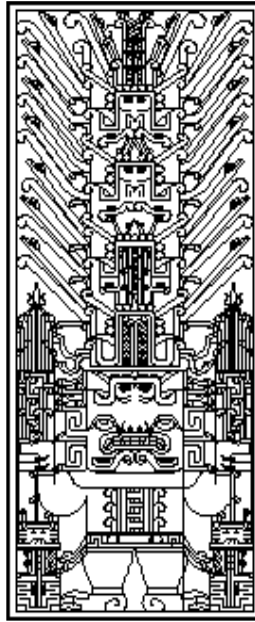


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y
ECOTURISMO
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



“Eficacia del modelo *CALINE4* en la evaluación de la dispersión de Monóxido de Carbono: parque automotor, distrito de Santa Anita”

Presentado por:

Bach. Baldarrago Sulla, Juan Paulo

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Lima-Perú

2017

PENSAMIENTOS

Estoy plenamente convencido que si realmente te lo propones, lo haces.

“Un poco más de persistencia, un poco más de esfuerzo y lo que parecía un fracaso
sin esperanza puede convertirse en un glorioso éxito”

E. Hubbard

DEDICATORIA

A Dios, A mi familia, Mi Madre Teresa Sulla Puma
y mi Padre Juan Leonardo Baldarrago Vivanco
por la entera confianza que en todo este camino
de sube y baja en la parte económica como familiar supieron ayudarme
a ser la persona que soy. A mi hermana Karina y mi cuñado Jorge por todo
el apoyo que me fueron brindando a lo largo de este periplo y a Nadia Esplana
por la paciencia y el tremendo amor que nos tenemos.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en sobremanera a mi asesor de tesis MgSc. Ingeniero César Augusto Muñoz Ortega, por todo el apoyo brindado en el presente trabajo de investigación

Agradecer también al Ing. Omar Vásquez Aranda por el apoyo metodológico y técnico brindado en los inicios de la realización de esta tesis, sin la cual no hubiese podido conseguir las razones metódicas de este trabajo de investigación.

Un agradecimiento especial al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) por la información brindada que fue clave para la realización de este trabajo de investigación.

Agradecer también al Ing. Juan Cárdenas por el conocimiento impartido en comprender los métodos gaussianos de dispersión de contaminantes.

A mi familia por el apoyo económico y moral y a mi Alma Mater, Universidad Nacional Federico Villarreal por impartirme todos los conocimientos para culminar satisfactoriamente esta carrera como es la ingeniería ambiental.

RESUMEN

En la actualidad se cuenta con Software especializado en el modelamiento de dispersión de contaminantes para conocer la concentración de los mismos, sin embargo, uno de los principales problemas a la hora de aplicar el modelamiento de dispersión de contaminantes es saber si los valores arrojados por el software son confiables o no.

Por tal motivo, el presente trabajo de investigación consistirá en determinar la eficacia del modelo de dispersión atmosférica *CALINE4* en la simulación de dispersión de Monóxido de Carbono producido por el parque automotor en base a la comparación de resultados modelados y reales mediante el uso de indicadores estadísticos como el *BIAS* y *el Error Relativo* con la finalidad de conocer el sesgo de dichos valores.

La zona de estudio está delimitada por las avenidas Santiago de Chuco, Los Eucaliptos, Los ruiseñores, Los chancas y Jr. Roberto Santucho ubicadas en el distrito de Santa Anita, Lima, las concentraciones reales de CO fueron halladas mediante monitoreos en la EE.SS. ROOSVELT y obtenidas mediante el SENAMHI en la Estación Santa Anita las cuales están dentro de la zona de estudio y los valores modelados fueron resultado de la corrida del modelo *CALINE4*, dando como resultado para el análisis de promedio diario de 18.1 % y para el promedio mensual de 19.2 % de Error Relativo entre valores reales y modelados concluyendo así que el modelo *CALINE4* resulta siendo eficaz en el análisis de la dispersión de CO.

Palabras Clave: Modelamiento Atmosférico, eficacia, *CALINE4*

ABSTRACT

At present, there is Software specialized in the modeling of pollutants dispersion to know the concentration of the same, however one of the main problems when applying the dispersion modeling of pollutants is to know if the values thrown by the software Are reliable or not.

For this reason, the present research work will be to determine the effectiveness of the atmospheric dispersion model CALINE4 in the simulation of dispersion of Carbon Monoxide produced by the vehicle fleet based on the comparison of model and real results using statistical indicators such as BIAS and Relative Error in order to know the bias of these values.

The study area is delimited by Santiago de Chuco, Los Eucaliptos, Los ruiseñores, Los chancas and Jr. Roberto Santucho avenues, located in the district of Santa Anita, Lima, the actual concentrations of CO were found by means of monitoring in the EE.SS . ROOSVELT and obtained through the SENAMHI in the Santa Anita Station, which are within the study area and the model values were the result of the run of the CALINE4 model, resulting in the analysis of daily average of 18.1 % and for the monthly average of 19.2 % of Relative Error between real and model values concluding thus that the model CALINE4 proves to be effective in the analysis of the dispersion of CO.

Key Words: Atmospheric Modeling, effectiveness, CALINE4.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
1. ASPECTOS METODOLÓGICOS	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Planteamiento Del Problema	6
1.2.1. Descripción Del Problema	6
1.2.2. Formulación Del Problema	7
1.3. Objetivos	7
1.3.1. Objetivo General	7
1.3.2. Objetivos Específicos.....	8
1.4. Hipótesis	8
1.5. Variables.....	8
1.6. Justificación.....	9
1.7. Importancia.....	10
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Bases Teóricas	11
2.1.1. Viento y Circulación General.....	11
2.1.2. Estabilidad Atmosférica	13
2.1.3. Zona de la capa de Mezcla	25
2.1.4. Modelos de difusión y/o dispersión atmosférica.....	26
2.1.5. Modelo Atmosférico CALINE4.....	31
2.1.6. Clasificación de Contaminantes	41
2.2. Definición de términos básicos	45
2.3. Marco Legal	46
3. MATERIALES Y MÉTODO	53
3.1. Materiales	53
3.1.1. Información Cartográfica	53
3.1.2. Información Meteorológica.....	53
3.1.3. Software	53
3.2. Equipos	54
3.3. Instrumentos	54
3.4. Métodos	54
3.4.1. Tipo y Nivel de Investigación	54
3.4.2. Población y Muestra.....	55
3.5. Metodología.....	55
3.5.1. Determinación de la concentración de monóxido de carbono	55
3.5.2. Recopilación de información meteorológica proporcionada por SENAMHI	58
3.5.3. Modelamiento de Monóxido de Carbono	58
3.5.4. Determinación de la eficacia del modelo de dispersión atmosférico mediante uso de indicadores estadísticos.....	78
3.5.5. Análisis Espacial de Resultados.....	80
4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	81

4.1.	Ubicación.....	81
4.1.1.	Localización Geográfica	81
4.2.	Diagnóstico Físico	82
4.2.1.	Geomorfología	82
4.2.2.	Climatología.....	82
4.2.3.	Suelos	84
4.2.4.	Biodiversidad	85
4.3.	Diagnóstico Socioeconómico	85
4.3.1.	Estructura y Densidad Poblacional	85
4.3.2.	Crecimiento Poblacional	85
4.3.3.	Índice de Desarrollo Humano	86
4.3.4.	Salud.....	87
4.3.5.	Agua y desagüe	87
4.3.6.	Alumbrado eléctrico.....	87
4.3.7.	Aspecto Cultural:	87
5.	RESULTADOS	88
5.1.	Determinación de Monóxido de Carbono	88
5.2.	Análisis de factores meteorológicos.....	91
5.3.	Modelación de la dispersión de Monóxido de Carbono.....	95
5.4.	Comparación de resultados reales y simulados	99
6.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	103
7.	CONCLUSIONES	105
8.	RECOMENDACIONES	107
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Contaminantes Secundarios.....	44
Tabla N° 2	Límites máximos permisibles para Vehículos mayores a gasolina, gas licuado de petróleo y gas natural (livianos, medianos y pesados)	46
Tabla N° 3	Límites máximos permisibles para Vehículos mayores a Diesel (livianos mayores a Diesel).....	46
Tabla N° 4	Límites máximos permisibles para vehículos menores con motores de dos tiempos que usan mezcla de gasolina - aceite como combustible.....	46
Tabla N° 5	Límites máximos permisibles vehículos menores con motores de cuatro tiempos que usan gasolina como combustible	47
Tabla N° 6	Límites máximos permisibles vehículos menores con motores de cuatro tiempos que usan diesel como combustible	47
Tabla N° 7	Reajuste de la Norma para Vehículos mayores a gasolina, gas licuado de petróleo y gas natural	47

Tabla N° 8 Reajuste de la Norma para vehículos mayores a Diesel (livianos medianos y pesados)	47
Tabla N° 9 Límites máximos permisibles para vehículos livianos nuevos que se incorporen (importados o producidos) a nuestro parque automotor	48
Tabla N° 10 Límites máximos permisibles para vehículos medianos nuevos que se incorporen (importados o producidos) a nuestro parque automotor	48
Tabla N° 11 Límites máximos permisibles para vehículos de carga nuevos que se incorporen (importados o producidos) a nuestro parque automotor	49
Tabla N° 12 Límites máximos permisibles para vehículos pesados nuevos que se incorporen (importados o producidos) a nuestro parque automotor	49
Tabla N° 13 Límites máximos permisibles para vehículos usados a Gasolina, gas licuado de petróleo y gas natural que se incorporen (importados) a nuestro parque automotor	49
Tabla N° 14 Límites máximos permisibles para vehículos usados a Diesel que se incorporen (importados) a nuestro parque automotor	50
Tabla N° 15 Límites máximos permisibles para vehículos nuevos que se incorporen (importados o producidos) a nuestro parque automotor	50
Tabla N° 16 Valores predisponibles de los estándares de calidad ambiental para Aire	51
Tabla N° 17 Coeficientes de Rugosidad Aerodinámico	61
Tabla N° 18 Factores meteorológicos para peores escenarios para la estimación de las concentraciones de CO 1-hr.....	65
Tabla N° 19 Estabilidades Atmosféricas Pasquill Gifford.....	66
Tabla N° 20 Fórmulas para cálculo de Factores de Emisión de Monóxido de Carbono (CO).....	70
Tabla N° 21 Aforo Vehicular promedio para el mes de Marzo del 2016 (vehículos por hora).....	71
Tabla N° 22 Aforo Vehicular promedio para el mes de Abril del 2016 (vehículos por hora)	72
Tabla N° 23 Aforo Vehicular promedio para el mes de Setiembre del 2016 (vehículos por hora)	73
Tabla N° 24 Aforo Vehicular promedio para el mes de Diciembre del 2016 (vehículos por hora)	73
Tabla N° 25 Factores de Emisión de Monóxido de Carbono (CO) promedio mes de Marzo del 2016 (g/mi)	74
Tabla N° 26 Factores de Emisión de Monóxido de Carbono (CO) promedio mes de Abril del 2016(g/mi)	75
Tabla N° 27 Factores de Emisión de Monóxido de Carbono (CO) promedio mes de Setiembre del 2016 (g/mi).....	75
Tabla N° 28 Factores de Emisión de Monóxido de Carbono (CO) promedio mes de Diciembre del 2016 (g/mi).....	76

Tabla N° 29	Coordenadas de las vías del área de estudio.....	82
Tabla N° 30	Distribución de valores de Precipitación promedio mensual – Año 2016	83
Tabla N° 31	Distribución de valores de Humedad Relativa promedio mensual – Año 2016.....	83
Tabla N° 32	Distribución de Temperaturas promedio mensuales para el distrito de Santa Anita – Año 2016	83
Tabla N° 33	Distribución de Velocidad promedio mensuales de Velocidad del Viento para el distrito de Santa Anita – Año 2016	84
Tabla N° 34	Factores de Índice de Desarrollo Humano – Santa Anita.....	86
Tabla N° 35	Concentraciones de Monóxido de Carbono para 4 días analizados	88
Tabla N° 36	Concentraciones promedio mensuales de Monóxido de Carbono – Año 2016.....	90
Tabla N° 37	Concentraciones de CO para 4 días respecto a Velocidades de viento	91
Tabla N° 38	Concentraciones promedios respecto a Velocidades de viento promedio mensuales – Año 2016	92
Tabla N° 39	Distribución de Temperaturas Mensuales promedio – Año 2016.....	94
Tabla N° 40	Resultados de Salida de información modelada para los 4 días analizados en la Estación de Servicio ROOSVELT y la estación Santa Anita SENAMHI	96
Tabla N° 41	Resultados de la salida de información modelada en promedio mensual del año 2016 para la Estación Santa Anita- SENAMHI	97
Tabla N° 42	Resumen de análisis estadístico de las concentraciones de CO en la Estación de Servicios ROOSVELT – Año 2016	99
Tabla N° 43	Resumen de análisis estadístico de las concentraciones de CO en la Estación Santa Anita-SENAMHI – Año 2016.....	100
Tabla N° 44	Resumen de análisis estadístico de las concentraciones mensuales promedio en la Estación Santa Anita-SENAMHI – Año 2016.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1	Sistema de referencia local.....	12
Figura N° 2	Aumento de la flotabilidad relacionado con la inestabilidad (gradiente vertical superadiabático)	14
Figura N° 3	Condiciones Inestables	15
Figura N° 4	Condiciones neutrales	16
Figura N° 5	Condiciones estables	17

Figura N° 6 Estabilidad condicional	18
Figura N° 7 Temperatura de inversión.....	19
Figura N° 8 Ciclo diurno.....	20
Figura N° 9 Inversión por subsidencia.....	21
Figura N° 10 Inversión frontal (frente frío)	22
Figura N° 11 Inversión por advección basada en la superficie.....	23
Figura N° 12 Advección basada en el terreno.....	23
Figura N° 13 Clasificación de Pasquill-Gifford. En función del gradiente real de temperaturas	24
Figura N° 14 Zona de Mezcla	26
Figura N° 15 Componentes de un modelo de la calidad del aire.....	28
Figura N° 16 Fundamento del modelo Gaussiano	30
Figura N° 17 Serie de elementos usados en CALINE4	33
Figura N° 18 Series de elementos representados por series de fuentes de líneas finitas equivalentes.....	35
Figura N° 19 Representación equivalente de fuente de línea finita para varios tamaños de elementos y ángulos eólicos.....	36
Figura N° 20 Subelementos de sección.....	36
Figura N° 21 Fuente de línea finita representación del elemento	37
Figura N° 22 Línea de fuente finita generalizada	38
Figura N° 23 Fuente lineal integrada finita y modelo del sub elemento.....	40
Figura N° 24 Parámetros de Trabajo (Job Parameters) CALINE4	59
Figura N° 25 Condiciones de Ejecución – CALINE4	64
Figura N° 26 Modelado de vías a analizar.....	67
Figura N° 27 Número de vehículos y Factores de Emisión por avenida de estudio (ejemplo)	77
Figura N° 28 Ubicación de los receptores	78
Figura N° 29 Tipos de Uso de Suelo en zona de estudio.....	84
Figura N° 30 Distribución de Concentraciones de Monóxido de Carbono para 4 día analizados.....	89
Figura N° 31 Distribución de concentraciones promedio mensuales de Monóxido de Carbono – Año 2016 Fuente: Elaboración propia	90
Figura N° 32 Dirección e intensidad del viento predominante en la zona de estudio – Año 2016.....	93
Figura N° 33 Distribución de Frecuencias de viento en la zona de estudio – Año 2016	94
Figura N° 34 Variación Mensual de la Temperatura Ambiental – Año 2016	95
Figura N° 35 Salida del Modelo CALINE4 para los 4 días analizados.....	96
Figura N° 36 Salida del Modelo CALINE4 para promedios mensuales – Año 2016	98

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1 Ubicación de accesos y señales.....	56
Fotografía N° 2 Instalación de equipos.....	57
Fotografía N° 3 Tren de Muestreo	57
Fotografía N° 4 Realización de Aforos Vehiculares con personal de apoyo.....	70
Fotografía N° 5 Aforos Vehiculares	71

INTRODUCCIÓN

Los modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos ayudan en el conocimiento del comportamiento de la difusión de los contaminantes en el aire. Sin embargo existe un conocimiento limitado sobre las características propias de los modelos.

En el 2013 (LIÑAN) realizó una investigación en donde determinó el nivel de confiabilidad en la aplicación de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos de Estudios de Impactos Ambiental con una población de estudio de 785 EIA's, dando como resultado que cerca del 75% es de baja aceptabilidad. Es por ello que surge la necesidad de conocer cuán eficaz puede ser el resultado de la aplicación de modelos de dispersión de contaminantes.

La presente investigación tiene como objetivo general calcular la eficacia del modelo CALINE4 en la simulación de la dispersión de Monóxido de Carbono producido por el parque automotor mediante indicadores Estadísticos como BIAS y Error Relativo, Para ello se analizó cuantitativamente las concentraciones del Monóxido de Carbono reales y modeladas en las estaciones ROOSVELT y Estación Santa Anita-SENAMHI, se determinó la concentración de Monóxido de Carbono producidos por el tráfico rodado mediante el uso del programa CALINE4 y monitoreos ambientales para la obtención de información de las estaciones de ROOSVELT y Estación Santa Anita-SENAMHI y se analizó los elementos meteorológicos que influyeron en la dispersión de Monóxido de Carbono en el área de estudio

El tipo de Investigación de la presente tesis se identifica, según su finalidad (SAMPIERI et al, 2005), como una investigación aplicada ya que se basará en la ejecución de indicadores estadísticos y la aplicación de un modelo de dispersión atmosférica y Longitudinal, Según su alcance temporal (SAMPIERI et al, 2005) ya que se tomará en cuenta más de un punto de información durante un lapso de tiempo definido.

Los resultados de Error Relativo promedio para los 4 días de análisis en las estaciones ROOSVELT y Estación Santa Anita-SENAMHI fue de 18.1% de Error Relativo; para el análisis de promedios mensuales de Monóxido de Carbono reales y modelados en la estación Santa Anita-SENAMHI el error relativo resultante fue de 19.2%, lo que indica una eficacia del modelo dentro de los valores del 20% que García (2000) propone.

Los beneficios de comprender el estado de la calidad del aire son de mucha importancia tanto en ámbitos social, económico y ambiental. Es por ello que la empleabilidad del uso de modelos atmosféricos como el CALINE4 permitirá, aún más, en conocer el comportamiento de la contaminación atmosférica apoyado con monitoreos puntuales en urbes afectadas por la contaminación atmosférica.

CAPITULO I

ASPECTOS METODOLÓGICOS

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

1.1. Antecedentes

- CARRILLO, R. (2009) "Evaluación de la eficiencia de modelos de dispersión de contaminación atmosférica de una fuente puntual". Facultad de Ingeniería Ambiental, UNALM, Este trabajo de investigación plantea conocer la eficiencia de modelos empleados como el ISCST3, APC-2 y MODICA, respecto al comportamiento de los contaminantes en los alrededores de la planta de Cementos Lima.
- DEUMAN INTERNATIONAL y WALSH (2005) "Estudio de línea de base ambiental COSAC I" Las consultoras en mención realizaron el estudio de línea base la cual busca construir indicadores ambientales de línea base antes de la implementación del COSAC I, conocida actualmente como El servicio de "Metropolitano"
- Dirección General de Salud Ambiental DIGESA (2011) "Estudio De Saturación Lima Metropolitana y Callao Año 2011" En el presente estudio La dirección general de Salud Ambiental evaluó en las temporadas de verano e invierno del año 2011 la calidad del aire en Lima y Callao identificando 47 puntos de monitoreo.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú SENAMHI (2015) "Evaluación de la calidad del aire en Lima metropolitana - 2014" En dicha publicación el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú realizó la

caracterización de la contaminación del aire en Lima Metropolitana mediante la descripción de los valores horarios, diarios, semanales, mensuales y anuales de los aerosoles atmosféricos.

- LIÑAN, R. (2013). “Nivel de confiabilidad de la modelación usada en la aplicación de Modelos de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos en los Estudios de Impacto Ambiental del Perú, 2005-2010” En dicho estudio busca determinar el nivel de confiabilidad de la modelación en la aplicación de los Modelos de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) de los grandes proyectos de inversión sometidos al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental del Perú (SEIA), entre los años 2005 y 2010 hallándose inadecuadas metodologías para la aplicación de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos.
- TORRES, R. (2004) “Comparación de modelos de dispersión de emisiones provenientes de fuentes fijas” Esta publicación se encuentra enfocada en la comparación del desempeño de los modelos de dispersión de contaminantes ISCST3 Y CALPUFF para la estimación de concentraciones atmosféricas Estimando el sesgo de los valores de concentraciones modelados por CALPUFF e ISC3, usando metodologías comparativas internacionales, entre los valores calculados y los valores observados en la Ciudad de Tuxpan, México.
- REPRESA, S. (2011), “Modelos de dispersión para fuentes lineales” En dicho trabajo de investigación se efectúa un análisis del potencial contaminante del tráfico vehicular en las inmediaciones de una vivienda de la ciudad de La Plata usando el programa de modelamiento CALINE4.

- BUITRAGO, J. (2003) "Aplicación del modelo Gaussiano para determinar la calidad del aire en Manizales". Facultad de Ingeniería y Arquitectura UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Esta tesis plantea evaluar la calidad del aire mediante el modelo de dispersión atmosférica de un Sistema Gaussiano multifuente con dirección aleatoria del viento aplicado en la zona industrial de la ciudad de Manizales para los contaminantes de Monóxido y Dióxido de Carbono.
- PAZ, E.; RIVERO, J.; TURTOS L. (2002) "Modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por el tráfico vehicular en una vía de Ciudad de La Habana" En dicho artículo presentan el modelamiento para el cálculo de las concentraciones incrementales de los contaminantes atmosféricos generados por el tráfico vehicular en una vía de Ciudad de La Habana.
- BRODERICK, B.; BUDD., U; MISSTEAR, B. (2006), "Validation of air pollution dispersion modelling for the road transport sector under Irish conditions" El trabajo realizado tuvo como objetivo la validación de los modelos que se usan en Irlanda para determinar los niveles de emisión a la atmósfera de fuentes de transporte por carretera y a predecir sus impactos y patrones de dispersión.
- RAMOS, B. (2011) "Cálculo de las emisiones contaminantes producidas por el tráfico rodado mediante el modelo de dispersión atmosférica CALINE4", Departamento de Física, UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Esta tesis plantea determinar experimentalmente las emisiones gaseosas asociadas al tráfico rodado utilizando la técnica de detección remota de gases por espectrometría infrarroja basada en técnicas de análisis de Fourier (Espectrometría Open-Path

FTIR) en el Km 3 de la carretera M-506 dentro del término municipal de Villaviciosa de Odón, en la Comunidad Autónoma de Madrid.

1.2. Planteamiento Del Problema

1.2.1. Descripción Del Problema

La salud humana puede verse comprometida seriamente por la presencia de contaminantes en el aire tales como metales pesados contenidos en el material particulado en suspensión; el ozono, el dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y elementos orgánicos volátiles (benceno, xileno y tolueno), dependiendo de las concentraciones de estos contaminantes, duración de la exposición y susceptibilidad personal los efectos serán manifestados a través de signos y síntomas (DIGESA, 2011).

En la actualidad se cuenta con Software especializado en el modelamiento de dispersión de contaminantes, como es el caso del CALINE4, para conocer su concentración en el aire, sin embargo uno de los principales problemas a la hora de aplicar el modelamiento de dispersión de contaminantes es saber si los valores arrojados por el software son confiables.

La validación de la aplicación del modelo CALINE4 contribuirá, sin duda, a la evaluación de la calidad del aire en entorno a vías de tránsito del parque automotor fomentando así el conocimiento, cuidado y toma de consciencia de los actores involucrados.

Por tal motivo, el presente trabajo de investigación pretende determinar la eficacia del modelo de dispersión atmosférica CALINE4 en la simulación de dispersión de Monóxido de Carbono producidos por el parque automotor en el área de estudio ubicado en el distrito de Santa Anita, En base a la comparación de resultados

modelados y reales mediante el uso de indicadores estadísticos con la finalidad de conocer el sesgo de dichos valores.

1.2.2. Formulación Del Problema

A. PROBLEMA PRINCIPAL

¿Cuán eficaz es el modelo CALINE4 en la evaluación de la dispersión de Monóxido de Carbono mediante la aplicación de operadores estadísticos como BIAS y error relativo en las Avenidas Santiago de Chuco, Los Ruiseñores, Los Eucaliptos, Los chancas y Jr. Roberto Santucho ubicadas en el distrito de Santa Anita?

B. PROBLEMAS SECUNDARIOS

¿De qué manera la aplicación de operadores estadísticos como BIAS y Error Relativo permitirán determinar la eficacia del modelo CALINE4 en la evaluación de la dispersión de Monóxido de Carbono en las Avenidas Santiago de Chuco, Los Ruiseñores, Los Eucaliptos, Los Chancas y Jr. Roberto Santucho ubicadas en el distrito de Santa Anita?

¿De qué manera se puede determinar las concentraciones de Monóxido de Carbono en las Avenidas Santiago de Chuco, Los Ruiseñores, Los Eucaliptos, Los Chancas y Jr. Roberto Santucho ubicadas en el distrito de Santa Anita?

¿Cómo influyen los factores meteorológicos en la dispersión de Monóxido de Carbono en las Avenidas Santiago de Chuco, Los Ruiseñores, Los Eucaliptos, Los Chancas y Jr. Roberto Santucho ubicadas en el distrito de Santa Anita?.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la eficacia del modelo CALINE4 en la evaluación de la dispersión de Monóxido de Carbono mediante la aplicación de operadores estadísticos BIAS y Error Relativo en las vías: Av. Santiago de Chuco, Av. Los Ruiseñores, Av. Los Eucaliptos, Av. Los Chancas y Jr. Roberto Santucho ubicadas en el distrito de Santa Anita.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar cuantitativamente las concentraciones del Monóxido de Carbono reales y modeladas respecto a indicadores estadísticos a fin de determinar la eficacia del modelo de dispersión atmosférico CALINE4.
- Determinar la concentración de Monóxido de Carbono producidos por el tráfico rodado mediante el uso del programa CALINE4 y monitoreos ambientales para la obtención de información de las estaciones de monitoreo.
- Analizar los factores meteorológicos que influyan en la dispersión de Monóxido de Carbono en el área de estudio.

1.4.Hipótesis

La aplicación de operadores estadísticos como BIAS y error relativo determinarán la eficacia del modelo CALINE4 en la evaluación del Monóxido de Carbono en las vías: Av. Santiago de Chuco, Av. Los Ruiseñores, Av.Los Eucaliptos, Av. Los Chancas y Jr Roberto Santucho ubicadas en el distrito de Santa Anita.

1.5.Variables

Las variables se definirán a continuación en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 1 Variable dependiente e independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Unidades
<i>Dependiente:</i>	El modelo <i>CALINE4</i> es un modelo gaussiano de estado estacionario diseñado para determinar concentraciones de contaminantes atmosféricos producidas por el tránsito vehicular en un ruta y/o avenida.	La eficacia de la aplicación del modelo <i>CALINE4</i> se basará en la comparación de los resultados medidos mediante monitoreos y resultados modelados.	Indicador Estadístico BIAS	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Eficacia de la aplicación del modelo <i>CALINE4</i>			Error Relativo	%
<i>Independiente</i>	La dispersión de contaminantes es el transporte de distintos gases debido a la transmisión y difusión de humos o gases tóxicos en la atmósfera.	Se determina mediante el monitoreo ambiental y mediante la aplicación del modelamiento atmosférico, los valores son influenciados por diversos parámetros meteorológicos.	Monóxido de Carbono	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Diferencia entre la dispersión de Monóxido de Carbono real y modelado				

Fuente: Elaboración Propia

1.6. Justificación

Los beneficios de conocer el estado de la calidad del aire son diversos, tanto en el ámbito social, económico y ambiental, Para ello, la obtención de la información de concentración de contaminantes en la atmósfera se haría gracias a una red de monitoreo, sin embargo esta puede resultar muy costosa. Es por ello que la aplicación de modelos de dispersión atmosférica como el *CALINE4* resultan ser una

opción más viable. Para esto, se optó como área de estudio Las vías delimitadas por las avenidas Santiago de Chuco, Los Ruiseñores, Los Eucaliptos, Los Chancas y Jr. Roberto Santucho del distrito de Santa Anita por no verse influenciadas por la presencia de instalaciones industriales a menos de 500 metros (*CALTRANS*, 1989) que puedan contribuir en la concentración del Monóxido de Carbono en el área de estudio.

1.7.Importancia

La importancia de conocer la eficacia del modelo CALINE4 en la evaluación de la dispersión de Monóxido de Carbono producidas por el parque automotor en el área de estudio nos permitirá evaluar cuán fiable es el modelo CALINE4 aportando así al conocimiento de la dispersión de contaminantes y su influencia en zonas urbanas en donde no se tenga una red de monitoreo densa.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

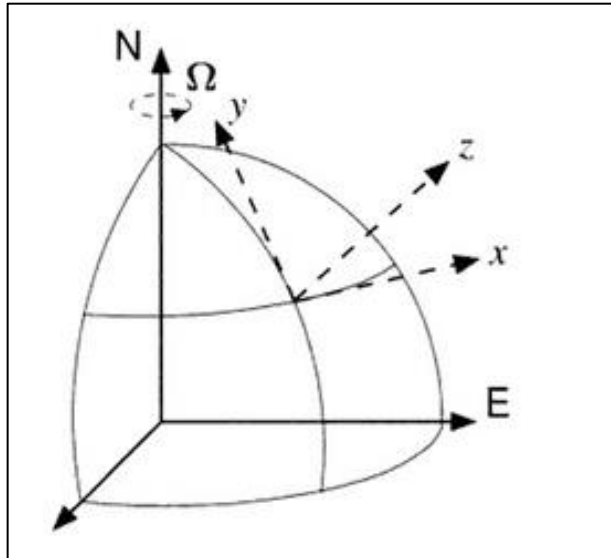
2.1. Bases Teóricas

2.1.1. Viento y Circulación General

La velocidad a la que está expuesta una corriente de aire es el resultado de todas las fuerzas que actúan sobre la corriente de aire de un sistema de referencia inercial, es decir, no acelerado. Sin embargo, el viento se mide desde la Tierra que es un medio de referencia acelerado debido a la rotación en torno a su eje. Por lo tanto, además de las fuerzas reales que aceleran las masas de aire hay que tener en cuenta el efecto del giro terrestre, llamado efecto Coriolis.

En los pronósticos del viento frecuentemente se usa un sistema de referencia cartesiano local (o euleriano) según indica la Figura 1 donde el eje x estaría sobre el paralelo dirigido hacia el este, el eje y estaría dirigido a lo largo del meridiano dirigido hacia el polo norte y el eje z sería la vertical del lugar. Las velocidades según estos tres ejes se suelen denominar w para la componente vertical, v para la componentes meridiana de Sur a Norte y u para la componente zonal: $V = (u,v,w)$. (Sendiña & Pérez, 2006)

Figura N° 1 Sistema de referencia local



Fuente: Sendiña & Pérez, 2006

2.1.1.1. Leyes de Movimiento Horizontal

El movimiento del aire en las proximidades de la superficie terrestre está controlado por cuatro factores: la fuerza del gradiente de presión, la fuerza de Coriolis, la aceleración centrípeta y la fuerza de rozamiento. De éstos, la fuerza de Coriolis y la aceleración centrípeta son, en rigor, ficticias, pero conviene atribuir a dichas fuerzas ciertos efectos sobre el movimiento del aire en las proximidades de la tierra. orografía y viento empleados en este trabajo. (Mattio F., 2007)

2.1.1.2. Leyes de Movimiento Vertical

En estos dos conceptos se encierra la clave necesaria para comprender adecuadamente los estudios meteorológicos modernos sobre el viento y los sistemas isobáricos a escala global y sinóptica. La elevación o descenso del aire en masa se

produce principalmente en respuesta a ciertos factores dinámicos relacionados con el movimiento horizontal del aire y son sólo afectados de un modo secundario por la estabilidad de la masa de aire. (Mattio F., 2007)

2.1.2. Estabilidad Atmosférica

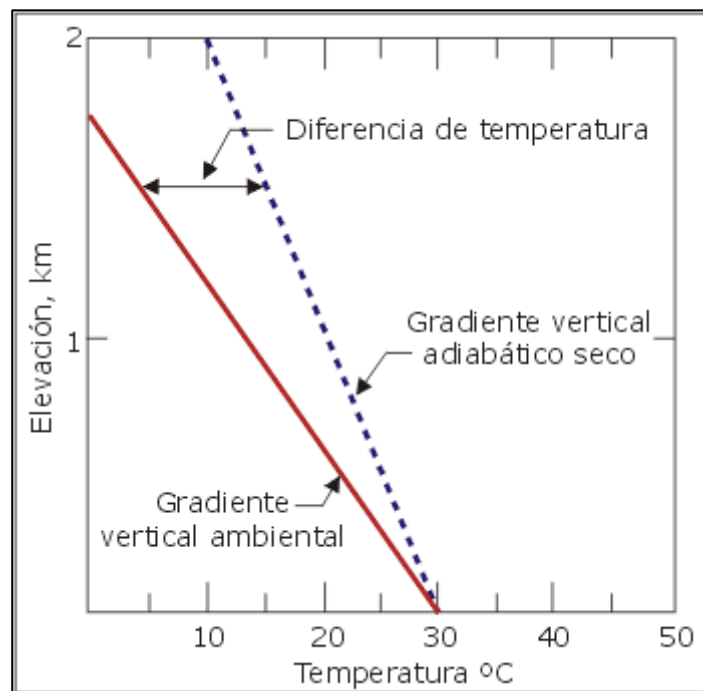
El grado de estabilidad atmosférica se determina a partir de la diferencia de temperatura entre una porción de aire y el aire circundante. Este contraste puede causar el movimiento vertical de la porción (esto es, su elevación o caída). Este movimiento se caracteriza por cuatro condiciones básicas que describen la estabilidad general de la atmósfera. En condiciones estables, el movimiento vertical se inhibe, mientras que en condiciones inestables la porción de aire tiende a moverse continuamente hacia arriba o hacia abajo. Las condiciones neutrales no propician ni inhiben el movimiento del aire después del gradiente de calentamiento o enfriamiento adiabático. Cuando las condiciones son extremadamente estables, el aire frío cercano a la superficie es "entrampado" por una capa de aire cálido sobre este. Esta condición, denominada inversión, prácticamente impide la circulación vertical del aire. Estas condiciones están directamente relacionadas con las concentraciones de contaminantes en el aire ambiental. (CEPIS, 2005)

2.1.2.1. Condiciones inestables

La masa de aire cuando tiene una tendencia de elevarse enfriará en el gradiente adiabático seco hasta que alcance su punto de rocío, en el que se enfriará en el gradiente adiabático húmedo. Esto supone que la atmósfera circundante tiene un gradiente vertical mayor que el gradiente vertical adiabático (con un enfriamiento a más de $9,8\text{ }^{\circ}\text{C}/1.000\text{ m}$), de modo que la porción que se eleva seguirá siendo más

cálida que el aire circundante. Este es un gradiente superadiabático. Como se indica en la figura 2, la diferencia de temperatura entre el verdadero gradiente vertical de temperatura del ambiente y el gradiente vertical adiabático seco en realidad aumenta con la altura, al igual que la flotabilidad. (CEPIS, 2005)

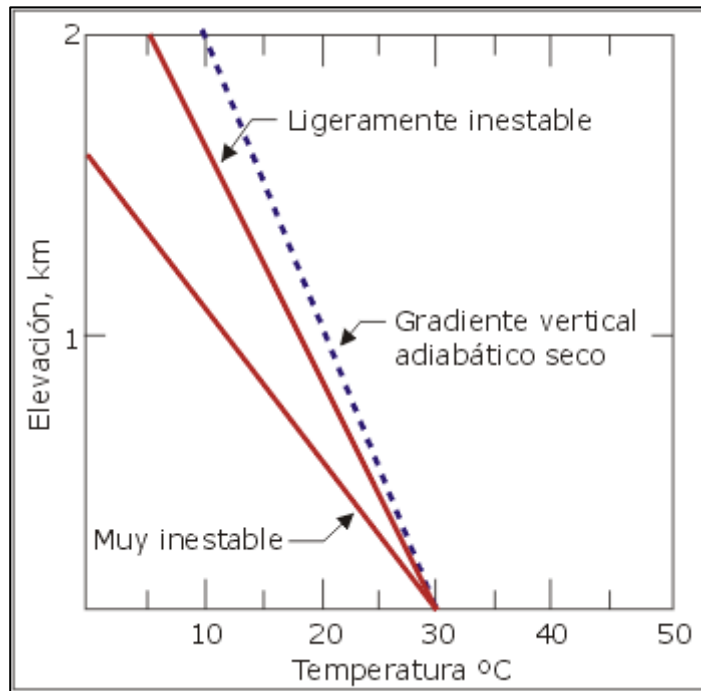
Figura N° 2 Aumento de la flotabilidad relacionado con la inestabilidad (gradiente vertical superadiabático)



Fuente: CEPIS, 2005

A medida que el aire se eleva, el aire más frío se mueve por debajo. La superficie terrestre puede hacer que se caliente y empiece a elevarse nuevamente. Bajo estas condiciones, la circulación vertical en ambas direcciones aumenta y se produce una mezcla vertical considerable. El grado de inestabilidad depende de la importancia de las diferencias entre los gradientes verticales ambientales y los adiabáticos secos. (CEPIS, 2005)

Figura N° 3 Condiciones Inestables



Fuente: CEPIS, 2005

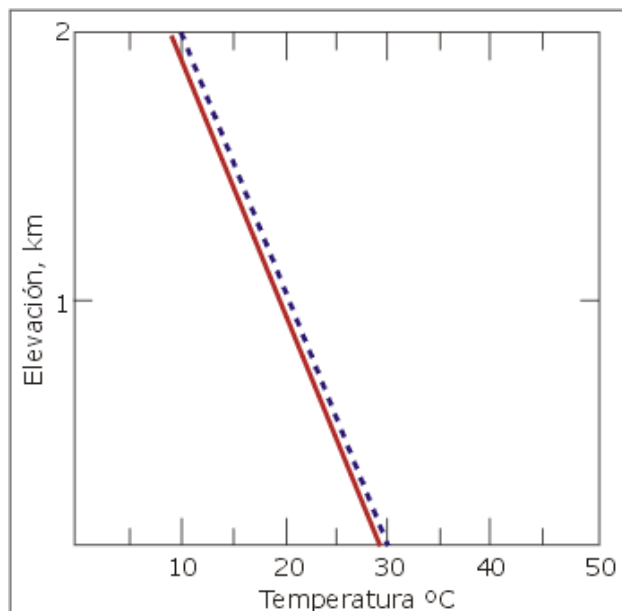
Las condiciones inestables más comunes se producen durante los días soleados con vientos de bajas velocidades y fuerte insolación. La Tierra absorbe rápidamente el calor y transfiere parte de este a la capa de aire superficial. Si las propiedades térmicas de la superficie son uniformes, es posible que exista una masa flotante de aire, o numerosas porciones de aire si dichas propiedades varían. Cuando el aire se calienta, se vuelve menos denso que el aire circundante y se eleva. (OMS, 1999)

Otra condición que puede conducir a la inestabilidad atmosférica es la producción de ciclones (sistema de presión baja), caracterizados por aire ascendente, nubes y precipitación. (CEPIS, 2005)

2.1.2.2. Condiciones neutrales

Cuando el gradiente vertical de la temperatura del ambiente es el mismo que el gradiente vertical adiabático seco, la atmósfera se encuentra en estabilidad neutral. Estas condiciones no estimulan ni inhiben el movimiento vertical del aire. La condición neutral es importante porque constituye el límite entre las condiciones estables y las inestables. Se produce durante los días con viento o cuando una capa de nubes impide el calentamiento o enfriamiento fuerte de la superficie terrestre. (CEPIS, 2005)

Figura N° 4 Condiciones neutrales



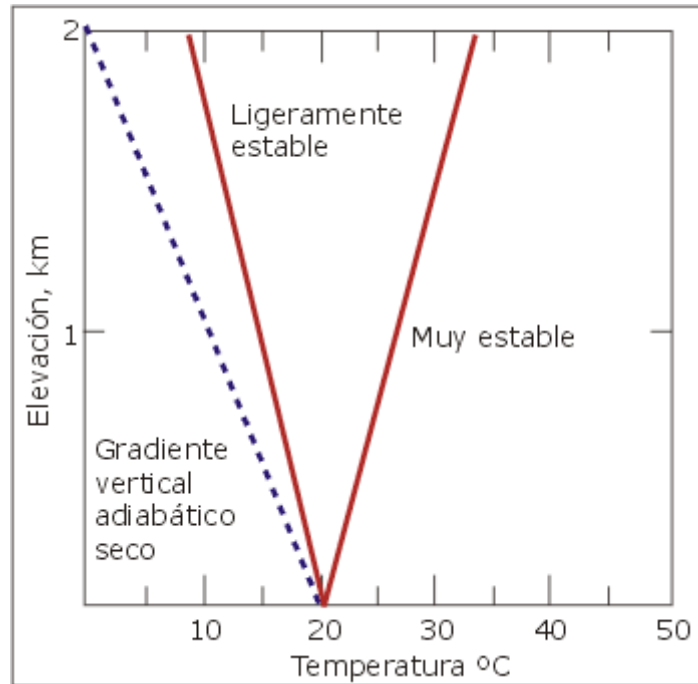
Fuente: CEPIS, 2005

2.1.2.3. Condiciones estables

Cuando el gradiente vertical ambiental es menor que el gradiente vertical adiabático (se enfría a menos de $9,8 \text{ }^{\circ}\text{C}/1.000 \text{ m}$), el aire es estable y resiste la circulación vertical. Este es un gradiente vertical subadiabático. El aire que se eleva verticalmente permanecerá más frío y, por lo tanto, más denso que el aire circundante. Una vez que se retira la fuerza de elevación, el aire que se elevó

regresará a su posición original. Las condiciones estables se producen durante la noche, cuando el viento es escaso o nulo. (CEPIS, 2005)

Figura N° 5 Condiciones estables

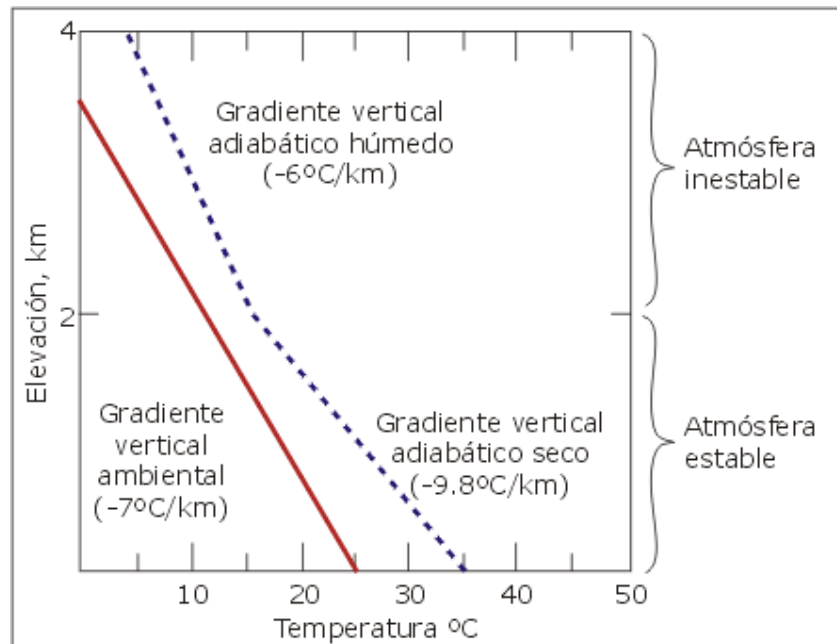


Fuente: CEPIS, 2005

2.1.2.4. Estabilidad e inestabilidad condicional

En la discusión previa sobre la estabilidad y la inestabilidad, hemos asumido que una porción de aire ascendente se enfría en el gradiente vertical adiabático seco. Sin embargo, muchas veces la porción de aire se satura (alcanza su punto de rocío) y empieza a enfriarse más lentamente en el gradiente vertical adiabático húmedo. Este cambio en el gradiente de enfriamiento puede modificar las condiciones de estabilidad. La inestabilidad condicional se produce cuando el gradiente vertical ambiental es mayor que el gradiente vertical adiabático húmedo pero menor que el gradiente seco. Las condiciones estables se producen hasta el nivel de condensación y las inestables, sobre este. (CEPIS, 2005)

Figura N° 6 Estabilidad condicional

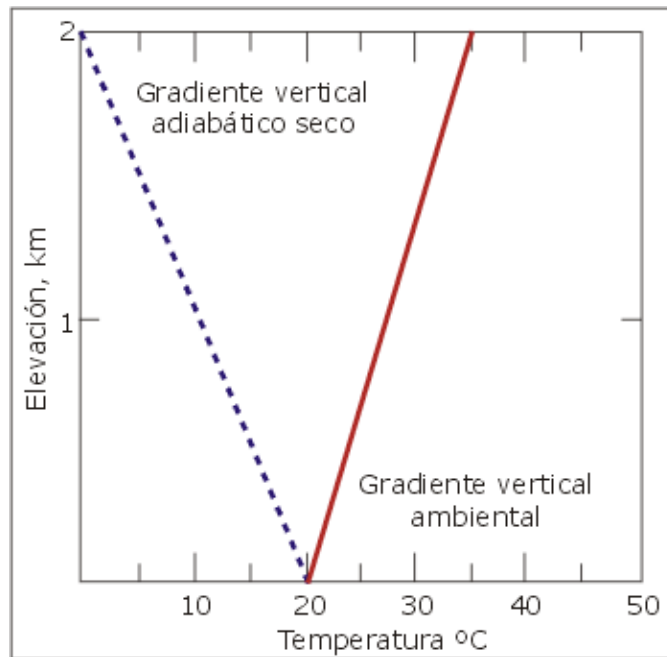


Fuente: CEPIS, 2005

2.1.2.5. Inversiones

Una inversión se produce cuando la temperatura del aire aumenta con la altura. Esta situación es muy común pero generalmente está confinada a una capa relativamente superficial. Las plumas emitidas a las capas de aire que experimentan una inversión (capas invertidas) no se dispersan mucho al ser transportadas por el viento. Las plumas emitidas por encima o por debajo de una capa invertida no penetran en ella sino que quedan atrapadas. Por lo general, las altas concentraciones de contaminantes del aire están relacionadas con las inversiones ya que estas inhiben la dispersión de las plumas. Los cuatro tipos de inversión principales se deben a diversas interacciones atmosféricas y presentan diferentes períodos de duración. (CEPIS, 2005)

Figura N° 7 Temperatura de inversión



Fuente: CEPIS, 2005

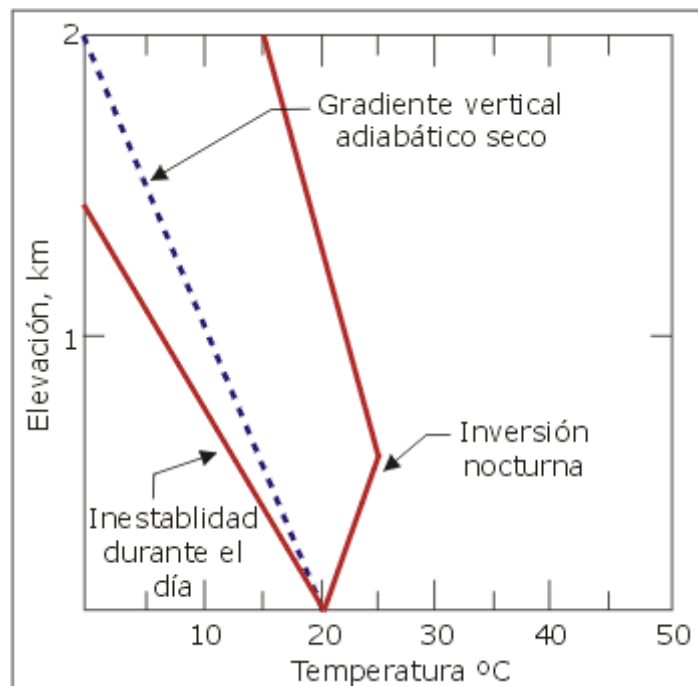
2.1.2.6. Inversión por radiación

La inversión por radiación es el tipo más común de inversión superficial y se produce con el enfriamiento acelerado de la superficie terrestre. A medida que la Tierra se enfría, la capa de aire cercana a la superficie también lo hace. Si este aire se enfría a una temperatura menor que la del aire de la capa superior, se vuelve muy estable y la capa de aire cálido impide cualquier movimiento vertical.

Las inversiones por radiación generalmente se producen desde las horas finales de la tarde hasta las primeras de la mañana, con el cielo despejado y vientos calmados, cuando el efecto de enfriamiento es mayor. Las mismas condiciones que conducen a las inversiones nocturnas por radiación, determinan la inestabilidad durante el día. Los ciclos de inestabilidad a lo largo del día e inversiones durante la noche son relativamente comunes. Por consiguiente, los efectos de las inversiones por

radiación generalmente son de corta duración. Los contaminantes que quedan atrapados debido a las inversiones son dispersados por la vigorosa mezcla vertical producida cuando la inversión se interrumpe después del amanecer. (CEPIS, 2005)

Figura N° 8 Ciclo diario



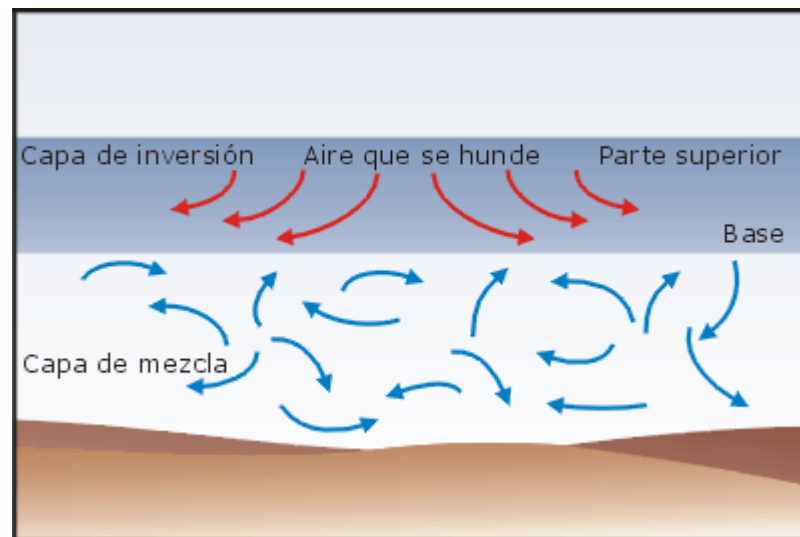
Fuente: CEPIS, 2005

2.1.2.7. Inversión por subsidencia

La inversión por subsidencia generalmente está asociada con los anticiclones (sistemas de alta presión). Se debe recordar que el aire de un anticiclón desciende y fluye hacia afuera con una rotación que sigue la dirección de las agujas del reloj. A medida que el aire desciende, la mayor presión existente en altitudes menores lo comprime y calienta en el gradiente vertical adiabático seco. Por lo general, este calentamiento se produce en un gradiente más acelerado que el gradiente vertical ambiental. Durante el día, la capa de inversión resultante de este proceso con

frecuencia se eleva a cientos de metros sobre la superficie. Durante la noche, la base de una inversión por subsidencia generalmente desciende, quizás hasta llegar al suelo, debido al enfriamiento del aire superficial. En efecto, los días despejados y sin nubes característicos de los anticiclones propician las inversiones por radiación, de modo que se puede producir una inversión superficial durante la noche y una elevada durante el día. Si bien la capa de mezcla que se encuentra debajo de la inversión puede variar diariamente, nunca será muy profunda. (CEPIS, 2005)

Figura N° 9 Inversión por subsidencia



Fuente: CEPIS, 2005

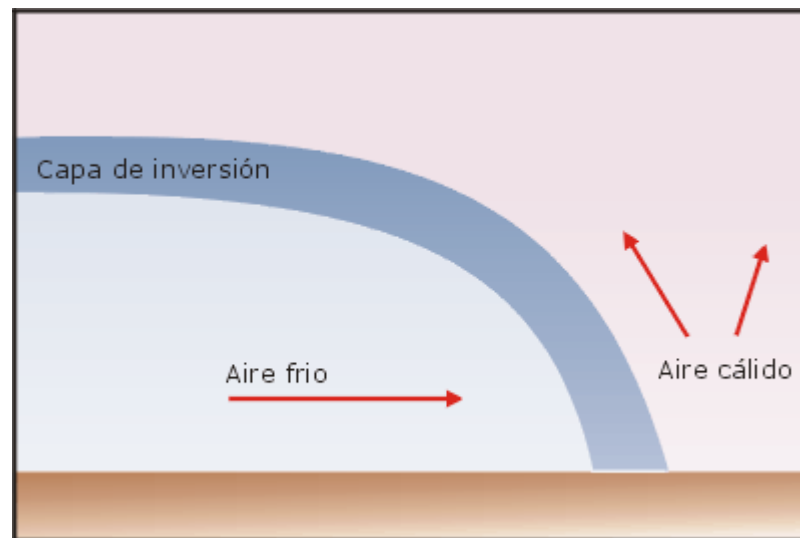
2.1.2.8. Inversión frontal

Es la inversión relacionada tanto con los frentes fríos como con los cálidos. En el avance de cada frente, el aire cálido desplaza al frío, de modo que se produce una circulación vertical mínima en la capa de aire frío más cercana a la superficie. La fuerza de la inversión depende de la diferencia de temperatura entre las dos masas de aire. Como los frentes se mueven horizontalmente, los efectos de la inversión

generalmente duran poco y la falta de movimiento vertical suele compensarse con los vientos relacionados con el paso frontal.

Sin embargo, cuando los frentes se vuelven estacionarios, las condiciones de inversión pueden prolongarse.

Figura N° 10 Inversión frontal (frente frío)

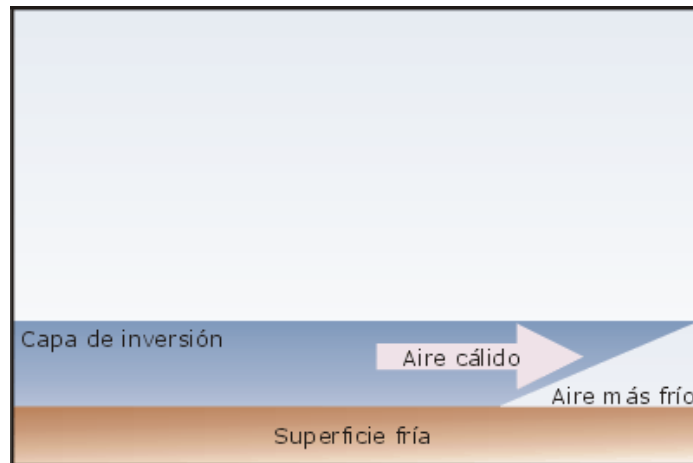


Fuente: CEPIS, 2005

2.1.2.9. Inversiones por advección

Las inversiones por advección están relacionadas con el flujo horizontal del aire cálido. Cuando este se mueve sobre una superficie fría, los procesos de conducción y convección enfrían el aire más cercano a la superficie y conducen a una inversión basada en la superficie. Este tipo de inversión es más común durante el invierno, cuando el aire cálido pasa sobre una superficie cubierta de nieve o extremadamente fría. (CEPIS, 2005)

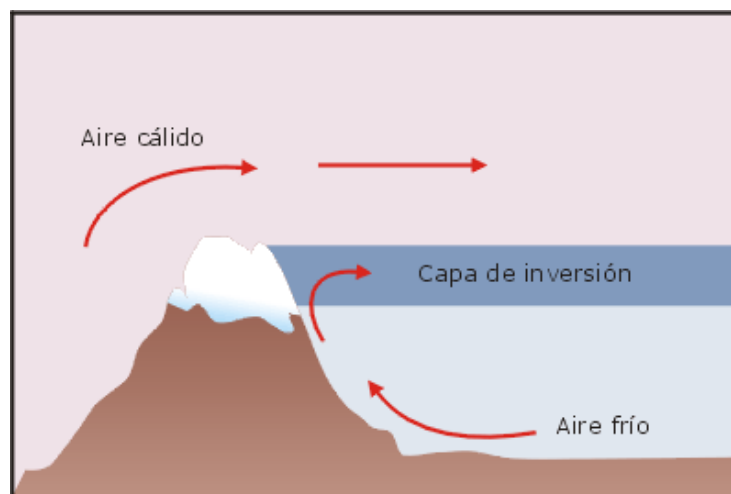
Figura N° 11 Inversión por advección basada en la superficie



Fuente: CEPIS, 2005

Otro tipo de inversión por advección se produce cuando el aire cálido es impulsado sobre la parte superior de una capa de aire frío. Este tipo de inversión es común en las pendientes del este de las cordilleras, donde el aire cálido del oeste desplaza al aire frío del este. Este tipo de inversiones es muy común en Denver. Ambos tipos de inversiones son verticalmente estables pero pueden presentar vientos fuertes bajo la capa de inversión. (CEPIS, 2005)

Figura N° 12 Advección basada en el terreno

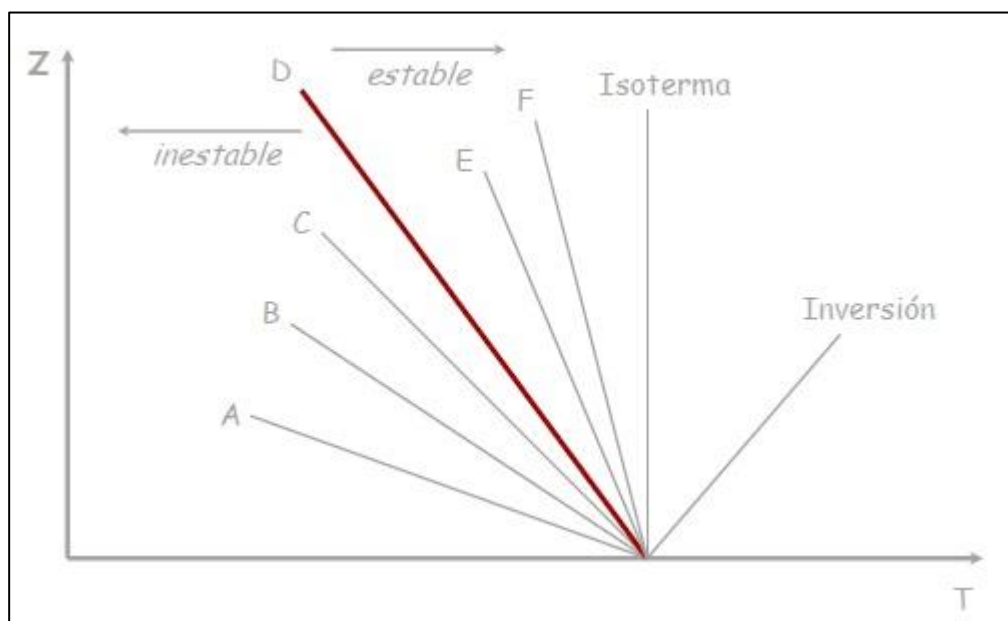


Fuente: CEPIS, 2005

2.1.2.10. Clasificación de Pasquill - Gifford

En base al perfil de estabilidad, se hallan diversos tipos para clasificar la atmósfera según la velocidad del viento y la insolación. La más usada es la clasificación de Pasquill-Gifford, que clasifica los distintos tipos de atmósfera con un código de letras que van de la A (la más inestable) a la F (la más estable), pasando por la D, que corresponde a una atmósfera neutra, en la que el gradiente real coincide con el adiabático. Si no se dispone de datos acerca de cómo varía la temperatura con la altura, se emplea una tabla de clasificación usada comúnmente por los técnicos. Esta tabla nos permite estimar cuál sería la clase de estabilidad a partir de la fuerza del viento y el grado de insolación. Vemos, por ejemplo, que durante el día la atmósfera tiende a ser más inestable, mientras que durante la noche ocurre lo contrario. (Universidad Pablo de Olavide, 2007)

Figura N° 13 Clasificación de Pasquill-Gifford. En función del gradiente real de temperaturas



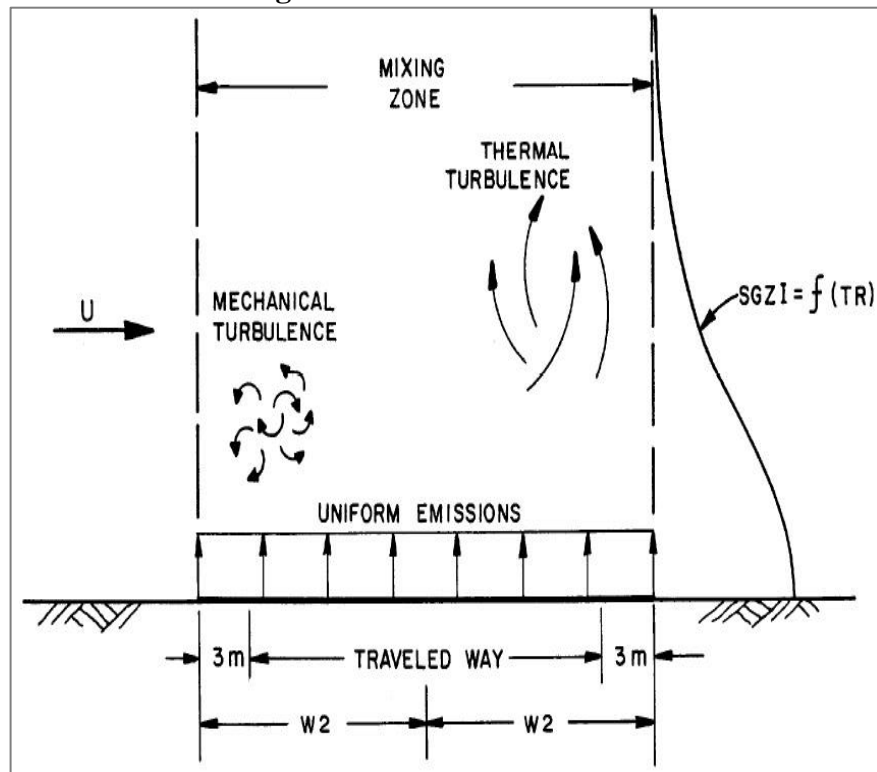
Fuente: CEPIS, 2005

2.1.3. Zona de la capa de Mezcla

CALINE4 trata la región directamente sobre la carretera como una zona de emisiones y turbulencias uniformes. Esto se designa como la zona de mezcla, y se define como la región sobre el camino recorrido (carriles de tráfico - no incluyendo los hombros) más tres metros a cada lado. La anchura adicional explica la dispersión horizontal inicial impartida a los contaminantes por el paso del vehículo. (Coe et al, 1998)

Dentro de la zona de mezcla, se supone que la turbulencia mecánica creada por los vehículos en movimiento y la turbulencia térmica creada por el escape caliente del vehículo son los mecanismos dispersivos dominantes. La evidencia indica que esto es una suposición válida para todas las condiciones atmosféricas, menos las más inestables. Las emisiones del vehículo se liberan y se dispersan rápidamente dentro de la estela de arrastre de cada vehículo. La dispersión inicial adicional se produce a través de la acción de la turbulencia generada por otros vehículos que pasan. Esta condición de liberación activa difiere significativamente de la liberación pasiva asumida por la metodología de dispersión gaussiana estándar. Para ajustarlo, CALINE4 modela el parámetro inicial de dispersión vertical (SGZI) como una función del tiempo de residencia del contaminante dentro de la zona de mezcla. . (CALTRANS, 1989)

Figura N° 14 Zona de Mezcla



Fuente: CALTRANS, 1989.

SGZI: Parámetro de dispersión vertical inicial

TR= Tiempo de establecimiento de la zona de mezcla

2.1.4. Modelos de difusión y/o dispersión atmosférica

Los modelos de dispersión atmosférica son una simulación matemática sobre cómo los gases se dispersan en la atmósfera. Son especialmente interesantes para el estudio de la dispersión de contaminantes, ya que permiten simular las condiciones reales de transporte y dispersión de los gases como producto de una interacción de las condiciones meteorológicas con las propias fuentes de emisión. (RAMOS, 2011)

Los términos de difusión y dispersión en el campo del modelamiento de la contaminación del aire tienen diferente significado. La dispersión está relacionada a

los procesos de transporte de gases o partículas ocasionados por el viento y la turbulencia atmosférica, mientras que la difusión se refiere al fenómeno de difusión molecular de dichos gases o partículas. (NEVERS, 1998). El mecanismo principal de los modelos para la cuantificación de concentraciones de un determinado contaminante vientos debajo de la fuente de emisión es la dispersión. (SCHNELLE, 1999).

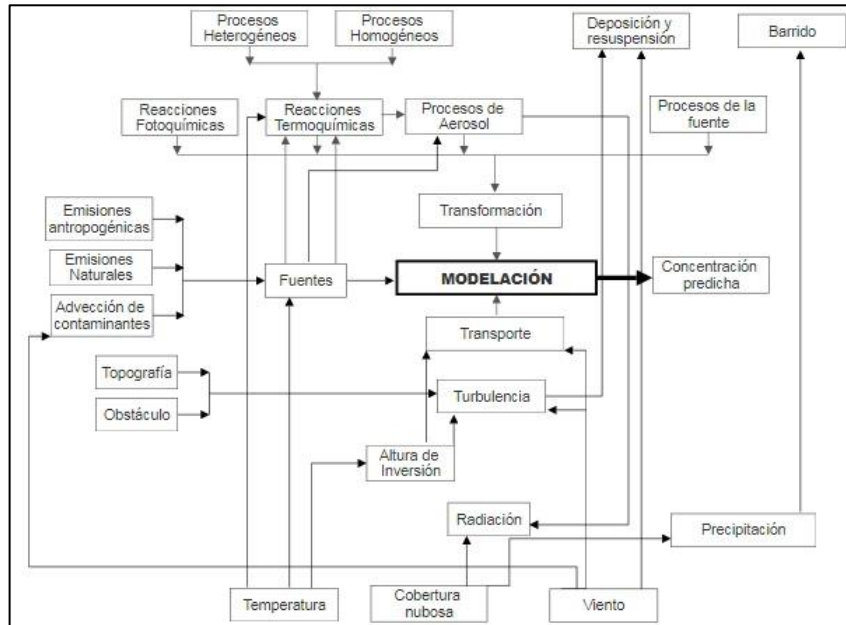
El tratamiento que se da de las fuentes móviles en los modelos de dispersión es considerarlas como fuentes lineales que siguen el trazado de las carreteras, con tasas de emisión uniforme por unidad de longitud. (ALEMANY & LÓPEZ JIMÉNEZ, 2004) El modelo considera características de la fuente como han de ser el volumen del tráfico, velocidades de los vehículos, emisión de flota. Además, se tratan la geometría del camino, las condiciones del terreno circundante y la meteorología local. (REPRESA, 2009).

Con factores meteorológicos pronosticados el modelamiento permite comprobar los resultados o predecir lo que puede ocurrir en un sistema, desde un conjunto de datos de entrada; por lo tanto el modelo realiza, un acoplamiento entre la emisión, características y control de la fuente; y también los cambios en los niveles de concentración aerotransportados del agente contaminador. (CARRILLO, 2009).

El modelo incluye consideraciones de los patrones de la emisión, la meteorología, las transformaciones químicas y los procesos de la actividad, Mientras que los resultados esperados serán los niveles del contaminante a una determinada distancia de la fuente o las tasas de deposición del contaminante sobre el terreno. (SEINFELD, 1986).

La Figura N° 15 muestra los componentes de un modelo comprensivo de la calidad del aire.

Figura N° 15 Componentes de un modelo de la calidad del aire



Fuente: Seinfeld, 1986

2.1.4.1. Clasificación de los modelos de dispersión atmosférica

En primer lugar se puede establecer una clasificación de los modelos de dispersión en dos tipos básicos. (RAMOS, 2011) Estos son:

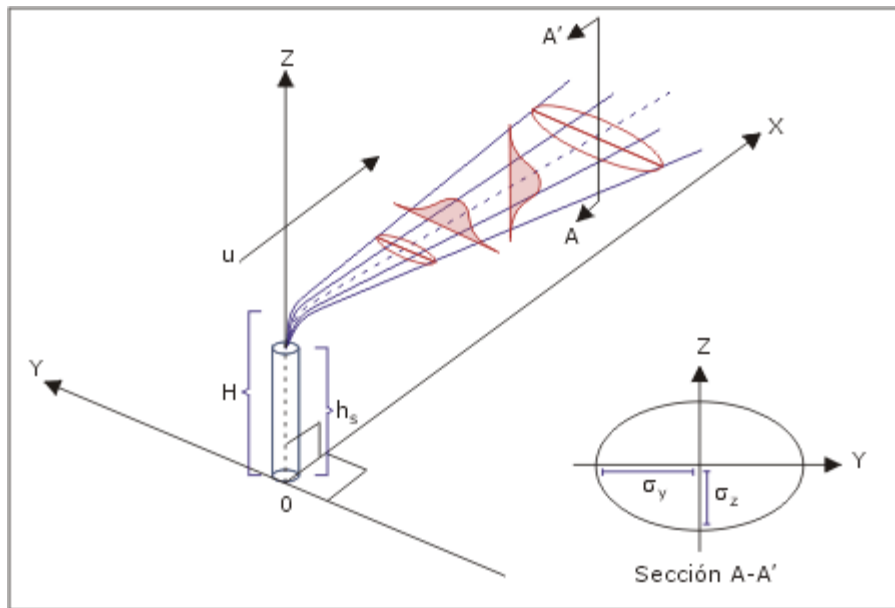
- **Modelos físicos:** Se trata de representaciones a pequeña escala de la dispersión atmosférica.
- **Modelos matemáticos:** Son aquellos que se basan en determinados sistemas conceptuales que están soportados en principios físico-químicos e implementados en programas de ordenador. Dentro de los modelos matemáticos se pueden distinguir dos grandes grupos:

- **Modelos Determinísticos:** Están basados en ecuaciones matemáticas que representan los procesos atmosféricos. Los principales modelos dentro de este grupo se detallan a continuación:

Modelos de caja (Box models): Se trata de un sencillo modelo en el cual la región objeto de estudio es tratada como una caja fija, limitada en su parte inferior por la superficie terrestre y en su parte superior por la altura de la capa de mezcla. Son útiles como primera aproximación a la estimación de la variación temporal de la concentración media en una región.

Modelos Gaussianos: Están basados en sencillas hipótesis referentes a la naturaleza estocástica de la turbulencia y la dispersión de los gases contaminantes. Por ello, son modelos muy manejables, fáciles de programar y de ejecutar en un ordenador. Estos modelos asumen que la distribución del contaminante dentro de la nube sigue una distribución de Gauss (campana de Gauss), de ahí su nombre. En la figura N° 16 se muestra una sencilla representación gráfica del funcionamiento de un modelo de dispersión tipo Gaussiano.

Figura N° 16 Fundamento del modelo Gaussiano



Fuente: RAMOS, 2011

Modelos numéricos Eulerianos: Estos modelos obtienen una solución a partir de procedimientos numéricos aplicados en una malla espacial definida en un sistema de coordenadas determinado. Abarcan un rango mayor de aplicabilidad que los anteriores modelos, siendo especialmente útiles para realizar simulaciones de los contaminantes fotoquímicos (ozono, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles).

Modelos Lagrangianos: En este caso los contaminantes están representados por elementos de tamaño diverso como nubes, segmentos o partículas. Dichos elementos son transportados y dispersados por el viento de forma independiente. Existen varios subtipos de modelos, tales como los modelos de pluma segmentada, los modelos de nubes Gaussianas, los modelos PIC (Particle in cell) o los modelos Lagrangianos de caja.

Modelos Empíricos: Están basados en relaciones estadísticas y empíricas entre los datos referentes a la contaminación y otras variables que puedan tener influencia sobre ella. Dentro de este grupo existe un conjunto de modelos llamados “rollback”, basados en relaciones sencillas entre los niveles de inmisión y los de emisión. Por otro lado se pueden encontrar los modelos estocásticos, que se basan en técnicas estadísticas aplicadas a datos históricos que expresan las relaciones que existen entre la meteorología y la calidad del aire.

2.1.5. Modelo Atmosférico CALINE4

CALINE4 es un modelo de dispersión atmosférico Gaussiano de fuente de lineal simple. Desarrollado por el departamento de Transporte de California (CALTRANS), El propósito del modelo CALINE4 es pronosticar las concentraciones de gases inertes como el monóxido de carbono (CO), así como también del dióxido de nitrógeno (NO₂) y las concentraciones de Material Particulado. En base a la intensidad de la fuente, la meteorología y la geometría del sitio, CALINE4 puede predecir la dispersión de contaminantes en los receptores ubicados a menos de 500 metros de la vía a analizar. (Coe et al, 1998)

Para la mayoría de las aplicaciones no son necesarias enfoques más complejos para el modelado de la dispersión debido a la incertidumbre en la estimación de los factores de emisión y los volúmenes de tráfico para los próximos años. La precisión de CALINE4 está bien equilibrada con la exactitud de los modelos de predicción de estado de la técnica para emisiones, sin embargo para la presente investigación los factores de emisión hallados serán en base a la flota vehicular peruana con ayuda de

la aplicación de aforos vehiculares que se presentará en el acápite de metodología de trabajo de la presente tesis.

2.1.5.1. Elementos de CALINE4

CALINE4 divide los enlaces individuales de carreteras en una serie de elementos a partir de los cuales se calculan concentraciones incrementales y luego se suman para formar una estimación de concentración total para una ubicación de receptor particular (Figura 17). La distancia del receptor se mide a lo largo de una perpendicular desde el receptor hasta la línea central del enlace. El primer elemento, ϵ_0 (PHI0) se forma como un cuadrado con lados iguales a la anchura de la carretera. Su ubicación está determinada por el ángulo de la carretera-viento, PHI. Para $\text{PHI} > 45^\circ$, el centro del primer elemento está situado directamente hacia arriba del receptor. Para $\text{PHI} < 45^\circ$, la posición de ϵ_0 permanece constante e igual a su posición en $\text{PHI} = 45^\circ$. Este ajuste posicional para ϵ_0 ayuda a lograr una respuesta uniforme del modelo para receptores muy cerca del enlace. Las posiciones y longitudes de los elementos subsiguientes se determinan mediante la siguiente fórmula: (CALTRANS, 1989).

$$EL: W * BASE^{NE}$$

Dónde:

EL: Longitud del elemento

W: Anchura de la carretera

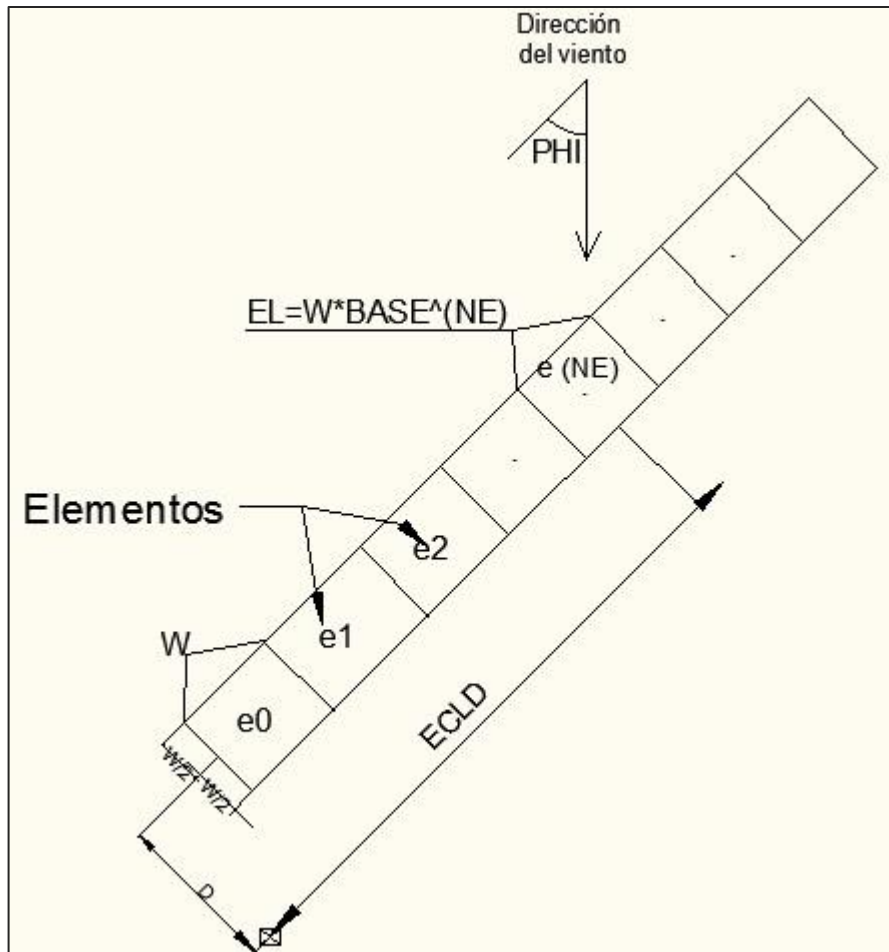
NE: Número de elementos

BASE: Element Growth Factor

$$\text{Para BASE: } 1.1 + \frac{PHI^3}{2.5 \times 10^5}$$

PHI (en grados)

Figura N° 17 Serie de elementos usados en CALINE4



Fuente: CALTRANS, 1989

W = Ancho de la sección

EL = Longitud del elemento

$W2$ = Ancho medio de la sección

$ECLD$ = Distancia del punto medio al elemento

D = Distancia al receptor

NE = Número de elementos

$BASE$ = Factor de crecimiento del elemento (Function of Wind Angle)

PHI= ángulo de la autopista

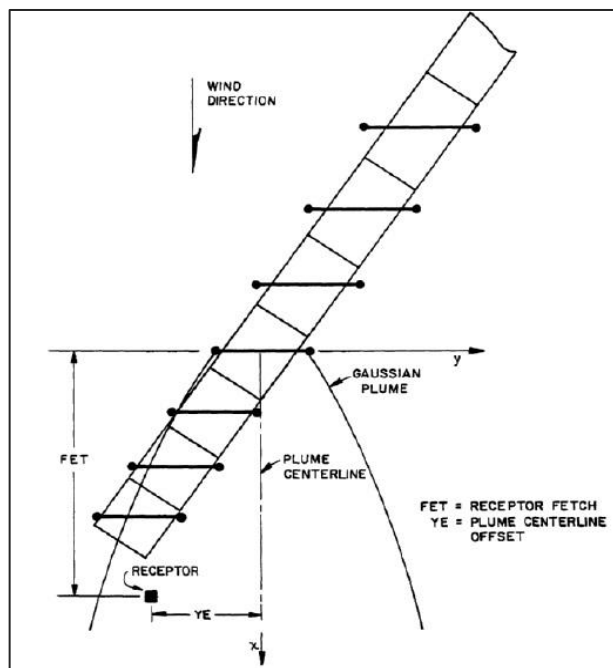
A medida que la resolución del elemento se hace menos importante a mayores distancias del receptor, los elementos se hacen grandes de acuerdo con la Ecuación de longitud de Elemento. El factor de crecimiento del elemento, descrito por la Ecuación para el cálculo de Base, representa un compromiso entre la precisión y la eficiencia computacional. Cualquier inexactitud generada por esta aproximación cae muy por debajo del nivel de significación reportado por el modelo. La forma cuadrada del elemento inicial es consistente con las curvas de dispersión vertical utilizadas en CALINE4. Estos han sido calibrados para una distancia inicial igual a la mitad del ancho de la autopista (W2). (CALTRANS, 1989)

Cada elemento es modelado como una fuente de línea finita (FLS) "equivalente" colocada perpendicular a la dirección del viento y centrada en el punto medio del elemento (Fig. 23). Para cada elemento se define un sistema de coordenadas x-y local alineado con la dirección del viento y que se origina en el punto medio del elemento. Se supone que las emisiones que ocurren dentro de un elemento se liberan a lo largo del FLS que representa el elemento. Se supone entonces que las emisiones se dispersan de manera gaussiana a favor del viento desde el elemento. La longitud y la orientación del FLS son funciones del tamaño del elemento y del ángulo del viento de la carretera. (CALTRANS, 1989)

Para distribuir las emisiones de manera equitativa, cada elemento se divide en tres subelementos: un subelemento central y dos subelementos periféricos. Estos se denominan ZON1, ZON2 y ZON3 en el programa de computadora. La geometría de los subelementos es una función del tamaño del elemento y del ángulo del viento de

la carretera. Una intensidad de fuente lineal (QE) para el subelemento central se calcula usando la geometría mostrada en la Figura 18. Se supone que la tasa de emisión es uniforme en todo el elemento para propósitos de este cálculo. Las emisiones para los subelementos periféricos se modelan como decreciendo linealmente a cero en los extremos del FLS. (CALTRANS, 1989)

Figura N° 18 Series de elementos representados por series de fuentes de líneas finitas equivalentes

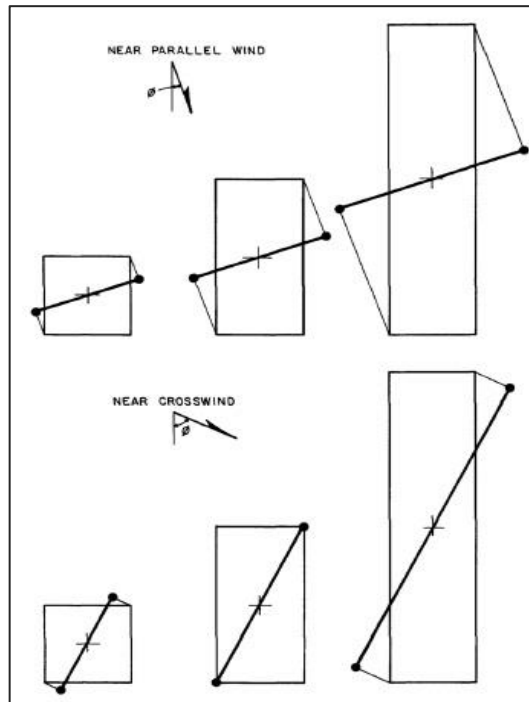


Fuente: CALTRANS, 1989

FET= Receptor de recuperación

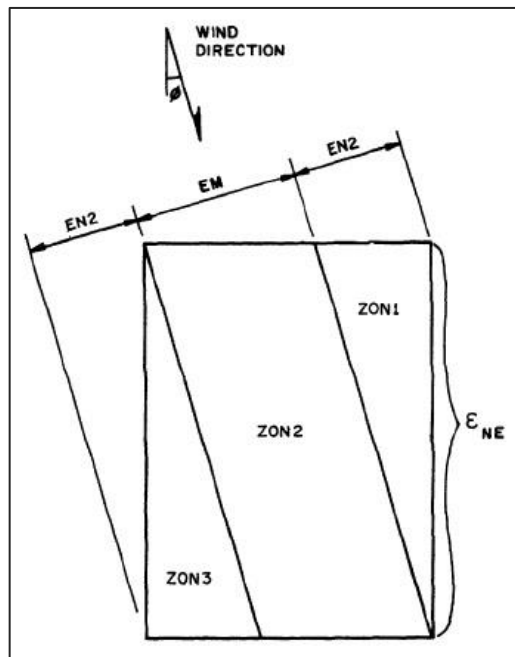
YE= Proyección de la línea central de la pluma

Figura N° 19 Representación equivalente de fuente de línea finita para varios tamaños de elementos y ángulos eólicos.



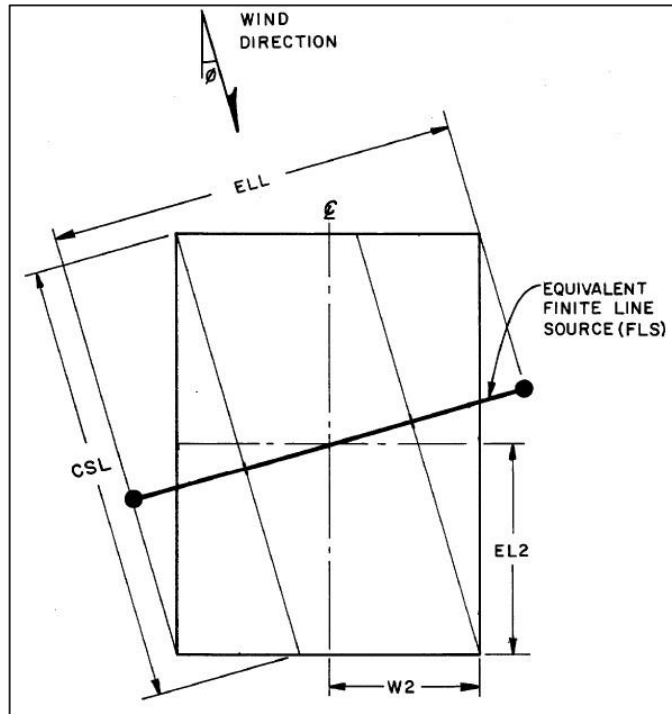
Fuente: CALTRANS, 1989

Figura N° 20 Subelementos de sección



Fuente: CALTRANS, 1989

Figura N° 21 Fuente de línea finita representación del elemento



Fuente: CALTRANS, 1989

ELL= Longitud de línea equivalente

CSL= Longitud del Sub-elemento central

Las concentraciones a favor del viento del elemento se modelan usando la formulación gaussiana FLS de viento cruzado. Consideremos la concentración del receptor atribuible a un segmento FLS infinitesimal. (CALTRANS, 1989)

$$dC = \frac{qdy}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \left[\exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right) \right] \left\{ \exp\left[\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}$$

Donde:

dC= Concentración de incremento

$\sigma_y \sigma_z$ = Parámetros de dispersión

q= Fuerza de salida de la fuente lineal

horizontal y vertical

u= Velocidad del viento

H= Altura de la fuente.

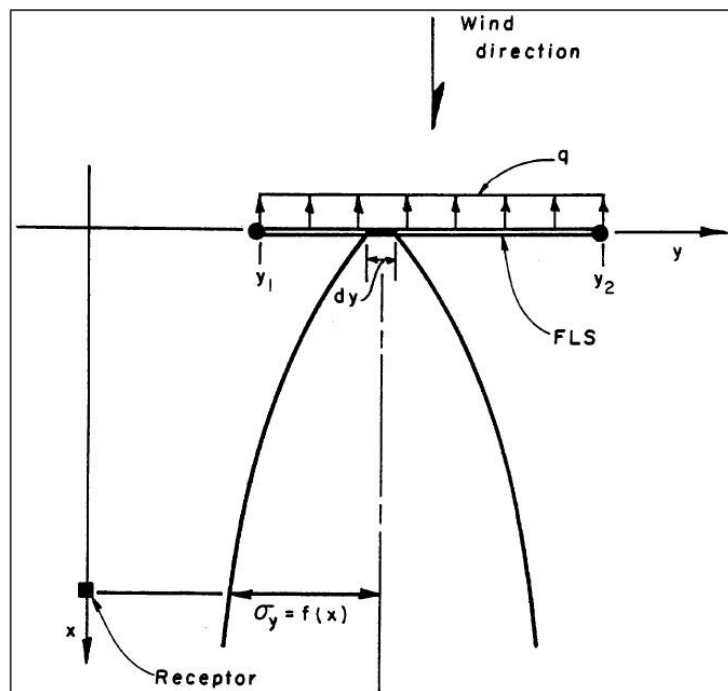
Ya que, σ_z es constante respecto a y, para:

$$\exp\left[\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right]$$

Integrando sobre la longitud de rendimiento de Fuente de Línea finita (FLS)

$$c = \frac{Aq}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \int_{y_1}^{y_2} \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right] dy$$

Figura N° 22 Línea de fuente finita generalizada



Fuente: CALTRANS, 1989

q = Longitud de la fuente lineal uniforme

σ_y = Parámetro de dispersión horizontal

Obsérvese que σ_y y σ_z son funciones de x , no y . Sustituyendo $p = y / \sigma_y$ y $dp = dy / \sigma_y$ dando:

$$\frac{Aq}{2\pi\mu\sigma_y\sigma_z} \int_{\frac{y_2}{\sigma_y}}^{\frac{y_2}{\sigma_y}} \exp\left(\frac{-p^2}{2}\right) \sigma_y dp dy$$

Sustituyendo para A y retirando σ_y las integrales

$$\frac{q}{2\pi\sigma_z u} \left(\exp\left[\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right) \int_{\frac{y_2}{\sigma_y}}^{\frac{y_2}{\sigma_y}} \exp\left(\frac{-p^2}{2}\right) dp$$

Teniendo la función Probabilidad normal de la función de densidad.

CALINE4 calcula las concentraciones del receptor como una serie de aportaciones incrementales de cada elemento FLS. El FLS se divide en segmentos de longitud igual a σ_y o una fracción de los mismos. La fuerza de la fuente para cada segmento se determina multiplicando QE por un factor de ponderación (WT). Este factor explica la disminución lineal de las emisiones a través de los subelementos periféricos. El efecto de la dispersión horizontal se cuantifica mediante la Ecuación anterior. Esta integral representa una porción del área bajo la curva normal de unidad con desviación estándar igual a σ_y . El modelo calcula las contribuciones FLS para un máximo de seis segmentos dentro de $\pm 3\sigma_y$ del receptor. Los resultados más allá de este rango son insignificantes y añadirían apreciablemente al tiempo de cálculo. La concentración total del receptor (C) de un enlace particular de la carretera se calcula como sigue: (CALTRANS, 1989)

$$C = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{1}{SGZ_i} * \sum_{k=-CNT}^{CNT} \left[\exp\left(\frac{-(z-H+2*k*L)^2}{2*SGZ_i^2}\right) + \exp\left(\frac{-(z+H+2*k*L)^2}{2*SGZ_i^2}\right) \right] * \sum_{j=1}^6 (WT_j * QE_i * PD_{ij}) \right\}$$

(Ec.08)

Donde:

C= Concentración total del receptor

N= Total de número de elementos

CNT= números de reflexiones múltiples requeridas para convergencia

U= velocidad del viento

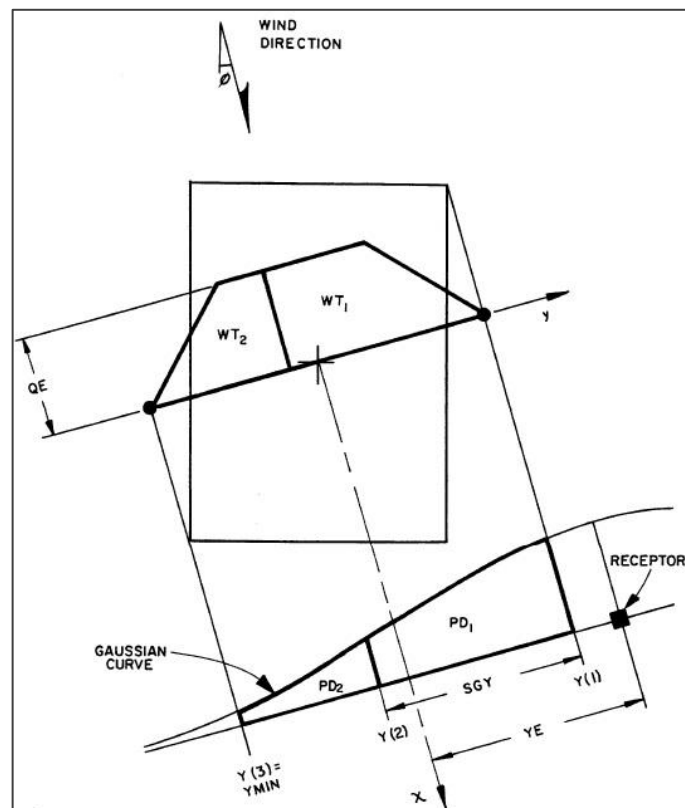
L= altura de capa de mezcla

SGZ_i= dispersión en z como función para el elemento

QE_i= Fuerza del Sub elemento central de la fuente lineal

WT_j= Factor de ponderación de la fuerza de la fuente para el segmento

Figura N° 23 Fuente lineal integrada finita y modelo del sub elemento



Fuente: CALTRANS, 1989

QE = Resistencia de la fuente de línea equivalente

PD = densidad probabilística

SGY = Parámetro de dispersión horizontal

YE = proyección de la pluma

2.1.6. Clasificación de Contaminantes

Los contaminantes atmosféricos han sido clasificados de diferentes maneras, sin que exista todavía un acuerdo al respecto. Entre estas clasificaciones se encuentran las que se basan en:

- Las características químicas del contaminante
- Sus características físicas
- Sus efectos, o
- Sus fuentes de producción o de emisión

Además de estas clasificaciones existe una que es específica para los contaminantes atmosféricos. Según ésta, las sustancias que se encuentran en la atmósfera tal como fueron emitidas por las fuentes se conocen como contaminantes primarios, mientras que se llaman contaminantes secundarios a los que resultan de la interacción de varios contaminantes primarios, ya sea entre sí y/o con otras sustancias del medio.

(DIAZ, 1995)

2.1.6.1. Contaminantes Primarios

Son varias las sustancias cuya presencia en el aire puede ser nociva para la salud

humana y para el ambiente en general las cuales son emitidas directamente a la atmósfera desde varias fuentes establecidas, Las principales de éstas son: Material Particulado, Plomo, Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Azufre (SO_x), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Hidrocarburos (HC), entre otros (Mcgraw, 2009)

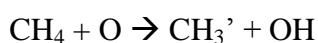
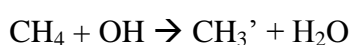
Para el presente caso de investigación se describirá el análisis Físico químico del Monóxido de Carbono

a) Monóxido de Carbono (Carboxihemoglobina)

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e insípido. Su vida media en la atmósfera se estima en unos pocos meses y en combinación con el oxígeno atmosférico genera dióxido de carbono (CO₂). El CO es el contaminante más abundante en la tropósfera. Las emisiones naturales de CO superan con mucho las emisiones antropogénicas, sin embargo están mucho más repartidas. Alrededor del 90% del CO presente en la atmósfera se forma de manera natural por oxidación fotoquímica del metano (CH₄), aunque también es el contaminante que en mayores cantidades se emite a la atmósfera por la actividad humana. Se genera en la combustión de cualquier tipo de carburante, especialmente cuando dicha combustión es incompleta. Así, en un área urbana un 95% del CO emitido procede actividades humanas. (Universidad de Jaén, 2008)

Las principales fuentes naturales de CO son:

- Oxidación del metano por radicales OH o por oxígeno atómico:



El radical metilo ($\text{CH}_3\cdot$) generado en ambas reacciones es muy reactivo y se oxida fácilmente produciendo CO.

- Océanos: algunas algas y ciertas fuentes biológicas producen Monóxido de Carbono en cuerpos de agua superficiales, los cuales son liberados hacia la atmósfera.

- Descomposición de la clorofila

- Erupciones volcánicas y emisiones de gas natural.

Las principales fuentes antropogénicas son:

- Combustión incompleta de fuentes carboníferas e hidrocarburos:

$\text{C} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \leftrightarrow \text{CO}$ (Reacción unas 10 veces más rápida que la siguiente)

$\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \leftrightarrow \text{CO}_2$

-Reacción del CO_2 con carbón:

$\text{CO}_2 + \text{C} \leftrightarrow 2\text{CO}$ (Reacción muy endotérmica que se da en los grandes hornos)

- Disociación del CO_2 .

$\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2$ (Muy endotérmica)

2.1.6.2. Contaminantes Secundarios

Se originan a partir de los contaminantes primarios mediante reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera, formando otros contaminantes nuevos por

transformación de los ya existentes. Los más importantes son el SO_3 , NH_3 , SO_4 , HNO_3 , O_3 (Ozono troposférico) y los Nitratos de peroxiacétilo. (Mcgraw, 2009)

Las características que tienen dichos contaminantes se adjunta en la siguiente tabla

Tabla N° 1 Contaminantes Secundarios

Contaminante	Características	Origen	Evolución en la atmosfera
Trióxido de Azufre	Gas incoloro, se condensa fácilmente	Se forma a partir de SO_2	Reacciona con el ión hidroxilo y pasa a ácido sulfúrico
Trióxido de nitrógeno	Gas fácilmente oxidable	Oxidación por el ozono a partir de NO_2	Interviene en Reacciones fotoquímicas de formación de smog.
Ácido Sulfúrico	Son sustancias con un elevado poder corrosivo	Productos finales de la oxidación de compuestos atmosféricos que contienen azufre o nitrógeno	Precipitan como lluvia ácida
Ácido Nítrico	Son agentes oxidantes		
Ozono Troposférico	Gas de color azul pálido irritante y picante, elevado poder oxidante	Intrusiones estratosféricas, Erupciones volcánicas, Descargas eléctricas en tormentas, fermentaciones, Reacciones fotoquímicas a partir de nitrógeno y COV generados por el tráfico urbano, Reacciones fotoquímicas a partir de COV.	Reacciona con otros contaminantes, componente del smog fotoquímico
Nitratos de Peroxiacetilo	Sustancias de gran poder oxidante		Componente del smog fotoquímico

Fuente: Mcgraw, 2009

2.2. Definición de términos básicos

- **Advección:** Es la transmisión de calor por medio de movimientos horizontales de las masas de aire; la masa de aire adquiere calor en una localidad que al moverse lo transporta y el aire a su paso adquiere sus propiedades calentándose. (UNAM, 1996)
- **Albedo:** es la relación entre la cantidad de radiación global reflejada por una superficie y la radiación global incidente. (UNAM, 1996)
- **Altura de capa de mezcla:** La profundidad vertical de la atmósfera donde se produce el mezclado se denomina capa de mezcla. La parte superior de esta capa se conoce como altura de mezcla. Esta determina el alcance vertical del proceso de dispersión de los contaminantes liberados debajo de ella. Se trata de una variable importante para los estudios de calidad del aire ya que limita la dispersión vertical de los contaminantes. (CEPIS,2005)
- **Convección:** Transferencia de calor producida por el movimiento masivo de un fluido tal como el aire o el agua. (CEPIS, 2005)
- **Cuenca Atmosférica:** Espacio geográfico donde se emiten, concentran y reaccionan los gases y partículas contaminantes del aire en un área delimitada. En el Área Metropolitana Lima-Callao se ha identificado tres cuencas atmosféricas Cuenca Atmosférica del Área Metropolitana Lima-Callao, Cuenca Atmosférica del Río Chillón y Cuenca Atmosférica del Río Rímac. (DIGESA, 2001)
- **BIAS:** Es un indicador estadístico que mide la diferencia media de los valores reales y simulados para la cual se desprende el resultado de las modelaciones subestimadas o sobrestimadas.

- **Sesgo:** Es la diferencia entre valores encontrados respecto a valores estimados en base a unidades de medición equivalentes.

- **Emisión:** Es el total de contaminantes vertidos por un emisor a la atmósfera en un lapso de tiempo definido

Inmisión: Es el total de contaminantes presentes en una masa de aire establecida luego que haya pasado por los procesos de transporte difusión y mezclado en la atmósfera.

2.3.Marco Legal

a) Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial Decreto Supremo N° 047-2001-MTC.

Tabla N° 2 Límites máximos permisibles para Vehículos mayores a gasolina, gas licuado de petróleo y gas natural (livianos, medianos y pesados)

Año de Fabricación	CO % de Volumen	HC (ppm)	CO+CO₂% (mínimo)
Hasta 1995	4.5	600	10
1996 en adelante	3.5	400	10

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

Tabla N° 3 Límites máximos permisibles para Vehículos mayores a Diesel (livianos mayores a Diesel)

Año de Fabricación	CO % de Volumen	HC (ppm)
Hasta 1995	4.5	600
1996 en adelante	3.5	400

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

Tabla N° 4 Límites máximos permisibles para vehículos menores con motores de dos tiempos que usan mezcla de gasolina - aceite como combustible

Volumen desplazamiento nominal cc	CO % de volumen	HC ppm
Mayores de 50 cc	2.5	8000

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

Tabla N° 5 Límites máximos permisibles vehículos menores con motores de cuatro tiempos que usan gasolina como combustible

Volumen desplazamiento nominal cc	CO % de volumen	HC ppm
Mayores de 50 cc	4.5	600

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

Tabla N° 6 Límites máximos permisibles vehículos menores con motores de cuatro tiempos que usan diesel como combustible

Volumen desplazamiento nominal cc	Opacidad: k(m⁻¹)	HC ppm
Mayores de 50 cc	2.1	60

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

Tabla N° 7 Reajuste de la Norma para Vehículos mayores a gasolina, gas licuado de petróleo y gas natural

Año de fabricación	CO % de volumen	HC (ppm)*	CO + CO₂ % (mínimo)
Hasta 1995	3,0	400	10
1996 en adelante	3,5	300	10
2003 en adelante	0,5	100	12

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

**Para Vehículos a Gasolina: Únicamente para controles en carretera o vía pública, que se realicen a más de 1800 m.s.n.m., se aceptarán los siguientes valores sólo para HC: modelos hasta 1995, HC 450 ppm y 8% CO + CO₂, modelos 1996 en adelante, HC 350 ppm y 8% CO + CO₂*

Tabla N° 8 Reajuste de la Norma para vehículos mayores a Diesel (livianos medianos y pesados)

Año de fabricación	Opacidad: k(m⁻¹)	Opacidad en %
Hasta 1995	3.0	72

1996 en adelante	2.5	65
2003 en adelante	2.1	60

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

Tabla N° 9 Límites máximos permisibles para vehículos livianos nuevos que se incorporen (importados o producidos) a nuestro parque automotor

Año de aplicación	Norma	Directiva	Tipo de motor	CO (g/km)	HC + NOx (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	PM (g/km)
2003	EURO II	94/12/EC	Gasolina	2.2	0.5	-	-	-
			Diesel IDI	1.0	0.7	-	-	0.08
			Diesel DI	1.0	0.9	-	-	0.1
2007	EURO III	98/69/EC	Gasolina	2.3	-	0.2	0.15	-
			Diesel	0.64	0.56	-	0.5	0.05

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

Nota: Para la primera etapa (años 2003 a 2006), los importadores, fabricantes o ensambladores, podrán optar por la Alternativa 1 o la Alternativa 2 o ambas para homologar sus vehículos.

Tabla N° 10 Límites máximos permisibles para vehículos medianos nuevos que se incorporen (importados o producidos) a nuestro parque automotor

Año de aplicación	Norma	Directiva	Tipo de motor	CO (g/km)	HC + NOx (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	PM (g/km)
2003	EURO II	96/69/EC	Gasolina	2.2	0.5	-	-	-
			Diesel IDI	1.0	0.7	-	-	0.08
			Diesel DI	1.0	0.9	-	-	0.1
2007	EURO II	98/69/EC	Gasolina	2.3	-	0.2	0.15	-
			Diesel	0.64	0.56	-	0.5	0.05
2003	EURO II	96/69/EC	Gasolina	4.0	0.6	-	-	-
			Diesel IDI	1.25	1.0	-	-	0.12
			Diesel DI	1.25	1.3	-	-	0.14
2007	EURO III	98/69/EC	Gasolina	4.17	-	0.25	0.18	-

			Diesel	0.8	0.72	-	0.65	0.07
2003	EURO III	98/69/EC	Gasolina	5.0	0.7	-	-	-
			Diesel IDI	1.5	1.2	-	-	0.17

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

EURO I, II, III: Normatividad europea de control de emisiones

IDI: Motor diesel de inyección Indirecta

DI: Motor diesel de inyección directa

Tabla N° 11 Límites máximos permisibles para vehículos de carga nuevos que se incorporen (importados o producidos) a nuestro parque automotor

Clase Peso Bruto Vehicular	Año de aplicación	Norma	Regulación	Tipo de motor	CO (g/mi)	HC + NOx (g/mi)	HC (g/mi)	NOx	PM (g/mi)
LTD1	2003	Tier 0	US87LDT	Gasolina	10.0	-	0.8	1.2	-
< 1704 kg				Diesel	10.0	-	0.8	1.2	0.26
LTD2				Gasolina	10.0	-	0.8	1.7	-
> 1704 kg.				Diesel	10.0	-	0.8	1.7	0.13
< 3864 kg				-	-	-	-	-	-

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

Tabla N° 12 Límites máximos permisibles para vehículos pesados nuevos que se incorporen (importados o producidos) a nuestro parque automotor

Año aplicación	Norma	Ciclo	Directiva	CO (g/kw-h)	HC (g/kw-h)	NOx (g/kw-h)	PM (g/kw-h)	Humo (m ⁻¹)
2003	EURO II	13 pasos	96/1/EC	4.0	1.1	7.0	0.15	-
2007	EURO III	ESC + ELR	88/77/EEC	2.1	0.66	5.0	0.1	0.8

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

Tabla N° 13 Límites máximos permisibles para vehículos usados a Gasolina, gas licuado de petróleo y gas natural que se incorporen (importados) a nuestro parque automotor

Año de aplicación	CO % de Volumen	HC (ppm)	CO + CO2% (mínimo)
2001 (segundo semestre)	0.5	100	12

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

Tabla N° 14 Límites máximos permisibles para vehículos usados a Diesel que se incorporen (importados) a nuestro parque automotor

Año de aplicación	Clase de Motor	Opacidad Km ⁻¹
2001	Sin turbo PBV <3 Tn	1.6
	Con turbo PBV < 3 Tn	2.1
	Con o sin Turbo PBV >= 3 Tn	2.1

Fuente: D.S. 047-2001-MTC

b) D.S. 014-2016 MINAM que modifica el D.S. N° 047-2001-MTC, que establece límites máximos permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial

Tabla N° 15 Límites máximos permisibles para vehículos nuevos que se incorporen (importados o producidos) a nuestro parque automotor

Año de aplicación	Categoría	Directiva y Norma	Ciclo	N° de ruedas	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx	Máximo CO%
2013-2016	<150 cc	2000/51/EC Euro II o mayor	ECE R40	2	5.5	1.2	0.3	-
2013-2016	>= 150 cc	2000/51/EC Euro II o mayor	ECE R40	2	5.5	1.0	0.3	-
2013 en adelante	Todos	2000/51/EC Euro II o mayor	ECE R40	3	7.0	1.5	0.4	-
2017 en adelante	< 150 cc	2000/51/EC Euro III o mayor	ECE R40	2	2.0	0.8	0.15	-
2017 en adelante	< 150 cc	2000/51/EC Euro III o mayor	ECE R40	2	2.0	0.3	0.15	-
2017 en adelante	Vmax < 130 km/h	2006/72/EC Euro III o mayor	WMTC	2	2.62	0.75	0.17	-
2017 en adelante	Vmax < 130 km/h	2006/72/EC Euro III o mayor	WMTC	2	2.62	0.33	0.22	-

D.S. 014-2016 MINAM

c) D.S. 074-2001-PCM Reglamento de estándares Nacionales de calidad ambiental del aire.

d) D.S. 058-2003 MTC Aprueban el Reglamento Nacional de Vehículos

e) D.S. 003-2017 MINAM Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias

Tabla N° 16 Valores predisponibles de los estándares de calidad ambiental para Aire

Parámetros	Periodo	Valor (ug/m ³)	Criterios de evaluación	Método de análisis
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia
	Anual	100	Media aritmética anual	
PM 2.5	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
PM 10	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg)	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)
	8 horas	10000	Media aritmética	
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (método automático)
Plomo (Pb) en PM10	Mensual	1.5	NE más de 4 veces al año	Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0.5	Media aritmética de	

Parámetros	Periodo	Valor (ug/m³)	Criterios de evaluación	Método de análisis
			valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: D.S. 003-2017-MINAM

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODO

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Materiales

3.1.1. Información Cartográfica

- Plano topográfico del distrito de Santa Anita hoja 25-i con una escala de 1:100 000 (Elaborado por el Instituto Geográfico Nacional IGN).

3.1.2. Información Meteorológica

- Informes de Monitoreo Ambiental de las Estaciones de Servicio Servicentro, ROOSVELT (Año 2016)
- Información Meteorológica brindada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú del año 2016 (SENAMHI).

3.1.3. Software

- Programa de modelamiento atmosférico CALINE4: Sirvió para calcular las concentraciones modeladas de Monóxido de Carbono en el área de estudio.
- Arcgis 10.3: Ayudó a representar espacialmente la concentración de Monóxido de Carbono, cabe resaltar que no se usó para otro tipo de análisis.

3.2. Equipos

Los equipos básicos para el procesamiento de información y salida del mismo son los siguientes:

- Tren de Muestreo de gases: Para obtener la concentración real de Monóxido de Carbono en los puntos de medición.
- Laptop Toshiba Corei3: para el procesamiento de información y redacción de la tesis.
- Impresora HP Deskjet 2135: Para impresión de fichas de levantamiento de campo y hojas para facilidades.

3.3. Instrumentos

- Cinta Métrica Stanley: Para la medición de las dimensiones de las vías.
- GPS Garmin eTrex: Para conocer los puntos de muestreo.
- Cámara Fotográfica Panasonic Lumix DMC FS3: Ayudó en la captura de las actividades de trabajo en campo.

3.4. Métodos

3.4.1. Tipo y Nivel de Investigación

TIPO DE INVESTIGACION

- El tipo de Investigación se identifica, según su finalidad (SAMPIERI et al, 2005), como una investigación aplicada ya que se basará en la aplicación de indicadores estadísticos y la aplicación de un modelo de dispersión atmosférica.

- Longitudinal, Según su alcance temporal (SAMPIERI et al, 2005). Se tomará en cuenta más de un punto de información durante un lapso de tiempo definido.

NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación de la presente tesis es de nivel explicativo-experimental, ya que se tomarán en cuenta los resultados de laboratorio ya medidos por el SENAMHI y la estación de Servicio ROOSVELT y por el lado experimental, la aplicación del modelo CALINE4 demandará el uso de distintas variables atmosféricas teniendo así resultados diversos que serán objeto de comparación.

3.4.2. Población y Muestra

La población de estudio es el conjunto de vías automovilísticas del distrito de Santa Anita.

La Muestra de estudio son las avenidas Santiago de Chuco, Los Ruiseñores, Los Chancas, Los Eucaliptos y el Jr. Roberto Santucho.

3.5. Metodología

Para el análisis y obtención de la información real y modelada se seguirán los siguientes pasos:

3.5.1. Determinación de la concentración de monóxido de carbono

Para la determinación de la concentración de Monóxido de Carbono se realizaron 3 monitoreos en la zona de estudio mediante el uso del tren de muestreo de gases en las estaciones de Servicio ROOSVELT.

La instalación y procedimientos del monitoreo por tren de muestreo fueron aplicadas en virtud del protocolo de monitoreo de calidad de aire– DIGESA. El personal del laboratorio *LABECO Laboratorios* se encargó de la toma de muestras en las Estaciones de Servicio en análisis, La supervisión del monitoreo estuvo a cargo de mi persona para salvaguardar la veracidad de los procedimientos tal como lo declara el protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de los datos – DIGESA.

- Selección del sitio:

Fotografía N° 1 Ubicación de accesos y señales



- Instalación de equipos

Fotografía N° 2 Instalación de equipos



Fotografía N° 3 Tren de Muestreo



En el Anexo 01 se adjuntan los resultados del laboratorio del muestreo de gases y la información meteorológica registrada por la estación ROOSVELT en cada campaña de monitoreo ambiental.

3.5.2. Recopilación de información meteorológica proporcionada por SENAMHI

Así como la información de las estaciones de Servicio, también se contó para el análisis de la información proporcionada por SENAMHI para la cual la Municipalidad de Santa Anita alberga una estación Meteorológica de tipo Automática, la información analizada es del año 2016 tomada diariamente por la estación. Ver Anexo 02 concentración de Monóxido de Carbono diarios –2016 Estación Santa Anita-SENAMHI.

3.5.3. Modelamiento de Monóxido de Carbono

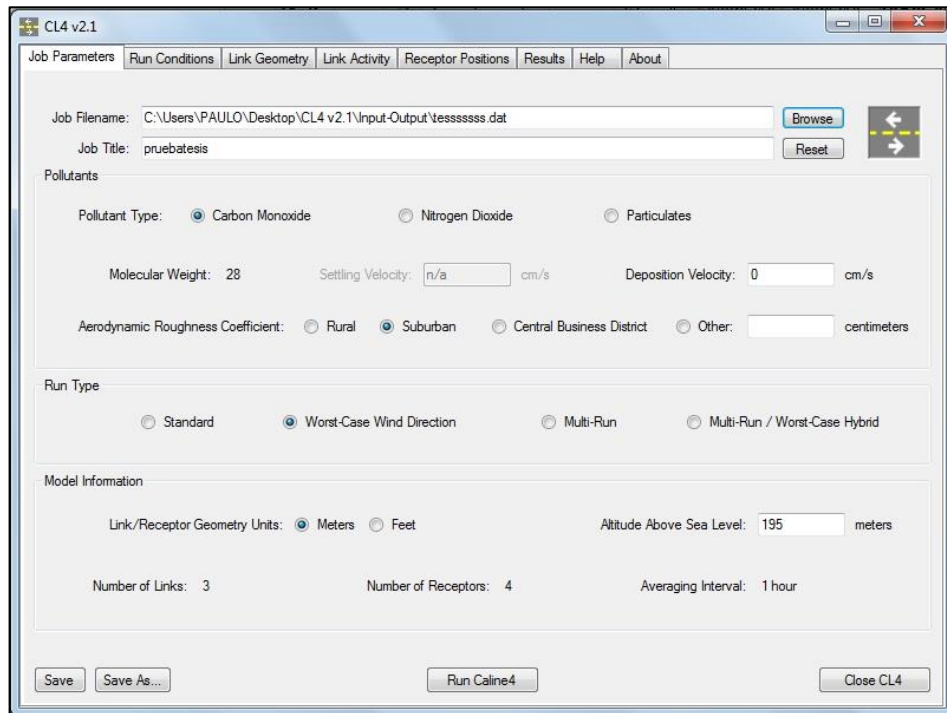
Para determinar la concentración en promedio del Monóxido de Carbono se hará uso del modelo de dispersión de contaminantes de fuente lineal **CALINE4**. En las siguientes páginas se dará a conocer paso a paso el proceso de modelamiento para el Monóxido de Carbono (CO). Cabe resaltar que los procedimientos descritos fueron en base a la guía de usuario: *User's guide for cl4: A user friendly interface for the caline4 model for transportation project impact assessments*. (Coe et al, 1998) propuesto por el departamento de Transportes de California. USA.

3.5.3.1. Parámetros de Trabajo

Parámetros de trabajo es la pestaña en donde contiene información general que identifica las funciones, define los parámetros generales de modelado, y establece las unidades (pies o metros) que se utilizarán como entrada junto a la ubicación en las

pestañas de receptor de posiciones, Geometría de las vías y las actividades referidas al factor de emisión por vía. (Coe et al, 1998)

Figura N° 24 Parámetros de Trabajo (Job Parameters) CALINE4



Fuente: Elaboración propia

Nombre del trabajo: Ahí introducimos la ruta y el nombre en el que se almacenan los datos de entrada. También podemos navegar a la ubicación del archivo después de hacer clic en el botón Examinar.

Título del trabajo: Opcional. Proporciona un espacio para que el usuario introduzca una breve descripción del trabajo, de hasta 40 caracteres de longitud.

Contaminantes: Seleccione un tipo de contaminantes al modelo - Monóxido de Carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), o partículas (PM). Para este caso usaremos el CO a manera de prueba.

Peso molecular: Muestra la entrada de peso molecular para el modelo basado en el contaminante elegido, por defecto nos arroja el valor de 28 los átomos presentes en una molécula de Monóxido de Carbono (CO)

Velocidad de sedimentación: Es la velocidad a la que una partícula cae con respecto a su entorno inmediato. Sólo un valor mayor o igual a cero se puede utilizar en el modelo. Para el presente proyecto de investigación no se asume una velocidad de sedimentación en el CO debido a que el volumen es despreciable, según la ley de Fick. (FICK S. XIX) El volumen real de las moléculas individuales es despreciable en comparación con el volumen total del contenedor, aplicándose para estos casos la dispersión de contaminantes en particular (Coe et al, 1998)

Velocidad de Deposición: Es la velocidad a la que un contaminante puede ser adsorbido o asimilado por una superficie. Este parámetro se puede especificar para todos los contaminantes, pero es opcional y sólo un valor mayor o igual a cero puede ser utilizado en el modelo. Para el presente proyecto de investigación se asignará el valor de 0 por defecto. (Coe et al, 1998)

Coefficiente de Rugosidad Aerodinámica: También conocida como la rugosidad de longitud Davenport-Wieringa. Estas opciones determinan la cantidad de turbulencia de aire local que afecta al penacho de propagación. Este tema se discute por lo general en los libros elementales meteorología. CL4 ofrece las siguientes cuatro opciones para el coeficiente de rugosidad aerodinámica: (Coe et al, 1998)

- Rurales: Coeficiente de Rugosidad = 10 cm
- Suburbano: Coeficiente de Rugosidad = 100 cm

- Zonas Céntricas de comercio: Coeficiente de Rugosidad = 400 cm
- Otros: Usar la tabla a continuación.

Tabla N° 17 Coeficientes de Rugosidad Aerodinámico

Coeficiente de Rugosidad Aerodinámica	Tipo de Terreno
0.002	Mar, áreas pavimentadas, llanura cubierta de nieve, la marea plana, lisa desierto.
0.5	Playas, hielo, marasmo, campos cubiertos de nieve.
3	pradera o agrícolas Campos de hierba, la tundra, los aeropuertos, brezo
10	Las áreas cultivadas con cultivos bajos y obstáculos ocasionales (como arbustos).
25	cultivos altos, con cultivos variados obstáculos, altura dispersos (como árboles o setos), viñedos.
50	campos lejanos mixtos y macizos forestales, de árboles frutales, edificios dispersos
100	cobertura regular con grandes obstáculos, los espacios abiertos más o menos igual al obstáculo alturas, casas de los suburbios, pueblos, bosques maduros.
≥ 200	Centros de las grandes ciudades o ciudades, bosques irregulares con claros dispersos

Fuente: Coe et al, 1998

Tipo de corrida: Las diferentes opciones están asociadas con diferentes tipos de ángulos por hora que el viento genera, El Ángulo del viento es el ángulo entre el enlace de la carretera y la dirección del viento. CALINE4 calcula los ángulos a partir de datos de las fichas Enlace Geometría (*Link Geometry*) y Condiciones de corrida (*Run Conditions*). (Coe et al, 1998)

- Estándar - Calcula 1-hr medias de CO, NO₂, o las concentraciones de PM en los receptores. El usuario debe introducir una dirección del viento en la pestaña Run Conditions.
- Peor Escenario – Se aplica para el cálculo de 1 hora en las concentraciones de CO medias en los receptores. El modelo selecciona ángulos de viento que producen las concentraciones más altas en cada uno de los receptores. Esta es la opción más adecuada para el presente trabajo de investigación.
- Multi-Run - Calcula concentraciones de CO en una media de 8 horas en los receptores. Los ángulos de viento usuario debe introducir para cada hora.
- Multi-Run / híbrido peor de los casos - Calcula las concentraciones de CO promedio de 8 horas en los receptores. El modelo selecciona ángulos de viento que producen las concentraciones más altas de CO en cada uno de los receptores.

Para el presente proyecto de investigación se usará el peor escenario ya que es la opción más acertada según diversos modeladores en zonas urbanas de baja densidad de información. (BUITRAGO et al. 2003)

Modelo de Información: Proporciona información resumida de modelado para mayor comodidad y garantía de calidad.

- Unidades de Enlace / receptor de Geometría: Selecciona metros o pies para definir la altitud y la geometría de enlaces viales y las posiciones de los receptores. Esta opción sólo afecta a la altitud sobre el nivel del mar y los datos que se muestran en las pestañas *Receptor Positions* y *link Geometry*. Los factores de emisión siempre se definen en términos de gramos por milla.(g/mi) (Coe et al, 1998)

- La altitud sobre el nivel del mar: Define la altura sobre el nivel medio del mar. La altitud se utiliza en la conversión en masa de la concentración a volumétrico (ppm). Este valor debe estar entre cero y 10.000 metros (32,808 pies).

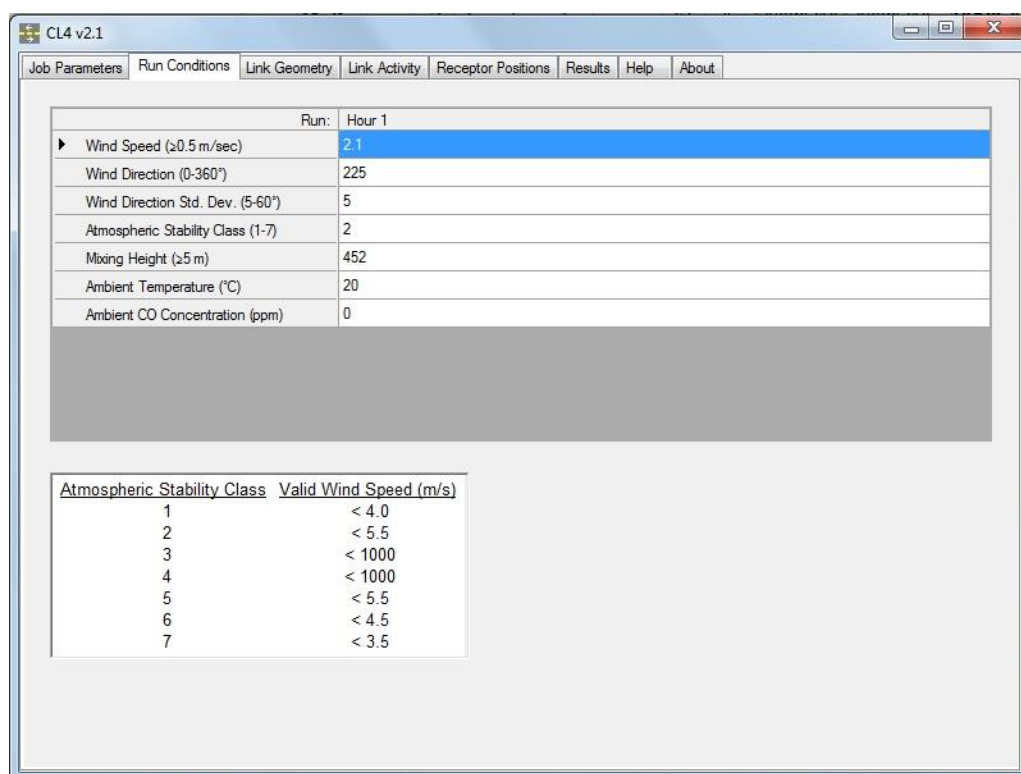
La altura en la zona calculada con un GPS Garmin y apoyada con la data meteorológica es de 258 +/- 1.2 m.s.n.m.

- Número de Enlaces: Se refieren al número de vías a analizar en este caso se analizarán 5 avenidas que circunscriben la zona de estudio (Av. Los Eucaliptos, Jr. Roberto Santucho, Av. Ruiseñores, Av. Los Chancas, Av. Santiago de Chuco)
- El número de receptores: El número total de receptores que el usuario ha definido en la ficha del receptor de Posiciones. Referidos principalmente a los puntos generados en una malla, los cuales serán trasladados al ARCGIS para su mejor visualización.
- Intervalo de promedio: Indica si el usuario ha optado por calcular 1-hr u 8 hr concentraciones medias en los receptores. En este caso se analizarán datos de una hora debido a la falta de estaciones automáticas (sólo se cuenta 1 que es del SENAMHI, ver anexo 02)

3.5.3.2. Condiciones de Ejecución

La pestaña condiciones de ejecución contiene los parámetros meteorológicos necesarios para ejecutar CALINE4. Los usuarios deben emplear las peores condiciones meteorológicas que pueden anticiparse a la ubicación del proyecto. Para el caso se tomaron informaciones de los puntos de muestreo analizados en las estaciones de Servicio y de la información del SENAMHI.

Figura N° 25 Condiciones de Ejecución – CALINE4



Fuente: Elaboración propia

Velocidad del viento: Expresado en metros por segundo (m / s). Se recomienda que se trabaje con información asociada al peor de los casos sobre la base de la información total, El valor mínimo que permite el modelo CALINE4 es de 0.5 m/s. Como alternativa, la EPA (1992) recomienda un valor de 1 m/s (3.6 km/h) como la velocidad del viento para el peor de los casos. Para el presente estudio se tomarán informaciones pertinentes de las horas y las zonas de estudio.

Dirección del viento: La dirección desde la que sopla el viento, medido en grados en sentido horario desde el norte (0 = norte, 90 = este, 180 = sur, 270 = oeste).

Desviación Estándar de la dirección del viento: La desviación estándar de la dirección del viento, a veces se denomina "theta sigma." La siguiente tabla a continuación proporciona una guía para especificar esta opción. CALINE4 requiere

este rango de valores de entre 5 y 60 grados. La Desviación Estándar es hallada por promedios evaluados de la Estación Humboldt. Ver Anexo 03 Meteorología Estación Humboldt – SENAMHI. La Tabla N° 18 muestra como alternativa la asignación de la desviación Estándar en peores escenarios para el uso del CALINE4.

Tabla N° 18 Factores meteorológicos para peores escenarios para la estimación de las concentraciones de CO 1-hr.

Periodo de tiempo	Localización geográfica	Velocidad del viento (m/s)	Desviación Estándar	Clase de Estabilidad	Ajuste de temperatura
Mañana 6 - 10 a.m	Costero	0.5	10	G (7)	+5°F
	Valle costera	0.5	20	G (7)	+5°F
	Valle central	0.5	5	G (7)	+5°F
	Montaña	0.5	30	G (7)	+5°F
Medio día 10 am a 5 pm	Costero	1.0	25	D (4)	+10°F
	Valle costera	9.6	30	D (4)	+10°F
	Valle central	0.5	20	D (4)	+10°F
	Montaña	0.9	30	D (4)	+10°F
Tarde 5 - 09 p.m	Costero	0.5	10	G (7)	+5°F
	Valle costera	0.5	10	G (7)	+5°F
	Valle central	0.5	5	G (7)	+5°F
	Montaña	0.5	30	G (7)	+5°F
Noche 9 pm - 06 a.m	Costero	0.5	5	G (7)	+0°F
	Valle costera	0.5	15	G (7)	+0°F
	Valle central	0.5	10	G (7)	+0°F
	Montaña	0.5	20	G (7)	+0°F

Fuente: Coe et al, 1998

Clase de Estabilidad atmosférica: La estabilidad atmosférica tal como se explicó en el capítulo II bases Teóricas, Pasquill Gifford (1961) propone tipos de estabilidades atmosféricas respecto a velocidad y alturas de capas de Mezcla, en el presente trabajo de investigación se calcula el promedio de 2.1 m/s de velocidad del viento, asociando a ello, atmosferas inestables (tipo B) en el día y atmosferas estables (tipo F) en la noche. (Coe et al, 1998).

Tabla N° 19 Estabilidades Atmosféricas Pasquill Gifford

Momentos del día	Velocidad del viento	Clase de Pasquill (Estabilidad atmosférica)	Altura de mezcla (m.)
Día (Alta insolación)	0-2 m/s	A (muy inestable)	1600
	2-3 m/s	B (inestable)	1200
	3-5 m/s	C (ligeramente inestable)	800
	> 5 m/s	D (Neutra)	560
Día (Baja insolación)	0-2 m/s	B	1200
	2-3 m/s	C	800
	3-5 m/s	D	560
	> 5 m/s	D	560
Noche	0-2 m/s	F (Estable)	200
	2-3 m/s	F	200
	3-5 m/s	E (Ligera estabilidad)	320
	> 5 m/s	D (Neutra)	560

Fuente: Coe et al, 1998

Altura de Mezcla: La altura a la que la turbulencia térmica se produce debido al calentamiento solar de la planta. Los valores razonables de la altura del peor caso de mezcla rara vez tienen un impacto significativo en los resultados del modelo CALINE4. (Coe et al, 1998)

Temperatura ambiente: Se necesita la temperatura ambiental del aire para convertir masa a la concentración volumétrica. La temperatura Ambiente se elegirá según la información del SENAMHI y los resultados de los monitoreos en las Estaciones de Servicio.

3.5.3.3. Geometría de las vías

En la pestaña Geometría de vías se introducirán las coordenadas cartesianas (x,y) de las vías a modelar, a diferencia de otros programas como el AERMOD o el MOVES, el CALINE4 necesita de la información de entrada de vías mediante el uso de puntos

específicos, la representación de los contaminantes se hará en base a plantillas de ARCGIS. Para el presente trabajo de investigación, como se mencionó en la pestaña *Job Parameters*, el modelado de los contaminantes estará enfocado a que la zona es considerada como un centro de negocios asociado a las estructuras y/o viviendas aledañas a la zona. Este apartado fue de gran influencia para la elección de la zona de estudio (consistencia de la información, nivel de estructuras). En la Figura N 26 se muestra la introducción de información sobre las vías en el modelo CALINE4.

Las vías a analizar son

A: Av. Santiago de Chuco

D: Jr. Roberto Santucho

B: Av. Ruiseñores

E: Av. Los Eucaliptos

C: Av. Los Chancas

Figura N° 26 Modelado de vías a analizar

Link Description	Link Type	X1	Y1	X2	Y2	Link Height	Mixing Zone Width	Canyon/Bluff Mix Left	Canyon/Bluff Mix Right
A	At-Grade	0	0	210	-93.5	0	16	0	0
B	At-Grade	210	-93.5	97.52	210.24	0	16	0	0
C	At-Grade	97.52	210.24	1207	666	0	16	0	0
D	At-Grade	0	0	54.8	-144.9	0	10	0	0
E	At-Grade	54.8	-144.9	210	-93.5	0	12	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Tipo de enlace: El usuario debe seleccionar una de las siguientes cinco opciones para definir el tipo de vía que representa cada enlace.

- **A-Grado:** Para los enlaces a-nivel, CALINE4 no permite que la columna de humo se mezcle debajo del nivel del suelo, que se supone debe de estar a una altura cercana al cero. Esto será usado debido a las condiciones del lugar por ser ambientes no tan abiertos como lo son las carreteras (BUITRAGO, 2003).

Capa de la Zona de Mezcla: zona de mezcla se define como la anchura de la calzada, además de 3 metros a cada lado. El valor mínimo permitido es de 10 metros, o 32,81 pies. También debe ser mayor que o igual a la longitud del enlace. Para el caso de las avenidas a modelar, se insertaron los valores medidos con cinta métrica.

3.5.3.4. Actividad Vial

En esta pestaña se deberá introducir los valores de tráfico vehicular (vph) y Factores de Emisión (g/mi) de los vehículos, para ello se realizaron aforos vehiculares en las vías de Estudio.

FACTOR DE EMISIÓN

Los tipos de autos contados en los aforos vehiculares realizados fueron tomados en base a la Metodología MODEM usada también en el inventario de Emisiones COSAC I (Metropolitano, Lima).

La metodología general para estimar las emisiones vehiculares en ruta consiste en estimar los niveles de actividad de las diferentes categorías vehiculares y asociarle a cada una de ellas un nivel de emisión promedio (factor de emisión) Para los vehículos motorizados, el nivel de actividad es representado básicamente por el

kilometraje recorrido por el vehículo en el tiempo y área donde se desarrolla el inventario, mientras que los factores de emisión se expresan en unidades de gramos por kilómetro recorrido, los que generalmente son altamente dependientes de la velocidad media de circulación en la vía respectiva. (Deuman International & Walsh, 2005).

$$E_i = \sum_k \text{Nivel de Actividad}(k) * FE(k)$$

E_i = Emisiones de gramos de contaminantes considerado.

Nivel de actividad = Nivel de actividad de la categoría vehicular k

$FE(k)$: Factor de emisión del contaminante i para la categoría k evaluada [g/km]

Dentro de los Vehículos analizados están los siguientes:

- Vehículo liviano
- Taxi
- Camión liviano (furgoneta)
- Microbús (couster, combi)
- Bus
- Camiones pesados
- Motos (lineales, mototaxis, etc.)

Los factores de emisiones a utilizar serán los planteados en el estudio Base Line Emission Factors from Mobile Sources in Lima-Callao, desarrollado por MTC AB, Haninge, Suecia, Octubre 2002, financiado por World Bank Contract, para Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima – Callao. El motivo principal para esta selección es que este estudio realiza una adaptación de los factores entregados por el modelo COPERT a la realidad local de Lima, el mismo criterio se utilizó en Santiago de Chile (MODEM) para la generación de los factores de emisión actualmente en uso. (Deuman International & Walsh, 2005).

Tabla N° 20 Fórmulas para cálculo de Factores de Emisión de Monóxido de Carbono (CO)

VEHÍCULOS	F.E (g/km)
Vehículo liviano	$6.60218 - 0.15623xV + 0.00137xV^2$
Taxi	$14.0641 - 0.151xV + 0.000957xV^2$
Camión liviano (furgoneta)	$69.347 - 1.5132xV + 0.01104xV^2$
Microbús (couster, combi)	$3.29 - 0.00256xV + 0.0002xV^2$
Bus	$93.2xV^{-0.6945}$
Camiones pesados	$74.56xV^{-0.6945}$
Motos (lineales, mototaxis, etc.)	$18.1 + 0.172xV - 0.001xV^2$

Fuente: Deuman International & Walsh, 2005

Los Aforos fueron realizados en las avenidas: Av. Los Eucaliptos, Jr Roberto Santucho, Av. Ruiseñores, Av. Los Chancas y Av. Santiago de Chuco en el distrito de Santa Anita, para la cual se contó con personal de apoyo.

Fotografía N° 4 Realización de Aforos Vehiculares con personal de apoyo



Fotografía N° 5 Aforos Vehiculares



Los aforos Vehiculares se realizaron de la siguiente manera:

Aforo Diurno entre las 7 a.m. a 9 a.m.

Aforo Nocturno entre las 6 p.m. a 8 p.m.

Debido al alto tráfico que se genera en la zona se tomaron dichas horas.

Las tablas N° 21, 22, 23 y 24 muestran los resultados de los aforos vehiculares. (Ver Anexo 04 Aforos Vehiculares).

**Tabla N° 21 Aforo Vehicular promedio para el mes de Marzo del 2016
(vehículos por hora)**

	AV. LOS EUCALIPTOS	JR. ROBERTO SANTUCHO	AV. RUISEÑORES	AV. LOS CHANCAS	AV. SANTIAGO DE CHUCO
VEHÍCULO LIVIANO	385	327	448	552	847
TAXI	262	221	486	672	571
CAMIÓN LIVIANO (FURGONETA)	117	103	130	169	233

	AV. LOS EUCALIPTOS	JR. ROBERTO SANTUCHO	AV. RUISEÑORES	AV. LOS CHANCAS	AV. SANTIAGO DE CHUCO
MICROBÚS (COUSTER, COMBI)	825	40	660	530	26
BUS	54	13	37	30	14
CAMIONES PESADOS	119	19	44	76	146
MOTOS (LINEALES, MOTOTAXIS, ETC.)	330	412	334	290	358
TOTAL	2090	1133	2137	2317	2193

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 22 Aforo Vehicular promedio para el mes de Abril del 2016 (vehículos por hora)

	AV. LOS EUCALIPTOS	JR. ROBERTO SANTUCHO	AV. RUISEÑORES	AV. LOS CHANCAS	AV. SANTIAGO DE CHUCO
VEHÍCULO LIVIANO	395	345	444	560	871
TAXI	272	217	467	650	546
CAMIÓN LIVIANO (FURGONETA)	123	94	136	175	232
MICROBÚS (COUSTER, COMBI)	801	31	684	518	21
BUS	46	10	41	31	13
CAMIONES PESADOS	116	22	49	81	153
MOTOS (LINEALES, MOTOTAXIS, ETC.)	311	381	329	267	325
TOTAL	2063	1099	2149	2281	2159

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 23 Aforo Vehicular promedio para el mes de Setiembre del 2016
(vehículos por hora)**

	AV. LOS EUCALIPTOS	JR. ROBERTO SANTUCHO	AV. RUISEÑORES	AV. LOS CHANCAS	AV. SANTIAGO DE CHUCO
VEHÍCULO LIVIANO	404	336	428	565	862
TAXI	279	225	492	659	574
CAMIÓN LIVIANO (FURGONETA)	127	94	147	186	255
MICROBÚS (COUSTER, COMBI)	820	41	697	566	22
BUS	59	14	56	35	21
CAMIONES PESADOS	141	23	71	89	154
MOTOS (LINEALES, MOTOTAXIS, ETC.)	305	366	298	298	342
TOTAL	2135	1098	2187	2396	2229

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 24 Aforo Vehicular promedio para el mes de Diciembre del 2016
(vehículos por hora)**

	AV. LOS EUCALIPTOS	JR. ROBERTO SANTUCHO	AV. RUISEÑORES	AV. LOS CHANCAS	AV. SANTIAGO DE CHUCO
VEHÍCULO LIVIANO	371	341	450	609	894
TAXI	284	262	520	635	532
CAMIÓN LIVIANO (FURGONETA)	147	106	152	184	259

MICROBÚS (COUSTER, COMBI)	793	61	715	583	44
BUS	50	18	25	52	35
CAMIONES PESADOS	160	16	42	59	142
MOTOS (LINEALES, MOTOTAXIS, ETC.)	328	331	323	266	320
TOTAL	2132	1133	2225	2387	2225

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido los promedios de aforos vehiculares se procede a ponderar la cantidad de vehículos con los Factores de Emisión, dando como resultados Factores de Emisión según tipo de Vehículos como presenta la siguiente tabla.

Tabla N° 25 Factores de Emisión de Monóxido de Carbono (CO) promedio mes de Marzo del 2016 (g/mi)

VEHÍCULOS	FACTORES DE EMISIÓN (g/mi)				
	AV. LOS EUCALIPTOS	JR. ROBERTO SANTUCHO	AV. RUISEÑORES	AV. LOS CHANCAS	AV. SANTIAGO DE CHUCO
VEHÍCULO LIVIANO	1.19	1.86	1.36	1.54	2.50
TAXI	2.30	3.58	4.17	5.32	4.78
CAMIÓN LIVIANO (FURGONETA)	3.90	6.32	4.24	5.10	7.41
MICROBÚS (COUSTER, COMBI)	2.10	0.19	1.64	1.22	0.06
BUS	0.48	0.22	0.32	0.24	0.12
CAMIONES PESADOS	0.85	0.24	0.31	0.49	0.99
MOTOS (LINEALES, MOTOTAXIS, ETC.)	5.37	12.35	5.31	4.26	5.55

VEHÍCULOS	FACTORES DE EMISIÓN (g/mi)				
	AV. LOS EUCALIPTOS	JR. ROBERTO SANTUCHO	AV. RUISEÑORES	AV. LOS CHANCAS	AV. SANTIAGO DE CHUCO
TOTAL (g/mi)	16.19	24.78	17.35	18.16	21.41

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 26 Factores de Emisión de Monóxido de Carbono (CO) promedio mes de Abril del 2016(g/mi)

VEHÍCULOS	FACTORES DE EMISIÓN (g/mi)				
	AV. LOS EUCALIPTOS	JR. ROBERTO SANTUCHO	AV. RUISEÑORES	AV. LOS CHANCAS	AV. SANTIAGO DE CHUCO
VEHÍCULO LIVIANO	1.24	2.03	1.34	1.59	2.61
TAXI	2.42	3.63	3.99	5.23	4.64
CAMIÓN LIVIANO (FURGONETA)	4.17	5.95	4.42	5.35	7.50
MICROBÚS (COUSTER, COMBI)	2.06	0.15	1.69	1.21	0.05
BUS	0.42	0.17	0.36	0.25	0.11
CAMIONES PESADOS	0.84	0.30	0.34	0.53	1.06
MOTOS (LINEALES, MOTOTAXIS, ETC.)	5.13	11.78	5.20	3.98	5.11
TOTAL (g/mi)	16.28	24.00	17.34	18.14	21.08

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 27 Factores de Emisión de Monóxido de Carbono (CO) promedio mes de Setiembre del 2016 (g/mi)

VEHÍCULOS	FACTORES DE EMISIÓN (g/mi)				
	AV. LOS EUCALIPTOS	JR. ROBERTO SANTUCHO	AV. RUISEÑORES	AV. LOS CHANCAS	AV. SANTIAGO DE CHUCO
VEHÍCULO LIVIANO	1.22	1.98	1.26	1.53	2.50
TAXI	2.40	3.76	4.13	5.05	4.73

CAMIÓN LIVIANO (FURGONETA)	4.16	5.95	4.68	5.43	7.98
MICROBÚS (COUSTER, COMBI)	2.04	0.20	1.70	1.26	0.05
BUS	0.51	0.24	0.47	0.27	0.18
CAMIONES PESADOS	0.99	0.31	0.48	0.55	1.03
MOTOS (LINEALES, MOTOTAXIS, ETC.)	4.86	11.34	4.63	4.22	5.22
TOTAL (g/mi)	16.19	23.78	17.37	18.31	21.69

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 28 Factores de Emisión de Monóxido de Carbono (CO) promedio mes de Diciembre del 2016 (g/mi)

VEHÍCULOS	FACTORES DE EMISIÓN (g/mi)				
	AV. LOS EUCALIPTOS	JR. ROBERTO SANTUCHO	AV. RUISEÑORES	AV. LOS CHANCAS	AV. SANTIAGO DE CHUCO
VEHÍCULO LIVIANO	1.12	1.95	1.31	1.65	2.60
TAXI	2.45	4.24	4.29	4.88	4.39
CAMIÓN LIVIANO (FURGONETA)	4.82	6.51	4.76	5.37	8.12
MICROBÚS (COUSTER, COMBI)	1.98	0.29	1.71	1.30	0.11
BUS	0.44	0.29	0.21	0.41	0.29
CAMIONES PESADOS	1.12	0.21	0.28	0.37	0.95
MOTOS (LINEALES, MOTOTAXIS, ETC.)	5.23	9.93	4.94	3.79	4.88
TOTAL (g/mi)	17.16	23.41	17.49	17.77	21.35

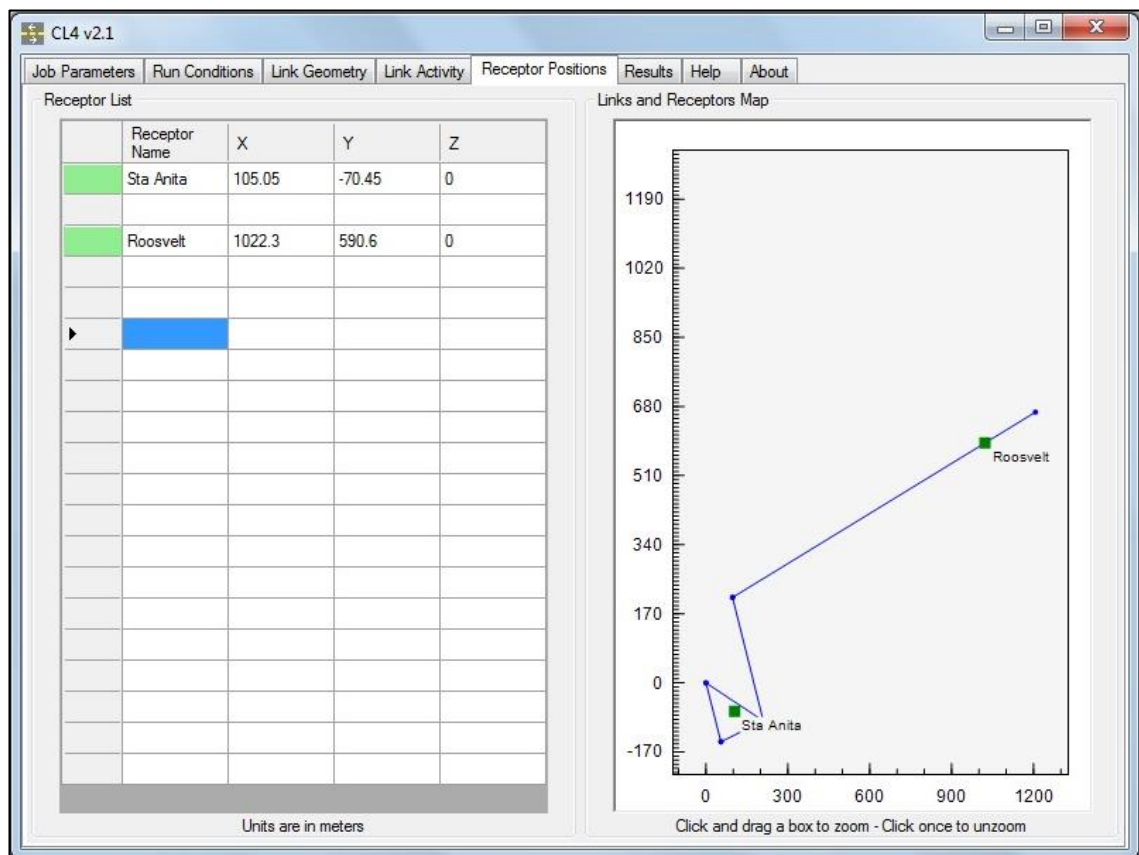
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los vehículos por hora (vph) y Factor de Emisión para las Avenidas Av. Los eucaliptos, Jr. Roberto santucho, Av. Ruiseñores , Av. Los chancas y Av.

3.5.3.5. Posiciones del Receptor

En la pestaña Receptor Positions se asignarán los puntos donde se cuenta con información de concentración de Monóxido de Carbono: EE.SS. ROOSVELT y Estación Santa Anita del SENAMHI. tal como se ve en la Figura N° 28 introduciendo los puntos de análisis en el modelo CALINE4.

Figura N° 28 Ubicación de los receptores



Fuente: Elaboración propia.

3.5.4. Determinación de la eficacia del modelo de dispersión atmosférico mediante uso de indicadores estadísticos

3.5.4.1. Indicador Estadístico BIAS:

Es un indicador que mide la diferencia entre la media de valores reales y modelados (PIELKE, 1984) este método determinará si el resultado de las modelaciones subestima o sobrestima la concentración del CO (CHANDRASEKAR, 2003)

$$BIAS: \sum_1^n (S_i - m_i) / n$$

S_i : valor estimado del modelo

m_i : valor observado

n: Número de datos

Si “BIAS<0”, la salida del modelo presenta valores menores que el medido, por lo tanto subestima.

Si “BIAS>0”, la salida del modelo presenta valores mayores que el medido, por lo tanto sobrestima.

3.5.4.2. Error Relativo

Aparte del indicador estadístico BIAS se usará también el error relativo en donde la diferencia entre valores reales y modelados se expresará en porcentajes. Las concentraciones medidas para el CO no deberán superar el 20%, (GARCÍA, 2000) para considerar al modelo válido.

$$Error\ relativo: 100 \left(\frac{S_i - m_i}{m_i} \right) \quad (\%)$$

S_i : valor estimado del modelo

m_i : valor observado

3.5.5. Análisis Espacial de Resultados

Para la distribución Espacial de las concentraciones modeladas se hará uso del ARCGIS 10.3 los cuales serán representados en mapas.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Ubicación

El área de Estudio comprende las vías: Av. Santiago de Chuco, Av. Los Ruiseñores, Av. Los Chancas, Av. Los Eucaliptos y Jr. Roberto Santucho en el distrito de Santa Anita de la provincia y Departamento de Lima, Perú. (Ver Mapa 01 Mapa de Ubicación del distrito de Santa Anita).

El área de estudio se ubica en el Distrito de Santa Anita, Provincia y Departamento de Lima, Perú. La cual limita Por el Norte con El Agustino, intersectando en la Av. Circunvalación y la planta de tratamiento Atarjea, Por el Norte y Este : Con Ate, el cerca a la Urb. Ceres, llegando al cruce con la Carretera Central, Por el Sureste y Sur : Con Ate, intersectando la Carretera Central con la Av. Circunvalación, Por el Suroeste, Oeste y Norte con El Agustino, límite con el eje de la Av. Circunvalación, hasta el cruce con el Jirón Los Nogales hacia el cerro el Agustino, hasta las Av. Mariátegui, Circunvalación, hasta su cruce con la Av. La Atarjea.

4.1.1. Localización Geográfica

El área de estudio se encuentra delimitada por las vías: Av. Santiago de Chuco, Av. Los Chancas, Av. Los Eucaliptos, Av. Los Ruiseñores y el Jr. R. Santucho con las siguientes coordenadas de la Tabla N° 29:

Tabla N° 29 Coordenadas de las vías del área de estudio

VIAS	Coordenadas UTM WGS- 84	
	ESTE	SUR
Av. Santiago de Chuco	285 197 E	8 666 802 S
	285 533 E	8 667 879 S
Av. Los chancas	285 404 E	8 668 189 S
	286 508 E	8 668 662 S
Av. Los eucaliptos	285 241 E	8 667 764 S
	285 533 E	8 667 879 S
Av. Los Ruiseñores	285 400 E	8 668 186 S
	285 533 E	8 667 879 S
Jr. R. Santucho	285 312 E	8 667 972 S
	285 376 E	8 667 824 S

Fuente: Elaboración propia

4.2. Diagnóstico Físico

4.2.1. Geomorfología

El distrito de Santa Anita cuenta con una extensión territorial de 10.62 km², La geomorfología es de preponderancia urbana impactada por el asentamiento de viviendas y centros comerciales.

4.2.2. Climatología

Hidrología

Dentro de la hidrografía el distrito cuenta solamente con el Río Surco que es canal de regadío para las áreas verdes del Distrito de Santa Anita.

El canal nace por el río Rímac, en el distrito de Ate, recorre alrededor de 17 distritos, teniendo mayor cobertura en distritos como Santiago de Surco, Chorrillos, San Borja y desagua en el océano Pacífico, por la playa la Chira, en Chorrillos. Tiene una longitud de 29.7 kilómetros y un caudal promedio de 1- 1.5 m³/s.

Precipitación

La Precipitación promedio en el distrito de Santa Anita es de 0.06 mm. Se analizaron todos los meses del año 2016. Ver tabla N° 30

Tabla N° 30 Distribución de valores de Precipitación promedio mensual – Año 2016

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PRECIPITACIÓN (mm.)	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: SENAMHI

Humedad Relativa

El promedio de Humedad relativa en el distrito de Santa Anita es de 76.7 %. Se analizaron todos los meses del año 2016. Ver tabla N° 31

Tabla N° 31 Distribución de valores de Humedad Relativa promedio mensual – Año 2016

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
HUMEDAD RELATIVA (%)	72.4	70.9	68.8	74.1	78.1	83.1	82.6	83.4	81.2	77.4	74.5	73.7

Fuente: SENAMHI

Temperatura

La Temperatura promedio en el distrito de Santa Anita es de 20.03°C con una mínima promedio de 15.91 ° C y una máxima promedio de 25.19 °C (SENAMHI) Se analizó todos los meses del año 2016. Ver tabla N° 32.

Tabla N° 32 Distribución de Temperaturas promedio mensuales para el distrito de Santa Anita – Año 2016

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA (°C)	23.4	25.2	25.2	22.5	19.6	16.8	16.4	15.9	16.7	17.8	19.3	21.3

Fuente: SENAMHI

Velocidad y Dirección del viento

La Velocidad del viento promedio en el distrito de Santa Anita es de 2.47 m/s con una dirección de viento predominante de WSW. Se analizaron todos los meses del año 2016. Ver tabla N° 33.

Tabla N° 33 Distribución de Velocidad promedio mensuales de Velocidad del Viento para el distrito de Santa Anita – Año 2016

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	2.64	2.66	2.32	2.07	1.69	1.70	2.19	2.24	2.80	3.17	3.18	2.99

Fuente: SENAMHI

4.2.3. Suelos

La distribución de tipo de uso de suelos en la zona de estudio es de preponderancia comercial así como se ve en el siguiente Corema de la Figura N° 29.

Figura N° 29 Tipos de Uso de Suelo en zona de estudio



Fuente: Municipalidad de Santa Anita

ZRP: Zona de recreación Pública

CZ: Comercio Zonal

CV: Comercio Vecinal

E1: Educación Básica

E3: Educación Superior Universitaria

RDM: Residencial de Densidad Media

OU: Otros Usos

I2: Industria Liviana

4.2.4. Biodiversidad

Flora y Fauna

La flora y la fauna del área es restringida en relación a las características ecológicas de tipo desértico desecado subtropical; las escasas precipitaciones del medio hacen casi imposible que en el área exista flora o fauna naturales. El entorno biológico está caracterizado por la presencia de plantas y animales domésticos propios de las zonas debido a la alta influencia de construcciones urbanas.

4.3. Diagnóstico Socioeconómico

4.3.1. Estructura y Densidad Poblacional

Las bases poblacionales del Distrito de Santa Anita muestran características particulares con respecto al promedio de Lima Metropolitana, El 17% son niños menores de 10 años, el 8% representa a adolescentes de 9 a 14 años, el 23% representa a jóvenes de 15 a 29 años, el 35% representa a adultos de 30 a 59 años y el 7% representa a ancianos de 60 años a más. La estructural por sexo está constituida por 49.72% de población masculina y 50.28% de población femenina. (INEI, Censo de Población Nacional X Población y V de Vivienda, 2007)

4.3.2. Crecimiento Poblacional

Desde 1990 hasta la fecha, la Población de Santa Anita evolucionó lentamente

representando actualmente el 2.07% (160,777 hab.) de la población total de Lima Metropolitana (7'765,151 hab.). Y el 0.59% de la Población Nacional (27'219,264).

En los últimos años la tasa de crecimiento promedio anual ha disminuido en forma sistemática. De 3.32% observado en el periodo 1990 – 1995 a 1.97 en el periodo 2000 – 2005, como consecuencia de una significativa reducción de la fecundidad y de la mortalidad, La tasa de crecimiento de Lima metropolitana se encuentra en 1.98% observado en el periodo 1981 – 1993 a 1.69% en el periodo 1993 – 2005 y en 1.4% para los años 2005 –2016. (Municipalidad distrital de Santa Anita, 2006).

4.3.3. Índice de Desarrollo Humano

En el informe sobre el desarrollo en el Perú 2005 del Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD), se considera a Santa Anita en el puesto 36 entre los 1830 distritos de todo el País. Ver Tabla N° 34.

Tabla N° 34 Factores de Índice de Desarrollo Humano – Santa Anita

Distrito	Índice de Desarrollo Humano	Esperanza de vida al Nacer	Alfabetismo	Ingreso Familiar Per Cápita
Santa Anita	0.6934	75.8	97.5	637.2

Fuente: Municipalidad distrital de Santa Anita, 2006

En la Tabla anterior, indica que el índice de desarrollo Humano (IDH), en Santa Anita es de 0.6934, siendo este un índice de medida del desarrollo humano, así mismo la tasa de alfabetismo es de 97.5%, es decir 2.5% de la población de 15 años a más del distrito de Santa Anita no saben leer ni escribir, la esperanza de vida es de 75.8 años. (Municipalidad distrital de Santa Anita, 2006).

4.3.4. Salud

Según fuentes del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2007) a través de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG), Santa Anita tiene una desnutrición aproximada de 11% y pobreza de 37%, bajo estos indicadores es necesario programar las metas de presupuesto por resultados. (INEI, 2007)

4.3.5. Agua y desagüe

De acuerdo a los resultado del censo Nacional de población y Vivienda 2005 el 97.11% de los hogares del distrito de Santa Anita cuentan con servicios higiénicos dentro de las viviendas conectadas a la red pública de los cuales el 78.20% por instalaciones dentro de la vivienda y el 18.92% acceden fuera de la vivienda pero dentro del edificio en el que se encuentra ubicada la vivienda, y el 0.22% hacen uso de pozo séptico, el 0.61% hacen uso de pozo ciego o negro / letrina. (INEI, 2007)

4.3.6. Alumbrado eléctrico

El 99.03% de los hogares del distrito de Santa Anita cuentan con acceso de electricidad de red pública, el resto de los hogares que representan el 0.97% tienen otro tipo de alumbrado. (INEI, 2007)

4.3.7. Aspecto Cultural:

El distrito de Santa Anita cuenta con:

- La Huaca Bellavista ubicada en la Urb. Alameda de Ate.
- La Huaca Perales (Zona arqueológica Perales), ubicada en la Coop. de Vivienda Universal.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1. Determinación de Monóxido de Carbono

- La determinación de la concentración de Monóxido de Carbono se llevó a cabo mediante la recolección de información del SENAMHI (Estación Santa Anita) y monitoreos en la Estación de Servicio ROOSVELT (Ver Anexo 01 Resultados de laboratorio), las fechas se escogieron en base a los compromisos ambientales asumidos por la estación de servicios en supervisión de mi persona. La tabla N° 35 muestra el resumen de las concentraciones de CO para 4 días analizados.

Tabla N° 35 Concentraciones de Monóxido de Carbono para 4 días analizados

ESTACIONES	Monóxido de Carbono (CO) ug/m ³			
	22-mar	01-abr	23-sep	06-dic
ESTACIÓN DE SERVICIO ROOSVELT	3857.41	1481.25	1229.63	*
ESTACIÓN SANTA ANITA- SENAMHI	1072.8	940.9	468.57	857.14

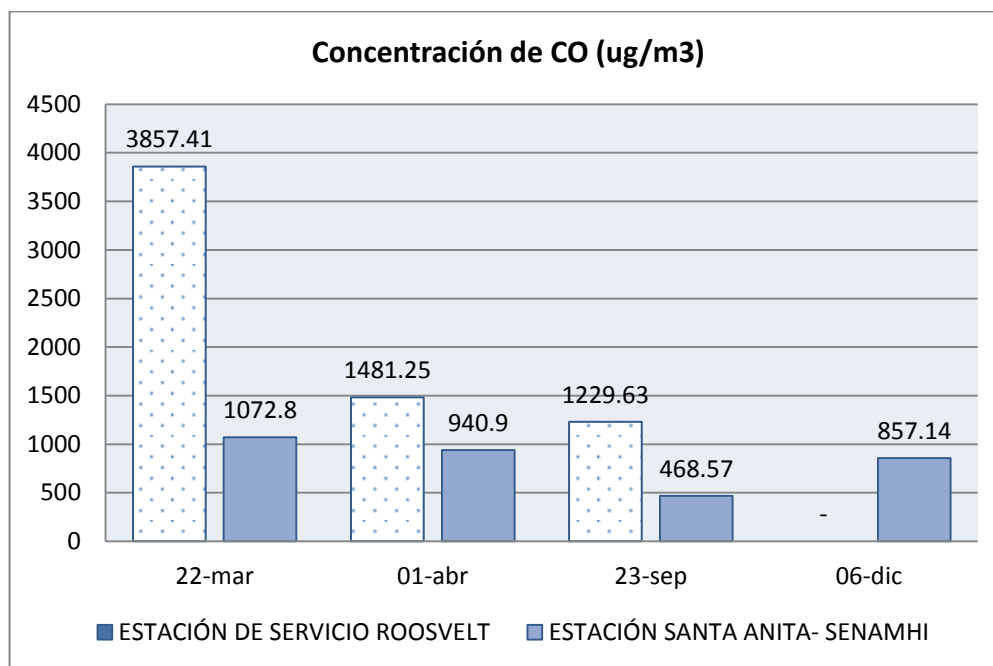
Fuente: Elaboración propia (*) No se cuenta con información – Año 2016

Como se aprecia en la Tabla N° 34 muestra el resumen de los valores promedio en un día para los meses de Marzo, Abril, Setiembre y Diciembre, Los valores más altos se dan en la estación de Servicio ROOSVELT para el 22 de Marzo con 3857.41 ug/m³, debido a la dirección del viento Sur-Oeste predominante en la zona de estudio y a la baja velocidad de los vientos, esto relacionado a la variabilidad estacionaria siendo para el día 23 de setiembre una concentración mucho más baja en la estación

Santa Anita (SENAMHI) con 468.57 ug/m^3 muy relacionado a vientos de mayor magnitud. Tal como se observa en la Tabla N° 32 vientos promedio mensual.

La distribución de concentración se aprecia en la Figura N° 30.

Figura N° 30 Distribución de Concentraciones de Monóxido de Carbono para 4 días analizados



Fuente: Elaboración propia – Año 2016

- A su vez también se evaluará información de promedios mensuales de Monóxido de Carbono del año 2016 de la estación Santa Anita (SENAMHI), como se puede apreciar en la Tabla N° 35 la mayor concentración promedio mensual se obtiene para el mes de Mayo con 1178 ug/m^3 , y la concentración más baja se obtuvo para el mes de Octubre con 485.7 ug/m^3 . Ver tabla N° 36 Concentraciones promedio mensuales de CO año 2016.

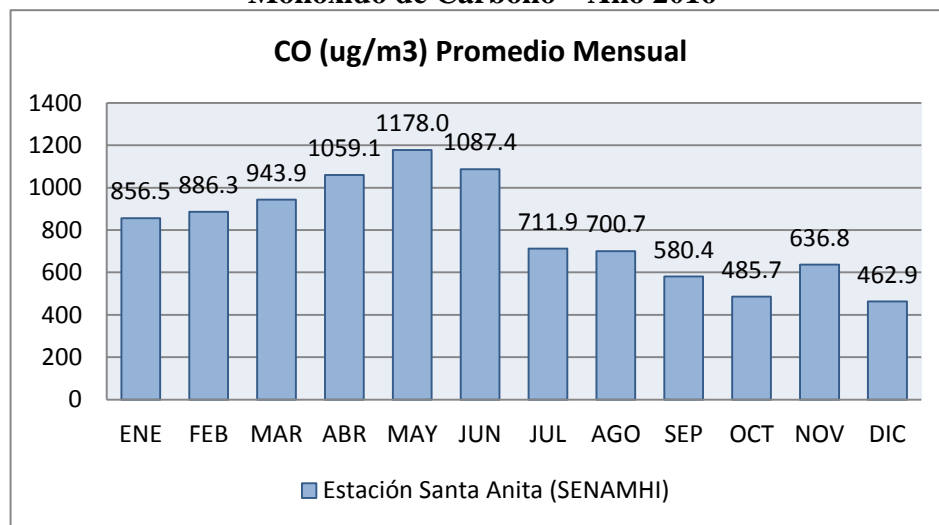
Tabla N° 36 Concentraciones promedio mensuales de Monóxido de Carbono – Año 2016

MES	Estación Santa Anita (SENAMHI)
ENERO	856.5
FEBRERO	886.3
MARZO	943.9
ABRIL	1059.1
MAYO	1178.0
JUNIO	1087.4
JULIO	711.9
AGOSTO	700.7
SEPTIEMBRE	580.4
OCTUBRE	485.7
NOVIEMBRE	636.8
DICIEMBRE	462.9

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento de la concentración del Monóxido de Carbono, definitivamente, obedece a la periodicidad de las estaciones esto asociado a factores meteorológicos como son la velocidad y dirección del viento tal como lo muestra la Figura N° 31. (véase también la tabla N° 33 vientos promedio mensual)

Figura N° 31 Distribución de concentraciones promedio mensuales de Monóxido de Carbono – Año 2016



Fuente: Elaboración propia

5.2. Análisis de factores meteorológicos

a) Velocidad del Viento

La velocidad del viento es muy influyente en los niveles de concentración que se puedan detectar dentro del área de estudio puesto que una velocidad elevada del viento supondría una mayor mezcla de turbulencia y dispersión y, por tanto, una menor concentración de contaminantes dentro de la vía. Ver tabla N° 37. Así como lo corrobora en estudios realizados por BRODERICK (2006) y RAMOS (2011) en la aplicación del modelo CALINE4 es por ello que se hace un análisis Velocidad del viento vs Concentraciones reales de Monóxido de Carbono. (Ver Anexo 03 Meteorología Estación Humboldt)

Tabla N° 37 Concentraciones de CO para 4 días respecto a Velocidades de viento

FECHAS	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	MONÓXIDO DE CARBONO (CO) ug/m³ ROOSVELT	MONÓXIDO DE CARBONO (CO) ug/m³ SANTA ANITA
22-mar	1.62	3857.41	1072.8
01-abr	2.63	1481.25	940.9
23-sep	2.78	1229.63	468.57
06-dic	1.88	-	857.14

Fuente: SENAMHI Y EE.SS. ROOSVELT – Año 2016

La correlación de la velocidad del viento respecto a la estación ROOSVELT es de -0.9994 y en la Estación Santa Anita es de -0.70863 siendo ambas correlaciones negativas acorde a la teoría de difusión de gases la cual indica que a una mayor velocidad del viento, menor concentración de contaminantes en la zona.

A su vez se analiza las velocidades de vientos promedio mensuales y las concentraciones promedio mensuales de Monóxido de Carbono en la Estación santa Anita, así como lo muestra la Tabla N° 38.

Tabla N° 38 Concentraciones promedios respecto a Velocidades de viento promedio mensuales – Año 2016

MESES	Velocidad de Viento promedio (m/s)	CO (ug/m³) Promedio Mensual
ENERO	2.64	856.5
FEBRERO	2.66	886.3
MARZO	2.32	943.9
ABRIL	2.07	1059.1
MAYO	1.69	1178.0
JUNIO	1.69	1087.4
JULIO	2.19	711.9
AGOSTO	2.24	700.7
SEPTIEMBRE	2.80	580.4
OCTUBRE	3.17	485.7
NOVIEMBRE	3.18	636.8
DICIEMBRE	2.99	462.9

Fuente: SENAMHI

La correlación resulta ser negativa con un valor de -0.8456 demostrando así que las concentraciones de Monóxido de Carbono son inversamente proporcionales a las velocidades de viento promedio mensual para la zona de estudio. En el cuadro se aprecia una velocidad promedio máxima en el mes de Noviembre con 3.18 m/s

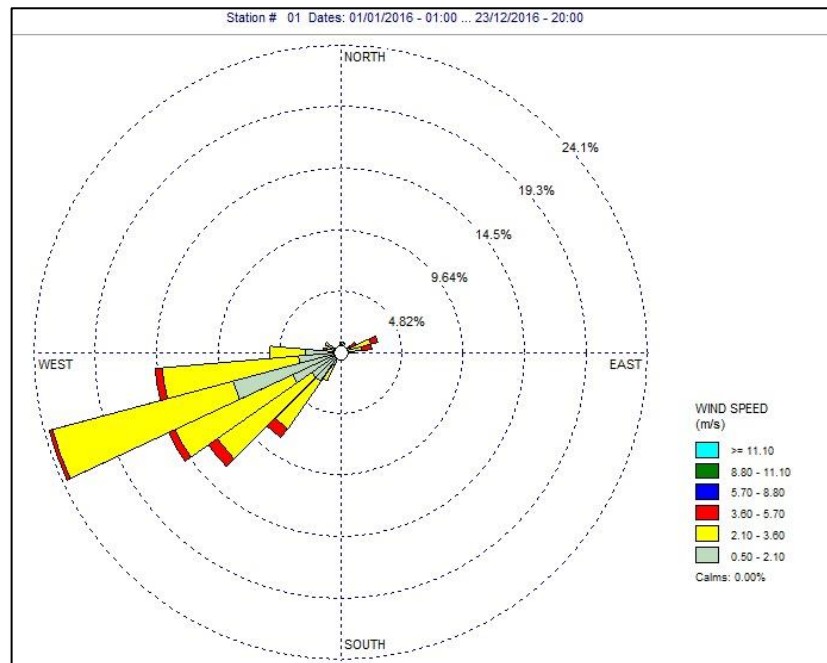
b) Dirección del Viento

La figura N° 31 ilustra el comportamiento de la velocidad y dirección del viento, se puede observar que la dirección predominante corresponde al WSW con un 24 %,

seguidamente de un 19 % asociada a direcciones W y WSW. (Ver Anexo 03 Meteorología Estación Humboldt)

Cabe mencionar que la velocidad y dirección del viento en el área de estudio tienen una alta influencia en la dispersión del Monóxido de Carbono, esto ayudado por la fisiografía de la zona, la Figura N° 32 muestra las velocidades y direcciones del viento predominantes en el área de estudio.

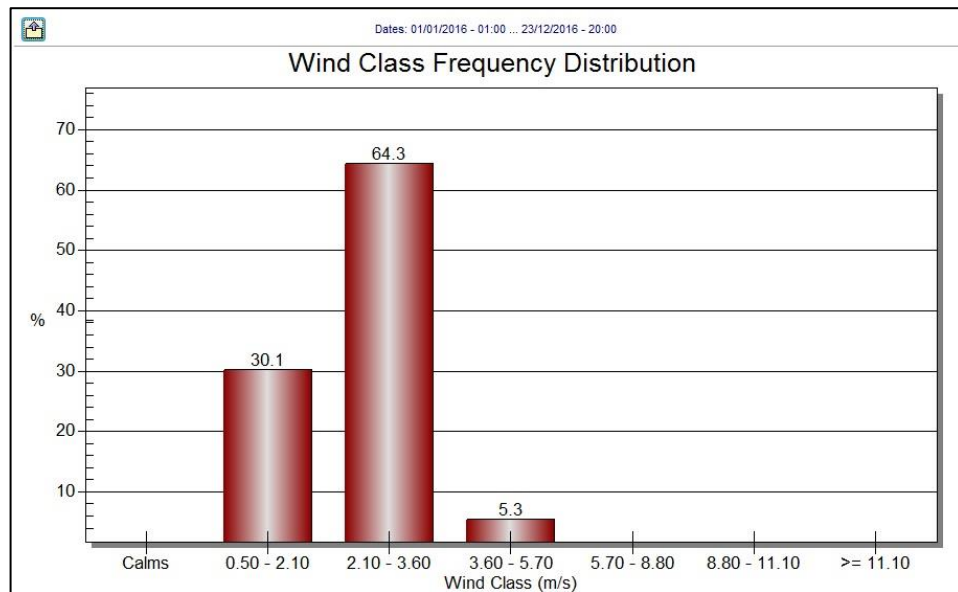
Figura N° 32 Dirección e intensidad del viento predominante en la zona de estudio – Año 2016



Fuente: Elaboración propia

También se presenta las distribuciones de frecuencias de viento en la Figura N° 33.

Figura N° 33 Distribución de Frecuencias de viento en la zona de estudio – Año 2016



Fuente: Elaboración propia

c) Temperatura Ambiental

En la Figura N° 34 se ilustra la variación del promedio mensual de temperatura del aire, se observa que en los meses de Julio y Agosto la temperatura desciende debido a factores estacionarios y en los meses de Enero y Febrero se encuentran los valores más altos. Los valores de temperatura Ambiental en la corrida del modelo se introducirán respecto al día en que se evaluará el modelado. La Tabla N° 39 muestra el resumen de la distribución de Temperaturas mensuales promedio del año 2016.

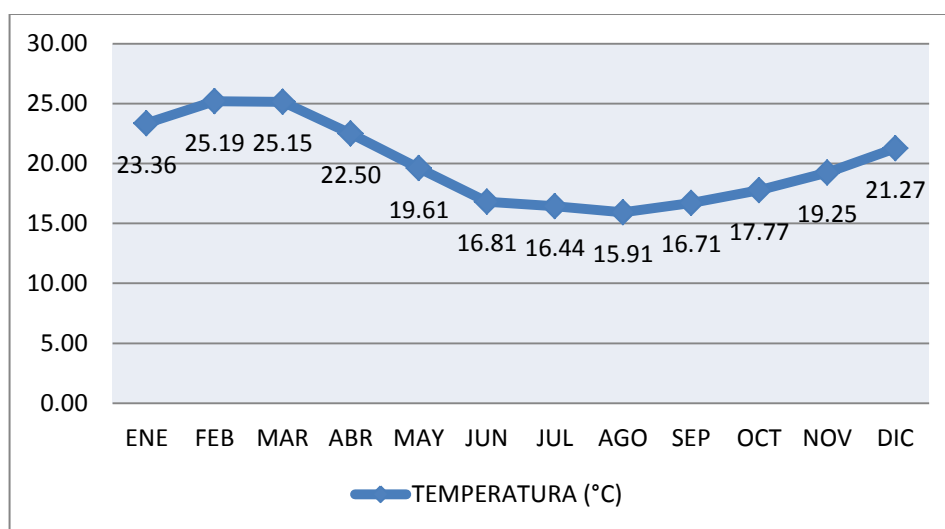
Tabla N° 39 Distribución de Temperaturas Mensuales promedio – Año 2016

MESES	TEMPERATURA (°C)
ENERO	23.36
FEBRERO	25.19
MARZO	25.15
ABRIL	22.50
MAYO	19.61
JUNIO	16.81

MESES	TEMPERATURA (°C)
JULIO	16.44
AGOSTO	15.91
SETIEMBRE	16.71
OCTUBRE	17.77
NOVIEMBRE	19.25
DICIEMBRE	21.27

Fuente: SENAMHI

Figura N° 34 Variación Mensual de la Temperatura Ambiental – Año 2016



Fuente: Elaboración propia

5.3. Modelación de la dispersión de Monóxido de Carbono

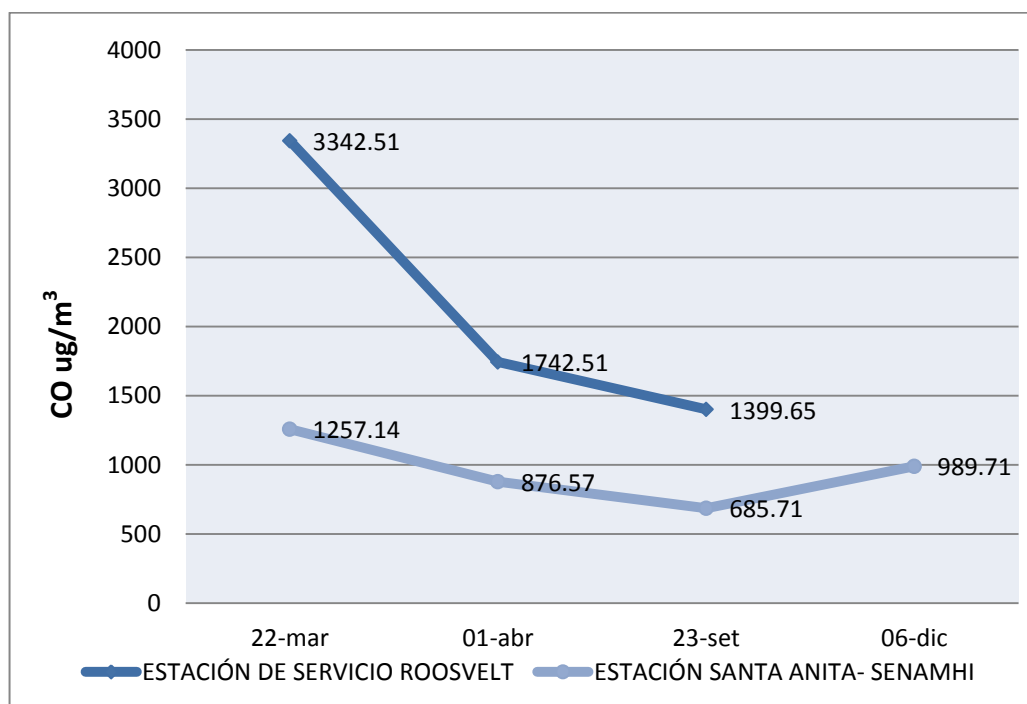
La Figura N° 35 muestra los resultados de la salida del modelo CALINE4 para los días 22 de Marzo, 01 de Abril, 23 de setiembre del 2016 respectivamente en la estación ROOSVELT y para los días 22 de Marzo, 01 de Abril, 23 de setiembre y 6 de Diciembre del 2016 respectivamente, en la estación Santa Anita (SENAMHI) cuyas coordenadas se aprecian en la tabla N° 40 Los resultados de la salida del modelo se encuentran en el Anexo 05 Resultados de la salida del modelo CALINE4.

Tabla N° 40 Resultados de Salida de información modelada para los 4 días analizados en la Estación de Servicio ROOSVELT y la estación Santa Anita SENAMHI

ESTACIONES	COORDENADAS UTM WGS84		Concentración de Monóxido de Carbono (CO) ug/m ³			
	ESTE	NORTE	22-mar-16	01-abr-16	23-sep-16	06-dic-16
ESTACIÓN DE SERVICIO ROOSVELT	286 355	8 668 570	3342.51	1742.51	1399.65	-
ESTACIÓN SANTA ANITA- SENAMHI	285 409	8 667 896	1257.14	876.57	685.71	989.71

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 35 Salida del Modelo CALINE4 para los 4 días analizados



Fuente: Elaboración propia

Los Mapas 03, 04, 05 y 06 ilustran la dispersión de Monóxido de Carbono modelado mediante el modelo CALINE4 para los días 22 de Marzo, 01 de Abril, 23 de setiembre y 6 de Diciembre, del 2016 respectivamente, en base a la estación de Servicios ROOSVELT y la estación Santa Anita-SENAMHI.

La tabla N° 41 muestra los resultados de la salida del modelo CALINE4 para todos los meses del año 2016, se usaron los promedios de los aforos vehiculares como información de entrada necesaria para la corrida del modelo en el punto ubicado en la Estación Santa Anita – SENAMHI.

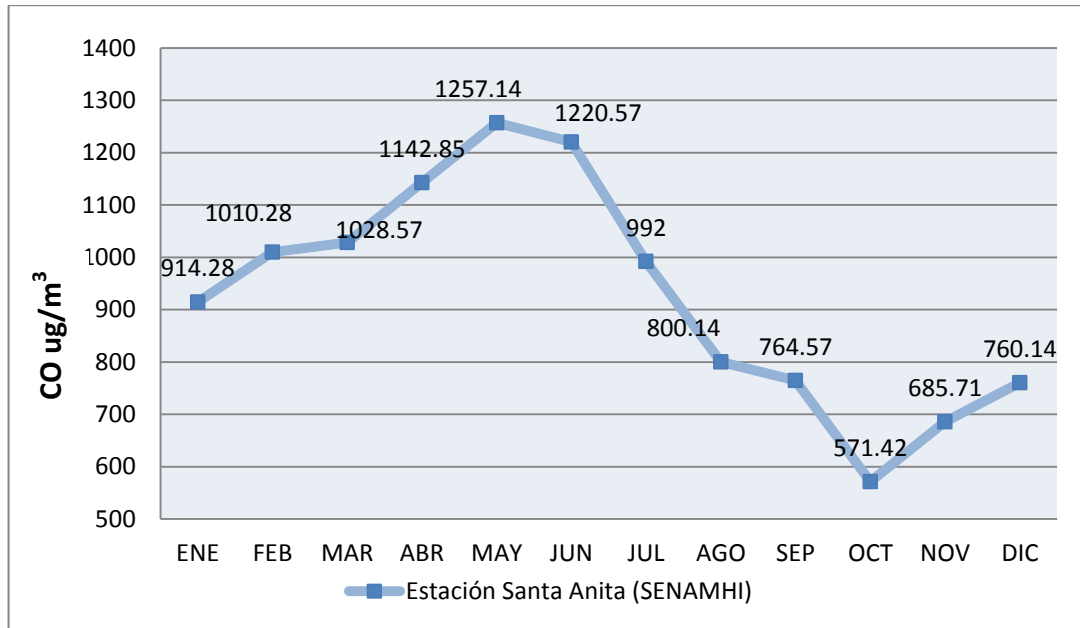
Tabla N° 41 Resultados de la salida de información modelada en promedio mensual del año 2016 para la Estación Santa Anita- SENAMHI

ESTACIÓN SANTA ANITA- SENAMHI	
MES	Concentración de Monóxido de Carbono (CO) ug/m³
ENERO	914.2
FEBRERO	1010.2
MARZO	1028.5
ABRIL	1142.8
MAYO	1257.1
JUNIO	1220.5
JULIO	992.0
AGOSTO	800.1
SEPTIEMBRE	764.5
OCTUBRE	571.4
NOVIEMBRE	685.7
DICIEMBRE	760.1

Fuente: Elaboración propia

La figura N° 36 muestra la distribución de la salida del modelo para promedios mensuales de concentración de CO del año 2016.

Figura N° 36 Salida del Modelo CALINE4 para promedios mensuales – Año 2016



Fuente: Elaboración propia

- Los resultados de la salida de información modelada para los 4 días entre la estación de Servicios ROOSVELT y la Estación Santa Anita-SENAMHI varían respecto a la influencia de la velocidad del viento y su dirección WSW, teniendo para el día 22 de Marzo en la estación de Servicios ROOSVELT una concentración de CO máxima modelada de 3342.51 ug/m³ la cual está ubicada en la zona Nor-Este del área de estudio y una mínima concentración para el 23 de Setiembre en la Estación Santa Anita-SENAMHI con un valor de 685.71 ug/m³ la cual está ubicada en la zona Sur-Oeste del área de estudio.

- Para el caso de las concentraciones de Monóxido de Carbono promedio mensuales en la estación Santa Anita – SENAMHI se tiene al mes de Junio con el valor más alto en promedio de 1257.1 ug/m³ y un valor más bajo en promedio de 571.4 ug/m³.

5.4. Comparación de resultados reales y simulados

En la tabla N° 42 se muestra el resultado de los valores reales y modelados de la concentración de Monóxido de Carbono (ug/m^3) para un día en la Estación de Servicios ROOSVELT.

Tabla N° 42 Resumen de análisis estadístico de las concentraciones de CO en la Estación de Servicios ROOSVELT – Año 2016

Días	Resultado Real (ug/m^3)	Resultado modelado (ug/m^3)	Error Relativo (%)	BIAS (ug/m^3)
22-mar	3857.4	3342.5	13.3	-27.9
01-abr	1481.3	1742.5	17.6	
23-sep	1229.6	1399.7	13.8	

Fuente: Elaboración propia

El valor negativo del BIAS resuelve que los datos modelados subestiman al valor observado, esto significa que el valor promedio de sesgo de los resultados modelados es de -27.0 ug/m^3 .

El promedio porcentual de Error Relativo en base al modelamiento del CO es de 14.9%. Siendo la mayor diferencia porcentual entre resultado modelado y resultado real para el 01 de Abril con un valor de 17.6 % y una menor diferencia para el 22 de Marzo de 13.3%.

La tabla N° 43 manifiesta el resultado del análisis estadístico del modelo empleado para la simulación de concentración de CO (ug/m^3) en la estación Santa Anita-SENAMHI.

Tabla N° 43 Resumen de análisis estadístico de las concentraciones de CO en la Estación Santa Anita-SENAMHI – Año 2016

Días	Resultado Real (ug/m³)	Resultado modelado (ug/m³)	Error Relativo (%)	BIAS (ug/m³)
22-mar	1072.8	1257.14	17.1	117.4
01-abr	940.9	876.57	6.8	
23-sep	468.57	685.71	46.3	
06-dic	857.14	989.71	15.4	

Fuente: Elaboración propia

El valor positivo del BIAS indica una sobrestimación de los valores modelados de Monóxido de Carbono respecto a los valores reales en 117.4 ug/m³ en la Estación Santa Anita-SENAMHI para los 4 días analizados, este sesgo indica una marcada diferencia respecto a los resultados de la Estación ROOSVELT.

El promedio porcentual de Error relativo de las concentraciones modeladas respecto a las reales para 4 días analizados es de 21.4%, como se aprecia en la tabla, existe un error relativo muy marcado para el 23 de setiembre (46.3%) el cual hace elevar el promedio en sobremanera, esto debido a que la diferencia entre el valor real (468.57ug/m³) y el valor modelado (685.71 ug/m³) resultó ser muy amplia, el resto de errores relativos están en el rango de efectividad que propone García (1993) el cual indica que la efectividad de las concentraciones simuladas respecto a las medidas no deben superar el 20%.

La Tabla N° 44 muestra el resultado del análisis estadístico de las concentraciones promedio mensuales reales y modeladas de Monóxido de Carbono (CO) para la estación Santa Anita-SENAMHI

Tabla N° 44 Resumen de análisis estadístico de las concentraciones mensuales promedio en la Estación Santa Anita-SENAMHI – Año 2016

MES	Resultado Real (ug/m ³)	Resultado modelado (ug/m ³)	Error Relativo (%)	BIAS (ug/m ³)
ENE	856.5	914.28	6.8	129.8
FEB	886.3	1010.3	14.0	
MAR	943.9	1028.6	9.0	
ABR	1059.1	1142.9	7.9	
MAY	1178.0	1257.1	6.7	
JUN	1087.4	1220.6	12.2	
JUL	711.9	992.0	39.3	
AGO	700.7	800.1	14.2	
SEP	580.4	764.6	31.7	
OCT	485.7	571.4	17.6	
NOV	636.8	685.7	7.7	
DIC	462.9	760.1	64.2	

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de las concentraciones promedio mensuales en la estación Santa Anita-SENAMHI, arrojó un valor positivo de BIAS de 129.8 indicando una sobrestimación de los valores modelados respecto a los valores reales.

El error Relativo promedio en el análisis estadístico para concentraciones mensuales promedio arroja un valor de 19.2% estando dentro de los límites propuestos por García (1993) el cual indica que la efectividad de las concentraciones simuladas respecto a las medidas no deben superar el 20% exacerbando en un 64.2% para el mes de Diciembre el cual modificó en sobremanera el promedio mensual, esto debido a que para dicho mes se obtuvieron valores con mayor sesgo entre el valores reales y modelados.

Se debe resaltar que para el resto de promedios de concentración mensual de Monóxido de Carbono para la Estación Santa Anita-SENAMHI. Los Errores Relativos son mucho menores, en total 9 de 12 meses se encuentran dentro del rango

de eficacia, el cual certifica el modelo para promedios mensuales en la zona de estudio como válido.

La eficacia del modelo respondería al ajuste de metodologías como el MODEM para los factores de emisión, Represa (2011) resalta lo limitado del modelo en base al factor de emisión puesto que si bien es cierto, existen condiciones que podrían evaluar una flota vehicular similar a la peruana bajo el software EMFAC recomendado por CALINE4 (Caso Fresno, EE.UU), esta no podrá igualar al levantamiento de información de campo directa por aforos vehiculares las cuales se realizaron en esta investigación.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

a) La presente tesis aplicó indicadores estadísticos como BIAS y Error Relativo para el cálculo de la eficacia del modelo CALINE4, obteniendo un promedio para los días analizados de 18% de Error Relativo y para promedios mensuales de 19% de Error relativo, la eficacia del modelo CALINE4 responde así al criterio principal de elección del área de estudio.

En estudios de investigación similares como propone la tesista ROSARIO A. CARRILLO V. en la tesis “Evaluación de la Eficiencia de Modelos de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos de una Fuente Puntual”, utilizó modelos como el ISC-ST3, APC-2 y el modelo MODICA en cercanías de la fábrica de Cementos Lima (hoy UNACEM) generando resultados de hasta 99.85% de Error Relativo demostrando así la ineficiencia de dichos modelos esto debido a que los modelos analizados únicamente consideraban las emisiones de las chimeneas de la fábrica sin embargo no consideraba las fuentes móviles como el paso de camiones, trailers o autos y las emisiones de fuentes superficiales provenientes de la quema de Residuos sólidos, debido a este antecedente es que se eligió el área de estudio de manera particular ya sea por la cercanía de estaciones de monitoreo como la baja influencia de actividades ajenas al modelo CALINE4.

b) Las concentraciones modeladas respecto a las reales tuvieron resultados eficaces en su mayoría para el presente trabajo, Sin embargo hubo valores modelados de concentraciones más bajas sobrestimando a los valores reales como son los casos para el 23 de setiembre en la estación Santa Anita con un error Relativo de 46.3% de la tabla N° 42 y también para el caso del promedio de concentración mensual del mes de Julio con un valor de 39.3% de Error Relativo de la tabla N° 43, esto concluye que para concentraciones más bajas el modelo tuvo poca predicción, En un estudio elaborado por B. BRODERICK llamado *Validation of air pollution dispersion modelling for the road transport sector under Irish conditions* Las concentraciones más altas de CO fueron poco predecidas observándose Errores Relativos entre 25 y 50%, esto lleva a colegir que el modelo CALINE4, si bien es cierto predice de manera certera concentraciones dentro de un promedio, el modelo tiene cierta limitación para el análisis de concentraciones extremas.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

- La concentración de un día para el Monóxido de Carbono hallada en la estación de Servicios ROOSVELT se encuentra en los rangos de 1399.6 a 3342.5 ug/m³ cuyos valores no sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental para Aire (10000 ug/m³). En la Estación Santa Anita-SENAMHI la concentración de un día para el Monóxido de Carbono hallada se encuentra en el rango de 685.7 a 1257.1 ug/m³ indicando que en este caso no sobrepasa el Estándar de Calidad Ambiental para Aire.

- El error Relativo promedio entre los valores reales y valores modelados de Monóxido de Carbono para la Estación ROOSVELT en un día es de 14.9% con un sesgo promedio de -27.9 ug/m³, para el caso de la Estación Santa Anita-SENAMHI para un día, es de 21.4% con un sesgo de 117.4 ug/m³, dando como resultado un Error Relativo promedio para los 4 días de análisis en ambas estaciones de 18.1% de Error Relativo; para el análisis de promedios mensuales de monóxido de Carbono reales y modelados en la estación Santa Anita-SENAMHI el error relativo resultante fue de 19.2% con un sesgo promedio de 129.8 ug/m³, lo que indica una eficacia del modelo dentro de los valores del 20% que García (2000) propone sobre las efectividades de las concentraciones simuladas respecto a las medidas.

- El coeficiente de correlación de las velocidades del viento y las concentraciones halladas en la estación de Servicios ROOSVELT y la Estación de Servicios Santa Anita-SENAMHI es de -0.99 y -0.70 respectivamente para valores analizados en un día, para el análisis de correlación de promedios mensuales de concentración de

Monóxido de Carbono y velocidad del viento en la estación Santa Anita-SENAMHI la correlación arrojó un valor de -0.84, esto concluye que las proporciones de velocidad del viento y concentración de Monóxido de Carbono son inversamente proporcionales, respondiendo así a la teoría de difusión de gases.

- Las concentraciones de Monóxido de Carbono en la Estación de Servicios ROOSVELT presentan un mayor valor respecto a la estación Santa Anita-SENAMHI, dichas concentraciones responden a la predominancia de los vientos con una dirección WSW, siendo la estación de Servicios ROOSVELT la que presenta mayores concentraciones de Monóxido de Carbono por estar en la parte Nor-Este de la zona de estudio (Sotavento).

- El costo de la determinación de la concentración de Monóxido de Carbono (CO) debido al parque automotor resulta ser más económico y de mayor rapidez por medio del uso del modelo CALINE4 respecto al uso de equipos de monitoreo ambiental convencionales en el área de estudio.

- Finalmente, se demostró que el modelo CALINE4 es eficaz en la simulación de la dispersión de concentraciones de Monóxido de Carbono en base a los indicadores estadísticos BIAS y Error Relativo, Puesto que los valores modelados fueron muy cercanos a los valores reales.

CAPÍTULO VIII

RECOMENDACIONES

8. RECOMENDACIONES

- Realizar mayores monitoreos en zonas urbanas y periurbanas para así afinar aún más el modelo CALINE4 permitiendo así el mejor manejo de la información para trabajos de investigación posteriores.
- Ampliar el estudio de la eficacia de los modelos atmosféricos usados en la actualidad en pro de conocer aún más la cercanía que pudieran tener los resultados simulados respecto a los resultados reales, aprovechando las diversas realidades que el Perú cuenta respecto a las variabilidades climáticas que posee.
- Profundizar en el estudio de nuevas metodologías para el hallazgo de factores de emisión del parque automotor que se ajusten a la realidad del Perú, ya que como se mencionó antes, en el presente trabajo de investigación se usaron los factores de emisión de la flota vehicular en Lima.
- Debido a la baja densidad de estaciones meteorológicas y de calidad de aire en Lima, se recomienda usar muestreadores pasivos de concentración de contaminantes para así tener información más fidedigna para el contraste en zonas más alejadas de la urbe.

CAPÍTULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alemany V.; Jiménez A. (2004) “*Dispersión de contaminantes en la atmósfera*” Alfaomega Grupo Editor, México, D.F.
2. Broderick, B.; Budd., U; Misstear, B. (2000), “*Validation of air pollution dispersion modelling for the road transport sector under Irish conditions*” pp. 128-136.
3. Buitrago, J. (2003) “*Aplicación del modelo Gaussiano para determinar la calidad del aire en Manizales*”. Facultad de Ingeniería y Arquitectura Universidad Nacional De Colombia.
4. CALTRANS - Division of New technology and Research. (1989). “*CALINE4 - A dispersion model for predicting air pollutant concentrations near roadways.*” pp. 3-21.
5. Carrillo, R. (2009) “*Evaluación de la eficiencia de modelos de dispersión de contaminación atmosférica de una fuente puntual.*”. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Ambiental, UNALM.
6. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y ciencias del ambiente CEPIS (2005) “*Conceptos básicos sobre la meteorología de la contaminación del aire*”, Cap 6.
7. Chandrasekar A. (2003) “*A Comparison study of RAMS simulations with aircraft, wind profiler, lidar, tethered ballon and RASS data over Philadelphia during a 1999 summer episode.*” 4973 - 4984

8. Coe, D. L., Eisinger, D. S., Prouty, J. D., Technology, I. S., & Peluma, C. (1998). "*A User's guide for cl4: A user friendly interface for the caline4 model for transportation project impact assessments.*" CALTRANS, California Department of Transportation, Sacramento. U.S.A. pp 7-16.
9. Decreto Supremo N° 047-2001-MTC. "*Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red via*"l, Diario Oficial El Peruano, Perú, 31 de Octubre de 2001.
10. Decreto Supremo 014-2016 MINAM que modifica el D.S. N° 047-2001-MTC. "*Límites máximos permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial*" Diario Oficial El Peruano, Perú, 06 de Noviembre de 2016.
11. Decreto Supremo 074-2001-PCM "*Reglamento de estándares Nacionales de calidad ambiental del aire*" Diario Oficial El Peruano, Perú, 22 de Junio de 2001.
12. Decreto Supremo 003-2017 MINAM "*Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias.*" Diario Oficial El Peruano, Perú, 07 de Junio de 2017.
13. Decreto Supremo 058-2003 MTC "*Aprueban el Reglamento Nacional de Vehículos.*" Diario Oficial El Peruano, Perú, 07 de Octubre de 2003.
14. Deuman International & Walsh (2005) "*Estudio de línea de base ambiental COSAC I*" Lima, Perú. Cap8, 5-15.
15. Díaz R. (1995) "*Apuntes sobre contaminación del aire*" Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y ciencias del ambiente CEPIS. p.10.

16. Dirección General de Salud Ambiental DIGESA (2011) “*Estudio De Saturación Lima Metropolitana y Callao Año 2011*”, Perú. p. 02
17. Dirección General de Salud Ambiental DIGESA (2001) “*Red de Monitoreo de la Calidad del aire para Lima Callao*”, Perú. pp 3-6
18. García J (2000) “*Métodos de estimación de la evaluación potencial en función del rango diurno de temperatura y radiación solar extraterrestre. Análisis cinéticos*” Universidad Nacional Agraria La Molina UNALM, Lima, Perú Vol. XLII Perú.
19. INEI (2007) “*Censo de Población Nacional X Población y V de Vivienda*”, Perú.
20. Liñan, R. (2013). “*Nivel de confiabilidad de la modelación usada en la aplicación de Modelos de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos en los Estudios de Impacto Ambiental del Perú, 2005-2010*” Departamento de Física, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú. p. 03
21. Mattio F. (2007) “*Nociones generales de energía eólica*” Ed. Instituto de Mecánica de fluidos e Ingeniería Ambiental, Uruguay, p. 15.
22. McGraw H. (2009) “*Contaminación Atmosférica*”, México.
23. Municipalidad Distrital de Santa Anita (2006) “*Plan estratégico Institucional 2008-2011*”. Lima, Perú. pp. 11-12
24. NEVERS N. (1998) “*Ingeniería del control de la contaminación del aire*” Ed. Mc Graw Hill. México.
25. Organización Mundial de la Salud OMS (1999) “*Introducción a la toxicología ambiental*”, Ed. Metepec, Cap 2, p 47.

26. Paz, E.; Rivero, J.; Turtos L. (2002) *“Modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por el tráfico vehicular en una vía de Ciudad de La Habana”* La Habana, Cuba p. 6.
27. Pielke R. (1984) *“Mesoscale meteorological modeling”*, Ed. Academic Press, Nueva York, USA.
28. Ramos, A. (2011) *“Cálculo de las emisiones contaminantes producidas por el tráfico rodado mediante el modelo de dispersión atmosférica CALINE4”*, Departamento de Física, Universidad Carlos III De Madrid. pp. 94-102.
29. Represa S. (2011) *“Modelos de dispersión para fuentes lineales”*, Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires, Argentina.
30. Sampieri H. et al (2005) *“Metodología de la investigación”*, Ed. Mc Grawhill 5ta Edición. México D.F.
31. Schnelle K. & Dey P. (1999) *“Atmospheric Dispersion Modeling Compliance Guide”* Ed. Mc Graw Hill. U.S.A.
32. Seinfeld J. (1986) *“Atmospheric Chemistry and physics of air pollution”*, Ed. John Wiley & Sons, New York, USA.
33. Sendiña I., & Pérez V. (2006) *“Fundamentos de Meteorología”* Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España. p. 76.
34. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú SENAMHI (2015) *“Evaluación de la calidad del aire en Lima metropolitana - 2014”*
35. Torres, R. (2004) *“Comparación de modelos de dispersión de emisiones provenientes de fuentes fijas”*. Ciudad de Tuxpan, México.
36. Universidad de Jaén (2008) *“Análisis de la calidad del aire atmosférico”* España, p.05.

37. Universidad Pablo de Olavide (2007) *“Apuntes: Modelos de concentración de contaminantes Atmosféricos”*, Sevilla, España. p.06.
38. Universidad Nacional Autónoma de México UNAM (1996) *“Meteorología y Fenómenos Meteorológicos”* México D.F. pp 24-26.

ANEXOS

RESULTADOS DE LABORATORIO

4

**INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL-ROOSEVELT INVERSIONES
GENERALES SRL
PRIMER TRIMESTRE 2016**

LABECO
ANALISIS AMBIENTALES S.C.R.L.

INFORME DE ENSAYO N° 1733-16

Solicitante : ECOTEC CONSULTORES S.A.C
Dirección del Solicitante : Av. Marginal N° 151
Atención : Ing. Wendy Guerra Espiritu
Proyecto : Monitoreo Ambiental
Lugar de Muestreo : Esq. Av. Encalada con Av. Huancarama (Ex - Av. Ferrocarril) Mz. A3
 Lts. 12 y 13 Urb. Las Praderas, Santa Anita - Lima
Tipo de Muestra : Aire
Fecha de Muestreo : 22/03/16
Fecha de Recepción de Muestra : 07/04/16
Fecha de Inicio de Análisis : 07/04/16
Fecha de Término de Análisis : 07/04/16


CALIDAD DE AIRE

Código de Laboratorio	Código de Cliente	CO ug/muestra	NO _x ug/muestra
1733-1	ROOSEVELT INVERSIONES GENERALES SRL	1666,4	<0,1
Límite de Detección		45,0	0,1

- Muestra tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo. Indicado por el cliente.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las soluciones llegaron refrigeradas.

Método de Análisis:

CO: Según Calidad de Aire - Determinación de Monóxido de Carbono en Aire - Validado. (LB-PNO-07).
 NO_x: Según ASTM D1607-91 Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess - Saltzman Reaction) - Validado (LB-PNO-08).


Ing. Pedro Torre Talavera
 CIP 144914

Supervisor de Emisión de Informes
de Ensayo C/CA

Lima, 12 de Abril de 2016.

- Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.
 Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".
 Nota 3: La(s) muestra(s) y contramuestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.
 Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el periodo de un año, para los fines que el cliente estime convenientes.
 Nota 5: Toda corrección o emienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con la declaración "Suplemento al Informe de Ensayo".
 Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.

LB-F-14

Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
 Surquillo - Lima
 Teléfonos: 242-2896 / 444-8987
 web: www.labecoperu.com
 e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

Página 1 de 1
Revisión: 20

INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL-ROOSEVELT INVERSIONES
GENERALES SRL
TERCER TRIMESTRE 2016



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Informe de Calibración
LAC - 068 - 2016

Laboratorio de Acústica

Página 1 de 4

Expediente	90771	<p>Este informe de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	ECOTEC CONSULTORES S.A.C.	
Dirección	Jr. Antonio de la Guerra N° 589 Int. 101 Urb. Santa Catalina - La Victoria	
Instrumento de Medición	SONOMETRO	
Marca	BENETECH	
Modelo	GM1356	
Clase	NO INDICA	
Número de Serie	FE2202000	
Micrófono / Serie	NO INDICA	
Fecha de Calibración	2016-09-12	

Este informe de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Informes sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Responsable del Área de Electricidad y Termometría	Responsable del laboratorio (e)
2016-09-12	 EDWIN FRANCISCO GUILLEN MESTAS	 LUIS PALMA PERALTA



Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 815, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe



INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL-ROOSEVELT INVERSIONES GENERALES SRL TERCER TRIMESTRE 2016



ANALISIS AMBIENTALES S.C.R.L.

INFORME DE ENSAYO N° 3196-16

Solicitante : ECOTEC CONSULTORES S.A.C
Dirección del Solicitante : Av. Marginal N° 151
Atención : Ing. Wendy Guerra Espiritu
Proyecto : Monitoreo Ambiental
Lugar de Muestreo : Esq. Av. Encalada con Av. Huancarama (Ex - Av. Ferrocarril) Mz. A3 Lts. 12 y 13 Urb. Las Praderas, Santa Anita - Lima
Tipo de Muestra : Aire
Fecha de Monitoreo : 23/09/16
Fecha de Recepción de Muestra : 28/10/16
Fecha de Inicio de Análisis : 28/10/16
Fecha de Término de Análisis : 28/10/16

CALIDAD DE AIRE

Table with 4 columns: Código de Laboratorio, Código de Cliente, CO ug/muestra, NOx ug/muestra. Row 1: 3196-1, ROOSEVELT INVERSIONES GENERALES SRL, 531.2, <0,1. Row 2: Límite de Detección, 45,0, 0,1.

- Muestra tomada por el cliente.
La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
Lugar y condiciones ambientales del muestreo: indicado por el cliente.
Condición y Estado de la muestra ensayada: Las soluciones no llegaron refrigeradas.

Método de Análisis

CO: Según Calidad de Aire - Determinación de Monóxido de Carbono en Aire - Validado. (LB-PNO-07).
NOx: Según ASTM D1607-91 Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Gness - Saltzman Reaction) - Validado. (LB-PNO-08).

Ing. Pedro Torrel Talavera
CIP 144914
Supervisor de Emisión de Informes de Ensayo C/CA
Lima, 29 de Octubre de 2016.



- Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.
Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".
Nota 3: La(s) muestra (s) y contramuestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.
Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el periodo de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.
Nota 5: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con la declaración "Suplemento al Informe de Ensayo".
Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.
Nota 7: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.

LB-F-14
Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
Surquillo - Lima
Teléfonos: 242-2696 / 444-8987
web: www.labecoperu.com
e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL-ROOSEVELT INVERSIONES
GENERALES SRL
SEGUNDO TRIMESTRE 2016



CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

CERTIFICADO N°: 0000208-KOD080002

POR EL PRESENTE "COMIPRO SAC" CERTIFICA QUE EL SIGUIENTE INSTRUMENTO:

Equipo : SONOMETRO DIGITAL.
Marca : 3M QUEST TECHNOLOGIES
Modelo : 2200
Serie : KOD080002

HA SIDO ENTREGADO EN PERFECTAS Y SE HA REALIZADO LA CALIBRACION, DE ACUERDO A ESTANDAR Y CONFORME A RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE, CON EL SIGUIENTE EQUIPO QUE SE DETALLA A CONTINUACION:

Equipo : Calibrador acústico.
Marca : SVANTEK
Modelo : SV30A
Serie : 29217

VERIFICACIÓN DE CONDICIONES

TEMPERATURA : 24.0°C
PRESION : 750 mm Hg
HUMEDAD RELATIVA : 20.0-95.0% RH

50 Seg. ENCENDIDO EL CALIBRADOR SVANTEK MOD. SV30A (N/S) 29217 ONDA SUMINISTRADA LEVEL 94 dB & 114 dB: f _{sin} =1000 Hz	LECTURAS REGISTRADAS CON EL SONOMETRO MARCA 3M QUEST TECHNOLOGIES N/S KOD080002.			
	RECIBIDO	1ER CHECK	RECIBIDO	2DO. CHECK
PTO. 1	94 dB	94	114dB	114
PTO. 2	94 dB	94	114dB	114
PTO. 3	94 dB	94	114dB	114
PTO. 4	94 dB	93	114dB	114
PTO. 5	94 dB	94	114dB	114
PTO. 6	94 dB	94	114dB	114
PTO. 7	94 dB	94	114dB	114
PTO. 8	94 dB	94	114dB	114
PTO. 9	94 dB	94	114dB	114
PTO. 10	94 dB	94	114dB	114

NOTA- LA VIGENCIA DE ESTA CERTIFICACIÓN ES DE 06 MESES A PARTIR DE LA FECHA, SIEMPRE Y CUANDO EL EQUIPO SEA UTILIZADO DE ACUERDO A SU MANUAL DE OPERACIÓN Y AL INFORME DEL SERVICIO. F.V.: 05/06/2016

ÁREA TÉCNICA DE EQUIPOS
COMIPRO S.A.C

LIMA, 05 DE DICIEMBRE DE 2015





El Servicio Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI – en ejercicio de sus facultades que le confieren el Decreto Legislativo 1030 y el Decreto Legislativo 1033, mediante Cédula de Notificación N° 124.2012/SNA-INDECOPI y Contrato de Acreditación N° 008-2012/INDECOPI-SNA, renueva la **Acreditación** a:

LABECO ANÁLISIS AMBIENTALES S.R.L.

ubicado en Av. Victor Alzamora N° 348, Urb. Barrio Médico - Surquillo - Lima, como **Laboratorio de Ensayo**, al haber demostrado el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP-ISO/IEC 17025:2006, para el Alcance que obra en el expediente N° 0088-2011-SNA, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

FECHA DE RENOVACIÓN

: 12 de abril del 2012

FECHA DE VENCIMIENTO

: 12 de abril del 2016

Augusto Mello Romero

Jefe del Servicio Nacional de Acreditación
INDECOPI

Registro N° LE-034

FECHA DE EMISIÓN: 03 de mayo de 2012

SNA-accr-01P-02M



14

**INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL-ROOSEVELT INVERSIONES
GENERALES SRL
SEGUNDO TRIMESTRE 2016**

LABECO

ANALISIS AMBIENTALES S.C.R.L.

INFORME DE ENSAYO N° 1743-16

Solicitante : ECOTEC CONSULTORES S.A.C
Dirección del Solicitante : Av. Marginal N° 151
Atención : Ing. Wendy Guerra Espiritu
Proyecto : Monitoreo Ambiental
Lugar de Muestreo : Esq. Av. Encalada con Av. Huancarama (Ex - Av. Ferrocarril) Mz. A3
Lts. 12 y 13 Urb. Las Praderas, Santa Anita - Lima
Tipo de Muestra : Aire
Fecha de Muestreo : 01/04/16
Fecha de Recepción de Muestra : 07/04/16
Fecha de Inicio de Análisis : 07/04/16
Fecha de Término de Análisis : 07/04/16

CALIDAD DE AIRE

Código de Laboratorio	Código de Cliente	CO ug/muestra	NO _x ug/muestra
1743-1	ROOSEVELT INVERSIONES GENERALES SRL	636,9	<0,1
Límite de Detección		45,0	0,1

- Muestra tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las soluciones llegaron refrigeradas.

Método de Análisis:

CO: Según Calidad de Aire - Determinación de Monóxido de Carbono en Aire - Validado. (LB-PNO-07).
NO_x: Según ASTM D1607-91 Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess - Saltzman Reaction) - Validado. (LB-PNO-08).


[Handwritten Signature]

Ing. Pedro Torrel Talavera
CIP 144914

Supervisor de Emisión de Informes
de Ensayo C/CA

Lima, 12 de Abril de 2016.

- Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.
Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".
Nota 3: La(s) muestra(s) y contramuestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.
Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el periodo de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.
Nota 5: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con la declaración "Suplemento al Informe de Ensayo".
Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.

---ooOooo---

LB-F-14

Página 1 de 1
Revisión: 20

Av. Victor Alzamora 348 - Surquillo
Telefax: 242-2696 / Teléfono: 444-8987
web: www.labecoperu.com / e-mail: labeco@labecoperu.com



CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

CERTIFICADO N°: 0000208-KOD080002

POR EL PRESENTE "COMIPRO SAC" CERTIFICA QUE EL SIGUIENTE INSTRUMENTO:

Equipo : SONOMETRO DIGITAL.
 Marca : 3M QUEST TECHNOLOGIES
 Modelo : 2200
 Serie : KOD080002

HA SIDO ENTREGADO EN PERFECTAS Y SE HA REALIZADO LA CALIBRACION, DE ACUERDO A ESTANDAR Y CONFORME A RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE, CON EL SIGUIENTE EQUIPO QUE SE DETALLA A CONTINUACION:

Equipo : Calibrador acústico.
 Marca : SVANTEK
 Modelo : SV30A
 Serie : 29217

VERIFICACIÓN DE CONDICIONES

TEMPERATURA : 24.0°C
 PRESION : 760 mm Hg
 HUMEDAD RELATIVA : 20.0-95.0% RH

SU SEÑ. ENCENDIDO EL CALIBRADOR SVANTEK MOD. SV30A (N/S) 29217 ONDA SUMINISTRADA LEVEL 94 dB & 114 dB: f sin=1000 Hz	LECTURAS REGISTRADAS CON EL SONOMETRO MARCA 3M QUEST TECHNOLOGIES, N/S KOD080002:			
	RECIBIDO	1ER CHECK	RECIBIDO	2DO. CHECK
PTO. 1	94 dB	94	114dB	114
PTO. 2	94 dB	94	114dB	114
PTO. 3	94 dB	94	114dB	114
PTO. 4	94 dB	93	114dB	114
PTO. 5	94 dB	94	114dB	114
PTO. 6	94 dB	94	114dB	115
PTO. 7	94 dB	94	114dB	114
PTO. 8	94 dB	94	114dB	114
PTO. 9	94 dB	94	114dB	114
PTO. 10	94 dB	94	114dB	114

NOTA - LA VIGENCIA DE ESTA CERTIFICACIÓN ES DE 06 MESES A PARTIR DE LA FECHA, SIEMPRE Y CUANDO EL EQUIPO SEA UTILIZADO DE ACUERDO A SU MANUAL DE OPERACIÓN Y AL INFORME DEL SERVICIO. F.V.: 05/06/2016


 ÁREA TÉCNICA DE EQUIPOS
 COMIPRO S.A.C

LIMA, 05 DE DICIEMBRE DE 2015



El Servicio Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOP – en ejercicio de sus facultades que le confieren el Decreto Legislativo 1030 y el Decreto Legislativo 1033, mediante Cédula de Notificación N° 124.2012/SNA-INDECOP y Contrato de Acreditación N° 008-2012/INDECOP-SNA, renueva la **Acreditación** a:

LABECO ANÁLISIS AMBIENTALES S.R.L.

ubicado en Av. Víctor Alzamora N° 348, Urb. Barrio Médico - Surquillo - Lima, como **Laboratorio de Ensayo**, al haber demostrado el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP-ISO/IEC 17025:2006, para el Alcance que obra en el expediente N° 0088-2011-SNA, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

FECHA DE RENOVACIÓN

: 12 de abril del 2012

FECHA DE VENCIMIENTO

: 12 de abril del 2016



Augusto Mello Romero
Jefe del Servicio Nacional de Acreditación
INDECOP

Registro N° LE-034

FECHA DE EMISIÓN: 03 de mayo de 2012

SNA-act-01P-02M



Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE, **OTORGA** la presente Renovación de la Acreditación a:

LABECO ANALISIS AMBIENTALES S.R.L.

En su calidad de **Laboratorio de Ensayo**

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-OSP-17F, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

Sede Acreditada: Av. Victor Alzamora N° 348 - Surquillo - Lima, provincia de Lima y departamento de Lima.

Fecha de Renovación: 23 de septiembre de 2016

Fecha de Vencimiento: 23 de septiembre de 2020

Registro N° LE - 034
Fecha de emisión: 26 de setiembre de 2016
DA-acr-OIP-02M Ver. 00

Augusto Melha
Director - Dirección de Acreditación

**CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO DIARIOS DEL 2016 PARA
LA ESTACIÓN SANTA ANITA – SENAMHI**

Fecha	Concentración de CO (ppm)
01/01/2016	0.6100
02/01/2016	0.7900
03/01/2016	0.7400
04/01/2016	0.7200
05/01/2016	0.6900
06/01/2016	0.6900
07/01/2016	0.7300
08/01/2016	0.7500
09/01/2016	0.7000
10/01/2016	0.7100
11/01/2016	0.7000
12/01/2016	0.7200
13/01/2016	0.7100
14/01/2016	0.7300
15/01/2016	0.8100
16/01/2016	0.9900
17/01/2016	0.7900
18/01/2016	0.9100
05/02/2016	0.8385
06/02/2016	0.6922
07/02/2016	0.6055
08/02/2016	0.7148
09/02/2016	0.7771
10/02/2016	0.8601
11/02/2016	0.9320
12/02/2016	0.8454
13/02/2016	0.7736
14/02/2016	0.7411
15/02/2016	0.6223
16/02/2016	0.7110
17/02/2016	0.6983
18/02/2016	0.7091
19/02/2016	0.6851
20/02/2016	0.6933
21/02/2016	0.7313

Fecha	Concentración de CO (ppm)
22/02/2016	0.8006
23/02/2016	0.7915
24/02/2016	0.7398
25/02/2016	0.7270
26/02/2016	0.9109
27/02/2016	1.3470
28/02/2016	0.7839
29/02/2016	0.6555
01/03/2016	0.7095
02/03/2016	0.9175
03/03/2016	0.9385
04/03/2016	1.0912
05/03/2016	0.6847
06/03/2016	0.6542
07/03/2016	0.9058
08/03/2016	1.0683
09/03/2016	0.8570
10/03/2016	0.9544
11/03/2016	0.9677
12/03/2016	0.9599
13/03/2016	0.8046
14/03/2016	-
15/03/2016	-
16/03/2016	0.8782
17/03/2016	0.6953
18/03/2016	0.7131
19/03/2016	0.7651
20/03/2016	0.7176
21/03/2016	0.8817
22/03/2016	0.9387
23/03/2016	0.9470
24/03/2016	0.8497
25/03/2016	0.5746
26/03/2016	0.6350
27/03/2016	0.5479

Fecha	Concentración de CO (ppm)
28/03/2016	0.8899
29/03/2016	-
30/03/2016	0.5969
31/03/2016	0.9810
01/04/2016	0.8233
02/04/2016	0.8766
03/04/2016	0.8358
04/04/2016	1.0707
05/04/2016	1.1039
06/04/2016	0.9022
07/04/2016	0.9138
08/04/2016	0.7246
09/04/2016	0.7660
10/04/2016	0.6675
11/04/2016	0.8704
12/04/2016	0.8674
13/04/2016	1.1833
14/04/2016	1.1048
15/04/2016	1.0109
16/04/2016	0.9417
17/04/2016	0.6959
18/04/2016	0.9198
19/04/2016	0.8514
20/04/2016	0.7688
21/04/2016	0.9730
22/04/2016	-
23/04/2016	-
24/04/2016	-
25/04/2016	-
26/04/2016	-
27/04/2016	1.1122
28/04/2016	1.2755
29/04/2016	1.1034
30/04/2016	0.8043
01/05/2016	1.1640
02/05/2016	0.9568
03/05/2016	1.1791
04/05/2016	1.1365
05/05/2016	1.1413

Fecha	Concentración de CO (ppm)
06/05/2016	1.1610
07/05/2016	0.8855
08/05/2016	1.0698
09/05/2016	1.2193
10/05/2016	1.2219
11/05/2016	0.9115
12/05/2016	1.0872
13/05/2016	1.1070
14/05/2016	0.7665
15/05/2016	0.7953
16/05/2016	0.8401
17/05/2016	0.9716
18/05/2016	1.0964
19/05/2016	1.0542
20/05/2016	1.0784
21/05/2016	1.1338
22/05/2016	0.8257
23/05/2016	0.7928
24/05/2016	0.8473
25/05/2016	1.0505
26/05/2016	1.0728
27/05/2016	0.9152
28/05/2016	1.0628
29/05/2016	1.0865
30/05/2016	1.1472
31/05/2016	1.1751
01/06/2016	1.3800
02/06/2016	1.1600
03/06/2016	0.6900
04/06/2016	0.8100
05/06/2016	0.7000
06/06/2016	0.8100
07/06/2016	1.2800
08/06/2016	1.2100
09/06/2016	1.0600
13/06/2016	1.2100
14/06/2016	0.9100
15/06/2016	0.6700
16/06/2016	0.7500

Fecha	Concentración de CO (ppm)
17/06/2016	0.8200
18/06/2016	1.0000
19/06/2016	0.8300
20/06/2016	1.4600
21/06/2016	1.8500
22/06/2016	0.9500
23/06/2016	0.9100
24/06/2016	0.8100
25/06/2016	0.8000
26/06/2016	0.6100
27/06/2016	0.7800
28/06/2016	0.8700
29/06/2016	0.6500
30/06/2016	0.7100
01/07/2016	0.6700
02/07/2016	0.6800
03/07/2016	0.6400
04/07/2016	0.6800
05/07/2016	0.6300
06/07/2016	0.6600
07/07/2016	0.7700
08/07/2016	0.8000
09/07/2016	0.6900
10/07/2016	0.5800
11/07/2016	0.5900
12/07/2016	0.6300
13/07/2016	0.6500
14/07/2016	0.7100
15/07/2016	0.7100
16/07/2016	0.7900
17/07/2016	0.4900
18/07/2016	0.5800
19/07/2016	0.7500
20/07/2016	0.7700
21/07/2016	0.7800
22/07/2016	0.6700
23/07/2016	0.6000
24/07/2016	0.4700
25/07/2016	0.4800

Fecha	Concentración de CO (ppm)
26/07/2016	0.5500
27/07/2016	0.4400
28/07/2016	0.4300
29/07/2016	0.3700
30/07/2016	0.5200
31/07/2016	0.5300
16/08/2016	0.6900
17/08/2016	0.6100
18/08/2016	0.5800
19/08/2016	0.6500
20/08/2016	0.8000
21/08/2016	0.7600
22/08/2016	0.7300
23/08/2016	0.6900
24/08/2016	0.5900
25/08/2016	0.5800
26/08/2016	0.5900
27/08/2016	0.5800
28/08/2016	0.4300
29/08/2016	0.5200
30/08/2016	0.4700
31/08/2016	0.5400
01/09/2016	0.5000
02/09/2016	0.7200
03/09/2016	0.5900
04/09/2016	0.5100
05/09/2016	0.6400
06/09/2016	0.5500
07/09/2016	0.4300
08/09/2016	0.4500
09/09/2016	0.4800
10/09/2016	0.4200
11/09/2016	0.3300
12/09/2016	0.4400
13/09/2016	0.5500
14/09/2016	0.6300
15/09/2016	0.5200
16/09/2016	0.5500
17/09/2016	0.6200

Fecha	Concentración de CO (ppm)
18/09/2016	0.6500
19/09/2016	0.6400
20/09/2016	0.4700
21/09/2016	0.5200
22/09/2016	0.5100
23/09/2016	0.4100
24/09/2016	0.3100
27/09/2016	0.4800
28/09/2016	0.4000
29/09/2016	0.4400
30/09/2016	0.4600
01/10/2016	0.3800
02/10/2016	0.3700
03/10/2016	0.4400
04/10/2016	0.4300
05/10/2016	0.4300
06/10/2016	0.5200
07/10/2016	0.4600
08/10/2016	0.4000
09/10/2016	0.4000
10/10/2016	0.3700
11/10/2016	0.4600
12/10/2016	0.3800
13/10/2016	0.4200
14/10/2016	0.4800
15/10/2016	0.4900
16/10/2016	0.4000
17/10/2016	0.3300
18/10/2016	0.1600
19/10/2016	0.1000
20/10/2016	0.1500
21/10/2016	0.1600
22/10/2016	0.0900
23/10/2016	0.0400
24/10/2016	0.0700
25/10/2016	0.1100
26/10/2016	0.3300
27/10/2016	0.4800
28/10/2016	0.4600

Fecha	Concentración de CO (ppm)
29/10/2016	0.4300
30/10/2016	0.3300
31/10/2016	0.4900
01/11/2016	0.4400
02/11/2016	0.6400
03/11/2016	0.8000
04/11/2016	0.6300
05/11/2016	0.5500
06/11/2016	0.5100
07/11/2016	0.5500
08/11/2016	0.7100
09/11/2016	0.7600
10/11/2016	0.5900
11/11/2016	0.5400
12/11/2016	0.5600
13/11/2016	0.4500
14/11/2016	0.5000
16/11/2016	0.6900
17/11/2016	0.6900
18/11/2016	0.6700
19/11/2016	0.3400
20/11/2016	0.3400
21/11/2016	0.3400
22/11/2016	0.4900
23/11/2016	0.5300
24/11/2016	0.5200
25/11/2016	0.4600
26/11/2016	0.5000
27/11/2016	0.4400
28/11/2016	0.6000
29/11/2016	0.6800
30/11/2016	0.6400
01/12/2016	0.5700
02/12/2016	0.5900
03/12/2016	0.5200
05/12/2016	0.9800
06/12/2016	0.7500
07/12/2016	0.5300
08/12/2016	0.2000

Fecha	Concentración de CO (ppm)
09/12/2016	0.3100
10/12/2016	0.4000
11/12/2016	0.3300
12/12/2016	0.3600
13/12/2016	0.2900
14/12/2016	0.3800
15/12/2016	0.5000
16/12/2016	0.3100

Fecha	Concentración de CO (ppm)
17/12/2016	0.1800
18/12/2016	0.1600
19/12/2016	0.2200
20/12/2016	0.2700
21/12/2016	0.2500

METEOROLOGÍA ESTACIÓN HUMBOLDT PROMEDIOS DIARIOS - AÑO 2016

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
01-ene-16	20.81	2.5	72
02-ene-16	22.53	2.63	56
03-ene-16	22.51	2.54	251
04-ene-16	23.01	3.17	257
05-ene-16	23.92	3.78	216
06-ene-16	24.19	3.07	224
07-ene-16	21.97	2.46	191
08-ene-16	21.78	2.36	219
09-ene-16	22.45	2.53	229
10-ene-16	23.13	2.45	224
11-ene-16	23.34	2.49	250
12-ene-16	23.5	2.9	234
13-ene-16	22.47	2.67	13
14-ene-16	21.91	2.34	251
15-ene-16	22.78	2.68	72
16-ene-16	22.97	2.48	234
17-ene-16	23.71	1.93	236
18-ene-16	24.07	2.46	235
19-ene-16	22.9	2.55	233
20-ene-16	23.32	2.85	227
21-ene-16	23.74	2.83	74
22-ene-16	23.7	3.06	223
23-ene-16	23.61	2.76	252
24-ene-16	22.59	1.63	211
25-ene-16	23.71	1.71	234
26-ene-16	25.08	2.74	246
27-ene-16	24.03	2.54	267
28-ene-16	24.35	2.81	226

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
29-ene-16	25.5	2.8	260
30-ene-16	24.76	3.2	251
31-ene-16	25.85	2.89	17
01-feb-16	23.94	c	261
02-feb-16	24.4	2.51	230
03-feb-16	25.33	2.96	73
04-feb-16	25.67	3.49	77
05-feb-16	25.39	3	218
06-feb-16	25.05	3	242
07-feb-16	25.08	3.31	248
08-feb-16	23.52	1.68	262
09-feb-16	24.31	2.01	260
10-feb-16	24.43	2.12	253
11-feb-16	24.55	2.11	254
12-feb-16	24.19	1.87	216
14-feb-16	25.23	2.94	213
15-feb-16	24.55	3.41	2
16-feb-16	24.38	2.25	259
17-feb-16	25.98	2.75	224
18-feb-16	26.46	3.05	3
19-feb-16	25.31	2.88	226
20-feb-16	24.89	2.5	232
21-feb-16	25.3	2.22	223
22-feb-16	25.51	2.39	232
23-feb-16	26.17	3.21	236
24-feb-16	25.78	4	68
25-feb-16	25.16	2.27	231
26-feb-16	25.72	0.88	222
27-feb-16	26.53	2.48	225
28-feb-16	27.31	3.26	223
29-feb-16	25.28	3.31	238

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
01-mar-16	-448.78	-39.88	244
02-mar-16	26.06	2.09	243
03-mar-16	24.83	1.96	247
04-mar-16	25.26	1.85	236
05-mar-16	25.43	2.94	84
06-mar-16	25.54	2.55	203
07-mar-16	24.27	1.1	271
08-mar-16	26.19	2.46	86
09-mar-16	25.5	2.33	249
10-mar-16	25.22	2.54	235
11-mar-16	25.54	2.35	257
12-mar-16	25.01	1.99	21
13-mar-16	25.39	2.41	245
14-mar-16	25.23	2.29	258
15-mar-16	24.63	2.43	257
16-mar-16	23.8	2.83	252
17-mar-16	24.26	2.46	239
18-mar-16	24.48	2.41	247
19-mar-16	24.35	2.33	58
20-mar-16	25.21	2.2	243
21-mar-16	26.62	2.51	265
22-mar-16	24.71	1.62	266
23-mar-16	24.47	1.99	258
24-mar-16	25.48	2.31	233
25-mar-16	24.78	2.87	265
26-mar-16	24.92	2.81	205

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
27-mar-16	25.29	2.5	259
28-mar-16	24.88	2.06	5
29-mar-16	26.22	2.57	77
30-mar-16	26.04	2.42	292
31-mar-16	24.79	2.39	258
01-abr-16	25.44	2.63	249
02-abr-16	24.05	2.43	256
03-abr-16	24.13	1.63	253
04-abr-16	24.75	2.25	256
05-abr-16	24.53	2.27	261
06-abr-16	24.01	2.38	261
07-abr-16	22.53	2.11	248
08-abr-16	22.59	2.23	257
09-abr-16	22.66	2.34	246
10-abr-16	22.06	2	250
11-abr-16	22.58	1.9	246
12-abr-16	22.23	2.05	264
13-abr-16	23.1	2.2	92
14-abr-16	23.77	1.97	306
15-abr-16	22.75	2.21	278
16-abr-16	22.73	2.13	262
17-abr-16	22.9	2.06	247
18-abr-16	22.52	2.03	251
19-abr-16	22.02	2.18	294
20-abr-16	21.29	2.15	36
21-abr-16	21.08	2.03	246
22-abr-16	20.6	1.8	238
23-abr-16	20.56	1.9	243
24-abr-16	21.16	1.88	253
25-abr-16	22.17	1.58	248
26-abr-16	22.7	1.89	248
27-abr-16	21.21	1.9	263
28-abr-16	21.27	2.07	24
29-abr-16	22.44	1.6	303

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
30-abr-16	19.23	2.24	226
01-may-16	22.2	2.35	77
02-may-16	22.25	1.87	251
03-may-16	21.81	2.12	251
04-may-16	21.52	1.83	255
05-may-16	21.41	1.91	300
06-may-16	20.58	1.86	270
07-may-16	20.14	2.02	31
08-may-16	20.43	1.83	325
09-may-16	20.54	1.61	258
10-may-16	20.86	1.9	4
11-may-16	21.58	1.87	249
12-may-16	20.46	1.75	260
13-may-16	20.09	2.04	43
14-may-16	18.24	0.94	218
15-may-16	18.72	1.48	250
16-may-16	18.98	1.83	249
17-may-16	19.68	1.63	254
18-may-16	19.59	1.6	233
19-may-16	19.31	1.79	295
20-may-16	18.83	1.84	73
21-may-16	18.71	1.57	252
22-may-16	17.89	1.56	225
23-may-16	19.08	1.98	268
24-may-16	19.71	1.59	267
25-may-16	19.36	1.8	270

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
26-may-16	17.82	1.39	270
27-may-16	18.02	1.31	243
28-may-16	17.31	1.28	256
29-may-16	18.14	1.49	253
30-may-16	17.31	1.35	273
31-may-16	17.38	1.06	254
01-jun-16	636.16	-1621.23	244
02-jun-16	431.39	-1079.9	258
03-jun-16	224.24	-39.1	245
04-jun-16	388.53	-122.86	-999
05-jun-16	17.75	2.43	227
06-jun-16	17.09	1.69	102
07-jun-16	16.25	1.2	65
08-jun-16	17.73	1.69	232
09-jun-16	17.31	1.46	240
10-jun-16	17.65	1.53	252
11-jun-16	17.65	1.53	244
12-jun-16	17.93	1.67	270
13-jun-16	17.47	1.68	269
14-jun-16	17.93	1.81	253
15-jun-16	17.32	2.28	241
16-jun-16	17.9	2.15	228
17-jun-16	16.34	1.51	235
18-jun-16	16.76	1.76	259
19-jun-16	17.4	1.63	22
20-jun-16	15.26	0.8	-
21-jun-16	14.85	1	247
22-jun-16	15.61	0.96	237
23-jun-16	15.64	1.72	222
24-jun-16	16.59	2.21	65
25-jun-16	16.69	2.81	255
26-jun-16	16.48	1.62	212
27-jun-16	16.65	1.81	253

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
28-jun-16	16.42	1.8	238
29-jun-16	15.92	1.29	225
30-jun-16	16.49	1.91	214
01-jul-16	17.02	2.23	253
02-jul-16	17.69	1.77	245
03-jul-16	17.16	1.89	250
04-jul-16	17.31	2.36	253
05-jul-16	16.55	1.7	237
06-jul-16	16.02	1.35	241
07-jul-16	16.42	1.68	253
08-jul-16	15.95	1.81	224
09-jul-16	16.37	1.37	233
10-jul-16	17.04	1.55	226
11-jul-16	17.34	2.36	211
12-jul-16	16.53	1.59	220
13-jul-16	17.09	1.94	278
14-jul-16	16.44	1.85	247
15-jul-16	16.18	1.95	220
16-jul-16	16.06	2.25	226
17-jul-16	16.47	2.64	226
18-jul-16	15.74	2.5	212
19-jul-16	15.52	1.75	243
20-jul-16	15.96	3.03	247
21-jul-16	15.85	2.18	244
22-jul-16	15.91	2.21	249
24-jul-16	16.92	2.88	48
25-jul-16	16.26	3.29	250
26-jul-16	15.69	3.15	218
27-jul-16	16.77	2.94	230
28-jul-16	16.08	2.36	51
29-jul-16	16.22	2.72	239
30-jul-16	16.28	2.29	238
31-jul-16	16.46	2.15	267
01-ago-16	16.2	2.41	257
02-ago-16	15.62	1.93	263
03-ago-16	16.03	2.48	250

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
04-ago-16	15.33	1.77	249
05-ago-16	15.63	1.74	70
06-ago-16	15.9	3.07	89
07-ago-16	15.41	1.88	300
08-ago-16	15.69	2	224
09-ago-16	15.7	1.97	250
10-ago-16	15.47	1.63	213
11-ago-16	15.57	2.13	256
12-ago-16	15.53	2.6	224
13-ago-16	16.36	2.49	219
14-ago-16	16.19	2.51	228
15-ago-16	15.09	2.39	233
16-ago-16	15.69	2.05	230
17-ago-16	16.54	2.69	257
18-ago-16	16.25	2.55	243
19-ago-16	15.33	2.25	241
20-ago-16	14.9	1.56	237
21-ago-16	16.24	1.74	245
22-ago-16	16.71	2.16	261
23-ago-16	16.37	2.31	243
24-ago-16	16.28	2.4	254
25-ago-16	17.05	2.32	7
26-ago-16	16.08	2.53	243
27-ago-16	15.83	2.96	238
28-ago-16	17.03	2.16	229
29-ago-16	16.5	3	228
30-ago-16	15.28	2.16	266
31-ago-16	15.55	1.74	227
01-sep-16	15.57	2.25	234
02-sep-16	15.92	2.07	63
03-sep-16	16.38	2.64	235
04-sep-16	15.84	2.66	256
05-sep-16	15.85	2.65	210
06-sep-16	15.8	3.05	246
07-sep-16	16.75	3.32	80
08-sep-16	15.82	3.28	218

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
09-sep-16	16.24	2.93	240
10-sep-16	17.26	3.19	248
11-sep-16	16.62	3.59	81
12-sep-16	15.51	2.51	225
13-sep-16	16.23	2.23	254
14-sep-16	17.06	2.84	266
15-sep-16	16.4	2.28	236
16-sep-16	16.04	2.5	240
17-sep-16	17.51	2.62	249
18-sep-16	17.81	2.37	246
19-sep-16	17.68	2.8	243
20-sep-16	17.3	2.56	264
21-sep-16	16.73	3.25	253
22-sep-16	17.47	3.51	254
23-sep-16	17.11	2.78	253
24-sep-16	17.71	2.89	255
25-sep-16	16.28	2.88	244
26-sep-16	17.46	2.87	272
27-sep-16	17.29	2.85	261
28-sep-16	17.72	3.17	253
29-sep-16	16.84	3.15	230
30-sep-16	17	2.32	113
01-oct-16	17.31	2.99	218
02-oct-16	17.81	2.64	241
03-oct-16	17.43	3.12	227
04-oct-16	17.04	3.24	219
05-oct-16	16.5	2.15	238
06-oct-16	17.43	2.44	239
07-oct-16	17.4	2.6	263
08-oct-16	16.97	3.02	218
09-oct-16	18.12	3.15	238
10-oct-16	18.38	2.97	249
11-oct-16	18.55	4.03	68
12-oct-16	18.23	3.95	236
13-oct-16	17.54	3.25	229
14-oct-16	17.91	2.76	79

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
15-oct-16	16.99	3.32	259
16-oct-16	18.23	3.05	255
17-oct-16	17.57	2.41	90
18-oct-16	18.42	-477.12	245
19-oct-16	18.45	3.28	247
20-oct-16	18.51	3.5	255
21-oct-16	17.27	3.21	260
22-oct-16	17.96	3.73	232
23-oct-16	16.3	2.86	70
24-oct-16	20.4	4.96	215
25-oct-16	17.53	2.45	257
26-oct-16	17.55	2.4	277
27-oct-16	16.69	2.68	252
28-oct-16	17.85	3.9	62
29-oct-16	17.81	3.2	244
30-oct-16	18.61	3.92	225
31-oct-16	18.02	3.77	223
01-nov-16	18	3.12	222
02-nov-16	16.9	2.5	261
03-nov-16	17.23	2.9	252
04-nov-16	17.87	2.27	258
05-nov-16	17.98	3.04	243
06-nov-16	17.19	3.01	238
07-nov-16	19.68	4.1	63
08-nov-16	19.14	2.83	264
09-nov-16	19.26	3.08	250
10-nov-16	19.33	3.88	256
11-nov-16	19.21	3.68	79
12-nov-16	19.93	3.48	254
13-nov-16	19.22	3.03	232
14-nov-16	20.55	3.62	249

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
15-nov-16	19.97	4.16	227
16-nov-16	19.53	2.9	242
17-nov-16	19.6	2.72	276
18-nov-16	19.59	3.3	262
19-nov-16	19.03	3.28	234
20-nov-16	19.68	3.46	235
21-nov-16	20.12	3.25	248
22-nov-16	19.44	3.07	263
23-nov-16	19.58	3.43	235
24-nov-16	18.95	2.88	253
25-nov-16	20.29	3.88	76
26-nov-16	20.5	3.16	257
27-nov-16	20	3.09	244
28-nov-16	18.79	1.75	252
29-nov-16	20.22	3.3	253
30-nov-16	20.78	3.35	238
01-dic-16	19.24	2.31	300
02-dic-16	19.85	-38.42	232
03-dic-16	21.32	3.19	252
04-dic-16	21.26	3.23	258
05-dic-16	21.32	3.45	247
06-dic-16	19.75	1.88	249
07-dic-16	20.78	2.99	247
08-dic-16	20.93	3.77	240
09-dic-16	21.5	3.56	275
10-dic-16	20.83	3.01	259
11-dic-16	20.98	3.1	290
12-dic-16	20.07	2.86	267
13-dic-16	19.53	3.33	231
14-dic-16	20.57	3.48	250

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
15-dic-16	19.91	2.1	231
16-dic-16	20.81	3	246
17-dic-16	21.5	3.42	99
18-dic-16	21.96	3.47	252
19-dic-16	21.78	3.95	255
20-dic-16	21.7	3.13	265
21-dic-16	20.77	2.99	254
22-dic-16	21.36	2.65	267
23-dic-16	22.52	0.98	251
24-dic-16	22.15		255
25-dic-16	22.29		236
26-dic-16	21.95		258
27-dic-16	22.58		244
28-dic-16	22.25		249
29-dic-16	22.55		241
30-dic-16	22.38		231
31-dic-16	22.85		239

SALIDAS DEL MODELO CALINE4 PARA EL ANÁLISIS DE DÍAS Y PROMEDIOS MENSUALES

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: 22-Marzo

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 1.6 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)

BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S

CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S

MIXH= 452. M AMB= 0.0 PPM

SIGTH= 19. DEGREES TEMP= 24.7 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W

DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)

-----*-----*

A. A * 0 0 210 -94 * AG 2163 21.7 0.0 16.0

B. B * 210 -94 98 210 * AG 2093 17.4 0.0 16.0

C. C * 98 210 1207 666 * AG 2294 18.3 0.0 16.0

D. D * 0 0 55 -145 * AG 1091 23.8 0.0 10.0

E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2035 16.2 0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)

RECEPTOR * X Y Z

-----*-----

1. Sta Anit * 105 -70 0.0

2. Universa * 144 -28 0.0

3. Roosevelt * 1022 591 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

* * PRED * CONC/LINK

* BRG * CONC * (PPM)

RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E

-----*-----*-----

1. Sta Anit * 69. * 1.1 * 0.9 0.2 0.0 0.0 0.0

2. Universa * 153. * 0.7 * 0.6 0.0 0.0 0.0 0.1

3. Roosevelt * 247. * 2.9 * 0.0 0.0 2.9 0.0 0.0

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: 01-Abril

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 2.6 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)

BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S

CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S

MIXH= 452. M AMB= 0.0 PPM

SIGTH= 36. DEGREES TEMP= 25.4 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

```
LINK * LINK COORDINATES (M) *        EF H W
DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)
-----*-----*-----
A. A       * 0 0 210 -94 * AG 2163 21.1 0.0 16.0
B. B       * 210 -94 98 210 * AG 2093 17.3 0.0 16.0
C. C       * 98 210 1207 666 * AG 2294 18.1 0.0 16.0
D. D       * 0 0 55 -145 * AG 1091 24.0 0.0 10.0
E. E       * 55 -145 210 -94 * AG 2035 16.3 0.0 12.0
```

III. RECEPTOR LOCATIONS

```
* COORDINATES (M)
RECEPTOR * X Y Z
-----*-----
1. Sta Anit * 105 -70 0.0
2. Universa * 144 -28 0.0
3. Roosevelt * 1022 591 0.0
```

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

```
* * PRED *        CONC/LINK
* BRG * CONC *        (PPM)
RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E
-----*-----*-----
1. Sta Anit * 67. * 0.7 * 0.6 0.1 0.0 0.0 0.0
2. Universa * 159. * 0.5 * 0.4 0.1 0.0 0.0 0.1
3. Roosevelt * 247. * 1.5 * 0.0 0.0 1.5 0.0 0.0
```

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: 23-Setiembre

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 2.8 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)

BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S

CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S

MIXH= 600. M AMB= 0.0 PPM

SIGTH= 45. DEGREES TEMP= 17.1 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W

DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)

-----*-----*

A. A * 0 0 210 -94 * AG 2225 21.3 0.0 16.0

B. B * 210 -94 98 210 * AG 2225 17.5 0.0 16.0

C. C * 98 210 1207 666 * AG 2387 17.8 0.0 16.0

D. D * 0 0 55 -145 * AG 1133 23.4 0.0 10.0

E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2132 17.2 0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)

RECEPTOR * X Y Z

-----*-----

1. Sta Anit * 105 -70 0.0

2. Universa * 144 -28 0.0

3. Roosevelt * 1022 591 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

* * PRED * CONC/LINK

* BRG * CONC * (PPM)

RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E

-----*-----*-----*-----

1. Sta Anit * 69. * 0.6 * 0.5 0.1 0.0 0.0 0.0

2. Universa * 159. * 0.5 * 0.3 0.1 0.0 0.0 0.1

3. Roosevelt * 247. * 1.2 * 0.0 0.0 1.2 0.0 0.0

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: 06-Diciembre

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 1.9 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)

BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S

CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S

MIXH= 675. M AMB= 0.0 PPM

SIGTH= 55. DEGREES TEMP= 19.8 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W

DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)

-----*-----*

A. A * 0 0 210 -94 * AG 2225 21.3 0.0 16.0

B. B * 210 -94 98 210 * AG 2225 17.5 0.0 16.0

C. C * 98 210 1207 666 * AG 2387 17.8 0.0 16.0

D. D * 0 0 55 -145 * AG 1133 23.4 0.0 10.0

E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2132 17.2 0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)

RECEPTOR * X Y Z

-----*-----

1. Sta Anit * 105 -70 0.0

2. Roosevelt * 1022 591 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

* * PRED * CONC/LINK

* BRG * CONC * (PPM)

RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E

-----*-----*-----*-----

1. Sta Anit * 66. * 0.8 * 0.6 0.1 0.0 0.0 0.0

2. Roosevelt * 247. * 1.5 * 0.0 0.0 1.5 0.0 0.0

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: ENERO_PROMEDIO_MENSUAL

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 2.6 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)

BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S

CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S

MIXH= 675. M AMB= 0.0 PPM

SIGTH= 5. DEGREES TEMP= 23.4 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W

DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)

-----*-----*-----

A. A * 0 0 210 -94 * AG 2225 21.3 0.0 16.0

B. B * 210 -94 98 210 * AG 2225 17.5 0.0 16.0
 C. C * 98 210 1207 666 * AG 2387 17.8 0.0 16.0
 D. D * 0 0 55 -145 * AG 1133 23.4 0.0 10.0
 E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2132 17.2 0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)

RECEPTOR * X Y Z

-----*-----

1. Sta Anit * 105 -70 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

* * PRED * CONC/LINK

* BRG * CONC * (PPM)

RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E

-----*-----*-----*-----

1. Sta Anit * 84. * 0.8 * 0.7 0.1 0.0 0.0 0.0

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: FEBRERO_PROMEDIO_MENSUAL

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 2.6 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)
BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S
CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S
MIXH= 675. M AMB= 0.0 PPM
SIGTH= 5. DEGREES TEMP= 23.4 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK	* LINK COORDINATES (M) *	EF	H	W
DESCRIPTION	* X1 Y1 X2 Y2 * TYPE	VPH (G/MI)	(M)	(M)
A. A	* 0 0 210 -94 * AG	2225	21.3	0.0 16.0
B. B	* 210 -94 98 210 * AG	2225	17.5	0.0 16.0
C. C	* 98 210 1207 666 * AG	2387	17.8	0.0 16.0
D. D	* 0 0 55 -145 * AG	1133	23.4	0.0 10.0
E. E	* 55 -145 210 -94 * AG	2132	17.2	0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)
RECEPTOR * X Y Z
-----*

1. Sta Anit * 105 -70 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

* * PRED * CONC/LINK

* BRG * CONC * (PPM)

RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E

-----*-----*-----*-----

1. Sta Anit * 84. * 0.8 * 0.7 0.1 0.0 0.0 0.0

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: MARZO_PROMEDIO_MENSUAL

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 2.3 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)

BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S

CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S

MIXH= 675. M AMB= 0.0 PPM

SIGTH= 5. DEGREES TEMP= 25.1 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W

DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)

-----*-----*-----

A. A * 0 0 210 -94 * AG 2225 21.3 0.0 16.0

B. B * 210 -94 98 210 * AG 2225 17.5 0.0 16.0

C. C * 98 210 1207 666 * AG 2387 17.8 0.0 16.0
 D. D * 0 0 55 -145 * AG 1133 23.4 0.0 10.0
 E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2132 17.2 0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)

RECEPTOR * X Y Z

-----*-----

1. Sta Anit * 105 -70 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

* * PRED * CONC/LINK

* BRG * CONC * (PPM)

RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E

-----*-----*-----

1. Sta Anit * 84. * 0.9 * 0.7 0.1 0.0 0.0 0.0

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: ABRIL_PROMEDIO_MENSUAL

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 2.1 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)
BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S
CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S
MIXH= 675. M AMB= 0.0 PPM
SIGTH= 5. DEGREES TEMP= 22.5 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W
DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)
-----*-----*-----
A. A * 0 0 210 -94 * AG 2225 21.3 0.0 16.0
B. B * 210 -94 98 210 * AG 2225 17.5 0.0 16.0
C. C * 98 210 1207 666 * AG 2387 17.8 0.0 16.0
D. D * 0 0 55 -145 * AG 1133 23.4 0.0 10.0
E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2132 17.2 0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)
RECEPTOR * X Y Z
-----*-----
1. Sta Anit * 105 -70 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

* * PRED * CONC/LINK
* BRG * CONC * (PPM)
RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E
-----*-----*-----
1. Sta Anit * 84. * 1.0 * 0.8 0.1 0.0 0.0 0.0

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: MAYO_PROMEDIO_MENSUAL

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 1.7 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)

BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S

CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S

MIXH= 675. M AMB= 0.0 PPM

SIGTH= 5. DEGREES TEMP= 19.6 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W

DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)

-----*-----*

A. A * 0 0 210 -94 * AG 2225 21.3 0.0 16.0

B. B * 210 -94 98 210 * AG 2225 17.5 0.0 16.0

C. C * 98 210 1207 666 * AG 2387 17.8 0.0 16.0

D. D * 0 0 55 -145 * AG 1133 23.4 0.0 10.0

E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2132 17.2 0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)

RECEPTOR * X Y Z

-----*-----

1. Sta Anit * 105 -70 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

```
* * PRED * CONC/LINK
* BRG * CONC * (PPM)
RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E
-----*-----*-----*-----
1. Sta Anit * 93. * 1.1 * 0.9 0.2 0.0 0.0 0.0
```

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: pruebatesis

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

```
U= 1.7 M/S      Z0= 400. CM      ALT= 258. (M)
BRG= WORST CASE  VD= 0.0 CM/S
CLAS= 2 (B)     VS= 0.0 CM/S
MIXH= 675. M    AMB= 0.0 PPM
SIGTH= 45. DEGREES  TEMP= 16.8 DEGREE (C)
```

II. LINK VARIABLES

```
LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W
DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)
-----*-----*-----*-----
A. A * 0 0 210 -94 * AG 2225 21.3 0.0 16.0
B. B * 210 -94 98 210 * AG 2225 17.5 0.0 16.0
C. C * 98 210 1207 666 * AG 2387 17.8 0.0 16.0
```

D. D * 0 0 55 -145 * AG 1133 23.4 0.0 10.0
E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2132 17.2 0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)

RECEPTOR * X Y Z

-----*-----

1. Sta Anit * 105 -70 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

* * PRED * CONC/LINK

* BRG * CONC * (PPM)

RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E

-----*-----*-----

1. Sta Anit * 68. * 1.0 * 0.7 0.1 0.0 0.0 0.0

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: JULIO_PROMEDIO_MENSUAL

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 2.2 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)

BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S

CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S

MIXH= 675. M AMB= 0.0 PPM

SIGTH= 45. DEGREES TEMP= 16.4 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

```
LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W
DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)
-----*-----*-----
A. A * 0 0 210 -94 * AG 2225 21.3 0.0 16.0
B. B * 210 -94 98 210 * AG 2225 17.5 0.0 16.0
C. C * 98 210 1207 666 * AG 2387 17.8 0.0 16.0
D. D * 0 0 55 -145 * AG 1133 23.4 0.0 10.0
E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2132 17.2 0.0 12.0
```

III. RECEPTOR LOCATIONS

```
* COORDINATES (M)
RECEPTOR * X Y Z
-----*-----
1. Sta Anit * 105 -70 0.0
```

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

```
* * PRED * CONC/LINK
* BRG * CONC * (PPM)
RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E
-----*-----*-----
1. Sta Anit * 68. * 0.8 * 0.6 0.1 0.0 0.0 0.0
```

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: AGOSTO_PROMEDIO_MENSUAL

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 2.2 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)
BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S
CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S
MIXH= 675. M AMB= 0.0 PPM
SIGTH= 55. DEGREES TEMP= 15.9 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W
DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)
-----*-----*-----
A. A * 0 0 210 -94 * AG 2225 21.3 0.0 16.0
B. B * 210 -94 98 210 * AG 2225 17.5 0.0 16.0
C. C * 98 210 1207 666 * AG 2387 17.8 0.0 16.0
D. D * 0 0 55 -145 * AG 1133 23.4 0.0 10.0
E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2132 17.2 0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)
RECEPTOR * X Y Z
-----*-----
1. Sta Anit * 105 -70 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

* * PRED * CONC/LINK
* BRG * CONC * (PPM)
RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E
-----*-----*-----

1. Sta Anit * 69. * 0.7 * 0.6 0.1 0.0 0.0 0.0

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: SETIEMBRE_PROMEDIO_MENSUAL

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 2.8 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)

BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S

CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S

MIXH= 675. M AMB= 0.0 PPM

SIGTH= 55. DEGREES TEMP= 16.7 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W

DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)

-----*-----*

A. A * 0 0 210 -94 * AG 2225 21.3 0.0 16.0

B. B * 210 -94 98 210 * AG 2225 17.5 0.0 16.0

C. C * 98 210 1207 666 * AG 2387 17.8 0.0 16.0
 D. D * 0 0 55 -145 * AG 1133 23.4 0.0 10.0
 E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2132 17.2 0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)

RECEPTOR * X Y Z

-----*-----

1. Sta Anit * 105 -70 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

* * PRED * CONC/LINK

* BRG * CONC * (PPM)

RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E

-----*-----*-----

1. Sta Anit * 69. * 0.6 * 0.5 0.1 0.0 0.0 0.0

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: OCTUBRE_PROMEDIO_MENSUAL

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 3.2 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)

BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S

CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S

MIXH= 675. M AMB= 0.0 PPM

SIGTH= 55. DEGREES TEMP= 17.8 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W
DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)
-----*-----*

A. A * 0 0 210 -94 * AG 2225 21.3 0.0 16.0
B. B * 210 -94 98 210 * AG 2225 17.5 0.0 16.0
C. C * 98 210 1207 666 * AG 2387 17.8 0.0 16.0
D. D * 0 0 55 -145 * AG 1133 23.4 0.0 10.0
E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2132 17.2 0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

 * COORDINATES (M)
RECEPTOR * X Y Z
-----*-----

1. Sta Anit * 105 -70 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

 * * PRED * CONC/LINK
 * BRG * CONC * (PPM)
RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E
-----*-----*

1. Sta Anit * 69. * 0.5 * 0.4 0.1 0.0 0.0 0.0

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: NOVIEMBRE_PROMEDIO_MENSUAL

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 3.2 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)

BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S

CLAS= 2 (B) VS= 0.0 CM/S

MIXH= 675. M AMB= 0.0 PPM

SIGTH= 35. DEGREES TEMP= 19.3 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK	* LINK COORDINATES (M)	* EF	H	W
DESCRIPTION	* X1 Y1 X2 Y2 * TYPE	VPH (G/MI)	(M)	(M)
A. A	* 0 0 210 -94 * AG	2225	21.3	0.0 16.0
B. B	* 210 -94 98 210 * AG	2225	17.5	0.0 16.0
C. C	* 98 210 1207 666 * AG	2387	17.8	0.0 16.0
D. D	* 0 0 55 -145 * AG	1133	23.4	0.0 10.0
E. E	* 55 -145 210 -94 * AG	2132	17.2	0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)

RECEPTOR * X Y Z

-----*-----

1. Sta Anit * 105 -70 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

* * PRED * CONC/LINK

* BRG * CONC * (PPM)

RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E

-----*-----*-----

1. Sta Anit * 69. * 0.6 * 0.5 0.1 0.0 0.0 0.0

CALINE4: CALIFORNIA LINE SOURCE DISPERSION MODEL

JUNE 1989 VERSION

PAGE 1

JOB: DICIEMBRE_PROMEDIO_MENSUAL

RUN: Hour 1 (WORST CASE ANGLE)

POLLUTANT: Carbon Monoxide

I. SITE VARIABLES

U= 3.0 M/S Z0= 400. CM ALT= 258. (M)

BRG= WORST CASE VD= 0.0 CM/S

CLAS= 3 (C) VS= 0.0 CM/S

MIXH= 625. M AMB= 0.0 PPM

SIGTH= 55. DEGREES TEMP= 21.3 DEGREE (C)

II. LINK VARIABLES

LINK * LINK COORDINATES (M) * EF H W

DESCRIPTION * X1 Y1 X2 Y2 * TYPE VPH (G/MI) (M) (M)

-----*-----*-----

A. A * 0 0 210 -94 * AG 2225 21.3 0.0 16.0

B. B * 210 -94 98 210 * AG 2225 17.5 0.0 16.0
 C. C * 98 210 1207 666 * AG 2387 17.8 0.0 16.0
 D. D * 0 0 55 -145 * AG 1133 23.4 0.0 10.0
 E. E * 55 -145 210 -94 * AG 2132 17.2 0.0 12.0

III. RECEPTOR LOCATIONS

* COORDINATES (M)

RECEPTOR * X Y Z

-----*-----

1. Sta Anit * 105 -70 0.0

IV. MODEL RESULTS (WORST CASE WIND ANGLE)

* * PRED * CONC/LINK

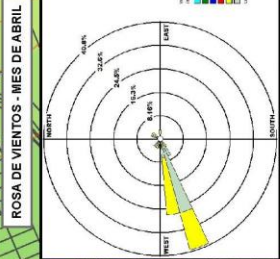
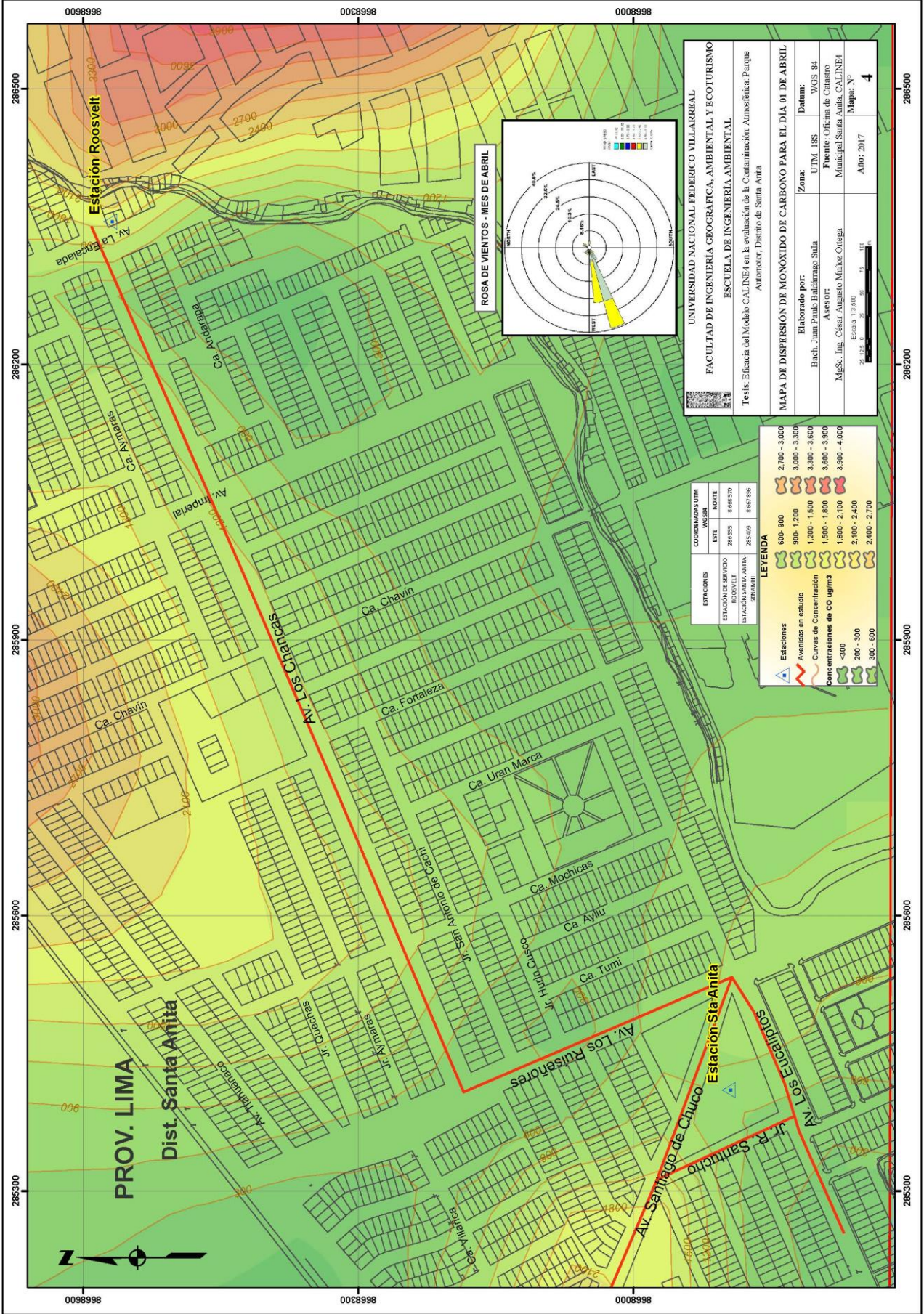
* BRG * CONC * (PPM)

RECEPTOR * (DEG) * (PPM) * A B C D E

-----*-----*-----*-----

1. Sta Anit * 65. * 0.6 * 0.5 0.1 0.0 0.0 0.0

MAPAS



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Tesis: Efecticia del Modelo CALINE4 en la evaluación de la Contaminación Atmosférica: Parque Automotor, Distrito de Santa Anita

MAPA DE DISPERSION DE MONOXIDO DE CARBONO PARA EL DIA 01 DE ABRIL

Elaborado por: Zana: Datum:
 Bach. Juan Pablo Baldirrigo Sullá UTM_18S WGS 84
 Fuente: Oficina de Catastro Municipal Santa Anita, CALINE4
 MgSc. Ing. César Augusto Muñoz Ortega
 Año: 2017
 Escala: 1:3,000
 Mapa: N° 4

ESTACIONES	COORDENADAS UTM	
	ESTE	NORTE
ESTACION DE SERVICIO ROSA VIEL	285335	8 688 370
ESTACION SANTA ANITA SANTA ANITA	285459	8 687 896

LEYENDA

- Estaciones: 600 - 900, 900 - 1,200, 1,200 - 1,500, 1,500 - 1,800, 1,800 - 2,100, 2,100 - 2,400, 2,400 - 2,700
- Avenidas en estudio: 2,700 - 3,000, 3,000 - 3,300, 3,300 - 3,600, 3,600 - 3,900, 3,900 - 4,200
- Curvas de Concentración de CO (µg/m³): 0-300, 300-600, 600-900, 900-1,200, 1,200-1,500, 1,500-1,800, 1,800-2,100, 2,100-2,400, 2,400-2,700

0098998 008998 0008998

286500 286200 285900 285600 285300

0098998 008998 0008998

286500 286200 285900 285600 285300

PROV. LIMA
 Dist. Santa Anita

Estación Roosevelt

Av. La Engrada

Ca. Amparo

Ca. Imperial

Ca. Chavín

Av. Los Clancos

Ca. Chavín

Ca. Fortaleza

Ca. Uran Marca

Jr. Agustín de Cerón

Ca. Mochicas

Ca. Ayllu

Ca. Tumi

Jr. Hipólito Chuspe

Av. Los Ruiseñores

Av. Los Escalidos

Av. Santiago de Chuco

Estación Sta Anita

Jr. R. Sarrutcho

Jr. Aynares

Jr. Cuadras

Jr. Huanaco

Jr. Villalba



