminación atmosférica es la presencia de elementos, sustancias químicas y mezcla de sustancias, que reaccionan y puedan actuar con sinergismos volviéndose más peligrosos, ya que pueden causar efectos nocivos sobre los ecosistemas y en particular, sobre la salud humana.

Las principales causas por las que se produce contaminación atmosférica se concentran en los sistemas productivos industriales y actividades antropogénicas (IDEAM, s.f.).

El desarrollo urbano, la modificación de la superficie de la tierra y el cambio climático son fenómenos derivados de una explosión demográfica mundial y están alterando la composición del aire. La atmósfera deposita contaminantes en los cursos de agua y en la tierra, lo que perjudica no solamente a las personas, sino también, a los animales y las plantas del ecosistema (De la Cruz et al., 2011). No obstante, en lo que sigue se trata casi exclusivamente la contaminación como consecuencia de la actividad humana: transporte, producción de energía eléctrica, siderurgia, procesos de fabricación, minería a cielo abierto, canteras, cementeras, incineradores, etc (Puigcerver y Carrascal, 2008).

### **2.2.3. Evacuación de contaminantes a la atmósfera.**

Las crecientes necesidades energéticas del mundo industrial moderno han traído, entre otras contrapartidas, un progresivo deterioro del medio

ambiente al tener que evacuar a la atmósfera los residuos procedentes de la combustión. Para tratar de obtener una adecuada dispersión de los contaminantes que conduzca a valores de inmisión medios por debajo de los límites admisibles por la legislación, se hace necesario el uso de chimeneas que posibiliten la dilución del contaminante en la atmósfera. Es por ello que, es necesario estudiar el cálculo de la concentración de contaminantes en un determinado punto relativamente cercano al foco de emisión, y tratar que este valor este por debajo de los límites admisibles. El problema es en realidad, extremadamente complejo y depende de una multitud de variables (Espert y Lopéz, 2000).

#### **2.2.4. Principales contaminantes del aire**

Los principales contaminantes o contaminantes criterio, los cuales cuentan con estándares de calidad ambiental establecidos son:

- a. Monóxido de carbono (CO),
- b. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>),
- c. Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>),
- d. Ozono (O<sub>3</sub>),
- e. Material Particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>),
- f. Material Particulado con diámetro menor o igual a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>),
- g. Plomo (Pb),
- h. Benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)
- i. Hidrocarburos totales (HT),
- j. Hidrógeno sulfurado (H<sub>2</sub>S).

#### **2.2.5. Dispersión de contaminantes atmosféricos**

La dispersión de contaminantes es el proceso que transporta y mezcla los contaminantes en el aire. Configura las diferentes concentraciones de estos en la atmósfera, en las emisiones en la zona de influencia de la fuente emisora,

pasando esto a inmisiones que se concentran a nivel de suelo, luego de reacciones químicas y fotoquímicas simultaneas teniendo como catalizador los rayos solares y mucho de ellos forman parte de la lluvia acida. La evolución de los contaminantes conlleva a la aparición de otros no emitidos por la fuente directamente: los contaminantes secundarios, como el ozono formado a partir de los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles en presencia de la luz solar, o el ácido sulfúrico formado a partir de la oxidación del dióxido de azufre (Aránguez et al., 1999).

### **2.2.6. Los modelos de dispersión de contaminantes**

Los modelos son representaciones de la realidad que servirán a los gestores para predecir la contaminación en el espacio y en el tiempo, sobre cómo podrían evolucionar estos contaminantes en el medio receptor. Posee dos tipos de modelo de dispersión:

**a. Modelos físicos:** Son representaciones de los problemas que se quieren conocer, con un tratamiento experimental a determinada escala.

**b. Modelos matemáticos:** Son una representación numérica a través de ecuaciones de los problemas que se quieren conocer.

Los modelos de estimación de concentración de contaminantes, emitidos por una o más fuentes, son modelos matemáticos que permiten estimar las concentraciones de diversos contaminantes con una serie de restricciones o condiciones de cálculo y en función de las concentraciones de emisión de la fuente o fuentes, las condiciones meteorológicas y las características del terreno circundante a la fuente. Los modelos de dispersión de contaminantes en la atmósfera se pueden clasificar en 5 tipos principales y también existen modelos híbridos que combinan modelos de 2 o más de los tipos principales:

- Modelos de caja.
- Modelos Gaussianos.
- Lagrangianos.
- Modelos Eulerianos.

- Modelos de gas pesado o de gas denso (Villar, 2017).

### **2.2.7. Usos de la modelación**

Los usos más comunes de los modelos, se describen a continuación:

- Determinación de áreas de influencia de fuentes contaminantes.
- Determinación de impactos en la calidad del aire, en sectores cercanos a las fuentes de emisión.
- Implementación de programas regulatorios de la contaminación atmosférica y creación de leyes.
- Para la evaluación del estado futuro de la calidad del aire, urbana o local.
- Para el diseño de redes de calidad del aire.
- Para el diseño de programas de prevención.
- Para la comparación de alternativas previas a la implementación de sistemas de control.
- Para definir la altura óptima de la chimenea en instalaciones industriales.

### **2.2.8. Modelo de dispersión Gaussiano**

El modelo de dispersión Gaussiano busca simular el comportamiento en conjunto de las plumas emitidas desde la fuente a nivel del terreno o a la altura de la chimenea. El perfil de la concentración a favor del viento está dado por la ecuación general:

$$C(x, y, z) = Kx^{-1} \exp \left[ - \left( \frac{y^2}{D_y} + \frac{z^2}{D_z} \right) \frac{u}{4x} \right] \quad (1)$$

K es una cte. arbitraria cuyo valor se determina por las condiciones de frontera del problema atmosférico específico.

#### **Para una fuente puntual a nivel del suelo**

Para una fuente puntual individual, la expresión apropiada para K es:

$$K = \frac{Q}{2\pi(D_y D_z)^{1/2}} \quad (2)$$

Siendo  $Q$  la fuerza de la fuente de emisión, es decir, la masa emitida por unidad de tiempo. Al sustituir la ecuación (2) en la ecuación (1) se encuentra que la concentración de un contaminante emitido de una fuente puntual a nivel del suelo está representada por la expresión:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi x(D_y D_z)^{1/2}} \exp \left[ - \left( \frac{y^2}{D_y} + \frac{z^2}{D_z} \right) \frac{u}{4x} \right] \quad (3)$$

Se reorganiza la ecuación (2) estableciéndose las siguientes definiciones para efectuar la transformación:

$$\sigma_y^2 \equiv \frac{2D_y x}{u} \quad (4)$$

y

$$\sigma_z^2 \equiv \frac{2D_z x}{u} \quad (5)$$

Se sustituyen las 2 nuevas definiciones en la ecuación (3) y se obtiene una relación para la concentración a favor del viento desde una fuente puntual a nivel del suelo.

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left[ - \frac{1}{2} \left( \frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2} \right) \right] \quad (6)$$

Se reordena la ecuación (6), de manera que el lado izquierdo sea igual a  $Cu/2Q$ .

Las unidades para la concentración gaseosa  $C$ , se determinan por las unidades utilizadas para expresar las magnitudes  $Q, u, \sigma_y$  y  $\sigma_z$ , estando dadas,  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  por lo general en metros, y  $u$  en metros por segundo. Se puede obtener el valor de  $C$  en microgramos por metro cúbico, y la tasa de emisión  $Q$  se deberá

expresar entonces en microgramos por segundo. Al  $y$  y  $z$  tomarse con un valor cero, la ecuación (6) se reduce a:

$$C(x, 0, 0) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \quad (7)$$

Esta ecuación se aplica a la concentración a lo largo de la línea central y a nivel del suelo, desde una fuente puntual también a nivel del suelo (Wark y Warner, 2012).

#### LEYENDA DE PARAMETROS DE MODELO DE DISPERSION DE CONTAMINANTES

<b>C</b>	Concentración gaseosa
<b>Q</b>	Tasa de emisión del contaminante (g/s)
<b>U</b>	Velocidad del viento a la altura de la chimenea (m/s)
<b>H</b>	Altura efectiva de la chimenea (m)
<b>Dy</b>	Difusibilidad de masa (y)
<b>Dz</b>	Difusibilidad de masa (z)
<b>Y</b>	Dirección a nivel del suelo
<b>Z</b>	Dirección a nivel del suelo
<b>G</b>	Gravedad (m/s <sup>2</sup> )
<b><math>\sigma_z</math></b>	Coeficiente de Dispersión Horizontal
<b><math>\sigma_y</math></b>	Coeficiente de Dispersión vertical
<b><math>\pi</math></b>	3.14159265

Los modelos gaussianos son las técnicas más usadas para estimar los impactos de contaminantes no reactivos. Estos modelos estiman la dispersión horizontal y vertical de una pluma que viaja viento abajo desde una fuente usando la fórmula matemática gaussiana que describe las concentraciones en la pluma como una curva de campana (i.e., para una distancia dada desde la fuente, las máximas concentraciones son asignadas a la línea central y decrecen desde esta misma). Estos modelos generalmente usan datos meteorológicos horarios en la forma de condiciones de "peor caso" definidas por el usuario o registradas en una estación meteorológica cercana (PERCAN, 2007).

### **2.2.9. Elevación del Penacho o Pluma de dispersión**

Los gases una vez que dejan la chimenea se mezclan con el aire ambiental y el penacho se dobla adquiriendo la velocidad media del aire que lo arrastra. No obstante, debido al movimiento vertical inicial y flotabilidad aún existente, el penacho se sigue elevando respecto al aire ambiental. Un factor y tal vez el que afecta de forma más directa las concentraciones de contaminantes al nivel del suelo, es la elevación del penacho.

La elevación del penacho depende del contenido calorífico de las emisiones, la cantidad de movimiento inicial, velocidad de viento al nivel penacho, distancia posterior a la chimenea, altura de la fuente emisora y variación de la temperatura atmosférica con la altura (Parker, 1983).

### **2.2.10. Estabilidad o comportamiento de la pluma o penacho**

La dispersión de los contaminantes en la atmósfera se efectúa por medio de dos mecanismos generales: la velocidad promedio del viento y la turbulencia atmosférica. La acción de la primera es transportar los contaminantes de acuerdo con la dirección del viento y la segunda genera que los contaminantes oscilen en las direcciones verticales y transversales del viento.

A continuación, se indican seis clasificaciones del comportamiento de la pluma, además de la variación general de la forma geométrica en el plano de coordenadas x, z, se observa además perfiles aproximados de velocidad y temperatura (Wark, y Warner, 2012).

### **2.2.11. Tipos de plumas contaminantes**

#### **a. Pluma en espiral**

- Alta turbulencia convectiva.
- Atmósfera Superadiabática.
- Atmósfera inestable.
- Remolinos térmicos.

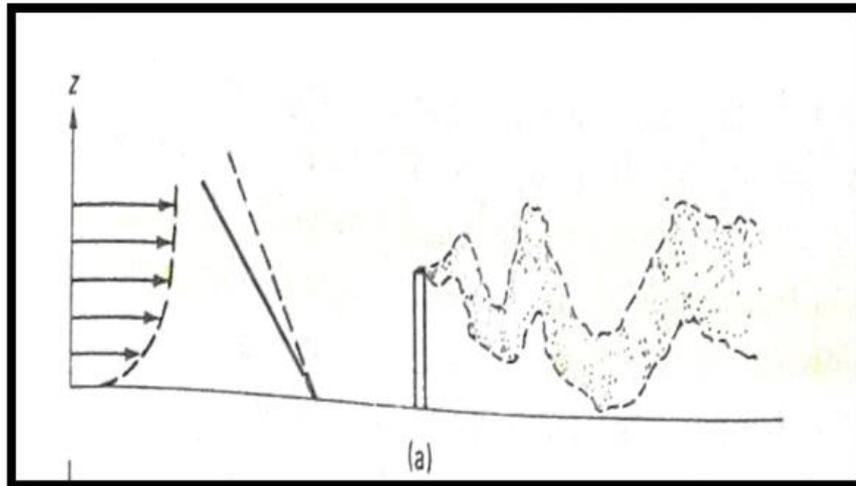


Figura 1. Pluma de tipo espiral. Tomada de "Contaminación del aire: Origen y control", por Wark y Warner. 2012, p. 131.

### b. Pluma en cono

- Turbulencia mecánica baja.
- Ocurre en cielos nublados (día o noche).
- Atmósfera neutral.
- Variación de vientos de moderados a fuertes.

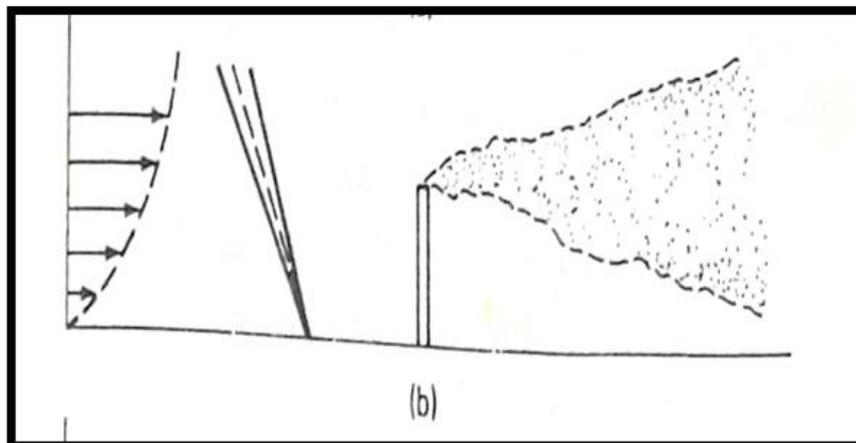


Figura 2. Pluma tipo cono. Tomada de "Contaminación del aire: Origen y control", por Wark y Warner. 2012, p. 131.

### c. Pluma en abanico

- Atmósfera extremadamente estable.
- No hay turbulencia mecánica.
- Muy poca concentración de contaminante llega al suelo.

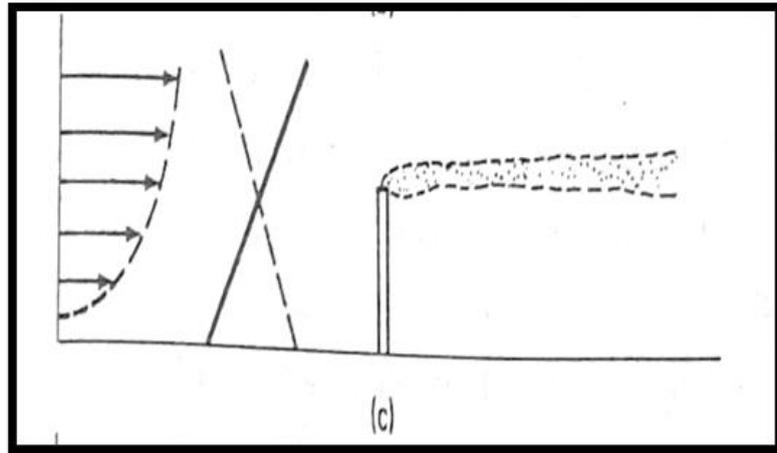


Figura 3. Pluma tipo abanico. Tomada de “Contaminación de aire: Origen y Control”, por Wark y Warner. 2012, p.131.

#### d. Pluma de fumigación

- Presencia de una capa estable a una corta distancia a la altura de la chimenea (encima).
- Presencia de una capa inestable por debajo de la pluma.
- Tiene una duración promedio menor a 30 minutos.

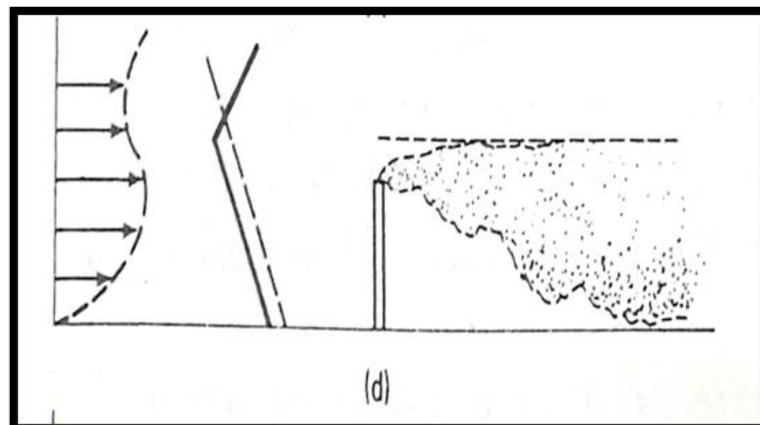


Figura 4. Pluma tipo fumigación. Tomada de “Contaminación del aire: Origen y control”, por Wark y Warner. 2012, p. 131.

## 2.2.12. Programa de modelamiento de dispersión de contaminantes atmosféricos SCREEN View

El programa SCREEN View 4.0.1. emplea el modelo Gaussiano de dispersión, fue elaborado por la EPA para proveer un procedimiento simple que admita evaluar concentraciones máximas de varios contaminantes al ras del terreno en relación al recorrido del origen de emisión (García, 2021).

Las variables se personifican de la siguiente manera:

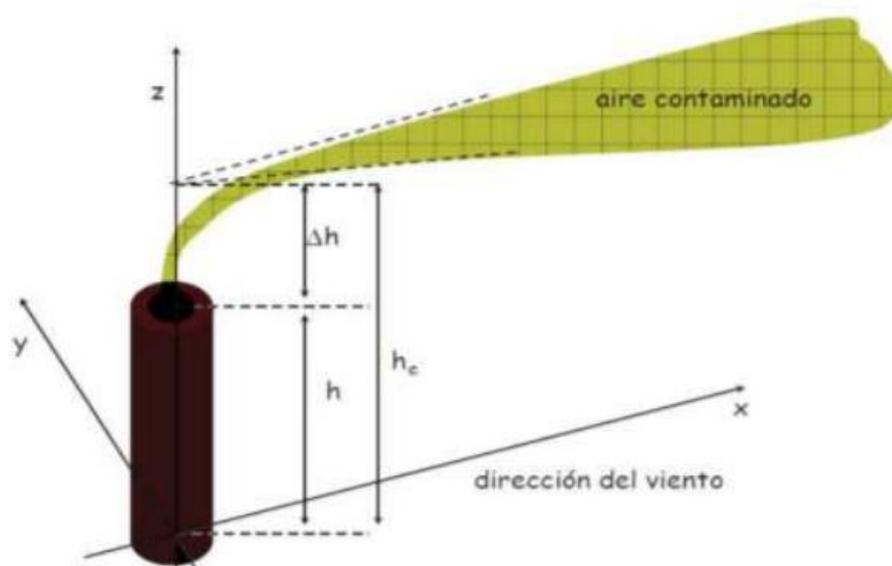


Figura 5. Esquema de las variables usadas en la ecuación el programa SCREEN View. Tomada de "Aplicación de un modelo de dispersión atmosférica", por Cabrera, 2012, p. 38.

### Proceso de aplicación del programa SCREEN View

- a) Selección del tipo de fuente y coeficiente de dispersión.
- b) Inserción de información de la data a la de la fuente y sus parámetros monitoreados o estimados, tales como: tasa de emisión, altura y diámetro de la fuente, velocidad y temperatura de salida de los gases y temperatura ambiente.
- c) Selección de datos correspondientes al tipo de terreno, distancias a las cuales se calcularán las concentraciones e ingreso de la altura promedio del receptor.
- d) Selección de meteorología para detección del tipo de terreno y clase de estabilidad.

- e) Ingreso de distancias, tanto automáticas como discretas.
- f) Elección de si interviene el Efecto Building Downwash y la Fumigación costera según análisis de terreno.
- g) Consulta de detalles de los datos ingresados al software.
- h) Corrida del modelo con SCREEN View y procesamiento de datos.
- i) Extracción de resultados para ser evaluados (Output File y Gráfico de la concentración vs distancias).



Figura 6. Aplicación del software SCREEN View

## 2.3. Marco conceptual

### 2.3.1. Diseño de los ductos de escape de los grupos electrógenos de emergencia

Se define una chimenea o ducto de escape como una conducción que descarga humo o vapor de agua procedente de un hogar, horno, motor, etc., sin embargo, esta premisa básica no define la verdadera función de una chimenea, que es reducir la contaminación del aire cercano al suelo de los diferentes parámetros contaminantes producto de la combustión de los combustibles. Para que se cumpla esta función, el ingeniero debe de determinar en primer lugar dos parámetros básicos, *He* altura efectiva de la emisión, y *Q* caudal de la emisión (Parker, 1983).

- **Ductos exteriores:** Los ductos o partes de ellos que estén levantados en el exterior de una construcción deben tener un espacio libre de 0.60 m de paredes combustibles y de 0.10 m de las paredes no combustibles. Ningún ducto deberá estar más cerca de 0.60 m en cualquier dirección de una ventana, puerta o cualquier otra área de ingreso o salida.
- **Aparato de medio calor:** Hace referencia a cualquier instalación o equipo en el cual la temperatura de salida de gases, así como de su entrada fluctúe entre 280 °C y 800 °C (Ordenanza N530-MSI, 2020).

### 2.3.2. Factores que intervienen en la geometría de los ductos o chimeneas

#### a. Diámetro de los ductos o chimenea

El diámetro del ducto o chimenea es un parámetro característico de la sección de un tubo o canal genérico que nos permite conocer la distancia máxima que existe dentro de la chimenea para el paso y salida de los gases de combustión provenientes de los grupos electrógenos.

#### b. Altura de los ductos o chimenea

La altura de un ducto o chimenea es la dimensión vertical que sobresale del techo del edificio para facilitar la salida de los gases de combustión provenientes de los grupos electrógenos, teniendo que ser esta dimensión mayor a la del diámetro y de un tamaño suficiente para que los gases se dispersen adecuadamente.

**Tabla 1** *Componentes de los ductos de escape*

Componentes	Dimensiones (m)			Peso (kg)
	Largo	Ancho	Altura	
Ducto de 10"	2.40	0.25	0.25	72.00
Ducto de 12"	2.40	0.30	0.30	85.00
Ducto de 14"	2.40	0.35	0.35	103.00

Ducto de 14"	3.00	0.35	0.35	127.00
Ducto de 10"	0.50	0.25	0.50	20.00
Ducto de 12"	0.50	0.30	0.50	25.00
Ducto de 14"	0.60	0.35	0.60	30.00
Anclaje vertical	0.70	0.27	0.10	8.80

Nota: Tomada de Modasa Diesel Andinos S.A., 2017.

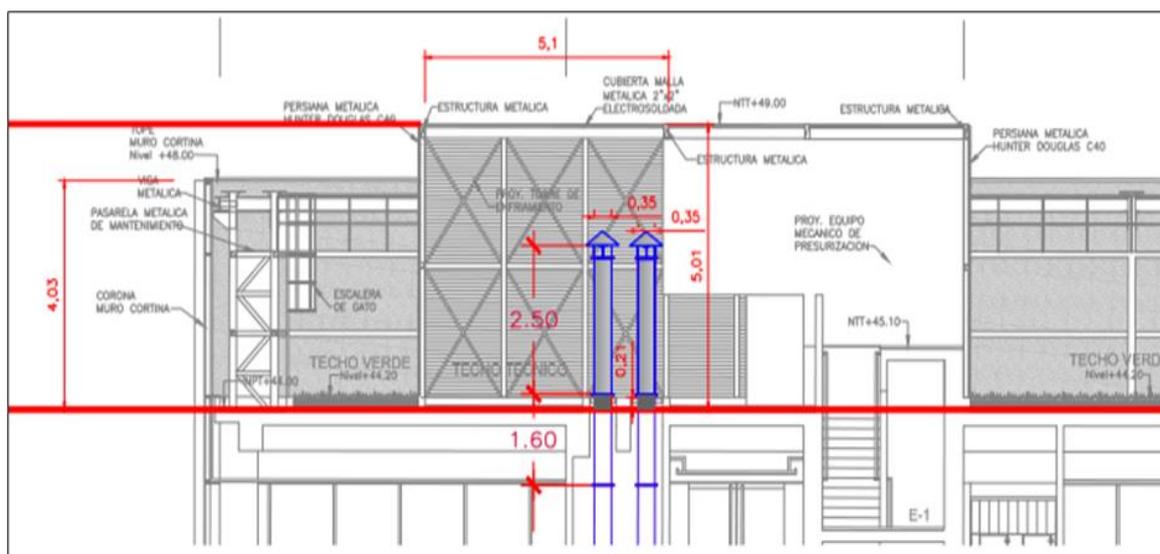


Figura 7. Detalle plano de corte techo técnico y diseño de ductos de escape (plano de Autodesk AutoCAD). Tomada de Modasa Diesel Andinos S.A., 2017.

**Tabla 2** Geometría de los ductos

GEOMETRIA DE DUCTOS	INDICADORES	
Tipo de Fuente Puntual	Fuente 1	Fuente 2
Altura original de la chimenea o ducto de escape (m)	2.50	2.50
Diámetro interno original (m)	0.35	0.35

Nota: Tomada de Modasa Diesel Andinos S.A., 2017.

### **2.3.3. Sistema de escape de los ductos**

#### **a) Temperatura de salida de los gases**

Es importante medir la temperatura de salida de los gases, ya que esta determinara junto con la altura, la dispersión de los contaminantes emitidos en la atmósfera. Es por ello que es necesario medir la temperatura del gas justo en el punto de salida, puesto que, en caso la chimenea sea alta, los gases se enfriarán conforme avancen hasta el punto de salida. Otros factores que también van a influir en la dispersión son las características meteorológicas de la zona, la ubicación de la chimenea, el tipo de terreno donde se ubica la chimenea, y la naturaleza fisicoquímica del efluente (INECC-SEMARNAT, 2013).

#### **b) Velocidad de salida de los gases**

Para calcular la velocidad de salida de los gases se necesitará el diámetro de la chimenea y la tasa de flujo volumétrico. Además, debemos recordar que cuanto más grande sea la velocidad de la salida, mayor será el ascenso vertical, y la diferencia entre la  $T^\circ$  de salida de los gases y la  $T^\circ$  ambiente también será mayor. Es por ello, que es recomendable que la temperatura y la velocidad salida de los gases sea alta, ya que así se logrará alcanzar una mayor altura efectiva de emisión (INECC-SEMARNAT, 2013).

#### **c) Tasa de emisión**

Volumen del gas emitido por unidad de producción, se expresa en  $m^3$ /unidad de producción, en su defecto puede aparecer un índice de consumo de materia prima para producir una unidad (Rodríguez et al., 2011).

#### **d) Técnicas de estimación de emisiones**

Existen diferentes tipos de técnicas de estimación, tanto métodos directos e indirectos, que requieren recopilación de información adicional sobre la fuente que está siendo analizada. Esta información incluye datos de identificación, datos de operación o características de la actividad que realizan, y los factores que afectan la emisión, como el uso y la eficiencia de equipos de control. A continuación, se presentará las técnicas de estimación de emisión más

utilizadas:

**i. Muestreo en la fuente:**

Es un método común, para obtener medidas de emisión a corto plazo (tomadas en las chimeneas o respiraderos). Además, es un método de alta precisión, sin embargo, también es una de las técnicas con mayor costo de implementación, los cuales dependen de las características y la confiabilidad del equipo de muestreo empleado, que puede ser manual o automático (INECC, 2013).

**ii. Uso de factores de emisión**

Los factores de emisión son valores que relacionan la cantidad de un contaminante emitido con la actividad del equipo asociado a esa emisión. Estos factores generalmente se expresan como una relación entre la masa del contaminante emitido y el volumen, el peso, distancia o duración de la actividad que causa la emisión; por ejemplo, kilogramos de partículas por tonelada de hierro gris producida, o kilogramos de compuestos orgánicos volátiles por días de operación de la planta industrial, etc. En general, en la elaboración de inventarios de emisiones de fuentes fijas se utilizan los factores de emisión por proceso reportados en el documento AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, este contiene factores de emisión para diversas actividades y procesos (INECC-SEMARNAT, 2013).

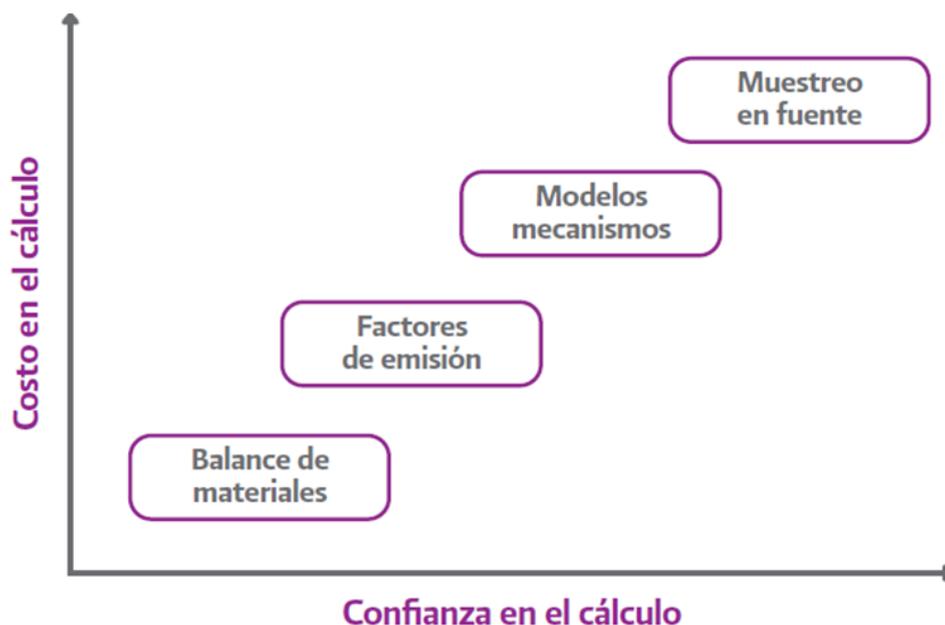


Figura 8. Técnicas de estimación de emisiones. Tomado de INECC-SEMARNAT. 2013, p. 27.

Antes de utilizar este método es necesario conocer, además de los datos generales de identificación del establecimiento, los datos de operación de la instalación y los factores que afectan las emisiones, otros datos importantes entre los que se encuentran:

- El giro o sector al que pertenece el establecimiento.
- Los detalles sobre su actividad (horas y días de funcionamiento).
- El tipo de combustible que utiliza.
- El volumen o masa de combustible que se utiliza.
- Las características del combustible.
- Las características del equipo.
- El uso y la eficiencia del equipo de control de emisiones.
- Datos sobre procesos y emisiones adicionales.

La ecuación general para el cálculo de la tasa emisión utilizando el factor de Emisión:

$$E = FE * A * \left(1 - \frac{ER}{100}\right) \quad (8)$$

Donde:

E = emisión en (g/s).

FE = factor de emisión en (g/m<sup>3</sup>).

A = nivel de intensidad de la actividad (consumo de combustibles, producción y operatividad)

ER = eficiencia global en la reducción de emisiones (%) (Rodríguez et al., 2011).

#### **2.3.4. Diseño de arquitectura del edificio**

El último techo del edificio (techo del 10° piso) alcanza los 44.00 metros, altura por debajo de la cota máxima aprobada considerando la sumatoria del ancho de vía más los retiros, parámetros medidos en la calle Las Begonias (45.00 metros). El techo técnico se ubica sobre el nivel de 44.00 metros y a partir de éste se ha realizado una corona que se eleva hasta alcanzar los 48.00 metros, permitiendo aislar visual y acústicamente el cuarto de máquinas de ascensores, las instalaciones y los equipos mecánicos. De esta manera no se afecta la armonía del perfil urbano con elementos extraños expuestos y visibles desde el exterior (COSAPI S.A., 2017).

##### **A. Geometría del techo técnico**

Al techo técnico se accede a través de las dos escaleras de escape que se ubican en el hall de ascensores del piso 10° (último nivel techado).

En éste se ubican las instalaciones mecánicas, eléctricas y equipos de aire acondicionado y presurización encapsulado por una estructura metálica de 5.00 m de altura, los cuales se encuentran visualmente y acústicamente aislados del exterior por una corona resultante al elevar 4.00 m el muro cortina por encima del techo técnico.

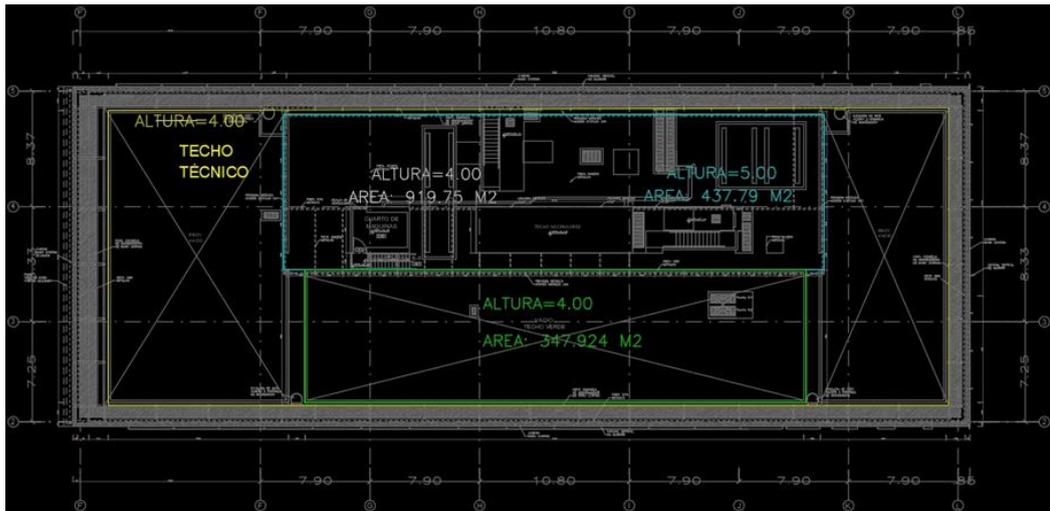


Figura 9. Plano de la planta del techo técnico del edificio. Tomada de COSAPI S.A, 2017.

**Tabla 3** *Geometría del techo técnico*

GEOMETRIA DEL TECHO TECNICO	INDICADORES	INDICADORES
<b>Tipo de Fuente Puntual</b>	<b>Fuente 1</b>	<b>Fuente 2</b>
Altura de la corona del muro cortina	4.00 m	4.00 m
Altura del edificio	48 m	48 m

Nota: Tomada de COSAPI S.A., 2017.

### **2.3.5. Descripción de los contaminantes atmosféricos a evaluar en la investigación**

#### **A. Contaminante PM<sub>10</sub>**

Es una mezcla de partículas sólidas microscópicas y gotas líquidas suspendidas en el aire (aerosoles), el cual se clasifica de acuerdo a su tamaño, en partículas con diámetro menor a 10 micras, 2.5 micras y 1 micra. Proviene en su mayoría del uso de combustibles fósiles que contienen azufre y de los oxidantes fotoquímicos formados en la atmósfera por reacciones químicas complejas entre los HC, óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y CO, todos relacionados con las emisiones vehiculares. Las fuentes móviles contribuyen con un 50 % o más en las concentraciones de material particulado en las áreas urbanas. Las partículas gruesas contienen usualmente material de la corteza terrestre y polvo de las carreteras y de la industria. La fracción fina contiene mayor acidez y actividad mutagénica. La mayor parte de las partículas se hallan como finas (entre 100 nm y 2.5 µm), pero hay otro porcentaje importante que están como ultra finas (menores a 100 nm) (Wark y Warner, 2012).

#### **B. Contaminante CO**

El monóxido de carbono tiene su origen en la combustión incompleta de combustibles fósiles. No obstante, no se observa un crecimiento constante de la concentración del mismo en la atmósfera, ya que existen cientos de tipos de hongos que son capaces de eliminar una gran porción, y otra parte pasa a ser dióxido de carbono por su oxidación.

El CO pareciera no perjudicar la vida vegetal, pero dependiendo de las concentraciones, cuando una persona inhala aire contaminado con CO, las moléculas de CO entran a los pulmones y se transfieren al sistema sanguíneo, causando dolor de cabeza, náuseas, pérdida del conocimiento, problemas cardíacos y pulmonares y en el peor de los casos la muerte. Por tales razones, el CO se considera un gas altamente tóxico y puede estar presente en cualquier lugar (Vega et al., 2017).

### **C. Contaminante NO<sub>2</sub>**

El NO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub> (NO+ NO<sub>2</sub>) tienen también un origen principalmente antrópico. Como contaminantes, son gases que se emiten en los procesos de combustión que se llevan a cabo en relación con el tráfico (sobre todo vehículos automóviles, y en especial de motores diésel) y con el transporte en general, así como en instalaciones industriales de alta temperatura y de generación eléctrica (Wark y Warner, 2012).

Su formación se debe a la oxidación que sufre el nitrógeno atmosférico (N<sub>2</sub>, principal componente del aire) a altas temperaturas. Los focos emisores emiten generalmente NO y NO<sub>2</sub>, a los que denominamos primarios, con el tiempo el NO se oxida y genera NO<sub>2</sub> secundario. Así pues, cerca de las fuentes la ratio NO/ NO<sub>2</sub> es mucho más alto que en las zonas de fondo regional (Wark y Warner, 2012).

En ambiente urbano, generalmente más del 75% del NO<sub>2</sub> es aportado por el tráfico rodado. Esta contribución es mayor que la que aporta al Inventario Nacional de Emisiones debido a que los ciudadanos viven muy próximos al tráfico rodado, y aunque en tonelaje las emisiones son inferiores a las de otras fuentes, su contribución a la exposición humana en ciudades es muy superior (Wark y Warner, 2012).

#### **2.3.6. Factores meteorológicos**

La disipación del material residual descargado en la atmósfera depende de las condiciones meteorológicas que predominan en la capa atmosférica próxima a la tierra, capa superficial de solo 1000 m de espesor (Parker, 1983).

En el sentido más amplio, la dispersión está controlada por las fluctuaciones de la velocidad y dirección del viento. Otros factores, tales como estabilidad atmosférica, temperatura atmosférica, características topográficas y asperezas de la superficie, repercuten mucho en el grado de dilución de las emisiones por el viento (Parker, 1983).

## A. Estabilidad atmosférica

La estabilidad es una propiedad del aire que describe su tendencia a permanecer en su posición original, estable, o a elevarse, inestable. La estabilidad de la atmósfera está regulada por la temperatura en diferentes niveles, lo que determina el gradiente ambiental de temperatura, que no es lo mismo que los cambios de temperaturas adiabáticos anteriores, sino que es el gradiente real o actual de temperatura de la atmósfera (Espert y Lopéz, 2004).

Un indicador clásico de la estabilidad actual de la atmósfera es el comportamiento de las nubes de humo contaminantes que emanan de las chimeneas. Las formas características de estas nubes son sugerentes del estado de la atmósfera (Espert y Lopéz, 2004).

### Categorías de estabilidad atmosférica

Clase A: Muy inestable.

Clase B: Moderadamente inestable.

Clase C: Ligeramente inestable.

Clase D: Neutral, condiciones de nublado durante el día o la noche.

Clase E: Ligeramente estable.

Clase F: Muy estable.

Las categorías en detalle se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4** *Categorías de estabilidad atmosférica de Pasquill-Gifford según clases*

Velocidad superficial del viento	DÍA			NOCHE	
	Radiación solar entrante			Cubierta de nubes	
	Fuerte	Moderada	Ligera	En su mayoría nublado	En su mayoría despejado
clase	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<2	A	A-B	B	E	F

2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

*Nota:* Tomada de Espert y López, 2004.

## **B. Radiación solar**

La radiación solar es la energía que emite el sol, y que llega a la atmósfera a través de ondas electromagnéticas. Esta energía determina las dinámicas y tendencias de los procesos atmosféricos y climatológicos. Además, produce energía Fotovoltaica, la cual es primordial en la lucha contra el cambio climático.

La radiación solar se mide en superficie horizontal, utilizando el sensor de radiación o piranómetro, el cual debe estar orientado al sur y ubicado en un lugar libre de sombras. Su unidad de medida es de vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) (Garnacho, Salido y Moreno, 2020).

## **C. Velocidad del viento**

La velocidad del viento mide la componente horizontal del desplazamiento del aire en un punto y en un instante determinado. Se mide mediante un anemómetro, y la unidad de medida es habitualmente metro por segundo (m/s). Las ausencias de viento se denominan calmas (PERCAN, 2007).

## **D. Dirección del viento**

La dirección mide la componente horizontal de la velocidad del viento. En meteorología es importante tener en cuenta que la dirección nos indica de dónde viene el viento, no hacia dónde va. Por ejemplo, el viento norte es el que sopla desde el norte. Se mide en grados, desde  $0^\circ$  (excluido) hasta  $360^\circ$  (incluido), girando en el sentido de las agujas del reloj en el plano horizontal visto desde arriba. Valores cercanos a  $1^\circ$  y  $360^\circ$  indican viento del norte, cercanos a  $90^\circ$  viento del este,  $180^\circ$  del sur y  $270^\circ$  del oeste. La dirección del viento se mide mediante una veleta (PERCAN, 2007).

## **E. Temperatura ambiente**

La temperatura ambiental es la temperatura a la que se encuentra una masa de aire húmedo y con frecuencia se conoce sólo como temperatura del aire (Meteoblue AG, 2006).

### **i. Mediciones**

Mediciones oficiales de temperatura se hacen generalmente en un lugar y altitud determinadas, 2 metros del suelo, si están en conformidad con las directrices de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés). Muchas otras mediciones están disponibles y pueden producir resultados sustancialmente diferentes, dependiendo de la instrumentación (cobertura, ventilación, etc.), de la superficie del suelo (vegetación, piedra, asfalto, etc.) y alrededores (campos, bosques, ciudades). Estos por lo general no se consideran para los servicios meteorológicos estándar.

### **ii. Simulaciones**

La temperatura prevista, para la simulación se considera para un lugar determinado y altitud, si se mide de acuerdo con las directrices de la WMO, 2 metros del suelo (Meteoblue AG, 2006).

## **F. Efecto building downwash**

Las características del terreno y los edificios (estructuras) ejercen una notable influencia, mediante la creación de vórtices (remolinos) sobre el patrón del flujo de viento de una estructura del tipo acantilado.

Ocurre cuando la altura de una chimenea es insuficiente y por acción del flujo sobre la parte superior de la estructura (edificio) ubicada en dirección del viento del punto de emisión, crea un flujo descendente (contra corriente), produciendo el descenso de los contaminantes emitidos, este fenómeno se conoce como BUILDING DOWNWASH (efecto del edificio de corriente descendente) mostrada en la Figura 10 y la distancia mínima para evitar la influencia de la cercanía de los obstáculos a la chimenea mostrada en la Figura

11 (Espert y López, 2004).

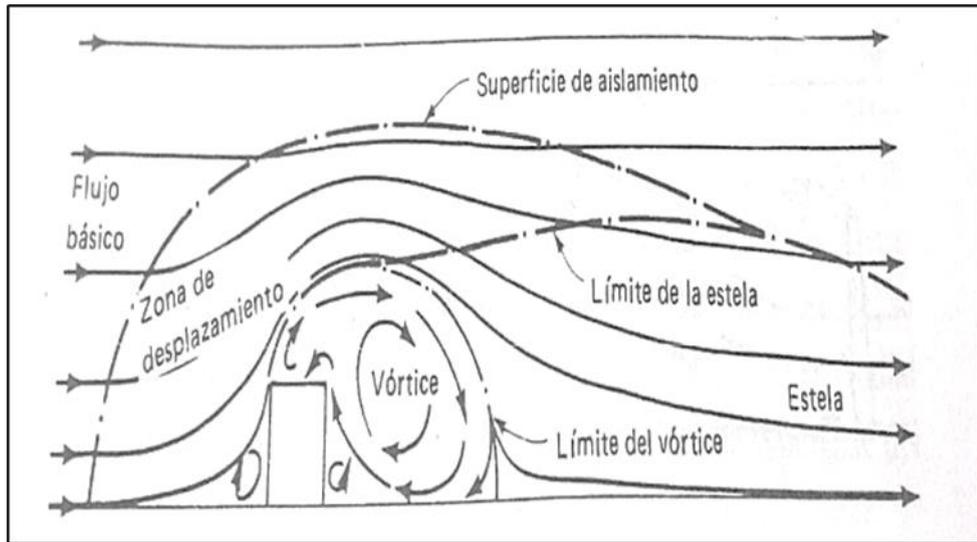


Figura 10. Building Downwash (efecto del edificio de corriente descendente). Tomada de "Dispersión de contaminantes en la atmósfera", por Espert y López, 2004.

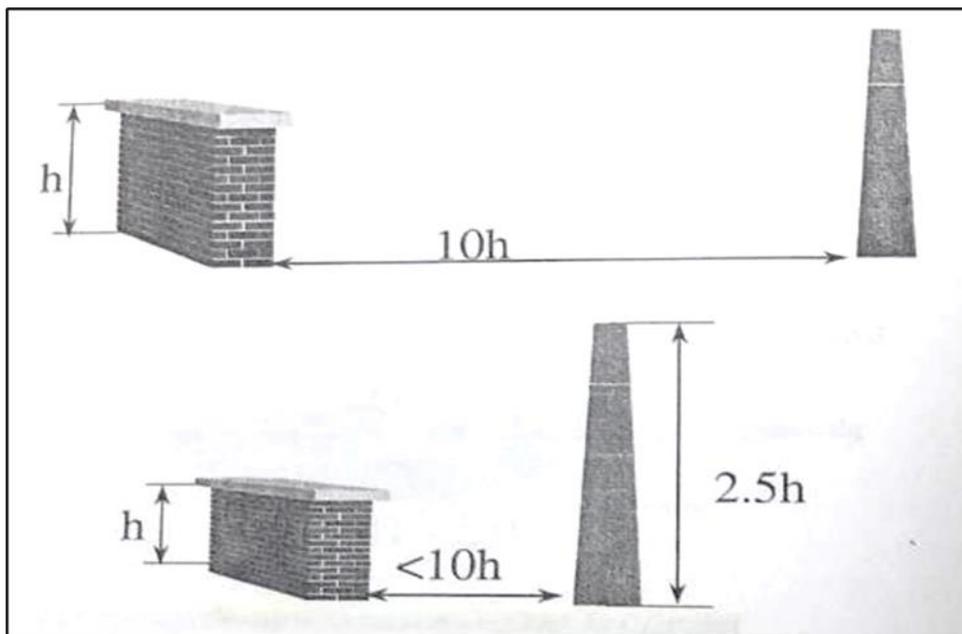


Figura 11. Distancia mínima para evitar la influencia de la cercanía de los obstáculos a la chimenea. Tomada de "Dispersión de contaminantes en la atmósfera", por Espert y López, 2004.

### **2.3.7. Marco legal**

Se demuestra que la “contaminación del aire” en el Perú es la consecuencia ocasionada por diversos problemas, originados principalmente por actividades industriales. Si bien es cierto, en el país existen lineamientos para realizar monitoreos de calidad del aire, sin embargo, aún es necesario normar y estandarizar la elaboración de documentos y normas técnicas sobre modelamiento de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos, por consiguiente, para el desarrollo de la investigación se usarán las normas que regulan la contaminación del aire a nivel nacional, así como nos apoyaremos de las normas y estándares internacionales en materia de contaminación y dispersión atmosférica.

#### **A. Ley N°28611- Ley General del Ambiente.**

La presente Ley N°28611, aprobada en el año 2005, es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país (Ley N° 28611, 2005).

#### **B. Artículo 4 de la Ley N° 24031, Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI.**

De acuerdo a su competencia técnica especializada, es la entidad encargada de otorgar conformidad a la información meteorológica e hidrológica, que sea utilizada en el país para la elaboración de proyectos, ejecución de obras u otras actividades que se relacionen con la investigación, el comercio, la industria u otros fines productivos o no, los cuales requerirán de dicha autorización expresamente (Ley N° 24031, 1984).

### C. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.

Los ECA's para Aire DECRETO SUPREMO N.º 003-2017-MINAM son un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, a cargo de los titulares de actividades productivas, extractivas y de servicios. Se aplicó para la comparación con las concentraciones finales obtenidas de los contaminantes estudiados, para la evaluación de la calidad de aire (D.S N°003-2017-MINAM, 2017).

**Tabla 5** Estándares de calidad ambiental para aire (ECA) (D.S. N° 003-2017-MINAM).

Parámetro	Periodo	Valor [µg/m3]	Criterios de evaluación	Método de análisis <sup>[1]</sup>
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescente ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM <sub>2.5</sub> )	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) <sup>[2]</sup>	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor fría (CVAAS)
				o
				Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS)
Monóxido de carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Espectrometría de absorción atómica Zeeman (Métodos automáticos)
				o
				Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
Ozono (O <sub>3</sub> )	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (método automático)
				Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)
Plomo (Pb) en PM <sub>10</sub>	Mensual	1.5	NE más de 4 veces al año	Fluorescente ultravioleta (Método automático)
	Anual	0.5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	150	Media aritmética	

*Nota:*

NE: No Exceder

[1] o método equivalente aprobado.

[2] El estándar de calidad ambiental para mercurio gaseoso total entrara en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo. Tomada del D.S N°003-2017-MINAN. 2017, p. 9.

#### **D. Ordenanza de prevención y control de calidad ambiental en el distrito de San Isidro ORDENANZA N°530-MSI.**

Prevención y control de la calidad de aire capítulo I: Fuentes fijas de combustión y generadores de calor.

- a. Art.22°. - De la instalación y mantenimiento: Para el caso de instalación de sistemas de escape de gases en las fuentes fijas de combustión de uso comercial o de servicio (grupos electrógenos y similares) se debe realizar en ambientes adecuados, provistos de dispositivos de depuración y otros alternativos, los cuales debe contar con las especificaciones técnicas de diseño constructivo, calidad y garantía de operación del fabricante o empresa especializada en sistemas de ductos de escape gases.
- b. Art.23°. - De la evacuación de emisiones atmosféricas: Las emisiones de humos, gases, olores, material particulado, y otros contaminantes atmosféricos, deben evacuarse al exterior mediante chimeneas, de acuerdo a las condiciones y características dispuestas en la Norma EM.060 del Reglamento Nacional de edificaciones (RNE).

Según el diseño de salida de las emisiones, las chimeneas deben cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

-Las chimeneas pertenecientes a los sistemas de evacuación de las fuentes fijas de combustión deben tener una altura superior a 3m. por encima de cualquier construcción que esté hasta 7.m. de distancia del ducto, asimismo, estar retiradas como mínimo 1.50 m. del plano de la fachada.

Chimenea: Las emisiones de humos, gases, vapores, material particulado, olores y otros contaminantes atmosféricos previamente depurados deben estar dirigidos al exterior por un conducto (chimenea)

donde el recorrido terminará en un punto de salida o desembocadura que cumpla las condiciones estipuladas en el Art.23° de la presente ordenanza (Ordenanza N°530-MSI, 2020).

### **E. Guía para la evaluación de impactos en la calidad del aire por actividades minero metalúrgicas.**

La Guía para la evaluación de impactos en la calidad del aire por actividades minero metalúrgicas, proporciona los principales aspectos relacionados con las emisiones de contaminantes atmosféricos propios de las actividades mineras, de procesamiento de minerales y de metalurgia extractiva, los inventarios de emisiones, el modelamiento del transporte de contaminantes y la interpretación de los resultados del modelamiento. Desarrollada por el equipo del Proyecto de Reforma del Sector Público Minero (PERCAN), y respaldada por la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI). Esta guía nos proporciona el principal método para evaluar el impacto de una operación comparando los índices máximos de emisiones contaminantes de una operación, y los aportes máximos de las concentraciones estimadas (mediante modelamiento de dispersión), con las guías de emisión y exposición (ECA'S). Para realizar el análisis de las concentraciones estimadas, se puede hacer uso de la siguiente Tabla. (PERCAN, 2007).

**Tabla 6** *Muestra de magnitudes del impacto.*

<b>Relación entre la concentración pronosticada y el valor de la guía (R)</b>	<b>MAGNITUD del impacto</b>
R ≤ 0.10	Insignificante
0.10 < R ≤ 0.50	Bajo
0.50 < R ≤ 1.00	Moderado
R > 1.00	Alto

*Nota:* Tomada de la (Guía; PERCAN- Proyecto de Reforma del Sector de Recursos Minerales del Peru, 2007).

Ecuación de la magnitud del impacto del contaminante:

$$\text{Magnitud de Impacto del aporte del Contaminante} = \frac{\text{Aporte del contaminante}}{\text{ECA del contaminante}} \quad (9)$$

## F. Metodología USEPA-AP-42: Compilación de Factores de Emisiones Atmosféricas

AP-42, Compilación de Factores de Emisiones de Contaminantes del Aire, ha sido publicado desde 1972 como la principal compilación de información de factores de emisiones de la EPA. Contiene factores de emisión e información de procesos para más de 200 categorías de fuentes de contaminación del aire. Una categoría de fuente es un sector industrial específico o un grupo de fuentes emisoras similares. Los factores de emisión han sido desarrollados y compilados a partir de datos de pruebas de fuentes, estudios de balance de materiales y estimaciones de ingeniería. La quinta edición de AP-42 se publicó en enero de 1995. Desde entonces, la EPA ha publicado complementos y actualizaciones de los quince capítulos disponibles en el Volumen I, Punto estacionario y fuentes de área. Los factores de emisión más recientes están disponibles en la página web del Capítulo AP-4 (EPA, s.f.).

**Tabla 7** Factores de emisión para gasolina no controlada y motores industriales diesel.

Pollutant	Gasoline Fuel (SCC 2-02-003-01, 2-03-003-01)		Diesel Fuel (SCC 2-02-001-02, 2-03-001-01)		EMISSION FACTOR RATING
	Emission Factor (lb/hp-hr) (power output)	Emission Factor (lb/MMBtu) (fuel input)	Emission Factor (lb/hp-hr) (power output)	Emission Factor (lb/MMBtu) (fuel input)	
	NO <sub>x</sub>	0.011	1.63	0.031	
CO	6.96*10 <sup>-3</sup>	0.99d	6.68 *10 <sup>-3</sup>	0.95	D
SO <sub>x</sub>	5.91*10 <sup>-4</sup>	0.084	2.05 *10 <sup>-3</sup>	0.29	D
PM <sub>10</sub>	7.21*10 <sup>-4</sup>	0.1	2.20 *10 <sup>-3</sup>	0.31	D
CO <sub>2</sub>	1.08	154	115	164	B*
Aldehydes	4.85*10 <sup>-4</sup>	0.07	4.63 *10 <sup>-4</sup>	0.07	D
TOC					
Exhaust	0.015	2.1	2.47 *10 <sup>-3</sup>	0.35	D
Evaporative	6.61 *10 <sup>-4</sup>	0.09	0	0	E*
Crankcase	4.85 *10 <sup>-3</sup>	0.69	4.41 *10 <sup>-5</sup>	0.01	E
Refueling	1.08 *10 <sup>-3</sup>	0.15	0	0	E

*Nota:* B\* Sobre el promedio: Factor desarrollado con datos de escala A o B, pero la población no es suficientemente grande u homogénea; D\* Mala: Factor de promedio con datos A, B o C y con una validez realizada en población baja y sesgada; E\* Pobre: Factor desarrollado con datos

de escala Co D y con una validez realizada en una población baja y sesgada. Tomada de AP-42 Capítulo 3: Fuentes estacionarias de combustión interna de la EPA. 1996, p. 10.

## **2.4. Definición de términos básicos**

### **2.4.1. Ciclo completo de contaminación atmosférica de fuentes fijas**

#### **a. Producción de contaminantes**

Incluye todo tipo de fuentes de contaminantes que se generan del proceso de combustión en industrias y edificaciones. En este caso de la puesta en marcha de los grupos electrógenos (Espert y López, 2000).

#### **b. Captación y depuración de gases contaminantes**

Es el proceso de transporte de contaminantes por tuberías siendo este un medio de sistema de depuración de partículas y contaminantes químicos, por lo que se consigue una limpieza parcial de los gases que van a ser emitidos a la atmósfera (Espert y López, 2000).

#### **c. Emisión de gases contaminados a la atmósfera**

En el Perú, las actividades socioeconómicas son las mayores generadoras de emisiones de gases contaminantes, las cuales son mayormente responsables de la calidad del aire que inhalamos, y es por ello que estas emisiones se encuentran reguladas por un marco legal. Esta norma proporciona los criterios de calidad exigidos para las fuentes puntuales de emisión de contaminantes atmosféricos, con la finalidad de prevenir riesgos a la salud y el ambiente (MINAM, 2015).

#### **d. Transporte y dispersión de contaminantes en la atmósfera**

El transporte y dispersión de los contaminantes, depende de factores como pueden ser las condiciones meteorológicas del ambiente, la naturaleza del efluente, el movimiento y capacidad de flotación del efluente, así como si el tipo de turbulencia del aire sea convectiva o mecánica (Perdiz, 2016).

#### **e. Recepción de contaminantes al nivel del suelo**

Los contaminantes dispersados alcanzan el suelo, afectando los ciclos biológicos terrestres, en esta fase se produce una concentración de inmisión, la cual se debe mantener por debajo del límite máximo legislado (Espert y López, 2000).

#### **f. Destino final de los contaminantes atmosféricos**

El destino final de los contaminantes atmosféricos es su eliminación por métodos naturales, entre los cuales cabe citar las reacciones químicas, absorción por océanos y plantas, sedimentación y absorción por nubes y lluvias (Espert y López, 2000).

### **2.4.2. Calidad de aire**

Contar con un ambiente sano y equilibrado para el desarrollo de la vida es un derecho fundamental establecido en la Constitución Política de nuestro país. Una buena calidad del aire contribuye a una mejor calidad de vida de la población (MINAM, 2013-2014).

### **2.4.3. Sistema Aislado**

Se denomina sistema aislado a aquel que dispone de alguna barrera u obstáculo aislante que minimiza o anula significativamente el intercambio con el exterior. Esto mantiene sus propiedades, recursos constantes y estables.

### **2.4.4. Escenario crítico conservador**

Para evaluar y predecir los impactos ambientales de la ejecución de un proyecto o actividad, siempre se debe considerar el escenario más desfavorable, es decir asumir un escenario crítico conservador (SEA, 2023).

### **2.4.5. Grupos electrógenos de emergencia**

Los grupos electrógenos son máquinas electrónicas cuya función es brindar energía de emergencia ante un posible fallo en la red eléctrica comercial.

En lugares con un gran número de personas como empresas, hospitales, edificios, en donde se necesitará el suministro de energía, está obligado el uso de grupos electrógenos.

Para el edificio Torre del Parque los grupos electrógenos fueron instalados en el sótano 1° de la edificación, que está ubicado entre las Calles El Parque, Deán Valdivia, Las Begonias y Andrés Reyes del Distrito de San Isidro, Provincia y Departamento de Lima.

El sistema implica la instalación de los grupos electrógenos y el cableado del sistema de control que va desde los Grupos electrógenos hasta el Tablero TSC.

**Tabla 8** *Ficha Técnica Grupo 1*

Marca: MODASA	Modelo: MC 800I	Serie	X17167Z
Motor: Cummins	Alternador: Stamford		
Modelo: QSTK 23-G3	Modelo: HCI 63451		
Serie: 851001573	Serie: X16C133708		

*Nota:* Tomada de la Memoria descriptiva para la instalación de los grupos electrógenos, 2017.

**Tabla 9** *Ficha Técnica Grupo 2*

Marca: MODASA	Modelo: MC 800I	Serie	X17168Z
Motor: Cummins	Alternador: Stamford		
Modelo: QSTK 23-G3	Modelo: HCI 63451		
Serie: 851001577	Serie: X10I360826		

*Nota:* Tomada de la Memoria descriptiva para la instalación de los grupos electrógenos, 2017.

**Tabla 10** *Tabla de la información de la prueba mínima de operación del Grupo eletrogeno MC-800s (Manual del operador del grupo electrógeno CUMMINS)*

<b>Información de la prueba mínima de operación (Grupo electrógeno MC-800s)</b>	
Velocidad del motor	1800 RPM l/h
Potencia Stand by (2)	814.2 Kw
Potencia de operatividad	814.2/1017.7 Kw
Uso mínimo mensual	1 hora/mes
Uso de Operatividad por corte de energía de red pública	1 hora/día
Funcionamiento por carga	¼ o ¾ de la carga plena

*Nota:* Tomada de manual del operador CUMMINS, 2014.

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **Hipótesis General:**

El diseño de los ductos de escape y arquitectura del techo influyen significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.

##### **Hipótesis Específicas:**

- a) El diámetro de los ductos de escape influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.
- b) La altura de los ductos de escape influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.
- c) La corona del muro cortina de la arquitectura del techo influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.

##### **3.1.1. Operacionalización de las variables**

A partir de las variables:

- a. Diseño de los ductos de escape (X1)
- b. Diseño de arquitectura del Techo técnico (X2)
- c. Dispersión de contaminantes atmosféricos (Y)
- d. Medio Físico (Z)

La Matriz de Operacionalización de variables se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11** *Matriz de Operacionalización de variables*

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
<b>INDEPENDIENTES:</b>			
Diseño de los ductos de escape (x1)	- <b>Geometría de los ductos de escape</b>	- Diámetro de los ductos - Altura de los ductos	Metros Metros
Diseño de la arquitectura del techo técnico (x2)	- <b>Geometría de Arquitectura del techo técnico</b>	- Altura de la corona del muro cortina.	Metros
<b>DEPENDIENTE:</b>			
Dispersión de Contaminantes Atmosféricos (Y):	- <b>Dispersión de contaminantes.</b>	- Concentración CO - Concentración NO <sub>2</sub> - Concentración de PM <sub>10</sub>	$\mu g/m^3$ $\mu g/m^3$ $\mu g/m^3$
<b>MEDIADORA O INTERVINIENTE:</b>			
Medio Físico (Z):	- <b>Factores Meteorológicos</b>	- Estabilidad Atmosférica - Velocidad del viento - Dirección del viento - Radiación Solar - Temperatura ambiente	--- -m/s -grados (0°a 360°) W/m <sup>2</sup> K

## IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

### 4.1. Diseño metodológico

La presente investigación es de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, es de nivel Correlacional-Causal y de diseño No Experimental.

Es aplicada porque se pretende dar solución con el análisis de los resultados obtenidos al problema planteado, de enfoque cuantitativo porque se utilizó el análisis de los hallazgos encontrados por el software SCREEN View, la investigación fue Correlacional causal porque se buscó establecer la relación entre las variables antes descritas y por último, el diseño es no experimental ya que no se manipula o altera la muestra estudiada, ni se provoca situaciones para poder analizarlas (Ñaupas et al., 2018).

#### Relación Correlacional- causal:

X1 → Y el diseño de los ductos de escape influye sobre la dispersión de los contaminantes.

X2 → Y el diseño de la arquitectura del techo técnico influye sobre la dispersión de los contaminantes.

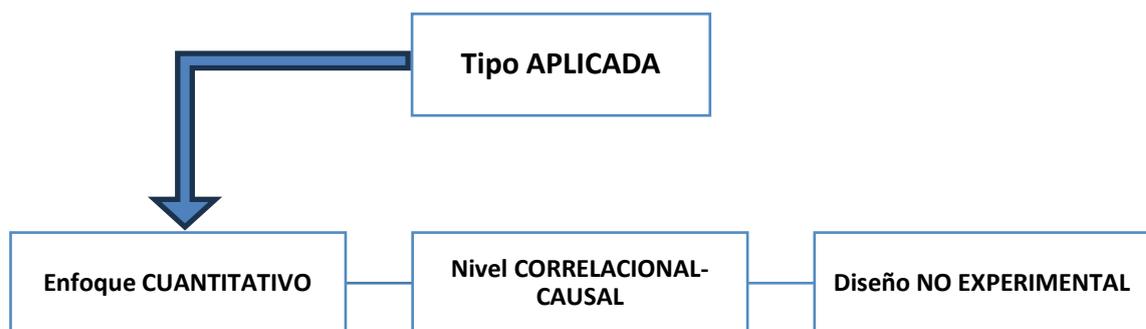


Figura 12. Diagrama de flujo de la metodología de la investigación.

## 4.2. Método de investigación

En la figura 13, se muestra la esquematización de la metodología de la investigación, la cual fue separada en diferentes etapas. Asimismo, en la etapa de seguimiento se indicó los objetivos específicos para su posterior validación y comprensión.

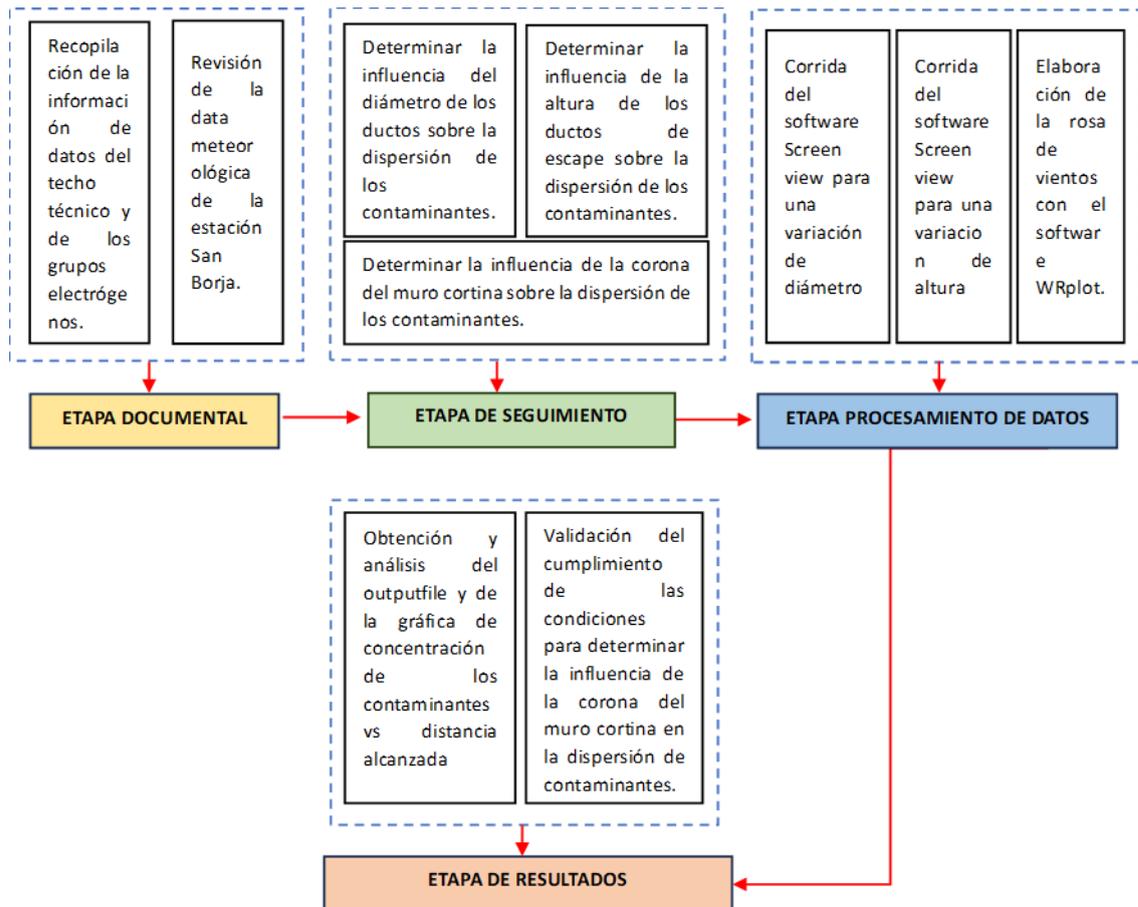


Figura 13. Esquematización de la metodología de la investigación

**4.2.1. Metodología de la investigación para el Objetivo específico 1: “Establecer en qué medida el diámetro de los ductos de escape influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima”.**

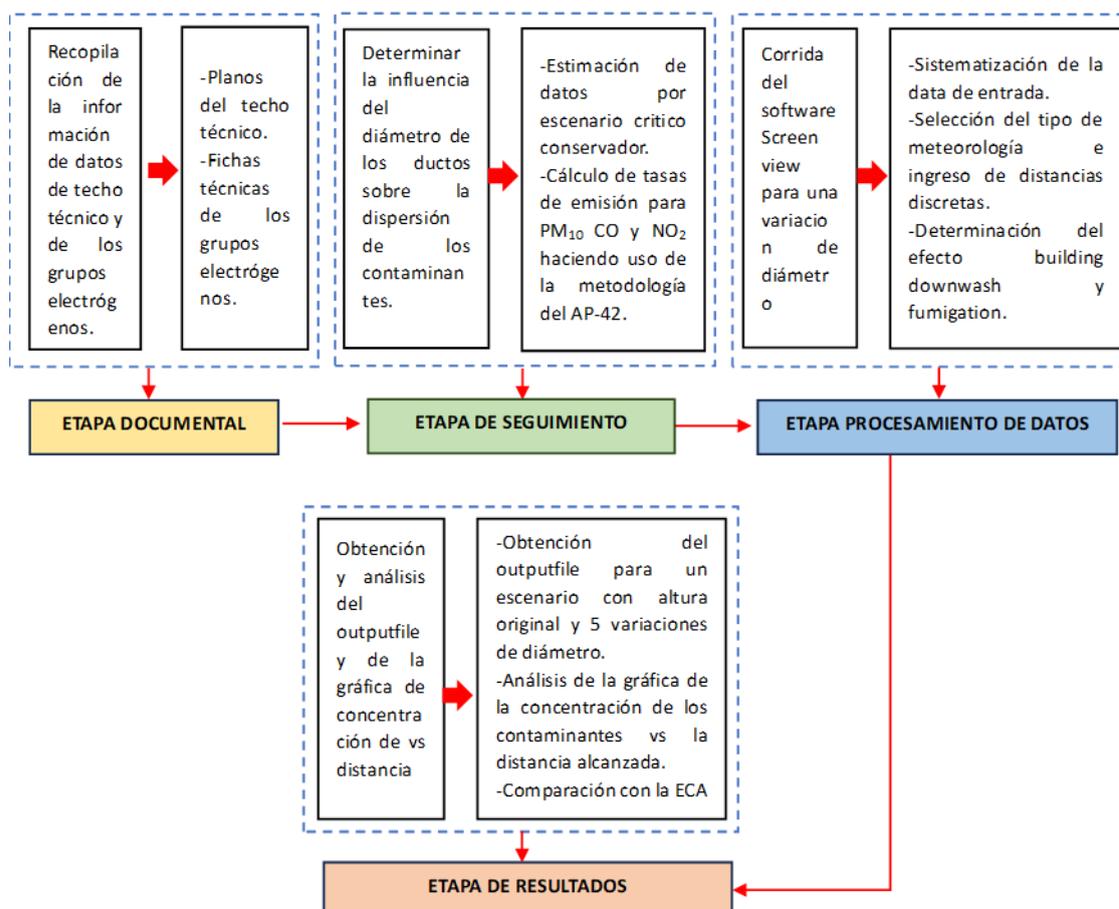


Figura 14. Esquematación de la metodología de la investigación para el objetivo 1

**Etapa documental**

- Se realizó la recopilación de datos de las fichas técnicas de los grupos electrógenos, en donde se extrajo datos y características de la información técnica de prueba mínima para la operación del grupo electrógeno MC-800. También se revisó la información de los planos del techo técnico del edificio torre del parque.

### Etapa de seguimiento

- Se realizó la estimación de datos de entrada, tales como la estabilidad atmosférica y la radiación solar, asumiendo un escenario crítico conservador.
- Se calculó las tasas de emisión para los contaminantes PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, empleando la metodología del AP-42 del EPA, en la que la eficiencia global en la reducción de emisiones (ER) es igual a cero ya que no se hace uso de un dispositivo de control por lo que la ecuación 8 se reduce a:

$$E = FE * A(1 - \frac{0}{100}) \quad (10)$$

Y de la ecuación 10 se obtiene:

$$E = FE * A \quad (11)$$

- Se calcula la tasa de emisión para PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>2</sub> usando el factor de emisión obtenido de la Tabla 7 y el nivel de la actividad de la Tabla 10:

Donde:

E: Tasa de emisión (g/s)

FE: Factor de emisión (g/m<sup>3</sup>)

A: Nivel de la actividad (hora/día)

Obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 12.

**Tabla 12** *Tabla de tasa de emisión para cada contaminante.*

Contaminante	Tasa de emisión por 1h (g/s)	Tasa de emisión por 24h (g/s)
NO <sub>2</sub>	0.00079	0.0189
CO	0.00017	0.00409
PM <sub>10</sub>	0.0000555	0.00133

### Etapa de procesamiento de datos

- Estimando un escenario crítico conservador, se sistematizó la data de entrada en el software SCREEN View y se obtuvo la Tabla 13.

**Tabla 13** *Tabla de datos de entrada estimados para la aplicación del modelo SCREEN View.*

<b>DATOS DE ENTRADA ESTIMADOS PARA APLICAR EL MODELO</b>	<b>FUENTE PUNTUAL</b>	<b>UNIDADES</b>
Altura de Chimeneas	2.5	m
Diámetro de chimeneas	0.3556	m
Velocidad de Salida del gas (para fines de cálculos y análisis)	1.5	m/s
Temperatura de salida de los gases	350	K
Temperatura ambiente	293	K
Tasa de emisión NO <sub>2</sub>	0.00079	g/s
Tasa de emisión CO	0.00017	g/s
Tasa de emisión PM <sub>10</sub>	0.0000555	g/s

- Se realizó también la selección del tipo de meteorología, y el ingreso de las distancias discretas (Tabla 14 y Tabla 15).
- Por último, al realizar un análisis de terreno y no haber cuerpos de agua considerables cercanos a la fuente se determinó que no hubo influencia del efecto building downwash y fumigation, respectivamente.

**Tabla 14** *Tabla de datos de entrada estimados para la aplicación del modelo SCREEN View*

<b>Variables de entrada para el software SCREEN View</b>			
<b>Tipo de fuente</b>	Fuente fija	Altura de receptor a nivel de suelo	Al considerarse el área del techo técnico como un sistema aislado
<b>Meteorología</b>	Clase de estabilidad única	Inestable B	En base a una estimación

			realizada de la Tabla 4.
<b>Complejidad del terreno</b>	Simple-plano	Urbana	Densidad poblacional mayor a 750 personas/km <sup>2</sup> (Gerencia de planeamiento, 2022)
<b>Distancia automática</b>	El software identifica el rango de medición de entre 10 a 500 m para conocer la concentración de contaminantes.		Propio del software
<b>Distancia discreta</b>	Se tomó un punto a evaluar a favor de la dirección del viento según la rosa de viento elaborada con el software WRPlot de la estación de San Borja, que produce el arrastre de la dispersión de los contaminantes.		Punto donde se realizó el monitoreo
<b>Efecto downwash</b>	No aplica		No se encuentran obstáculos
<b>Fumigation</b>	No aplica		No hay cuerpos de agua en la proximidad

**Tabla 15** *Tabla de distancias discretas ingresadas al software SCREEN View.*

<b>Punto</b>	<b>Distancias discretas</b>	<b>Unidad</b>	
1	6.86	m	Distancia de la fuente de emisión al punto de monitoreo
2	8.03	m	Distancia de la fuente de emisión al extremo más cercano de la corona del muro cortina (Este).

3	15.65	m	Distancia de la fuente de emisión al extremo más cercano de la corona del muro cortina (Norte).
4	17.2	m	Distancia de la fuente de emisión a un punto ubicado dentro del área verde
5	45.82	m	Distancia de la fuente de emisión al extremo más cercano de la corona del muro cortina (Sur)

- Una vez ingresada toda la información en el programa, se procedió a realizar la corrida del modelo, la cual nos dio como data de salida la gráfica de concentración-distancia, y el archivo de salida Output File.
- Se realizó un monitoreo de fondo en el área donde se desarrolló el proyecto, obteniendo las concentraciones de los parámetros PM<sub>10</sub>, CO y NO<sub>2</sub>. El cual nos sirvió para calcular la concentración final y así evaluar el cumplimiento de la ECA aire. Para esto se utilizó la ecuación de la concentración final estimada (Senamhi, 2021, pág. 23).

$$C.F.I = C.F. + C.M \quad (12)$$

- CFI: Concentración final ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- CF: Concentración de fondo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- CM: Concentración modelada en los receptores ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### **Etapas de resultados**

- Se obtuvo el Outputfile para un escenario con una altura original y 5 variaciones de diámetro, para determinar la influencia del diámetro sobre la dispersión de los contaminantes.
- Se analizó la gráfica de la concentración del contaminante vs la distancia alcanzada para determinar el diámetro óptimo.
- Se realizó la comparación de los resultados obtenidos con el ECA Aire.

**4.2.2. Metodología de la investigación para el Objetivo específico 2: “Establecer en qué medida la altura de los ductos de escape influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima”.**

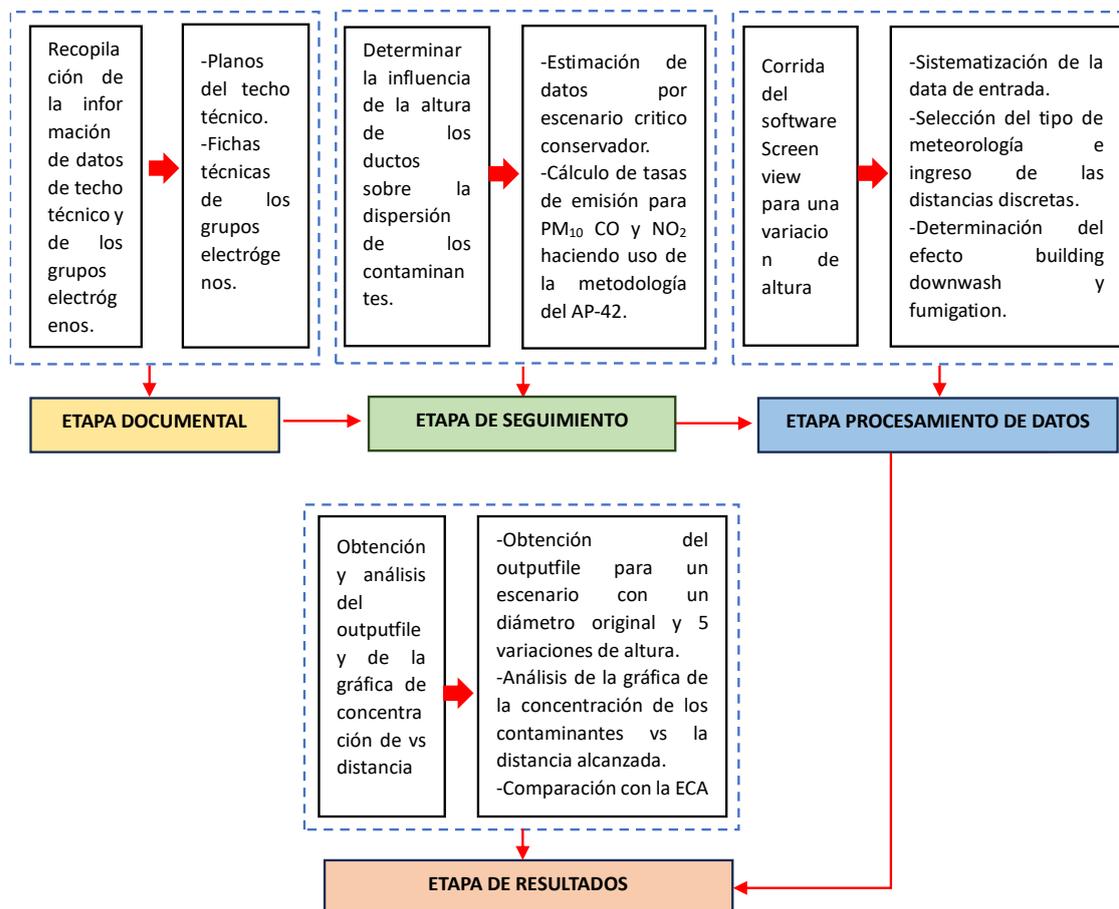


Figura 15. Esquematación de la metodología de la investigación para el objetivo 2.

**Etapa documental**

-Se realizó la recopilación de datos de las fichas técnicas de los grupos electrógenos, en donde se extrajo datos y características de la información técnica de prueba mínima para la operación del grupo electrógeno MC-800. También se revisó la información de los planos del techo técnico del edificio torre del parque.

### **Etapa de seguimiento**

- Se realizó la estimación de datos de entrada, tales como la estabilidad atmosférica y la radicación solar, asumiendo un escenario crítico conservador.
- Se calculó las tasas de emisión para los contaminantes PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, empleando la metodología del AP-42 del EPA, en la que se utilizó la ecuación 11.
- Obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 12.

### **Etapa de procesamiento de datos**

- Se sistematizó la data de entrada en el software SCREEN View, donde se ingresó todos los datos recopilados (Tabla 13).
- Se realizó también la selección del tipo de meteorología, y el ingreso de las distancias discretas (Tabla 14 y Tabla 15).
- Por último, se determinó la existencia del efecto building downwash y fumigation, por análisis de terreno y cuerpo de agua cercana a la fuente.
- Una vez ingresada toda la información en el programa, se procedió a realizar la corrida del modelo, la cual nos dio como data de salida la gráfica de concentración-distancia, y el archivo de salida Output File.
- Se realizó un monitoreo de fondo en el área donde se desarrolló el proyecto, obteniendo las concentraciones de los parámetros PM<sub>10</sub>, CO y NO<sub>2</sub>. El cual nos sirvió para calcular la concentración final y así evaluar el cumplimiento de la ECA aire. Para esto se utilizó la ecuación 12 de la concentración final estimada.

### **Etapa de resultados**

- Se obtuvo el Outputfile para un escenario con 5 variaciones de altura y un diámetro original, para determinar la influencia de la altura sobre la dispersión de los contaminantes.
- Se analizó la gráfica de la concentración del contaminante vs la distancia alcanzada para determinar el diámetro óptimo.
- Se realizó la comparación de los resultados obtenidos con el ECA Aire.

**4.2.3. Metodología de la investigación para el Objetivo específico 3: “Establecer en qué medida la corona del muro cortina de la arquitectura del techo influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima”.**

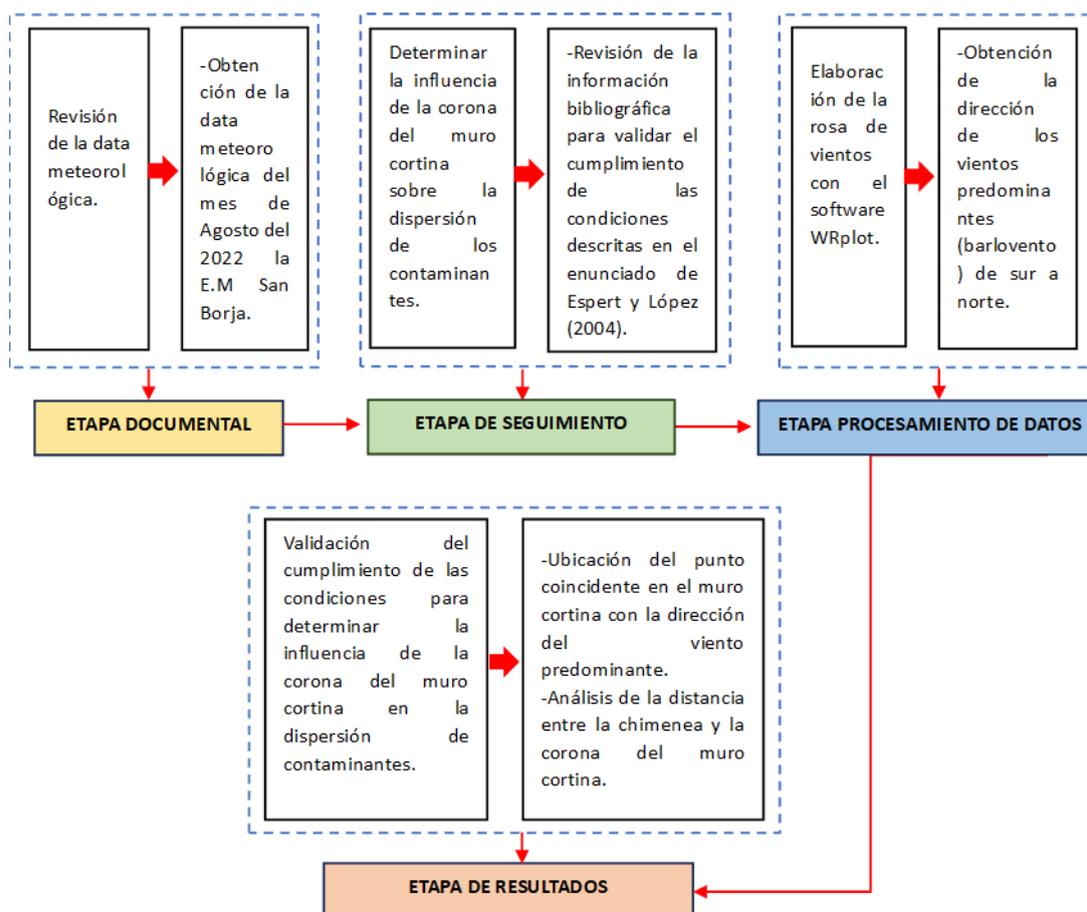


Figura 16. Esquemización de la metodología de la investigación para el objetivo 3.

**Etapa documental**

- Se revisó la información de los planos del techo técnico del edificio torre del parque.
- Se extrajo la data meteorológica horario-mensual de la estación San Borja para el mes de agosto del 2022.

### **Etapa de seguimiento**

- Se revisó la información bibliográfica para validar el cumplimiento de la influencia de la corona del muro cortina sobre la dispersión de los contaminantes, basándonos en el siguiente enunciado: “si la emisión del penacho de contaminantes se realiza dentro de la zona del flujo perturbada por la presencia de un obstáculo, se va a producir una proyección de los contaminantes hacia el suelo. Para evitar esta proyección, la chimenea se deberá instalar a una distancia mínima del obstáculo de unas 10 veces la altura de éste” (Espert y Lopez, 2004).

### **Etapa procesamiento de datos**

- Elaboración de la rosa de vientos para la obtención de la dirección y velocidad de los vientos predominantes (barlovento) de Sur a Norte.
- Ubicación del punto receptor coincidente en la corona del muro cortina a favor de la dirección del viento predominante.

### **Etapa de resultados**

- Análisis de la distancia entre la chimenea y la corona del muro cortina.
- Validación del no cumplimiento de las condiciones del enunciado antes mencionado, determinando la influencia de la corona del muro cortina en la dispersión de los contaminantes.

## **4.3. Población y muestra**

### **Población**

Comprende la “Contaminación Atmosférica emitida en toda el área circundante del Techo Técnico del edificio torre del parque, que ocupa la totalidad de la manzana teniendo como frente principal la calle Las Begonias. Las Calles Andrés Reyes, el Parque y Dean Valdivia definen los otros tres frentes del edificio Torre del Parque, San isidro, Lima”.



Figura 17. Techo Técnico Edificio Torre del Parque.

## Muestra

La muestra es no probabilística e intencional.

Para la muestra correspondiente se tomó en cuenta la concentración de contaminantes atmosféricos en 5 puntos receptores localizados en el techo técnico del edificio “Torre del Parque” ubicado en la calle las Begonias N° P-0552, San Isidro - Lima.

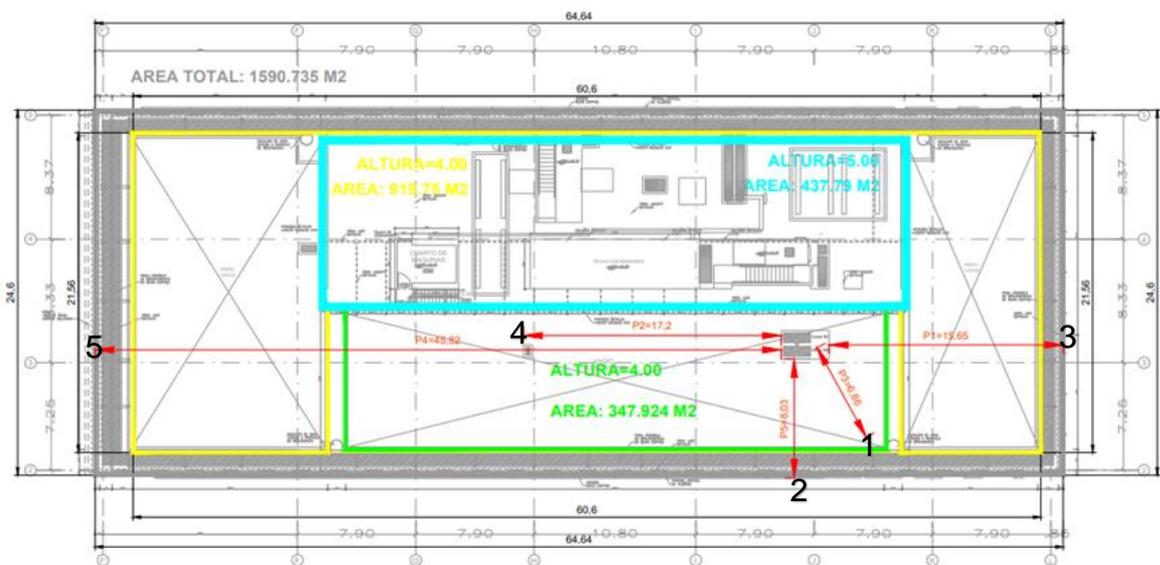


Figura 18. Plano en Autodesk AutoCAD del techo técnico del edificio Torre del Parque con los 5 puntos receptores.

**Tabla 16** Distancias discretas de los 5 puntos receptores a evaluar.

Puntos receptores	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
<b>Distancia</b>	6.86 m	8.03 m	15.65 m	17.2 m	45.82 m
<b>Coordenadas UTM</b>	E=0279578 N=8662300	E=0279574.66 N=8662297.76	E=0279590.31 N=8662305.79	E=0279557.46 N=8662305.79	E=0279528.84 N=8662305.79
<b>Coordenadas de la fuente</b>			E= 0279574.66 N= 8662305.79		

#### 4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

La presente investigación se realizó entre los años 2017 a 2022 en el distrito de San Isidro, departamento de Lima en el “Edificio Torre del Parque” ubicada en calle las Begonias N° P-0552. La ubicación del edificio se muestra en la Figura 19.



Figura 19. Mapa de ubicación geográfica del Edificio Torre del Parque. Tomada de Google Maps, 2022.

#### 4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

**Tabla 17** *Detalle de técnicas e instrumentos utilizados en la investigación.*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Análisis de Datos	Procesador SCREEN View, Microsoft Excel (aplicado a la ingeniería), software WRPLOT VIEW, AUTOCAD y GOOGLE EARTH.
Revisión Documental	Planos de AutoCAD de Arquitectura – COSAPI 2020, planos de diseño de ductos de escape en AutoCAD-SEMIN S.R.L Memoria descriptiva del proyecto “Edificio Torre del Parque”, Data hidrometeorológica del SENAMHI (agosto 2022), Ficha técnica de emisiones CUMMINS (QSK23-G3), Ficha Técnica MODASA MC-800, Manual del operador del grupo electrógeno CUMMINS, Data del sistema de escape de los ductos o chimeneas.
Monitoreo de calidad de aire	Factores de emisiones de aire y cuantificación EPA-AP 42, Quinta edición, Volumen I Capítulo 3: Fuentes estacionarias de combustión interna 3.3 Motores Industriales de Gasolina y Diesel. Muestreador de partículas modelo PQ-200, Analizador de CO, Analizador 48C de CO, Estación meteorológica marca "Davis" modelo "Pro2", GPS marca GARMIN Modelo GPSmap62s.

#### 4.6. Análisis y procesamiento de datos

Una vez recopilada la información de datos de entrada del techo técnico y de los grupos electrógenos, al igual que la data meteorológica obtenida de la estación San Borja correspondiente al mes de agosto de 2022; el procesamiento de estos datos se realizó a través de los softwares SCREEN View y WRPLOT.

#### **4.6.1. Uso de software SCREEN View**

El procesamiento de datos se realizó a través de la interface SCREEN View, la cual contiene un modelamiento ambiental integrado.

Se inició el procesamiento de datos con el ingreso de la data de entrada tales como la tasa de emisión de los contaminantes a analizar, altura y diámetro de la fuente, temperatura de salida del gas y temperatura ambiental.

Tras ingresar esta data, en la siguiente ventana:

- Se seleccionó la meteorología de acuerdo al tipo de terreno, indicando el tipo de estabilidad atmosférica.
- Después se identificó el tipo de terreno.
- Distancias automáticas y discretas.
- Se “evidenció” que no se cumple con el efecto building downwash, al igual que la opción Fumigation, ya que esta solo se usa cuando la fuente está ubicada a menos de 3000 metros de un gran cuerpo de agua.
- Después se selecciona la opción de “RUN” de la barra de herramientas del menú.
- Finalmente, como resultados de salida obtenemos una ventana que nos indica Graph y Output file.

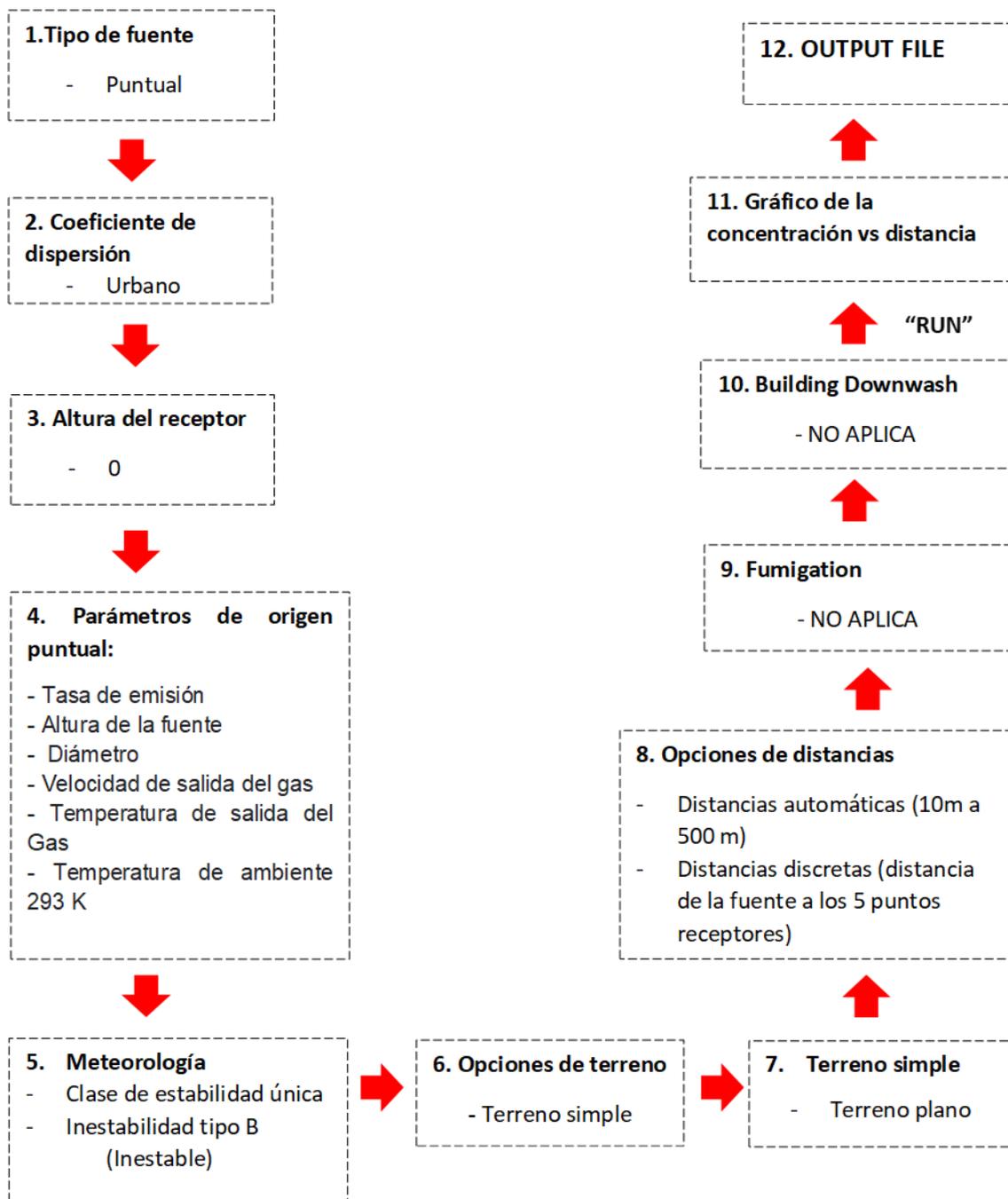


Figura 20. Esquema detallado del procedimiento del Software SCREEN View para la obtención de las concentraciones de los contaminantes a diferentes distancias.

#### 4.6.2. Uso de software WRPLOT

El procesamiento de la data horaria-mensual extraída de la estación meteorológica San Borja – SENAMHI para el mes de agosto del 2022, se realizó a través del software WRPLOT.

Los datos de entrada ingresados al software fueron ID de la Estación Meteorológica, ciudad, Estado, elevación, latitud y longitud indicando su la zona horaria en la que se encuentra, y como parámetros, la precipitación (mm), dirección (°) y velocidad (m/s) del viento, siendo el proceso el siguiente:

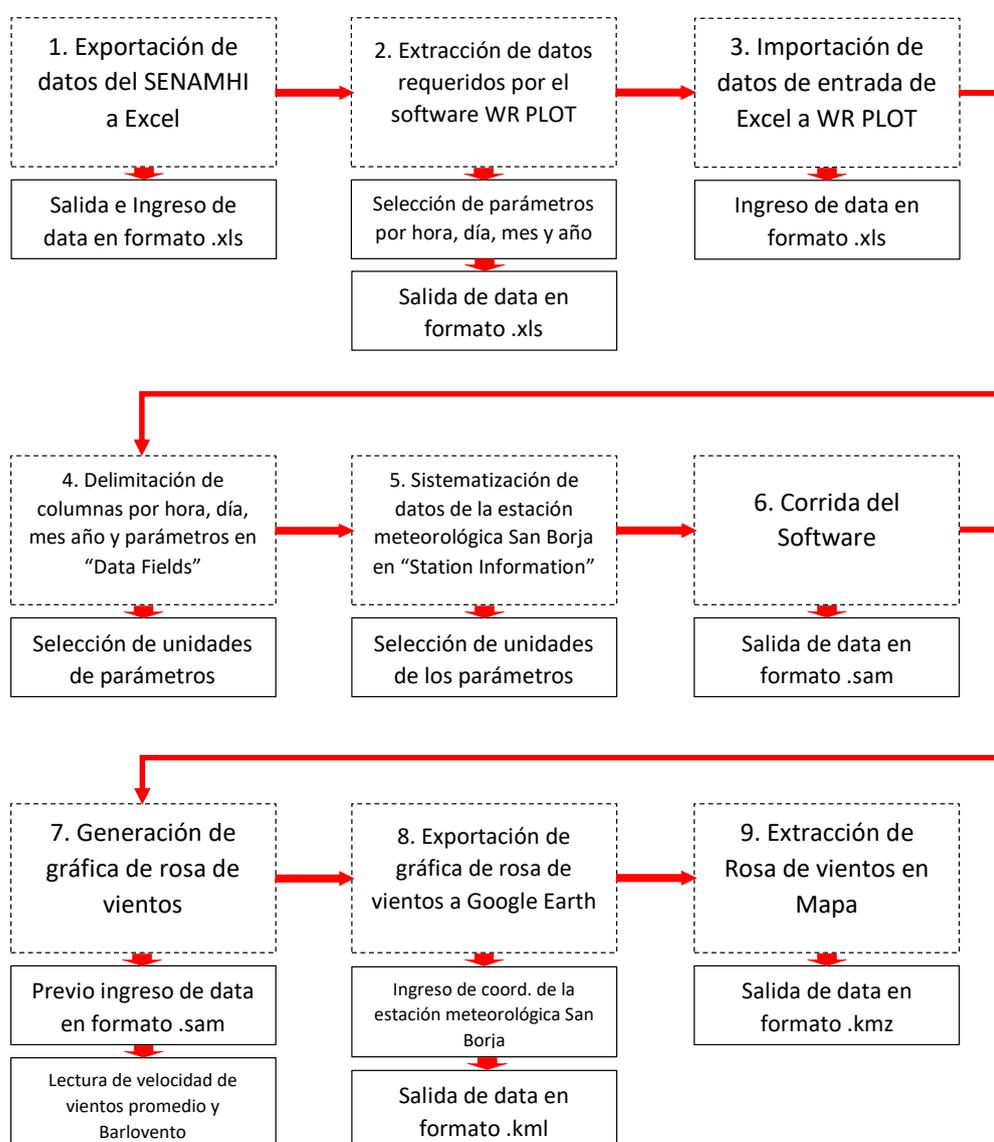


Figura 21. Esquema detallado del procedimiento realizado en el software WRPLOT para la generación de la gráfica de rosa de vientos.

#### **4.7. Aspectos éticos en investigación**

El presente informe es exclusivamente para fines de investigación, de acuerdo a los lineamientos y requisitos de la directiva N°044-2022-R para la elaboración de proyecto e informe final de investigación de pregrado, posgrado, equipos, centros e institutos de investigación de la Universidad Nacional del Callao de la facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales.

Por consiguiente, los resultados obtenidos serán mostrados en forma verídica, de manera que no se considere como plagio de otra investigación. Respecto al juicio ético de la investigación se tomó en cuenta lo siguientes apartados:

- a) Objetividad: El análisis de las evidencias encontradas se basan en criterios técnicos, pruebas y ensayos.
- b) Confidencialidad: Por ello se garantiza la protección de la identidad de la institución y de las personas que participen como informantes de la investigación.
- c) Originalidad: Se tiene como énfasis las fuentes bibliográficas de la información manifestada, con la finalidad de demostrar la inexistencia del plagio intelectual.
- d) Veracidad: Todos los datos recopilados son reales y verdaderos, según los detalles técnicos del fabricante y la empresa contratista encargada del diseño e instalación de los grupos electrógenos.

## V.RESULTADOS

### 5.1.Resultados descriptivos

#### 5.1.1. Determinación de los datos de entrada para el programa SCREEN View

**Tabla 18** Información general del área de estudio

Datos generales del área de estudio	
Nombre del área	Edificio Torre del Parque, San Isidro – Lima
Calles colindantes	Calles Las Begonias (frente principal), calle Andrés Reyes, Dean Valdivia y El Parque.
Coordenadas UTM de la estación de muestreo	E= 0279578 N= 8662300

**Tabla 19** Data de entrada para la corrida del software SCREEN View con los cinco escenarios propuestos.

Datos de entrada para aplicar el modelo SCREEN View	
Alturas de chimeneas para los 5 casos propuestos	1.5 m, 2 m, 2.5 m, 3 m, 4 m.
Diámetros de chimeneas para los 5 casos propuestos	0.203 m, 0.254 m, 0.304 m, 0.3556, 0.406 m.
Velocidad de Salida del gas (para fines de cálculos y análisis)	1.5 m/s
Temperatura de salida de los gases	350 K
Temperatura ambiente	293 K
Tasa de emisión NO <sub>2</sub>	0.00079 g/s
Tasa de emisión CO	0.00017 g/s

Tasa de emisión PM <sub>10</sub>	0.555	g/s
----------------------------------	-------	-----

### 5.1.2. Datos de entrada para el programa WRPLOT – Rosa de vientos

Con los datos obtenidos de la estación meteorológica, ubicada en el distrito de San Borja, provincia de Lima, departamento de Lima, se exportó los datos meteorológicos del SENAMHI, para la creación de la Rosa de vientos. Se procedió a usar la data meteorológica de la estación correspondiente al mes de agosto del año 2022, la cual se puede obtener de la siguiente página web: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

**Tabla 20** *Coordenadas de la estación meteorológica San Borja.*

Estación: SAN BORJA					
<b>Departamento:</b>	LIMA	<b>Provincia:</b>	LIMA	<b>Distrito:</b>	SAN BORJA
<b>Latitud:</b>	12°6'31.94"	<b>Longitud:</b>	77°0'27.68"	<b>Altitud:</b>	128 msnm.
<b>Tipo:</b>	EMA - Meteorológica	<b>Código:</b>	112193		

*Nota:* Información obtenida de SENAMHI – 2022.

Así mismo, fue necesario ingresar la data meteorológica de esta estación para su posterior ingreso al programa WRplot, y de esta forma obtener el archivo de salida; la Rosa de Vientos relativa al Barlovento.

La Rosa de Vientos es una gráfica circular en la que se representa la frecuencia de ocurrencia de los vientos en el área circundante, para la dirección y velocidad de vientos especificados. Esta representación se realiza para una locación y periodo de tiempo específico.

En la Figura 22, se observa que en el área de estudio predominan los vientos en la dirección del sur (S) hacia el norte (N) con velocidades de entre 0.5 a 3.60 m/s.

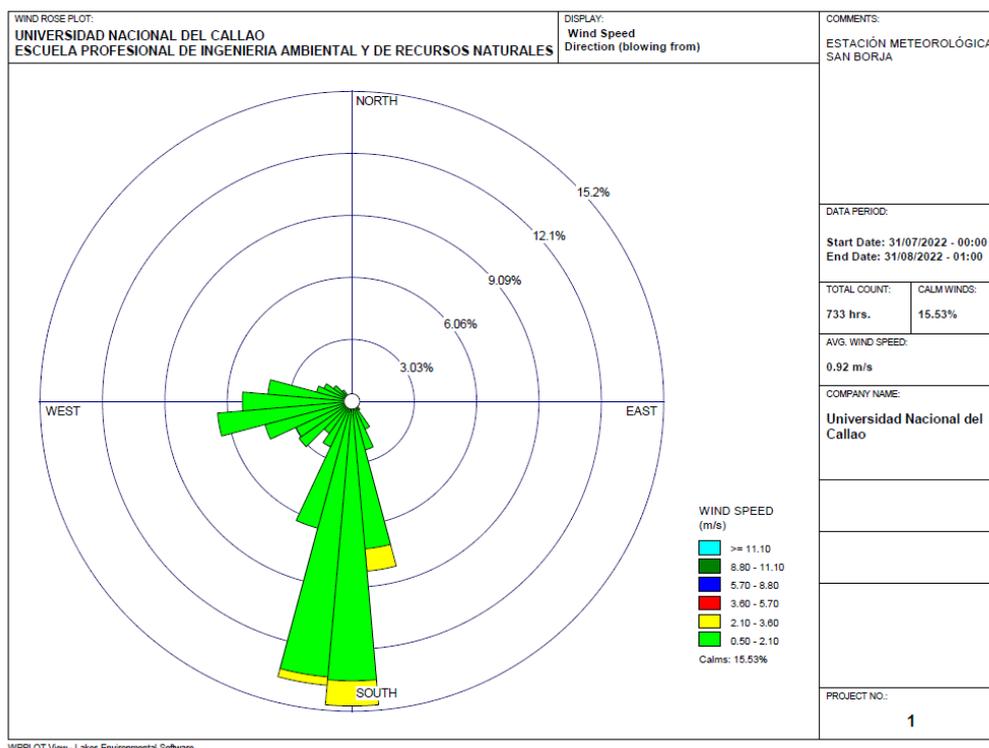


Figura 22. Rosa de viento de Estación Meteorológica San Borja - Barlovento (agosto 2022).

**Tabla 21** *Data de la rosa de viento.*

DATA		UNIDAD
Precipitación horaria		(mm/hora)
Dirección del viento (barlovento)	S → N	(°)
Velocidad del viento	0.92	(m/s)

En la Figura 23, de la rosa de viento vista en Google Earth, se observa, para la data obtenida de la estación meteorológica de San Borja del mes de agosto del 2022, con vientos predominantes de sur a norte.

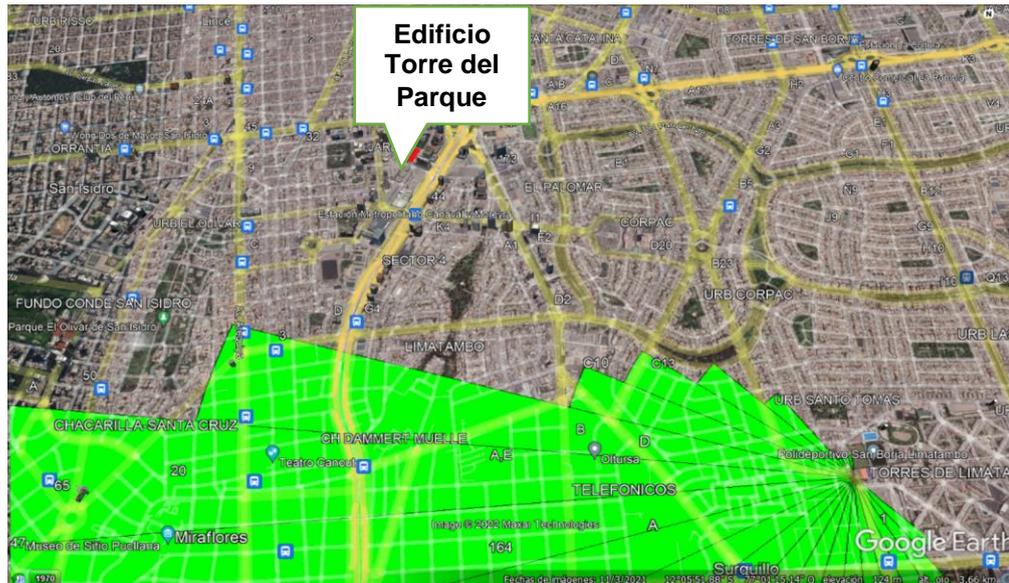


Figura 23. Rosa de viento en Estación San Borja, en la esquina superior izquierda de rojo, el Edificio Torre del Parque – vista en Google Earth.

## 5.2. Resultados Inferenciales

### 5.2.1. Diseño de los ductos de escape y análisis de la influencia del diámetro y altura de los ductos sobre la dispersión de los contaminantes atmosféricos provenientes de los gases de combustión de los Grupos Electrónicos de Emergencia.

Cuando se ingresaron los parámetros de entrada de las fuentes fijas en el software SCREEN View, es decir, los datos técnicos para las chimeneas, se muestran las concentraciones obtenidas para una tasa de emisión de los 3 contaminantes  $PM_{10}$  (0.0000555 g/s),  $NO_2$  (0.00079 g/s) y  $CO$  (0.00017 g/s). Las concentraciones fueron obtenidas procediendo a aplicar el modelo con todas las variables de análisis.

Para la ejecución de los modelos con el diseño de los ductos empleando el software SCREEN View, se valoró analizar el aporte de la dispersión de la concentración contaminantes presentando dos escenarios:

Donde se examinó la variación de los diámetros y alturas de la chimenea para obtener la efectividad de flotabilidad sobre la dispersión de los contaminantes.

Para ello según la data real, para el análisis del diámetro se consideró la altura original cte. de 2.5 m, mientras que, para la variación de la altura, se utilizó el diámetro original cte. de 0.3556 m.

Estas variaciones fueron fijadas de esta forma para fines de estudio de modelamiento. Después de esto, se procedió con la ejecución del modelo para cada contaminante.

## 1. Determinación de la influencia del diámetro de los ductos sobre la dispersión de los contaminantes.

### A. CONTAMINANTE PM<sub>10</sub>

Al ejecutar el modelo SCREEN View, se obtuvo el aporte de la concentración del contaminante PM<sub>10</sub> presente en el techo técnico, para las diferentes variaciones de los diámetros propuestos propuestos (0.203 m, 0.254 m, 0.304 m, 0.3556 m y 0.4064 m), con una altura original de 2.5 m en los 5 puntos receptores.

Se observa en la Tabla 22, las concentraciones obtenidas de las diferentes corridas realizadas con el software SCREEN View, donde se obtuvieron los datos de salida con los que se determinó cómo influye el comportamiento para el contaminante PM<sub>10</sub> en función al diseño de los ductos de escape con relación a los puntos receptores discretos.

**Tabla 22** Comparación de concentraciones a diferentes diámetros y distancias discretas con altura constante para el contaminante PM<sub>10</sub>.

		Concentración µg/m <sup>3</sup>				
Distancia: D (m)	Diámetro: Ø (m)					
		6.86	8.03	15.65	17.2	45.82
0.203		0.5487	0.6168	0.5578	0.5045	0.1019

0.254	0.4739	0.517	0.4793	0.4445	0.1001
0.304	0.4285	0.4545	0.3977	0.3801	0.09785
0.355	0.3994	0.4122	0.3347	0.3151	0.09514
0.406	0.3813	0.3828	0.296	0.2776	0.09197

Se evaluó este primer escenario para una altura original de 2.5 m que se mantendrá constante en los 5 puntos receptores discretos para analizar la influencia de cómo es la relación de la concentración de los contaminantes respecto a la variación del diámetro, por lo tanto bajo este supuesto escenario se mantendrán constantes los demás indicadores que intervienen en la ejecución del software SCREEN View, ya que estos son indiferentes para fines de este estudio; por lo tanto se observó que a mayor diámetro de la chimenea, se genera un mayor alcance de la pluma con un menor aporte del contaminante.

En la Figura 24, se observa la variación de las concentraciones a diferentes diámetros y con una altura constante de 2.5 m. Se hizo la comparación del diámetro Vs la concentración por cada distancia discreta, visualizándose una relación directamente proporcional entre el diámetro y la pluma de dispersión gaussiana, mientras que en el diámetro vs la concentración una relación inversamente proporcional; con esto tenemos que, a mayor diámetro, se genera una mayor pluma de dispersión gaussiana; mientras que cuando aumenta el diámetro los niveles de aporte del contaminante disminuyen.

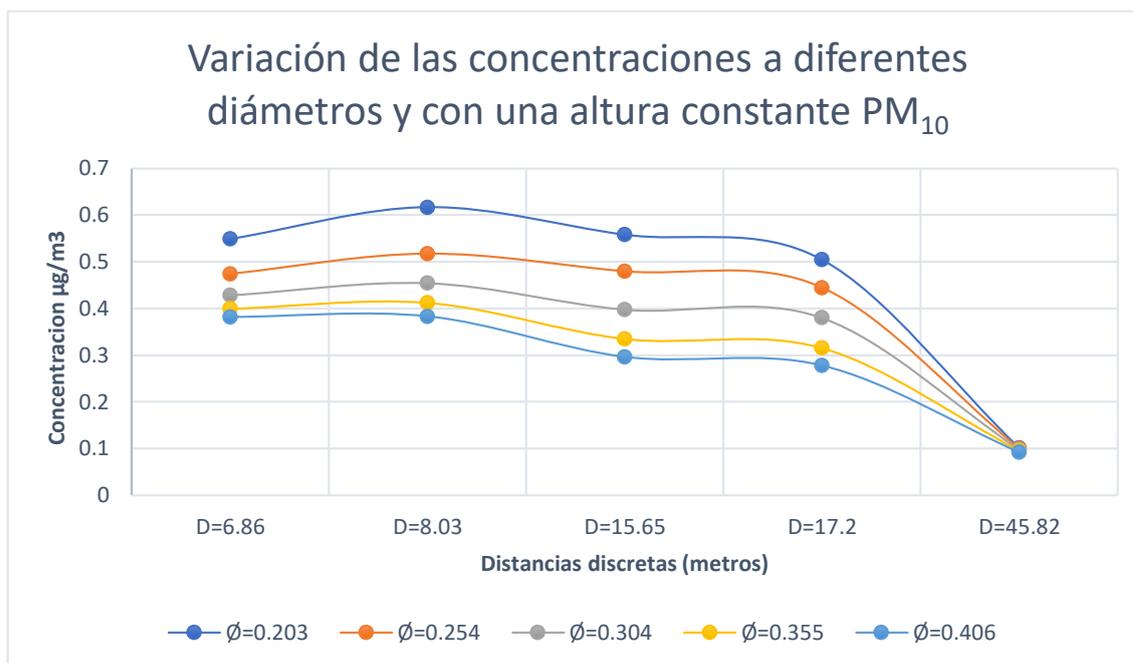


Figura 24. Nota: Ø=diámetro; D=distancia discreta de la fuente al punto receptor para el contaminante PM<sub>10</sub>.

Finalmente, tras el análisis del comportamiento de la pluma de dispersión gaussiana en los diferentes escenarios previamente mencionados, se estimó que la concentración mínima obtenida del aporte del contaminante PM<sub>10</sub> fue de 0.09197 µg/m<sup>3</sup> para el mayor diámetro (0.406 m), considerado una distancia de la fuente de 45.82 m, mientras que la concentración máxima alcanzada se dió para el menor diámetro (0.203 m), llegando esta a 0.6168 µg/m<sup>3</sup> a una distancia de 8.03 m de la fuente.

## B. CONTAMINANTE NO<sub>2</sub>

Al ejecutar el modelo SCREEN View, se obtuvo el aporte de la concentración del contaminante NO<sub>2</sub> presente en el techo técnico, para las diferentes variaciones de los diámetros, con una altura original de 2.5 m en los 5 puntos receptores.

Se observa en la Tabla 23, las concentraciones obtenidas de las diferentes corridas realizadas con el software SCREEN View, donde se evaluó el escenario para una altura original de 2.5 m que se mantendrá constante en los 5 puntos receptores discretos para analizar la influencia de cómo es la relación de la concentración de los contaminantes respecto a la variación del diámetro,

por lo tanto bajo este supuesto escenario se mantendrán constantes los demás indicadores que intervienen en la ejecución del software SCREEN View, ya que estos son indiferentes para fines de este estudio; por lo tanto se observó que a mayor diámetro de la chimenea, se genera un mayor alcance de la pluma con un menor aporte del contaminante.

**Tabla 23** Comparación de concentraciones a diferentes diámetros y distancias discretas con altura constante para el contaminante NO<sub>2</sub>

		Concentración µg/m <sup>3</sup>				
Distancia: D (m)	Diámetro: Ø (m)					
		6.86	8.03	15.65	17.2	45.82
0.203	7.810	8.779	7.940	7.181	1.451	
0.254	6.745	7.359	6.822	6.327	1.425	
0.304	6.099	6.482	5.679	5.425	1.393	
0.355	5.685	5.873	4.77	4.495	1.355	
0.406	5.428	5.451	4.217	3.956	1.309	

En la Figura 25, se observa la variación de las concentraciones a diferentes diámetros y con una altura constante de 2.5 m, se hizo la comparación del diámetro Vs la concentración por cada distancia discreta, visualizándose una relación directamente proporcional entre el diámetro y la pluma de dispersión gaussiana, mientras que en el diámetro vs la concentración una relación inversamente proporcional; con esto tenemos que a mayor diámetro, se observa que se genera una mayor pluma de dispersión gaussiana; mientras que cuando aumenta el diámetro los niveles de aporte del contaminante disminuyen.

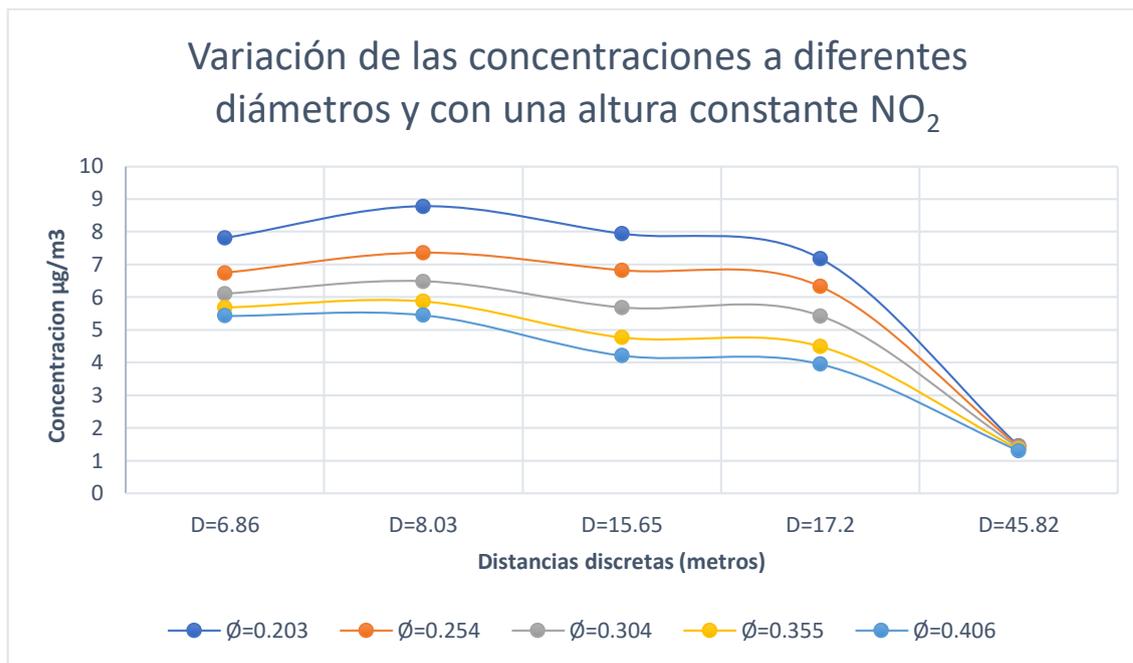


Figura 25. Nota: Ø=diámetro (metros); D=distancia discreta de la fuente al punto receptor para el contaminante NO<sub>2</sub>. (metros)

Finalmente, tras el análisis del comportamiento de la pluma de dispersión gaussiana en los diferentes escenarios previamente mencionados, se estimó que la concentración mínima obtenida del aporte del contaminante NO<sub>2</sub> es de 1.309 µg/m<sup>3</sup> para el mayor diámetro (0.406 m) considerado a una distancia de la fuente de 45.82 m, mientras que la concentración máxima alcanzada se da para el de menor diámetro (0.203 m), llegando esta a 8.779 µg/m<sup>3</sup> a una distancia de 8.03 m de la fuente.

### C. CONTAMINANTE CO

Al ejecutar el modelo SCREEN View, se obtuvo el aporte de la concentración del contaminante CO presente en el techo técnico, para las diferentes variaciones de los diámetros, con una altura original de 2.5 m en los 5 puntos receptores.

Se observa en la Tabla 24, las concentraciones obtenidas de las diferentes corridas realizadas con el software SCREEN View, donde se evaluó el escenario para una altura original de 2.5 m que se mantuvo constante en los 5 puntos receptores discretos para analizar la influencia de cómo es la relación de la concentración de los contaminantes respecto a la variación del diámetro,

por lo tanto bajo este supuesto escenario se mantuvieron constantes los demás indicadores que intervienen en la ejecución del software SCREEN View, ya que estos son indiferentes para fines de este estudio; por lo tanto se observó que a mayor diámetro de la chimenea, se generó un mayor alcance de la pluma con un menor aporte del contaminante.

**Tabla 24** Comparación de concentraciones a diferentes diámetros y distancias discretas con altura constante para el contaminante CO

		Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
Distancia: D (m)	Diámetro: $\emptyset$ (m)					
		6.86	8.03	15.65	17.2	45.82
0.203	1.681	1.891	1.710	1.546	0.3122	
0.254	1.451	1.584	1.468	1.362	0.3066	
0.304	1.312	1.392	1.218	1.164	0.2997	
0.355	1.223	1.263	1.025	0.9651	0.2914	
0.406	1.168	1.172	0.9066	0.8504	0.2814	

En la Figura 26, se observa la variación de las concentraciones a diferentes diámetros y con una altura constante de 2.5 m. Se hizo la comparación del diámetro Vs la concentración por cada distancia discreta, visualizándose una relación directamente proporcional entre el diámetro y la pluma de dispersión gaussiana, mientras que en el diámetro vs la concentración una relación inversamente proporcional; con esto tenemos que, a mayor diámetro, se observa que se genera una mayor pluma de dispersión gaussiana; mientras que cuando aumenta el diámetro los niveles de aporte del contaminante disminuyen.

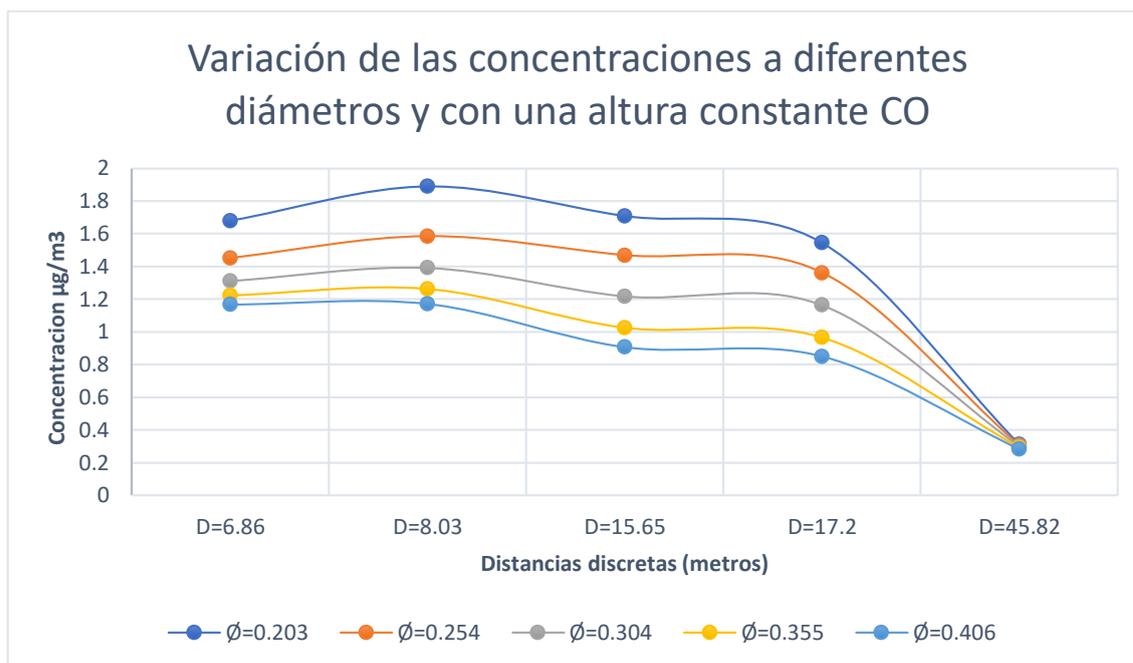


Figura 26. Nota: Ø=diámetro (metros); D=distancia discreta de la fuente al punto receptor para el contaminante CO (metros).

Finalmente, tras el análisis del comportamiento de la pluma de dispersión gaussiana en los diferentes escenarios previamente mencionados, se estimó que la concentración mínima obtenida del aporte del contaminante CO fue de  $0.2814 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el mayor diámetro (0.406 m) considerado a una distancia de la fuente de 45.82 m, mientras que la concentración máxima alcanzada se dio para el de menor diámetro (0.203 m), llegando esta a  $1.891 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a una distancia de 8.03 m de la fuente.

## 2. Determinación de la influencia de la altura de los ductos sobre la dispersión de los contaminantes

### A. CONTAMINANTE PM<sub>10</sub>

Al ejecutar el modelo SCREEN View, se obtuvo el aporte de la concentración del contaminante PM<sub>10</sub> presente en el techo técnico, para las diferentes variaciones de las alturas, con un diámetro original de 0.35556 m en los 5 puntos receptores.

Se observa en la Tabla 25, el escenario para un diámetro original de 0.35556 m que se mantendrá constante en los 5 puntos receptores discretos

para analizar la influencia de cómo es la relación de la concentración de los contaminantes respecto a la variación de la altura, por lo tanto bajo este supuesto escenario se mantendrán constantes los demás indicadores que intervienen en la ejecución del software SCREEN View, ya que estos son indiferentes para fines de este estudio; por lo tanto se observó que a mayor altura de la chimenea, se genera un mayor alcance de la pluma con un menor aporte del contaminante.

**Tabla 25** Comparación de concentraciones a diferentes alturas y distancias discretas con diámetro constante para el contaminante  $PM_{10}$

Distancia: D (m)		Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
		6.86	8.03	15.65	17.2	45.82
Altura: h (m)	1.5	0.8840	0.7871	0.446	0.4147	0.09903
	2	0.6117	0.5798	0.383	0.3651	0.09716
	2.5	0.3994	0.4122	0.3347	0.3151	0.09514
	3	0.2444	0.2786	0.2875	0.2714	0.09298
	4	0.07362	0.1095	0.2017	0.2025	0.08829

En la Figura 27, se observa la variación de las concentraciones a diferentes alturas y con un diámetro constante de 0.35556 m, se hizo la comparación del altura Vs la concentración por cada distancia discreta, visualizándose un relación directamente proporcional entre la altura y la pluma de dispersión gaussiana, mientras que en la altura vs la concentración una relación inversamente proporcional; con esto tenemos que a mayor altura, se observa que se genera una mayor pluma de dispersión gaussiana, asimismo cuando aumenta la altura los niveles de aporte del contaminante disminuyen.

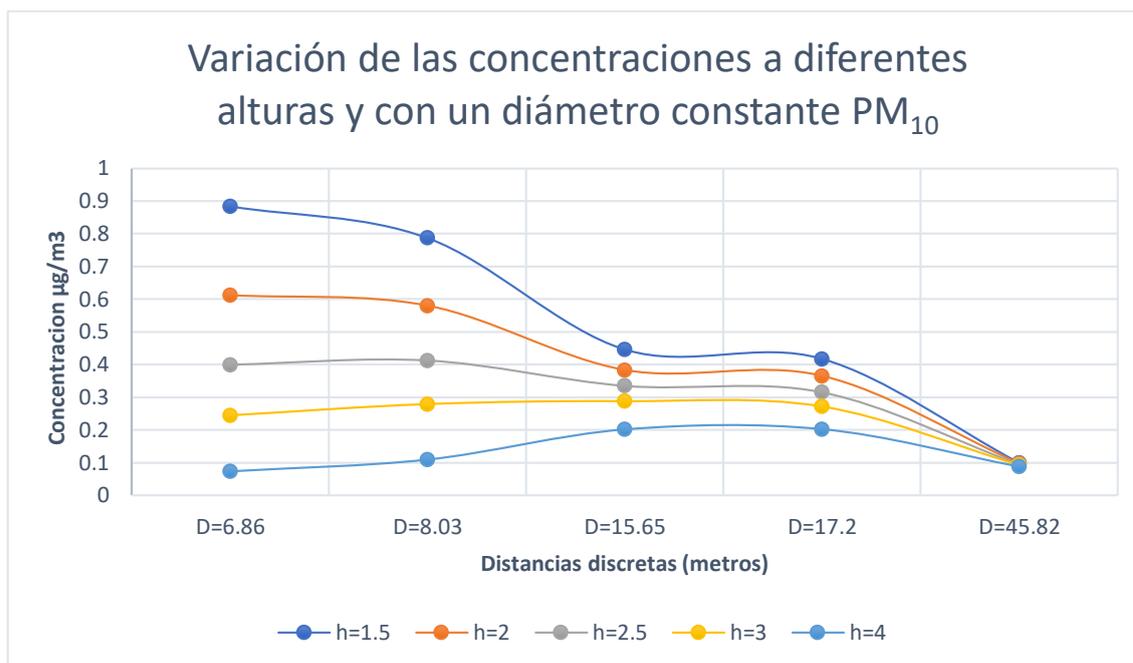


Figura 27. Nota: h=altura (metros); D=distancia discreta de la fuente al punto receptor para el contaminante PM<sub>10</sub>.

Asimismo, tras el análisis del comportamiento de la pluma de dispersión gaussiana en los diferentes escenarios previamente mencionados, se estimó que la concentración mínima obtenida del aporte del contaminante PM<sub>10</sub> fue de 0.08829 µg/m<sup>3</sup> para la mayor altura (4 m) considerado a una distancia de la fuente de 45.82 m, mientras que la concentración máxima alcanzada se dio para el de menor altura (1.5 m), llegando esta a 0.8840 µg/m<sup>3</sup> a una distancia de 6.86 m de la fuente.

Finalmente, en la Figura 28, se muestra que con los datos de salida obtenidos del software SCREEN View, se puede observar la representación y caracterización de las isoconcentraciones del contaminante PM<sub>10</sub>, para una altura y diámetro originales, en el área circundante para una zona urbana, el cual nos permite tener una mejor visualización del comportamiento de las concentraciones, partiendo del punto receptor discreto del monitoreo de fondo. Obteniendo la mayor concentración en el rango de 0 a 6.86 m. Asimismo los otros mapas de las isoconcentraciones resultantes del aporte de los contaminantes para las demás alturas y diámetros, serán adjuntados en los anexos.

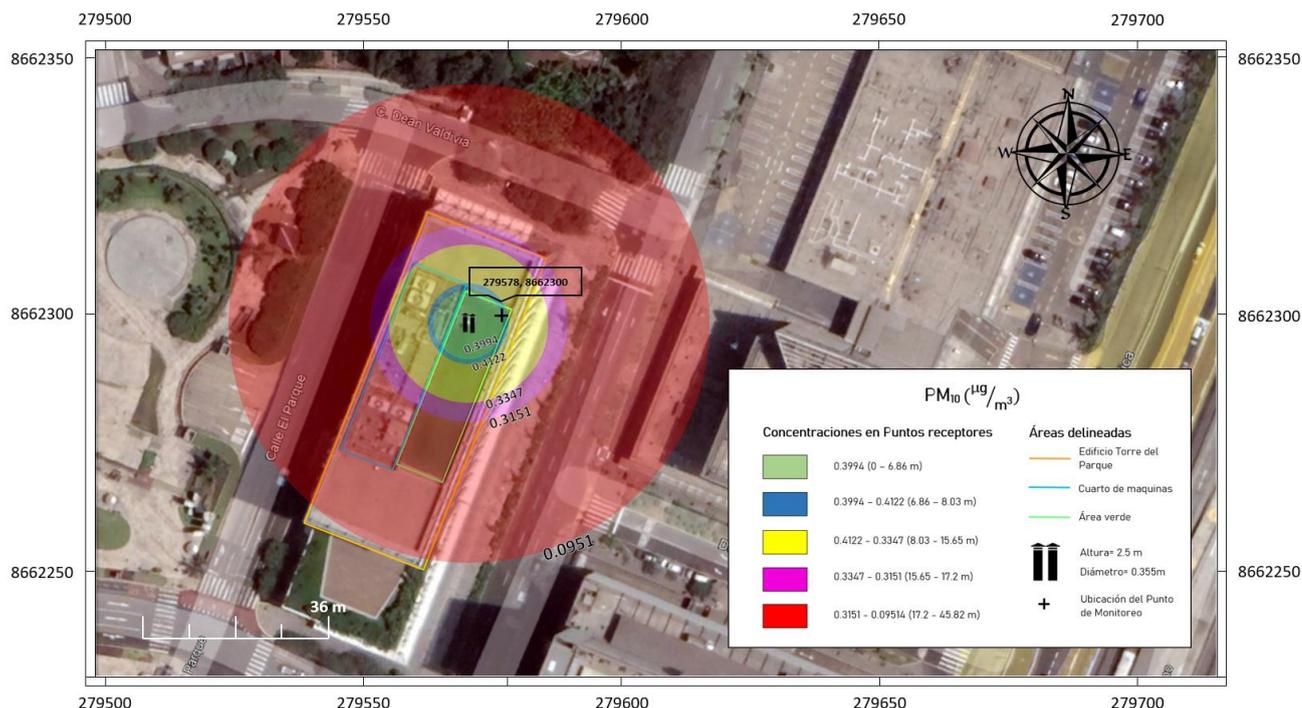


Figura 28. Mapa representativo de las isoconcentraciones asumiendo un escenario crítico conservador para el contaminante PM<sub>10</sub> para una altura y un diámetro original. (PM<sub>10</sub>, H=2.5 m-D=0.3556 m).

## B. CONTAMINANTE NO<sub>2</sub>

Al ejecutar el modelo SCREEN View, se obtuvo el aporte de la concentración del contaminante NO<sub>2</sub> presente en el techo técnico, para las diferentes variaciones de las alturas, con un diámetro original de 0.35556 m en los 5 puntos receptores.

Se observa en la Tabla 26, las concentraciones obtenidas para un escenario con un diámetro original de 0.35556 m que se mantendrá constante en los 5 puntos receptores discretos para analizar la influencia de cómo es la relación de la concentración de los contaminantes respecto a la variación de altura, por lo tanto bajo este supuesto escenario se mantendrán constantes los demás indicadores que intervienen en la ejecución del software SCREEN View, ya que estos son indiferentes para fines de este estudio; por lo tanto se observó que a mayor altura de la chimenea, se genera un mayor alcance de la pluma con un menor aporte del contaminante.

**Tabla 26** Comparación de concentraciones a diferentes alturas y distancias discretas con diámetro constante para el contaminante  $\text{NO}_2$

		Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
Altura: h (m)	Distancia: D (m)	6.86	8.03	15.65	17.2	45.82
	1.5		12.58	11.22	6.364	5.953
2		8.707	8.265	5.458	5.209	1.383
2.5		5.685	5.873	4.77	4.495	1.355
3		3.479	3.968	4.099	3.868	1.324
4		1.048	1.559	2.876	2.886	1.257

En la Figura 29, se observa la variación de las concentraciones a diferentes alturas y con un diámetro constante de 0.35556 m, se hizo la comparación de la altura Vs la concentración por cada distancia discreta, visualizándose un relación directamente proporcional entre la altura y la pluma de dispersión gaussiana, mientras que en la altura vs la concentración una relación inversamente proporcional; con esto tenemos que a mayor altura, se observa que se genera una mayor pluma de dispersión gaussiana, asimismo cuando aumenta la altura los niveles de aporte del contaminante disminuyen.

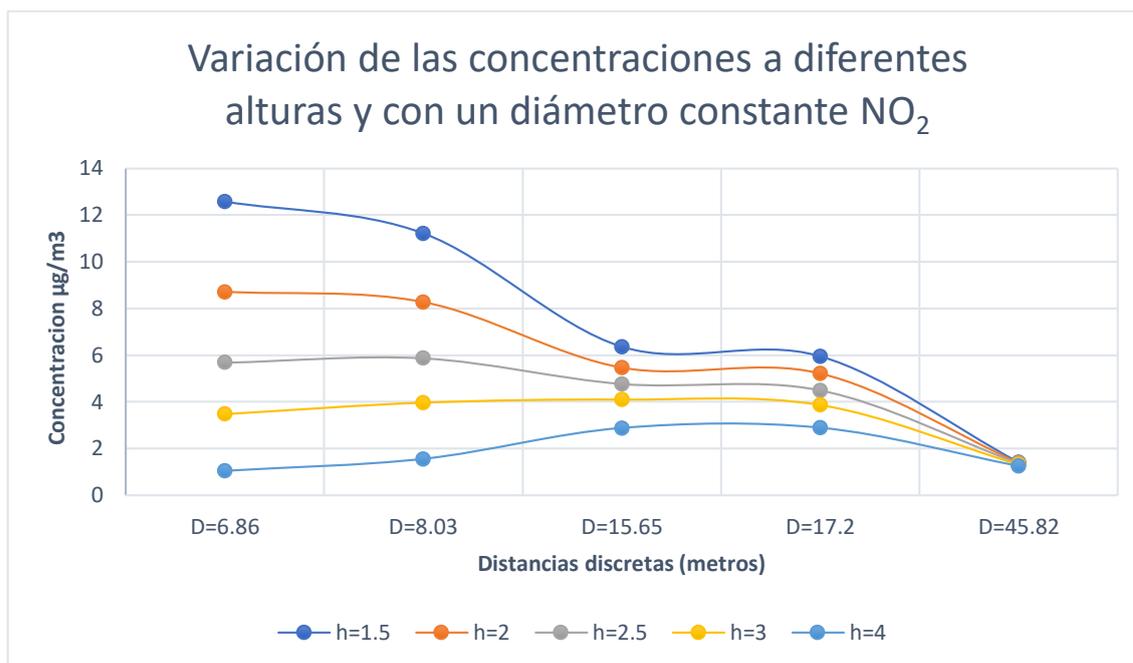


Figura 29. Nota: h=altura (metros); D=distancia discreta de la fuente al punto receptor para el contaminante NO<sub>2</sub>. (metros).

Asimismo, tras el análisis del comportamiento de la pluma de dispersión gaussiana en los diferentes escenarios previamente mencionados, se estimó que la concentración mínima obtenida del aporte del contaminante NO<sub>2</sub> es de 1.048 µg/m<sup>3</sup> para la mayor altura (4 m) considerado a una distancia de la fuente de 6.86 m, mientras que la concentración máxima alcanzada se da para el de menor altura (1.5 m), llegando esta a 12.58 µg/m<sup>3</sup> a una distancia de 6.86 m de la fuente.

Finalmente, en la Figura 30, con los datos de salida obtenidos del software SCREEN View, se muestra la representación y caracterización de las isoconcentraciones del contaminante NO<sub>2</sub>, para una altura y diámetro originales, en el área circundante para una zona urbana, el cual nos permite tener una mejor visualización del comportamiento de las concentraciones, partiendo del punto receptor discreto del monitoreo de fondo. Obteniendo la mayor concentración en el rango de 6.86 a 8.03 m. Asimismo los otros mapas de las isoconcentraciones resultantes del aporte de los contaminantes para las demás alturas y diámetros, serán adjuntados en los anexos.

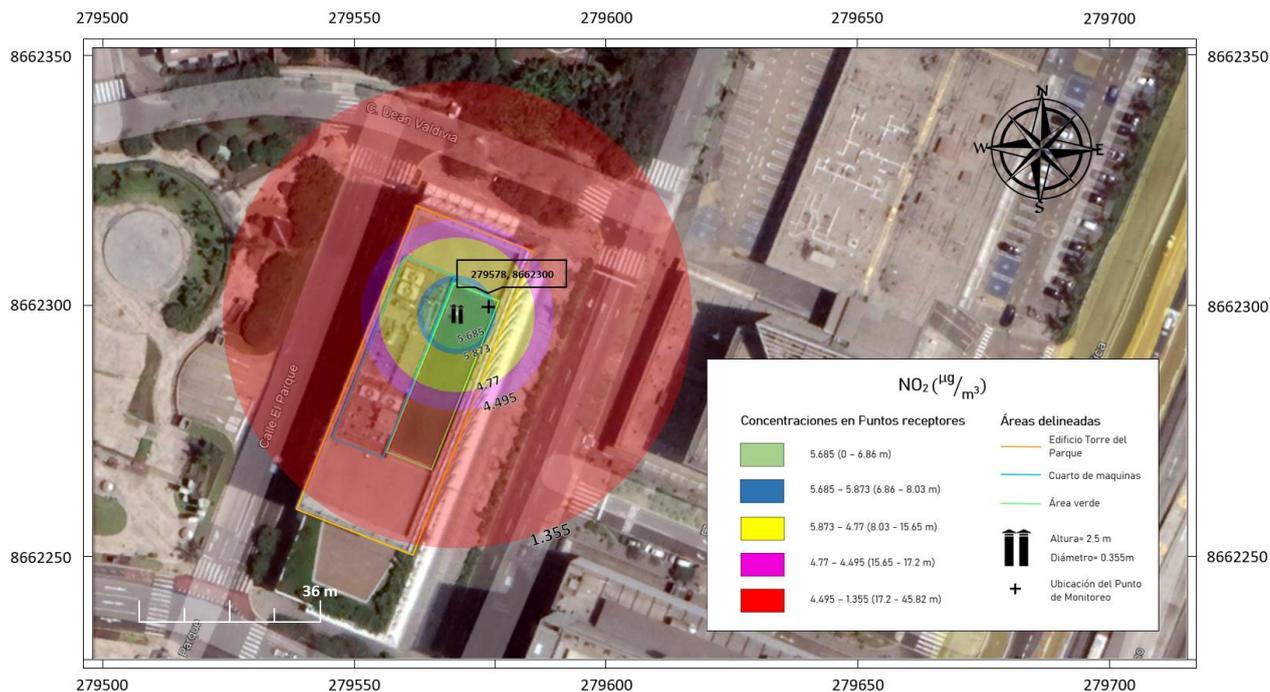


Figura 30. Mapa representativo de las isoconcentraciones asumiendo un escenario crítico conservador para el contaminante NO<sub>2</sub> para una altura y un diámetro original (H=2.5 m-D=0.3556 m)

### C. CONTAMINANTE CO

Al ejecutar el modelo SCREEN View, se obtuvo el aporte de la concentración del contaminante CO presente en el techo técnico, para las diferentes variaciones de las alturas, con un diámetro original de 0.35556 m en los 5 puntos receptores.

Se observa en la Tabla 27, las concentraciones obtenidas de las diferentes corridas realizadas con el software SCREEN View, donde se evaluó el escenario con un diámetro original de 0.35556 m que se mantuvo constante en los 5 puntos receptores discretos para analizar la influencia de cómo es la relación de la concentración de los contaminantes respecto a la variación de la altura, por lo tanto bajo este supuesto escenario se mantuvieron constantes los demás indicadores que intervienen en la ejecución del software SCREEN View, ya que estos son indiferentes para fines de este estudio; por lo tanto se observó que a mayor altura de la chimenea, se generó un mayor alcance de la pluma con un menor aporte del contaminante.

**Tabla 27** Comparación de concentraciones a diferentes alturas y distancias discretas con diámetro constante para el contaminante CO

Distancia: D (m)		Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
		6.86	8.03	15.65	17.2	45.82
Altura: h (m)	1.5	2.708	2.411	1.366	1.278	0.3033
	2	1.874	1.776	1.173	1.118	0.2976
	2.5	1.223	1.263	1.025	0.9651	0.2914
	3	0.7487	0.8532	0.8808	0.8313	0.2848
	4	0.2255	0.3354	0.6177	0.6202	0.2704

En la Figura 31, se observa la variación de las concentraciones a diferentes alturas y con un diámetro constante de 0.35556 m, se hizo la comparación de la altura vs la concentración por cada distancia discreta, visualizándose un relación directamente proporcional entre la altura y la pluma de dispersión gaussiana, mientras que en la altura vs la concentración una relación inversamente proporcional; con esto tenemos que a mayor altura, se observa que se genera una mayor pluma de dispersión gaussiana, asimismo cuando aumenta la altura, los niveles de aporte del contaminante disminuyen.

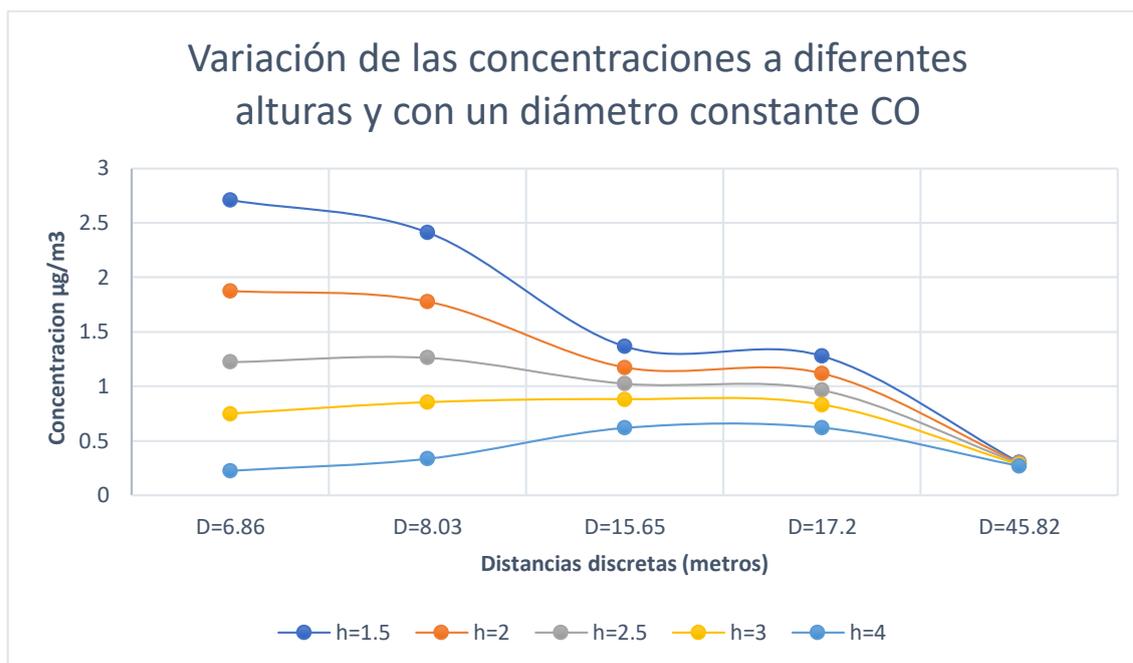


Figura 31. Nota: h=altura (metros); D=distancia discreta de la fuente al punto receptor para el contaminante CO (metros).

Asimismo, tras el análisis del comportamiento de la pluma de dispersión gaussiana en los diferentes escenarios previamente mencionados, se estimó que la concentración mínima obtenida del aporte del contaminante CO fue de  $0.2704 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para la mayor altura (4 m) considerado a una distancia de la fuente de 45.82 m, mientras que la concentración máxima alcanzada se dio para el de menor altura (1.5 m), llegando esta a  $2.708 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a una distancia de 6.86 m de la fuente.

Finalmente, en la Figura 32 con los datos de salida obtenidos del software SCREEN View, se muestra la representación y caracterización de las isoconcentraciones del contaminante CO, para una altura y diámetro originales, en el área circundante para una zona urbana, el cual nos permite tener una mejor visualización del comportamiento de las concentraciones, partiendo del punto receptor discreto del monitoreo de fondo. Obteniendo la mayor concentración en el rango de 6.86 a 8.03 m. Asimismo los otros mapas de las isoconcentraciones resultantes del aporte de los contaminantes para las demás alturas y diámetros, serán adjuntados en los anexos.

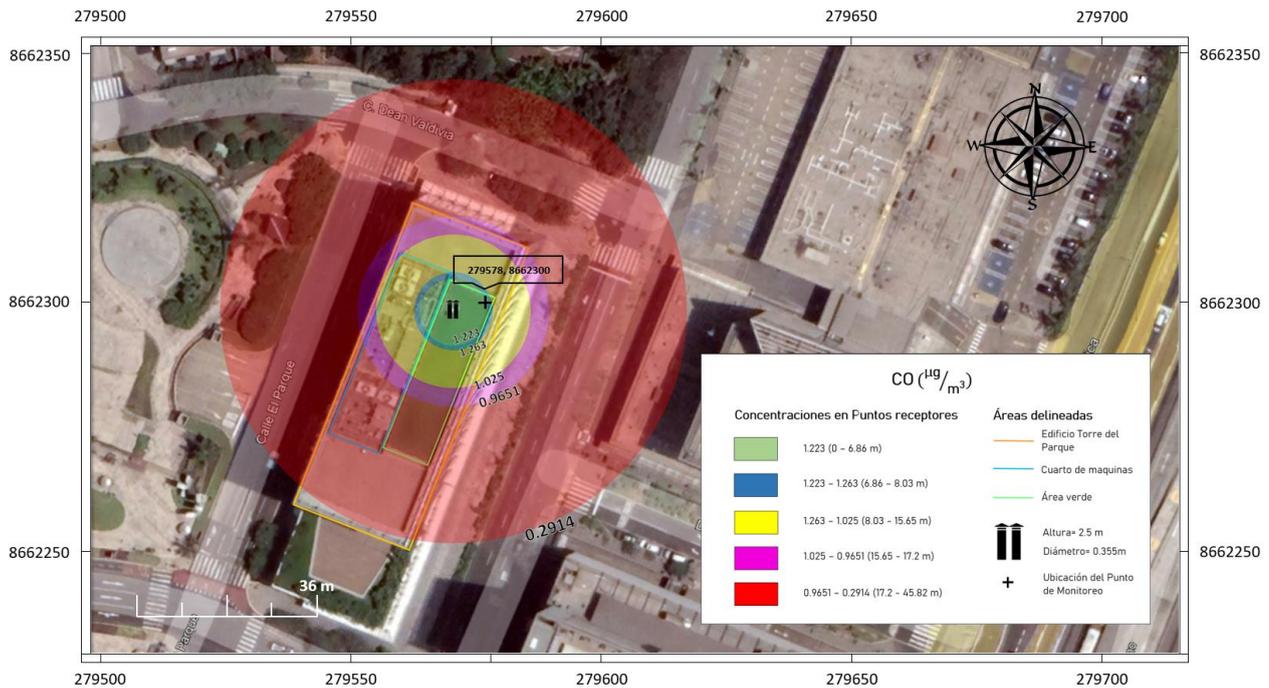


Figura 32. Mapa representativo de las isoconcentraciones asumiendo un escenario crítico conservador para el contaminante CO para una altura y un diámetro original ( $H=2.5\text{ m}-D=0.3556\text{ m}$ )

### 3. Comparación de las concentraciones finales de los puntos receptores con la normativa vigente ECA Aire (D.S. N° 003-2017-MINAM)

En la Tabla 28, se muestran los resultados del monitoreo realizado durante la elaboración de la línea base por el laboratorio ALAB (Analytical Laboratory E.I.R.L.) que cuenta con acreditación del INACAL-DA, los cuales se obtuvieron en el punto receptor discreto las concentraciones de fondo para cada contaminante ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{NO}_2$  y CO). Estos resultados se utilizaron para realizar la comparación con el ECA Aire.

**Tabla 28** Resultados obtenidos del monitoreo realizado en el techo técnico.

ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS
Material Particulado	$\mu\text{g}/\text{Std}\text{m}^3$	1.124	24.560
$\text{PM}_{10}$ (Bajo Volumen)			
Monóxido de carbono (CO)	$\mu\text{g}/\text{Std}\text{m}^3$	0.1	2891.6

Óxido de nitrógeno (NOx)	µg/Std <sup>m</sup> <sup>3</sup>	0.5	116.5
(*)			

Nota: \*L.C.M: Limite de cuantificación del método; (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

### A. CONTAMINANTE PM<sub>10</sub>

En la Tabla 29, se detallan los resultados de las concentraciones estimadas para el contaminante PM<sub>10</sub> obtenidos con el software SCREEN View para la distancia discreta de 6.86 m de la chimenea al punto de monitoreo para la altura original (2.5 m) para los diámetros 0.203 m, 0.355 m y 0.406 m.

**Tabla 29** Concentraciones del contaminante PM<sub>10</sub> con una altura original a diferentes diámetros de menor a mayor, a una distancia de 6.86 m.

Concentración del contaminante PM <sub>10</sub> a una distancia de 6.86 m			
Dato Variable	Ø=0.203 m	Ø=0.355 m	Ø=0.406 m
Dato Cte.	Diámetro menor	Diámetro original	Diámetro mayor
<i>h= 2.5 m</i>			
<i>Altura original</i>	0.5487 µg/m <sup>3</sup>	0.3994 µg/m <sup>3</sup>	0.3813 µg/m <sup>3</sup>

En la Tabla 30, se detallan las concentraciones estimadas con el software SCREEN View para una distancia de 6.86 m de la chimenea al punto de monitoreo para el diámetro original (0.35556 m) y las variaciones de altura de 1.5, 2.5 y 4 m.

**Tabla 30** Concentraciones del contaminante PM<sub>10</sub> con un diámetro original a diferentes alturas de menor a mayor, a una distancia de 6.86 m.

Concentración del contaminante PM <sub>10</sub> a una distancia de 6.86 m			
Dato Variable	<i>h=1.5 m</i>	<i>h= 2.5 m</i>	<i>h=4 m</i>
Dato Cte.	<i>Menor altura</i>	<i>Altura original</i>	<i>Mayor altura</i>
<i>Ø=0.355 m</i>			
<i>Diámetro original</i>	0.8840 µg/m <sup>3</sup>	0.3994 µg/m <sup>3</sup>	0.07362 µg/m <sup>3</sup>

En la Tabla 31, se comparó la concentración final (CFI) con la concentración de los ECA Aire (D.S. N° 003-2017-MINAM) para PM<sub>10</sub> cuyo valor es de 100 µg/m<sup>3</sup> (24 horas).

**Tabla 31** Comparación de las concentraciones finales (CFI) para el contaminante  $PM_{10}$  (valor modelado más la Concentración de Fondo) con el ECA aire.

<b>Concentración final del contaminante <math>PM_{10}</math> y comparación con el ECA aire.</b>			
ECA para $PM_{10}$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Valor obtenido del monitoreo (Concentración de Fondo)	24.560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
<b>Para una distancia de 6.86 m con una altura original</b>			
Datos variables	$\varnothing=0.203\text{ m}$	$\varnothing=0.355\text{ m}$	$\varnothing=0.406\text{ m}$
Dato cte.	<i>Diámetro menor</i>	<i>Diámetro original</i>	<i>Diámetro mayor</i>
<i>h= 2.5 m</i> <i>Altura original</i>	25.1087 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24.9594 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24.9413 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>Para una distancia de 6.86 m con un diámetro original</b>			
Datos variables	<i>h=1.5 m</i>	<i>h= 2.5 m</i>	<i>h=4 m</i>
Dato cte.	<i>Menor altura</i>	<i>Altura original</i>	<i>Mayor altura</i>
$\varnothing=0.355\text{ m}$ <i>Diámetro original</i>	25.444 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24.9594 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24.6336 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

De acuerdo a los resultados de las concentraciones finales obtenidas, para un diámetro original (0.35556 m) y una altura original (2.5 m) con relación a distintas distancias discretas, tenemos que las concentraciones no sobrepasan el ECA Aire en ninguno de los casos antes mencionados.

– **Magnitud de impacto del aporte del contaminante para  $PM_{10}$**

Se observa en la Tabla 32, los resultados para la magnitud del impacto obtenidos con la ecuación 9. En el cual se halló que para el contaminante  $PM_{10}$ , con un diámetro original (0.3556m) y una altura original (2.5m), la magnitud fue insignificante, ya que presentó valores menores a 0.1.

**Tabla 32** Cuadro de resultados de las magnitudes de impacto del aporte del contaminante para  $PM_{10}$

<b>Resultados de la magnitud de impacto del aporte del contaminante para <math>PM_{10}</math></b>			
	ECA para $PM_{10}$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
<b>Aporte del contaminante para una distancia de 6.86 m con una altura original</b>			
	$\varnothing=0.203$ m	$\varnothing=0.355$ m	$\varnothing=0.406$ m
	Diámetro menor	Diámetro original	Diámetro mayor
h=2.5 m			
Altura original	0.5487	0.3994	0.3813
Magnitud del	0.005487	0.003994	0.003813
impacto	INSIGNIFICANTE	INSIGNIFICANTE	INSIGNIFICANTE
<b>Aporte del contaminante para una distancia de 6.86 m con un diámetro original</b>			
	h=1.5 m	h= 2.5 m	h=4 m
	Menor altura	Altura original	Mayor altura
$\varnothing=0.355$ m			
Diámetro original	0.884	0.3994	0.07362
Magnitud del	0.00884	0.003994	0.007362
impacto	INSIGNIFICANTE	INSIGNIFICANTE	INSIGNIFICANTE

## B. CONTAMINANTE $NO_2$

En la Tabla 33, se detallan los resultados de las concentraciones estimadas para el contaminante  $NO_2$  obtenidos con el software SCREEN View para la distancia discreta de 6.86 m de la chimenea al punto de monitoreo para la altura original (2.5 m) para los diámetros 0.203 m, 0.355 m y 0.406 m.

**Tabla 33** Concentraciones de  $NO_2$  con una altura original a diferentes diámetros de menor a mayor, a una distancia de 6.86 m.

<b>Concentración del contaminante <math>NO_2</math> a una distancia de 6.86 m</b>			
Datos variables	$\varnothing=0.203$ m	$\varnothing=0.355$ m	$\varnothing=0.406$ m
Dato cte.	Menor diámetro	Diámetro original	Mayor diámetro

<i>h= 2.5 m</i>			
<i>Altura original</i>	7.810 µg/m <sup>3</sup>	5.685 µg/m <sup>3</sup>	5.428 µg/m <sup>3</sup>

En la Tabla 34, se detallan las concentraciones estimadas con el software SCREEN View para una distancia de 6.86 m de la chimenea al punto de monitoreo para el diámetro original (0.3556 m).

**Tabla 34** *Concentraciones de NO<sub>2</sub> con un diámetro original a diferentes alturas de menor a mayor, a una distancia de 6.86 m.*

<b>Concentración del contaminante NO<sub>2</sub> a una distancia de 6.86 m</b>			
Datos variables	<i>h=1.5 m</i>	<i>h= 2.5 m</i>	<i>h=4 m</i>
Dato cte.	<i>Menor altura</i>	<i>Altura original</i>	<i>Mayor altura</i>
<i>∅=0.355 m</i>			
<i>Diámetro original</i>	12.58 µg/m <sup>3</sup>	5.685 µg/m <sup>3</sup>	1.048 µg/m <sup>3</sup>

En la Tabla 35, se comparó la concentración final (CFI), con la concentración de los ECA Aire (D.S. N° 003-2017-MINAM) para NO<sub>2</sub> cuyo valor es de 200 µg/m<sup>3</sup> (1 hora).

**Tabla 35** *Comparación de las concentraciones finales para el contaminante NO<sub>2</sub> (valor modelado más la Concentración de Fondo) con el ECA Aire.*

<b>Concentración final del contaminante NO<sub>2</sub> y comparación con el ECA Aire</b>			
ECA para NO <sub>2</sub>	200 µg/m <sup>3</sup>		
Valor obtenido del monitoreo (Concentración de Fondo)	116.5 µg/m <sup>3</sup>		
<b>Para una distancia de 6.86 m con una altura original</b>			
Datos variables	<i>∅=0.203 m</i>	<i>∅=0.355 m</i>	<i>∅=0.406 m</i>
Dato cte.	<i>Diámetro menor</i>	<i>Diámetro original</i>	<i>Diámetro mayor</i>
<i>h= 2.5 m</i>			
<i>Altura original</i>	124.31 µg/m <sup>3</sup>	122.185 µg/m <sup>3</sup>	121.928 µg/m <sup>3</sup>
<b>Para una distancia de 6.86 m con un diámetro original</b>			

Datos variables	$h=1.5\text{ m}$	$h=2.5\text{ m}$	$h=4\text{ m}$
Dato cte.	<i>Menor altura</i>	<i>Altura original</i>	<i>Mayor altura</i>
$\varnothing=0.355\text{ m}$	129.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	122.185 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	117.548 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>Diámetro original</i>			

De acuerdo a los resultados de las concentraciones finales obtenidas, para un diámetro original (0.35556 m) y una altura original (2.5 m) con relación a distintas distancias discretas, tenemos que las concentraciones no sobrepasan el ECA Aire en ninguno de los casos antes mencionados.

– **Magnitud de impacto del aporte del contaminante para NO<sub>2</sub>**

Se observa en la Tabla 36, los resultados para la magnitud del impacto obtenidos con la ecuación 9. En el cual se halló que para el contaminante NO<sub>2</sub>, con un diámetro original (0.3556m) y una altura original (2.5m), la magnitud fue insignificante, ya que presentó valores menores a 0.1.

**Tabla 36** Cuadro de resultados de las magnitudes de impacto del aporte del contaminante para NO<sub>2</sub>

<b>Resultados de la magnitud de impacto del aporte del contaminante para NO<sub>2</sub></b>			
	ECA para NO <sub>2</sub>	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
<b>Aporte del contaminante para una distancia de 6.86 m con una altura original</b>			
	$\varnothing=0.203\text{ m}$	$\varnothing=0.355\text{ m}$	$\varnothing=0.406\text{ m}$
	Diámetro menor	Diámetro original	Diámetro mayor
$h=2.5\text{ m}$	7.81	5.685	5.428
Altura original			
Magnitud del	0.03905	0.02829	0.02714
impacto	INSIGNIFICANTE	INSIGNIFICANTE	INSIGNIFICANTE
<b>Aporte del contaminante para una distancia de 6.86 m con un diámetro original</b>			
	$h=1.5\text{ m}$	$h=2.5\text{ m}$	$h=4\text{ m}$
	Menor altura	Altura original	Mayor altura
$\varnothing=0.355\text{ m}$	12.58	5.685	1.048
Diámetro original			

Magnitud del impacto	0.0629	0.0284	0.00524
	INSIGNIFICANTE	INSIGNIFICANTE	INSIGNIFICANTE

### C. CONTAMINANTE CO

En la Tabla 37, se detallan los resultados de las concentraciones estimadas para el contaminante CO obtenidos con el software SCREEN View para la distancia discreta de 6.86 m de la chimenea al punto de monitoreo para la altura original (2.5 m) para los diámetros 0.203 m, 0.355 m y 0.406 m.

**Tabla 37** Concentraciones del contaminante CO con una altura original a diferentes diámetros de menor a mayor, a una distancia de 6.86 m.

Concentración del contaminante CO a una distancia de 6.86 m			
Datos variables	$\varnothing=0.203\text{ m}$	$\varnothing=0.355\text{ m}$	$\varnothing=0.406\text{ m}$
Dato cte.	<i>Diámetro menor</i>	<i>Diámetro original</i>	<i>Diámetro mayor</i>
<i>h= 2.5 m</i>			
<i>Altura original</i>	1.681 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.223 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.168 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

En la Tabla 38, se detallan las concentraciones estimadas con el software SCREEN View para una distancia de 6.86 m de la chimenea al punto de monitoreo con un diámetro original de 0.35556 m.

**Tabla 38** Concentraciones del contaminante de CO con un diámetro original a diferentes alturas de menor a mayor, a una distancia de 6.86 m.

Concentración del contaminante CO a una distancia de 6.86 m			
Datos variables	<i>h=1.5 m</i>	<i>h= 2.5 m</i>	<i>h=4 m</i>
Dato cte.	<i>Menor altura</i>	<i>Altura original</i>	<i>Mayor altura</i>
$\varnothing=0.355\text{ m}$			
<i>Diámetro original</i>	2.708 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.223 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.2255 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

En la Tabla 39, se comparó la concentración final (CFI), con la concentración de los ECA Aire (D.S. N° 003-2017-MINAM) para CO cuyo valor es de 3000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (1 hora).

**Tabla 39** Comparación de las concentraciones finales para el contaminante CO (valor modelado más la Concentración de Fondo) con el ECA Aire.

<b>Concentración final estimada del contaminante CO y comparación con el ECA</b>			
ECA para CO	30000 µg/m <sup>3</sup>		
Valor obtenido del monitoreo (Concentración de Fondo)	2891.6 µg/m <sup>3</sup>		
<b>Para una distancia de 6.86 m con una altura original</b>			
Datos variables Dato cte.	$\varnothing=0.203\ m$ <i>Diámetro menor</i>	$\varnothing=0.355\ m$ <i>Diámetro original</i>	$\varnothing=0.406\ m$ <i>Diámetro mayor</i>
h= 2.5 m Altura original	2893.281 µg/m <sup>3</sup>	2892.823 µg/m <sup>3</sup>	2892.768 µg/m <sup>3</sup>
<b>Para una distancia de 6.86 m con un diámetro original</b>			
Datos variables Dato cte.	$h=1.5\ m$ <i>Menor altura</i>	$h= 2.5\ m$ <i>Altura original</i>	$h=4\ m$ <i>Mayor altura</i>
$\varnothing=0.355\ m$ <i>Diámetro original</i>	2894.308 µg/m <sup>3</sup>	2892.823 µg/m <sup>3</sup>	2891.8255 µg/m <sup>3</sup>

De acuerdo a los resultados de las concentraciones finales obtenidas, para un diámetro original (0.35556 m) y una altura original (2.5 m) con relación a distintas distancias discretas, tenemos que las concentraciones no sobrepasan el ECA Aire en ninguno de los casos antes mencionados.

– **Magnitud de impacto del aporte del contaminante para CO**

Se observa en la Tabla 40, los resultados para la magnitud del impacto obtenidos con la ecuación 9. En el cual se halló que, para el contaminante CO, con un diámetro original (0.3556m) y una altura original (2.5m), la magnitud fue insignificante, ya que presentó valores menores a 0.1.

**Tabla 40** Cuadro de resultados de las magnitudes de impacto del aporte del contaminante para CO

<b>Resultados de la magnitud de impacto del aporte del contaminante para CO</b>			
	ECA para CO		30000 µg/m <sup>3</sup>
<b>Aporte del contaminante para una distancia de 6.86 m con una altura original</b>			
	Ø=0.203 m	Ø=0.355 m	Ø=0.406 m
	Diámetro menor	Diámetro original	Diámetro mayor
h= 2.5 m			
Altura original	1.681	1.223	1.168
Magnitud del	5.6* 10 <sup>-5</sup>	4.06* 10 <sup>-5</sup>	3.89* 10 <sup>-5</sup>
impacto	INSIGNIFICANTE	INSIGNIFICANTE	INSIGNIFICANTE
<b>Aporte del contaminante para una distancia de 6.86 m con un diámetro original</b>			
	h=1.5 m	h= 2.5 m	h=4 m
	Menor altura	Altura original	Mayor altura
Ø=0.355 m			
Diámetro original	2.708	1.223	0.2255
Magnitud del	9.02* 10 <sup>-5</sup>	4.07* 10 <sup>-5</sup>	7.51* 10 <sup>-6</sup>
impacto	INSIGNIFICANTE	INSIGNIFICANTE	INSIGNIFICANTE

### 5.2.2. Determinación de la influencia de la arquitectura del techo técnico sobre la dispersión de los contaminantes atmosféricos provenientes de los gases de combustión de los Grupos Electrógenos de Emergencia.

Se determino que si habría influencia de la corona del muro cortina ya que no cumple con la primera premisa de la figura 33, debido a que, para nuestro caso, la distancia de la corona del muro a la fuente (15.65 m) es menor a 10 veces la altura del mismo (4 m). Además, se hizo el análisis con la rosa de viento en función de la ubicación y orientación del edificio, se obtuvo que los vientos tienen una dirección predominante de sur (S) a norte (N), es por ello que se tomó esta distancia, que es la que coincide con la dirección del viento.

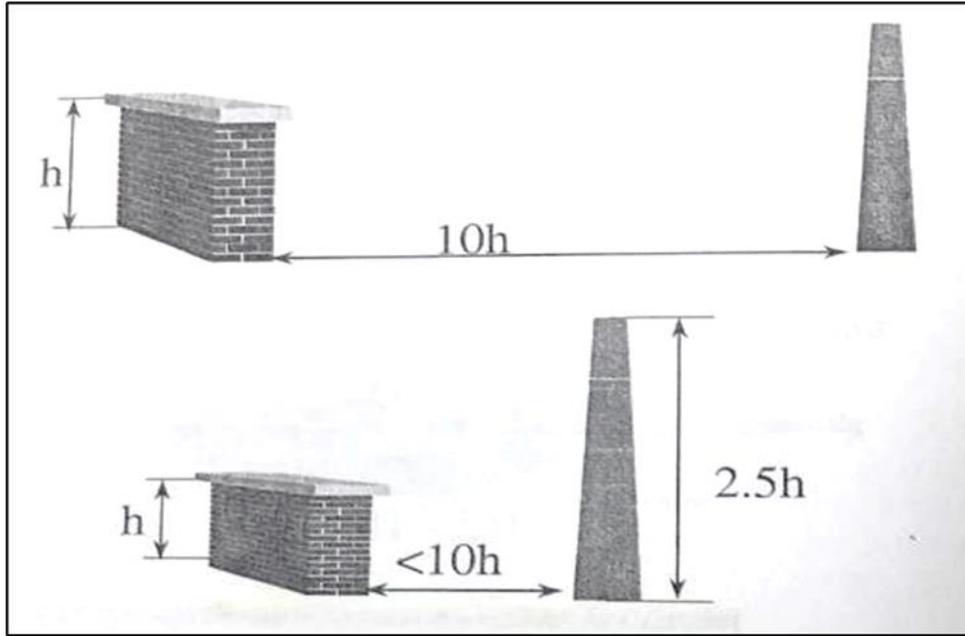


Figura 33. Distancia mínima para evitar la influencia de la cercanía de los obstáculos a la chimenea. Tomada de “Dispersión de contaminantes en la atmósfera”, por Espert y López, 2004.



Figura 34. Vista de la distancia de las fuentes a la corona del muro cortina.

## **VI. DISCUSION DE RESULTADOS**

### **6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados**

#### **6.1.1. Hipótesis General**

Se determinó lo siguiente:

Ho: El diseño de los ductos de escape y arquitectura del techo no influyen significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.

H<sub>1</sub>: El diseño de los ductos de escape y arquitectura del techo influyen significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.

Según los resultados de las corridas realizadas aplicando el software SCREEN View para un escenario crítico conservador, para los tres contaminantes PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y CO, se obtuvo una relación directamente proporcional entre la variación en el aumento del diámetro y la altura de la chimenea con la pluma de dispersión gaussiana del contaminante pero inversamente proporcional entre el aumento del diámetro y la altura, y el nivel de aporte de concentración de los contaminantes a nivel de suelo.

Con esto logramos describir el comportamiento de la pluma de dispersión gaussiana de contaminantes que se ve incrementada respecto al aumento en la variación de las dimensiones del diámetro y la altura, de igual manera, será menor la magnitud de impacto del aporte de los contaminantes tal que para PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y CO, obtendremos, una magnitud insignificante para todos los casos, con ello se verificó la influencia de la variación del diseño de los ductos, así como de la arquitectura del techo sobre la dispersión de los contaminantes en los diferentes escenarios supuestos como, la variación del diámetro, la altura, y corona del muro cortina.

Es por ello que se rechaza la hipótesis  $H_0$ : “El diseño de los ductos de escape y arquitectura del techo no influyen significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.”, comprobándose la validez de la hipótesis  $H_1$ : “El diseño de los ductos de escape y arquitectura del techo influyen significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.”

### **6.1.2. Hipótesis Específica 1**

Se determinó lo siguiente:

$H_0$ : El diámetro de los ductos de escape no influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.

$H_1$ : El diámetro de los ductos de escape influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.

Según los resultados de las corridas realizadas aplicando el software SCREEN View, asumiendo un escenario crítico conservador en donde se analizó la influencia de la variación del diámetro de la chimenea con una altura original y constante, sobre el aporte de los contaminantes  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  y  $CO$ . Se tuvo una relación inversamente proporcional entre el aumento del diámetro de la chimenea y el aporte de los contaminantes como se verifica en las Tablas 22, 23 y 24 de la “comparación de concentraciones a diferentes diámetros con la altura original y constante.”

Respecto a este análisis podemos comprobar que si influye significativamente la variación del diámetro de los ductos de escape sobre el aporte de los contaminantes, por lo tanto esto conlleva a rechazar la

hipótesis nula  $H_0$ : “El diámetro de los ductos de escape no influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.” y se acepta la hipótesis  $H_1$ : “El diámetro de los ductos de escape influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima”.

### **6.1.3. Hipótesis Específica 2**

Se determinó lo siguiente:

$H_0$ : La altura de los ductos de escape no influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.

$H_1$ : La altura de los ductos de escape influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.

De acuerdo a los resultados de las corridas realizadas aplicando el software SCREEN View, asumiendo un escenario crítico conservador en donde se analizó la influencia de la variación de la altura de la chimenea con un diámetro original y constante, sobre el aporte de los contaminantes  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  y  $CO$ . Se tuvo una relación inversamente proporcional entre el aumento de la altura de la chimenea y el aporte de los contaminantes como se verifica en las Tablas 25, 26 y 27 de la “comparación de concentraciones a diferentes alturas con un diámetro original y constante.”

Respecto a este análisis podemos comprobar que si influye significativamente la variación de la altura de los ductos de escape sobre el aporte de los contaminantes, por ello esto nos conlleva a rechazar la hipótesis nula  $H_0$ : “La altura de los ductos de escape no influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos

emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.” y se confirma la hipótesis H<sub>1</sub>: “La altura de los ductos de escape influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.”

#### **6.1.4. Hipótesis Especifica 3**

Se determinó lo siguiente:

H<sub>0</sub>: La corona del muro cortina de la arquitectura del techo no influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.

H<sub>1</sub>: La corona del muro cortina de la arquitectura del techo influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.

Según al análisis para la corona del muro cortina siendo esta parte de la arquitectura del techo técnico, se examinó la rosa de viento teniendo una dirección del viento de SO a NE, con relación a la ubicación y orientación del edificio.

Basándonos en el supuesto de Espert y López que dice que “si la emisión del penacho de contaminantes se realiza dentro de la zona del flujo perturbada por la presencia de un obstáculo, se va a producir una proyección de los contaminantes hacia el suelo. Para evitar esta proyección, la chimenea se deberá instalar a una distancia mínima del obstáculo de unas 10 veces la altura de éste, o bien, si no es posible cumplir esta condición, la altura mínima de la chimenea deberá ser de 2.5 veces la del obstáculo”. Para nuestro caso, tenemos que la dirección predominante del viento incide con la distancia discreta de 15.65 m desde la fuente de emisión hasta la corona del muro cortina, distancia que es menor a 10 veces la altura de esta corona(4 m), por lo que no se cumple

con ninguna de estas condiciones indicadas en el supuesto de Espert y López, y de esta manera se acepta la  $H_1$ : “La corona del muro cortina de la arquitectura del techo influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima”, y se rechaza la hipótesis  $H_0$ : “La corona del muro cortina de la arquitectura del techo no influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima”, ya que la corona del muro cortina no influye en la dispersión de contaminantes.

## **6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares**

En la presente investigación notamos que para la hipótesis general y la hipótesis específica 2, respecto a las variaciones de la altura  $h=1.5$  m,  $h=2.5$  m y  $h=4$  m, a una distancia de 6.86 m, se obtuvo concentraciones de  $0.8840 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $0.3994 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $0.07362 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. De los resultados de las corridas realizadas evidenciamos una relación inversamente proporcional en donde a mayor altura de la chimenea menor será la concentración del aporte de los contaminantes, podemos concluir que si existe influencia de la altura de la chimenea sobre la dispersión de los contaminantes atmosféricos a nivel del suelo, mientras que en la investigación de Vera, Patiño y Barriga (2009) se encontró similitud en los resultados con las variaciones de las alturas de  $h=10$  m,  $h=20$  m y  $h=30$  m a una distancia de 30 m, donde obtuvieron concentraciones de  $30.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $0.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente, identificándose una relación inversamente proporcional de la altura de la chimenea vs la concentración del aporte de los contaminantes. De igual manera, en la investigación de Cabrera (2012) se empleó un escenario crítico conservador con variaciones de alturas de  $h=50$  m,  $h=100$  m y  $h=200$  m a una distancia 500 m, donde obtuvo una concentración de  $42.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $16.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $1.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente, identificándose también la misma proporcionalidad que en nuestra investigación, una relación inversamente proporcional de la altura de la chimenea vs la concentración del aporte del contaminante. Así mismo, aunque

los resultados observados en las investigaciones de Vera, Patiño y Barriga (2009) y Cabrera (2012) son mayores a los nuestros, se pudo identificar la influencia de la altura de la chimenea sobre el aporte de los contaminantes a nivel del suelo para las 3 investigaciones, lo cual nos ayudó a validar nuestra hipótesis General y la hipótesis específica 2.

En nuestra investigación, se realizó la comparación de los resultados obtenidos de la corrida del software SCREEN View con los ECA Aire, para verificar si se cumple con la normativa nacional, además se elaboraron los mapas de las isolíneas de las concentraciones máximas a nivel de suelo para los contaminantes PM<sub>10</sub>, CO y NO<sub>2</sub>, determinándose que en ninguno de los casos se sobrepasan los ECA Aire. De igual forma, Mauricio y Murga (2015) elaboraron los mapas de isolíneas de las concentraciones máximas a nivel de suelo de los contaminantes CO, PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>, siendo este uno de sus objetivos planteados, y además hicieron la comparación de los resultados obtenidos del software SCREEN View con los ECA Aire, verificando, finalmente, que estos no sobrepasaron dichos estándares.

En la presente investigación, de las corridas realizadas para un diámetro constante y para la menor altura tomada de h=1.5 m, iniciando a la menor distancia de 6.86 m y terminando con la mayor de 45.82 m, se obtuvo que las concentraciones de PM<sub>10</sub> descendieron de 0.8840 µg/m<sup>3</sup> a 0.09903 µg/m<sup>3</sup> respectivamente; las de CO descendieron de 2.708 µg/m<sup>3</sup> a 0.3033 µg/m<sup>3</sup>, y en el caso del NO<sub>2</sub> descendieron de 12.58 µg/m<sup>3</sup> a 1.41 µg/m<sup>3</sup>; en donde a medida que el contaminante se alejaba de la fuente la concentración disminuía significativamente a nivel de suelo, también se visualizó la dispersión de contaminantes atmosféricos con mapas de isolíneas; al igual que en el caso de Alva (2019), que utilizó el mismo interfaz para estimar las concentraciones de las emisiones atmosféricas a distintas distancias discretas, que comparó con los ECA Aire de los mismos contaminantes PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y CO, haciendo uso del programa SCREEN View modelado a distancias de 0.5 y 1 km; resultado que la concentración de material particulado PM<sub>10</sub> descendió de 1.6 µg/m<sup>3</sup> a 0.6 µg/m<sup>3</sup>; para el CO monóxido de carbono descendió de 1034 µg/m<sup>3</sup> a 450 µg/m<sup>3</sup>; y para

el NO<sub>2</sub> descendió de 12 µg/m<sup>3</sup> a 4.5 µg/m<sup>3</sup> ; en donde se visualizó una relación inversamente proporcional, por lo tanto, a mayor distancia alejada de la fuente, la concentración decrece, debiéndose también a los fenómenos meteorológicos por acción del viento que actúa como medio dispersante de las emisiones atmosféricas.

En nuestra investigación se observó la pluma de dispersión gaussiana sobre terreno plano para una población urbana, y se aplicó la metodología EPA-AP42 para extraer el factor de emisión para la estimación de la tasa de emisión y con esto poder aplicarlo en el software SCREEN View como data de entrada, también se generó en la data de salida una gráfica de la pluma de dispersión gaussiana de distancia vs concentración por contaminante PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y CO , en donde se observan los valores del aporte de las concentraciones en ug/m<sup>3</sup> a diferentes distancias discretas que van de 10 m hasta los 500 m, y se evidenció que las concentraciones van disminuyendo a medida que se alejan del origen de la fuente de emisión, además se observó que el contaminante se va desplazando y diluyendo relativamente de forma decreciente, también se hizo un análisis de las concentraciones modeladas y la concentraciones medidas en el punto receptor de concentración de fondo o monitoreo de línea base, similar al caso de De La Cruz, Huamani y Morales (2022) donde se aplicó también la metodología EPA-AP42 para un terreno plano y zona urbana donde los resultados de las concentraciones van desde los 10 m hasta los 5000 m. Se observó que, en los resultados de las corridas, las concentraciones de COVs van disminuyendo a medida que se alejan del origen de la emisión, significando esto, una relación inversamente proporcional entre ambas variables tanto en la distancia como concentración, asimismo se hizo un análisis entre las concentraciones modeladas y las medidas.

### **6.3. Responsabilidad Ética**

La presente investigación **“INFLUENCIA DEL DISEÑO DE LOS DUCTOS DE ESCAPE Y ARQUITECTURA DEL TECHO SOBRE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EMITIDOS POR LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE EMERGENCIA DEL EDIFICIO TORRE DEL PARQUE, SAN ISIDRO-LIMA”**, se elaboró cumpliendo con las normas vigentes establecidas por la Universidad Nacional del Callao, siguiendo una estricta disciplina científica, asegurando la fiabilidad y validez de la información privada auténtica e información de datos públicos presentados, métodos empleados y las fuentes correspondientes, en cumplimiento de los principios éticos de investigación de la UNAC, RCU N° 210-2017-CU.

## VII.CONCLUSIONES

- Se determinó, de los cálculos realizados bajo los 5 escenarios planteados, en la cual se evaluó la variación de los niveles de aporte en función al diámetro, se verificó que el mayor nivel de aporte de contaminantes se obtuvo para el menor diámetro de 0.203 m, mientras que se obtuvo el menor nivel de aporte para el mayor diámetro considerado de 0.406 m. De los cálculos realizados se infiere que la relación entre el diámetro y el nivel de aporte es inversamente proporcional, por lo cual, a mayor diámetro, menor nivel de aporte del contaminante.
- Se determinó, de los cálculos realizados bajo los 5 escenarios planteados, en la cual se evaluó la variación de los niveles de aporte en función a la altura, se verificó que el mayor nivel de aporte de contaminantes se obtuvo para la menor altura de 1.5 m, mientras que se obtuvo el menor nivel de aporte para el mayor diámetro considerado de 4 m. De los cálculos realizados se infiere que la relación entre la altura y el nivel de aporte es inversamente proporcional, por lo cual, a mayor altura, menor nivel de aporte del contaminante.
- Para el presente caso se evaluó la presencia de obstáculos y/o infraestructuras (corona del muro cortina), y su influencia respecto al parámetro de diseño (altura) de los ductos de escape, mediante la relación de la distancia mínima de un obstáculo a la fuente de emisión de conformidad con lo señalado en el ítem 2.3.6, de lo cual se verificó que, bajo las condiciones existentes, si existe influencia de la corona del muro cortina según la altura real del ducto de escape.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Según el análisis de la influencia del diseño de los ductos de escape en los niveles de aporte al aplicar el modelo SCREEN View, se recomienda que los diseños contemplen el mayor diámetro posible según su "viabilidad económica", esto para mejorar la efectividad de la dispersión de los contaminantes cercanos a la fuente.
- Según el análisis de la influencia del diseño de los ductos de escape en los niveles de aporte al aplicar el modelo SCREEN View, se recomienda que los diseños contemplen una mayor altura con respecto a los obstáculos existentes en la zona cercanas a la fuente emisora, esto para mejorar la efectividad de la dispersión de los contaminantes cercanos a la fuente.
- Se recomienda que la fuente o chimenea se instale a una distancia mínima (mayor a 10 veces la altura de la fuente) de la corona del muro cortina (obstáculo), para evitar la influencia y mejorar la efectividad de la dispersión de las emisiones en el ambiente y con esto evitar que el aporte de los contaminantes se concentren cerca de la fuente y se proyecten al suelo, asimismo, otra alternativa o propuesta de solución a la mejora de la dispersión, sería que el diseño y construcción de la corona del muro cortina cumpla con la siguiente razón y proporción; que la altura mínima de la chimenea deberá ser de 2.5 veces la altura de la corona del muro cortina (obstáculo), según esta premisa, no habría influencia del obstáculo(muro cortina) sobre la fuente de emisión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVA, D. *Concentracion de material particulado, monoxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en la planta de producción de óxido de calcio Puylucana, Cajamarca 2018*. Cajamarca, Universidad Nacional de Cajamarca. 2018. Tesis de maestría.
- ARANGUEZ, E. et al. *Contaminantes Atmosféricos y su vigilancia*. 1999. 1999, Revista Española Salud Pública, págs. 123-132.
- ASENCIO, J. y VEGA, L. *Análisis de dispersión de contaminantes utilizando el modelo gaussiano en chimeneas*. Universidad Peruana Unión. Lima : s.n., 2020. Tesis.
- AVILÉS, D. y RIVERA , M. *Dispersión de contaminantes atmosféricos por fuentes fijas de combustión del Parque Industrial de la ciudad de Cuenca, mediante los software SCREEN view 3 y Disper 5.2*. Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador : s.n., 2018. Tesis.
- BUSTILLOS, A. *Simulación de la dispersión de contaminantes en el aire de la ciudad de ambato emitidos por fuentes fijas y por la actividad del volcán tungurahua, mediante la utilización de los softwares ambientales especializados disper versión 5.2 y SREEN view*. Ambato, Universidad Técnica de Ambato. 2011. Tesis de Título.
- CABRERA, J. *Aplicación de un modelo de dispersion atmosférica*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 2012. Tesis.
- CASELLES, D. *Modelación de dispersión de gases (o<sub>2</sub>, co<sub>2</sub>, h<sub>2</sub>o, ch<sub>4</sub>) y análisis al material particulado (PM<sub>10</sub>), en el relleno sanitario del parque tecnológico ambiental "las bateas" de aguachica, cesar mediante el uso de herramientas computarizadas*. Ocaña, Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña. 2012. Título de Grado.
- COSAPI S.A. 2017. Memoria descriptiva de arquitectura, proyecto Torre del Parque San Isidro. Lima, Perú : s.n., 2017.
- DE LA CRUZ, F. et al. *La dispersión atmosférica de contaminantes en una zona industrial de Cuba*. 2011. 2-3, La Habana: s.n., 2011, CENIC. Ciencias Químicas, Vol. 42, págs. 1-7.

- DE LA CRUZ, R. et al. *Estimación y dispersión de emisiones fugitivas por COVs en la estación de servicio de combustibles de Santa María de Huachipa, Lima – Perú 2021*. Lima, Universidad Peruana Unión. 2022. Tesis.
- DE NEVERS, N. *Ingeniería de control de la contaminación del aire*. [ed.] McGraw-Hill. 2000.
- D.S. N°003-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. Lima, Perú : s.n., 2017.
- EPA. s.f.. United States Environmental Protection Agency. [En línea] s.f. <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-Compilation-air-emissions-factors>.
- EPA- United States Environmental Protection Agency. 1996. [www.epa.gov](http://www.epa.gov). [En línea] Octubre de 1996. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/c03s03.pdf>.
- EPA, U.S. Environmental Protection Agency. 2020. EMC Promulgated Test Methods. [En línea] 2020. <https://www.epa.gov/emc/emc-promulgated-test-methods>.
- ESPERT , V. y LOPÉZ , P. *Dispersión de contaminantes en la atmósfera*. [ed.] Alfaomega. 2004. pág. 218.
- GARCÍA, J. y TUCTO, V. *Estimación y dispersión de emisiones fugitivas por COVs en la estación de servicio de combustibles de Santa María de Huachipa, Lima – Perú 2021*. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo : s.n., 2022. Tesis.
- GARNACHO, G et al. Efectos de la radicación solar y actualización en fotoprotección. *Anales de pediatría*. 2020, Vol. 92, págs. 377-378.
- IDEAM. s.f.. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. [En línea] Ministerio del Ambiente, s.f. <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/contaminacion-atmosferica#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica%20es%20la,encuentran%20expuestas%20a%20dicho%20ambiente..>
- INECC Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. s.f.. Sistema Nacional

- de Información de la calidad del aire SINAICA. [En línea] s.f.  
<https://sinaica.inecc.gob.mx/scica/>.
- INECC-SEMARNAT Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2013.  
Guía metodológica para la estimación de emisiones de fuentes fijas. 1  
2013. págs. 57-58.
- Ley N° 24031. 1984. Ley N° 24031. *Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI*. 1984.
- Ley N° 28611. 2005. Ley N° 28611. *Ley General del Ambiente*. 2005.
- MAURICIO, J. y MURGA, L. *Empleo de un modelo gaussiano para estimar las concentraciones máximas a nivel del suelo de CO,NO<sub>x</sub>,PM<sub>10</sub> Y SO<sub>2</sub> emitidas por las chimeneas de los calderos 17 y 20 de la empresa Cartavio S.A.A-2014*. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo : s.n., 2015. Tesis.
- METEOBLUE AG. Weather close to you. [En línea] 2006.  
<https://content.meteoblue.com/es/meteoscool/el-tiempo/temperatura>.
- MINAM. *Estudio de desempeño ambiental*. [En línea] 2015.  
<https://www.minam.gob.pe/esda/6-1-1-emisiones-de-contaminantes-atmosfericos/>.
- MINISTERIO del Ambiente de Chile. Guía metodológica para la estimación de emisiones provenientes de fuentes puntuales. [En línea] 2020.  
<https://retc.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/07/Guia-metodologica-para-la-estimacion-de-emisiones-provinientes-de-fuentes-puntuales.pdf>.
- MODASA – Motores Diesel Andinos S. A. Datos técnicos del grupo electrógeno MC-800s. [En línea] 2022. <https://modasa.com.pe/sistema-energia/grupos-electrogenos/19740/pdf/>.
- MODASA Diesel Andinos S.A. Procedimientos de ductos de escape. Lurin, Lima : s.n., 2017.
- MODELOS Ambientales. [En línea] 2017.  
<https://www.modelosambientales.com/>.
- MOTORES Diesel Andinos S.A. Memoria descriptiva para la instalación de dos grupos electrógenos. San Isidro, Lima : s.n., 2016.
- ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M., PALACIOS, J. y ROMERO, H. Metodología de la investigación. quinta edición. Bogotá: s.n., 2018.

[http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf).

Ordenanza N°530-MSI. Ordenanza de prevencion y control de calidad ambiental en el distrito de San Isidro. Diario Oficial El Peruano, Lima, Peru, 22 de noviembre 2020.

PARKER, A. *Contaminación del aire por la industria*. s.l. : Reverte, S.A., 1983.

PERCAN- Proyecto de Reforma del Sector de Recursos Minerales del Peru. 2007. Guia para la evaluacion de impactos en la calidad del aire por actividades minero metalurgicas. 2007. Vol. XXI.

PERDIZ, J. Modelado y simulación de la dispersión de contaminantes en la pluma de una chimenea por el método de dispersión gaussiano. Trujillo, Peru : s.n., 2016.

PUIGSERVER, M y CARRASCAL, M. *El medio atmosférico: meteorología y contaminación*. Barcelona : Publicaciones y ediciones de la universidad de Barcelona, 2008.

RODRÍGUEZ, D. et al. Métodos teóricos para calcular parámetros tecnológicos de emisión de contaminantes atmosféricos producidos por fuentes fijas. caso de estudio ciudad de Pinar del Río. 2011.

SAMPIERI, R. H. Metodología de la investigación (sexta edición ed.) 2014. México: McGraw Hill.

SÁNCHEZ, J. Caracterización de la exposición de la población a contaminantes procedentes de procesos de incineración. 2016.

SEA, Servicio de evaluación ambiental. Guía para la evaluación del riesgo para la salud de la población. segunda Santiago, Chile: s.n., 2023.

SECRETARÍA de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Mexico. Guía metodológica para estimación de emisiones en fuentes fijas. [En línea] 2013.  
[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/2F1AECB7E100DA9705257D4D005632DA/\\$FILE/Gu%C3%ADaMetodoI%C3%B3gicaParaEstimaci%C3%B3nDeEmisiones.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2F1AECB7E100DA9705257D4D005632DA/$FILE/Gu%C3%ADaMetodoI%C3%B3gicaParaEstimaci%C3%B3nDeEmisiones.pdf).

SENAMHI. Manual Técnico para la elaboración de documentos técnicos sobre modelamiento de dispersión de contaminantes atmosféricos. Lima, Perú :

- s.n., 2021. Vol. 01.
- TRICIO, V. Aplicación de modelos de dispersión atmosférica en la elaboración de planes de acción locales para mejorar la calidad del aire y estudios de impacto ambiental: estudio de caso. 2008.
- USGBC. U.S. Green Buildings Council. [En línea] 1993. <https://www.usgbc.org/leed>.
- VEGA, J. et al. Monitoreo de concentración de monóxidos de carbono usando tecnología Long-Range. 2017, INGENIUS, Revista de Ciencia y Tecnología, págs. 73-83.
- VERA, J. et al. Influencia que tienen las condiciones meteorológicas y los parámetros de diseño de chimeneas en la dispersión de contaminantes en el aire. Guayaquil, Ecuador : s.n., 2009.
- VIDAL, O y PEREZ, A. Estimación de la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por una industria papelera mediante el modelo aermod. Calí, Colombia : s.n., 2018. Vol. 23, págs. 31-47.
- VILLAR, G. *Estudio de modelos de dispersión y su aplicación al control industrial*. Universidad de Alcalá. 2017. Tesis.
- WARK, K y WARNER, C. *Contaminación de aire: origen y control*. s.l. : Limusa, 1992.
- YUPANQUI, N. *Efecto de las emisiones atmosféricas de metales pesados de SiderPerú en la calidad de aire del distrito de Coishco, región Ancash, 2008*. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo : s.n., 2008. Tesis doctoral.
- ZHOU, M et al.. Anthropogenic emission inventory of multiple air pollutants and their spatiotemporal variations in 2017 for the Shandong Province, China. 2021. Vol. 288.

## ANEXO 1: Matriz de Consistencia

### “INFLUENCIA DEL DISEÑO DE LOS DUCTOS DE ESCAPE Y ARQUITECTURA DEL TECHO SOBRE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EMITIDOS POR LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE EMERGENCIA DEL EDIFICIO TORRE DEL PARQUE, SAN ISIDRO-LIMA”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p><b>General</b></p> <p>¿En qué medida el diseño de los ductos de escape y arquitectura del techo influyen sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima?</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>a. ¿En qué medida el diámetro de los ductos de escape influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima?</p> <p>b. ¿En qué medida la altura de los ductos de escape influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima?</p> <p>c. ¿En qué medida la corona del muro cortina de la arquitectura del techo influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Determinar la influencia del diseño de los ductos de escape y arquitectura del techo sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>a. Establecer en qué medida el diámetro de los ductos de escape influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.</p> <p>b. Establecer en qué medida la altura de los ductos de escape influyen sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.</p> <p>c. Establecer en qué medida la corona del muro cortina de la arquitectura del techo influye sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.</p>	<p><b>General</b></p> <p>El diseño de los ductos de escape y arquitectura del techo influyen significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>a. El diámetro de los ductos de escape influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.</p> <p>b. La altura de los ductos de escape influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.</p> <p>c. La corona del muro cortina de la arquitectura del techo influye significativamente sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por los grupos electrógenos de emergencia del edificio Torre del Parque, San Isidro-Lima.</p>	<p><b>Independiente</b></p> <p>-Diseño de los ductos de escape (X1)</p> <p>-Diseño de Arquitectura del techo técnico (X2)</p> <p><b>Dependiente</b></p> <p>Dispersión de Contaminantes Atmosféricos (Y)</p> <p><b>Variable Mediadora o interviniente</b></p> <p>Medio Físico (Z)</p>	<p>--Geometría de los ductos de escape</p> <p>-Geometría de la arquitectura del techo técnico</p> <p>-Dispersión de contaminantes</p> <p>-Factores Meteorológicos</p>	<p>- Diámetro de los ductos</p> <p>-Altura de los ductos</p> <p>-Altura de la corona del muro cortina.</p> <p>-Concentración PM<sub>10</sub></p> <p>-Concentración CO</p> <p>-Concentración NO<sub>2</sub></p> <p>-Estabilidad Atmosférica</p> <p>-Velocidad del viento</p> <p>-Dirección del viento</p> <p>-Radiación Solar</p>	<p>-metros (m)</p> <p>-metros (m)</p> <p>-metros (m)</p> <p>-µg /m<sup>3</sup></p> <p>-µg /m<sup>3</sup></p> <p>-µg /m<sup>3</sup></p> <p>---</p> <p>-m/s</p> <p>-grados (0°a 360°)</p> <p>-</p>	<p>-Tipo: Aplicada.</p> <p>-Enfoque: Cuantitativo.</p> <p>-Nivel: Correlacional causal.</p> <p>-Diseño: No experimental.</p>	<p><b>Población:</b></p> <p>-La contaminación atmosférica emitidas desde el Techo técnico.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>-La muestra es no probabilística e intencional.</p>

## ANEXO 2: Instrumentos de recolección de datos Validados

Para la confiabilidad y validación de esta investigación se utilizaron fichas técnicas de los equipos certificados, acreditados según los estándares, normas técnicas y Organizaciones e Instituciones autorizadas.

### a. Ficha técnica del grupo electrógeno MC-800s (a)

#### Grupo Electrónico MC-800s



MODELO	POTENCIA		VOLTAJE	FRECUENCIA	FACTOR DE POTENCIA	AMPERAJE
	PRIME	STAND BY				
MC-800s	737.2/921.5	814.2/1017.7	380V	60Hz	0.8	1546 A



GRUPO ELECTRÓGENO INSONORO



GRUPO ELECTRÓGENO ABIERTO

#### Datos Técnicos

##### Grupo Electrónico

Modelo	MC-800s	
Motor	CUMMINS GSK23-G3	
Alternador	STAMFORD S6L1D-D41	
Módulo de control	Electrónico	
Fases	Trifásico	
Tanque combust. abierto/insonoro	327 Galones / 643 Galones	
Sistema Eléctrico	24V.	
Frecuencia	60Hz	50Hz
Radiador flujo aire	996 m <sup>3</sup> /min	810 m <sup>3</sup> /min
Combustión flujo aire	67.92 m <sup>3</sup> /min	53.28 m <sup>3</sup> /min
Gases de escape flujo	183.36 m <sup>3</sup> /min	147.78 m <sup>3</sup> /min
Temperatura gases escape	514°C	543°C

G.E. Insonoro dBA @ 7m	Nivel de ruido	Ruido ambiental
	85+3 (ref) dBA	50 dBA

Nivel de ruido referencial

##### Motor

Número de cilindros	6 en línea
Sistema de Gobernación	Electrónica
Ciclo	4 Tiempos
Aspiración	Turbocargador post. enfr.
Combustible	Diesel
Sist. Combustión	Inyección directa
Sist. Enfriamiento	Refrigerante
Diámetro pistón	170.0 mm
Desplazamiento pistón	170.0 mm
Capacidad	23100 cc
Relación compresión	16:1
Cap. Sist. Lubricación	103.0 litros
Cap. Sist. Refrigeración	110.0 litros

##### Consumo de Combustible

Velocidad del motor	1800 RPM l/hr	1500 RPM l/hr
Potencia Stand by (2)	212.0	178.0
Potencia Prime (1)	189.0	161.0
75% Potencia Prime (1)	139.0	121.0
50% Potencia Prime (1)	97.0	85.0

##### Alternador

Aislamiento	Clase "H"
Sistema de excitación	Separada
Tarjeta reguladora voltaje	MX321 ± 0.5%
Grado de Protección	IP 23

##### Normas Técnicas

Motor :	ISO 3046, BS 5514, DIN 6271
Alternador :	IEC EN 60034, BS 5000, IEC 34 VDE 0530, NEMA MG1-32 CSAC22,2-100, ASI 1359
Grupo Electrónico :	ISO 8528, ISO 9001:2015

(1) Potencia Prime: Potencia disponible con carga variable durante un número limitado de horas al año (ISO8528-1). Acepta sobrecargas de 10% más de la potencia por una hora cada 12 horas. (2) Potencia Stand By: Potencia disponible con carga variable para el caso en que la red comercial falle. No acepta sobrecargas (ISO8528-3); tiene un límite de uso de 500 horas anuales o 300 horas continuas.

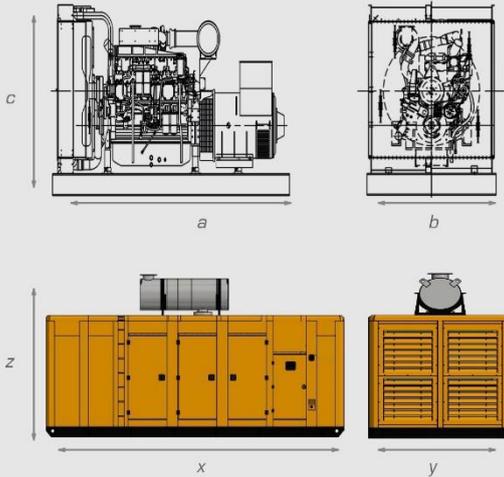


## b. Ficha técnica de grupo electrógeno MC-800s (b)

### Dimensiones

Dimensiones y Pesos	a	b	c	Peso	Ø Esc.
	4300 mm	1811 mm	2300 mm	7010 Kg	6"
	x	y	z	Peso	Ø Esc.
6010 mm	2190 mm	3395 mm	9010 Kg	8"	

\*Medidas referenciales, para mayor detalle solicitar esquema dimensional para el modelo en específico



### Opcionales

- Silenciador Residencial (incluido en GE insonoro)
- Calentador de refrigerante
- Resistencia deshumedecedora del alternador.
- Tablero de transferencia automática.
- Diversos voltajes.
- Potenciómetro remoto de velocidad o voltaje.
- Medidor eléctrico de nivel de combustible

### Tablero de Control



Equipado con módulo de control digital electrónico de última generación, permite el arranque, control, protección y parada del grupo electrógeno en los modos manual y automático. Realiza transferencia automática.

Mediciones con caracteres alfa numéricos a visualizar en la pantalla digital:

- Corriente de las tres fases L1, L2, L3.
- Voltaje de las tres fases L - L y L - N.
- Demanda de energía KWh, KVAh, KVArh.
- Energía Activa KVAh.
- Factor de potencia.
- Frecuencia.
- Horas de operación.
- Memoria de los 250 últimos eventos, descripción, fecha y hora.
- Potencia Activa KW.
- Potencia Reactiva KVA.
- Presión de aceite.
- Secuencia de fases del generador.
- Temperatura de refrigerante.
- Velocidad de giro.
- Voltaje de batería.

### Protecciones:

- Alarma por mantenimiento activado configurado.
- Alta temperatura del motor.
- Baja/Alta frecuencia
- Baja presión de aceite.
- Bajo/Alto voltaje de batería.
- Bajo/Alto voltaje del generador.
- Diagnóstico CAN.
- Falla a tierra.
- Falla de arranque.
- Falla de paro.
- Falla de secuencia negativa de fase.
- Falla de simetría.
- Falla por sobre corriente.
- Falla por sobrecarga.
- Parada de emergencia.
- Pérdida de señal de velocidad por desconexión del pickup.

M: Modasa / C: Motor CUMMINS / 800: Potencia referencial del G.E. / G: 50 Hz 1500 RPM / I: Insonoro / M: Monofásico / E: EPA Tier

\* Nota: Imágenes referenciales, las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

Ventas Nacionales: (+51-1) 615-8500 ANEXO 204  
 Ventas Exportación: ES (+51-1) 615-8500 ANEXO 283  
 Oficina: Av. Los Frutales 329 - Ate  
 Planta: Ant. Panamericana Sur Km 38.2 - Lurin  
 www.modasa.com.pe  
 Set - 2022

**modasa**

**c. Certificado de calibración de los instrumentos utilizados en el monitoreo de la calidad de aire (concentración de fondo).**

**AGROMATIC S.A.**  
Herramientas meteorológicas, repuestos y Soporte Técnico

Página 1 de 2

**CERTIFICADO DE CALIBRACION NRO.0017-17**

**Cliente :** ENVIRONMENTAL GROUP TECHNOLOGY S.R.L.  
**Equipo :** Estación meteorológica marca "DAVIS" modelo "Vantage Pro2"  
Numero serie: A0141027012  
**Lugar :** Instalaciones AGROMATIC  
**Fecha :** 17 de Febrero del 2017

AGROMATIC S.A. con domicilio en Jr. Camaná 780 Of. 602 Lima-01, declara que en la fecha y lugar indicados, se ha efectuado calibración al equipo señalado, de conformidad a los estándares de calidad sugeridos por DAVIS INSTRUMENT, y con la respectiva trazabilidad a NIST (Nacional Institute of Standards and Technology - USA)

**METODO DE DETERMINACION DE ERROR Y PATRON UTILIZADO**  
La determinación del error se realizó por comparación de lecturas, para lo cual se utilizó nuestra ESTACION PATRON Marca "DAVIS" modelo "VANTAGE PRO2" con trazabilidad a patrones NIST y fecha de vencimiento de calibración 17 de Septiembre del 2017.

**CERTIFICADOS DE CALIBRACION:**

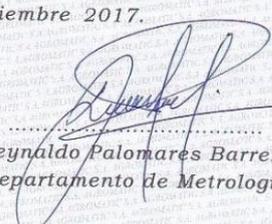
- 150917N10 / Ref: Vaisala HMP-233
- 150917N11 / Ref: CAVRO XLP6000 Pump
- 150917N12 / Ref: Alnor Hot Wire CF8570
- AP150806107 / Ref: Vaisala PTB220

**RESULTADOS:**

Sensor	Error	Incertidumbre	Precisión estipulada
Temperatura	+0.07 °C	0.17	± 0.5°C
Humedad Relativa	+0.22% HR	0.63	± 3%
Velocidad de viento	-2.02%	0.76	± 5%
Barómetro	+0.12hPa	0.58	± 1hPa
Pluviómetro	-0.38 %	0.62	± 4%

**CONCLUSIONES:**

1. Todos los sensores involucrados se encuentran funcionando dentro del margen de error estipulado por el fabricante. La incertidumbre de la calibración ha sido determinada con un factor de cobertura K=2 para un nivel de confianza de 95%.
2. Para la calibración, se efectuó ajuste al sensor de Humedad Relativa en -4%HR
3. El proceso de verificación y calibración del pluviómetro fue hídrico-cuantitativo en 0.2mm
4. Se recomienda próxima calibración el 17 de Septiembre 2017.

  
Reynaldo Palomares Barrera  
Departamento de Metrología

Jr. Camaná 780 Of. 602 Lima-01 / Tlf: 01-4314936, 01-6371261 / Cel: 996393048, rpm: \*297262, nxl: 828\*4962, rpe: 986604756  
RUC: 20505277601 / E-mail: agromatic@agromatic.com.pe / agromatic.pe@gmail.com // www.agromatic.com.pe

## d. Certificado de validación de muestreo de partículas

  
ENVIRONMENTAL GROUP TECHNOLOGY

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**  
**N° EGT29092017**

---

**Ciente** : ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

---

**Instrumento** : Muestreador de partículas      **Especificación del Instrumento**  
**Marca** : BGI      Flujo: 16.7 l/min  
**Modelo** : PQ-200      Operación con cabezales PM10 y PM2.5  
**Serie** : 144  
**Código Interno** : EM-OPE-228  
**Condición** : Usado

---

**Lugar de Calibración** : Envirogroup  
**Fecha de Calibración** : 29 de Setiembre del 2017  
**Próxima Calibración** : 29 de Setiembre del 2018

---

**Condiciones Ambientales**  
**Temperatura:** 24.8-25.9°C      **Humedad relativa:** 60-65%      **Presión:** 999-1006 mbar

---

**Procedimientos Utilizados**  
La calibración del flujo, Temperatura y Presión ambiental ha sido calibrada de acuerdo a sección 3 de manual de fabricante.

---

**Patrones Utilizados**

Descripción	Marca/Modelo	Serie o Lote	Vencimiento
Patrón Primario de rango bajo	ECS/FL 800	1233235	05/06/2018
Termohigrómetro	Control Company	150451968	20/01/2019
Barómetro	Vantage Pro2	AM140204016	27/01/2018

---

**Resultados**

	Patron	Inicial	Final
<b>Flujo(lmp)</b>	16.71	16.69	16.7
<b>Temp (°C)</b>	25.5	26.2	26.4
<b>Pres(mmHg)</b>	758	758	757

---

**Observaciones**  
El instrumento de medición fue ajustado para alcanzar las tolerancias permitidas.  
Este instrumento se encuentra en óptimas condiciones.

**Realizado por:**   
Eduardo Miranda N.  
Jefe de Mantenimiento

 **Fecha:** 29/09/17

---

Calle las guabas 4125 - Urb. El Naranjal - Los Olivos  
Mail: [logistica@envirogrouptech.com](mailto:logistica@envirogrouptech.com) / web: [www.envirogrouptech.com](http://www.envirogrouptech.com) / Cel: RPC: 961768828

Este documento no puede ser reproducido ni alterado parcial o totalmente sin la aprobación escrita de Envirogroup

## e. Certificado de verificación de GPS



### VERIFICACION DE GPS

#### 1. PATRON DE COMPARACION:

Punto de Referencia del Instituto Geográfico del Perú

#### 2. UBICACIÓN:

Cruce de Las Palmas con Prolongación Mariscal Cáceres, distrito de Surco, Provincia de Lima, Departamento de Lima

PSAD 56		WGS 84		ALTURA ELIPSOIDAL	ELEVACION GEOIDAL	ZONA UTM	CODIGO del IGP
NORTE	ESTE	NORTE	ESTE				
8656882.816	281831.878	8656514.80	281607.285	97.241	74.168	18	CIC1

#### 3. EQUIPO A VERIFICAR

##### GPS

Marca : GARMIN  
Modelo : GPSmap62s  
Serie : 21F468718  
Código ALAB : EM-OPE-130

#### 4. CONDICIONES AMBIENTALES :

Temperatura : 25.0 °C  
Humedad Relativa : 61%  
Presión Atmosférica: 750mmHg

#### 5. MEDICIONES REGISTRADAS :

LECTURAS TOMADAS	PSAD56				WGS84			
	NORTE	ESTE	ALTITUD	HORA	NORTE	ESTE	ALTITUD	HORA
Lectura 1	8656881	281831	98	09:12	8656516	281611	97	10:27
Lectura 2	8656883	281832	99	09:23	8656514	281606	98	10:34
Lectura 3	8656884	281831	94	09:36	8656515	281601	95	11:06
Lectura 4	8656885	281832	96	09:48	8656517	281606	97	12:04
Lectura 5	8656885	281831	97	09:59	8656516	281609	96	12:23
Lectura 6	8656881	281835	96	10:12	8656515	281607	96	12:51
PROMEDIO	8656883	281832	96.7	.....	8656516	281607	96.5	.....



CALIBRACION DE GAS  
ANALIZADOR 42C - DIOXIDO DE NITROGENO (NO<sub>2</sub>)

Cliente	ANALYTICAL LABORATORY E.T.R.L.
Servicio	Calibración Analizador NO <sub>2</sub>
Código	01.0006.280317

CONFIGURACIÓN FINAL DEL ANALIZADOR

Marca del equipo	THERMO SCIENTIFIC
Contaminante	NO <sub>2</sub>
Modelo - N/S	42C S/N: 71255-368
Flujo de muestreo	1.0 lpm
Ubicación	ENVIROGROUP SRL

TAREA	SI	NO	OBSERVACIONES
Electricidad provista al analizador	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Toma de muestra de aire provista al analizador	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Salida de gases de analizador al exterior de caseta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conexión a Calibrador Aire cero y Span	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	La conexión se realizó a la entrada SAMPLE
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

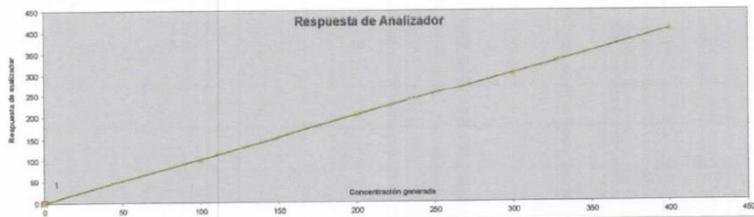
ESTADO DEL ANALIZADOR

Parámetro	Valor	Unidad	Estado	Componente	Estado
Rango	500 ppb	BKG NO	-	Flujo	-
Presión	-	BKG NOX	-	S/R RATIO	-
Flujo	-	Coef NO	-	ACG Intensitive	-
Flujo	-	Coef NOK	-	Bias Volt	-
T° Banch	-	BKG SO <sub>2</sub>	-	IR Volt	-
T° Lamp	-	BKG CS	-	Motor Volt	-
Intensidad Ref.	-	Coef SO <sub>2</sub>	-	Velocidad Motor	-
Intensidad Med.	-	Coef CS	-	T° Cámara	-
Foto Lamp	-	BKG CO	-	T° Cooler	-
BKG O <sub>3</sub>	-	Coef CO	-	T° Conv.	-
Coef O <sub>3</sub>	-	T° Interna	24 °C	Flujo Ozonador	-

DATOS GENERALES DE LA CALIBRACIÓN

Calibrador	Dilutor SABIO 4010	Fecha	28/03/2017
Serie	S/N:11151014	Realizada por	Eduardo Miranda Ibanal
Gas Patrón	Balón MultiGas		
N° Cilindro	CC45832		
Generador de aire cero	SABIO 1010		
Flujo Total	S/N:101141996		
	1.0 l/m		

Concentración de Generada	Respuesta de equipo Auditado	Dev. Error	Calibración de Equipo Auditado
NO <sub>2</sub>	0	0.4	0.40 ppb
NO <sub>2</sub>	100	162	2.00 %
NO <sub>2</sub>	200	265	2.50 %
NO <sub>2</sub>	300	303	1.00 %
NO <sub>2</sub>	400	406	1.50 %



OBSERVACIONES:

REVISADO POR: *Eduardo Miranda*  
Eduardo Miranda N.  
Jefe de Mantenimiento



Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3, Daniel Alcides Carrión, Bellavista-Callao  
Mail: [logistica@envirogrouptech.com](mailto:logistica@envirogrouptech.com) / web: [www.envirogrouptech.com](http://www.envirogrouptech.com) / Cel: RPC: 961768828

Este documento no puede ser reproducido ni alterado parcial o totalmente sin la aprobación escrita de Envirogroup



CALIBRACION DE GAS  
 ANALIZADOR 48C - MONOXIDO DE CARBONO (CO)

Cliente	ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.
Servicio	Calibración Analizador CO
Código	02.0006.270317

CONFIGURACION FINAL DEL ANALIZADOR

Marca del equipo	THERMO SCIENTIFIC
Contaminante	CO
Modelo - N/S	48C S/El: 29178-391
Flujo de muestreo	1.0 lpm
Ubicación	ENVIROGROUP SRL

TAREA	SI	NO	OBSERVACIONES
Electricidad provista al analizador	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Toma de muestra de aire provista al analizador	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Salida de gases de analizador al exterior de caseta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conexión a Calibrador Aire cero y Span	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	La conexión se realizó a la entrada SAMPLE
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

ESTADO DEL ANALIZADOR

Rango	10PPM	BKG NO	Flujo	PMT
Presión	-	BKG NOX	S/R RATIO	Int. Lampara
Flujo	-	Coef NO	ACG Intensitiva	Volt. Lampara
	-	Coef NOX	Ries Volt	Pres. Carrier
Tº Bench	-	BKG SO2	IR Volt	Pres. H2
Tº Lamp	-	BKG CS	Motor Volt	Pres. Aire
Intensidad Ref:	-	Coef SO2	Velocidad Motor	Tº Fil
Intensidad Med:	-	Coef CS	Tº Cámara	Tº Columna
Foto Lamp	-	BKG CO	Tº Cooler	Tº base
BKG O3	-	Coef CO	Tº Conv.	Tiempo Inject
Coef O3	-	Tº Interna	Flujo Ozonador	
			24 °C	

DATOS GENERALES DE LA CALIBRACION

Calibrador	Dilutor SABEO 4810	Fecha	27/03/2017
Serie	S/N:11151014	Realizada por	Eduardo Miranda Nahui
Gas Patrón	Balon Multiphas		
Nº Cilindro	CC48632		
Generador de aire cero	SABEO 1010		
Flujo Total	S/N:101141996		
	5.0 l/m		

Concentración de Generada	Respuesta de equipo Auditado	Dev. Error	Calibración de Equipo Auditado
CO 0	0.5	0.50%	
CO 2	2.01	0.50%	
CO 4	4.02	0.75%	
CO 6	6.05	0.83%	
CO 8	8.07	0.88%	



OBSERVACIONES:

REVISADO POR: *Eduardo Miranda Nahui*  
 Eduardo Miranda N.  
 Jefe de Mantenimiento

**SERVICIO TÉCNICO**  
**ENVIROGROUP**

Calle las guabas 4125 - Urb. El Naranjal - Los Olivos  
 Mail [logistica@envirogrouptech.com](mailto:logistica@envirogrouptech.com) / web: [www.envirogrouptech.com](http://www.envirogrouptech.com) / Cel: RPC: 961768828

Este documento no puede ser reproducido ni alterado parcial o totalmente sin la aprobación escrita de Envirogroup

## ANEXO 3: Base de datos

### i. Factores de emisión AP-42, Vol. I, 3.3: Gasoline And Diesel Industrial Engines

Tabla 3.3-1. FACTORES DE EMISIÓN PARA GASOLINA NO CONTROLADA Y MOTORES INDUSTRIALES DIESEL<sup>a</sup>

Contaminante	Combustible de gasolina (CEC 2-02-003-01, 2-03-003-01)		Combustible diesel (CEC 2-02-001-02, 2-03-001-01)		EMISIÓN FACTOR CLASIFICACIÓN
	Factor de emisión (lb/hp-hr) (Salida de potencia)	Factor de emisión (lb/MMBtu) (entrada de combustible)	Factor de emisión (lb/hp-hr) (Salida de potencia)	Factor de emisión (lb/MMBtu) (entrada de combustible)	
NO <sub>x</sub>	0.011	1.63	0.031	4.41	D
CO	6.96 E-03 <sup>d</sup>	0.99 <sup>d</sup>	6.68 E-03	0.95	D
SO <sub>x</sub>	5.91 E-04	0.084	2.05 E-03	0.29	D
PM-10 <sup>b</sup>	7.21 E-04	0.10	2.20 E-03	0.31	D
CO <sub>2</sub> <sup>c</sup>	1.08	154	1.15	164	B
aldehidos	4.85 E-04	0.07	4.63 E-04	0.07	D
TOC					
Escape	0.015	2.10	2.47 E-03	0.35	D
Evaporador	6.61 E-04	0.09	0.00	0.00	mi
Caja del cigüeñal	4.85E-03	0.69	4.41 E-05	0.01	mi
Repostaje	1.08 E-03	0.15	0.00	0.00	mi

<sup>a</sup> Referencias 2,5-6,9-14. Cuando sea necesario, un consumo medio de combustible específico del freno (BSFC) de

Se usaron 7,000 Btu/hp-hr para convertir lb/MMBtu a lb/hp-hr. Para convertir de lb/hp-hr a kg/kw hr, multiplique por 0,608. Para convertir de lb/MMBtu a ng/J, multiplique por 430. SCC = Fuente

<sup>b</sup> Código de Clasificación. TOC = compuestos orgánicos totales.

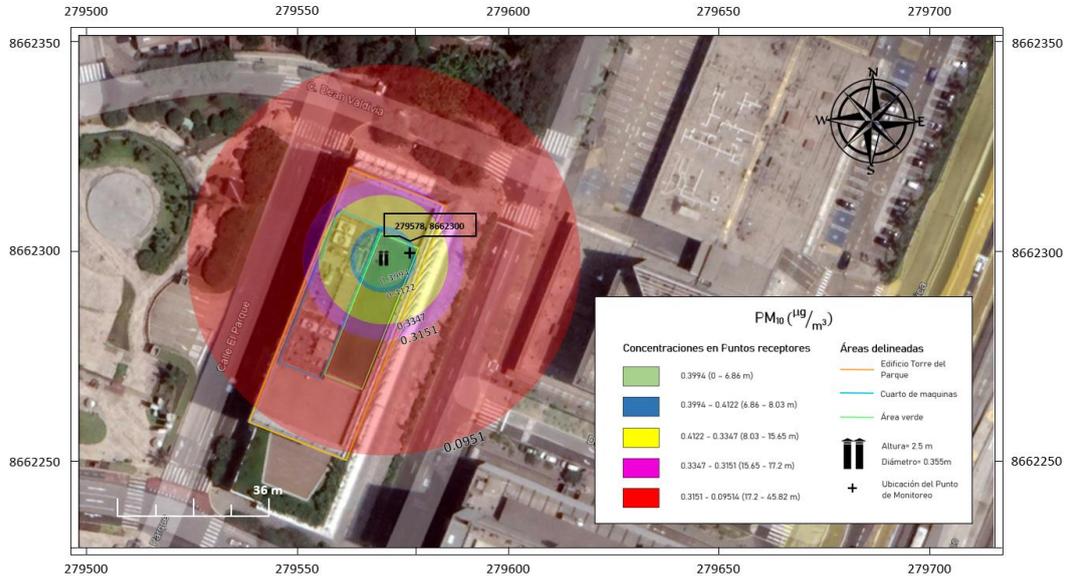
<sup>c</sup> PM-10 = material particulado menor o igual a 10 μm de diámetro aerodinámico. Se supone que todas las partículas tienen un tamaño de # 1 μm. <sup>c</sup> Supone una conversión del 99 % del carbono del combustible en CO<sub>2</sub> con un 87 % en peso de carbono en el diésel, un 86 % en peso de carbono en la gasolina, un BSFC promedio de 7000 Btu/hp-hr, un poder calorífico del diésel de 19 300 Btu/lb y

valor calorífico de la gasolina de 20,300 Btu/lb.

<sup>d</sup> En lugar de 0,439 lb/hp-hr (potencia de salida) y 62,7 lb/mmBtu (entrada de combustible), las emisiones correctas los valores de los factores son 6,96 E-03 lb/hp-hr (potencia de salida) y 0,99 lb/mmBtu (entrada de combustible), respectivamente. Esta es una corrección editorial. 24 de marzo de 2009

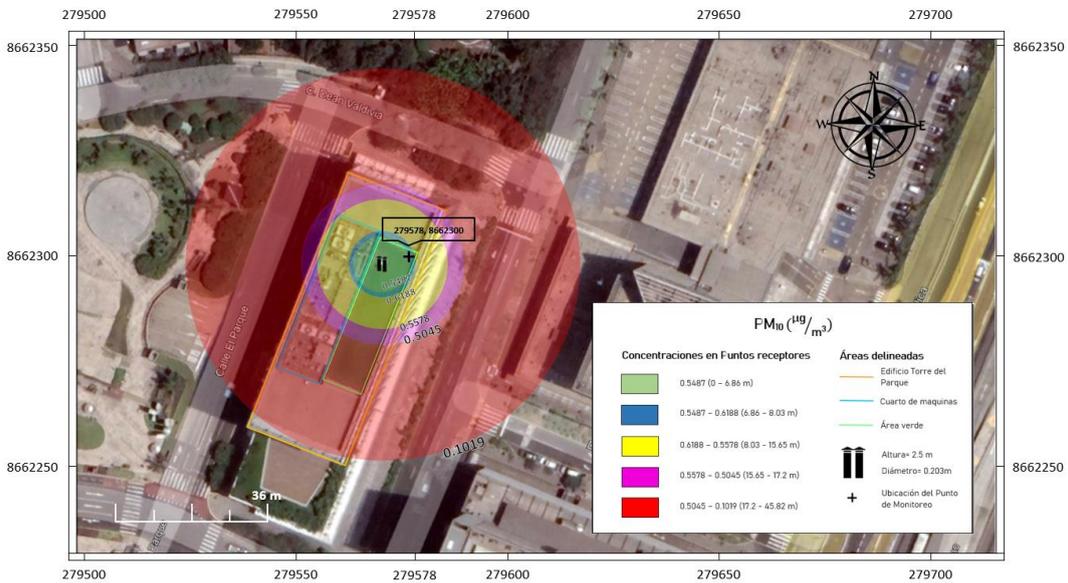
ii. Mapas de las isoconcentraciones para la operación de dos grupos electrógenos de dos fuentes fijas en vista Google Earth

Para  $PM_{10}$



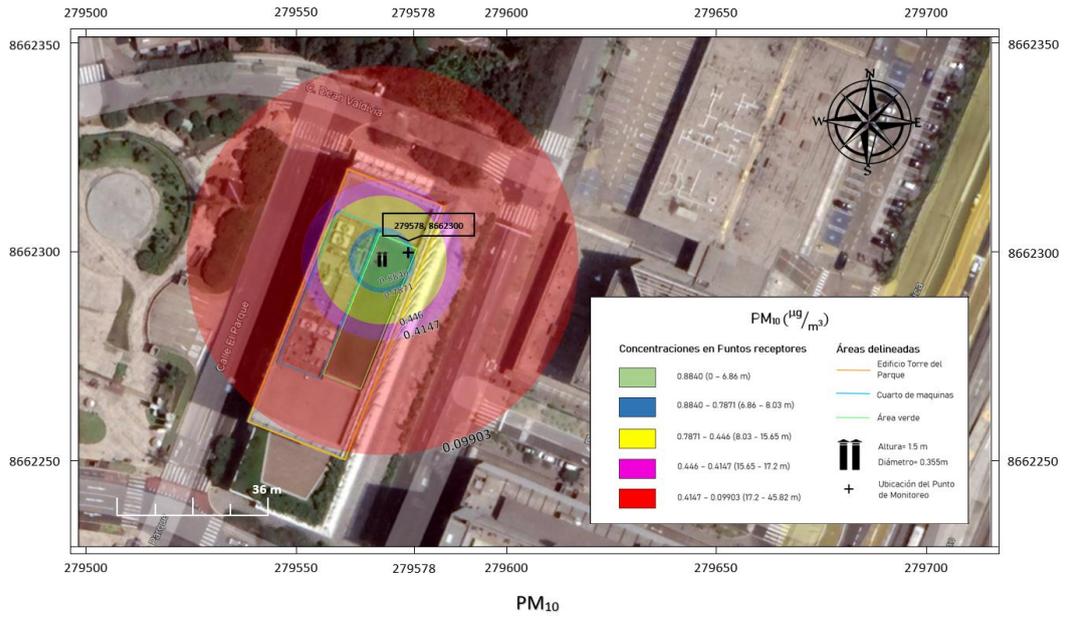
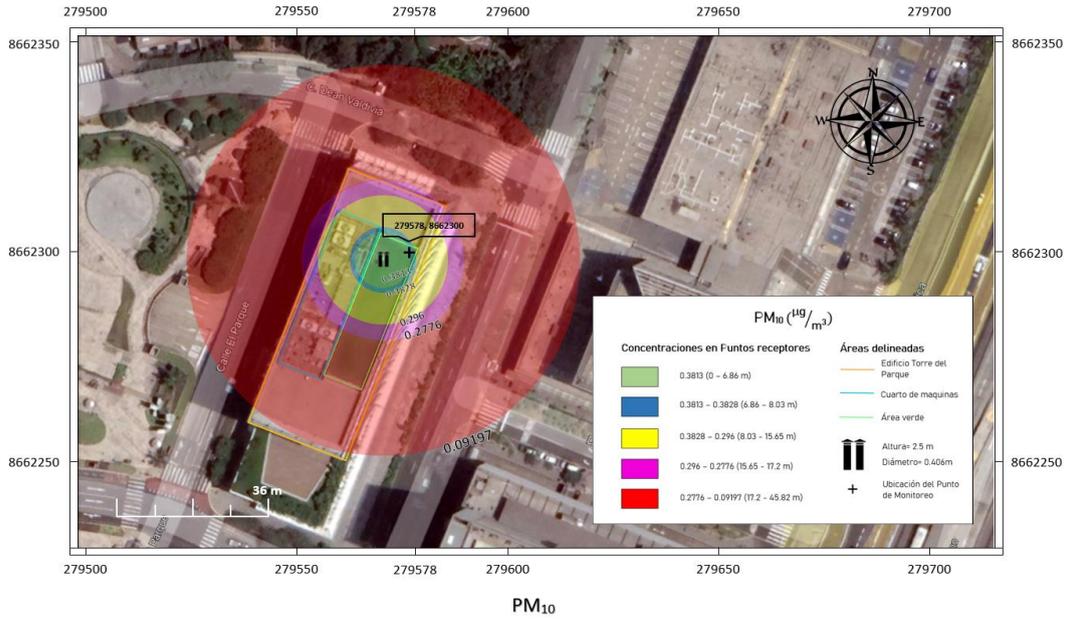
$PM_{10}$

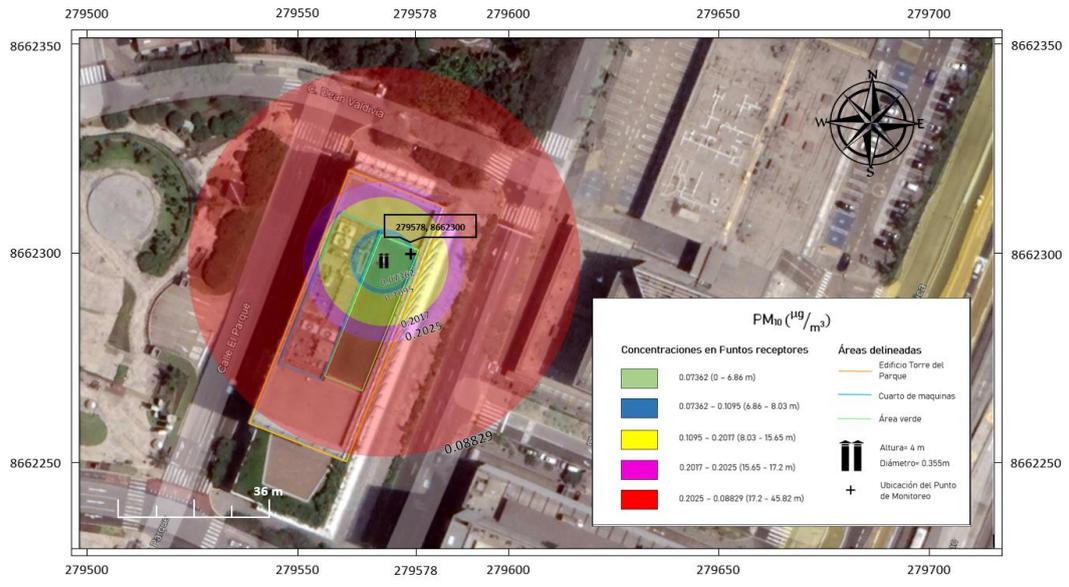
ALTURA: 2.5 m (cte.) y DIÁMETRO: 0.355 m (ORIGINAL)



$PM_{10}$

ALTURA: 2.5 m (cte.) y DIÁMETRO: 0.203 m

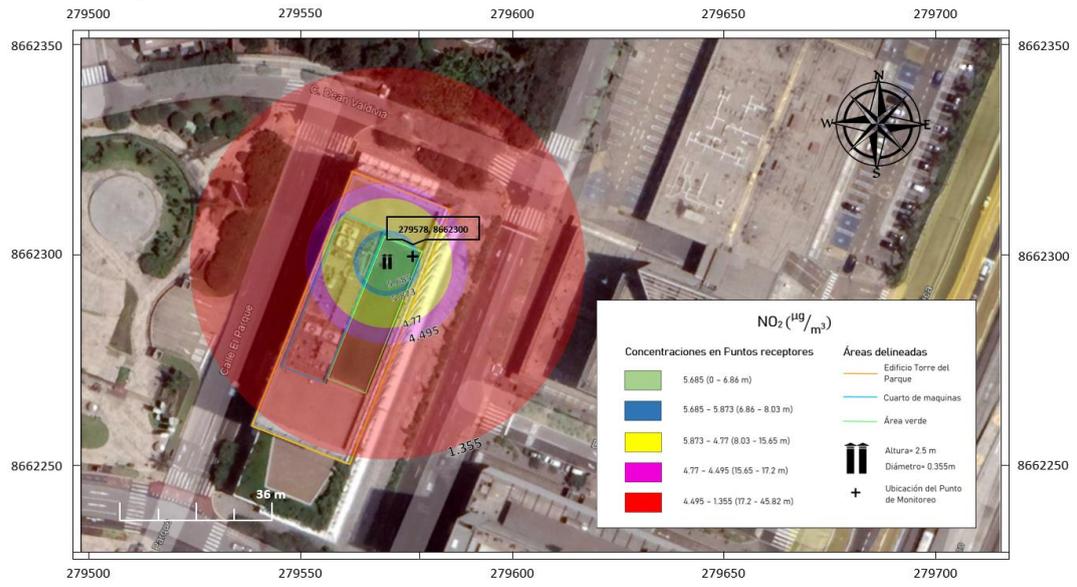




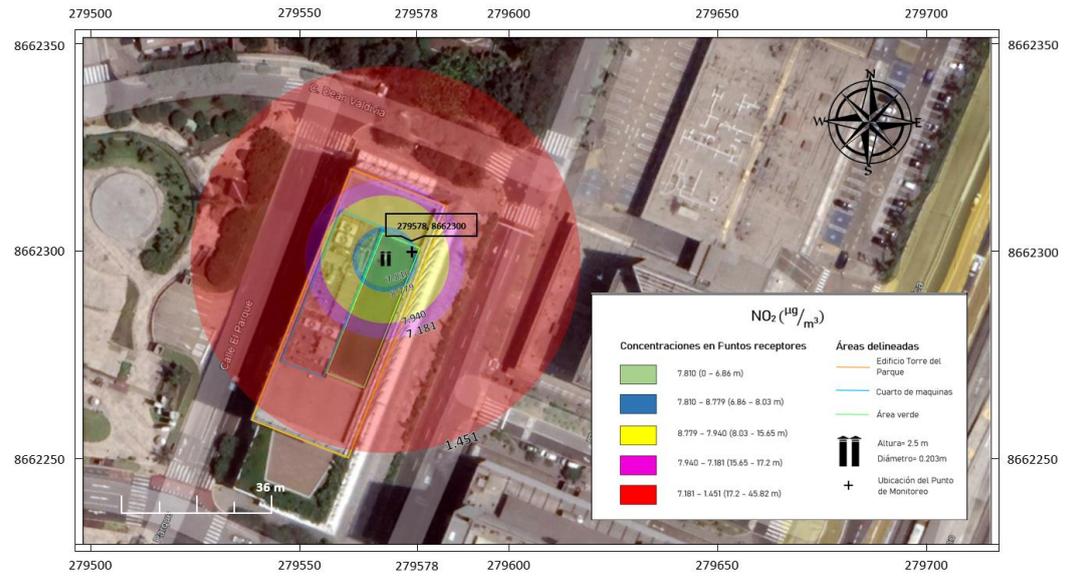
PM<sub>10</sub>

ALTURA: 4 m y DIÁMETRO: 0.355 m (cte.)

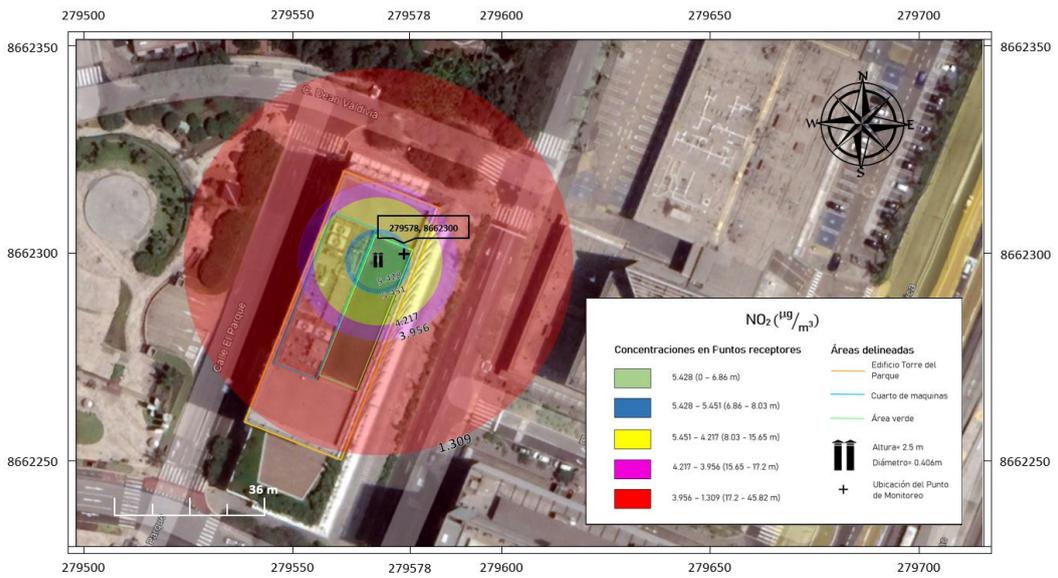
# Para NO<sub>2</sub>



NO<sub>2</sub>  
 ALTURA: 2.5 m (cte.) y DIÁMETRO: 0.355 m (ORIGINAL)

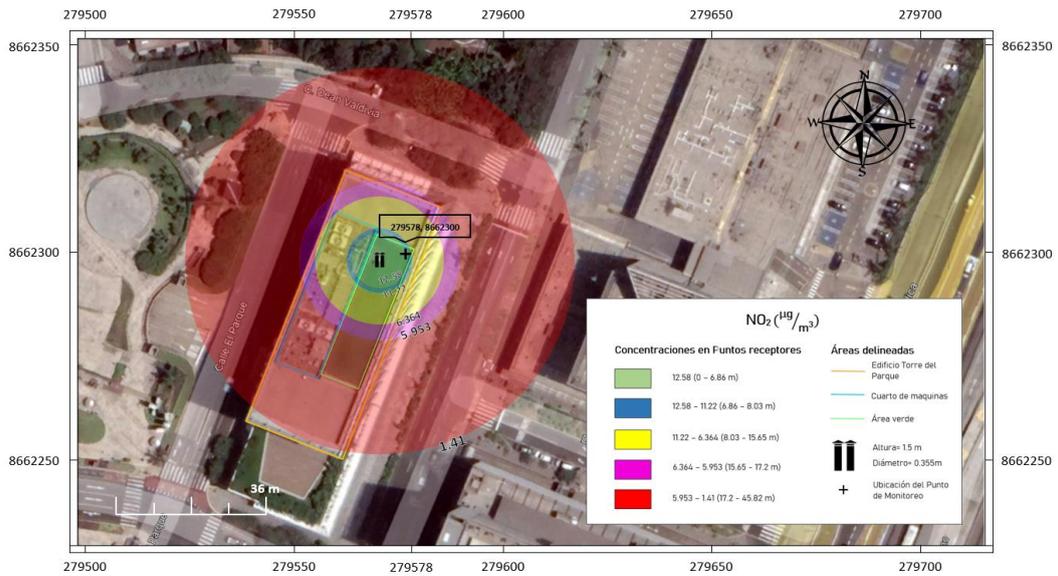


NO<sub>2</sub>  
 ALTURA: 2.5 m (cte.) y DIÁMETRO: 0.203 m



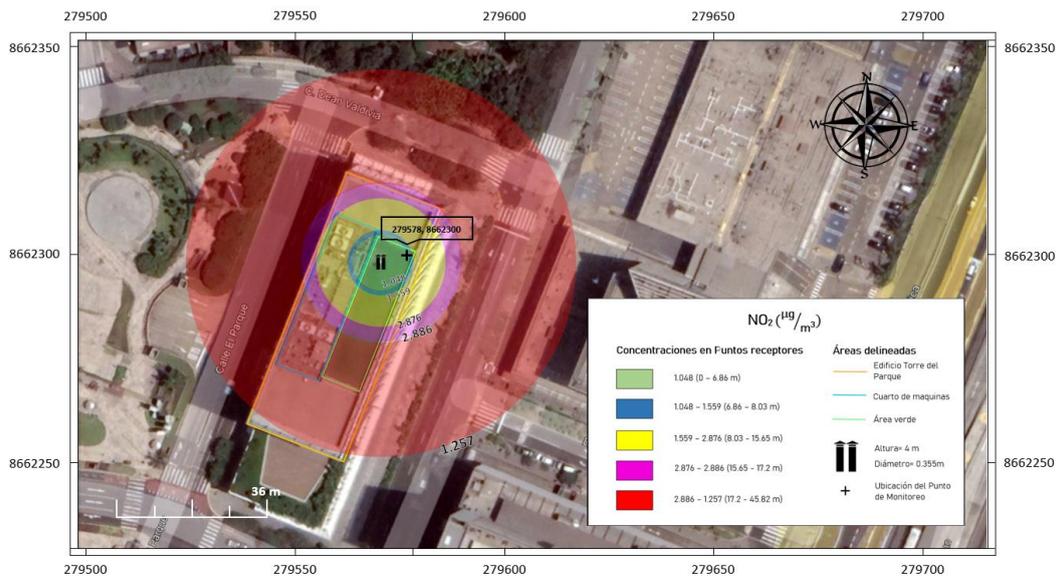
NO<sub>2</sub>

ALTURA: 2.5 m (cte.) y DIÁMETRO: 0.406 m



NO<sub>2</sub>

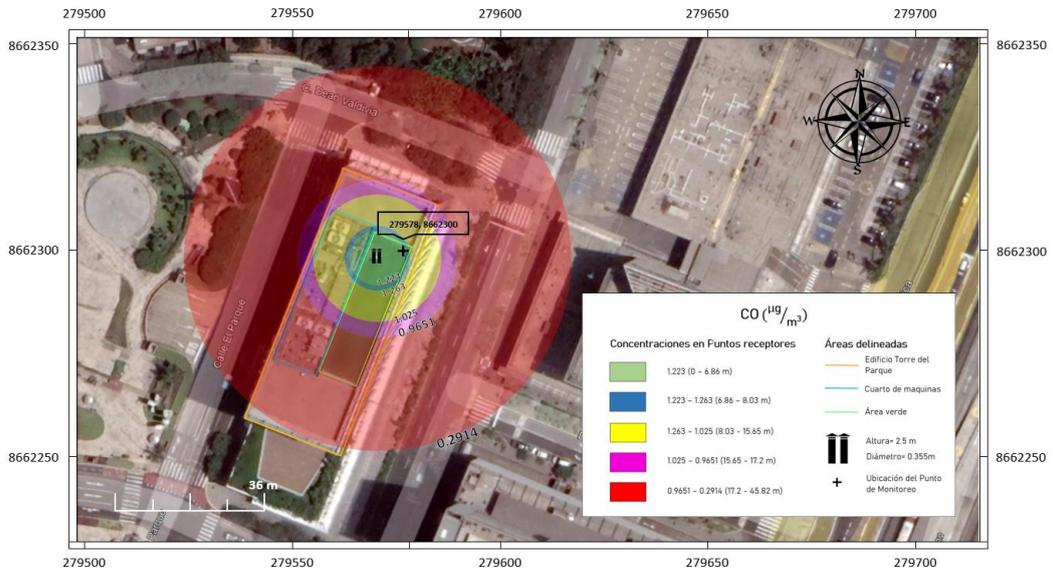
ALTURA: 1.5 m y DIÁMETRO: 0.355 m (cte.)



NO<sub>2</sub>

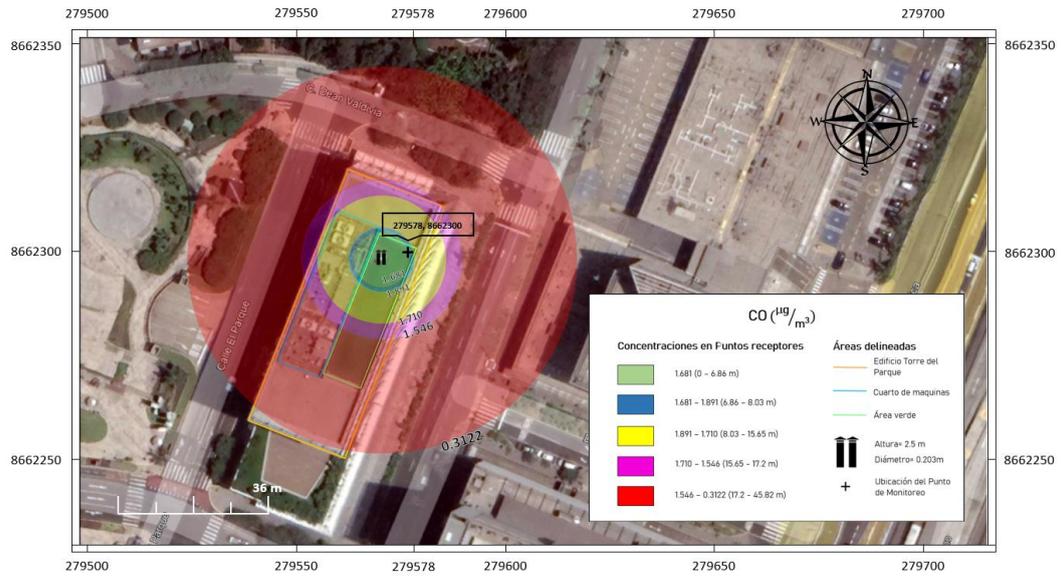
ALTURA: 4 m y DIÁMETRO: 0.355 m (cte.)

# Para CO



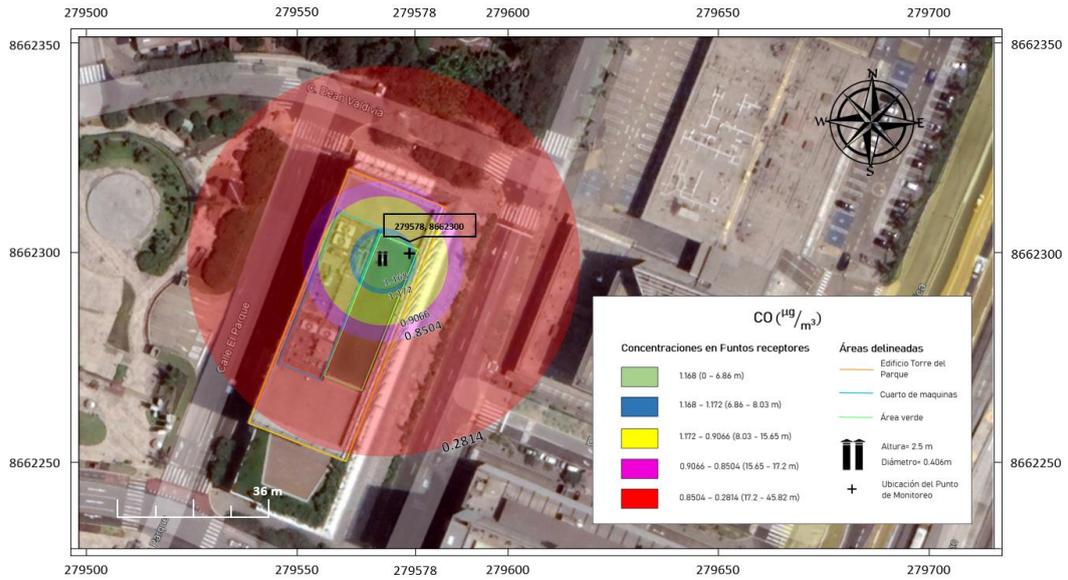
CO

ALTURA: 2.5 m (cte.) y DIÁMETRO: 0.355 m (ORIGINAL)

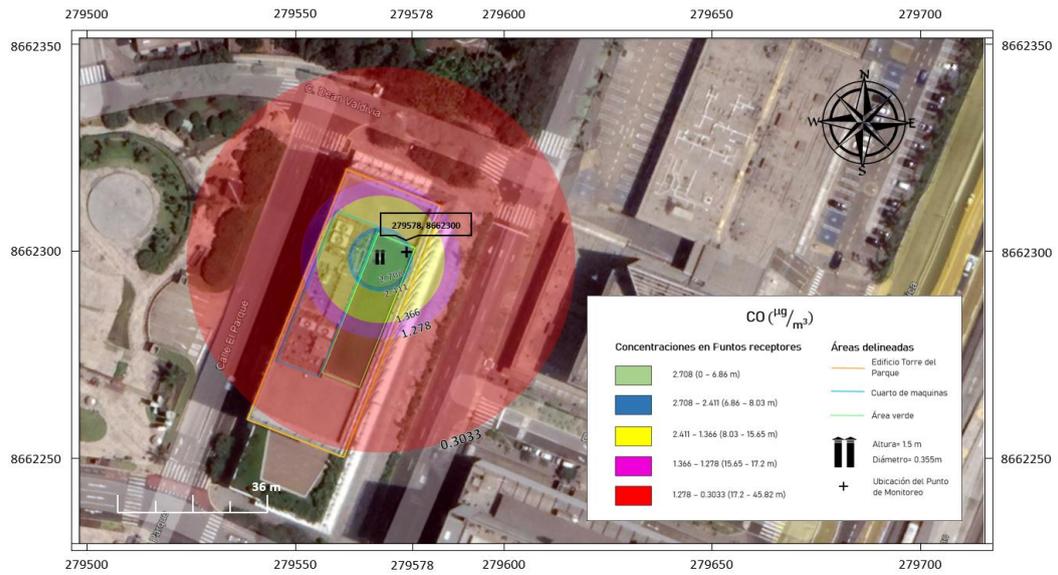


CO

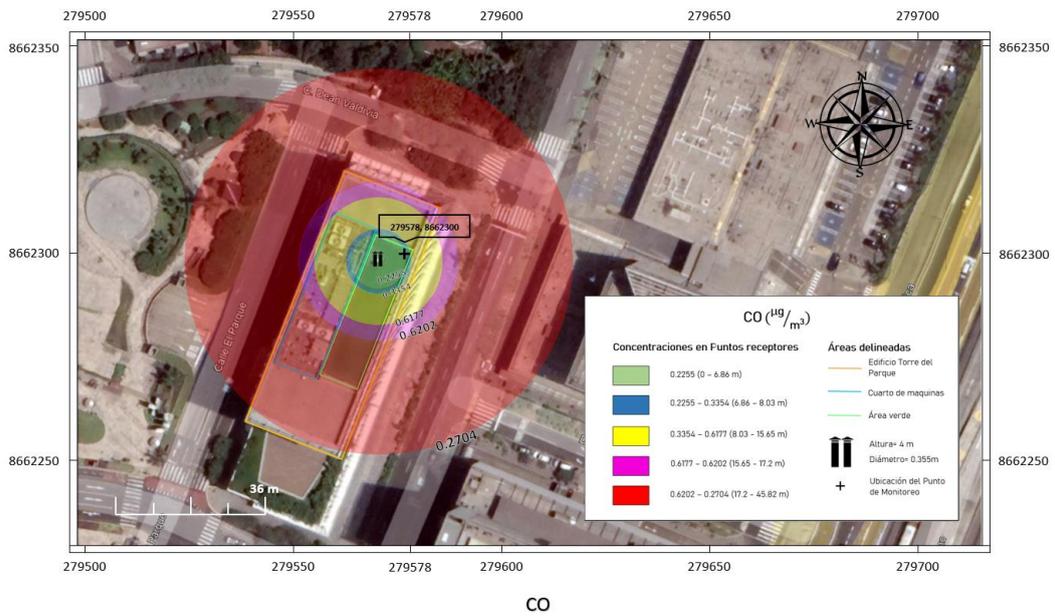
ALTURA: 2.5 m (cte.) y DIÁMETRO: 0.203 m



CO  
 ALTURA: 2.5 m (cte.) y DIÁMETRO: 0.406 m

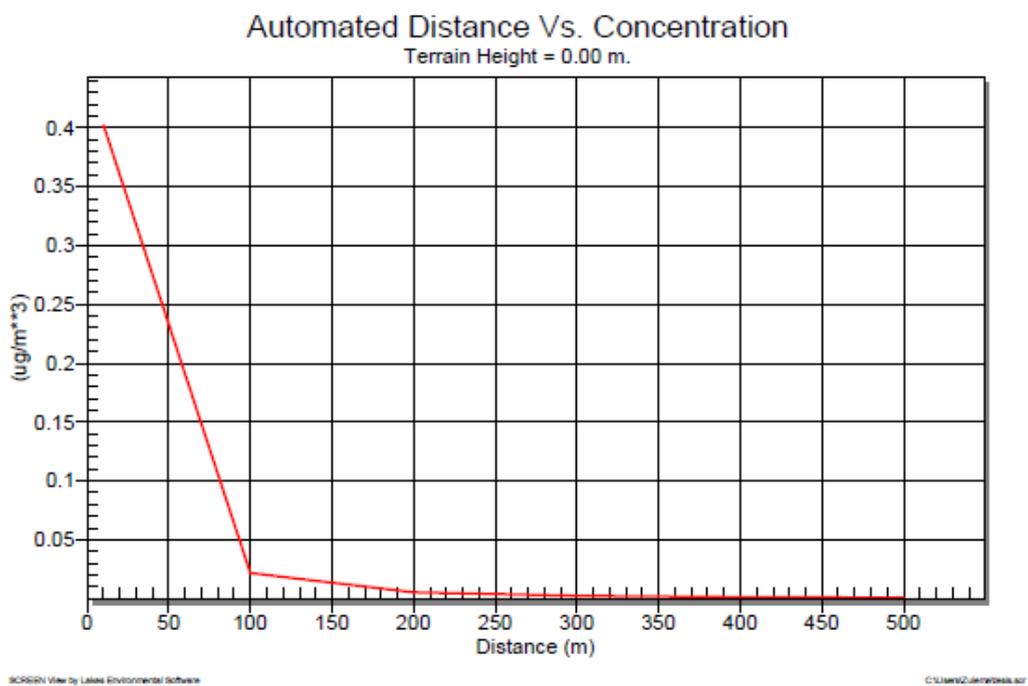


CO  
 ALTURA: 1.5 m y DIÁMETRO: 0.355 m (cte.)



### iii. Output file y gráficos de las concentraciones vs las distancias discretas

Para PM<sub>10</sub> con una altura y diámetro original



500. 0.8225E-03 2 1.0 1.0 320.0 5.59 146.06 146.97  
NO

MAXIMUM 1-HR CONCENTRATION AT OR BEYOND 10. M:  
10. 0.4025 2 2.5 2.5 800.0 3.10 3.21 2.44  
NO

DWASH= MEANS NO CALC MADE (CONC = 0.0)  
DWASH=NO MEANS NO BUILDING DOWNWASH USED  
DWASH=HS MEANS HUBER-SNYDER DOWNWASH USED  
DWASH=SS MEANS SCHULMAN-SCIRE DOWNWASH USED  
DWASH=NA MEANS DOWNWASH NOT APPLICABLE, X<3\*LB

\*\*\*\*\*  
\*\*\* SCREEN DISCRETE DISTANCES \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\*\* TERRAIN HEIGHT OF 0. M ABOVE STACK BASE USED FOR FOLLOWING  
DISTANCES \*\*\*

DWASH	DIST (M)	CONC (UG/M**3)	STAB	U10M (M/S)	USTK (M/S)	MIX HT (M)	PLUME HT (M)	SIGMA Y (M)	SIGMA Z (M)
NO	46.	0.9514E-01	2	1.0	1.0	320.0	5.59	14.56	11.28

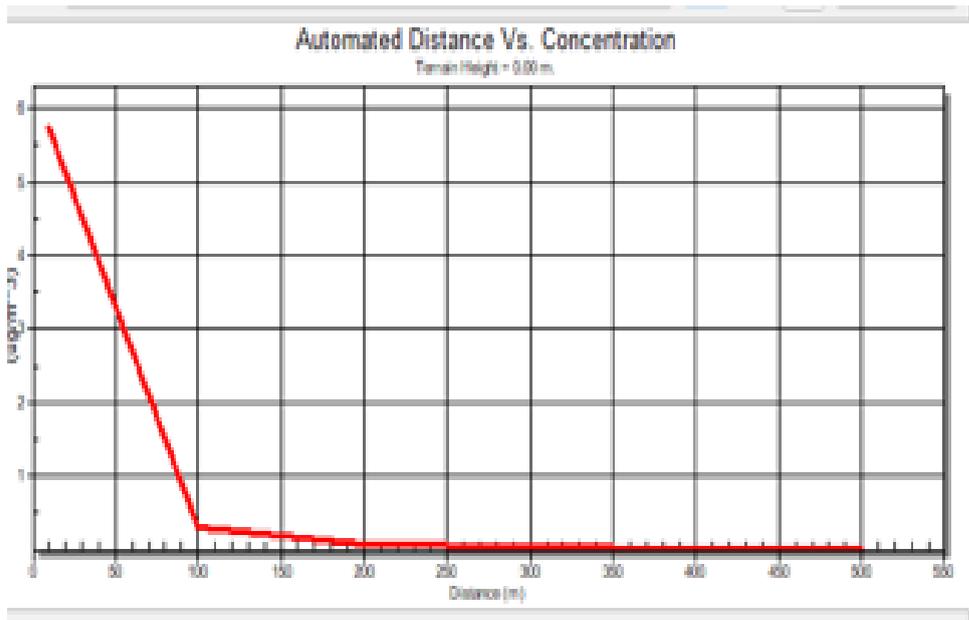
DWASH= MEANS NO CALC MADE (CONC = 0.0)  
DWASH=NO MEANS NO BUILDING DOWNWASH USED  
DWASH=HS MEANS HUBER-SNYDER DOWNWASH USED  
DWASH=SS MEANS SCHULMAN-SCIRE DOWNWASH USED  
DWASH=NA MEANS DOWNWASH NOT APPLICABLE, X<3\*LB

\*\*\*\*\*  
\*\*\* SUMMARY OF SCREEN MODEL RESULTS \*\*\*  
\*\*\*\*\*

CALCULATION PROCEDURE	MAX CONC (UG/M**3)	DIST TO MAX (M)	TERRAIN HT (M)
SIMPLE TERRAIN	0.4025	10.	0.

\*\*\*\*\*  
\*\* REMEMBER TO INCLUDE BACKGROUND CONCENTRATIONS \*\*  
\*\*\*\*\*

### Para el NO<sub>2</sub> para una altura y diámetro original



10/11/22  
 20:18:46  
 \*\*\* SCREEN3 MODEL RUN \*\*\*  
 \*\*\* VERSION DATED 13043 \*\*\*

C:\Users\Zulema\tesis.scr

SIMPLE TERRAIN INPUTS:  
 SOURCE TYPE = POINT  
 EMISSION RATE (G/S) = 0.790000E-03  
 STACK HEIGHT (M) = 2.5000  
 STK INSIDE DIAM (M) = 0.3550  
 STK EXIT VELOCITY (M/S) = 1.5000  
 STK GAS EXIT TEMP (K) = 350.0000  
 AMBIENT AIR TEMP (K) = 293.0000  
 RECEPTOR HEIGHT (M) = 0.0000  
 URBAN/RURAL OPTION = URBAN  
 BUILDING HEIGHT (M) = 0.0000  
 MIN HORIZ BLDG DIM (M) = 0.0000  
 MAX HORIZ BLDG DIM (M) = 0.0000

THE REGULATORY (DEFAULT) MIXING HEIGHT OPTION WAS SELECTED.  
 THE REGULATORY (DEFAULT) ANEMOMETER HEIGHT OF 10.0 METERS WAS ENTERED.

BOUY. FLUX = 0.075 M\*\*4/S\*\*3; MOM. FLUX = 0.059 M\*\*4/S\*\*2.

\*\*\* STABILITY CLASS 2 ONLY \*\*\*

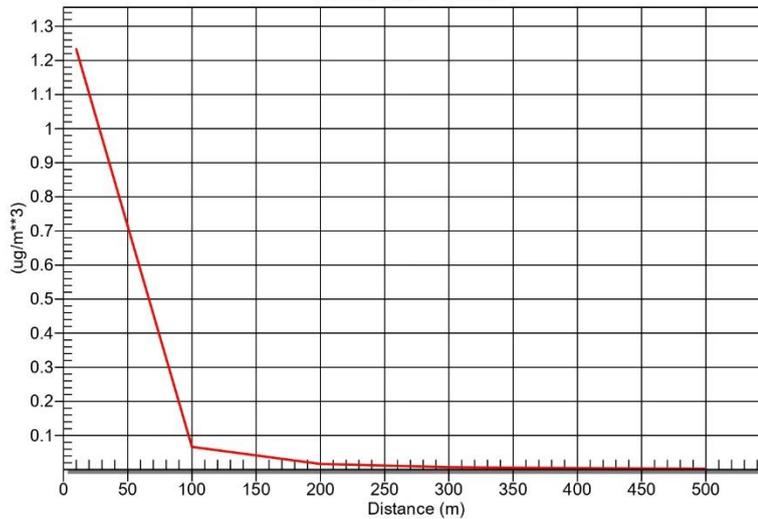
\*\*\*\*\*  
 \*\*\* SCREEN AUTOMATED DISTANCES \*\*\*  
 \*\*\*\*\*

\*\*\* TERRAIN HEIGHT OF 0. M ABOVE STACK BASE USED FOR FOLLOWING DISTANCES \*\*\*

	DIST (M)	CONC (UG/M**3)	STAB	U10M (M/S)	USTK (M/S)	MIX HT (M)	PLUME HT (M)	SIGMA Y (M)	SIGMA Z (M)
DWASH									
	10.	5.736	2	2.5	2.5	800.0	3.10	3.21	2.44
NO	100.	0.3103	2	1.0	1.0	320.0	5.59	31.39	25.19
NO	200.	0.7720E-01	2	1.0	1.0	320.0	5.59	61.59	52.59
NO	300.	0.3369E-01	2	1.0	1.0	320.0	5.59	90.72	82.10
NO	400.	0.1860E-01	2	1.0	1.0	320.0	5.59	118.85	113.59
NO									

## Para CO para una altura y diámetro original

Automated Distance Vs. Concentration  
 Terrain Height = 0.00 m.



10/12/22

18:32:11

\*\*\* SCREEN3 MODEL RUN \*\*\*  
\*\*\* VERSION DATED 13043 \*\*\*

C:\Users\Zulema\tesis.scr

SIMPLE TERRAIN INPUTS:  
SOURCE TYPE = POINT  
EMISSION RATE (G/S) = 0.170000E-03  
STACK HEIGHT (M) = 2.5000  
STK INSIDE DIAM (M) = 0.3556  
STK EXIT VELOCITY (M/S) = 1.5000  
STK GAS EXIT TEMP (K) = 350.0000  
AMBIENT AIR TEMP (K) = 293.0000  
RECEPTOR HEIGHT (M) = 0.0000  
URBAN/RURAL OPTION = URBAN  
BUILDING HEIGHT (M) = 0.0000  
MIN HORIZ BLDG DIM (M) = 0.0000  
MAX HORIZ BLDG DIM (M) = 0.0000

THE REGULATORY (DEFAULT) MIXING HEIGHT OPTION WAS SELECTED.  
THE REGULATORY (DEFAULT) ANEMOMETER HEIGHT OF 10.0 METERS WAS ENTERED.

BUOY. FLUX = 0.076 M\*\*4/S\*\*3; MOM. FLUX = 0.060 M\*\*4/S\*\*2.

\*\*\* STABILITY CLASS 2 ONLY \*\*\*

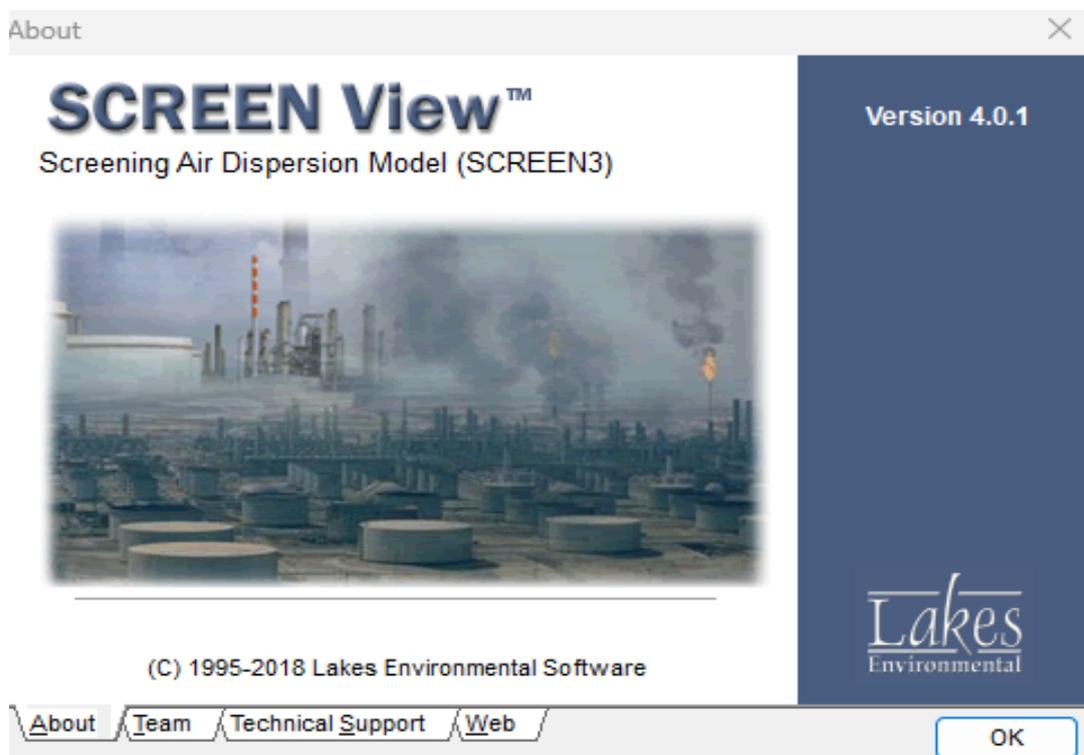
\*\*\*\*\*  
\*\*\* SCREEN AUTOMATED DISTANCES \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\*\* TERRAIN HEIGHT OF 0. M ABOVE STACK BASE USED FOR FOLLOWING  
DISTANCES \*\*\*

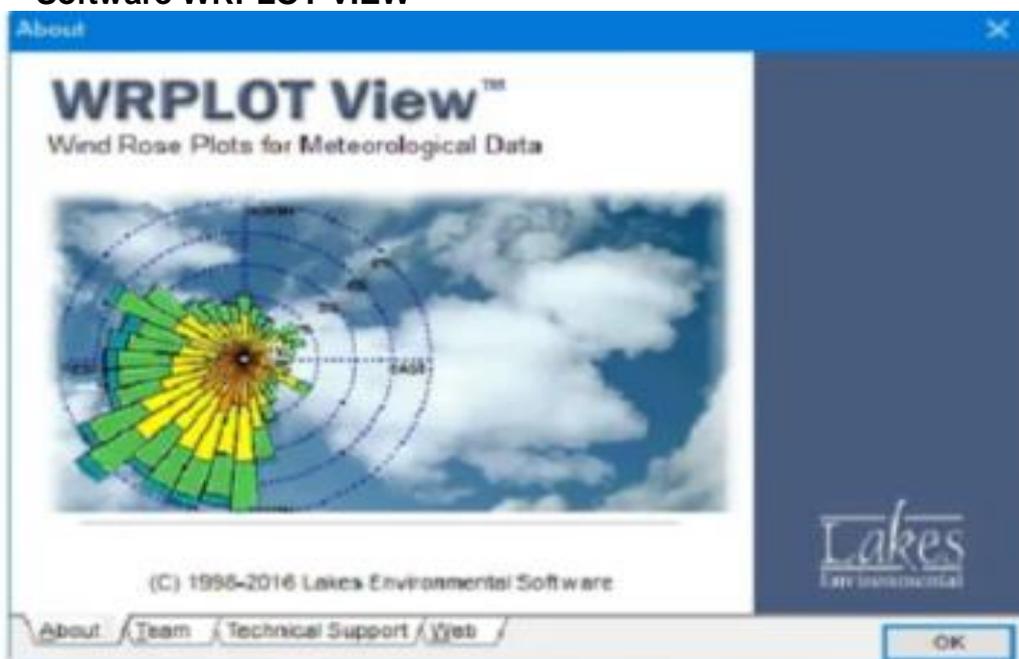
DIST (M)	CONC (UG/M**3)	STAB	U10M (M/S)	USTK (M/S)	MIX HT (M)	PLUME HT (M)	SIGMA Y (M)	SIGMA Z (M)
10.	1.233	2	2.5	2.5	800.0	3.10	3.21	2.44
NO								
100.	0.6677E-01	2	1.0	1.0	320.0	5.59	31.39	25.19
NO								
200.	0.1661E-01	2	1.0	1.0	320.0	5.59	61.59	52.59
NO								
300.	0.7249E-02	2	1.0	1.0	320.0	5.59	90.72	82.10
NO								
400.	0.4003E-02	2	1.0	1.0	320.0	5.59	118.85	113.59
NO								

## OTROS ANEXOS

### - Software SCREEN View



### - Software WRPLOT VIEW



- GOOGLE EARTH



- AUTOCAD 2020

