

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

Evaluación de niveles de ozono en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante.

AUTOR:

Perez Castro, Samuel Gonzalo

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL

TUTOR:

Ing. Vásconez Gavilanes, José Ernesto. M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

12 de Septiembre del 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Perez Castro, Samuel Gonzalo, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero Civil.

TUTOR

f. _____

Ing. Vásconez Gavilanes, José Ernesto. M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas, M.Sc.

Guayaquil, a los 12 días del mes de Septiembre del año 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Perez Castro, Samuel Gonzalo**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Evaluación de niveles de ozono en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante.** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 12 días del mes de Septiembre del año 2018

EL AUTOR

f. _____

Perez Castro, Samuel Gonzalo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Perez Castro, Samuel Gonzalo**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Evaluación de niveles de ozono en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 12 días del mes de Septiembre del año 2018

EL AUTOR:

f. _____
Perez Castro, Samuel Gonzalo

REPORTE DE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRAbajo de titulo SAMUEL PEREZ CASTRO1.pdf (D41081774)
Submitted: 9/1/2018 2:26:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 4 %

Sources included in the report:

TESIS FIN si mapas.docx (D12458248)
ozono.docx (D16792940)
<https://es.wikipedia.org/wiki/Ozono>
<https://www.monografias.com/trabajos98/capa-ozono-un-problema-ambiental-cuidar/capa-ozono-un-problema-ambiental-cuidar.shtml>
<http://quefuncioncumple.com/que-funcion-cumple-la-capa-de-ozono-en-la-tierra/>
http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/02/22/149576.php

Instances where selected sources appear:

17

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme permitido llegar a estas instancias y permitirme gozar de salud plena para lograr mis objetivos.

Gracias a mis padres y a mi hermana, pilares fundamentales e indispensables en mi vida, que sin ellos no hubiese sido posible este logro.

Agradezco de manera especial a mis futuros colegas, todos mis amigos y amigas con quienes tuve la oportunidad de vivir muchos gratos momentos y los cuales hicieron de mi estancia en la universidad un momento inolvidable, aún más a Sheznarda, Morita, Andrea, Gustavo y David con quienes compartí la mayor parte de trabajos universitarios para lograr este gran reto.

Al Ingeniero José Vásquez, mi tutor de tesis, por haberme brindado el honor de recurrir a su capacidad y conocimiento para poder llevar a cabo este trabajo de titulación.

A Carla mi compañera de vida que siempre estuvo conmigo de manera directa e indirecta en el proceso de esta etapa de mi vida.

A mi familia que conocí en Italia durante mis estudios en el Politécnico de Milano, quienes me brindaron todo su cariño durante mi estadía allá, siempre los llevo en mi corazón.

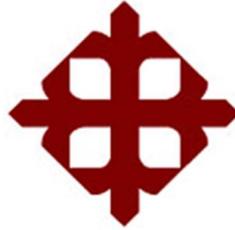
Finalmente, pero no menos importantes, agradezco a mis amigos y amigas que, aunque no siguieron conmigo esta carrera, participaron de alguna manera en el proceso de ella.

Samuel Gonzalo Perez Castro

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado a mis padres por todo el esfuerzo brindado y ser siempre mi apoyo, a mi hermana y de manera especial a mi abuelita Juana Alvear Bedoya de Castro a quien lamentablemente no le alcanzó la vida para ver este proyecto culminado, pero sé que la culminación de este la hubiese hecho muy feliz.

Samuel Gonzalo Perez Castro



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f. _____

Ing. Vásconez Gavilanes, José Ernesto. M.Sc.

TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Lilia Marlene Valarezo Moreno. M.Sc.

DECANA

f. _____

Ing. Clara Catalina Glas Cevallos. M.Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Mélida Alexandra Camacho Monar. M.Sc.

OPONENTE

VIII

ÍNDICE

1 CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	5
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.4 ALCANCE	6
1.5 METODOLOGÍA	6
2 CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 HISTORIA DEL OZONO	7
2.2 DEFINICIÓN DE OZONO.....	8
2.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL OZONO.....	9
2.4 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL OZONO.....	10
2.4.1 <i>Reacciones químicas en la estratosfera</i>	10
2.4.2 <i>Reacciones químicas en la tropósfera</i>	11
2.5 OZONO ATMOSFÉRICO	12
2.5.1 <i>Importancia del ozono atmosférico</i>	14
2.5.2 <i>Capa de Ozono</i>	15
2.5.3 <i>Agujero de Ozono</i>	16
2.5.4 <i>Sustancias que destruyen la capa de ozono</i>	22
2.6 OZONO SUPERFICIAL (TROPOSFÉRICO)	23
2.6.1 <i>Producción de la contaminación fotoquímica</i>	25
2.6.2 <i>Caracterización de los principales precursores de los oxidantes fotoquímicos</i>	26
2.6.3 <i>Niveles de ozono troposférico</i>	33
2.6.4 <i>Estrategia de reducción del ozono troposférico</i>	35
2.6.5 <i>Efectos contaminantes del ozono</i>	37
2.7 LEGISLACIÓN VIGENTE REFERIDA NORMATIVA (T.U.L.S.M.A.).....	41
2.7.1 <i>Requisitos de la norma</i>	41
2.7.2 <i>Normas generales referente al ozono (O₃)</i>	43

2.7.3	<i>De los planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire</i>	44
2.7.4	<i>Métodos de medición de los contaminantes</i>	45
2.8	TOXICIDAD	46
3	CAPÍTULO III - MARCO METODOLÓGICO	48
3.1	SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE MUESTRAS	48
3.1.1	<i>Parada de Metrovía Maternidad Enrique Sotomayor, calle Alcedo y Pedro Moncayo</i>	49
3.1.2	<i>Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia</i>	50
3.1.3	<i>Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre</i>	50
3.1.4	<i>Av. 9 de Octubre y Rumichaca</i>	51
3.2	MÉTODO DE TUBOS PASIVOS	51
3.2.1	<i>Cómo funcionan los tubos</i>	51
3.2.2	<i>Usando tubos de difusión</i>	52
3.2.3	<i>Consejos técnicos</i>	52
3.2.4	<i>Instrucciones del tubo de ozono</i>	53
3.2.5	<i>Características del Tubo</i>	55
3.3	EQUIPOS UTILIZADOS	56
3.4	PROCEDIMIENTOS	57
3.5	RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA	59
3.6	DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE OZONO	60
3.7	CONVERSIÓN DE CONCENTRACIÓN DE OZONO	61
4	CAPÍTULO IX - RESULTADOS	63
4.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	63
5	CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1	CONCLUSIONES	65
5.2	RECOMENDACIONES	66
	BIBLIOGRAFÍA	67
	ANEXOS	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Variación de ozono (a) y de temperatura (b) en función de la altura.....	13
Ilustración 2. Capas de la atmósfera.....	15
Ilustración 3. Niveles anteriores y previstos de gases controlados en la atmósfera antártica, citados como niveles equivalentes de cloro estratosférico efectivo (EESC).....	18
Ilustración 4. Mediante mediciones del satélite Aura de la NASA, se puede observar la lenta disminución del agujero de ozono en los últimos años entre los meses de septiembre y octubre.	19
Ilustración 5. Curso del contenido total de ozono en la base antártica Halley Bay. Se indica el valor medio y la desviación típica. Obsérvese el decrecimiento del contenido de ozono desde finales del decenio de 1960. Adaptada de (Farman et al., 1985)	20
Ilustración 6. Evolución del contenido de ozono desde 1979 a 1986 sobre dos estaciones polares: Amundsen-Scott (Polo Sur) y Resolute (Canadá). En las gráficas se representan desviaciones en tanto por cien respecto al valor medio para la época del año considerada.	21
Ilustración 7. Perfiles verticales de la concentración de ozono tomados mediante ozonosonda en Amundsen-Scott.	22
Ilustración 8. Curva de la evolución del ozono superficial en Europa desde 1870, con datos proporcionados por diversas estaciones europeas.	24
Ilustración 9. Precursores de la formación de ozono troposférico.....	26
Ilustración 10. Distribución de las fuentes de COVs	29
Ilustración 11. Distribución de las fuentes de CO.	31
Ilustración 12. Distribución del ozono troposférico medida con el TOMS. ...	34
Ilustración 13. Isopletras de concentración de ozono generadas bajo condiciones controladas usando aproximación de modelización empírica..	36
Ilustración 14. Ubicación de los puntos medidos	49
Ilustración 15. Alcedo y Pedro Moncayo.....	49
Ilustración 16. Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia.	50

Ilustración 17. Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre.....	50
Ilustración 18. Av. 9 de Octubre y Rumichaca.	51
Ilustración 19. Tubos pasivos.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades físicas del ozono	9
Tabla 2. Ritmo de crecimiento anual de los precursores de ozono.....	27
Tabla 3. Emisiones antropogénicas de CO de combustibles fósiles y actividades industriales (Tg CO/año).	31
Tabla 4. Fuentes de metano expresadas en 10 ⁹ Kg/año.	33
Tabla 5. Norma de Calidad del Aire Anexo 4, Acuerdo Ministerial No 097-A de 30 de julio.....	43
Tabla 6. Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia.....	44
Tabla 7. Métodos de medición de concentraciones de ozono.	45
Tabla 8. Toxicidad del ozono.	47
Tabla 9. Ubicación de los puntos en el centro urbano de Guayaquil.	48
Tabla 10. Límites permisibles de Ozono en el aire	57
Tabla 11. Metodología por el método de tubos pasivo.	61
Tabla 13. Resultados de las mediciones de ozono.....	64

RESUMEN

Este trabajo de titulación toma valores de niveles de ozono en la contaminación atmosférica debido a los niveles de ozono superficial (troposférico) ubicado en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil al mes de julio de 2018, siendo los niveles de ozono superficial producto del uso de precursores de ozono en la región. Introduce el concepto de contaminación in situ a la combinación de factores como velocidad del viento, cantidad de rayos ultravioletas, niveles de precursores de ozono, presencia de clorofluorocarbonados y temperatura, los cuales afectan de manera directa a la cantidad de ozono troposférico presente en la ciudad y por ende esta pueda llegar a afectar seres vivos o materiales inertes dependiendo siempre de sus niveles, con el propósito de generar recomendaciones a los componentes institucionales responsables de decidir las políticas y estrategias de acción para control y mitigación de los efectos.

El método realizado que está expresado en este trabajo está circunscrita a la excelente gestión de recolección de datos y análisis de laboratorio, las cuales materializan resultados con la ayuda de modelos matemáticos y equipos tecnológicos necesarios para el desarrollo de esta investigación científica.

Los resultados obtenidos podrán servir de información para que la autoridad ambiental competente a nivel local tome decisiones para seguir monitoreando los niveles de este importante parámetro de calidad del aire en la ciudad de Guayaquil.

PALABRAS CLAVES

***Ingeniería Ambiental; Ozono; Ozono Troposférico; T.U.L.S.M.A.;
Precursores; SAE.***

ABSTRACT

This work of titration takes values of ozone levels in air pollution due to the levels of superficial ozone (tropospheric) located in the urban center of the city of Guayaquil as of July 2018, with the levels of surface ozone being the product of the use of ozone precursors in the region. Introduces the concept of in situ pollution to the combination of factors such as wind speed, amount of ultraviolet rays, levels of ozone precursors, presence of chlorofluorocarbons and temperature, which directly affect the amount of tropospheric ozone present in the city and therefore this may affect living beings or inert materials always depending on their levels, with the purpose of generating recommendations to the institutional components responsible for deciding policies and strategies for action to control and mitigate the effects.

The method performed that is expressed in this work is circumscribed to the excellent management of data collection and laboratory analysis, which materialize results with the help of mathematical models and technological equipment necessary for the development of this scientific research.

The results obtained may serve as information for the competent environmental authority at the local level to make decisions to continue monitoring the levels of this important parameter of air quality in the city of Guayaquil.

WORD KEYS

Environmental Engineering; Ozone; Tropospheric Ozone; T.U.L.S.M.A.; Precursors; SAE (Ecuadorian Accreditation Service).

1 CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

Los cuantiosos y enormes problemas que la Tierra ha estado experimentado a lo largo de los últimos años debido a la magnitud y dispersión de las actividades antropogénicas se deben al uso y aumento del nivel tecnológico, que el desarrollo y dominio del ser humano ha modificado por completo de la misma. En efecto, se considera que en la actualidad no existe un ecosistema libre de la influencia humana (Vitousek, Mooney, Lubchenco, & Melillo, 1997).

Es así que los grandes cambios en relación con la contaminación atmosférica se ven desarrollados a partir de la Revolución Industrial, para luego verse más afectado con el desarrollo del sector automovilístico. Por lo que, pronto R. Angus Smith comenzó a estudiar el comportamiento y la incidencia del desarrollo industrial de una ciudad como Londres, para así, obtener registros altos de emisiones de carbonatos, ácido sulfúrico (H_2SO_4) y sulfatos de amonio ($(NH_4)_2SO_4$) en zonas relativamente distantes a las zonas industriales y darse cuenta de que, los contaminantes son capaces de desplazarse a cualquier sitio (Smith, 1852).

Estos cambios llevan consigo alteraciones del clima global, agotamiento del ozono estratosférico (ozono atmosférico), pérdidas irreversibles de biodiversidad, así como también cambios en los ecosistemas. Es por esto que se puede apreciar que existen varios aspectos que tienen dependencia del ambiente, como son: la salud de los seres vivos, la economía y la seguridad de las naciones, las cuales tienen facetas ambientales que se suelen dar por ignoradas (Lubchenco, 1998).

Debido a la importancia del tema y a la necesidad que existe por solucionar y mitigar los problemas ambientales, es que E. Wilson considera que este sería el siglo del ambiente (Wilson, 1998) y es debido a que es el momento de actuar para cambiar la actual situación en la que está el planeta por una en la que exista una relación más sostenible con la naturaleza.

Dentro de un grupo llamado los oxidantes fotoquímicos se encuentra el ozono, el cual ha sido estudiado a profundidad como protector de los rayos ultravioletas (UVB, UVC) en la estratosfera y que en las últimas décadas se ha ido reduciendo (Molina & Rowland, 1974), lo cual ha obligado al ser humano a tomar medidas correctoras para evitar la pérdida de esta capa de ozono (Benedick, 1996). Aún menos estudiada ha sido el ozono troposférico, el cual, a diferencia del otro, este es un contaminante debido a ser una molécula oxidante.

1.1 Antecedentes

El ozono troposférico provocado por actividades antropogénicas, en altas concentraciones se convierte en un contaminante tóxico. A diferencia de otros contaminantes que son emitidos directamente por sus fuentes, el ozono surge a partir de otros productos, principalmente óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, en presencia de abundante luz solar, por lo que se le define como contaminante secundario.

La contaminación fotoquímica es un proceso el cual no está lo suficientemente reconocido, a pesar de tener presente más de 300 reacciones (Velázquez de Castro, 1997). Además, de que los factores meteorológicos también forman parte decisiva, ya que son estos los que permiten mayor o menor presencia de radiación solar, así como también el transporte de masas de aire ricas en contaminantes primarios.

En el Acuerdo Ministerial 097 A que reformó el Texto Unificado de Legislación Secundaria Medioambiental (TULSMA), en el artículo Normas Generales para concentración de contaminantes criterio en el aire ambiente, se establece la concentración máxima de ozono, sin embargo, no es común que en las ciudades del Ecuador se efectúen mediciones de este contaminante, por lo que no hay datos para conocer la situación actual de los niveles de ozono en el aire.

1.2 Justificación

La realización del presente trabajo de titulación permitirá enfocar el estudio de los niveles de ozono generados en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil y su magnitud de afectación a la población guayaquileña. Si bien es cierto, el ozono en bajas concentraciones es inocuo, pero en altas concentraciones es nocivo. A pesar, de ser un contaminante importante para la salud de los seres humanos y de los ecosistemas, se han establecidos límites máximos de su concentración en la tropósfera, pero esta no ha sido debidamente incluida en las investigaciones y monitoreos de calidad del aire en la ciudad de Guayaquil. Por tanto, es un trabajo que debe ser realizado siguiendo los estrictos parámetros de seguridad. Para la ejecución del trabajo de toma de medición es necesario conjugar: a) tecnología, b) términos científicos, c) conocimientos en el área a tratar.

Es de sumo interés establecer niveles confiables que nos permitan establecer los niveles alcanzados en la región para efectuar recomendaciones que aporten al mejoramiento de la calidad del aire, que es vital para el desarrollo de la vida.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la calidad del aire con respecto al ozono en los siguientes lugares:

- Parada de Metrovía Maternidad Enrique Sotomayor, calle Alcedo y Pedro Moncayo.
- Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia
- Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre
- Av. 9 de Octubre y Rumichaca

Localizadas en el centro de la ciudad de Guayaquil, determinar los niveles respecto a las normas vigentes y recomendaciones para el control de este contaminante del aire. Para así, esperar que los entes reguladores y responsables tomen medidas, las cuales permitirían otorgar un nivel más inocuo de sus concentraciones.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ▶ Realizar mediciones de las concentraciones de ozono en el aire del centro de la ciudad de Guayaquil.
- ▶ Evaluar los datos obtenidos y determinar sus niveles respecto a las normas ambientales vigentes.
- ▶ Aportar mejoras sobre el conocimiento de los efectos del ozono como contaminante en la zona troposférica.

1.4 Alcance

Conocer la realidad de la contaminación generada por ozono en el centro de la ciudad de Guayaquil, ya que esta reúne características comerciales y urbanas propias de una ciudad desarrollada con altos niveles de insolación recibidos, junto a esto, al ser una ciudad costera con las corrientes de aire que se dan en sitio, se puede considerar que existen condiciones objetivas para que Guayaquil sea una de las más afectadas por este tipo de contaminación.

Es por esto por lo que el alcance de este proyecto es el de formular y ejecutar un programa de mediciones de los niveles de ozono en varios sitios, estratégicamente ubicadas a lo largo del centro urbano de la ciudad de Guayaquil.

1.5 Metodología

Realizar revisión bibliográfica de las características del ozono como contaminante en la tropósfera.

Formular el programa de mediciones en cuatro estaciones que cubran días laborables y no laborables para determinar los niveles de ozono.

Ejecutar el programa de mediciones con la participación de un laboratorio acreditado por el SAE.

Recopilar y analizar los resultados de los monitoreos de ozono y establecer si se cumplen con los límites máximos establecidos en el TULSMA.

Redactar el documento de trabajo de titulación, con sus respectivas conclusiones y recomendaciones.

2 CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

2.1 Historia del Ozono

El ozono es un modo alotrópico del oxígeno del cual hoy en día no se sabe a ciencia cierta bien quién fue su descubridor, existiendo algunos candidatos. Lo cierto es que en 1785 el químico holandés Martinus Van Marum logró notar que un olor raro emanaba cuando el oxígeno estaba sometido a descargas con chispas eléctricas («Precursor Era Contributors to Meteorology», s. f.). En 1801 Cruikshank percibió el mismo olor, pero no es hasta 1839 cuando el químico alemán Christian Friedrich Schönbein se percató del mismo olor acre para después ser el primero en reconocer que aquel olor peculiar era el mismo al cual se percibía en las tormentas eléctricas y obedecía a la formación de una sustancia derivada del oxígeno a la cual después logró aislar para denominarla Ozono que viene del griego ozein (ὄζειν) que significa 'tener olor' (Rubin, 2001). En 1856, Thomas Andrews, dio a conocer que el ozono se encontraba formado solo por oxígeno, pero no es hasta 1865 que la fórmula de ozono (O_3), fue determinada por Jacques-Louis Soret (texte, 1865). En 1880, Chappuis realiza su primera detección espectroscópica. Pero, finalmente en 1882, W. Hartley (1846 - 1913) halla la banda de absorción del ozono alrededor de los 300 nanómetros, y sugiere que en la alta atmósfera debe encontrarse en mayor proporción el ozono de forma natural, en comparación a la superficie de la Tierra (Kirchner, s. f.).

A finales del siglo XIX hasta unos cuantos años después del siglo XX, el ozono era considerado algo saludable del ambiente, incluso el aire que era proveniente del mar se creía que era más saludable por su contenido de ozono; pero el olor que da el lugar a esto es la de los procesos metabólicos de las algas (O'Connell, 2009).

2.2 Definición de Ozono

El ozono es un gas cuyo enlace molecular está compuesto por tres átomos de oxígeno la cual se forma al descomponerse los dos átomos que forman el gas de oxígeno; cada átomo de oxígeno que se libera pasa a formar parte de otra molécula de oxígeno gaseoso (O_2) formando así moléculas de ozono (O_3), este proceso es denominado fotólisis el cual ocurre en la estratósfera de manera natural, mediante el cual el oxígeno se disocia por acción de la radiación solar para así formar la capa de ozono. Por lo cual, podemos definir al ozono como un modo alotrópico del oxígeno, empíricamente O_3 y estructuralmente triangular, en donde el átomo de oxígeno central está implicado en un doble enlace covalente y un enlace covalente dativo (Soret, 1865).

El ozono (O_3) en condiciones ambientales, es decir, en determinadas condiciones de temperatura y presión, es un gas regularmente incoloro, aunque en grandes concentraciones torna un color azul pálido. Además, que es un compuesto extremadamente reactivo y es un potente oxidante detectable en concentraciones por debajo de 0,1 partículas por millón (ppm), es bastante soluble por lo que en vías respiratorias su acción irritante. El ozono se genera de manera equilibrada en la naturaleza por lo que no es probable que de manera natural aparezca en concentraciones peligrosas para el hombre. Sin embargo, para efectos de la norma TULSMA es considerado un contaminante secundario del aire. Esto es, no emitido de forma directa por alguna fuente, sino que se genera por las reacciones fotoquímicas de los óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2003, p. 301) y los rayos ultravioletas, y cuya acción sobre el entorno está adherida con la naturaleza oxidante que presenta su molécula.

A finales del siglo XIX, las investigaciones del ozono fueron estudiadas de manera independiente con instrumentación y metodología. Por este motivo, se detalla a continuación dos tipos de ozono: El ozono estratosférico y el ozono troposférico. Y su variación se encuentra en el que el ozono estratosférico es benévolo para los seres humanos y la naturaleza

por lo que filtra la radiación ultravioleta que viene del sol y llega a la Tierra. Mientras que, el ozono troposférico es nocivo para los seres vivos (Babor & Ibarz Aznárez, 1985).

2.3 Propiedades Físicas del Ozono

El ozono es una molécula de oxígeno formada por tres átomos los cuales forman un triángulo isósceles el cual tiene 116.8° entre sus lados iguales (Khrghian, 1973). El ozono tiene ausencia de electrones desapareados. Además, este se disuelve muy poco en agua, sin embargo se disuelve más en tetracloruro de carbono y en aceites (Babor & Ibarz Aznárez, 1985)

El olor típico del ozono es fácilmente reconocible incluso en bajas concentraciones como 10^{-4} % en el aire, siendo el olfato el límite más bajo de percepción, el correspondiente a una presión parcial de 0.1 a 1 Pa (Cuevas Agulló, 2002, p. 215)

Tabla 1. Propiedades físicas del ozono

PROPIEDADES FÍSICAS DEL OZONO	
Apariencia	Gas Azul pálido
Densidad	2.14 kg/m ³ ; 0,00214 g/cm ³
Peso molecular	47,998 g/mol
Punto de fusión	80,7 K (-192 °C)
Punto de ebullición	161 K (-112 °C)
Índice de refracción(nD)	1,2226 (líquido)
Temperatura de congelación	-251°C

Fuente: (Babor & Ibarz Aznárez, 1985)

2.4 Propiedades Químicas del Ozono

En base a la diferencia de la composición del aire y a la diferente distribución de la radiación espectral solar en la región troposférica y estratosférica, es que los esquemas de ciclos de producción y destrucción del ozono son completamente diferentes (Cuevas Agulló, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Físicas, & Departamento de Física de la Tierra, 2002, p. 220).

2.4.1 Reacciones químicas en la estratosfera

En la estratosfera el ozono se forma principalmente por foto disociación del oxígeno molecular en las bandas de Herzberg (1950-2600 Å) y en las bandas de Schumann-Runge (1700-1950 Å) (Chapman, 1930). Sin embargo, estas reacciones explicadas por Chapman eran un poco lentas por lo que en 1970 P. J. Crutzen sugiere que con la participación de óxidos de nitrógeno (NO, NO₂) sucedieran unas reacciones análogas a las anteriores, proporcionando así un mecanismo de destrucción de ozono relativamente rápido, la cual podría explicar la cantidad de ozono en la estratosfera (Crutzen, 1970).

En las últimas décadas los clorofluorocarbonos son los principales responsables de la destrucción adicional del ozono en la estratosfera, el cual es más evidente en regiones polares, sobre todo en la Antártida durante la primavera, debido a las peculiares condiciones meteorológicas que concurren allí en esa época del año. Los CFCs son compuestos antropogénicos no contaminantes en la tropósfera, los cuales no existen de manera natural en la atmósfera. Pero, esto cambia en la estratosfera donde estos CFCs se rompen por acción de la radiación ultravioleta y destruyen el ozono (Cuevas Agulló et al., 2002, p. 221).

2.4.2 Reacciones químicas en la tropósfera

Al contrario de lo que pasa en la estratosfera, las reacciones que generan ozono no tienen mayor repercusión debido a que la radiación de onda corta necesaria para la foto disociación del oxígeno apenas llega a la tropósfera y dado a que existe concentraciones mayores de O_2 y N_2 en la tropósfera, la recombinación del átomo de oxígeno para dar de nuevo ozono es más probable (Cuevas Agulló et al., 2002, p. 222).

(Fishman & Crutzen, 1977) Estimaron que aproximadamente la mitad del ozono logra ingresar a la tropósfera desde la estratosfera se destruye debido a reacciones fotoquímicas. Sin embargo, lo que llega a suceder en verdad, es que el radical (OH) tiene mayor probabilidad de reaccionar con monóxido de carbono o con metano antes que con el ozono (Chameides & Tan, 1981). La reacción del (OH) con estos gases es lo que provoca una producción in-situ de ozono troposférico.

La producción de ozono mediante estas secuencias de oxidación se encuentra en la presencia o no de óxido nítrico (NO) en la medida necesaria. De igual manera los hidrocarburos no-metánicos (HCNM) juegan un papel importante en la producción de ozono (Fishman, Solomon, & Crutzen, 1979). Debido a que sus concentraciones se han visto en aumento en los últimos años debido al crecimiento poblacional y el incremento de actividades industriales. En resumen si el NO puede ser convertido en NO_2 sin que intervenga el O_3 , el resultado neto de esto puede ser la producción fotoquímica de ozono troposférico (Cuevas Agulló et al., 2002, p. 225).

2.5 Ozono Atmosférico

El ozono atmosférico podemos definir como la cantidad de ozono existente en la atmósfera la cual se concentra su mayor proporción en la región superior de la estratosfera, es por esto por lo que varios artículos suelen atribuir el término “Ozono troposférico” al Ozono atmosférico, debido a que alrededor del 90% del ozono se encuentra en esta capa.

El ozono juega un papel importante y significativo en la química atmosférica, aun cuando esta es considerada minoritaria en términos de abundancia es capaz de absorber del 97% al 99% de la radiación ultravioleta de frecuencia alta. La concentración de ozono es muy variable en la atmósfera, pero por lo general se encuentra en unas cuantas decenas de partes por millón. La misma se representa en términos de Unidades Dobson (UD). Esta unidad

equivale a un espesor de 0,01 milímetros de ozono puro a la densidad que podría tener si se encontrara a 1 atmósfera, es decir a la presión del nivel del suelo y a una temperatura de 0°C. La misma cantidad de ozono a latitudes templadas es de aproximadamente 350 UD. Por lo tanto, si se pudiera llevar todo el ozono al nivel del suelo, la capa de ozono puro sería alrededor de tan sólo 3,5 milímetros de espesor. Debido a la presencia de vientos que transitan en la estratosfera, el ozono se transporta desde las regiones tropicales hasta las regiones polares. Esto quiere decir que, cuanto más cerca estemos del Ecuador, menor cantidad total de ozono nos logra proteger contra las radiaciones ultravioletas. Las concentraciones medias de ozono en los trópicos son aproximadamente de 250 UD, por el contrario en las regiones subpolares son de 450 UD, exceptuando cuando existe la presencia de agujeros en la capa de ozono (Delgado Saborit, 2004, pp. 4-5).

El ozono se encuentra distribuida de manera heterogénea a lo largo de la atmósfera, dicha concentración presenta una relación con la altitud como se muestra en la (Ilustración 1). La mayor cantidad de ozono la podemos localizar centrada entre 20 y 30 km de altura. En dicha zona se

localiza concentraciones de ozono de 10 ppm y máximos de 10^{12} moléculas/cm³.

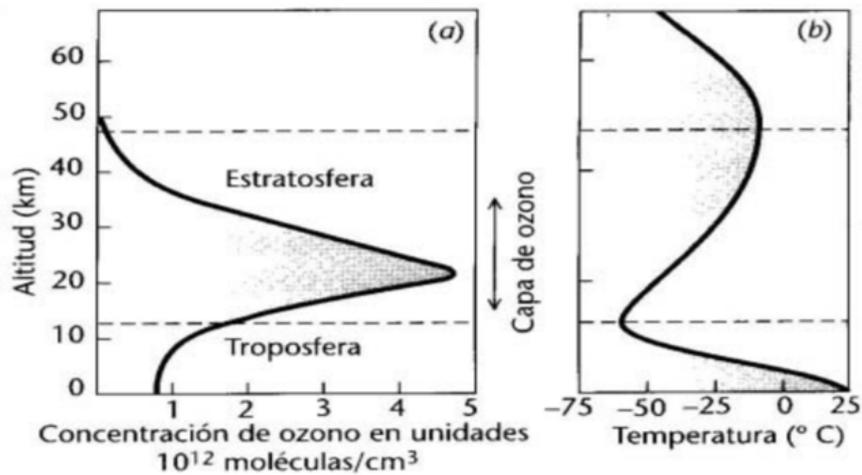


Ilustración 1. Variación de ozono (a) y de temperatura (b) en función de la altura.

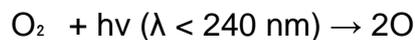
FUENTE: (Baird, 2001).

El ozono se constituye en la atmósfera a partir de las moléculas de oxígeno y la energía adquirida de los rayos ultravioleta. La única reacción química que produce ozono en la atmósfera es la siguiente:



(2.1)

A altitudes por encima de los 20 km los átomos de oxígeno vienen de la fotodisociación del oxígeno molecular. Cada cuanto luminoso que la molécula absorbe esta se separa según la siguiente reacción:



(2.2)

Para que luego el oxígeno atómico se combine con el oxígeno molecular y que se produzca ozono según la siguiente reacción:



(2.3)

Esta reacción es exotérmica y no necesita de la asimilación de un fotón, en la cual M es un tercer elemento, como por ejemplo el O₂ o N₂ que logran eliminar la energía de la reacción llegando así a estabilizar la molécula de ozono. Esto quiere decir que la cantidad y distribución de ozono es regulada químicamente por otros gases como los óxidos de nitrógeno.

El resultado de esto es un calentamiento en la tropósfera donde se encuentra la capa de ozono debido a la absorción de energía ultravioleta, la cual tiene una gran influencia en la temperatura a lo largo de la atmósfera y en su estabilidad (Seguin et al., 1999).

2.5.1 Importancia del ozono atmosférico

La mayor parte del ozono se concentra en la estratosfera, la cual es una capa que tiene entre 12 y 50 km de distancia como se muestra en la (Ilustración 2). En este sitio se forma una capa, la cual actúa como un filtro protector evitando que los rayos ultravioletas alcancen la superficie de la tierra con una intensidad que pueda resultar perjudicial para la vida en la misma y al mismo tiempo mantener una temperatura estable. Este efecto se lleva a cabo debido a la relación del espectro de absorción de ozono con la protección de la biosfera de la intensa radiación solar ultravioleta (Delgado Saborit, 2004).

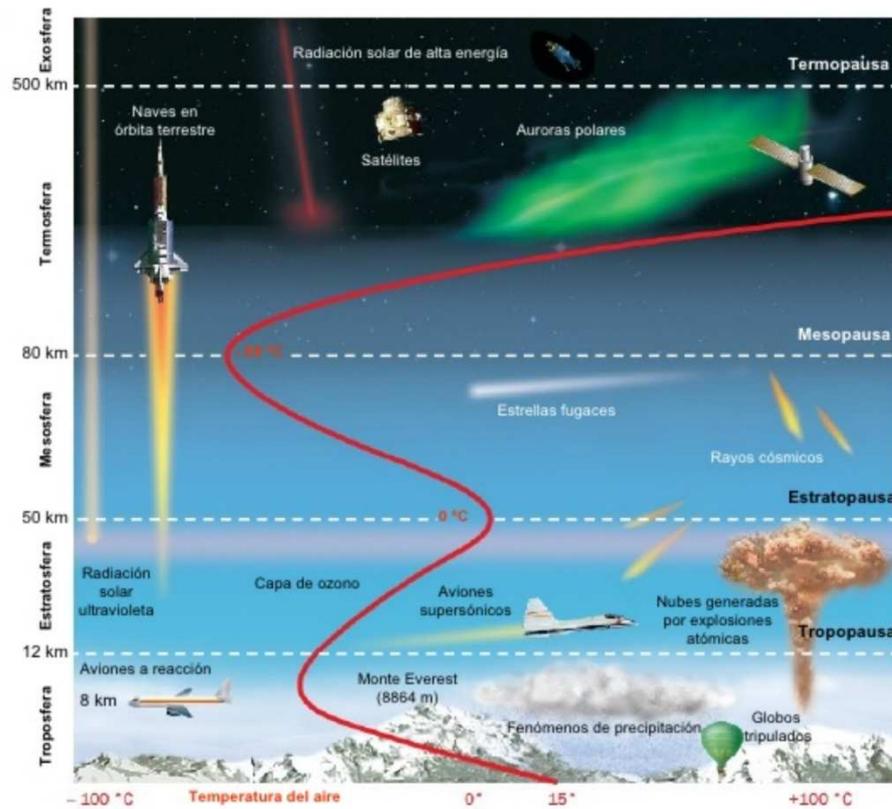


Ilustración 2. Capas de la atmósfera

FUENTE: (Martinez, 2012).

2.5.2 Capa de Ozono

La capa de ozono fue descubierta en el año 1913 por unos investigadores físicos provenientes de Francia, Charles Fabry y Henri Buisson. Estudiaron las propiedades del ozono las cuales fueron examinadas más detalladamente y medidas con un espectrofotómetro, el cual medía ozono estratosférico desde la superficie terrestre; todo esto realizado por el meteorólogo británico G.M.B. Dobson. El mismo que estableció una red mundial de estaciones de monitoreo de ozono, las cuales continúan operando hasta la actualidad y colocó como unidad de medición de ozono "La unidad de Dobson" (Monzon, Ory, Dobson, Carter, & Yow, 1958). Debido a la importancia del tema en el año 1994, la asamblea general de las Naciones Unidas proclamó el 16 de septiembre como el Día Internacional de la Preservación de la Capa de Ozono.

El ozono que se encuentra en la estratosfera es de vital importancia en el balance ecológico del planeta Tierra porque, merced a sus procesos de formación y destrucción, actúa como una pantalla impidiendo la llegada de la radiación ultravioleta de corta longitud de onda, la cual es extremadamente destructora para los tejidos vivos. Se distingue tres regiones en esta parte del espectro: la ultravioleta A (o UV-A) entre 320 y 380 nanómetros (nm, 10-9 metros o millonésimas de milímetro), que es la más próxima al visible; la UV-B, entre 280 y 320 nm y la UV-C, de longitud de onda inferior a 280 nm. De ellas, el ozono prácticamente no absorbe la UV-A, su formación y disociación absorben totalmente la UV-C, impidiéndole llegar a tierra; en cuanto a la absorción de UV-B, depende marcadamente de la concentración de Ozono (Puigcerver, 1998).

Para la preservación de la capa de ozono es necesario realizar una mitigación de los compuestos químicos que la deterioran como los CFC (clorofluorocarbonos), fungicidas (bromuro de metilo), entre otros. Es por esto por lo que el ser humano ha tomado conciencia y existen esperanzas en la preservación de la capa de ozono debido a que ha disminuido sus niveles de CFC en alrededor de 1% anual a partir del año 2000. Este descenso permite ser optimista y especular que a mediados del siglo 21 el agujero de la capa de ozono pueda cerrar. («El fenómeno de la reducción del ozono», s. f.).

2.5.3 Agujero de Ozono

El agujero de ozono es sin duda un recordatorio de la precariedad de nuestros conocimientos sobre la atmósfera en la cual se observa reducciones irregulares de la capa de ozono. Se especuló sobre el alto contenido de óxidos de nitrógeno que emitía el transporte aéreo (Crutzen, 1970), al igual que los halocarburos también llamados clorofluorocarbonados los cuales son unos gases de amplio uso industrial que entre sus características más relevantes está que son incombustibles, no explosivos, ni tóxicos (Molina & Rowland, 1974). Estos llamaron la atención debido a que

los iones de cloro y flúor pertenecientes a estos compuestos al momento de reaccionar con el ozono lo destruirían.

Para 1970 investigadores británicos habían caído en podido observar que en un lugar alejado de la actividad industrial y en la cual viven pocas personas existía en la primavera un descenso irregular en del contenido de ozono en la atmósfera (Ilustración 3). Así lo determinaron en un artículo (Farman, Gardiner, & Shanklin, 1985).

El Protocolo de Montreal, firmado el 16 de septiembre de 1987, también denominado el acuerdo ambiental más exitoso del mundo revierte lenta pero firmemente el daño causado a la capa de ozono por gases industriales como los clorofluorocarbonos (CFC). Todos los años en el periodo de primavera aparece sobre la Antártida aparece este agujero y se debe a las extremadamente bajas temperaturas que permiten que los subproductos de los clorofluorocarbonos y gases relacionados tengan la capacidad de destruir el ozono cuando la luz solar está presente en esta época. Si bien es cierto, que los niveles de halocarbonados siguen siendo elevados (Ilustración 3). Y que las concentraciones de estas sustancias producidas por el hombre sobre la Antártida han disminuido en un 14% desde su máximo en aproximadamente 2000 («After 30 years of the Montreal Protocol, the ozone layer is gradually healing», 2017).

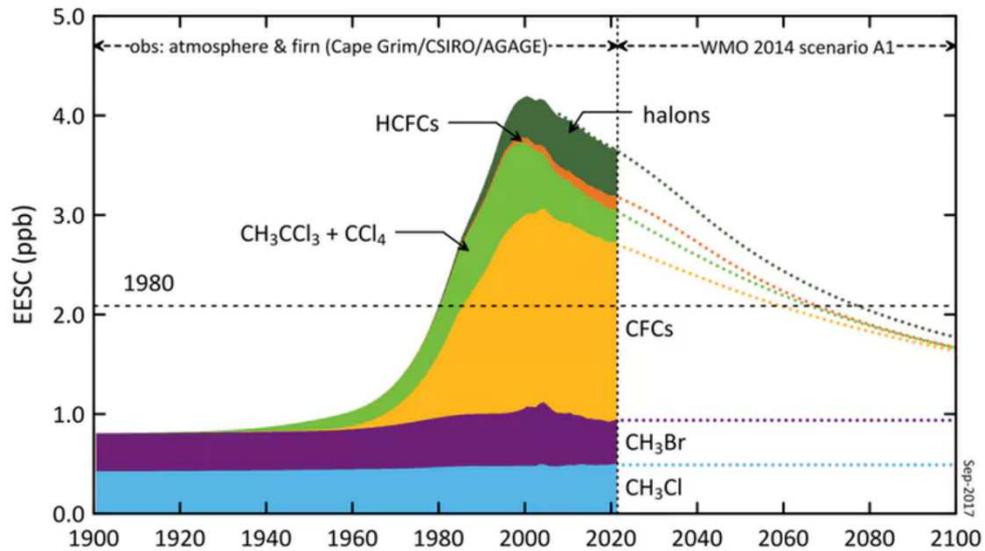


Ilustración 3. Niveles anteriores y previstos de gases controlados en la atmósfera antártica, citados como niveles equivalentes de cloro estratosférico efectivo (EESC).

FUENTE: (CSIRO, 2017)

Para lograr que estos gases finalmente desaparezcan en la atmósfera inferior y la estratosfera se requieren unas. La evaluación oficial más reciente, publicada en 2014, predijo que tomará entre 30 y 40 años para que el agujero de ozono antártico se reduzca al tamaño que tenía en 1980 (US Department of Commerce, s. f.).

Como se puede observar (Ilustración 4). A medida que se han ido reduciendo las concentraciones de halocarbonos se ha ido reduciendo el agujero, pero esto es muy variante debido a factores como los vientos y las temperaturas atmosféricas. Aunque, no cabe duda alguna gracias a El Protocolo de Montreal se ha podido observar una importante recuperación del ozono estratosférico.

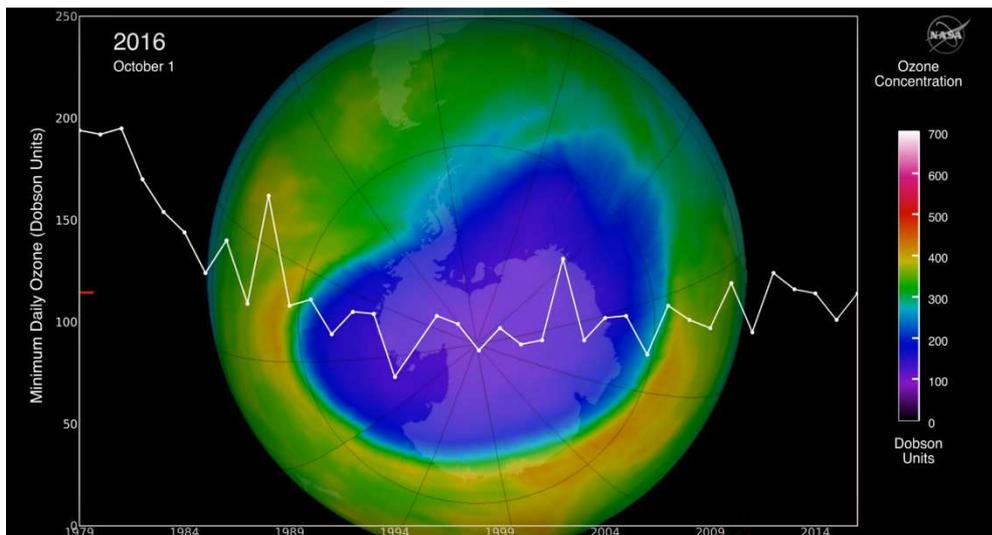


Ilustración 4. Mediante mediciones del satélite Aura de la NASA, se puede observar la lenta disminución del agujero de ozono en los últimos años entre los meses de septiembre y octubre.

FUENTE: (La Nasa, 2018)

2.5.3.1 Las características del «agujero»

Las características más establecidas (Puigcerver, 1998):

- La concentración de O_3 disminuye bastante bruscamente hacia la primavera austral y se va recuperando durante el verano (Ilustración 6, Amundsen-Scott, Polo Sur).
- Desde su descubrimiento, la profundidad y extensión del agujero ha ido aumentando, si bien con fluctuaciones; el retorno a los valores normales se retrasa más cada año, es decir, la duración del agujero va aumentando.
- Los valores de otoño e invierno son normales. En ocasiones, la disminución vernal es espectacular: la columna total de O_3 puede reducirse en más del 50% y localmente la destrucción del ozono puede ser casi total (Hales, 1996; Ilustración 7, curvas del 12 de octubre de 1993 y del 5 de octubre de 1995).

- Sólo se observa en la baja estratosfera de la Antártida. La Ilustración 6, que corresponde a Resolute, Canadá, no muestra agujero pese a su latitud comparable a la de Halley Bay.
- Se empezó a observar hacia 1968 (Ilustración 4 y 5)
- Suele haber una región rica en ozono en el segundo cuadrante.
- La intensidad agujero varía de unos años a otros. El más profundo conocido se dio en 1993, seguido de los de 1985, 1987 y 1995. La profundidad del agujero parece estar relacionada con la actividad de las ondas planetarias en el vórtice polar. Acerca del «agujero» de ozono. En realidad, se trata de un empobrecimiento del ozono estratosférico. Técnicamente, la expresión se reserva en la actualidad para concentraciones inferiores a 220 unidades Dobson.

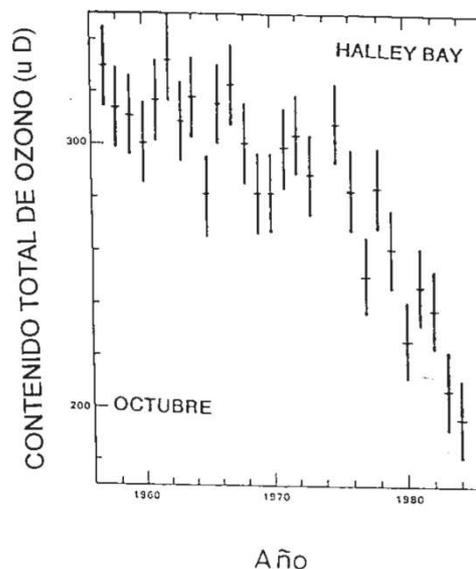


Ilustración 5. Curso del contenido total de ozono en la base antártica Halley Bay. Se indica el valor medio y la desviación típica. Obsérvese el decrecimiento del contenido de ozono desde finales del decenio de 1960. Adaptada de (Farman et al., 1985)

FUENTE: (Puigcerver, 1998)

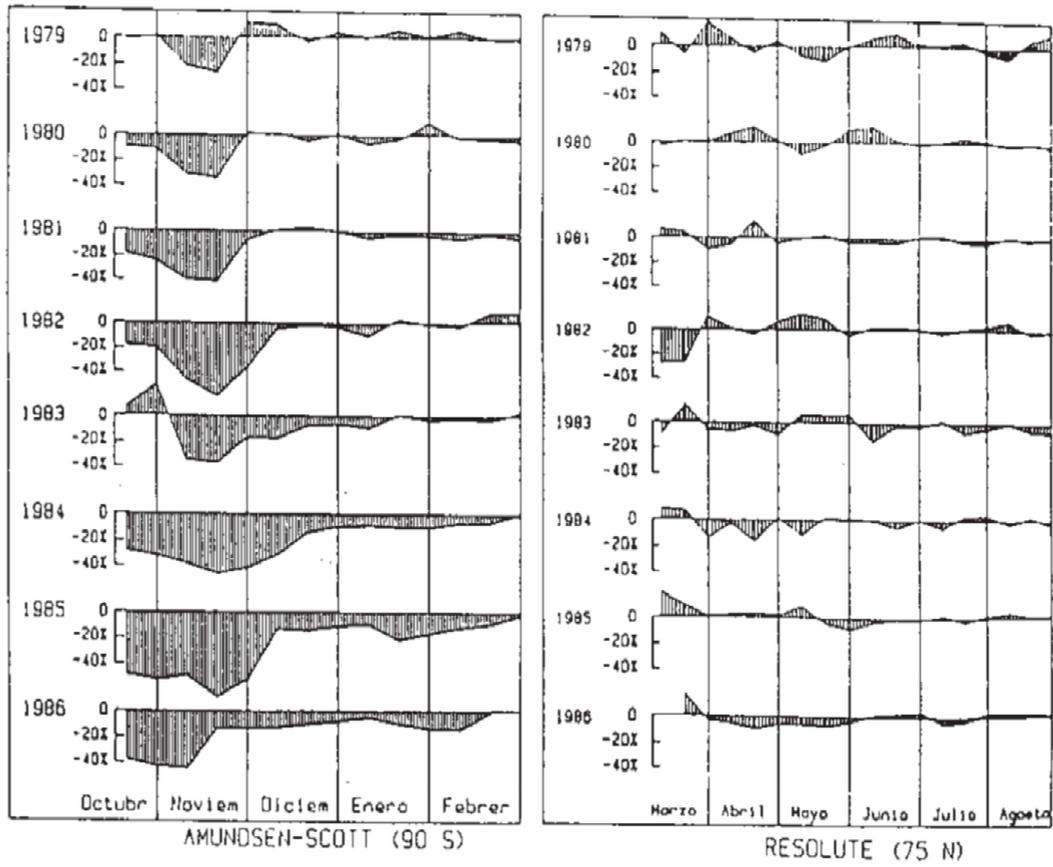


Ilustración 6. Evolución del contenido de ozono desde 1979 a 1986 sobre dos estaciones polares: Amundsen-Scott (Polo Sur) y Resolute (Canadá). En las gráficas se representan desviaciones en tanto por cien respecto al valor medio para la época del año considerada.

FUENTE: (Puigserver, 1998)

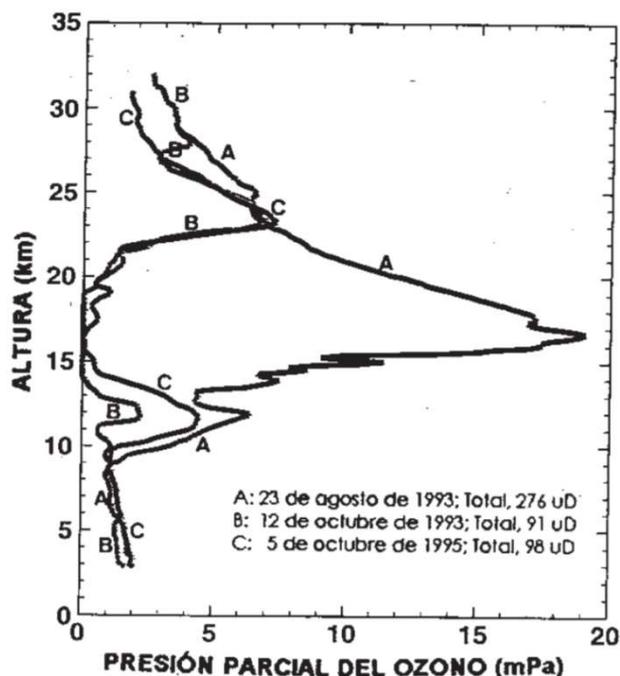


Ilustración 7. Perfiles verticales de la concentración de ozono tomados mediante ozonos onda en Amundsen-Scott.

FUENTE: (Puigcerver, 1998)

2.5.4 Sustancias que destruyen la capa de ozono

Los átomos de Bromo (Br) y Cloro (Cl) contenidos en procesos industriales y productos que emiten sustancias halogenadas agotan la capa de ozono. Por otro lado, el Flúor (F) y Yodo (I) a pesar de ser átomos de halógeno no afectan a la capa de ozono debido a que se eliminan por procesos naturales.

Estos gases fuentes de halógenos son también conocidas como "SAO" (Sustancias que Agotan la capa de Ozono), debido a que en la estratosfera reaccionan y destruyen el ozono.

Estas sustancias que degeneran la capa de ozono tienen una clasificación según su capacidad de destrucción de ozono, también llamado "PAO" (Potencial Agotamiento de Ozono). Entre las más reactivas están:

- Monóxido de cloro (ClO)
- Monóxido de bromo (BrO)
- Átomos de bromo (Br) y cloro (Cl).

Los principales tipos son:

Clorofluorocarbonos o CFC: Fueron creados en 1928 como refrigerantes, propelentes en aerosoles, solventes, agentes espumantes y en otras aplicaciones menores. En Costa Rica fueron prohibidos a partir del año 2010.

Hidroclorofluorocarbonos o HCFC: Estos compuestos fueron introducidos en la década de los noventa como sustitutos de los CFC. Entre sus aplicaciones podemos citar, refrigeración, espumas solventes y aerosoles. Estas sustancias tienen un menor potencial de agotamiento de ozono, pero son potentes gases de efecto invernadero. Actualmente su importación está restringida a través de cuotas de sustancia.

Halones: Estas sustancias son utilizadas principalmente como agentes extintores de fuego. Su uso se prohibió desde el año 2010.

Bromuro de metilo: Esta es una sustancia de uso agrícola utilizada para la desinfección de suelos. También se utiliza para la desinfección de madera de exportación en cuarentena y pre-embarque.

2.6 Ozono Superficial (Troposférico)

El ozono superficial no es más que el ozono troposférico medido junto al suelo, debido a la falta de tecnología la mayoría de los estudios que se tiene acerca del ozono troposférico es del ozono superficial y es por esto por lo que gran parte del desarrollo histórico del ozono troposférico, está íntimamente ligado al del ozono superficial. El interés por estudiar el ozono

superficial aumenta cuando Schönbein determinó que el ozono formaba parte importante en las epidemias infecciosas, como un eficaz desinfectante. Es por esto que, se empiezan a realizar medidas en diferentes partes del mundo y gracias a esto se ha logrado saber que el ozono troposférico ha experimentado un incremento muy pronunciado en los últimos años derivada de las actividades humanas (Cuevas Agulló, 2002, p. 13)

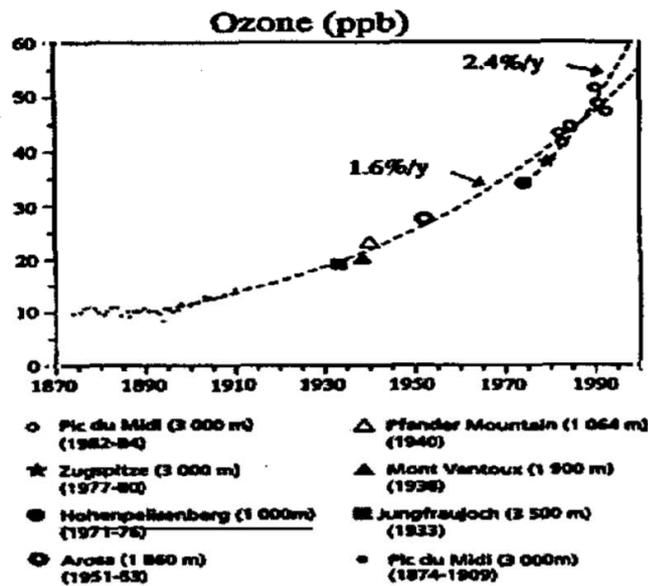


Ilustración 8. Curva de la evolución del ozono superficial en Europa desde 1870, con datos proporcionados por diversas estaciones europeas.

FUENTE: (Marenco, 1995)

Es aceptada la idea que la distribución de ozono en la tropósfera se encuentra controlada por los procesos fotoquímicos que se dan en la misma y por los procesos dinámicos que incluye los transportes de medio y largo recorrido cuasi-horizontal, las intrusiones estratosféricas y los fenómenos convectivos, principalmente aquéllos que tienen lugar sobre los continentes (Cuevas Agulló, 2002, p. 17).

2.6.1 Producción de la contaminación fotoquímica

El conocimiento que se tiene en la actualidad sobre fotoquímica troposférica y sus consecuencias en el ozono ha sido revisado por (Barrie, Bottenheim, Schnell, Crutzen, & Rasmussen, 1988). Básicamente, la producción de ozono nace a partir de la oxidación fotoquímica de hidrocarburos en presencia de óxidos de nitrógeno (NO_x) actuando como catalizadores.

“La concentración de NO_x es un parámetro de control: por debajo de una razón de mezcla en volumen de unos $10\text{-}30 \times 10^{-12}$ (10-30 ppb), el ozono es fotoquímicamente destruido, por encima de esta concentración existe producción de este. Mientras que los entornos pobres en NO_x, con destrucción de ozono, se encuentran sobre los océanos en la troposfera libre de los trópicos y en la mayor parte del hemisferio sur” (Barrie et al., 1988). En cambio, en el hemisferio norte la producción fotoquímica se da en la capa límite continental de las regiones industriales, extendiéndose sobre grandes áreas de la troposfera libre.

“Esta ha sido la causa principal del incremento de la concentración de ozono observado en las pasadas décadas y se debe atribuir a la emisión antropogénica de los precursores de este gas, asociada al incremento de la actividad industrial y económica” (Chameides, Lindsay, Richardson, & Kiang, 1988).

Las condiciones para que se produzca ozono en la troposfera son muy variables. Estas dependen de diversos factores como: la emisión de los precursores, la dispersión de estos, el transporte y la destrucción tanto de precursores como del mismo ozono, así como de la estación del año y de las condiciones meteorológicas presentes (Prospero & Savoie, 1989).

2.6.2 Caracterización de los principales precursores de los oxidantes fotoquímicos

El ozono al ser un contaminante secundario no es emitido de manera directa a la atmósfera, sino que esta se desarrolla de manera antropogénica a partir de precursores (Ilustración 9)

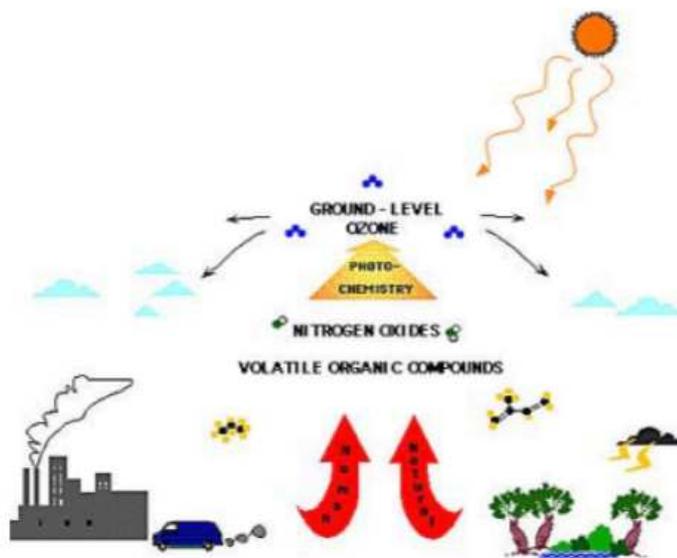


Ilustración 9. Precursores de la formación de ozono troposférico.

FUENTE: (Noaa Aeronomy Laboratory)

Entre los precursores de mayor interés se encuentran los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs), y estos son emitidos por los sistemas de calefacción, la industria, el tráfico, y demás actividades humanas y naturales. Por otro lado, se encuentra el monóxido de carbono (CO) y el metano (CH₄), los cuales son precursores de menor interés debido a que son minoritarios por lo que intervienen en la tropósfera libre y en la lejana capa límite oceánica, pero que aun así no dejan de ser importantes.

De manera natural también se genera ozono en la tropósfera y consecuencia de la producción de los óxidos de nitrógeno generados en las tormentas eléctricas, la producción de metano cuando se descompone

materia orgánica, la emisión de hidrocarburos debido a la vegetación y debido a la contribución del monóxido de carbono emitido por la quema de biomasa (Delgado Saborit, 2004, p. 17).

Estos precursores se encuentran en crecimiento, esto indica que los niveles de ozono en la tropósfera continúen aumentando. En la tabla 2. se muestra el crecimiento anual de los precursores de ozono troposférico (Warneck & Wurzinger, 1988)

Tabla 2. Ritmo de crecimiento anual de los precursores de ozono.

CRECIMIENTO DE LOS PRECURSORES DE OZONO	
PRECURSOR	RITMO DE CRECIMIENTO ANUAL
NOx	1% - 2,5%
COVs	0,8% - 1%
CH4	0,7%
CO	1% - 3% en el hemisferio norte 0% - 1% en el hemisferio sur

Fuente: (Warneck & Wurzinger, 1988)

2.6.2.1 Óxidos de Nitrógeno (NOx)

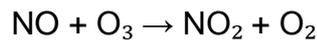
El termino NOx se refiere a la mezcla de óxidos, los cuales son el óxido nítrico (NO) el cual es un gas incoloro, inodoro, no inflamable y tóxico, y estos más el dióxido de nitrógeno (NO₂) el cual es un gas pardo rojizo, toxico y de olor asfixiante, debido a que solo estos dos tienen interés como contaminantes, producidos en todo proceso de combustión por conversión del nitrógeno libre del aire o del combinado en el propio combustible. En los gases de combustión el NO representa alrededor de entre el 90% y 95% de la mezcla (Astumian, Chock, Tsong, Chen, & Westerhoff, 1987) junto a los NOx viene de la mano productos de combustión compuesta (CO₂ y H₂O), productos de combustión incompleta (CO y cientos de compuestos orgánicos) y combustible no quemado (Gushee, 1992).

El 88,7% de los óxidos de nitrógeno en la atmósfera son de origen natural y el 11,3% restante son de origen antropogénico. entre las que

destacan los incendios forestales naturales, los procesos anaeróbicos de los suelos y descargas eléctricas en tormentas, seguidas por emisiones provenientes del mar, oxidaciones amoniacales en la atmósfera y procesos volcánicos. “Entre las emisiones antrópicas, las principales fuentes son los procesos de combustión a altas temperaturas y actividades industriales” (Delgado Saborit, 2004, p. 18).

El ozono troposférico depende sensiblemente de la concentración de NO_x y su eficiencia es inversamente proporcional al mismo. Sin embargo, con muy pequeñas concentraciones de NO_x o casi nulas, no se produce ozono troposférico.

Si la concentración de NO_x es muy elevada, el ozono puede ser destruido por los NO_x

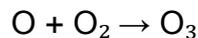


(2.4)

En la cual se considera que NO₂ se pierde o se transforma en otros reservorios, compitiendo con la reacción fotólisis del NO₂, llevando así a la producción de átomos de oxígeno, para luego llegar a la producción de ozono según las siguientes ecuaciones (Delgado Saborit, 2004, p. 18):



(2.5)



(2.6)

2.6.2.2 Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)

Entre las propiedades más importantes están su volatilidad y su reactividad, que determina la vida media en dicha atmósfera. Además de los

hidrocarburos que debido a su alta presión de vapor se encuentran presentes en concentraciones elevadas en las atmósferas contaminadas, existen otros compuestos orgánicos fotoquímicamente reactivos que actúan como catalizadores, facilitando la reacción como los alcoholes, aldehídos, éteres, cetonas y compuestos halogenados, los cuales pueden ser de origen biogénico o antropogénico.

El termino COVs representa una amplia clase de precursores orgánicos de origen antropogénico, entre estos la emisión de motores y fuentes estacionarias, evaporación de combustibles y diversos solventes, industria química y la refinación de petróleo (Ilustración 10) , sabiendo que en zonas rurales dominan las fuentes antropogénicas, pero en atmósferas rurales las emisiones naturales tienen un gran impacto (Kirchhoff et al., 1992).

El 84,5% de los hidrocarburos emitidos a la atmósfera se debe a fuentes naturales, mientras que el 15,5% es debido a orígenes antropogénicos.

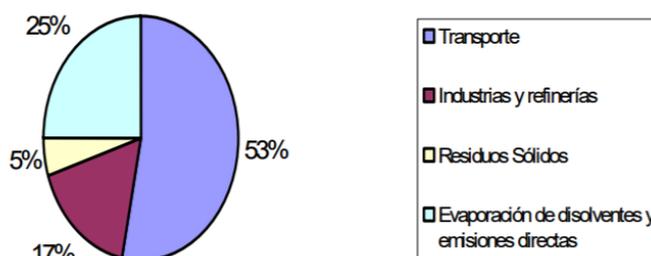


Ilustración 10. Distribución de las fuentes de COVs

FUENTE: (Warneck & Wurzinger, 1988)

Por el contrario, las fuentes de origen natural son provenientes principalmente de las emisiones debidas a la vegetación océanos, incendios forestales y a emisiones biogénicas.

2.6.2.3 Monóxido de Carbono (CO)

El CO es un gas el cual es el resultado de la combustión incompleta de sustancias orgánicas. Es el gas contaminante de mayor abundancia en la zona inferior de la atmósfera, más aún en las ciudades grandes. Además, es un gas inodoro, incoloro, insípido y tóxico, debido a que envenena la sangre impidiendo el transporte de oxígeno, pero las concentraciones en las cuales se encuentran en la atmósfera son muy bajas para que no se manifieste este carácter tóxico. El monóxido de carbono presenta concentraciones en intervalos de 1 a 10 ppm en ciudades y en zonas no contaminadas las concentraciones disminuyen a 200 ppb en el hemisferio norte y a 50 ppb en el hemisferio sur (Delgado Saborit, 2004, p. 20)

Aproximadamente el 90% del que existe en la atmósfera proviene de manera natural de la oxidación del metano. Aunque, también proviene de manera natural de los océanos. La fotoxidación de hidrocarburos no metánicos (NMHC) y la quema de biomasa son también responsables de la concentración de monóxido de carbono en la tropósfera (Delgado Saborit, 2004, p. 20). Por otro lado, están las emisiones antropogénicas como el transporte, es decir los vehículos motorizados los cuales aportan aproximadamente un 74% del monóxido de carbono emitido por combustibles fósiles, un 8% se relaciona con actividades industriales, principalmente la producción de aceros y cracking catalítico del petróleo crudo, 5% de emisiones de residuos sólidos, el 1% proviene de combustiones fijas, como centrales térmicas y el 12% restante provienen de fuentes restantes diversas a las anteriores como se muestra en la (Ilustración 11) a continuación (Warneck & Wurzinger, 1988).

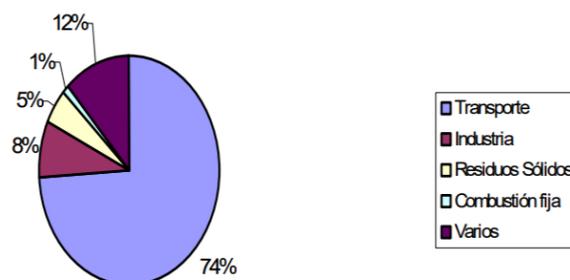


Ilustración 11. Distribución de las fuentes de CO.

FUENTE:(Warneck & Wurzinger, 1988)

La tabla 3 que se muestra a continuación describe las principales emisiones antropogénicas estimadas por Logan (1981), se muestra que la suma asciende a 445 Tg CO/año. En comparación a la quema de Biomasa, la cual se estima en 840 Tg CO/año, se logra observar que tiene una notable minoría las emisiones antropogénicas.

Tabla 3. Emisiones antropogénicas de CO de combustibles fósiles y actividades industriales (Tg CO/año).

TIPO DE FUENTE	NORTE AMERICA	EUROPA	RESTO DEL MUNDO	TOTAL
Combustión				
Carbón	1	24	23	48
lignito	-	3	-	3
Gas	0.2	0.3	0.1	0.6
Aceite	2.2	4.6	3.7	11
Combustión Total	3.4	31.9	26.8	62.6
Transporte	94	71	66	233
Industrias				
Producción de Arrabio	7.8	16.2	18	42
Producción de Acero	9.5	19.8	17.7	47
Agrietamiento de Petróleo Crudo	4.5	5	4.1	13.6
Diverso	10.5	9.6	7.3	27.4
Total de Industrias	32.3	50.6	47.1	130
Depósito de Basura	3	6	11	20
Suma Total	132.7	159.5	150.9	445.6

Fuente: (Warneck & Wurzinger, 1988)

2.6.2.4 Metano (CH₄)

El metano es el hidrocarburo más abundante e importante, tiene una vida media de 5 a 10 años en la tropósfera. Se emite principalmente por fuentes naturales como los son:

- Procesos biológicos de degradación de la materia orgánica.
- Reacciones anaeróbicas del metabolismo.
- Reacciones de putrefacción.
- Digestión de las termitas.
- Emisión de metano proveniente de océanos y zonas húmedas.

Por otro lado, están las fuentes antropogénicas que son menos intensas, entre estas podemos encontrar que se emiten principalmente por fuentes como:

- Combustión de biomasa.
- Actividades agropecuarias.
- Extracciones de combustibles como el gas natural.
- Emisiones incontroladas o accidentales.
- Emisiones de residuos sólidos.

La concentración común de metano en la atmósfera es de 1,7 ppm. Hasta mediados de los 90's la concentración ha ido ascendiendo a razón de 1% anual descendiendo en los últimos años a 0,3% anual. La tabla 4 muestra las principales emisiones biogénicas y antropogénicas de metano estimado por Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Anualmente se emite 535 Tg. de metano (Delgado Saborit, 2004, p. 23).

Tabla 4. Fuentes de metano expresadas en 10⁹ Kg/año.

NATURAL	EMISIONES	ANTROPOGÉNICO (Biosférico)	EMISIONES 10 ⁹ Kg/año	ANTROPOGÉNICO (Combustibles Fósiles)	EMISIONES 10 ⁹ Kg/año
Humedales	115	Fermentaciones	85	Gas natural	40
Termitas	20	Plantaciones de arroz	60	Explotación carbón	20
Océanos	10	Quema de biomasa	40	Quema de carbón	25
Otros	15	Desechos, residuos	90	Industria petrolera	15
TOTAL	160	TOTAL	275	TOTAL	100

Fuente: (Warneck & Wurzinger, 1988)

El metano desaparece de la atmósfera principalmente cuando reacciona con los radicales (OH) dando como resultado ozono y otros compuestos. El metano influye de manera significativa en el efecto invernadero y en varias reacciones estratosféricas, pero no produce daños en la salud de seres vivos.

2.6.3 Niveles de ozono troposférico

Se han desarrollado en la actualidad nuevos métodos para la obtención de resultados de niveles de ozono troposférico por medio de satélites. Por lo que, uno de estos consiste en determinar a partir de medidas con un instrumento llamado SAGE II. Esta cantidad es sustraída del total de ozono medido a partir del instrumento TOMS. El resultado de la diferencia se la denomina ozono troposférico residual, la cual corresponde al ozono de las capas bajas de la atmósfera. En la (Ilustración 12) podemos observar las medidas de ozono troposférico residual obtenida en las cuatro estaciones del año y medida en unidades Dobson (1 DU = 2.69x10¹⁶ moléculas/cm²), de cual se han extraído las siguientes conclusiones (Delgado Saborit, 2004, p. 23):

1. Se observan mayores concentraciones de ozono troposférico en el hemisferio Norte, lo cual es coherente debido a que allí se generan las mayores emisiones industriales.
2. El ozono troposférico residual en los trópicos es aproximadamente dos veces menor que los valores en latitudes medias del hemisferio Norte y aproximadamente 1,4 veces menor que los valores en latitudes medias del hemisferio Sur.
3. En la primavera existe un aumento de ozono troposférico a latitudes medias en ambos hemisferios.

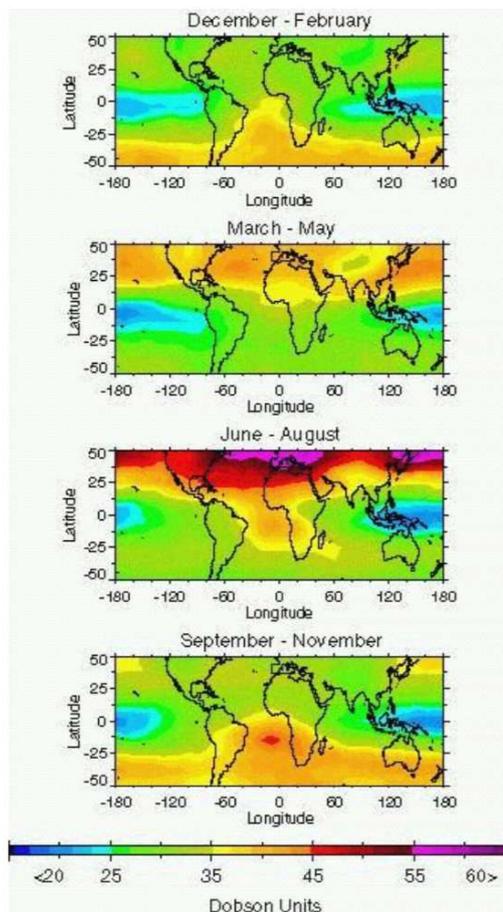


Ilustración 12. Distribución del ozono troposférico medida con el TOMS.

FUENTE: (Trace)

De manera natural existe ozono en la tropósfera, pero en niveles relativamente muy bajos como resultado de intrusiones de la estratosfera y de reacciones fotoquímicas a partir de precursores naturales. Sin embargo, estos niveles de fondo se han visto afectados por actividades antropogénicas las cuales en la época preindustrial se encontraban alrededor de 10 – 15 ppb, mientras que, en la actualidad, los niveles oscilan en rangos de 20 – 40 ppb ($39 - 78 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Por el contrario, en ciudades como Los Ángeles ha llegado a topes de 600 ppb, ciudad de México 400 ppb (1992) y así grandes ciudades de Norte América, Europa y Japón con niveles alrededor de 120 ppb los cuales son típicos en verano (Baird, 2001). Cabe recalcar que al día de hoy estos valores han reducido.

2.6.4 Estrategia de reducción del ozono troposférico

El ozono es un contaminante secundario, es decir para reducir la producción de este es necesario reducir la concentración ambiental de los contaminantes primarios (los que actúan como reactivos), principalmente los óxidos de nitrógeno y los propios hidrocarburos.

Está comprobado que se puede reducir su producción analizando cuál es el reactivo limitante. (Ilustración 13) Se puede observar isopletas de concentración de ozono como una función de la concentración de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles.

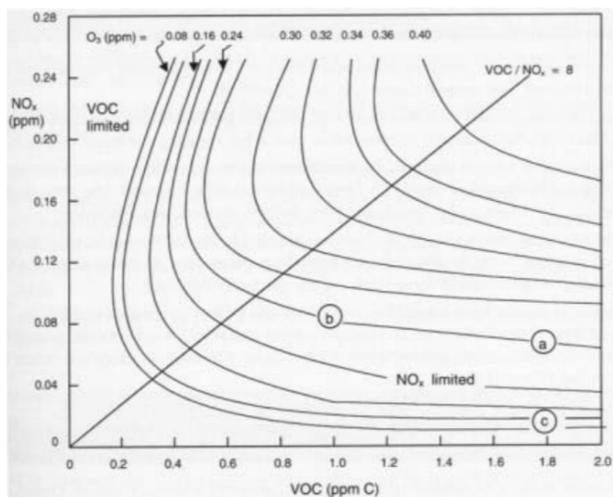


Ilustración 13. Isopletas de concentración de ozono generadas bajo condiciones controladas usando aproximación de modelización empírica

FUENTE: (Finlayson-Pitts, 1993)

Si se considera que estamos ubicados en una atmósfera en la que existe una gran cantidad de COVs, con un nivel medio de NOx (Punto A), y lo que se desea reducir la producción de los niveles de ozono, la mejor estrategia sería reducir los niveles de NOx para así desplazarnos hasta el punto C, en este caso hemos identificado que el reactivo limitante es el NOx.

Usualmente hay una sobreabundancia de hidrocarburos con respecto a los óxidos de nitrógeno y es por esto que, la reducción de hidrocarburos lo único que logra es reducir la existencia del mismo, con respecto al ozono troposférico no le afecta prácticamente en nada. Por lo cual, es habitual que los óxidos de nitrógeno sea la especie que determine la velocidad global de reacción, por ser el reactivo limitante, llegando así a una efectiva estrategia de reducción del ozono troposférico (Vanloon & Duffy, 2000).

2.6.5 Efectos contaminantes del ozono

2.6.5.1 Efectos sobre materiales inertes y el ambiente

“La rotura de las cadenas hidrocarbonatadas da lugar a radicales que pueden ser posteriormente excitados fotoquímicamente para generar más radicales libres, cualquier doble enlace es altamente sensible a las reacciones cruzadas iniciadas por el ozono”. Es así como se degradan polímeros naturales, como el caucho, el algodón, la celulosa o el cuero, junto a pinturas, elastómeros o plásticos. Dependiendo de las concentraciones de este contaminante en el aire en sitios cerrados pueden dar como resultados similares y, en ciertas ocasiones superiores, a las registradas en el exterior. Teniendo en cuenta que la humedad relativa del aire intensifica la acción oxidante sobre los colorantes, si las salas de exposición no disponen de mecanismo de climatización adecuados, puede llegar a ser perceptible a partir de los pocos meses (Kirchner, 2009).

El efecto sobre la visibilidad se debe en mayor medida a la presencia de sus precursores, concretamente el dióxido de nitrógeno (NO_2). La contaminación generada consiste en una neblina pardo-anaranjada y es observable tanto a larga distancia como en el interior de los núcleos contaminados. Esta reducción de la visibilidad produce, en condiciones adversas, un aumento de los problemas de tráfico, además de otras incidencias estéticas y paisajísticas (Velásquez de Castro, 2001) .

2.6.5.2 Efecto invernadero

El ozono es uno de los principales gases del fenómeno muy conocido llamado “efecto invernadero”, debido a que entre sus propiedades está la de absorber radiación infrarroja que emite la superficie terrestre, la cual provoca el aumento de la temperatura media del planeta Tierra. Con el calentamiento global lo que sucede es que se genera un círculo vicioso, ya que el aumento

de temperatura lleva aparejado un aumento de las reacciones químicas y por tanto favorecerá el mecanismo de formación de foto-oxidantes. Así mismo, la temperatura influye en la evaporación de los hidrocarburos y otros compuestos orgánicos volátiles. Por último, “la amenaza de las llamadas olas de calor en los meses de verano no hará más que agudizar los efectos perniciosos sobre la salud de la contaminación por ozono troposférico” (Kirchner, 2009).

2.6.5.3 Efectos sobre la flora

El ozono se encuentra entre los contaminantes atmosféricos más fitotóxicos, resultando más dañinos, o al menos de consecuencias más visibles. La acción del ozono reduce la fotosíntesis neta y puede aumentar la senescencia prematura, provocando una disminución del rendimiento de los cultivos (Kirchner, 2009)

Entre los efectos metabólicos, un efecto común es la producción de etileno. Esta reacción es de carácter defensivo y por tanto común a otros factores (ataque de patógenos y daños mecánicos). Así mismo, se ha observado que muchos contaminantes, entre ellos el ozono, pueden inducir cambios en los patrones proteicos de muchas especies. La alteración de la expresión de determinadas proteínas puede ser una forma de adaptación de los individuos al estrés producido por el ozono (Kirchner, 2009)

“Si la conductancia estomática se ve afectada ello limita la habilidad de asimilar eficientemente el CO₂ y, como consecuencia, los niveles de azúcares en la planta se ven reducidos (ambos, azúcares solubles y almidón). Esta reducción puede ser debida a la inhibición de la síntesis o a la alteración de los procesos de traslocación de estos compuestos. Otro de los efectos que se atribuyen al ozono es la senescencia prematura de las hojas más viejas. Todo ello puede desencadenar como resultado final la disminución del crecimiento. Otro de los aspectos más estudiados en los mecanismos de respuesta al ozono es el aumento de la producción de

antioxidantes como por ejemplo el superóxido dismutasa y ascorbato el cual tiene como función prevenir o contrarrestar la inducción de radicales libres o regenerar los grupos oxidados en los componentes de la membrana” (Sanz, Sanchez, Calatayud, Minaya, & Cerverò, 2001)

Entre los efectos fisiológicos y anatómicos el ozono parece ser que ataca casi exclusivamente a las células del parénquima en empalizada, luego ataca a grupos de células debajo de la epidermis. Se presentan plasmólisis por deshidratación y el contenido celular se destruye, apareciendo en algunos casos ciertos pigmentos oscuros. Este gas suele actuar por absorción, es decir penetra por las estomas. Los cloroplastos del parénquima en empalizada se disuelven y desaparecen, viéndose alterados por tanto los fenómenos fotosintéticos (Seoánez Calvo, Bellas Velasco, & Seoanez Oliet, 2002).

En cuestión de reproducción el ozono puede afectar a los procesos reproductivos en las plantas, desde la capacidad de germinación del polen (Harrison & Feder, 1974), el número de frutos que produzca y el número de semillas (Heagle, Philbeck, & Knott, 1979).

“Los niveles para especies sensibles son variables; según unos autores aparecen necrosis con exposiciones a 0,2 ppm durante 4 horas, mientras que otros indican que, con 0,02 ppm entre 4 y 8 horas, o 0,05 ppm durante 1-2 horas es suficiente para que aparezcan síntomas externos de perturbación” (Kirchner, 2009).

2.6.5.4 Efectos sobre los seres humanos y animales

En los seres humanos y animales una exposición a corto plazo en concentraciones elevadas resulta ser más nocivo que exposiciones a largo plazo y con concentraciones más bajas, considerando dosis equivalentes.

Al igual que otros oxidantes fotoquímicos, el ozono produce irritación de los ojos, fosas nasales, garganta y bronquios, causando inflamación en mucosas y conjuntiva. La exposición a niveles bajos de gases oxidantes suele causar daños a los tejidos en el conducto bronquio-alveolar. Las reacciones agudas producidas después de una corta exposición generan inflamación epitelial, edema intersticial, hipertrofia celular e influjo de los macrófagos. Esta ha sido probada en estudios con animales, dando como resultado que las reacciones inflamatorias agudas a bajas concentraciones y el edema pulmonar a concentraciones elevadas son los efectos más frecuentes (Velásquez de Castro, 2001).

La concentración de ozono en el ambiente es variante a lo largo del día, pues procede de la contaminación que se forma a través de las reacciones fotoquímicas ya descritas, por esto es por lo que en el día el proceso será más rápido que en la noche. Lo mismo sucede a nivel estacional, siendo su concentración más alta en los meses de verano. Este, al ser un oxidante potente, reacciona con los ácidos grasos poliinsaturados y forma radicales libres. Por esta vía, un exceso de ozono podría provocar lesiones fibrilares a nivel alveolar. Por otra parte, y esto se debe tener muy en cuenta, el ozono y el NO_2 producen sinergias y potencian mucho el ambiente oxidante. (Seoáñez Calvo et al., 2002).

Para poder percibir el olor del ozono, este debe presentarse en concentraciones a partir de 15 a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Irrita la mucosa ocular a partir de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A partir de 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ altera la percepción visual si el período de exposición es de más de 3 horas. Pero si la concentración alcanza los 1.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ estos efectos se vuelven más nocivos. Los efectos sobre el pulmón aparecen a partir de concentraciones de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en períodos de exposición de más de 2 horas. Si esta concentración sube hasta cerca de los 2.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ya se observan alteraciones claras de la mecánica de ventilación del sistema respiratorio y de la reactividad bronquial. Aunque, si el individuo se encuentra realizando actividad física, estos efectos se presentan a partir de concentraciones de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo los asmáticos el grupo más sensibles, ya que se desencadena en ellos un proceso de broncoconstricción. Aunque, Se han observado migrañas con

concentraciones de ozono de 40 a 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A partir de concentraciones mayores de 5 ppm (10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), se producen fuertes dolores de cabeza, somnolencia y ya es nocivo para la vida (Seoáñez Calvo et al., 2002).

2.7 Legislación vigente referida Normativa (T.U.L.S.M.A.)

Para las mediciones y evaluaciones de los resultados, dado que los espacios son abiertos se tomó como referencia la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire Ambiente del Acuerdo Ministerial 097-A, del 30 de Julio del 2015, Anexo 4. Medición de Ozono (O_3).

2.7.1 Requisitos de la norma

- La Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con las Autoridades Ambientales de Aplicación Responsable acreditadas al Sistema Único de Manejo Ambiental, desarrollará e implementará a nivel nacional los programas de monitoreo para el cumplimiento de la presente norma (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2003, p. 311).
- La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental verificará, mediante sus respectivos programas de monitoreo, que las concentraciones a nivel de suelo en el aire ambiente de los contaminantes criterio no excedan los valores estipulados en esta norma. Dicha Entidad queda facultada para establecer las acciones necesarias para, de ser el caso de que se excedan las concentraciones de contaminantes criterio y no convencionales del aire, hacer cumplir con la presente norma de calidad de aire. Caso contrario, las acciones estarán dirigidas a prevenir el deterioro a futuro de la calidad del aire (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2003, p. 311).

- La responsabilidad del monitoreo de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente recaerá en la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse, tendrán como referencia a aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations, Anexos 40 CFR 50), por las Directivas de la Comunidad Europea y Normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2003, p. 311).
- La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental y los gestores acreditados para prestar sus servicios deberán demostrar, ante la Autoridad Ambiental Nacional, que sus equipos, métodos y procedimientos cumplan con los requerimientos descritos en esta norma. De existir otros tipos de métodos, equipos y procedimientos, se deberá justificar técnicamente para establecer la validez en uso oficial de los resultados (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2003, p. 312).
- La información que se recabe, como resultado de los programas públicos de medición de concentraciones de contaminantes del aire, serán de carácter público (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2003, p. 312).
- La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental establecerá sus procedimientos internos de control de calidad y aseguramiento de calidad del sistema de monitoreo de calidad del aire ambiente en la jurisdicción bajo su autoridad. Así mismo, la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental deberá definir la frecuencia y alcance de los trabajos, tanto de auditoría interna como externa, para su respectivo sistema de monitoreo de calidad de aire ambiente (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2003, p. 312).
- La Autoridad Ambiental Nacional promoverá el desarrollo y establecimiento de un sistema nacional de acreditación para redes de monitoreo de aire ambiente en coordinación con el Servicio de

Acreditación Ecuatoriano (SAE) (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2003, p. 312).

- La Autoridad Ambiental Nacional, podrá solicitar de ser el caso a los proyectos, obras o actividades que emitan o sean susceptibles de emitir contaminantes al aire ambiente, la realización de monitoreos de calidad del aire ambiente, según lo señalado en esta norma, con el objetivo de prevenir el deterioro a futuro de la calidad del aire. De así requerirlo, la Autoridad Ambiental Nacional podrá coordinar lo antes mencionado, con las Autoridades Ambientales de Aplicación Responsable acreditadas al Sistema Único de Manejo Ambiental (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2003, p. 312).

2.7.2 Normas generales referente al ozono (O₃)

Oxidantes fotoquímicos, expresados como ozono (O₃): La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de 8 horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 ug/m³).

Tabla 5. Norma de Calidad del Aire Anexo 4, Acuerdo Ministerial No 097-A de 30 de julio.

Parámetros	Unidad	Límites Máximos Permisible ug / m ³				
		10 minutos	1 año	1 hora	8 horas	24 horas
Ozono (O ₃)	ug/m ³	(b)	(b)	(b)	100	(b)

Fuente: (Tulsma, 2015)

La tabla 5 indica según la Norma de Calidad del Aire Anexo 4, Acuerdo Ministerial No 097-A de 30 de julio del 2015 medidos en ug/m³ microgramos de contaminante por m³ de aire a 760 milímetros de mercurio

(Hg) y 25°C. En donde (b) significa que no existen límites permisibles para este tiempo de medición.

2.7.3 De los planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire

La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental establecerá un Plan de Alerta, de Alarma y de Emergencia ante Situaciones Críticas de Contaminación del Aire, basado en el establecimiento de tres niveles de concentración de contaminantes. La ocurrencia de estos niveles determinará la existencia de los estados de Alerta, Alarma y Emergencia (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2003, p. 314).

Se definen los siguientes niveles de alerta, de alarma y de emergencia en lo referente a la calidad del aire. Cada uno de los tres niveles será declarado por la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental cuando uno o más de los contaminantes criterio indicados exceda la concentración establecida en la (Tabla 6) o cuando se considere que las condiciones atmosféricas que se esperan sean desfavorables en las próximas 24 horas (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2003, p. 314).

Tabla 6. Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia.

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
<u>Ozono</u> Concentración promedio en ocho horas (ug/m ³)	200	400	600

Fuente: (Tulsma, 2015)

2.7.4 Métodos de medición de los contaminantes

La responsabilidad de la determinación de las concentraciones de contaminantes criterio, a nivel de suelo, en el aire ambiente recaerá en la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse en la determinación de la concentración de contaminantes, serán aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations) por Directivas de la Comunidad Europea y normas ASTM y cuya descripción general se presenta a continuación (Tabla 7) (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2003, p. 314).

Tabla 7. Métodos de medición de concentraciones de ozono.

<u>OZONO</u>	<p>Nombre: Quimiluminiscencia Fotómetro ultravioleta</p> <p>Referencia: 40 CFR Part 50, Appendix D.</p> <p>Descripción: el principio de medición, para equipos con quimiluminiscencia, es la mezcla de aire con etileno, produciendo la reacción del ozono. Esta reacción libera luz (reacción quimiluminiscente), la cual es medida en un tubo fotomultiplicador. Para el caso de equipos con fotómetro ultravioleta, el principio de medición consiste en determinar la cantidad de luz absorbida a una longitud de onda de 254 nanómetros.</p> <p>Método Alternativo: Podrá ser utilizado el método pasivo referido en la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002, y deben aplicarse en conjunto en áreas sin riesgo de exceder los valores límite que fueron determinados previamente.</p>
---------------------	--

Fuente: (Tulsma, 2015)

El análisis se lo realizó según el procedimiento específico DP.PEE.MAS.5.04.26. El método utilizado es el Alternativo con tubos pasivos referido a la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002.

Las mediciones observadas de concentraciones de contaminantes comunes del aire deberán corregirse de acuerdo a las condiciones de la localidad en que se efectúen dichas mediciones.

2.8 Toxicidad

La capacidad que tiene el ozono de producir efectos perjudiciales sobre los seres vivos está en función de su cantidad y su tiempo de exposición. Es por lo que el límite recomendado de exposición de ozono es de 0,1 partes por millón (ppm), es decir 0,2 mg/m³, calculado como una concentración de 8 horas, y a corto plazo es de 0,03 ppm, es decir 0,6 mg/m³ como una concentración calculada a 15 minutos. Sin embargo, en periodos cortos de tiempo expuesto a bajas concentraciones puede causar problemas en el tracto respiratorio, pulmones o bronquios (Klaassen, Casarett, Doull, & Watkins, 2005).

Tabla 8. Toxicidad del ozono.

Concentración de Ozono (ppm)	Efectos
0,003 - 0,01	Umbral de percepción olfativa por promedio por persona en aire limpio.
0,02 - 0,04	Promedio representativo de concentraciones totales de oxidante en la mayoría de las ciudades de los EE. UU. en 1964. Aprox. el 95 % de los oxidantes es ozono.
0,1	Límite recomendado de exposición. A menudo experimentada irritación de ojos, nariz y garganta.
0,2 - 0,5	Reducida adaptación a la oscuridad y alteración del equilibrio del músculo extraocular: ocurre tras varias horas de exposición.
0,5	A veces se producen náuseas y dolor de cabeza. Exposiciones prolongadas pueden producir edema pulmonar y propiciar la susceptibilidad frente a infecciones respiratorias (ambas bacterianas y virales).
1,0	10 minutos de exposición reducen la tasa de saturación de oxihemoglobina al 50%.
1 - 2	Exposición crónica (un año seis horas al día) ha resultado en bronquiolitis y bronquitis en animales.
1,5 - 2	Exposición de dos horas resulta en tos, dolor subrenal y esputo excesivo.
5 - 25	Experimentalmente se ha visto que tres horas de exposición a 12 ppm fue mortal para ratas; seres humanos (soldadores) expuestos a 9 ppm desarrollaron edemas pulmonares.
50 - 30	minutos de exposición pueden ser fatales.

Fuente: (Soflex, 2018)

3 CAPÍTULO III - MARCO METODOLÓGICO

3.1 Selección de ubicación de muestras

Las áreas de muestreo seleccionadas son las representativas del centro urbano de la ciudad de Guayaquil, las cuales han sido previamente analizadas y seleccionadas.

Tabla 9. Ubicación de los puntos en el centro urbano de Guayaquil.

Ubicación de los puntos			
Ítem	Ubicación	Latitud	Longitud
M1	Parada de Metrovía Maternidad Enrique Sotomayor, calle Alcedo y Pedro Moncayo.	623397.00 m E	9757225.00 m S
M2	Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia	623951.00 m E	9757062.00 m S
M3	Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre	624573.00 m E	9757617.00 m S
M4	Av. 9 de Octubre y Rumichaca	623874.00 m E	9757855.00 m S

Fuente: (Autor, 2018)

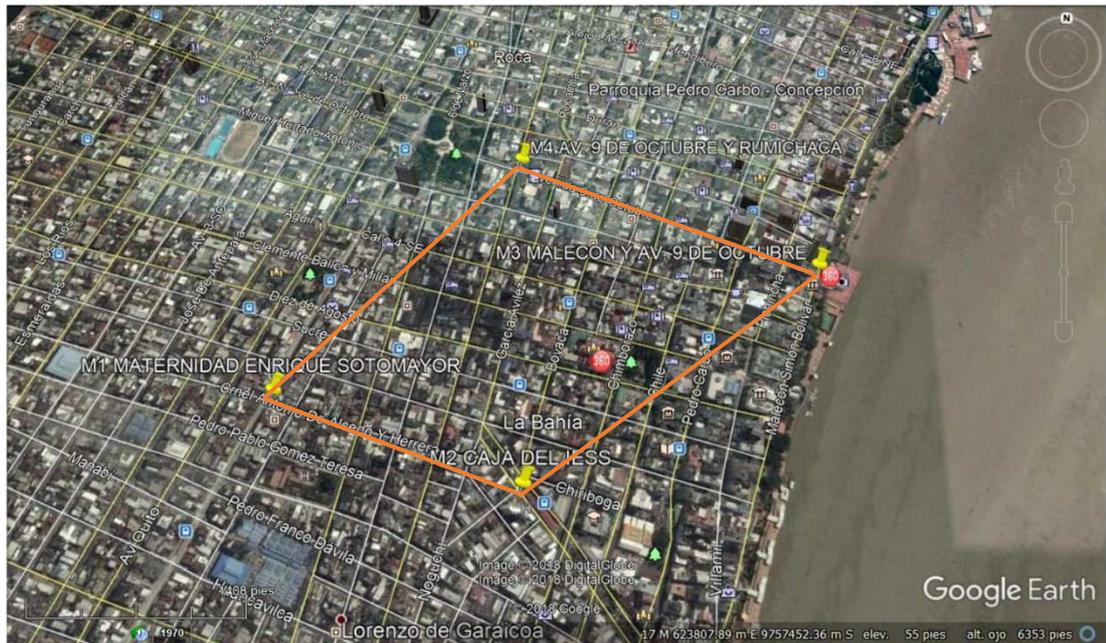


Ilustración 14. Ubicación de los puntos medidos

Fuente: (Google Earth, 2018)

3.1.1 Parada de Metrovía Maternidad Enrique Sotomayor, calle Alcedo y Pedro Moncayo.



Ilustración 15. Alcedo y Pedro Moncayo.

Fuente: (Autor, 2018)

3.1.2 Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia



Ilustración 16. Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia.

Fuente: (Autor, 2018)

3.1.3 Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre



Ilustración 17. Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre.

Fuente: (Autor, 2018)

3.1.4 Av. 9 de Octubre y Rumichaca



Ilustración 18. Av. 9 de Octubre y Rumichaca.

Fuente: (Autor, 2018)

3.2 Método de tubos pasivos

3.2.1 Cómo funcionan los tubos

Tubos de control de plástico para compuestos inorgánicos: dióxido de nitrógeno, óxido nítrico, dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno, gases ácidos, ozono, amoníaco.

Los tubos de difusión funcionan mediante un proceso llamado difusión molecular. Durante la difusión molecular, los compuestos se moverán de un área de alta concentración a un área de baja concentración.

Los compuestos en el aire tienen una concentración más alta que la del tubo, por lo que los compuestos se difunden en el tubo y se acumulan en el absorbente en el extremo del tubo.

Debido a que los compuestos se absorben, se mantiene la baja concentración en el tubo el cual tiene 7 centímetros de alto y 1.5 centímetros

de ancho y, por lo tanto, la difusión continúa. La velocidad a la que los compuestos se mueven en el tubo se llama tasa de absorción. Esta es una tasa conocida y se usa en los cálculos durante el análisis, muchos de los tubos son transparentes ya que se requiere luz durante el proceso de absorción (Gradko, 2018).

3.2.2 Usando tubos de difusión

Los tubos de difusión están diseñados para una monitorización a largo plazo en áreas amplias de modo que se capte una concentración suficiente de compuestos en los tubos para ser detectados durante el análisis, sin necesidad del suministro de una fuente de energía. El tubo debe colocarse en el lugar de monitoreo requerido y dejarse allí por 2 a 4 semanas. Una vez que finaliza el período de muestreo, los tubos se sellan y se devuelven al laboratorio para su análisis (Gradko, 2018).

Varias técnicas de análisis se utilizan para los diferentes tubos de difusión. El laboratorio determina la concentración de compuestos en el tubo. Esto luego se usa en un cálculo con la tasa de absorción para calcular la concentración promedio de compuestos que estuvieron presentes en el aire durante el período de monitoreo.

Los resultados se informan en partes por billón (ppb) y microgramos por metro en cubos ($\mu\text{gm-3}$) para permitir la comparación con los niveles de las directrices de salud.

3.2.3 Consejos técnicos

- ▶ Se puede usar un tubo de gases ácidos para medir seis gases diferentes simultáneamente.

- ▶ Siempre coloque el tubo verticalmente, con el extremo abierto o el filtro apuntando hacia abajo.
- ▶ Se deben usar espaciadores para colocar el tubo lejos de la superficie de fijación.

3.2.4 Instrucciones del tubo de ozono

Los tubos deben estar expuestos y devueltos para su análisis dentro de este período.

Almacenamiento de tubos: los tubos deben refrigerarse antes de la exposición. No exceda la vida útil. Si utiliza un tubo en blanco, no quite el tubo del contenedor superior de tornillo. Almacenar en las mismas condiciones que los tubos de muestreo.

Tubos de fijación: es importante que el extremo del tubo esté en un área con una circulación libre de aire. Ciertas superficies pueden actuar como absorbentes que conducen a concentraciones atmosféricas reducidas inmediatamente adyacentes al tubo. Por esta razón, los tubos no deben montarse directamente sobre una superficie. Lo ideal sería utilizar un espaciador de al menos 5 cm entre la superficie y el tubo. El espaciador no debe colocarse en ningún tipo de rebaje (para evitar la posibilidad de tomar muestras de aire estancado). Para evitar tomar muestras en un área con una turbulencia más alta que la habitual, los tubos no deben ubicarse en la esquina de un edificio. Se pueden producir lecturas altas debido a la descomposición de NO / NO₂ de la irradiación solar cuando los tubos están expuestos a la luz solar directa intensa, si esto puede ser un problema, el tubo debe quedar expuesto mientras está a la sombra (Gradko, 2018).



Ilustración 19. Tubo pasivo en sitio.

Fuente: (Gradko, 2018)

Para realizar las mediciones se pueden seguir los siguientes pasos:

1. Retire el tubo del contenedor superior del tornillo. Mantenga el contenedor en un lugar seguro.
2. Coloque el tubo verticalmente con la tapa que contiene el filtro hacia abajo durante el período de muestreo requerido (2-4 semanas).
3. Etiquete claramente el tubo y la hoja de exposición con las etiquetas de código de barras suministradas (consulte a continuación). Después del muestreo, vuelva a colocar el tubo en el contenedor superior de tornillo.
4. Devolución de tubos: los tubos deben devolverse tan pronto como sea posible después de la exposición. Complete la hoja de exposición, incluido el tiempo de exposición. Los tubos deben devolverse en un recipiente sellado, como la bolsa de plástico en la que se reciben.

3.2.5 Características del Tubo

Este tubo está diseñado para monitorear pasivamente las moléculas gaseosas de Ozono.

Descripción: Tubo de polímero de etileno fluorado equipado con tapas de caucho termoplástico en blanco y negro. La tapa de color contiene el absorbente. Se coloca un filtro de porosidad de un micrón en la tapa blanca para evitar la entrada de nitrato de partículas en el aire.

Las concentraciones de iones nitrato químicamente adsorbidas se determinan cuantitativamente mediante cromatografía iónica con referencia a una curva de calibración derivada del análisis de soluciones estándar de nitrato (métodos acreditados por UKAS).

Adecuado para realizar evaluaciones espaciales o localizadas de ozono en el aire ambiente, el lugar de trabajo o la supervisión industrial.

Dimensiones del tubo: 71.0 milímetros de longitud x 11.0 milímetros de diámetro interno.

Períodos de exposición recomendados: 2 -4 semanas.

Velocidad del aire: tubo equipado con filtro, por lo tanto, influencia insignificante.

Almacenamiento: Almacenar en un ambiente oscuro y fresco, preferiblemente entre 5-10 ° C.

Vida útil: 12 semanas desde la fecha de preparación.

Eficiencia de desorción: $d = 0,99$ (determinado usando los analitos estándar N.I.S.T.).

Límite de detección: menos de 10 μgm^{-3} durante un período de exposición de 4 semanas. Valores específicos disponibles bajo pedido.

Incertidumbre de medición ampliada analítica: disponible a pedido.

Rango de trabajo: 6.8 -> 200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Estándares relevantes: BS EN 13528 Partes 1-3: 2002/3.

Factores especiales: interferencia potencial de partículas de aerosol que contienen altos niveles de nitrato. Se pueden producir lecturas altas debido a la descomposición de NO / NO₂ de la radiación solar cuando los tubos están expuestos a la luz directa del sol.

3.3 Equipos Utilizados

Este muestreo consiste en utilizar tubos pasivos que son expuestos al aire ambiente por un periodo de tiempo de 10 días, para posterior análisis por cromatografía de gases. En el interior del tubo se encuentra el absorbente que atrapa el compuesto a analizar. Para cada parámetro a evaluar se utiliza un tubo pasivo específico.



Ilustración 20. Tubos pasivos.

FUENTE: (Gradko, 2018)

La norma europea UNE-EN13528-1 define al tubo pasivo como un captador difusivo, que es capaz de tomar muestras de gases o vapores de la

atmósfera a una velocidad controlada por un proceso físico como a difusión gaseosa a través de una capa estática de aire o un material poroso y/o permeación a través de una membrana, pero que no involucra el movimiento activo del aire a través del dispositivo (Deproin S.A., 2018).

3.4 Procedimientos

Para evaluar la calidad del aire con respecto al ozono se realizó una revisión bibliográfica acerca de las características del ozono como contaminante en la tropósfera y los límites permisibles de acuerdo a las normas vigentes a las cuales se rige el Ministerio de Ambiente Ecuatoriano, establecidos por la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire Ambiente del Acuerdo Ministerial 097-A, del 30 de Julio del 2015, Anexo 4 del libro VI del TULSMA.

Tabla 10. Límites permisibles de Ozono en el aire

Parámetro	Límite Máximo Permissible $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	8 horas
Ozono (O_3)	100

*Medidos en aire a 760 mm Hg y 25°C.

Fuente: (Tulsma, 2015)

Se establecieron los lugares de muestreo en el centro de la ciudad de Guayaquil, los cuales fueron 4 puntos de muestreo o estaciones en las siguientes zonas:

- Parada de Metrovía Maternidad Enrique Sotomayor, calle Alcedo y Pedro Moncayo.

- Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia
- Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre
- Av. 9 de Octubre y Rumichaca

El Acuerdo Ministerial 097-A indica 2 métodos de medición para la determinación de concentración del ozono, los cuales son:

Método de quimiluminiscencia y fotómetro ultravioleta: toma como referencia 40 CFR Part 50, Appendix D, donde se reacciona la muestra de aire con un compuesto llamado etileno para luego producir ozono, esta reacción libera luz (reacción quimiluminiscente), la cual es medida en un tubo fotomultiplicador.

Método alternativo de tubos pasivos: toma como referencia la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002, donde se utilizan dichos tubos para recolectar la muestra y luego realizar el análisis de ozono mediante cromatografía iónica de gases, teniendo la ventaja de poder realizar mediciones de los gases a muy bajas concentraciones(ppb).

Se obtuvo información que en el Ecuador, diferentes laboratorios ambientales realizan determinaciones de concentración del ozono por el método de quimiluminiscencia y fotómetro ultravioleta, pero estos análisis no están acreditados por el SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano) o no los realizan en la ciudad de Guayaquil, por lo tanto, se optó por el método alternativo de tubos pasivos para realizar las mediciones de ozono, por medio de la participación del laboratorio DEPROIN S.A., acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), que subcontrata al laboratorio Gradko Environmental con sede en Inglaterra con certificación ISO17025 que tiene la respectiva acreditación para los análisis con tubos pasivos de ozono (O₃). Cabe recalcar que si un laboratorio tiene acreditado su laboratorio o su metodología de medición la misma, es válida para las acreditaciones de otros países. Dicho esto, los resultados acreditados por UKAS (United

Kingdom Accreditation Service) (SERVICE, 2004), son aceptados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) (ECUATORIANO, 2010).

3.5 Recolección de la muestra

Las muestras se recolectaron siguiendo los siguientes pasos:

- 1) Se revisaron los tubos que son enviados por el Laboratorio subcontratado Gradko Environmental y se escogieron 4 tubos pasivos que retienen ozono por medio de unas resinas que contienen en su interior.
- 2) A estos tubos se les preparó un soporte de protección con cortes de tubos de PVC y piolas para que puedan ser instalados verticalmente en cada estación de muestreo de modo que la tapa de protección que contiene el filtro quede hacia abajo, impidiendo la interferencia de la entrada del flujo de aire.
- 3) En cada punto de muestreo, se procedió a quitar la tapa de protección del tubo y se instaló a una altura superior a 2 metros e inferior a 4 metros del suelo en un poste de luz en los cuatro puntos, para evitar que los transeúntes los manipulen. Los tubos fueron colocados donde pueden estar expuestos al aire sin que exista interferencia del muestreo por manipulación de los tubos por personas ajenas a este proyecto.
- 4) Se registró el punto de muestreo junto con el código del tubo, la fecha y hora de inicio de la exposición.
- 5) Se retiraron las muestras de los puntos para posteriormente ser enviadas debidamente sellados a Gradko Environmental.

3.6 Determinación de concentración de ozono

Las concentraciones de ozono se determinan siguiendo los siguientes pasos:

- 1) Los tubos permanecieron en las estaciones por un tiempo de 10 días, durante este tiempo recolectaron las muestras sin necesidad de energía externa, permitiendo el paso de aire del ambiente por una membrana o filtro de un micrón de porosidad que controla la velocidad de paso y difusión de la muestra gaseosa proveniente de la atmósfera, pero no involucra el movimiento activo del aire a través del dispositivo, y reteniéndose el gas ozono por medio de un absorbente selectivo dentro de cada tubo.

Debido a que el ozono se retiene en el absorbente, se mantiene la baja concentración en el tubo, permitiendo que la difusión continúe.

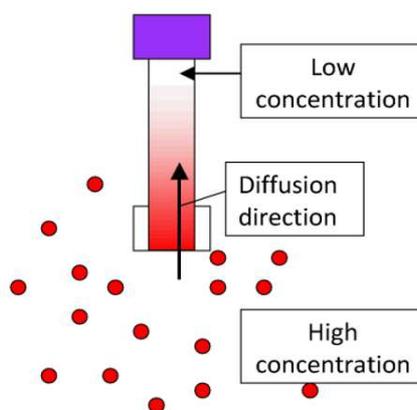


Ilustración 21. Tubo pasivo.

Fuente: (Gradko, 2018)

- 2) Una vez transcurrido el período de muestreo, se procedió a retirar los tubos, a sellarlos nuevamente con las tapas protectoras, identificándolos y enviándolos al laboratorio subcontratado Gradko Environmental.

- 3) El laboratorio Gradko Environmental, recibió los tubos pasivos de difusión, y por medio de un equipo de cromatografía iónica de gases que consiste en la separación de iones o moléculas y utiliza una resina de intercambio iónico para la determinación de la concentración de ozono retenido en el absorbente.

Tabla 11. Metodología por el método de tubos pasivo.

Parámetro	Rango de Medición	Resolución	Metodología
Ozono (O ₃)	>1.42ppb	0.01ppb	Cromatografía iónica

Fuente: (Deproin S.A., 2018)

- 4) Una vez obtenidos los resultados, el laboratorio realizó un cálculo con la tasa de absorción (velocidad a la que los compuestos se mueven en el tubo) para obtener la concentración promedio de ozono que se obtuvo durante todo el período de muestreo en cada estación.

3.7 Conversión de concentración de ozono

Se recibieron los resultados de Ozono en partes por billón (ppb) de las diferentes estaciones, se realizó la conversión de las unidades a $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1atm y a 25°C con el fin de comparar con los límites permisibles indicados en la tabla 11, para ello se utilizaron las siguientes fórmulas:

Para convertir la medición de ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgramos x metros cúbicos de aire):

$$CO (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{C_i (\text{ppb}) * \text{Peso molecular contaminante}}{R * T = 24.5}$$

(3.1)

Donde:

C_i = Concentración del contaminante medido en ppb

$(R * T) = 24.5$ a 1atm, 298 °K y R de 0.08208 (atm*m³) /(kgmol*°K)

Para convertir la medición de mg/m³ a ug/m³:

$$CO (\mu\text{g}/\text{m}^3) = C_i(\text{mg}/\text{m}^3) * 1000$$

(3.2)

C_i : Concentración del contaminante, medida en mg/m³

Para corregir las mediciones a las condiciones locales:

$$C_c = \frac{C_o * 760 \text{ mmHg} * (273 + t^{\circ}\text{C})^{\circ}\text{K}}{R * T = 24.5}$$

(3.3)

Dónde:

C_c : concentración corregida

C_o : concentración observada en ug/m³ de aire

t°C: temperatura local, en grados centígrados

Se procedió a analizar los resultados de ozono en las diferentes estaciones del centro de la ciudad de Guayaquil para establecer si cumplen con los límites máximos permisibles por la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire Ambiente del Acuerdo Ministerial 097-A, del 30 de Julio del 2015, Anexo 4 del libro VI del TULSMA (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2003).

4 CAPÍTULO IX - RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

Los resultados de los cuatros puntos analizados se encuentran a continuación en la tabla 13, en donde podemos notar que todos los valores están por debajo de la media permitida según el texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente donde se reúne todas las leyes relacionadas a la protección de los recursos naturales en Ecuador. Dando como referente en el punto M3, ubicado en la esquina de Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre, el valor más alto determinado de los cuatros puntos medidos, y el más bajo el M4 en la esquina de la Av. 9 de Octubre y Rumichaca.

Como factor común entre los cuatro puntos tenemos que todas han sido realizadas en un período de diez días de manera interrumpida y mediante a métodos realizados por el laboratorio Gradko Environmental ha sido llevado a $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para poder compararlo con el T.U.L.S.M.A. el cual tiene límites establecidos en períodos de 8 horas.

Tabla 12. Resultados de las mediciones de ozono.

Punto	Ubicación	Tiempo de Medición				Resultados		Límites permisibles para 8 horas ug/m ³
		Inicial		Final		ppb	ug/m ³	
		Fecha	Hora	Fecha	Hora	*O ₃	*O ₃	
M1	Parada de Metrovía Maternidad Enrique Sotomayor, calle Alcedo y Pedro Moncayo.	20-jul	10:45	30-jul	11:00	8.80	17.24	
M2	Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia	20-jul	11:20	30-jul	11:40	8.65	16.95	
M3	Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre	20-jul	12:00	30-jul	12:35	15.25	29.88	
M4	Av. 9 de Octubre y Rumichaca	20-jul	11:30	30-jul	13:05	4.61	9.03	

100

Nota: Transformaciones a condiciones de referencia de 25 °C y 760 mm Hg
 * Parámetro Subcontratado Acreditado

Fuente: (Autor, 2018)

5 CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los cuatros puntos monitoreados se evaluaron por un periodo de diez días continuos, convirtiendo sus resultados a un periodo de 8 horas para comprar con los límites proporcionados por el Anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A y se determinó que se encuentran dentro de los límites permisibles de 100 ug/m^3 , dando las siguientes conclusiones:

1. Las mediciones de las concentraciones de ozono en el aire del centro de la ciudad de Guayaquil arrojaron los siguientes resultados:
 - Parada de Metrovía Maternidad Enrique Sotomayor, calle Alcedo y Pedro Moncayo (17.24 ug/m^3).
 - Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia (16.95 ug/m^3).
 - Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre (29.88 ug/m^3).
 - Av. 9 de Octubre y Rumichaca (9.03 ug/m^3).

De acuerdo al lugar de puntos de muestreo, la concentración de ozono aumenta donde hay mayores emisiones de gases contaminantes por parte del tránsito vehicular, ya que éste contaminante depende de sus precursores, expuestos a los rayos ultravioletas.

2. Los niveles registrados están por debajo del límite máximo permisible determinado en el TULSMA y se puede concluir que se encuentran por debajo de la media permitida con respecto a las normas ambientales vigentes.
3. Como resultado de este estudio se ha evidenciado que las mediciones en los puntos de muestreo de este contaminante secundario no son tan influyentes ni perjudiciales en la salud de las personas que regularmente se encuentran en dichos sectores del centro de la ciudad de Guayaquil.
4. Este trabajo contribuye como base al desarrollo de futuros proyectos de entes responsables o personal interesado, que realicen estudios sobre este contaminante que afecta en la salud de las personas, con la idea de tomar medidas necesarias en caso de encontrar altas concentraciones, favoreciendo su reducción.

5.2 Recomendaciones

Según los resultados obtenidos se puede brindar las siguientes recomendaciones:

1. Realizar estudios de niveles de ozono por otro tipo de métodos, para comparar resultados.
2. Realizar estudios de niveles de ozono en otras zonas de la ciudad de Guayaquil como al norte, sur y zonas periféricas de la ciudad.
3. Colocar aparatos de medición constante en zonas estratégicas para medir la calidad de aire de la ciudad de Guayaquil y así tener más registros de este parámetro de importancia ambiental.
4. Universidades y/o instituciones públicas y privadas, brindar mayor apoyo en este tipo de investigaciones, este tipo de trabajos pueden ser la génesis de futuros proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

After 30 years of the Montreal Protocol, the ozone layer is gradually healing. (2017, septiembre 15). Recuperado 8 de agosto de 2018, de <https://blog.csiro.au/after-30-years-of-the-montreal-protocol-the-ozone-layer-is-gradually-healing/>

Astumian, R. D., Chock, P. B., Tsong, T. Y., Chen, Y. D., & Westerhoff, H. V. (1987). Can free energy be transduced from electric noise? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *84*(2), 434-438. <https://doi.org/10.1073/pnas.84.2.434>

Babor, J. A., & Ibarz Aznárez, J. (1985). *Química general moderna: una introducción a la química física y a la química descriptiva superior (inorgánica, orgánica y bioquímica)*. Barcelona: Marín.

Baird, C. (2001). *Química ambiental*. Reverte.

Barrie, L. A., Bottenheim, J. W., Schnell, R. C., Crutzen, P. J., & Rasmussen, R. A. (1988). Ozone destruction and photochemical reactions at polar sunrise in the lower Arctic atmosphere. *Nature*, *334*(6178), 138.

Benedick. (1996). Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. *International Negotiation*, *1*(2), 231-246. <https://doi.org/10.1163/15718069620847781>

Chameides, W. L., Lindsay, R. W., Richardson, J., & Kiang, C. S. (1988). The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog: Atlanta as a case study. *Science*, *241*(4872), 1473-1475.

Chameides, W. L., & Tan, A. (1981). The two-dimensional diagnostic model for tropospheric OH: An uncertainty analysis. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, *86*(C6), 5209-5223. <https://doi.org/10.1029/JC086iC06p05209>

Chapman, S. (1930). XXXV. *On ozone and atomic oxygen in the upper atmosphere. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 10(64), 369-383. <https://doi.org/10.1080/14786443009461588>

Crutzen, P. J. (1970). The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 96(408), 320-325. <https://doi.org/10.1002/qj.49709640815>

Cuevas Agulló, E. (2002). *Estudio del comportamiento del ozono troposférico en el observatorio de Izaña (Tenerife) y su relación con la dinámica atmosférica*. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.

Cuevas Agulló, E., Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Físicas, & Departamento de Física de la Tierra, A. y A. I. (2002). *Estudio del comportamiento del ozono troposférico en el observatorio de Izaña (Tenerife) y su relación con la dinámica atmosférica*. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.

Delgado Saborit, J. M. (2004). *Validación e implementación de técnicas de captación pasiva para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en una área costera mediterránea*. Universitat Jaume I, Castellón de la Plana. Recuperado de <https://www.tdx.cat/handle/10803/10539?show=full>

ECUATORIANO, S. D. A. (2010). Servicio de Acreditación Ecuatoriano. *Obtenido de Servicio de Acreditación Ecuatoriano: <http://www.acreditacion.gob.ec/caracteristicas-delproceso-de-internacionalizacion-de-las-pyme>*.

El fenómeno de la reducción del ozono. (s. f.). Recuperado 8 de agosto de 2018, de <http://www7.nationalacademies.org/spanishbeyonddiscovery/EI%20fen%C3%B3meno%20de%20la%20reducci%C3%B3n%20del%20ozono.html>

Farman, J. C., Gardiner, B. . G., & Shanklin, J. D. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction | Nature.

Recuperado 8 de agosto de 2018, de <https://www.nature.com/articles/315207a0>

Finlayson-Pitts, B. J. (1993). Chlorine atoms as a potential tropospheric oxidant in the marine boundary layer. *Research on Chemical Intermediates*, 19(3), 235-249. <https://doi.org/10.1163/156856793X00091>

Fishman, J., & Crutzen, P. J. (1977). A numerical study of tropospheric photochemistry using a one-dimensional model. *Journal of Geophysical Research*, 82(37), 5897-5906. <https://doi.org/10.1029/JC082i037p05897>

Fishman, J., Solomon, S., & Crutzen, P. J. (1979). Observational and theoretical evidence in support of a significant in-situ photochemical source of tropospheric ozone. *Tellus*, 31(5), 432-446. <https://doi.org/10.3402/tellusa.v31i5.10458>

Harrison, B. H., & Feder, W. A. (1974). Ultrastructural changes in pollen exposed to ozone. *Phytopathology*.

Heagle, A. S., Philbeck, R. B., & Knott, W. M. (1979). *Thresholds for injury, growth, and yield loss caused by ozone on field corn hybrids [Air pollution effects]*.

Khrgian, A. K. (1973). *The Physics of Atmospheric Ozone* (P. Oreenberg). Keter Publishing House Jerusalem.

kirchhoff, V., Thompson, A., Pickering, K., McNamara, D., Hudson, R., & Schoeberl, M. (1992). Where did tropospheric ozone over southern Africa and the tropical Atlantic come from in October 1992? Insights from TOMS, GTE TRACE A, and SAFARI 1992 - Thompson - 1996 - Journal of Geophysical Research: Atmospheres - Wiley Online Library. Recuperado de <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/96JD01463>

Kirchner, B. G. (2009). Ozono troposférico. Recuperado de <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-ozono-troposferico.html>

Klaassen, C. D., Casarett, L. J., Doull, J., & Watkins, J. B. (2005). *Fundamentos de toxicología*. Madrid [etc.: McGraw-Hill Interamericana.

Lubchenco, J. (1998). Entering the Century of the Environment: A New Social Contract for Science, 279, 491-497.

Martinez, A. (2012, junio). *Las capas de la atmósfera*. Recuperado de <https://pt.slideshare.net/Amaiamartinez/las-capas-de-la-atmsfera/2>

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE, Pub. L. No. Decreto Ejecutivo 3516, 407 (2003).

Molina, M. J., & Rowland, F. S. (1974). Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone. *Nature*, 249, 810.

Monzon, O. T., Ory, E. M., Dobson, H. L., Carter, E., & Yow, E. M. (1958). A Comparison of Bacterial Counts of the Urine Obtained by Needle Aspiration of the Bladder, Catheterization and Midstream-Voided Methods. *New England Journal of Medicine*, 259(16), 764-767. <https://doi.org/10.1056/NEJM195810162591603>

O'Connell, S. (2009, agosto 18). The science behind that fresh seaside smell. Recuperado de <https://www.telegraph.co.uk/news/science/6044238/The-science-behind-that-fresh-seaside-smell.html>

Precursor Era Contributors to Meteorology. (s. f.). Recuperado 10 de julio de 2018, de <http://rammb.cira.colostate.edu/dev/hillger/precursor.htm#schonbein>

Prospero, J. M., & Savoie, D. L. (1989). Effect of continental sources on nitrate concentrations over the Pacific Ocean. *Nature*, 339(6227), 687.

Puigcerver, M. (1998). Acerca del «agujero» de ozono en la estratosfera Antártica, 13.

Rubin, M. B. (2001). THE HISTORY OF OZONE. THE SCHÖNBEIN PERIOD, 1839-1868. *Bull. Hist. Chem.*, 26(1), 17.

Sanz, M. J., Sanchez, G., Calatayud, V., Minaya, M. T., & Cerverò, J. (2001). La contaminación atmosférica en los bosques: guía para la identificación de danos visibles causados por ozono. *Organismo Autonomo de Parques Nacionales, Madrid*, 163.

Seguin, J.-L., Bendahan, M., Isalgue, A., Esteve-Cano, V., Carchano, H., & Torra, V. (1999). Low temperature crystallised Ti-rich NiTi shape memory alloy films for microactuators. *Sensors and Actuators A: Physical*, 74(1), 65-69. [https://doi.org/10.1016/S0924-4247\(98\)00304-5](https://doi.org/10.1016/S0924-4247(98)00304-5)

Seoánez Calvo, M., Bellas Velasco, E., & Seoanez Oliet, P. (2002). *Tratado de la contaminación atmosférica: problemas, tratamiento y gestión*. Mundi-Prensa.

SERVICE, U. K. A. (2004). *Schedule of Accreditation WRc-NSF, Issue No 015, 20 April 2004*. UKAS Feltham, UK.

Smith, R. A. (1852). *On the air and rain of Manchester. Memoirs of the Manchester Literary and Philosophical Society* (No. 10(Series 2)) (pp. 207-217). Manchester.

Soret, J.-L. (1865, julio). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences / publiés... par MM. les secrétaires perpétuels [issue]. Recuperado 10 de julio de 2018, de <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3018b>

texte, A. des sciences (France) A. du. (1865, julio). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences / publiés... par MM. les secrétaires perpétuels [issue]. Recuperado 10 de julio de 2018, de <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3018b>

US Department of Commerce, N. (s. f.). *Scientific Assessment of Ozone Depletion 2014*. Recuperado 14 de agosto de 2018, de <https://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/2014/>

Vanloon, G. W., & Duffy, S. J. (2000). "Environmental chemistry" A Global perspective.

Velásquez de Castro, F. V. (2001). *El ozono:¿ cuándo protege y cuándo destruye?* McGraw-Hill, Interamericana de España.

Velázquez de Castro, F. (1997). *Modelización y análisis de las concentraciones de ozono troposférico*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Recuperado de <http://biblioteca.ucm.es/tesis/19972000/X/0/X0054101.pdf>

Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., & Melillo, J. M. (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems, *277*, 494-499.

Warneck, P., & Wurzinger, C. (1988). Product quantum yields for the 305-nm photodecomposition of nitrate in aqueous solution. *The Journal of Physical Chemistry*, *92*(22), 6278-6283. <https://doi.org/10.1021/j100333a022>

Wilson, E. O. (1998). Integrated Science and The Coming Century of The Environment, *279*, 2048-2049.

ANEXOS

Anexo 1. – Anexo 4 del Libro del T.U.L.S.M.A.

ANEXO 4 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE O NIVEL DE INMISIÓN LIBRO VI ANEXO 4

NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE O NIVEL DE INMISIÓN LIBRO VI ANEXO 4

INTRODUCCIÓN

La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica establece:

- Los objetivos de calidad del aire ambiente.
- Los límites permisibles de los contaminantes criterio y contaminantes no convencionales del aire ambiente.
- Los métodos y procedimientos para la determinación de los contaminantes en el aire ambiente.

1. OBJETO

La presente norma tiene como objeto principal el preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general. Para cumplir con este objetivo, esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel de suelo. La norma también provee los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente.

Registro Oficial -- Edición Especial N° 387 - Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- 53

2. DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación, y las que a continuación se indican:

2.1 Aire.- También denominado "aire ambiente", cualquier porción no confinada de la atmósfera, y se define como mezcla gaseosa cuya composición normal es, de por lo menos, veinte por ciento (20%) de oxígeno, setenta y nueve por ciento (79%) nitrógeno y uno por ciento (1%) de dióxido de carbono, además de proporciones variables de gases inertes y vapor de agua, en relación volumétrica.

2.2 Chimenea.- Conducto que facilita el transporte y evacuación hacia la atmósfera de los productos de combustión generados en la fuente fija.

2.3 Combustión.- Oxidación rápida, que consiste en una combinación del oxígeno con aquellos materiales o sustancias capaces de oxidarse, dando como resultado la generación de gases, partículas, luz y calor.

2.4 Concentración de una sustancia en el Aire.- Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en el cual esta contenida.

2.5 Condiciones de referencia.- Veinticinco grados centígrados (25 °C) y setecientos sesenta milímetros de mercurio de presión (760 mm Hg).

2.6 Contaminante del aire.- Cualquier sustancia o material emitido a la atmósfera, sea por actividad humana o por procesos naturales, y que afecta adversamente al hombre o al ambiente.

2.7 Contaminantes criterio del aire.- Cualquier contaminante del aire para los cuales, en esta norma, se especifica un valor máximo de concentración permitida a nivel de suelo en el aire ambiente, y por lo tanto afecta a los receptores ya sean personas, animales, vegetación o materiales para diferentes períodos de tiempo

2.12 Dióxido de nitrógeno (NO₂)- Gas de color pardo rojizo, altamente tóxico, que se forma debido a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas.

2.13 Emisión.- La descarga de sustancias gaseosas, puras o con sustancias en suspensión en la atmósfera. Para propósitos de esta norma, la emisión se refiere a la descarga de sustancias provenientes de actividades humanas.

2.14 Episodio crítico de contaminación del aire.- Es la presencia de altas concentraciones de contaminantes criterio del aire y por períodos cortos de tiempo, como resultado de condiciones de emisiones de gran magnitud y/o meteorológicas desfavorables que impiden la dispersión de los contaminantes previamente emitidos.

2.15 Fuente fija de combustión.- Es aquella instalación o conjunto de instalaciones, que tiene como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales o de servicios, y que emite o puede emitir contaminantes al aire, debido a proceso de combustión, desde un lugar fijo o inamovible.

2.16 Línea base.- Denota el estado de un sistema alterado en un momento en particular, antes de un cambio posterior. Se define también como las condiciones en el momento de la investigación dentro de un área que puede estar influenciada por actividades humanas.

2.17 Material particulado.- Está constituido por material sólido o líquido en forma de partículas, con excepción del agua no combinada, presente en la atmósfera. Se designa como PM_{2,5} al material particulado cuyo diámetro aerodinámico es menor a 2,5 micrones. Se designa como PM₁₀ al material particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones.

2.18 Micrón.- Millonésima parte de un metro.

2.19 Monitoreo.- Es el proceso programado de coleccionar muestras, efectuar mediciones, y realizar el subsiguiente registro, de varias características del ambiente, a menudo con el fin de evaluar conformidad con

2.8 Contaminante peligroso del aire (no convencionales).- Son aquellos contaminantes del aire que pueden presentar una amenaza de efectos adversos en la salud humana o en el ambiente.

2.9 Contaminación del aire.- La presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente.

2.10 Diámetro aerodinámico.- Para una partícula específica, es el diámetro de una esfera con densidad unitaria (densidad del agua) que se sedimenta en aire quieto a la misma velocidad que la partícula en cuestión.

2.11 Dióxido de azufre (SO₂).- Gas incoloro e irritante formado principalmente por la combustión de combustibles fósiles.

objetivos específicos.

2.20 Monóxido de carbono (CO).- Gas incoloro, inodoro y tóxico producto de la combustión incompleta de combustibles fósiles.

2.21 Nivel de fondo (background).-Expresa las condiciones ambientales imperantes antes de cualquier perturbación originada en actividades humanas, esto es, sólo con los procesos naturales en actividad.

2.22 Norma de calidad de aire ambiente o nivel de inmisión.- Es el valor que establece el límite máximo permisible de concentración, a nivel de suelo, de un contaminante del aire durante un tiempo promedio de muestreo determinado, definido con el propósito de proteger la salud y el ambiente. Los límites permisibles descritos en esta norma de calidad de aire ambiente se aplicarán para aquellas concentraciones de contaminantes que se determinen fuera de los límites del predio de los sujetos de control o regulados.

54 Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- Edición Especial N° 387 - Registro Oficial

2.23 Norma de emisión.- Es el valor que señala la descarga máxima permisible de los contaminantes del aire definidos, provenientes de una fuente fija o móvil.

2.24 Olor ofensivo.- Es el olor, generado por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicio, que produce molestia aunque no cause daño a la salud humana.

2.25 Partículas Sedimentables.- Material particulado, sólido o líquido, en general de tamaño mayor a 10 micrones; por su peso tienden a precipitarse con facilidad, razón por lo cual pueden permanecer en suspensión temporal en el aire ambiente.

2.26 Percentil "q".- En una población o conjunto de datos, el percentil "q" es el valor tal que por lo menos el "q" por ciento de los datos recopilados son iguales o menores a dicho valor.

2.27 US EPA.- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América.

3. CLASIFICACIÓN

Esta norma establece los límites máximos permisibles de concentraciones de contaminantes criterio y contaminantes no convencionales, a nivel de suelo en el aire ambiente. La norma establece la presente clasificación:

- Norma de calidad de aire ambiente:

- a. Contaminantes del aire ambiente.
- b. Normas generales para concentraciones de contaminantes criterio en el aire ambiente.
- c. Planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire.
- d. Métodos de medición de concentración de contaminantes criterio del aire ambiente.

. Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 (dos enteros cinco décimos) micrones. Se abrevia PM_{2.5}.

. Dióxido de Nitrógeno NO₂.

. Dióxido de Azufre SO₂.

. Monóxido de Carbono CO

. Ozono O₃

4.1.1.2 Para efectos de esta norma se establecen como contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos a los siguientes:

. Benceno (C₆H₆)

. Cadmio (Cd)

. Mercurio inorgánico (vapores) (Hg)

4.1.1.3 La Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con las Autoridades Ambientales de Aplicación Responsable acreditadas al Sistema Único de Manejo Ambiental, desarrollará e implementará a nivel nacional los programas de monitoreo para el cumplimiento de la presente norma.

4.1.1.4 La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental verificará, mediante sus respectivos programas de monitoreo, que las concentraciones a nivel de suelo en el aire ambiente de los contaminantes criterio no excedan los valores estipulados en esta norma. Dicha Entidad queda facultada para establecer las acciones necesarias para, de ser el caso de que se excedan las concentraciones de contaminantes criterio y no convencionales del aire, hacer cumplir con la presente norma de calidad de aire. Caso contrario, las acciones estarán dirigidas a prevenir el deterioro a futuro de la calidad del aire.

- e. Normas generales para concentraciones de contaminantes no convencionales en el aire ambiente.
- f. Métodos de medición de concentración de contaminantes no convencionales del aire ambiente.
- g. De las molestias o peligros inducidos por otros contaminantes del aire.

4. REQUISITOS

4.1 Norma de calidad de aire ambiente

4.1.1 De los contaminantes del aire ambiente

4.1.1.1 Para efectos de esta norma se establecen como contaminantes criterio del aire ambiente a los siguientes:

- . Partículas Sedimentables.
- . Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 (diez) micrones. Se abrevia PM10.

4.1.1.5 La responsabilidad del monitoreo de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente recaerá en la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse, tendrán como referencia a aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations, Anexos 40 CFR 50), por las Directivas de la Comunidad Europea y Normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM).

4.1.1.6 La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental y los gestores acreditados para prestar sus servicios deberán demostrar, ante la Autoridad Ambiental Nacional, que sus equipos, métodos y procedimientos cumplan con los requerimientos descritos en esta norma. De existir otros tipos de métodos, equipos y procedimientos, se deberá justificar técnicamente para establecer la validez en uso oficial de los resultados.

Registro Oficial -- Edición Especial N° 387 - Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- 55

4.1.1.7 La información que se recabe, como resultado de los programas públicos de medición de concentraciones de contaminantes del aire, serán de carácter público.

4.1.1.8 La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental establecerá sus procedimientos internos de control de calidad y aseguramiento de calidad del sistema de monitoreo de calidad del aire ambiente en la jurisdicción bajo su autoridad. Así mismo, la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental deberá definir la frecuencia y alcance de los trabajos, tanto de auditoría interna como externa, para su respectivo sistema de monitoreo de calidad de aire ambiente.

4.1.1.9 La Autoridad Ambiental Nacional promoverá el desarrollo y establecimiento de un sistema nacional de acreditación para redes de monitoreo de aire ambiente en coordinación con el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

4.1.1.10 La Autoridad Ambiental Nacional, podrá solicitar de ser el caso a los proyectos, obras o actividades que emitan o sean susceptibles de emitir contaminantes al aire ambiente, la realización de monitoreos de calidad del aire ambiente, según lo señalado en esta norma, con el objetivo de prevenir el deterioro a futuro de la calidad del aire. De así requerirlo, la Autoridad Ambiental Nacional podrá coordinar lo antes mencionado, con las Autoridades Ambientales de Aplicación Responsable acreditadas al Sistema Único de Manejo Ambiental.

Material particulado menor a 2,5 micrones (PM2,5).- El promedio aritmético de la concentración de PM2,5 de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico (15 µg/m³).

El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico (50 µg/m³).

Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM2.5 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a (50 µg/m³)

Dióxido de azufre (SO2).- La concentración SO2 en 24 horas no deberá exceder ciento veinticinco microgramos por metro cúbico (125 µg/m³), la concentración de este contaminante para un periodo de diez minutos, no debe ser mayor a quinientos microgramos por metro cúbico (500 µg/m³).

El promedio aritmético de la concentración de SO2 de todas las muestras en un año no deberá exceder de sesenta microgramos por metro cúbico (60 µg/m³).

Monóxido de carbono (CO).- La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá exceder diez mil microgramos por metro cúbico (10 000 µg/m³) no más de una vez al año. La concentración máxima en (1) una hora de monóxido de carbono no deberá exceder treinta mil microgramos por metro cúbico (30 000 µg/m³) no más de una vez al año.

4.1.2 Normas generales para concentraciones de contaminantes criterio en el aire ambiente

4.1.2.1 Para los contaminantes criterio del aire, definidos en 4.1.1.1, se establecen las siguientes concentraciones máximas permitidas. La Autoridad Ambiental Nacional establecerá la frecuencia de revisión de los valores descritos en la presente norma de calidad de aire ambiente. La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental utilizará los valores de concentraciones máximas de contaminantes del aire ambiente aquí definidos, para fines de elaborar su respectiva ordenanza o norma sectorial.

Partículas sedimentables.- La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 (treinta) días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado (1 mg/cm² x 30 d).

Material particulado menor a 10 micrones (PM10).- El promedio aritmético de la concentración de PM10 de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico (50 µg/m³).

El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 µg/m³),

Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM10 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a (100 µg/m³)

Ozono.- La máxima concentración de ozono, obtenida mediante muestra continua en un periodo de (8) ocho horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 µg/m³), más de una vez en un año.

Dióxido de nitrógeno (NO2).- El promedio aritmético de la concentración de Dióxido de nitrógeno, determinado en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cuarenta microgramos por metro cúbico (40 µg/m³).

La concentración máxima en (1) una hora no deberá exceder doscientos microgramos por metro cúbico (200 µg/m³).

4.1.2.2 Los valores de concentración de contaminantes criterio del aire, establecidos en esta norma, así como los que sean determinados en los programas públicos de medición, están sujetos a las condiciones de referencia de 25 °C y 760 mm Hg.

4.1.2.3 Las mediciones observadas de concentraciones de contaminantes criterio del aire deberán corregirse de acuerdo a las condiciones de la localidad en que se efectúen dichas mediciones, para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

$$C_c = C_o * \frac{760 \text{ mmHg}}{P_{blm} \text{ mmHg}} * \frac{(273 + t^{\circ}C)^{\circ}K}{298^{\circ}K}$$

56 Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- Edición Especial N° 387 - Registro Oficial

Donde:

Cc: concentración corregida

Co: concentración observada

Pbl: presión atmosférica local, en milímetros de mercurio.

t°C: temperatura local, en grados centígrados.

4.1.3 De los planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire

4.1.3.1 La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental

establecerá un Plan de Alerta, de Alarma y de Emergencia ante Situaciones Críticas de Contaminación del Aire, basado en el establecimiento de tres niveles de concentración de contaminantes. La ocurrencia de estos niveles determinará la existencia de los estados de Alerta, Alarma y Emergencia.

4.1.3.2 Se definen los siguientes niveles de alerta, de alarma y de emergencia en lo referente a la calidad del aire. Cada uno de los tres niveles será declarado por la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental cuando uno o más de los contaminantes criterio indicados exceda la concentración establecida en la (Tabla 1) o cuando se considere que las condiciones atmosféricas que se esperan sean desfavorables en las próximas 24 horas.

Tabla 1. Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire [1]

CONTAMINANTE Y PERIODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
Monóxido de Carbono Concentración promedio en ocho horas (µg/m ³)	15000	30000	40000
Ozono Concentración promedio en ocho horas (µg/m ³)	200	400	600
Dióxido de Nitrógeno Concentración promedio en una hora (µg/m ³)	1000	2000	3000
Dióxido de Azufre Concentración promedio en veinticuatro horas (µg/m ³)	200	1000	1800
Material particulado PM 10 Concentración en veinticuatro horas (µg/m ³)	250	400	500
Material Particulado PM 2,5 Concentración en veinticuatro horas (µg/m ³)	150	250	350

Nota:

[1] Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cúbico de aire, a condiciones de 25 °C y 760 mm Hg.

4.1.3.3 Cada plan contemplará la adopción de medidas que, de acuerdo a los niveles de calidad de aire que se determinen, autoricen a limitar o prohibir las operaciones y actividades en la zona afectada, a fin de preservar la salud de la población.

4.1.3.4 La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada al Sistema Único de Manejo Ambiental podrá proceder a la ejecución de las siguientes actividades mínimas:

En Nivel de Alerta:

Informar al público, mediante los medios de comunicación, del establecimiento del Nivel de Alerta.

Restringir la circulación de vehículos así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de alerta para uno o más contaminantes específicos. Estas últimas acciones podrán consistir en limitar las actividades de mantenimiento de fuentes fijas de combustión, tales como soplado de hollín, o solicitar a determinadas fuentes fijas no reiniciar un proceso de combustión que se encontrase fuera de operación

En Nivel de Alarma:

Informar al público del establecimiento del Nivel de Alarma.

Restringir, e inclusive prohibir, la circulación de vehículos así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de alarma.

Registro Oficial -- Edición Especial N° 387 - Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- 57

En Nivel de Emergencia:

Informar al público del establecimiento del Nivel de Emergencia.

Prohibir la circulación y el estacionamiento de vehículos así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de emergencia. Se deberá considerar extender estas prohibiciones a todo el conjunto de fuentes fijas de combustión, así como vehículos automotores, presentes en la región bajo responsabilidad de la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental.

4.1.4 De los métodos de medición de los contaminantes criterio del aire ambiente

4.1.4.1 La responsabilidad de la determinación de las concentraciones de contaminantes criterio, a nivel de suelo, en el aire ambiente recaerá en la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse en la determinación de la concentración de contaminantes, serán aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations) por Directivas de la Comunidad Europea y normas ASTM y cuya descripción general se presenta a continuación (Tabla 2).

Tabla 2. Métodos de medición de concentraciones de contaminantes criterio del aire

CONTAMINANTE	NOMBRE, REFERENCIA Y DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO
Partículas Sedimentables	<p>Nombre: Método Gravimétrico, mediante Captación de Partículas en Envases Abiertos</p> <p>Referencia: Method 502. Methods of Air Sampling and Analysis, 3rd. Edition, Intersociety Committee, Lewis Publishers, Inc. 1988.</p> <p>Descripción: Se utilizará un envase, de 15 centímetros de diámetro o mayor, y con altura dos o tres veces el diámetro. La altura del envase, sobre el nivel de suelo, será de al menos 1,2 metros.</p> <p>Las partículas colectadas serán clasificadas en solubles e insolubles. Las partículas insolubles se determinarán mediante diferencia de peso ganado por un filtro de 47 mm, y que retenga aquellas partículas contenidas en el líquido de lavado del contenido del envase. En cambio, las partículas insolubles se determinarán mediante la diferencia de peso ganado por un crisol, en el cual se evaporará el líquido de lavado del envase. La concentración total de partículas sedimentables será la suma de partículas solubles e insolubles, normalizadas con respecto al área total de captación del envase.</p>

Material Particulado (PM10)	<p>Nombre: Método Gravimétrico, mediante muestreador de alto caudal o de bajo caudal.</p> <p>Referencia: 40 CFR Part 50, Appendix J o Appendix M.</p> <p>Descripción: el equipo muestreador, de alto caudal o de bajo caudal, estará equipado con una entrada aerodinámica capaz de separar aquellas partículas de tamaño superior a 10 micrones de diámetro aerodinámico. Las partículas menores a 10 micrones serán captadas en un filtro, de alta eficiencia, y la concentración se determinará mediante el peso ganado por el filtro, dividido para el volumen total de aire muestreado en un período de 24 horas continuas cada seis días como mínimo.</p> <p>Métodos Alternos: podrán ser también utilizados los denominados métodos de medición continua, tanto del tipo Microbalanza Oscilante como el tipo Atenuación Beta. En el primer caso, el equipo muestreador, equipado con entrada aerodinámica PM10, posee un transductor de masa de las oscilaciones inducidas por el material particulado. En el segundo tipo, el equipo muestreador, con entrada PM10, contiene una fuente de radiación beta que determina la ganancia de peso en un filtro, a medida que este experimenta acumulación de partículas.</p>
Material Particulado (PM2,5)	<p>Nombre: Método Gravimétrico, mediante muestreador de bajo caudal. Referencia: 40 CFR Part 50, Appendix J o Appendix L.</p> <p>Descripción: el equipo muestreador, de bajo caudal, estará equipado con una entrada aerodinámica capaz de separar aquellas partículas de tamaño superior a 2,5 micrones de diámetro aerodinámico. Las partículas menores a 2,5 micrones serán captadas en un filtro, y la concentración se determinará mediante el peso ganado por el filtro, dividido para el volumen total de aire muestreado en un período de 24 horas.</p> <p>Métodos Alternos: podrán ser también utilizados los denominados métodos de medición continua, del tipo Microbalanza Oscilante o del tipo Atenuación Beta, según se describió para material particulado PM10.</p>

Dióxido de Azufre (SO2)	<p>Nombre: Método de la Pararosanilina: absorción en medio líquido y análisis colorimétrico posterior. Analizador Continúo por Fluorescencia.</p> <p>Referencias: Método de la Pararosanilina: 40 CFR Part 50, Appendix A.</p> <p>Fluorescencia: Diferentes fabricantes cuyos equipos se encuentren aprobados por la agencia de protección ambiental de EE.UU.</p> <p>Descripción: Método de la Pararosanilina: el dióxido de azufre es absorbido en una solución de potasio o de tetracloromercurato de sodio (TCM). La muestra es acondicionada para evitar interferencias, en particular de metales y de agentes oxidantes, como ozono y óxidos de nitrógeno. La solución es tratada con formaldehído, ácido fosfórico y pararosanilina, a fin de mantener condiciones adecuadas de pH y de color. La concentración final se determina mediante colorímetro.</p> <p>Método Fluorescencia: la concentración de dióxido de azufre es determinada mediante la medición de la señal fluorescente generada al excitar a dicho compuesto en presencia de luz ultravioleta.</p> <p>Método Alterno: Podrá ser utilizado el método pasivo referido en la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002, y deben aplicarse en conjunto en áreas sin riesgo de exceder los valores límite que fueron determinados previamente</p>
Monóxido de Carbono (CO)	<p>Nombre: Analizador infrarrojo no dispersivo (NDIR)</p> <p>Referencia: 40 CFR Part 50, Appendix C.</p> <p>Descripción: el principio de medición consiste en determinar la concentración de monóxido de carbono mediante el cambio en absorción de energía infrarroja en diferentes longitudes de onda.</p>

Ozono (O3)	<p>Nombre: Quimiluminiscencia Fotómetro ultravioleta</p> <p>Referencia: 40 CFR Part 50, Appendix D.</p> <p>Descripción: el principio de medición, para equipos con quimiluminiscencia, es la mezcla de aire con etileno, produciendo la reacción del ozono. Esta reacción libera luz (reacción quimiluminiscente), la cual es medida en un tubo fotomultiplicador. Para el caso de equipos con fotómetro ultravioleta, el principio de medición consiste en determinar la cantidad de luz absorbida a una longitud de onda de 254 nanómetros.</p> <p>Método Alterno: Podrá ser utilizado el método pasivo referido en la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002, y deben aplicarse en conjunto en áreas sin riesgo de exceder los valores límite que fueron determinados previamente.</p>
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	<p>Nombre: Quimiluminiscencia</p> <p>Referencia: 40 CFR Part 50, Appendix F.</p> <p>Descripción: el NO2 es convertido en NO, el cual reacciona con ozono introducido expresamente, produciendo luz en la reacción. El instrumento permite la presentación de resultados para concentraciones tanto de NO2 como de NO.</p> <p>Método Alterno: Podrá ser utilizado el método pasivo referido en la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002, y deben aplicarse en conjunto en áreas sin riesgo de exceder los valores límite que fueron determinados previamente.</p>

4.1.5 Normas generales para concentraciones de contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos en el aire ambiente

4.1.5.1 Para los contaminantes no convencionales definidos en el 4.1.1.2, se establecen los siguientes niveles máximos permisibles descritos en la (Tabla 3). La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental podrá elaborar su respectiva ordenanza o norma sectorial utilizando los niveles máximos permisibles para concentraciones de contaminantes no convencionales del aire ambiente aquí definidos pudiendo ser de mayor exigencia que los valores descritos.

Tabla 3 Niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos

Contaminante no convencional	Nivel Máximo Permissible (µg/m3)	Tiempo de exposición
Benceno	5	Anual
Cadmio	5 x 10 ⁻³	Anual
Mercurio inorgánico (vapores)	1	Anual

4.1.5.2 Los contaminantes no convencionales se evaluarán con promedios aritméticos para sus respectivas comparaciones con los niveles máximos permisibles, en sus respectivos periodos de muestreo a condiciones de referencia.

4.1.6 De los métodos de medición de los contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos del aire ambiente

La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental será la responsable de la determinación de las concentraciones de los contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos del aire ambiente de acuerdo con los métodos y procedimientos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations) por Directivas de la Comunidad Europea y normas ASTM, según se detalla en la (Tabla 4).

Tabla 4. Métodos de medición de contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos del aire ambiente.

Contaminante no convencional	Nombre, Referencia y Descripción del método
Cadmio	<p>Nombre: Espectrometría de Absorción Atómica Referencia: Method IO 3.2. Determination of metals in ambient particulate matter using atomic absorption AA Spectroscopy, (EPA/625/R-96/010a), Descripción: El método se basa en un muestreo activo, con un muestreador de alto volumen. El análisis se realiza por absorción atómica (AA)</p>
Mercurio	<p>Nombre: Espectrometría de Absorción Atómica con horno de grafito Referencia: Method IO 3.2. Determination of metals in ambient particulate matter using graphite furnace Atomic Absorption Spectroscopy. (EPA/625/R) Descripción: El método se basa en la captura de partículas en filtros de membranas. El análisis se realiza por espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito</p>
Benceno	<p>Nombre: adsorción TENAX® Y Cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC / MS) Referencia: EPA-Method To-1. METHOD FOR THE DETERMINATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN AMBIENT AIR USING TENAX® ADSORPTION AND GAS CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY (GC/MS) (600/4-89-017) Descripción: Se obtiene la a través de un cartucho que contiene -1-2 gramos de Tenax y ciertos compuestos orgánicos volátiles son atrapados en la resina, mientras que los compuestos orgánicos altamente volátiles y componentes de la atmósfera más inorgánicos pasan a través del cartucho. El cartucho se transfiere al laboratorio y se analiza en un cromatógrafo de gases o espectrómetro de masa</p>

4.1.7 De las molestias o peligros inducidos por otros contaminantes del aire

4.1.7.1 Para fines de esta norma, la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental podrá solicitar evaluaciones adicionales a los operadores o propietarios de fuentes que emitan, o sean susceptibles de emitir, olores ofensivos o contaminantes peligrosos del aire. De requerirse, se establecerán los métodos, procedimientos o técnicas para la reducción o eliminación en la fuente, de emisiones de olores o de contaminantes peligrosos del aire.

Anexo 2. – Informe entregado por el laboratorio DEPROIN S.A.

INFORME MAS.48-033-2018

MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE OZONO O3

MEDICIONES DE OZONO O3

1. Parada de Metrovia Maternidad Enrique Sotomayor, calle Alcedo y Pedro Moncayo, 2. Parada de Metrovia Caja de IESS, calle Olmedo y Lavayen, 3. Malecón 2000, calle Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre, 4. Av. 9 de Octubre y Rumichaca
GUAYAQUIL - GUAYAS

PUNTOS MONITOREADOS: 4

FECHA DE MONITOREO: 20 AL 30/07/2018



REALIZADO POR:
ING. EDISON MACIAS BAZURTO

REVISADO POR:
ING. EUDER JUMBO HIDALGO
REG. No 16 DMA
ING. NELSON JUMBO HIDALGO
REG. PROF. No 1006-12-1175791

JULIO 2018

DP.F.PEE.MAS.48.01 REV: 00

Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A.

Ing. Euder Jumbo Técnico Responsable	Samanes 7, Mz 2224, Villa 1, Teléf.: 04-5120366-092522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	Número de página 1 de 13
---	--	-----------------------------

	SR. SAMUEL PÉREZ CASTRO	INFORME MAS.48-033-2018 CALIDAD DE AIRE	
---	------------------------------------	--	--

INDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	BJETIVOS	4
3.	UBICACIÓN DE LOS PUNTOS MONITOREADOS	4
4.	DEFINICIÓN DE TERMINOS	5
5.	METODOLOGÍA	5
6.	MARCO LEGAL APLICABLE.....	7
7.	EQUIPOS UTILIZADOS.....	8
8.	PROCEDIMIENTOS Y NORMAS UTILIZADOS	8
9.	RESULTADOS DE LAS MEDICIONES	9
10.	CONCLUSIONES	9
11.	ANEXO 1: FOTOS	10
12.	ANEXO 3: RESULTADOS DE O ₃	12
13.	ANEXO 4: CERTIFICADOS DE ACREDITACIÓN.....	13

DP.F.PEE.MAS.48.01 REV: 00 Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A.

Ing. Euder Jumbo Técnico Responsable	Samanes 7, Mz 2224, Villa 1, Teléf.: 04-5120366-0992522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	Número de página 2 de 13
---	---	-----------------------------

	SR. SAMUEL PÉREZ CASTRO	INFORME MAS.48-033-2018 CALIDAD DE AIRE	
---	--------------------------------	--	--

Guayaquil, 20 de Agosto del 2018

SEÑOR

SAMUEL PÉREZ CASTRO

Ciudad.-

De nuestras consideraciones:

El presente informe técnico tiene por objeto hacer conocer los **Resultados de la medición de Calidad de Aire Ozono O₃, en el centro de la ciudad de Guayaquil Daule, de la Ciudad de Guayaquil, Provincia del Guayas**

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica constituye uno de los principales problemas ambientales en los centros urbanos. La calidad de aire se ve afectada por las emisiones de contaminantes atmosféricos, que provienen principalmente de parque automotor, de la industria y de uso doméstico (cocina, calefacción). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que alrededor de 1000 millones de personas se expone diariamente a niveles de contaminación por encima de los niveles de contaminación por encima de los límites de contaminación por esta organización.

Este documento presenta la evaluación del impacto asociado a las actividades de operación de la empresa, de acuerdo a los procedimientos y límites permisibles de Calidad de Aire (O₃) establecidos por la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire Ambiente del Acuerdo Ministerial 097-A, del 30 de Julio del 2015, Anexo 4. En función de los resultados obtenidos se evaluó el cumplimiento normativo de las emisiones de Calidad de Aire generado por la circulación de vehículos en las diferentes avenidas de la ciudad. La medición se la realizó bajo la supervisión del Ing. Samuel Perez.

Para la instalación de los tubos pasivos de Ozono O₃ se seleccionó previamente la ubicación de los puntos, la medición se la realizo durante 10 días continuos.

DP.F.PEE.MAS.48.01 REV: 00

Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A.

Ing. Euder Jumbo Técnico Responsable	Samanes 7, Mz 2224, Villa 1, Teléf.: 04-5120366-0992522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	Número de página 3 de 13
---	---	-----------------------------

	SR. SAMUEL PÉREZ CASTRO	INFORME MAS.48-033-2018 CALIDAD DE AIRE	
---	--------------------------------	--	--

2. OBJETIVOS

- Monitoreo ambiental de los contaminantes O₃.
- La determinación de la calidad del aire se realizará en forma cualitativa y cuantitativa.
- Para la toma de muestras y análisis de riesgos químicos se aplicarán los protocolos conocidos del Acuerdo Ministerial 097-A, del 30 de Julio del 2015, Anexo 4, (O₃).

3. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS MONITOREADOS

Las áreas de muestreo son las más representativas de la empresa, las cuales han sido previamente analizadas y seleccionadas.

Tabla No 1: Ubicación de los puntos

Item	Ubicación de los puntos	Latitud	Longitud
M1	Parada De Metrovía, Maternidad Enrique Sotomayor, Calle Alcedo y Pedro Moncayo	623397.00 m E	9757225.00 m S
M2	Parada de Metrovía, Caja del IESS, Calle Olmedo y Lavayen	623951.00 m E	9757062.00 m S
M3	Malecon Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre	624573.00 m E	9757617.00 m S
M4	Av. 9 de Octubre y Rumichaca	623874.00 m E	9757855.00 m S

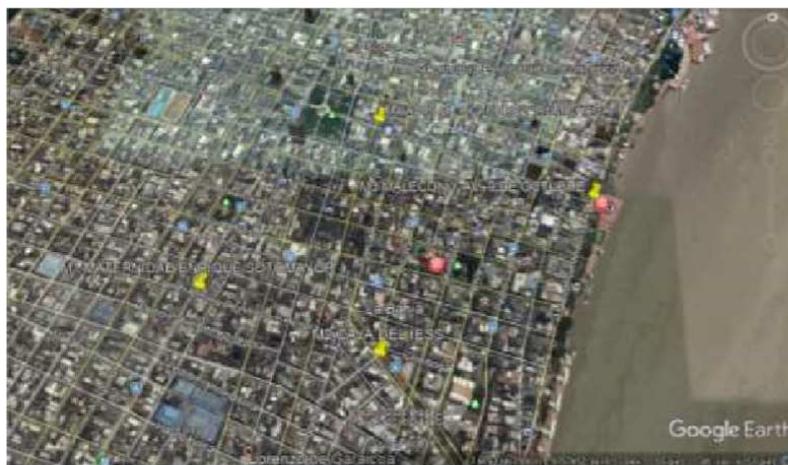


Fig. 1: Ubicación de los puntos medidos

DP.F.PEE.MAS.48.01 REV: 00		Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A.	
Ing. Euder Jumbo Técnico Responsable	Samanes 7, Mz 2224, Villa 1, Teléf.: 04-5120366-0992522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	Número de página 4 de 13	

	SR. SAMUEL PÉREZ CASTRO	INFORME MAS.48-033-2018 CALIDAD DE AIRE	
---	------------------------------------	--	--

4. DEFINICIÓN DE TERMINOS

Aire: También denominado "aire ambiente", cualquier porción no confinada de la atmósfera y se define como mezcla gaseosa cuya composición normal es, de por lo menos, veinte por ciento (20%) de oxígeno, setenta y nueve por ciento (79%) Nitrógeno y uno por ciento (1%) de Dióxido de Carbono, además de proporciones variables de gases inertes y vapor de agua en relación volumétrica.

Oxidantes Fotoquímicos, Expresados como Ozono (O₃):- La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de 8 horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 ug/m³).

Contaminantes criterio del aire: Cualquier contaminante del aire para los cuales, es esta norma, se especifica un valor máximo de concentración permitida a nivel de suelo en el aire ambiente, por lo tanto afecta a los receptores ya sean personas, animales, vegetación o materiales para diferentes periodos de tiempo.

Contaminación del aire: La presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentraciones suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente.

Fuente Fija de combustión: Es aquella instalación o conjunto de instalaciones, que tiene como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales o de servicios, y que emite o puede emitir contaminantes al aire, debido a proceso de combustión, desde un lugar fijo o inamovible.

5. METODOLOGÍA

Para las mediciones y evaluaciones de los resultados se tomó como referencia la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire Ambiente del Acuerdo Ministerial 097-A, del 30 de Julio del 2015, Anexo 4.

Ozono (O₃):- El análisis se lo realizo según el procedimiento específico DP.PEE.MAS.5.04.48. El método utilizado es el Alterno con tubos pasivos referido a la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002.

DP.F.PEE.MAS.48.01 REV: 00

Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A.

<i>Ing. Euder Jumbo Técnico Responsable</i>	<i>Samanes 7, Mz 2224, Villa 1, Teléf.: 04-5120366-0992522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec</i>	<i>Número de página 5 de 13</i>
---	---	-------------------------------------

	SR. SAMUEL PÉREZ CASTRO	INFORME MAS.48-033-2018 CALIDAD DE AIRE	
---	------------------------------------	--	--

Los tubos pasivos se caracterizan porque no necesitan energía externa para el muestreo. La ventaja de estas mediciones es que permite identificar los gases a bajas concentraciones (ppb). Para el muestreo se realizó con el propósito de evaluar la calidad del aire en el interior de la ciudad. Los tubos pasivos son fabricados para realizar este tipo de muestreos y son facilitados por el Laboratorio Gradko con sede en Inglaterra con certificación ISO17025 que tiene la respectiva acreditación para los análisis con tubos pasivos de O₃.

Para el muestreo se realizan los siguientes pasos:

- 1) Los tubos que son enviados por el Laboratorio Gradko son revisados y preparados para ser instalados en el soporte de protección.
- 2) En el lugar de instalación se procede a quitar la protección del tubo y se instalan a una altura de 2 m del suelo. Los tubos son colocados al aire libre donde puedan estar expuestos al aire que se desea evaluar.
- 3) Se registra el punto de muestreo, la fecha y hora de inicio de la exposición.
- 4) Los tubos deben permanecer por un tiempo de 10 días según lo recomendado por el fabricante de los tubos.
- 5) Una vez que han transcurrido los 10 días se procede a retirar los tubos, identificándolos para proceder a enviar a Gradko para el análisis.
- 6) Los reportes del Laboratorio viene en ppb, para lo cual se transforman en unidades establecidos por las normas vigentes locales en ug/m³ a 1atm y 25°C.

En las tablas adjuntas se indican las metodologías utilizadas, los rangos de medición, resolución y el tipo de instrumento.

Tabla No 2: Metodología por el método de Tubos Pasivos

Parámetro	Rango de Medición	Resolución	Metodología
Ozono (O ₃)	>1.42ppb	0.01ppb	Cromatografía iónica

DP.F.PEE.MAS.48.01 REV: 00

Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A.

Ing. Euder Jumbo Técnico Responsable	Samanes 7, Mz 2224, Villa 1, Teléf.: 04-5120366-0992522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	Número de página 6 de 13
---	---	-----------------------------

	SR. SAMUEL PÉREZ CASTRO	INFORME MAS.48-033-2018 CALIDAD DE AIRE	
---	----------------------------	--	--

6. MARCO LEGAL APLICABLE

Dado que los espacios son abiertos se aplica La Norma de Calidad del Aire del Acuerdo Ministerial 097-A, del 30 de Julio del 2015, Anexo 4.

OXIDANTES FOTOQUÍMICOS, EXPRESADOS COMO OZONO (O₃):- La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de 8 horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 ug/m³).

Tabla No 3: Límites permisibles para Calidad de Aire

Parámetros	Unidad	Límites Máximos Permisible ug/m ³				
		10 minutos	1 año	1 hora	8 horas	24 horas
Ozono (O ₃)	ug/m ³	(b)	(b)	(b)	100	(b)

* Norma de Calidad del Aire Anexo 4, Acuerdo Ministerial No 097-A de 30 de julio del 2015 medidos en ug/m³ microgramos de contaminante por m³ de aire a 760mm Hg y 25°C.

(b) No existen límites permisibles para este tiempo de medición

Los valores de concentración de contaminantes comunes de aire establecidos en esta norma, así como los que sean determinados en los programas públicos de medición, están sujetos a las condiciones de referencia de 25 °C y 760 mmHg.

Las mediciones observadas de concentraciones de contaminantes comunes del aire deberán corregirse de acuerdo a las condiciones de la localidad en que se efectúen dichas mediciones, para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

Para convertir la medición de ppb a ug/m³ (microgramos x metros cúbicos de aire):

$$CO (\mu g/m^3) = \frac{C_i(ppb) * \text{Peso molecular contaminante}}{R * T = 24.5}$$

C_i: Concentración del contaminante medida en ppb

RxT= 24.5, para 1atm, temperatura de 298°K y R de 0.08208 atmxm³/kg molx°K

Para convertir la medición de mg/m³ a ug/m³:

$$CO (\mu g/m^3) = C_i(mg/m^3) * 1000$$

C_i: Concentración del contaminante medida en mg/m³

Para corregir las mediciones a las condiciones locales:

DP.F.PEE.MAS.48.01 REV: 00

Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A.

Ing. Euder Jumbo Técnico Responsable	Samanes 7, Mz 2224, Villa 1, Teléf.: 04-5120366-0992522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	Número de página 7 de 13
---	---	-----------------------------

	SR. SAMUEL PÉREZ CASTRO	INFORME MAS.48-033-2018 CALIDAD DE AIRE	
---	------------------------------------	--	--

$$C_c = \frac{C_o * 760 \text{ mmHg} * (273 + t^{\circ}\text{C})^{\circ}\text{K}}{R * T = 24.5}$$

Dónde:

Cc: concentración corregida

Co: concentración observada en ug/m³ microgramos por metro cúbico de aire

Pbl: presión atmosférica local, en milímetros de mercurio

t°C: temperatura local, en grados centígrados

7. EQUIPOS UTILIZADOS

7.1 Medición de O₃ con tubos pasivos. Este muestreo consiste en utilizar tubos pasivos que son expuestos al aire ambiente por un periodo de tiempo de 10 días, para posterior análisis por cromatografía de gases. En el interior del tubo se encuentra el absorbente que atrapa el compuesto a analizar. Para cada parámetro a evaluar se utiliza un tubo pasivo específico.



Fig. 2: Tubos Pasivos Gradko

La norma europea UNE-EN13528-1 define al tubo pasivo como un captador difusivo, que es capaz de tomar muestras de gases o vapores de la atmósfera a una velocidad controlada por un proceso físico como a difusión gaseosa a través de una capa estática de aire o un material poroso y/o permeación a través de una membrana, pero que no involucra el movimiento activo del aire a través del dispositivo.

8. PROCEDIMIENTOS Y NORMAS UTILIZADOS

Para las mediciones y evaluaciones de los resultados se tomó como referencia la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire Ambiente del Acuerdo Ministerial 097-A, del 30 de Julio del 2015, Anexo 4.

DP.F.PEE.MAS.48.01 REV: 00

Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A.

Ing. Euder Jumbo Técnico Responsable	Samanes 7, Mz 2224, Villa 1, Teléf.: 04-5120366-0992522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	Número de página 8 de 13
---	---	-----------------------------

	SR. SAMUEL PÉREZ CASTRO	INFORME MAS.48-033-2018 CALIDAD DE AIRE	
---	-------------------------	--	--

Medición de Ozono (O₃).- El análisis se lo realizó según el procedimiento específico DP.PEE.MAS.5.04.26. El método utilizado es el Alternativo con tubos pasivos referido a la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002.

9. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

Tabla No 4: Resultados de las mediciones en ppb de O₃

Punto	Ubicación	Tiempo de Medición				Resultados		Límites permisible para 8 horas ug/m ³
		Inicial		Final		*O ₃		
		Fecha	Hora	Fecha	Hora	ppb	ug/m ³	
M1	Parada De Metrovía, Maternidad Enrique Sotomayor, Calle Alcedo y Pedro Moncayo	20-jul	10:45	30-jul	11:00	8.80	17.24	100
M2	Parada de Metrovía, Caja del IESS, Calle Olmedo y Lavayen	20-jul	11:20	30-jul	11:40	8.65	16.95	
M3	Malecon Simón Bolívar y Av. 9 de Octubre	20-jul	12:00	30-jul	12:35	15.25	29.88	
M4	Av. 9 de Octubre y Rumichaca	20-jul	12:30	30-jul	13:05	4.61	9.03	

Nota: Transformaciones a condiciones de referencia de 25 °C y 760 mm Hg

* Parametro Subcontratado Acreditado - Laboratorio Gradko Acreditación Inglaterra UKAS No 2187

10. CONCLUSIONES

En todos los puntos monitoreados se encuentran dentro de los límites permisibles de 100 ug/m³.

Atentamente



Ing. Euder Jumbo Hidalgo
REG. PROF. No. 04-09-730
REG. No 16 DMA
GERENTE TÉCNICO



Ing. Nelson Jumbo Hidalgo
REG. PROF. No. 1006-12-1175791
Jefe de Laboratorio de MA&SO

DP.F.PEE.MAS.48.01 REV: 00

Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A.

Ing. Euder Jumbo Técnico Responsable	Samanes 7, Mz 2224, Villa 1, Teléf.: 04-5120366-0992522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec	Número de página 9 de 13
---	---	-----------------------------

	SR. SAMUEL PÉREZ CASTRO	INFORME MAS.48-033-2018 CALIDAD DE AIRE	
---	------------------------------------	--	--

11. ANEXO 1: FOTOS

FOTOS DE LAS MEDICIONES

DP.F.PEE.MAS.48.01 REV: 00

Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A.

<i>Ing. Euder Jumbo Técnico Responsable</i>	<i>Samanes 7, Mz 2224, Villa 1, Teléf.: 04-5120366-0992522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec</i>	<i>Número de página 10 de 13</i>
---	---	--------------------------------------

	SR. SAMUEL PÉREZ CASTRO	INFORME MAS.48-033-2018 CALIDAD DE AIRE	
---	--------------------------------	--	--



Fig. 4. - M1 "Parada de Metro vía, maternidad Enrique Sotomayor, calle Alcedo y Pedro Moncayo"



Fig. 5. - M2 "Parada de Metro vía, caja del IESS, Calle Olmedo y Lavayen"



Fig. 6. - M3 "Malecón 2000, Simón Bolívar y 9 de Octubre"



Fig. 7. - M4 "Av. 9 de Octubre y Rumichaca"

	SR. SAMUEL PÉREZ CASTRO	INFORME MAS.48-033-2018 CALIDAD DE AIRE	
---	------------------------------------	--	--

12. ANEXO 2: RESULTADOS DE O₃

RESULTADOS DE OZONO O₃

<i>DP.F.PEE.MAS.48.01 REV: 00</i>		<i>Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A.</i>	
<i>Ing. Euder Jumbo Técnico Responsable</i>	<i>Samanes 7, Mz 2224, Villa 1, Teléf.: 04-5120366-0992522235 Casilla Postal: 09-01-4820 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec</i>	<i>Número de página 12 de 13</i>	

LABORATORY ANALYSIS REPORT

DETERMINATION OF OZONE IN DIFFUSION TUBES BY ION CHROMATOGRAPHY

REPORT NUMBER M05560R
BOOKING IN REFERENCE No M05560
DESPATCH NOTE No 45433
CUSTOMER Deproin SA Attn: Geovanny Sanchez
 Casilla Postal: 09-01-4820,
 Samanes L,
 Manzana 138 Villa 1-B,
 Guayaquil
 Ecuador

DATE SAMPLES RECEIVED 06/08/2018

JOB NUMBER

Location	Sample Number	Date Exposed	Date Finished	Exposure Hours	µg on Tube Total	µg - Blank	O ₃ µg/m ³ *	O ₃ ppb*
M1 MATERNIDAD ENRIQUE SOTOMAYOR	1188087	20/07/2018	31/07/2018	264.00	0.10	0.08	17.61	8.80
M2 CAJA DEL IESS	1188088	20/07/2018	31/07/2018	264.00	0.10	0.08	17.30	8.65
M3 MALECON Y AV.9 DE OCTUBRE	1188089	20/07/2018	31/07/2018	264.00	0.16	0.14	30.51	15.25
M4 AV. 9 DE OCTUBRE Y RUMICHACA	1188090	20/07/2018	31/07/2018	264.00	0.06	0.04	9.22	4.61

Laboratory Blank

0.02

Comment: Results are blank subtracted

Overall M.U. ±12.0%

Analysed on Dionex ICS1100 ICU11

Reporting Limit 0.054µg O₃

Analyst Name Sam Minns

Report Checked By C. Fraser

Date of Analysis 15/08/2018

Date of Report 20/08/2018

Analysis has been carried out in accordance with in-house method GLM 2

Samples have been tested within the scope of Gradko International Ltd. Laboratory Quality Procedures. Data provided by the client and any subsequent calculations shall be indicated by an asterisk (*), these calculations and results are not within the scope of our UKAS accreditation. The results within this report relate only to the items tested. Any queries concerning data in this report should be directed to the Laboratory Manager Gradko International Ltd. This report is not to be reproduced, except in full, without the written permission of Gradko International Ltd.

Form LQF32b Issue 8 – June 2018

Report Number M05560R

Page 1 of 1

REPORT OFFICIALLY CHECKED

Gradko International Ltd
 This signature confirms the authenticity of these results
 Signed..... 
 L. Gates, Laboratory Manager

Anexo 2. – Certificado de Acreditación de Reino Unido (U.K.A.S.)

United Kingdom Accreditation Service

ACCREDITATION CERTIFICATE



**TESTING LABORATORY
No. 2187**

**Gradko Environmental
(a division of Gradko International Ltd)**

is accredited in accordance with the recognised International Standard ISO/IEC 17025:2005
General Requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

This accreditation demonstrates technical competence for a defined scope as detailed in and at the locations specified in the schedule to this certificate, and the operation of a laboratory quality management system (refer joint ISO-ILAC-IAF Communiqué dated 18 June 2005).

The schedule to this certificate is an essential accreditation document and from time to time may be revised and reissued by the United Kingdom Accreditation Service. The most recent issue of the schedule of accreditation, which bears the same accreditation number as this certificate, is available from the UKAS website www.ukas.org.

This accreditation is subject to continuing conformity with United Kingdom Accreditation Service requirements. The absence of a schedule on the UKAS website indicates that the accreditation is no longer in force.

Accreditation Manager, United Kingdom Accreditation Service

**Initial Accreditation date
31 January 2001**

**This certificate issued on
26 September 2006**

The Department of Trade and Industry (DTI) has entered into a memorandum of understanding with the United Kingdom Accreditation Service (UKAS) through which UKAS is recognised as the national body responsible for assessing and accrediting the competence of organisations in the fields of calibration, testing, inspection and certification of systems, products and persons

Schedule of Accreditation
issued by
United Kingdom Accreditation Service
21 - 47 High Street, Feltham, Middlesex, TW13 4UN, UK

 2187 Accredited to ISO/IEC 17025:2005	Gradko Environmental (a division of Gradko International Ltd) Issue No: 007 Issue date: 26 September 2006	
	St Martins House 77 Wales Street Winchester Hampshire SO23 0RH	Contact: Mr G M Stutchbury Tel: +44 (0)1962 860331 Fax: +44 (0)1962 841339 E-Mail: diffusion@gradko.co.uk Website: www.gradko.co.uk
Testing performed at the above address only		

DETAIL OF ACCREDITATION

Materials/Products tested	Type of test/Properties measured/Range of measurement	Standard specifications/ Equipment/Techniques used
ATMOSPHERIC POLLUTANTS Collected on passive diffusion tubes	<u>Chemical Tests and Related Opinions and Interpretations</u>	Documented In-House Methods
	Ammonia	GLM 8 using Ion Chromatography from passive diffusion tubes
	Benzene Toluene Ethyl benzene Xylene	GLM 4 using Thermal Desorption Gas Chromatography from passive diffusion tubes
	Hydrogen chloride Nitrogen dioxide Sulphur dioxide Hydrogen fluoride	GLM 3 using Ion Chromatography from passive diffusion tubes
	Hydrogen sulphide	GLM 5 using Colorimetric determination from passive diffusion tubes
	Ozone	GLM 2 using Ion Chromatography from passive diffusion tubes
	Nitrogen Dioxide	GLM 6 using Colorimetric determination from passive diffusion tubes
	Sulphur dioxide	GLM 1 using Ion Chromatography from passive diffusion tubes

 2187 Accredited to ISO/IEC 17025:2005	Schedule of Accreditation issued by United Kingdom Accreditation Service 21 - 47 High Street, Feltham, Middlesex, TW13 4UN, UK	
	Gradko Environmental (a division of Gradko International Ltd)	
Issue No: 007 Issue date: 26 September 2006		
Testing performed at main address only		
Materials/Products tested	Type of test/Properties measured/Range of measurement	Standard specifications/ Equipment/Techniques used
ATMOSPHERIC POLLUTANTS Collected on passive diffusion tubes (cont'd)	<u>Chemical Tests and Related Opinions and Interpretations</u> (cont'd) Volatile Organic Compounds (C2-C28) (Quantitative and Semi-quantitative)	GLM 13 using Thermal Desorption GC-Mass Spectrometry
	END	

Anexo 3. – Registro Fotográfico.



Foto 1. – Estación de Muestreo 1

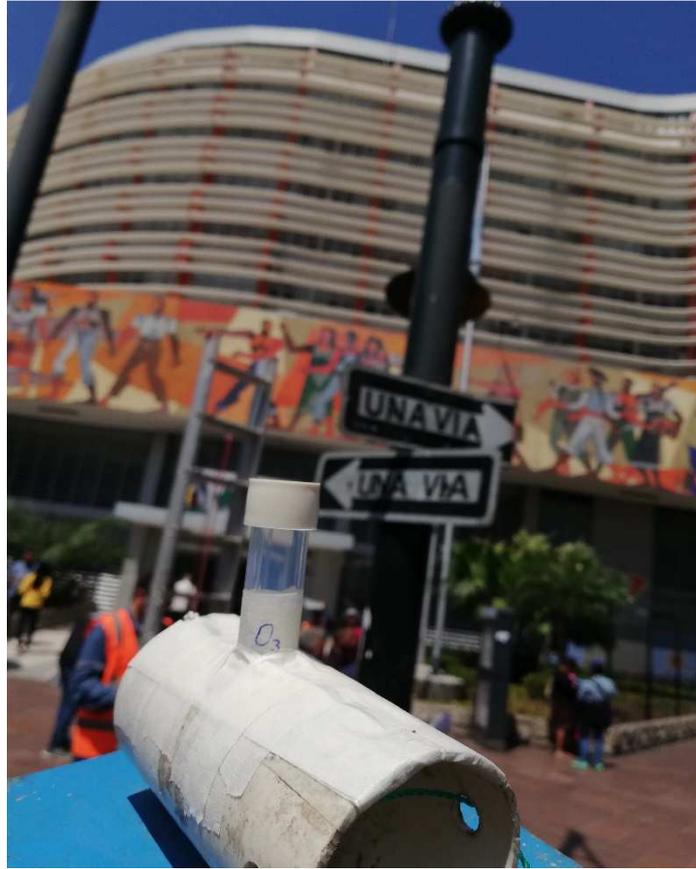


Foto 2. – Estación de Muestreo 2



Foto 3. – Estación de Muestreo 3



Foto 4. – Estación de Muestreo 4



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Perez Castro, Samuel Gonzalo** con C.C: # **0923657191** autor del trabajo de titulación: **Evaluación de niveles de ozono en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante.** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **12 de Septiembre del 2018**

f. _____

Nombre: **Perez Castro, Samuel Gonzalo**

C.C: **0923657191**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Evaluación de niveles de ozono en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante.		
AUTOR(ES)	Perez Castro, Samuel Gonzalo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Váscquez Gavilanes, José Ernesto. M.Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	12 de Septiembre del 2018	No. DE PÁGINAS:	114 páginas
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Química		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Ingeniería Ambiental, Ozono, Ozono Troposférico, T.U.L.S.M.A., Precursores, SAE.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>Este trabajo de titulación toma valores de niveles de ozono en la contaminación atmosférica debido a los niveles de ozono superficial (troposférico) ubicado en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil al mes de julio de 2018, siendo los niveles de ozono superficial producto del uso de precursores de ozono en la región. Introduce el concepto de contaminación in situ a la combinación de factores como velocidad del viento, cantidad de rayos ultravioletas, niveles de precursores de ozono, presencia de clorofluorocarbonados y temperatura, los cuales afectan de manera directa a la cantidad de ozono troposférico presente en la ciudad y por ende esta pueda llegar a afectar seres vivos o materiales inertes dependiendo siempre de sus niveles, con el propósito de generar recomendaciones a los componentes institucionales responsables de decidir las políticas y estrategias de acción para control y mitigación de los efectos.</p> <p>El método realizado que está expresado en este trabajo está circunscrita a la excelente gestión de recolección de datos y análisis de laboratorio, las cuales materializan resultados con la ayuda de modelos matemáticos y equipos tecnológicos necesarios para el desarrollo de esta investigación científica.</p> <p>Los resultados obtenidos podrán servir de información para que la autoridad ambiental competente a nivel local tome decisiones para seguir monitoreando los niveles de este importante parámetro de calidad del aire en la ciudad de Guayaquil.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593994360360	E-mail: samper1993.sp@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-4 -2206956		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			