



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ANÁLISIS TÉCNICO DE LA REDUCCIÓN DE CO₂
MEDIANTE VALLAS PUBLICITARIAS IMPREGNADAS
CON DIÓXIDO DE TITANIO EN EL TERMINAL
TERRESTRE - GUAYAQUIL
TIPO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR
COLOMA GAIBOR FERNANDA ELIZABETH

TUTOR
OCEO. ZAMBRANO ZAVALA LEILA ELIZABETH M.Sc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022

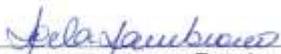


UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **ZAMBRANO ZAVALA LEILA ELIZABETH**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **ANÁLISIS TÉCNICO DE LA REDUCCIÓN DE CO₂ MEDIANTE VALLAS PUBLICITARIAS IMPREGNADAS CON DIÓXIDO DE TITANIO EN EL TERMINAL TERRESTRE - GUAYAQUIL**, realizado por la estudiante **COLOMA GAIBOR FERNANDA ELIZABETH**; con cédula de identidad N°. 0202285722 de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,


Oceo, Leila Zambrano Zavala

Guayaquil, 13 de abril del 2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "ANÁLISIS TÉCNICO DE LA REDUCCIÓN DE CO₂ MEDIANTE VALLAS PUBLICITARIAS IMPREGNADAS CON DIÓXIDO DE TITANIO EN EL TERMINAL TERRESTRE - GUAYAQUIL", realizado por la estudiante **COLOMA GAIBOR FERNANDA ELIZABETH**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Diego Muñoz Naranjo M.Sc.
PRESIDENTE

Ing. Luis Morocho Rosero, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Jussen Facuy Delgado, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Oceo. Keila Zambrano Zavala, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 13 de abril del 2022

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación quiero dedicar en primer lugar a mis padres, mi madre Dolores Gaibor, mi padre Leonardo Coloma y mis hermanos. Por su apoyo incondicional por creer en mí, por brindarme su respaldo, por enseñarme con ejemplo, por perdonar mis errores y ser pieza clave en mi vida.

A la Oceo. Leila Zambrano por su confianza y acertada dirección para la ejecución del presente trabajo.

A mis amigos: Luis Cevallos, Jefferson Solorzano y Katherine Pruna por su valiosa amistad y a mis compañeros de clase por los momentos de alegría en la universidad.

Agradecimiento

Agradezco a Dios, a la Virgencita por este gran logro académico, en manos de ellos estaré siempre encaminado a perseguir todas mis metas.

A la Universidad Agraria del Ecuador, por darme las bases y los conocimientos necesarios para ser una exitosa profesional.

Agradezco a mis docentes: Oceo. Leila Zambrano, Ing. Jean Carlo Andrade, Ing. Jaime Santos, profesionales que me brindaron su apoyo para el desarrollo de la tesis de grado.

Agradezco a mi tío Rene Gaibor a su esposa Cecilia Engracia porque fueron mis segundos padres.

El agradecimiento más importante son mis padres, quienes estuvieron siempre conmigo.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, **COLOMA GAIBOR FERNANDA ELIZABETH** en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre "ANÁLISIS TÉCNICO DE LA REDUCCIÓN DE CO₂ MEDIANTE VALLAS PUBLICITARIAS IMPREGNADAS CON DIÓXIDO DE TITANIO EN EL TERMINAL TERRESTRE - GUAYAQUIL" para optar el título de **INGENIERO AMBIENTAL**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 13 de abril del 2022



COLOMA GAIBOR FERNANDA ELIZABETH
C.I. 0202285722



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL ABSTRACT

Yo, **Dra. TULCÁN RODRÍGUEZ ISABEL GUADALUPE**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de **ENGLISH TEACHER**, **CERTIFICO** que he procedido a la **REVISIÓN DEL ABSTRACT** del presente trabajo de titulación: **ANÁLISIS TÉCNICO DE LA REDUCCIÓN DE CO₂ MEDIANTE VALLAS PUBLICITARIAS IMPREGNADAS CON DIÓXIDO DE TITANIO EN EL TERMINAL TERRESTRE - GUAYAQUIL**, realizado por la estudiante **COLOMA GAIBOR FERNANDA ELIZABETH**; con cédula de identidad N° 02022285722 de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica Guayaquil, el mismo que cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Dra. Isabel Guadalupe Tulcán Rodríguez
itulcan@uagraria.edu.ec

Guayaquil, 13 de abril del 2022

Índice General

PORTADA.....	1
APROBACION DEL TUTOR.....	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Autorización de Auditoría Intelectual.....	6
Índice general.....	7
Índice de tablas.....	10
Índice de figuras.....	11
Resumen.....	12
Abstract.....	13
Resumen	16
Abstract.....	17
1. Introducción.....	18
1.1 Antecedentes del problema.....	18
1.2 Planteamiento y formulación del problema	21
1.2.1 Planteamiento del problema.....	21
1.2.2 Formulación del problema.....	23
1.3 Justificación de la investigación.....	23
1.4 Delimitación de la investigación	24
1.5 Objetivo general	25
1.6 Objetivos específicos.....	25
1.7 Hipótesis	25

2. Marco teórico	26
2.1 Estado del arte.....	26
2.2 Bases teóricas	29
2.2.1 Nivel de emisión de contaminación de dióxido de carbono	29
2.2.1.1. Contaminación Vehicular.....	29
2.2.1.2 El dióxido de carbono	29
2.2.1.3 Registros de CO₂ atmosférico.....	30
2.2.1.4 La Calidad del aire.....	30
2.2.1.5 Contaminación atmosférica.....	31
2.2.1.6 El cambio climático	31
2.2.1.7 El efecto invernadero	32
2.2.1.8 Congestión vehicular	33
2.2.1.9 Concentraciones de CO₂.....	33
2.2.2 Fundamentos teóricos sobre el dióxido de titanio (TiO₂)	34
2.2.2.1 Dióxido de Titanio	34
2.2.2.2 Catalizadores heterogéneos.....	34
2.2.2.3 Fotocatálisis heterogénea	35
2.2.2.4 Vallas publicitarias	37
2.2.3 Estrategias de mitigación	38
2.3 Marco legal.....	39
2.3.1 Constitución De La República Del Ecuador	39
2.3.2 Código Orgánico Del Ambiente Registro Oficial N° 983	41

2.3.3 Ley Orgánica De Transporte Terrestre Tránsito Y Seguridad Vial.	43
2.3.4 Acuerdo Ministerial 0-97A que Reforma al Texto Unificado De Legislación Secundaria De Medio Ambiente Norma de Calidad del aire Ambiente o Nivel de Inmisión LIBRO VI Anexo 4	44
3. Materiales y métodos	46
3.1 Enfoque de la investigación	46
3.1.1 Tipo de investigación	46
3.1.2 Diseño de investigación	46
3.2 Metodología	46
3.2.1 Variables	46
3.2.1.1 <i>Variable independiente</i>	46
3.2.1.2 <i>Variable dependiente</i>	46
3.2.2 Tratamientos	46
3.2.3 Diseño experimental	47
3.2.4 Recolección de datos.....	47
3.2.4.1 <i>Recursos</i>	47
3.2.4.2 <i>Métodos y técnicas</i>	47
3.2.5 Análisis estadístico	49
4. Resultados	50
4.1 Medir las concentraciones de CO ₂ utilizando el equipo de medidor de gases en zonas con mayor congestión de tránsito vehicular en el terminal terrestre de Guayaquil.	50

4.2 Impregnar vallas publicitarias con dióxido de titanio (TiO₂), para la reducción de la concentración de CO₂ y comparación de los resultados.	55
4.3 Proponer medidas de mitigación para la disminución de las emisiones de CO₂ en el terminal terrestre de Guayaquil.	62
5. Discusión	69
6. Conclusiones	71
7. Recomendaciones	72
8. Bibliografía:.....	73
9. Anexos:	83

Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos.....	47
Tabla 2. Mediciones de CO ₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales sin colocar la valla publicitaria impregnada con TiO ₂	50
Tabla 3. Mediciones de CO ₂ en el estacionamiento de vehículos particulares sin colocar la valla publicitaria impregnada con TiO ₂	51
Tabla 4. Mediciones en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales colocando la valla publicitaria impregnada con TiO ₂	52
Tabla 5. Mediciones de CO ₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales colocando la valla publicitaria impregnada con TiO ₂	52
Tabla 6. Reducción de CO ₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales.....	56
Tabla 7. Reducción de CO ₂ en el estacionamiento de vehículos particulares...	58
Tabla 8. Diferencia de los dos tratamientos en los distintos intervalos.....	61
Tabla 9. Promedio general de los dos puntos de las mediciones de las concentraciones de CO ₂	62
Tabla 10. Diferencia de la prueba estadística T-Student.....	64

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación	83
Figura 2. Registro de CO ₂ atmosférico.....	83
Figura 3. Fotocatálisis heterogénea	84
Figura 4. Reacción catalítica de CO ₂	84
Figura 5. Mezcla de agua, TiO ₂ y goma.....	85
Figura 6. Valla publicitaria	85
Figura 7. Mediciones de CO ₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales sin colocar la valla publicitaria.....	86
Figura 8. Promedio de las mediciones de CO ₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales sin colocar la valla publicitaria.....	86
Figura 9. Mediciones de CO ₂ en el estacionamiento de los vehículos particulares sin colocar la valla publicitaria.....	87
Figura 10. Promedio de las mediciones de CO ₂ en el estacionamiento de los vehículos particulares sin colocar la valla publicitaria.....	87
Figura 11. Mediciones de CO ₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales colocando la valla publicitaria.....	88
Figura 12. Promedio de las mediciones de CO ₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales colocando la valla publicitaria.....	88
Figura 13. Mediciones de CO ₂ en el estacionamiento de los vehículos particulares colocando la valla publicitaria.....	89
Figura 14. Promedio de las mediciones de CO ₂ en el estacionamiento de los vehículos particulares colocando la valla publicitaria.....	89

Figura 15. Comparación de las mediciones de CO ₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales.....	53
Figura 16. Comparación promedio de las mediciones de CO ₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales.....	54
Figura 17. Comparación de las mediciones de CO ₂ en el estacionamiento de vehículos particulares.....	54
Figura 18. Comparación promedio de las mediciones de CO ₂ en el estacionamiento de vehículos particulares.....	55
Figura 19. Reducción de CO ₂ en la entrada y salida de buses provinciales interprovinciales.....	90
Figura 20. Reducción promedio de CO ₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales.....	57
Figura 21. Reducción de CO ₂ en el estacionamiento de vehículos particulares.....	90
Figura 22. Reducción promedio de CO ₂ en el estacionamiento de vehículos particulares.....	59
Figura 23. Reducción total de CO ₂ , de la entrada y salida de buses (línea verde) y del estacionamiento vehicular particular (línea rojo)	60
Figura 24. Aumento y reducción de las concentraciones de CO ₂ en los diferentes intervalos.....	62
Figura 25. Aumento sin vallas de color rojo y de la reducción con vallas de color verde de las concentraciones de CO ₂	63
Figura 26. Dióxido de titanio (TiO ₂).....	91
Figura 27. Equipo de medidor de gases.....	91
Figura 28. Congestionamiento vehicular en el estacionamiento vehicular	92
Figura 29. Mediciones de CO ₂ en la salida de buses.....	92

Figura 30. Mediciones de CO ₂ con la valla publicitaria en la salida de buses.....	93
Figura 31. Mediciones de CO ₂ en el estacionamiento de vehículos particulares.....	93
Figura 32. Mediciones de CO ₂ con la valla publicitaria en el estacionamiento de vehículos.....	94

Resumen

En el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar la reducción de CO₂ mediante vallas publicitarias impregnadas con dióxido de titanio (TiO₂) y la propuesta de mitigación en el terminal terrestre de Guayaquil. Para ello, se evaluó con el equipo de medidor de gases las concentraciones de CO₂ al ambiente, donde hubo mayor congestión vehicular, luego se colocó la valla ecológica de un 1m², expuesta a la radiación solar para que pueda activarse. Gracias a este método que es accesible económicamente y sencillo para realizar la fotocatalisis, de la cual está basada en la actividad fotocatalítica de uno de sus componentes fotocatalizador, debido a su precio y disponibilidad, suele ser el TiO₂, que está presente en las superficies de los componentes de construcción. Como resultado se obtuvo que, se redujo 64 ppm equivalente a 12% de las concentraciones de CO₂. En conclusión, esto es técnicamente factible porque al reducir las emisiones de CO₂ en un porcentaje favorable, se pudo proponer medidas de mitigación en el terminal terrestre de colocar vallas ecológicas, mucho más grande para que pueda descomponer mejor los contaminantes del aire, que a su vez sería como sembrar árboles, y de esta manera se aporte al equilibrio del ambiente y se contribuye a la reducción del efecto invernadero, y al cambio climático.

Palabras claves: Concentraciones de CO₂, dióxido de titanio, fotocatalisis, mitigación, vallas ecológicas.

Abstract

The present research work had as objective to analyze the reduction of CO₂ through billboards impregnated with titanium dioxide (TiO₂) and the mitigation proposal in the terrestrial terminal of Guayaquil. For this, the concentrations of CO₂ in the environment were evaluated with the gas meter equipment, where there was greater vehicular congestion, then the 1m² ecological fence was placed, exposed to solar radiation so that it can be activated. Thanks to this method, which is economically accessible and simple to carry out photocatalysis, which is based on the photocatalytic activity of one of its photocatalyst components, due to its price and availability, it is usually TiO₂, which is present on the surfaces of the construction components. As a result, it was obtained that 64 ppm was reduced, equivalent to 12% of the CO₂ concentrations. In conclusion, this is technically feasible because by reducing reducing CO₂ emissions by a favourable percentage, it was possible to propose mitigation measures at the terrestrial terminal of placing ecological fences, much larger so that it can better decompose air pollutants, which in turn would sometimes it would be like planting trees, and in this way it contributes to the balance of the environment and contributes to the reduction of the greenhouse effect, and to climate change.

Keywords: CO₂ concentrations, titanium dioxide, photocatalysis, mitigation, ecological fences.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

En 1876, Nikolaus Otto construye el primer motor de combustión interna de cuatro tiempos, desde ese año hasta la actualidad han ido en aumento (Vela, 2019). Mientras que las concentraciones de las emisiones de CO₂ en la atmósfera terrestre se ha incrementado en un 31% desde 1750 debido a la actividad humana, la deforestación, la quema de combustibles fósiles y en especial en el sector de transporte ya que es el responsable de la contaminación por su antigüedad y hasta hoy en día que se extiende la presencia de este gas en el aire siendo mayor sus niveles de concentración (Quinteros y Meneses, 2010).

En 1896 Svante Arrhenius fue el primero hombre en reportar los efectos negativos de la quema de combustibles fósiles, y hace referencia explícitamente al dióxido de carbono (CO₂), este gas provocaría el cambio climático en la Tierra. Por lo que Arrhenius advirtió de los riesgos de las crecientes emisiones de CO₂, aumentasen en un 50%, el planeta experimentaría cambios climáticos desastrosos a largo plazo (Rohde, 1896).

En los últimos 800.000 años, las concentraciones de CO₂ en la atmósfera nunca habían alcanzado un valor de 300 partes por millón, pero esa cifra se superó por primera vez en 1950, y no ha parado de incrementarse desde entonces, se ha producido un crecimiento drástico de las emisiones contaminantes superando un de valor de 416 partes por millón anuales (Planelles, 2019).

Las investigaciones realizadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático indican que, la alteración en las concentraciones de gases de efecto

invernadero (GEI) afecta a la cubierta terrestre y altera la radiación solar afectando el equilibrio energético del sistema climático. Las emanaciones globales de GEI se originan principalmente por las actividades antropogénicas, las mismas que han elevado desde la era preindustrial, es decir, que las emisiones anuales de CO₂ han aumentado el 70% entre 1970 y 2020 (Saavedra, 2020).

El incremento de la concentración mundial de CO₂ se debe primordialmente a la utilización de combustibles fósiles, teniendo un valor de 56,6%; sin embargo, en una parte pequeña los cambios en el uso de la tierra son particularmente importantes. Latinoamérica emite 35% CO₂ a diferencia de los países de la Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OECD) que expulsan el 28%. América Latina posee mayor producción de CO₂ per cápita que los países desarrollados, este problema aumenta si se considera el crecimiento de la actividad económica y densidad poblacional, es decir, el PIB aumentará y por ende las emisiones (Bedoya, 2016).

En Latinoamérica las concentraciones de CO₂ atmosférico desde 1990 han registrado tendencia a incrementarse de manera paulatina, ya que la mayor parte de las emisiones de CO₂ es liberado de forma inmediata a la atmósfera, puesto que, son incontroladas no por la capacidad calorífica, sino por la cantidad de liberación. En Ecuador se ha registrado que las emisiones que emiten son de 1,9 millones de toneladas anuales de CO₂, colocándose así entre los 100 primeros generadores de los gases que causan el gas de efecto invernadero (Burgess, Ritchie, Shapland, y Pielke, 2019).

En el año 2012 la ciudad de Guayaquil operaba alrededor de 17.000 unidades de transporte público que es el medio de transporte de los guayaquileños, entre

las cuales estaban contabilizados tricimotos, taxis, expresos y buses todos estos automotores aportaban con 52.213 toneladas de CO y 16.556 toneladas de NOx así contribuyeron con el 60% de la contaminación del aire al año. En el 2016 el total de las emisiones CO₂ que generó la ciudad de Guayaquil fue de 6,8 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) al año, y el 39% de la contaminación se emana de los automóviles (El Telégrafo, 2016).

El dióxido de titanio (TiO₂), también llamado Titanio (IV) o Titania es un compuesto inorgánico de color blanco, químicamente estable y que se encuentra en la naturaleza en forma de minerales como: brookita, rutilo y anatasa; ya que el rutilo es la forma más abundante en la naturaleza al contribuir el 98% de la cantidad total de TiO₂ disponible (Espinoza, 2016).

Finalmente, el dióxido de titanio se ha utilizado ampliamente en diversos campos como pinturas, pomadas, pigmentos y protectores solares, desde el inicio de la producción industrial, pero no se introdujo hasta 1972 cuando Fujishima y Honda descubrieron la actividad fotocatalítica del TiO₂ para poder ser explotadas creando así gran expectación alrededor de ciertas áreas como la fotocatalisis, fotoeléctrica y sensores. Esos estudios prometían a su vez grandes adelantos en nuevas categorías como la biotecnología, recubrimiento, de salud, energética, ambiental, etc (Espinoza, 2016).

Además, el dióxido de titanio (TiO₂), puede soportar el tráfico y los fenómenos meteorológicos ya que presenta propiedades de adhesividad y de durabilidad para reducir las concentraciones de CO₂, estudios demuestran que puede absorber e ir disminuyendo la contaminación, igualmente pueden ir limpiando el aire de la ciudad. Estos procesos se pueden utilizar en la remediación ambiental, la generación de energía limpia (Universidad Nacional de Colombia, 2017).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El dióxido de carbono (CO_2) es el principal compuesto que influye en el incremento de los gases de efecto invernadero y contribuye al calentamiento global debido a la utilización de los combustibles fósiles, cuyas consecuencias notamos a diario, ya que cada año se bate un nuevo récord de concentración de carbono en la atmósfera.

El parque automotor incremento en 2,7 millones de vehículos en una década y la creciente contaminación ambiental, así como el acelerado consumo de combustibles fósiles, ha ocasionado un fuerte impacto negativo, debido que el dióxido de carbono (CO_2) de larga duración, ha ido atacando a la capa de ozono y provocando el calentamiento global, lo que se traduce en fenómenos extremos más frecuentes e intensos, como las lluvias torrenciales, olas de calor, las sequías, los incendios que ya se puede evidenciar estos impactos en el planeta.

Para el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, sus siglas en inglés), el calentamiento del sistema climático es inequívoco, como se manifiesta el aumento de los promedios mundiales de la temperatura de los océanos y del aire, el aumento del nivel del mar y el derretimiento frecuente del hielo y la nieve (Zhang, 2018).

El rápido aumento en la concentración de dióxido de carbono (CO_2), ha sobrepasado las 29 millones de toneladas al año, estas son emisiones generadas por la acción humana, de las cuales 23 millones corresponden a la industria y a la quema de combustibles fósiles, lo que ha provocado la concentración del CO_2 , y será más grave a medida que el calentamiento sea mayor, el CO_2 es el gas con

mayor influencia, responsable del 70% del calentamiento de la tierra (Zhang, 2018).

En la vía principal del terminal terrestre de Guayaquil presenta en la actualidad graves problemas de congestionamiento, ya que desde la mañana hasta la tarde en sentido Norte-Sur y viceversa se observan largas filas de vehículos, puesto que es la entrada y salida de diferentes automotores, estos emanan un alto índice de emisiones de CO₂, debido a que varían instantáneamente y en forma significativa, lo cual contribuye a una verdadera saturación. En especial los buses provinciales e interprovinciales que se encuentran dentro del terminal tienen frecuencias regulares y horarios de operación debido a ingresos y egresos de pasajeros.

La contaminación del aire debido tráfico rodado en el terminal terrestre está fuera de control, ya que es la principal zona de transporte que circulan las veinticuatro horas y los siete días de la semana, donde ha ocasionado, fachas sucias, calles llenas de hollín y produciendo una nube gris por los gases emitidos, esto afecta directamente a la salud de las personas y al medio ambiente.

Esta aglomeración dependiendo del día de la semana, hora en que transitan, ruta por la que se movilizan, carga del vehículo y el tráfico de dicha zona, produce que se genere emisiones de contaminantes al aire. Además del desgaste de las ruedas, los frenos y la combustión, también contribuyen a aumentar el nivel de partículas.

En la actualidad no existe cifras sobre la contaminación y consumo de combustible que produce el tráfico vehicular en el sector, por lo que se trata de un problema muy amplio del transporte motorizado, y la falta de estudios de la

calidad del aire es una amenaza aguda, acumulativa y crónica para el medio ambiente.

Si seguimos a este ritmo llegaremos a un aumento gigantesco de concentraciones atmosféricas que no habrá retorno, y esto tendrá consecuencias desastrosas para las futuras generaciones, pues debe pensarse en estrategias de mitigación que abarque todos los aspectos de transporte y permita que se produzca una paulatina reducción de la contaminación.

1.2.2 Formulación del problema

¿La concentración de CO₂ en el Terminal Terrestre de Guayaquil puede ser reducida por la presencia de vallas publicitarias impregnadas con TiO₂?

1.3 Justificación de la investigación

Debido a la combustión antropogénica de combustibles fósiles, ha ocasionado un aumento de las concentraciones de CO₂ atmosférico, que ha alcanzado y superado las 416 ppm. Es decir que hoy en día causan mayor preocupación en muchas organizaciones públicas y privadas, incluidos gobiernos y particulares; ya que los efectos del cambio climático se hacen más presentes, más evidentes y estos impactos no solo afectaran al medio ambiente, sino también a los sectores económico, social y agrícola, lo que afecta negativamente al bienestar humano.

Asimismo, son bien conocidas los efectos devastadores de los gases de efecto invernadero y por tanto del calentamiento global, a pesar del compromiso global de reducir las emisiones contaminantes, las emisiones de dióxido de carbono siguen manteniéndose por encima del objetivo marcado. Si las emisiones no disminuyen, el pronóstico de las concentraciones del CO₂ atmosférico en el año 2100 variará entre 540 y 970 ppm (Cadenas, s.f.).

Por medio de esta investigación se busca dar a conocer sobre la cantidad de CO₂ que es emitida al ambiente por el tráfico vehicular, es por ello que esta información es tan necesaria para llegar a contar con datos específicos de cuantas toneladas de CO₂ son expandidas al aire.

Con una nueva alternativa para reducir las concentraciones de CO₂ mediante la fotocatalisis a través de este método disponible, económico e innovador que permite mejorar la calidad del aire en la ciudad. Por lo tanto, se da la necesidad de aplicar el uso del dióxido de titanio (TiO₂), en superficies donde haya radiación solar o mayor iluminación, que ayude reducir los diferentes contaminantes del ambiente ya sea exterior como interior.

Por medio de este trabajo también buscamos que se contribuya de manera conjunta para reducir las concentraciones de CO₂, y los resultados obtenidos en el trabajo contribuyan a tomar medidas de mitigación ambiental con el fin de proteger y optimizar la calidad del aire respecto al cuidado del medioambiente y en beneficio de las generaciones presentes y futuras. Igualmente, se buscará que el estudio brinde información que ayude a desarrollar futuros temas relacionados con la investigación que sirva como material complementario y bibliográfico para docentes y estudiantes de diferentes instituciones.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** En el terminal terrestre de la ciudad de Guayaquil en las coordenadas UTM Este: 624616; Norte: 9763010 (Ver Figura 1).
- **Tiempo:** Tendrá una duración de 6 meses.
- **Población:** La población en el sector del terminal terrestre de la ciudad de Guayaquil con 3.645.483 habitantes (INEC, 2010).

1.5 Objetivo general

Analizar la reducción de CO₂ mediante vallas publicitarias impregnadas con dióxido de titanio (TiO₂) y propuesta de mitigación en el terminal terrestre de Guayaquil.

1.6 Objetivos específicos

- Medir las concentraciones de CO₂ utilizando el equipo de medidor de gases en zonas con mayor congestión de tránsito vehicular en el terminal terrestre de Guayaquil.
- Impregnar vallas publicitarias con dióxido de titanio (TiO₂), para la reducción de la concentración de CO₂ y comparación de los resultados.
- Proponer medidas de mitigación para la disminución de las emisiones de CO₂ en el terminal terrestre de Guayaquil.

1.7 Hipótesis

Las vallas publicitarias impregnadas con TiO₂ aportaron a la reducción de CO₂ en la terminal terrestre de Guayaquil.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

En la década de 1970 los investigadores Fujishima y Honda descubrieron la transformación de energía solar fotoelectroquímica, donde empezó el interés por la fotocatalisis ambiental. Su primer estudio fue a través de la biomimesis sobre la fotosíntesis de las plantas, lo cual pretendieron representar las reacciones redox (reducción-oxidación) para reducir el dióxido de carbono (CO_2), mediante un semiconductor difundido con luz UV. Ya que el dióxido de Titanio (TiO_2), es un excelente semiconductor ampliamente utilizado en la fotocatalisis heterogénea, y algunas aplicaciones se atribuyen a su importancia de la absorbancia en el espectro del ultravioleta, donde la fuente de iluminación principal es luz visible, observándose su capacidad auto limpiante (Ugarteburu, 2017).

De acuerdo Gemert (2011), aumentó el interés en la fotocatalisis ambiental ya que el TiO_2 se comenzase a aplicar al vidrio, azulejos, papel, pavimentos de autolimpieza, purificación del agua, purificación del aire, esterilización y remediación. Por lo cual la absorción de los contaminantes que es común en los métodos habituales de purificación de aire, la fotocatalisis heterogénea posee la capacidad de que los compuestos orgánicos e inorgánicos contaminantes sean totalmente descompuestos a productos no peligrosos. Como si esto fuera poco, se ha demostrado que al adherirse el TiO_2 en la superficie tiene la capacidad de auto regenerarse.

El estudio realizado por Mendieta (2018), refiere a la reducción de CO_2 y la degradación sonofotocatalítica de contaminantes sobre óxidos de metales de transición, cuyas aplicaciones ambientales se refiere a la reducción de CO_2

electrocatalítico, degradación de carbón y grafito, se presenta la utilización del TiO_2 dopado con nitrógeno en la degradación sonofotocatalítica de contaminantes. Se utilizó el método sol-gel, junto con la formación de películas delgadas por el método spin coating, se muestra como un método eficaz para la preparación de electrodos de nanopartículas de los semiconductores estudiados.

Como indica Guerrini, Crespo y Jurado (2016), se han llevado a cabo numerosos esfuerzos para reducir la contaminación atmosférica a través de políticas y leyes dirigidas a mejorar la gestión del medio ambiente, especialmente en el tráfico, la producción industrial y las fuentes generadoras de calor en los sectores urbanos. Esto explica el desarrollo de muchos tipos de revestimientos fotocatalíticos a base de cemento para carreteras, como adoquines, asfaltos especiales recubiertos con fotocatalizadores y carreteras de hormigón.

De acuerdo con Ramírez (2011), realizó un estudio de la aplicación de la fotocatalisis de TiO_2 a materiales cementosos con fines de autolimpieza especialmente aquellos expuestos a condiciones exteriores, están expuestos directa y continuamente a muchos contaminantes atmosféricos (materia orgánica, inorgánica y particulada) y diferentes condiciones climáticas. Como resultado, tienen un proceso de deterioro acelerado que puede producir en muchos casos cambios importantes en las propiedades de los materiales, entre ellos propiedades estéticas.

Según Fernández (2016), un estudio de la aplicabilidad del TiO_2 en su faceta descontaminante sobre superficies metálicas tratadas, por lo que indica que la contaminación del aire, su principal fuente de emisión antropogénica tanto de óxido nítrico (NO) como de dióxido de nitrógeno (NO_2), generalmente conocida como óxidos de nitrógeno (NO_x). Al aprovechar la oxidación fotocatalítica para

reducir los NOx, óxidos de azufre (SOx), compuestos volátiles e incluso monóxido de carbono (CO) fijando TiO₂ con resinas a la carrocería del vehículo.

También la aplicación en materiales de construcción, pintura y pavimento fotocatalítico ayudan en el exterior a degradar contaminantes atmosféricos como los óxidos de nitrógeno, óxido de azufre (SO₂), el gas amoníaco (NH₃), el monóxido de carbono (CO), disolventes, formaldehído (Anónimo, 2018)

Un estudio realizado por la compañía Shiseido (2015), refiere que una lona con una dimensión de 1000 metros cuadrados impregnadas de dióxido de titanio, elimina la contaminación, ya que permite desintegrar el CO₂. La fotocatalisis, es un proceso similar a la fotosíntesis en las plantas, que permite que el dióxido de carbono se descomponga en presencia de humedad, luz y aire. De esta forma, la lona elimina hasta un 85% de los gases de efecto invernadero, una cifra equivalente que se lograrían al año con unos 1000 árboles.

De acuerdo a Carmona (2021), señala que en la ciudad de Bogotá se instaló 16 vallas con mensajes sobre el cuidado del planeta, estas vallas están hechas en pintura fotocatalítica que, por sus propiedades, aspiran el dióxido de carbono, cada metro cuadrado absorbe la misma cantidad de CO₂ que lograría con un árbol adulto y con lo que han instalado, estas vallas cumplirían la función de 1402 árboles adultos, ya que la pintura fotocatalítica se activa con la radiación solar y efectúa un proceso muy similar al de la fotosíntesis. Así mismo, implementaron un mural de 800 m² que absorberá la misma cantidad de CO₂ que lograría un bosque de 800 árboles en un día y un auto en su carrocería envuelto con vinilos recubierta de dióxido de titanio.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Nivel de emisión de contaminación de dióxido de carbono

2.2.1.1. Contaminación Vehicular

La contaminación de los automotores es la contaminación emanada de cualquier vehículo de transporte. Se produce principalmente por ser parte de la famosa contaminación urbana, que ocurre en el núcleo urbano, donde hay muchos medios usados diariamente para proteger el movimiento de las personas que viven en las ciudades. Los motores de combustión de los automóviles son responsables de la emisión a la atmósfera de diferentes gases y partículas que causan la contaminación ambiental (Castellanos, 2017).

De esta manera, los medios diferentes utilizados diariamente en los países más desarrollados son los responsables de entre el 30% y el 90% de los gases contaminantes debido a los vehículos ocasionan el tráfico vehicular en todo el mundo, el transporte es responsable más del 30% de las emisiones de CO₂, de las cuales el 72% viene del tráfico por carretera, un solo automotor grande que recorre unos 1000 kilómetros puede emitir hasta 250 kilogramos de dióxido de carbono de los cuales se esparce en el ambiente. Debido a que se está emitiendo 28,4 gramos de CO₂ por pasajero y kilómetro recorrido, frente a los 157,5 gramos que emite cada coche particular (Castellanos, 2017).

2.2.1.2 El dióxido de carbono

El CO₂ es un contaminante que se genera por el uso de combustible fósil en los vehículos (gasolina, diésel, gas), tiene un tiempo de vida muy largo en la atmósfera, por tanto, se mezcla en toda la atmósfera. También es responsable del 53% del calentamiento global, esto implica que es el más importante del gas de efecto invernadero con una concentración atmosférica en rápido aumento

durante los dos últimos siglos y su concentración actual supera las 416 ppm (Instituto Geográfico Nacional, 2018).

2.2.1.3 Registros de CO₂ atmosférico

Es un registro diario de las concentraciones de CO₂ atmosférico, gracias a estas metodologías y técnicas permite estudiar las variaciones horarias, diarias, semanas, mensuales y anuales de dichas concentraciones (Higuera, 1995).

En el estratégico observatorio de Mauna Loa de NOAA (Administración Atmosférica y Oceánica Nacional), el CO₂ atmosférico continua su rápido aumento en 2021, con el promedio alcanzando un máximo de 418 partes por millon (ppm). Por lo que se puede observar la línea discontinua del color rojo con símbolos diamante representa los valores medios mensuales, centrada en el medio de cada mes. La línea con los símbolos cuadrados de color azul representa lo mismo (NOAA, 2021) (Ver Figura 2).

2.2.1.4 La Calidad del aire

Como atmósfera conocemos la capa de gas que rodea la tierra, que tiene unos 200 Kilómetros de espesor. La atmósfera es continua a través del cual los contaminantes viajan y se dispersan. Este transporte se realiza a través del del aire que se produce a nivel planetario, regional y local. Una vez que los contaminantes llegan a la atmósfera, la persistencia de los contaminantes dependerá de diversos factores, ya sean de carácter meteorológico, como la erosión por la lluvia y precipitación por la gravedad, o su transformación a través de diversas reacciones químicas que pueden provocar la contaminación (contaminantes secundarios) (Coruña, 2016).

La inmisión o calidad del aire se define como la concentración de un contaminante que llega a un punto de recepción, a cierta distancia de la fuente

de emisión, después de haber sido transportado y diseminado a la atmósfera (Coruña, 2016).

La calidad del aire urbano está fuertemente influenciada por el tráfico y es la principal fuente de emisiones atmosféricas, ya que el CO₂ contribuye a la contaminación del aire (Conama, 2012).

2.2.1.5 Contaminación atmosférica

La contaminación del aire se refiere a la presencia de sustancias nocivas en la atmósfera en concentraciones que pueden dañar la salud de las personas o diversos ecosistemas (García, 2016).

En el Ecuador se han desarrollado registros e inventarios correspondientes a emisiones detectadas en varias ciudades del Ecuador, entre ellas consta Guayaquil, cuyos resultados demuestran que entre los principales agentes de contaminación se enumeran el tráfico vehicular, y las emisiones provenientes de las industrias, ya que provoca unas 69.247 muertes causadas derivadas de la contaminación ambiental (Montero, 2018).

2.2.1.6 El cambio climático

De acuerdo a la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC), actualmente, existe una fuente consenso científico acerca de que el clima global se verá alterado significativamente por un aumento de temperatura promedio de la atmósfera y océanos, como resultado del aumento de concentraciones de gases de efecto invernadero atribuido directamente o indirectamente a las actividades humanas (Ballesteros y Aristizabal, 2007).

El cambio climático se ha convertido en un hecho social y se cree la biósfera está amenazada por el aumento de las temperaturas globales. Por lo tanto, ocupa hoy uno de los primeros lugares entre los problemas que afligen a la

humanidad, por su impacto ambiental, y especialmente por su el aumento de los gases de efecto invernadero, consecuencias de las actividades humanas. A pesar de que el clima de la Tierra siempre ha cambiado de forma natural, hoy en día es una bomba de tiempo que debe desactivarse si no queremos desaparecer como especie del planeta (Cordero, 2012).

2.2.1.7 El efecto invernadero

Se define como un fenómeno natural en el que algunos de los gases que componen la atmósfera atrapan parte de la energía solar reflejada desde la tierra, la absorben y convierten en un movimiento molecular lateral al aumentar la temperatura. Las actividades humanas han provocado un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO_2), que provoca un gran efecto. Existen varios GEI, como por ejemplo el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los gases industriales fluorados (CFC, HFC, PFC, SF_6 , etc.) y el propio ozono (O_3) (Becerra y Mance, 2007).

La capacidad de estas moléculas para absorber la radiación térmica depende de su momento dipolar, pero el metano es 20 veces más eficaz que el CO_2 como gas de efecto invernadero, de todos los GEI emitidos por las actividades humanas, el CO_2 es el más importante para el cambio climático, debido a que es el que se presenta en mayor abundancia. Su contribución a este fenómeno explica el 60% de la radiación térmica capturada de todos los gases de efecto invernadero (Greenpeace, 2009).

De acuerdo al inventario nacional de emisiones de GEI, en el 2019 se emitieron 748 millones de toneladas de GEI estimadas en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq.), la contribución de las emisiones de GEI en 2019 por categoría en términos de CO_2 eq (Aleman, 2018).

2.2.1.8 Congestión vehicular

La congestión vehicular en la ciudad de Guayaquil ha representado un grave problema, ya que los ciudadanos actualmente eligen por moverse en metrovía, bus, o vehículo particular, esto quiere decir que al usar un medio hacia sus destinos laborales, se llega a un punto de congestión y al mantener sus motores encendidos por varios minutos y hasta horas ocasiona un perjuicio grave a la ciudad, ya que emiten grandes cantidades de emisiones de CO₂ (Ordóñez, 2015).

El terminal terrestre se ubica en la avenida Benjamín Rosales y avenida de las Américas, vías principales de entrada y salida de automotores, donde se estima que transitan alrededor unos 45.000 carros por año.

2.2.1.9 Concentraciones de CO₂

Los aumentos de la concentración de CO₂ en Latinoamérica, se debe principalmente a los contaminantes a nivel nacional, lo cual refleja que las emisiones anuales de dióxido de carbono (CO₂) ascienden a 26393.34 toneladas. La concentración de estos contaminantes se ha incrementado considerablemente en estos últimos años (Querol, 2011).

La concentración normal de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera terrestre es aproximadamente de 250 ppm. Este grado de CO₂ no causa problemas, de hecho, no seríamos capaces de vivir aquí sin él, sin embargo, con el comienzo de la era industrial (siglo XIX), ha habido un aumento atmosférico de la concentración de este gas, alcanzando concentraciones de 416 ppm en el último año, debido a su alto impacto (Querol, 2011).

En las grandes ciudades, en especial en Guayaquil, Quito y Cuenca, donde se evidencia gran concentración de emisiones, diarias aproximadamente el 65%

de las emisiones de CO₂ se produce por combustión en los motores de los vehículos, el crecimiento continuado de su número, generan una situación de una progresiva complejidad.

2.2.2 Fundamentos teóricos sobre el dióxido de titanio (TiO₂)

2.2.2.1 Dióxido de Titanio

El dióxido de titanio (TiO₂) es un polvo de color blanco donde tiene un diámetro entre 200 y 300 nm, térmicamente estable, no tóxico (ni para el hombre, ni el ambiente) tiene una fuerte capacidad oxidación, y además es un semiconductor utilizado en el campo de la fotocatalisis, asimismo el rendimiento fotocatalítico de este material está relacionado con las propiedades de conductividad óptica, textura y cristalización. Por lo tanto, el dióxido de titanio tiene una vida útil de unos cinco años (Macias, 2018).

Uno de los materiales más versátiles y de amplio uso, ha emergido como el mejor fotocatalizador debido a su poder de oxidación bajo iluminación, convirtiéndose en un excelente prospecto en purificación ambiental. También se utiliza como catalizador heterogéneo, agente de recuperación de gas, en protectores fotoactivas; como pigmento en pinturas, tintas, textiles; además en la fabricación de materiales de embalaje de plásticos, cauchos, papel; y en celdas solares para la concentración de energía (Verdugo y Villar, 2020).

2.2.2.2 Catalizadores heterogéneos

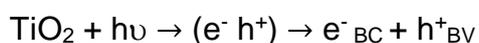
Los catalizadores heterogéneos regularmente son sólidos, cuya superficie tienen lugar las reacciones químicas entre la especie gaseosa, lo que hace que la superficie de la interfase fluido/sólido tenga una gran importancia en el proceso. Los catalizadores heterogéneos consisten típicamente en una fase activa o catalizador mismo, y un agente de soporte que normalmente proporciona

el área superficial específica alta que se dispersa más del 95 % de los procesos catalíticos industriales son heterogéneos (Alcántara y Mirasol, 2008).

La aplicación de catalizadores al medio ambiente se encuentra disueltos en contaminantes gaseosos (las fuentes de contaminación pueden ser tanto estacionarios como móviles). Por lo tanto, un ejemplo, los catalizadores utilizados para reducir los contaminantes del aire en los gases de escape de los sistemas de combustión para la producción de energía se han vuelto particularmente importantes (Alcántara y Mirasol, 2008).

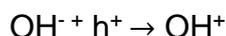
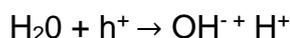
2.2.2.3 Fotocatálisis heterogénea

La fotocatálisis heterogénea se basa en la excitación de un material sólido (fotocatalizador), normalmente un semiconductor de banda ancha como el TiO_2 , que absorbe la radiación luminosa de una energía mayor o igual que la energía correspondiente a su band gap, esto provoca la excitación de un electrón de la banda de valencia (BV) se crean huecos (h^+) que son considerados como estados electrónicos desocupados que quedan cargados positivamente pasando a la banda de conducción (BC) y formando pares electrón-hueco (e^-/h^+). Estos pares e^-/h^+ fotogenerados pueden migrar a la superficie del catalizador y reaccionar con especies adsorbidas, es un proceso muy rápido que tiene lugar en la escala temporal de los femtosegundos (Izquierdo, 2016).

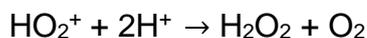
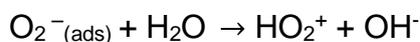
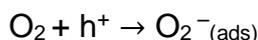


Una vez producida la separación de cargas, estas logran difundir a la superficie del semiconductor, y pueden reaccionar con especies comisionadas de electrones, en procesos de oxidación y reducción. En el caso de las técnicas de la fotosíntesis artificial, como moléculas de agua adsorbidas se generan

radicales hidroxilos (OH), que son altamente reactivos, capaces de descomponer la materia orgánica.



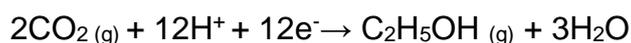
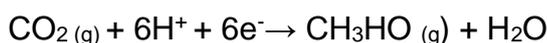
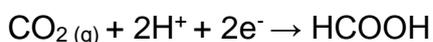
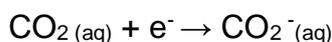
Los electrones BC pueden reaccionar con aceptores de electrones como el O_2 para generar radicales de O_2 . Luego, la sustancia se puede reducir a peróxido de hidrógeno en reacciones posteriores con agua. Minimizar el proceso de recombinación y maximizar el uso de radiación incidente, especialmente en presencia de luz solar. Uno de los factores clave en la actualidad es el desarrollo de materiales fotocatalíticos nuevos o mejorados que aumentan su eficiencia al operar en un rango más amplio de longitudes de onda (Gelover y Montes, s.f.) (Ver Figura 3).



Gracias a ese efecto de activación se produce una reacción de oxidación que permite reducir las concentraciones de los gases que salen de los tubo de escape que son la mayor fuente de contaminación que hay en una gran ciudad, la fotocatalisis elimina contaminantes habituales en la atmósfera, como son los NO_x , (óxidos de nitrógeno), SO_x (óxidos de azufre), CO_2 (dióxido de carbono), compuestos orgánicos volátiles (COVs), virus y bacterias mediante un proceso de oxidación activado por la energía solar (Betancur, Hernández, y Buitrago, 2016).

En el mecanismo para la reacción fotocatalítica de CO_2 utilizando a los materiales compositos puede activarse en la región del visible. Cuando se

forman los portadores de carga (electrón-hueco), el electrón de la banda de dirección es atrapado por los nanotubos de carbono debido a su alta capacidad de aceptabilidad de electrones. Esto último permite reducir la recombinación de los portadores de carga. Una vez adsorbido el CO₂ en los materiales, éste se reduce para posteriormente llevar a cabo la reacción química. Mientras, los huecos llevan a cabo la oxidación del agua a H⁺ y O₂. Los protones, electrones y CO₂ adsorbido, reaccionan para formar al ácido fórmico, etanol y metanol (Pérez, 2019) (Ver figura 4).



El desarrollo de fotocatalizadores ha recibido mucha atención en los últimos años, ya que se utilizan en una variedad de productos en muchas áreas de investigación, incluida la energía y el medio ambiente (Sanmartín, 2019).

2.2.2.4 Vallas publicitarias

Son pancartas de respaldo plano, ya que los carteles y vallas publicitarias se han convertido en una parte popular de los paisajes urbanos y suburbanos con imágenes y texto prominentes según lo que desee acordar vender u ofrecer. La ubicación, colocación de las vallas en cada área es determinado por el propio concejo y los cercos en áreas abiertas, viales, centros comerciales que se colocan sobre soportes especiales, los distintivos, sus medidas que alcanzan los 4 y 8 metros (Barzallo, 2012).

El sistema propuesto para mejorar el uso del diseño de las vallas publicitarias radica en un uso distinto de las mismas funciones, ya que este medio publicitario

se impregna el dióxido de titanio (TiO_2) mientras se encuentre en el mismo, se utiliza como catalizadores para purificar el aire circundante y reducir los gases de efecto invernadero (Gil, 2017) (Ver Figura 5).

2.2.3 Estrategias de mitigación

América Latina y el Caribe, como el resto del mundo, debe atender durante el siglo XXI, la posibilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles de los riesgos del desafío del cambio climático. En este sentido, la región debe implementar estrategias que permitan cambios en los patrones de desarrollo para enfrentar a estos desafíos (Sánchez y Reyes, 2015).

La mitigación se define como políticas y opciones destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o aumentar los sumideros de carbono (por ejemplo, océanos y bosques) (Tamiotti y Olhof, 2009).

Para lograr acciones de mitigación del cambio climático, se involucran cambios diarios en las personas y en las actividades económicas, con el objetivo de reducir las emisiones a fin de reducir o hacer menos severos los efectos del cambio climático, es muy importante que se considere acciones en sectores:

- Transporte
- Industria
- Manejo de residuos domiciliarios e industriales
- Edificios residenciales, comerciales e instituciones
- Energético

La dilución se puede considerar en diferentes momentos durante el proceso de diseño, compra o uso. Por ejemplo, desarrollar e implementar estrategias de mitigación del cambio climático en una visión de sostenibilidad y sustentabilidad de corto plazo (2030 o incluso 2050) (Anónimo, s.f.).

2.3 Marco legal

2.3.1 Constitución De La República Del Ecuador

Dentro de la (Constitución de la Republica del Ecuador , 2008) se estipula lo siguiente:

Sección Segunda

Ambiente Sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (p.13).

Sección séptima

Salud

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir. El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional (p.17).

Capítulo noveno

Responsabilidades

Art. 83.- Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley (p.38).

Art. 267.- Los gobiernos parroquiales rurales ejercerán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de las adicionales que determine la ley:

4. Incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente.
6. Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible (p.87).

Título VI

Régimen De Desarrollo

Capítulo primero, Principios generales

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural (p.89).

Art. 376.- Para hacer efectivo el derecho a la vivienda, al hábitat y a la conservación del ambiente, las municipalidades podrán expropiar, reservar y controlar áreas para el desarrollo futuro, de acuerdo con la ley. Se prohíbe la obtención de beneficios a partir de prácticas especulativas sobre el uso del suelo, en particular por el cambio de uso, de rústico a urbano o de público a privado (p.114).

Sección Séptima

Biosfera, Ecología Urbana y Energías Alternativas

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo (p.124).

Capítulo Segundo

Biodiversidad y Recursos Naturales

Sección Primera

Naturaleza y Ambiente

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (p.119).

2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional (p.119).

3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales (p.119).

4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza (p.119).

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de re restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas. Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles (p.119).

2.3.2 Código Orgánico Del Ambiente Registro Oficial N° 983

Dentro del Código Orgánico Del Ambiente (COA, 2017) se estipula lo siguiente:

Libro cuarto del cambio climático

Título I Del cambio climático

Capítulo I

Disposiciones generales

Art. 249.- Prioridades en la gestión del cambio climático. Las medidas y acciones para la gestión del cambio climático, considerarán prioritariamente reducir y minimizar las afectaciones causadas a las personas en situación de riesgo, grupos de atención prioritaria y con niveles de pobreza, a la infraestructura, proyectos nacionales y estratégicos, a los sectores productivos, a los ecosistemas y a la biodiversidad.

Para ello se deberán fortalecer las capacidades institucionales, tecnológicas y humanas, tanto locales y nacionales (p.66).

Capítulo II

Art. 254.- Registro Nacional de Cambio Climático. Créase el registro nacional de cambio climático, cuya administración estará a cargo de la Autoridad Ambiental Nacional.

La Autoridad Ambiental Nacional definirá los criterios, alcances y procedimiento para el registro, así como las actividades a ser registradas (p.67).

Título II

De la adaptación y mitigación del cambio climático

Capítulo I

Disposiciones generales para las medidas de adaptación y mitigación del cambio climático

Art. 257.- Enfoques para la adaptación y mitigación. En las acciones de adaptación se crearán y fortalecerán las capacidades del país para afrontar los impactos del cambio climático, con énfasis en la reducción de la vulnerabilidad y de acuerdo a las prioridades establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional.

En aquellas zonas vulnerables o de alto riesgo, el Estado priorizará la inversión para la adaptación al cambio climático con especial énfasis en la prevención de desastres (p.67).

Para las acciones de mitigación se implementarán, entre otras, aquellas tendientes a reducir emisiones de gases de efecto invernadero, incrementar sumideros de carbono y crear condiciones favorables para la adopción de dichas acciones en los sectores priorizados e impulsar iniciativas que se realicen sobre este tema de conformidad con los acuerdos internacionales ratificados por el Estado (p.67).

Art. 258.- Criterios para las medidas de adaptación. Para el desarrollo de las medidas de adaptación al cambio climático se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

Precautelar la calidad de vida de la población y de los ecosistemas;

Considerar los escenarios actuales y futuros del cambio climático en los instrumentos de planificación territorial, el desarrollo de infraestructura, el desarrollo de actividades productivas y de servicios, los asentamientos humanos y en la protección de los ecosistemas;

Establecer escenarios óptimos y aceptables derivados de los modelos de variabilidad climática actual y futura que deberán incluirse en los planes de desarrollo nacionales y de los Gobiernos Autónomos Descentralizados para garantizar la calidad de vida de la población y la naturaleza;

Otras que determine la Autoridad Ambiental Nacional (p.67).

Art. 259.- Criterios de las medidas de mitigación. Para el desarrollo de las medidas de mitigación del cambio climático se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

Promover patrones de producción y consumo que disminuyan y estabilicen las emisiones de gases de efecto invernadero;

Contribuir a mejorar la calidad ambiental para fortalecer la protección y preservación de la biodiversidad, los ecosistemas, la salud humana y asentamientos humanos;

Incentivar e impulsar a las empresas del sector público y privado para que reduzcan sus emisiones;

Incentivar la implementación de medidas y acciones que permitan evitar la deforestación y degradación de los bosques naturales y degradación de ecosistemas; y otras que determine la Autoridad Ambiental Nacional (p.68).

Artículo 260.- De los gases de efecto invernadero. La Autoridad Ambiental Nacional podrá determinar y establecer esquemas de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero en el ámbito nacional. Estos esquemas de compensación serán reconocidos por la Autoridad Ambiental Nacional o compatibles con instrumentos ratificados por el Estado y la política nacional de cambio climático.

Los inventarios de gases de efecto invernadero, la contabilidad de reducción de emisiones y los esquemas de compensación serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional (p.68).

2.3.3 Ley Orgánica De Transporte Terrestre Tránsito Y Seguridad Vial

Dentro del Ley Orgánica De Transporte Terrestre Tránsito Y Seguridad Vial (LOTTTSV, 2017) (LOTTTSV, 2014) se estipula lo siguiente:

Título I

Del Ámbito Del Tránsito Y La Seguridad Vial

Art. 88.- En materia de tránsito y seguridad vial, la presente Ley tiene por objetivo, entre otros, conforme lo siguiente:

h. La reducción de la contaminación ambiental, producida por ruidos y emisiones de gases emanados de los vehículos a motor; así como la visual ocasionada por la ocupación indiscriminada y masiva de los espacios de la vía pública (p. 28).

Capítulo II De Los Vehículos

Sección 1

Revisión Técnica Vehicular Y Homologaciones

Art. 206.- La Comisión Nacional autorizará el funcionamiento de Centros de Revisión y Control Técnico Vehicular en todo el país y otorgará los permisos correspondientes, según la Ley y los reglamentos, siendo estos centros los únicos autorizados para efectuar las revisiones técnico mecánicas y de emisión de gases de los vehículos automotores, previo a su matriculación (p. 49).

Capítulo IV Del Ambiente

Sección 1

De La Contaminación Por Fuentes Móviles

Art. 211.- Todos los automotores que circulen dentro del territorio ecuatoriano deberán estar provistos de partes, componentes y equipos que aseguren que no rebasen los límites máximos permisibles de emisión de gases y ruidos contaminantes establecidos en el Reglamento (p. 50).

2.3.4 Acuerdo Ministerial 0-97A que Reforma al Texto Unificado De Legislación Secundaria De Medio Ambiente Norma de Calidad del aire Ambiente o Nivel de Inmisión LIBRO VI Anexo 4

Dentro Texto Unificado De Legislación Secundaria De Medio Ambiente del Ministerio del Ambiente "Norma de calidad del aire ambiente o Nivel de Inmisión" LIBRO VI Anexo 4 (Acuerdo Ministerial 97-A, 2015) se estipula lo siguiente:

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

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.
- g. De las molestias o peligros inducidos por otros contaminantes del aire (p.54).

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 (p.54).

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) (p.54).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La Investigación es de tipo experimental en campo, puesto que se colocó vallas publicitarias impregnada con dióxido de titanio para reducir las concentraciones de CO₂, donde se recolecto información específica de datos de emisiones de CO₂, producidas por el tráfico vehicular y de la reducción luego de ubicar las vallas publicitarias impregnada con dióxido de titanio, en el terminal terrestre de Guayaquil.

3.1.2 Diseño de investigación

La siguiente investigación es experimental, puesto que se observó, analizó y se comparó los datos obtenidos en campo, mediante el equipo de medidor de gases, a fin de determinar el aumento y la reducción del CO₂ generado.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Variable independiente

- Concentraciones de dióxido de titanio (TiO₂)

3.2.1.2 Variable dependiente

- Concentraciones de dióxido de carbono (CO₂ ppm)

3.2.2 Tratamientos

Para el tratamiento se utilizó vallas publicitarias impregnada de dióxido de titanio (TiO₂), y el testigo del equipo de medidor de gases se midió las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) que se logró disminuir.

Tabla 1. Tratamientos

N_o	Tratamiento	Duración	Horario	Intervalo	Fecha
1	Valla publicitaria impregnada con TiO ₂	Un mes	08:00 a 09:00 am	10 minutos	22/11/2021 al 22/12/2021
2	Testigo	Un mes	08:00 a 09:00 am	10 minutos	22/11/2021 al 22/12/2021

Coloma, 2021

3.2.3 Diseño experimental

En el presente trabajo se realizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos de veinticuatro repeticiones, lo cual se ejecutó en dos puntos determinados del terminal terrestre de Guayaquil, donde tuvo mayor congestión vehicular, puesto que en dicho lugar hubo emisiones de CO₂.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1 Recursos

Los materiales y equipos que se utilizaron en la presente investigación son:

- **Documental:** Libros, artículos científicos, tesis, revistas científicas, internet, computadora.
- **En el campo:** Equipo de medidor de gases del diseño del monitor 3M™ serie EVM-7, valla publicitaria impregnada con dióxido de titanio (TiO₂), mascarilla, bolígrafo y cuaderno de apuntes.

3.2.4.2 Métodos y técnicas

La recopilación de información se realizó de manera cuantitativa, a fin de obtener datos reales de las emisiones de CO₂.

A continuación, se describe las técnicas empleadas para alcanzar los objetivos específicos de la investigación:

Para medir el CO₂ en ppm, se ubicó dentro de las instalaciones del terminal terrestre en dos puntos estratégicos, el primero fue en la entrada y salida de los buses provinciales e interprovinciales, donde se midió con el medidor de gases los días lunes, miércoles y viernes y el segundo punto fue en el estacionamiento de vehículos particulares, y se midió en los días martes, jueves y sábado en el horario de 08:00 a 09:00 am con un intervalo de 10 minutos durante un mes para los dos puntos ya mencionados anteriormente, con esto permitió obtener datos específicos de cuanta cantidad de emisiones de CO₂ y un aproximado de la densidad vehicular que se generó en ese tiempo, estos datos se pasaron a Microsoft Excel donde se indicó diferentes tablas y gráficas.

Para impregnar las vallas publicitarias se emplearon los siguientes materiales, se usó una lona de un metro por un metro cuadro, 400ml de agua, 80 gramos de goma y 250 gramos de dióxido de titanio (TiO₂), todo esto se mezcló en un recipiente y con una brocha se cubrió toda la superficie de la lona, luego se colocó la valla en los mismos puntos antes ya mencionados a una altura de 1,20 metros, y estuvo expuesta a la radiación solar para que pueda activarse, para ello se usó nuevamente el equipo de medidor de gases, con el cual se midió la cantidad de CO₂ que se logró reducir usando la valla, se realizó en el mismo horario y de igual manera con un intervalo de 10 minutos.

Ya con las tablas obtenidas de la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales y de igualmente del estacionamiento de vehículos particulares se restó las mediciones de CO₂ sin y con la valla publicitaria impregnada TiO₂, para obtener una tabla de reducción CO₂, y gráficas lineales en los diferentes intervalos de 10 minutos durante una hora de 08:00 a 09:00 am, para luego hacer

un promedio general de los intervalos y volver a graficar con el fin de obtener el porcentaje de reducción total de CO₂.

Con el T-Student se demostró la diferencia que existió antes y después de colocar las vallas publicitarias de los distintos intervalos durante una hora en los dos puntos estratégicos del terminal terrestre.

3.2.5 Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de estadística descriptiva, puesto que se obtuvo tablas y gráficas de líneas, posición, dispersión y forma, lo que permitió describir y analizar los datos de las emisiones de CO₂. Por lo que los datos se compararon a través del T-Student al 5% de significancia.

4. Resultados

4.1 Medición de las concentraciones de CO₂ utilizando el equipo de medidor de gases en zonas con mayor congestión de tránsito vehicular en el terminal terrestre de Guayaquil.

En la Tabla 2 se visualiza los resultados obtenidos durante las mediciones de las concentraciones de CO₂ al ambiente, esto es sin colocar la valla publicitaria impregnada con TiO₂. Fueron tomadas las medidas en dos puntos principales, el primer punto en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales (Ver Anexo, Figura 7 y 8) y el segundo punto en el estacionamiento de los vehículos particulares en la Tabla 3 (Ver Anexo, Figura 9 y 10). En las siguientes Tablas 2, 3, 4 y 5 de resultados se presenta el horario y los días de medición.

Tabla 2. Mediciones de CO₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales sin colocar la valla publicitaria impregnada con TiO₂.

Horario	FECHAS DE MEDICIÓN						Promedio
	22/11/2021	24/11/2021	26/11/2021	29/11/2021	01/12/2021	03/12/2021	
08:00	620 ppm	616 ppm	625 ppm	585 ppm	592 ppm	605 ppm	607 ppm
08:10	486 ppm	483 ppm	486 ppm	500 ppm	482 ppm	523 ppm	493 ppm
08:20	479 ppm	472 ppm	485 ppm	518 ppm	492 ppm	545 ppm	499 ppm
08:30	488 ppm	454 ppm	477 ppm	500 ppm	480 ppm	472 ppm	479 ppm
08:40	514 ppm	457 ppm	520 ppm	511 ppm	482 ppm	515 ppm	500 ppm
08:50	504 ppm	505 ppm	505 ppm	536 ppm	492 ppm	511 ppm	509 ppm
09:00	477 ppm	462 ppm	462 ppm	505 ppm	482 ppm	525 ppm	486 ppm
Total 510 ppm							

Tabla 3. Mediciones de CO₂ en el estacionamiento de vehículos particulares sin colocar la valla publicitaria impregnada con TiO₂.

Horario	FECHAS DE MEDICION						Promedio
	23/11/2021	25/11/2021	27/11/2021	30/11/2021	02/12/2021	04/12/2021	
08:00	606 ppm	535 ppm	661 ppm	559 ppm	645 ppm	524ppm	588 ppm
08:10	556 ppm	530 ppm	505 ppm	510 ppm	545 ppm	501 ppm	525 ppm
08:20	490 ppm	539 ppm	590 ppm	537 ppm	612 ppm	503 ppm	545 ppm
08:30	510 ppm	664 ppm	485 ppm	524 ppm	594 ppm	548 ppm	554 ppm
08:40	540 ppm	645 ppm	545 ppm	596 ppm	714 ppm	532 ppm	595 ppm
08:50	545 ppm	515 ppm	530 ppm	536 ppm	570 ppm	500 ppm	533 ppm
09:00	515 ppm	556 ppm	497 ppm	576 ppm	544 ppm	550 ppm	540 ppm
							Total 554 ppm

Coloma, 2022

En la Tabla 4 se visualiza los resultados obtenidos durante las mediciones de las concentraciones de CO₂ al ambiente, esto es colocando la valla publicitaria impregnada con TiO₂. Fueron tomadas las medidas en dos puntos principales, el primer punto en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales (Ver Anexo, Figura 11 y 12) y el segundo punto en el estacionamiento de los vehículos particulares en la Tabla 5 (Ver Anexo, Figura 13 y 14).

Tabla 4. Mediciones de CO₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales colocando la valla publicitaria impregnada con TiO₂.

Horario	FECHAS DE MEDICIÓN						Promedio
	06/12/2021	08/12/2021	10/12/2021	13/12/2021	15/12/2021	17/12/2021	
08:00	490 ppm	473 ppm	480 ppm	464 ppm	485 ppm	492 ppm	481 ppm
08:10	476 ppm	466 ppm	456 ppm	445 ppm	472 ppm	449 ppm	461 ppm
08:20	445 ppm	457 ppm	462 ppm	451 ppm	479 ppm	435 ppm	455 ppm
08:30	457 ppm	444 ppm	471 ppm	450 ppm	463 ppm	448 ppm	456 ppm
08:40	442 ppm	435 ppm	441 ppm	439 ppm	470 ppm	463 ppm	448 ppm
08:50	440 ppm	449 ppm	483 ppm	468 ppm	473 ppm	450 ppm	461 ppm
09:00	444 ppm	448 ppm	460 ppm	440 ppm	479 ppm	449 ppm	453 ppm
Total 459 ppm							

Coloma, 2022

Tabla 5. Mediciones de CO₂ en el estacionamiento de vehículos particulares colocando la valla publicitaria impregnada con TiO₂.

Horario	FECHAS DE MEDICIÓN						Promedio
	07/12/2021	09/12/2021	11/12/2021	14/12/2021	16/12/2021	18/12/2021	
08:00	466 ppm	488 ppm	482 ppm	486 ppm	465 ppm	488 ppm	459 ppm
08:10	485 ppm	463 ppm	466 ppm	488 ppm	468 ppm	476 ppm	474 ppm
08:20	478 ppm	471 ppm	474 ppm	473 ppm	475 ppm	450 ppm	470 ppm
08:30	473 ppm	470 ppm	476 ppm	461 ppm	508 ppm	470 ppm	471 ppm
08:40	481 ppm	480 ppm	469 ppm	474 ppm	510 ppm	466 ppm	480 ppm
08:50	494 ppm	467 ppm	457 ppm	471 ppm	495 ppm	452 ppm	473 ppm
09:00	476 ppm	492 ppm	463 ppm	524 ppm	496 ppm	458 ppm	485 ppm
Total 477 ppm							

Coloma, 2022

Después se compararon las tablas de las mediciones de CO₂ al ambiente sin colocar la valla publicitaria impregnada de TiO₂ y colocando la valla publicitaria impregnada de TiO₂, tanto en el entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales (Figura 15 y 16) y en el estacionamiento de vehículos particulares. Lo cual se puede observar la reducción de las concentraciones de CO₂, en los diferentes intervalos de medición de cada punto

durante una hora e igualmente su promedio, donde se puede ver la diferencia del aumento y la reducción de CO₂, como muestra las líneas de los diferentes colores (Figura 17 y 18).

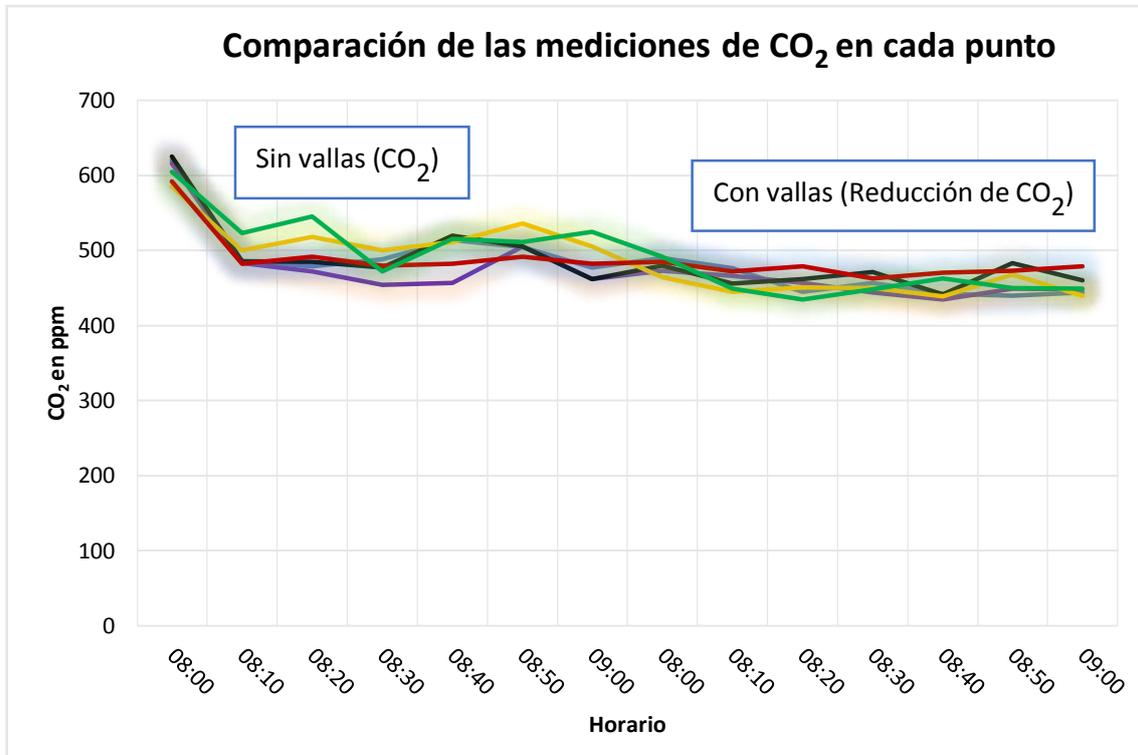


Figura 15. Comparación de las mediciones de CO₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales. Coloma, 2022

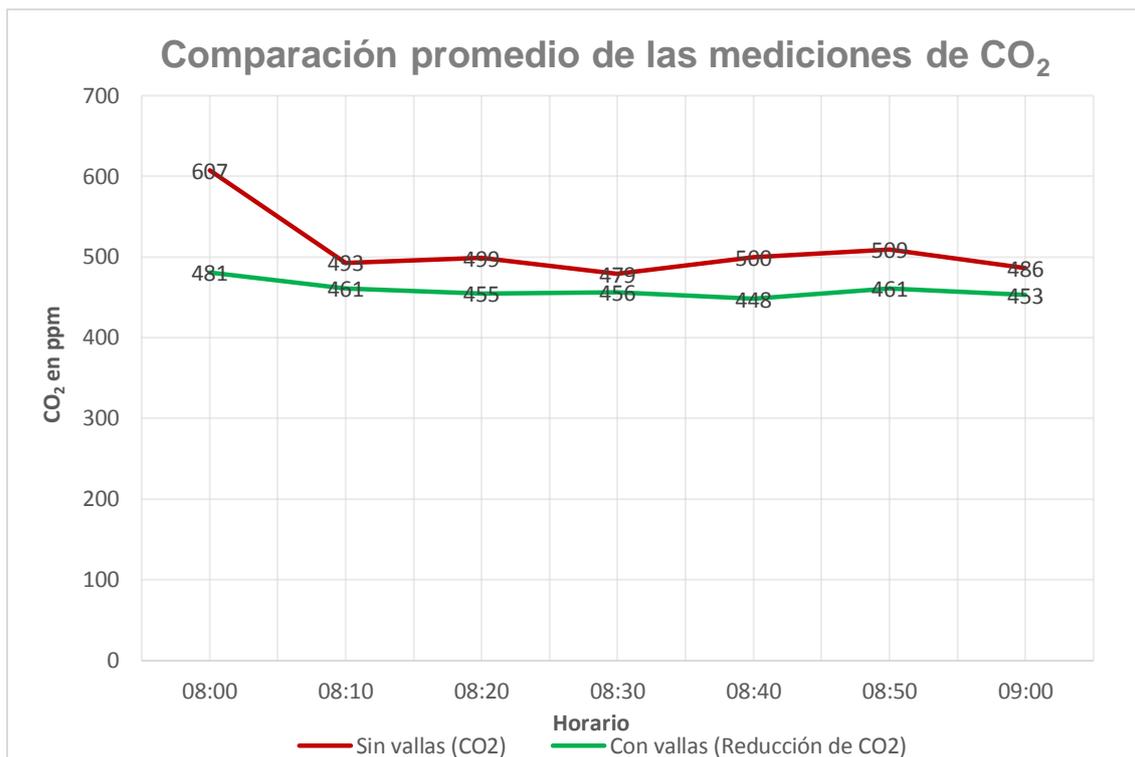


Figura 16. Comparación promedio de las mediciones de CO₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales. Coloma, 2022

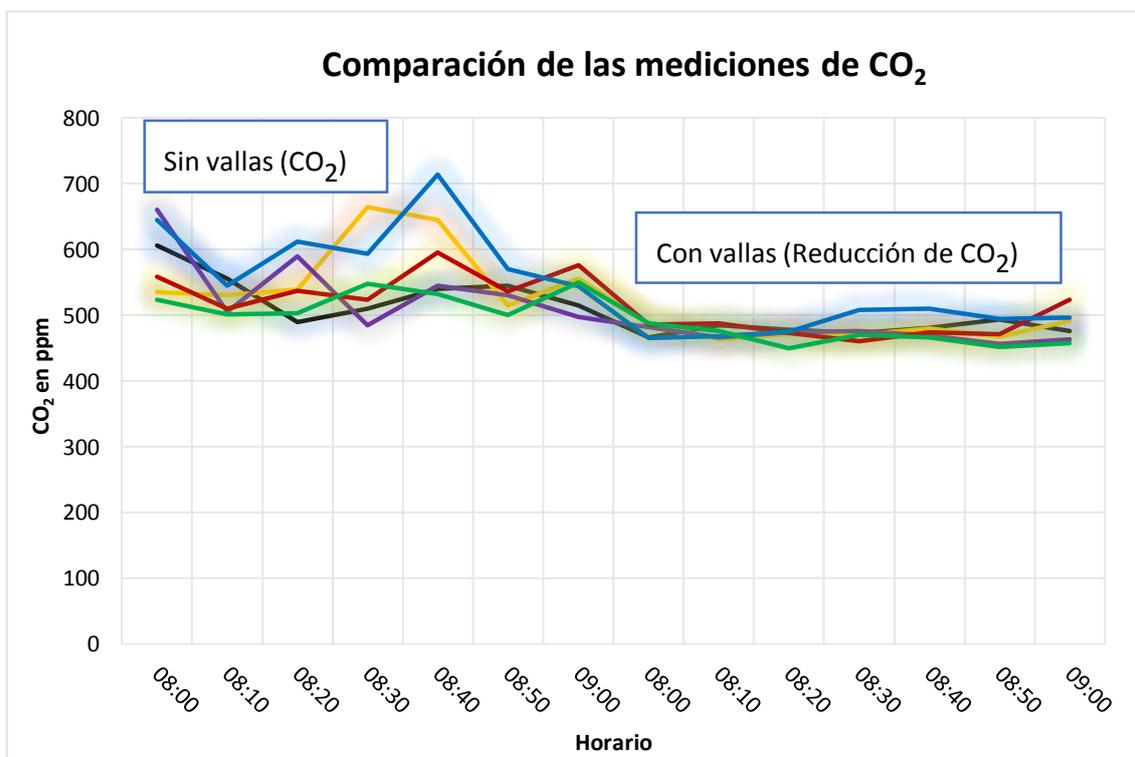


Figura 17. Comparación de las mediciones de CO₂ en el estacionamiento de vehículos particulares. Coloma, 2022

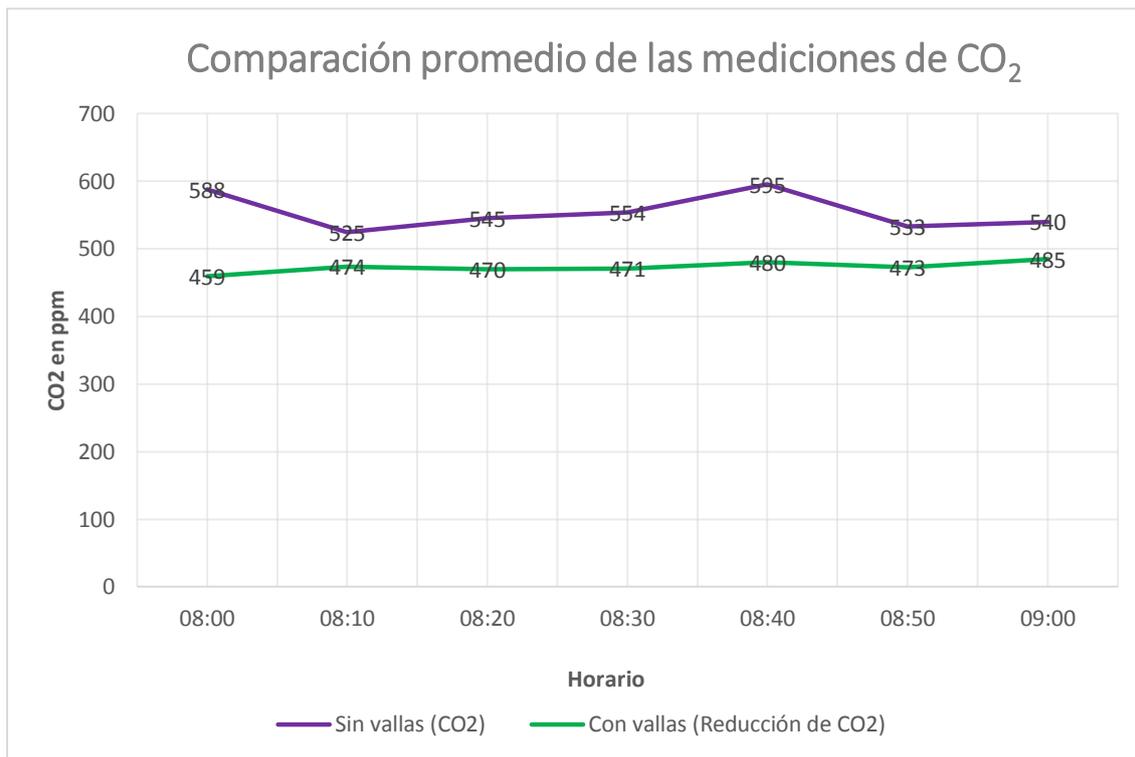


Figura 18. Comparación promedio de las mediciones de CO₂ en el estacionamiento de vehículos particulares. Coloma, 2022

4.2 Vallas publicitarias impregnadas con dióxido de titanio (TiO₂), para la reducción de la concentración de CO₂ y comparación de los resultados

En la Tabla 6 se presentan las medidas de reducción de CO₂ y la reducción promedio de CO₂ para cada intervalo. Se observa que al colocar la valla publicitaria impregnar con TiO₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales se pudo cumplir con el objetivo propuesto (Ver Anexo, Figura 19).

Tabla 6. Reducción de CO₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales.

Horario	Reducción de CO ₂						Reducción
							promedio
							de CO ₂
08:00	130 ppm	143 ppm	145 ppm	121 ppm	107 ppm	113 ppm	127 ppm
08:10	10 ppm	17 ppm	30 ppm	55 ppm	10 ppm	74ppm	33 ppm
08:20	34 ppm	15 ppm	23 ppm	67 ppm	13 ppm	110 ppm	44 ppm
08:30	31 ppm	10 ppm	6 ppm	50 ppm	17 ppm	24 ppm	23 ppm
08:40	72 ppm	22 ppm	79 ppm	72 ppm	12 ppm	52 ppm	52 ppm
08:50	64 ppm	56 ppm	22 ppm	68 ppm	19 ppm	61 ppm	48 ppm
09:00	33 ppm	14 ppm	2 ppm	65 ppm	3 ppm	76 ppm	32 ppm
							Total 51 ppm

Coloma, 2022

En la Figura 20, se muestra la reducción promedio de CO₂, por lo cual se puede observar que el punto más bajo de reducción de CO₂ es a las 08:00 de la mañana, y el punto más alto de reducción de CO₂ es a las 08:30 am, además se puede ver una curva de la reducción, donde hay un promedio total de 51 ppm de CO₂.

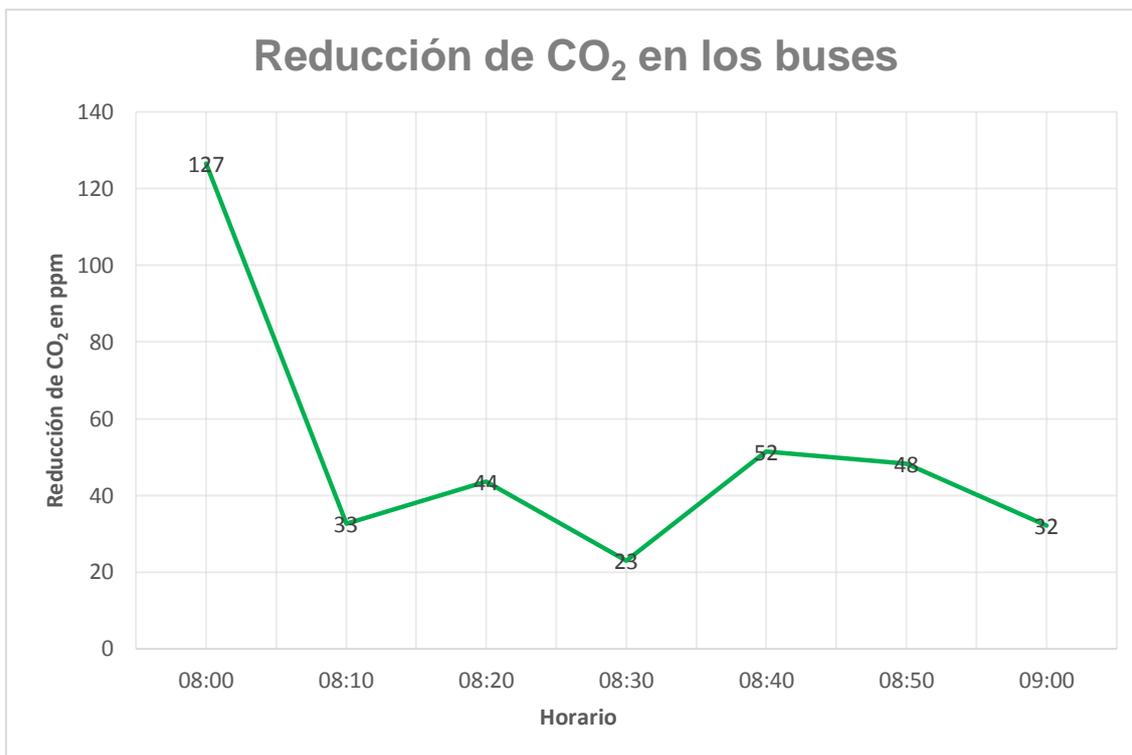


Figura 20. Reducción promedio de CO₂ de la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales. Coloma, 2022

En la Tabla 7 se presentan las medidas de reducción de CO₂ y la reducción promedio de CO₂ para cada intervalo. Se observa que al colocar la valla publicitaria impregnar con TiO₂ en el estacionamiento de vehículos particulares, se cumplió con el objetivo propuesto (Ver Anexo, Figura 21).

Tabla 7. Reducción de CO₂ en el estacionamiento de vehículos particulares.

Horario	Reducción de CO ₂						Reducción promedio de CO ₂
	08:00	140 ppm	47 ppm	179 ppm	73 ppm	180 ppm	36 ppm
08:10	111 ppm	67 ppm	39 ppm	22 ppm	77 ppm	25 ppm	57 ppm
08:20	12 ppm	68 ppm	116 ppm	64 ppm	137 ppm	53 ppm	75 ppm
08:30	37 ppm	194 ppm	9 ppm	63 ppm	86 ppm	78 ppm	78 ppm
08:40	59 ppm	165 ppm	76 ppm	122 ppm	204 ppm	66 ppm	115 ppm
08:50	51 ppm	48 ppm	73 ppm	65 ppm	75 ppm	48 ppm	60 ppm
09:00	39 ppm	64 ppm	34 ppm	52 ppm	48 ppm	92 ppm	55 ppm
							Total 77 ppm

Coloma, 2022

En la Figura 22, se muestra la reducción promedio CO₂, por lo cual se puede observar que el punto más alto de reducción de CO₂ es a las 08:10 de la mañana, y el punto más bajo de reducción de CO₂ es a las 08:40 am, además se puede ver una curva de la reducción, donde hay un promedio total es de 77 ppm de CO₂.

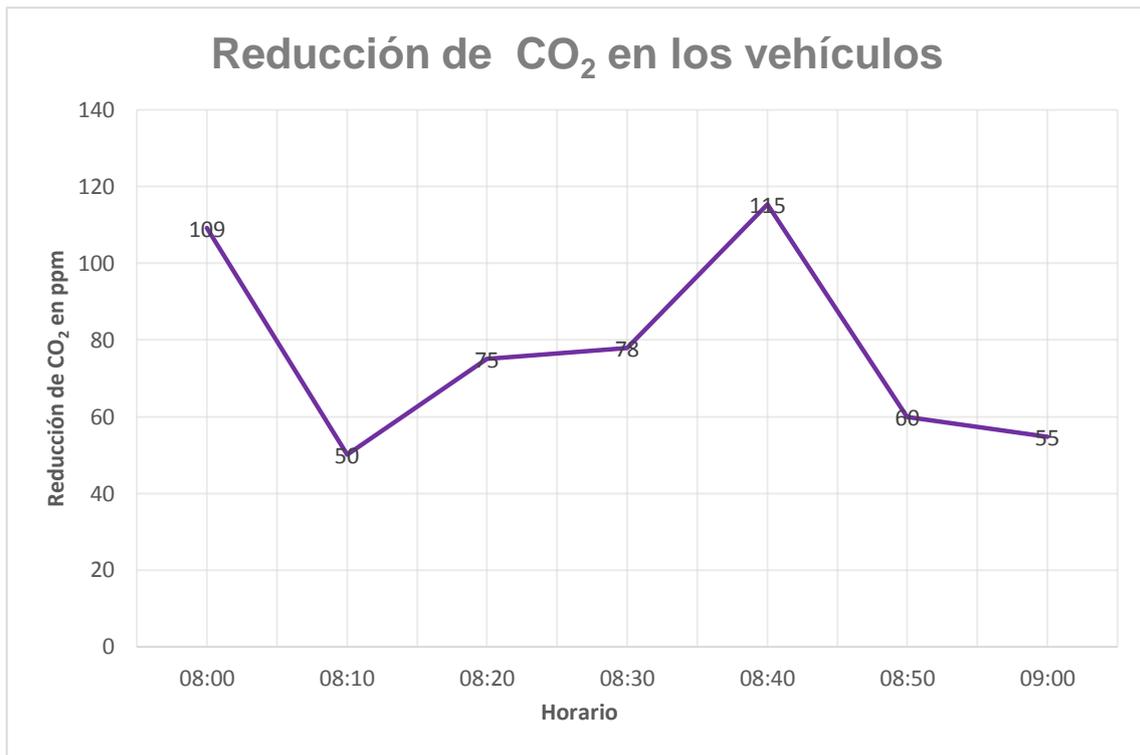


Figura 22. Reducción promedio de CO₂ en el estacionamiento de vehículos particulares. Coloma, 2022

En la Figura 23, se observar que en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales la reducción total de CO₂ fue de 51 ppm, mientras que en el estacionamiento de vehículos particulares la reducción total de CO₂ fue de 77 ppm, dando un total general de la reducción de CO₂ de 64 ppm.

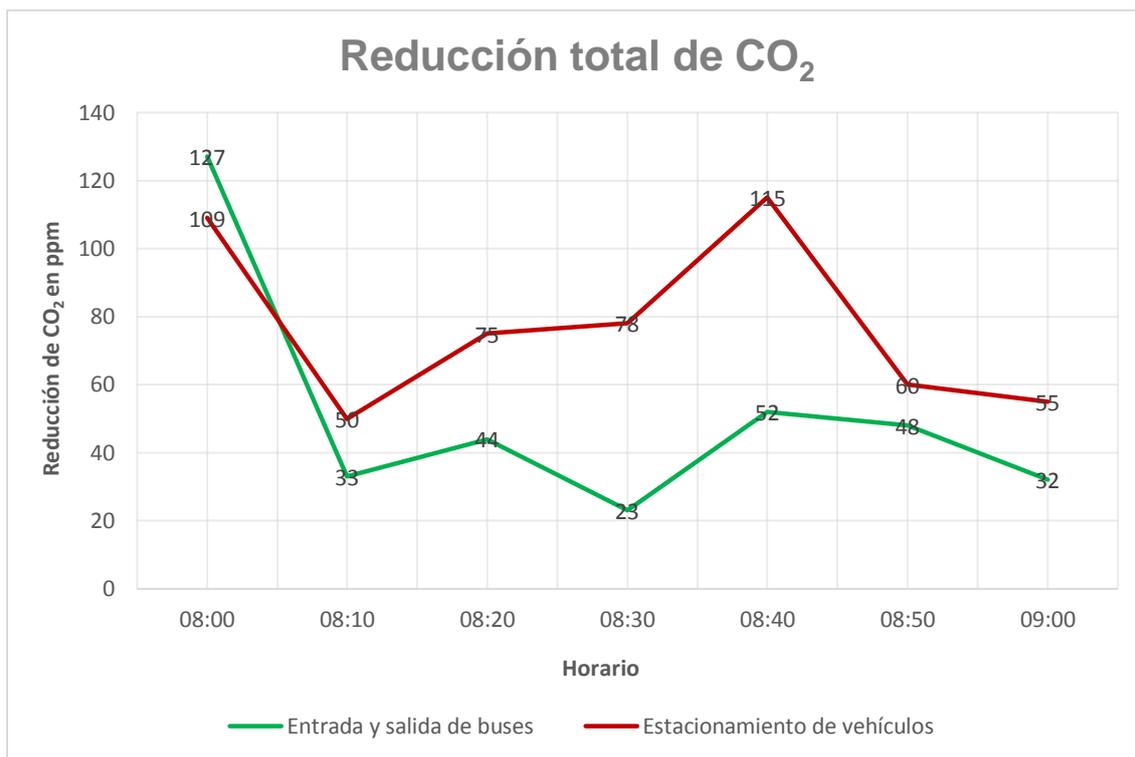


Figura 23. Reducción total de CO₂, de la entrada y salida de buses (línea verde) y del estacionamiento vehicular particular (línea roja). Coloma, 2022.

La Tabla 8 representa la unión de los dos puntos del terminal terrestre de las mediciones de las concentraciones de CO₂ al ambiente antes y después de colocar la valla publicitaria impregnada TiO₂ para los diferentes intervalos (Figura 24).

Tabla 8. Diferencia de los dos tratamientos en los distintos intervalos.

Tratamientos	Horario						
	8:00 a.m	8:10 a.m	8:20 a.m	8:30 a.m	8:40 a.m	8:50 a.m	9:00 a.m
Sin vallas	620 ppm	486 ppm	479 ppm	488 ppm	514 ppm	504 ppm	477 ppm
Sin vallas	616 ppm	483 ppm	472 ppm	454 ppm	457 ppm	505 ppm	462 ppm
Sin vallas	625 ppm	486 ppm	485 ppm	477 ppm	520 ppm	505 ppm	462 ppm
Sin vallas	585 ppm	500 ppm	518 ppm	500 ppm	511 ppm	536 ppm	505 ppm
Sin vallas	592 ppm	482 ppm	492 ppm	480 ppm	482 ppm	492 ppm	482 ppm
Sin vallas	605 ppm	523 ppm	545 ppm	472 ppm	515 ppm	511 ppm	525 ppm
Sin vallas	606 ppm	556 ppm	490 ppm	510 ppm	540 ppm	545 ppm	515 ppm
Sin vallas	535 ppm	530 ppm	539 ppm	664 ppm	645 ppm	515 ppm	556 ppm
Sin vallas	661 ppm	505 ppm	590 ppm	485 ppm	545 ppm	530 ppm	497 ppm
Sin vallas	559 ppm	510 ppm	537 ppm	524 ppm	596 ppm	536 ppm	576 ppm
Sin vallas	645 ppm	545 ppm	612 ppm	594 ppm	714 ppm	570 ppm	544 ppm
Sin vallas	524 ppm	501 ppm	503 ppm	548 ppm	532 ppm	500 ppm	550 ppm
Con vallas	490 ppm	476 ppm	445 ppm	457 ppm	442 ppm	440 ppm	444 ppm
Con vallas	473 ppm	466 ppm	457 ppm	444 ppm	435 ppm	449 ppm	448 ppm
Con vallas	480 ppm	456 ppm	462 ppm	471 ppm	441 ppm	483 ppm	460 ppm
Con vallas	464 ppm	445 ppm	451 ppm	450 ppm	439 ppm	468 ppm	440 ppm
Con vallas	485 ppm	472 ppm	479 ppm	463 ppm	470 ppm	473 ppm	479 ppm
Con vallas	492 ppm	449 ppm	435 ppm	448 ppm	463 ppm	450 ppm	449 ppm
Con vallas	466 ppm	485 ppm	478 ppm	473 ppm	481 ppm	494 ppm	476 ppm
Con vallas	488 ppm	463 ppm	471 ppm	470 ppm	480 ppm	467 ppm	492 ppm
Con vallas	482 ppm	466 ppm	474 ppm	476 ppm	469 ppm	457 ppm	463 ppm
Con vallas	486 ppm	488 ppm	473 ppm	471 ppm	474 ppm	471 ppm	524 ppm
Con vallas	465 ppm	468 ppm	475 ppm	508 ppm	510 ppm	495 ppm	496 ppm
Con vallas	488 ppm	476 ppm	450 ppm	470 ppm	466 ppm	452 ppm	458 ppm

Coloma, 2022

La Tabla 9 se muestra el promedio general de los dos tratamientos utilizados en las mediciones de las concentraciones de CO₂ tanto de la entrada y salida de buses provinciales como del estacionamiento de vehículos particulares del terminal terrestre de Guayaquil, donde se puede ver la diferencia del aumento y la reducción de CO₂.

Tabla 9. Promedio general de los dos puntos de las mediciones de las concentraciones de CO₂.

Tratamientos	Horario						
	8:00 a.m.	8:10 a.m.	8:20 a.m.	8:30 a.m.	8:40 a.m.	8:50 a.m.	9:00 a.m.
Sin vallas	492 ppm	430 ppm	446 ppm	441 ppm	469 ppm	438 ppm	439 ppm
Con vallas	485 ppm	424 ppm	440 ppm	436 ppm	465 ppm	430 ppm	433 ppm

Coloma, 2022

En la Figura 25 muestra la diferencia del promedio total general tanto de la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales como del estacionamiento de vehículos particulares, donde se puede ver las curvas de las diferentes líneas del aumento y de la reducción en cada intervalo.

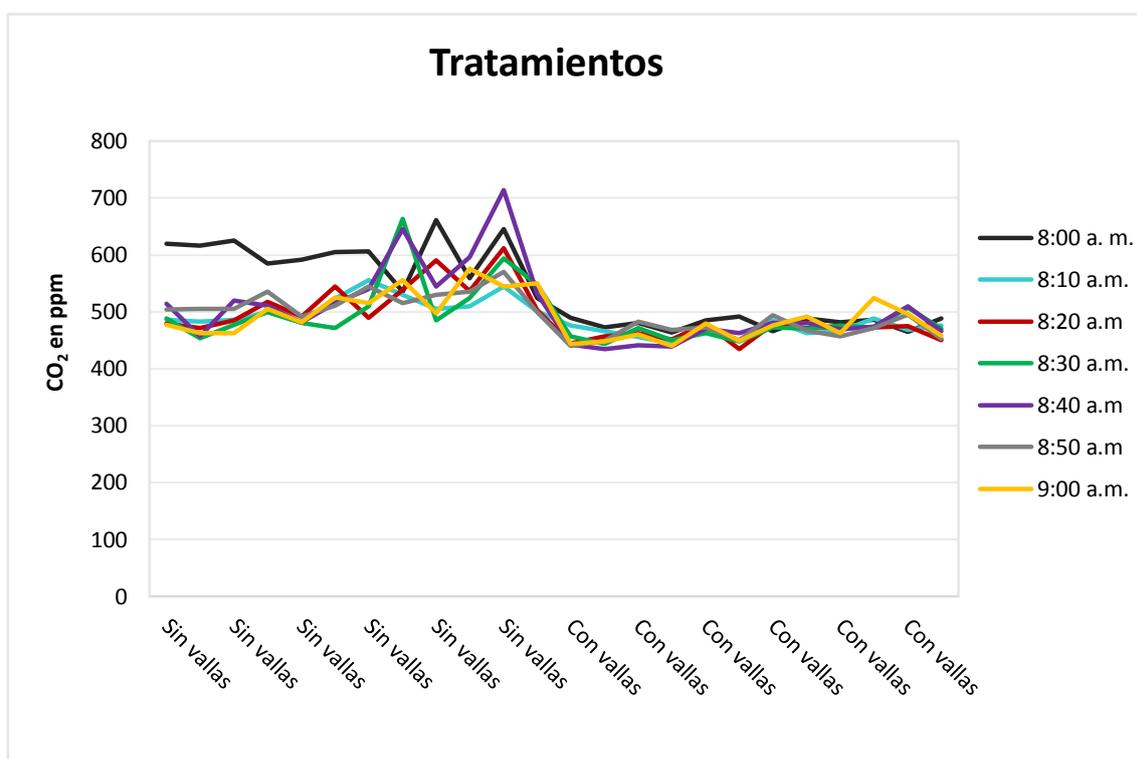


Figura 24. Aumento y reducción de las concentraciones de CO₂ en los diferentes intervalos.

Coloma, 2022

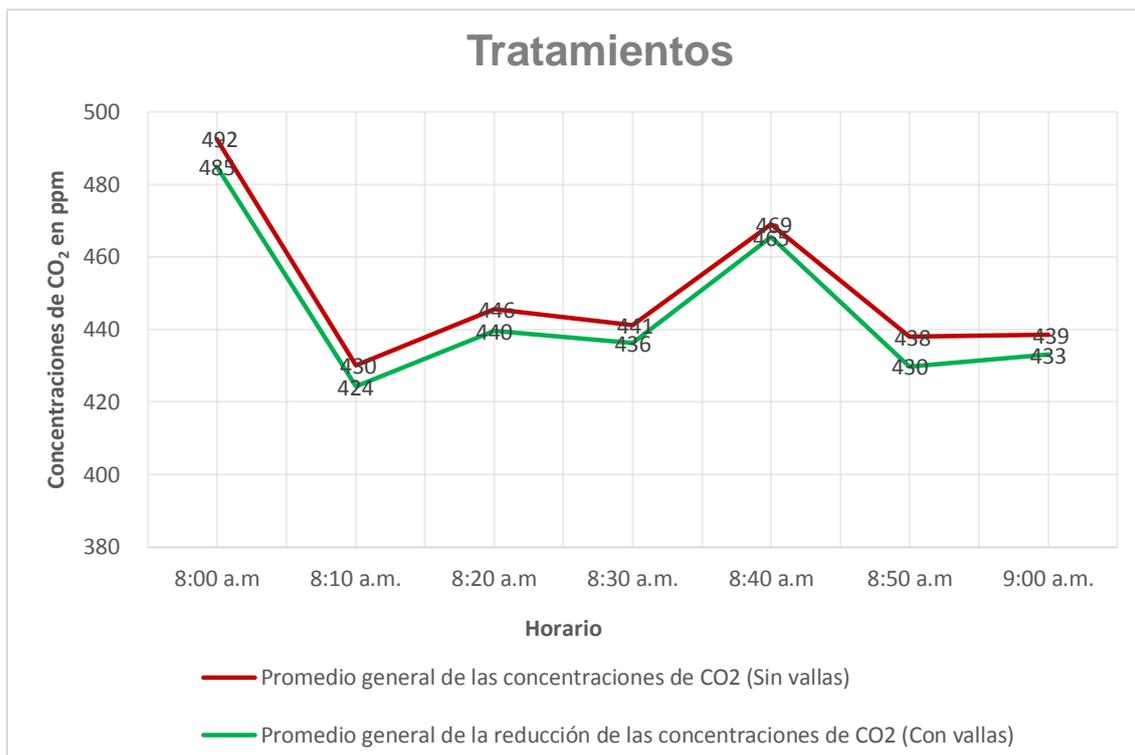


Figura 25. Aumento sin vallas de color rojo y de la reducción con vallas de color verde de las concentraciones de CO₂. Coloma, 2022

La Tabla 10 representa el T-Student donde demuestra la diferencia total de los distintos intervalos de las mediciones de las concentraciones de CO₂ al ambiente, utilizando los dos tratamientos con y sin vallas publicitaria impregnada con TiO₂.

Tabla 10. Diferencia de la prueba estadística T-Student.

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Horario a.m.	n1	n2	Media 1	Media 2	pHomVar	T	p-Valor
Sin vallas	Con vallas	08:00	12	12	597,75	479,92	0,0001	- 9,53	0,0001
Sin vallas	Con vallas	08:10	12	12	508,92	467,50	0,0456	- 5,11	0,0001
Sin vallas	Con vallas	08:20	12	12	521,83	462,50	0,0009	- 4,39	0,0007
Sin vallas	Con vallas	08:30	12	12	516,33	466,75	0,0002	- 2,75	0,0165
Sin vallas	Con vallas	08:40	12	12	547,58	464,58	0,0005	- 3,85	0,0020
Sin vallas	Con vallas	08:50	12	12	520,75	466,58	0,4236	- 6,48	0,0001
Sin vallas	Con vallas	09:00	12	12	512,58	469,08	0,1821	- 3,29	0,0033

Coloma, 2022

4.3 Propuesta de medidas de mitigación para la disminución de las emisiones de CO₂ en el terminal terrestre de Guayaquil.

Introducción

Reducir las emisiones de CO₂, es el principal objetivo del terminal terrestre de Guayaquil, ya que es una vía muy transitada por diferentes automotores y está pendiente del exceso de las emisiones de dióxido de carbono. Debido que existe una relación directa entre las temperaturas medias y la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, la clave para solucionar el problema del cambio climático reside en la disminución de la cantidad de emisiones a la atmósfera y en especial la reducción de la concentración actual de dióxido de carbono (CO₂).

Las medidas para reducir las emisiones de GEI en el transporte a menudo están en conflicto con los intereses de uno u otro beneficiario. Las estrategias de mitigación en esta área pueden fallar si no toman en cuenta los intereses de los beneficiarios y ofrecen mejores formas de satisfacer las necesidades atendidas por el transporte. La elección de la estrategia

dependerá de las capacidades económicas y técnicas del país o región que se considere (Watson, Zinyowera y Moss, 2016).

En los gobiernos pueden marcar objetivos, pero actuar corresponde en última instancia a empresas, industria, transporte e instituciones y hogares, esta actuación debe estar encaminada a reducir las emisiones, frenar el aumento de las temperaturas y limitar el cambio climático y las medidas de mitigación para reducir el alcance del calentamiento global son cruciales. Por lo que, el Protocolo de Kyoto, el primer acuerdo internacional para hacer frente al cambio climático, estipula que los países industrializados, anteriormente industriales, son responsables de las mayores emisiones la fecha, deben actuar primero para frenar las emisiones. El IPCC indica que en el 2040 se alcance una cifra de 45 mil millones de toneladas métricas, si no se toma decisiones pronto de las concentraciones de CO₂ para combatir la contaminación en los automóviles, ya que es una fuente bastante utilizada y además una de las que más contamina (Benito, 2016).

En esta investigación técnica se describe y analiza las tecnologías y medidas para reducir las emisiones de gases de CO₂, a mediano y largo plazo, lo cual minimiza los impactos del cambio climático, por lo cual es necesario disminuir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

La cantidad en que es posible reducir las emisiones de GEI o mejorar el rendimiento, utilizando la tecnología del dióxido de titanio en todas las aplicaciones en que pueda adoptarse técnicamente, sin consideración de su costo y viabilidad, para la reducción de las emisiones que pueden lograrse en forma rentable, sin obstáculos al mercado, para realizar el potencial económico hacen falta apoyo político y medidas adicionales.

Alcance

Este proyecto se aplica para un desarrollo ecoeficiente, una propuesta donde se enfocará a reducir las emisiones provocado por el tráfico vehicular y su impacto ambiental, sino que se propondrán nuevas estrategias de la reducción de CO₂, a través de vallas ecológicas, lo cual permita fomentar el interés por el cuidado ambiental en la ciudad de Guayaquil.

Objetivo General

Definir la importancia que tiene la mitigación de las emisiones de CO₂ y la desintegración de toneladas de CO₂ generada por el transporte, el desarrollo con bajas emisiones de carbono mediante la puesta en práctica del proyecto.

Propuesta de mitigación

Para tener una idea de cuánto CO₂ genera cada vehículo, se han establecido estimaciones para cada tipo de transporte, lo que significa que 1 kilómetro en un coche normal de gasolina emite 150 gramos de CO₂, 1 kilómetro en un avión produce 180 gramos de CO₂, y 1 kilómetro en un autobús emite 30 gramos de CO₂.

La iniciativa surge en colocar vallas ecológicas tanto en el sector privado como público con el fin de disminuir las emisiones de CO₂, a través de las vallas se pretende tomar acciones de mitigación con producción más limpia, eficiente y un manejo sostenible, cada acción realizada a favor de la reducción, las organizaciones podrán identificar y mejorar los puntos críticos que poseen la ciudad, con el objetivo de tener un beneficio tanto ambiente y humano.

La metodología tiene la finalidad de aprovechar la energía solar y el dióxido de titanio, todo esto, está a nuestro alcance y podemos establecer las estrategias de las medidas para la disminución de las concentraciones de CO₂.

El terminal terrestre de Guayaquil debe diseñar una estrategia para entrar en el esquema provincial de reducción de las emisiones, por lo que se sugiere las siguientes medidas de mitigación:

Reducción de la velocidad en las rutas, están relacionadas al comportamiento de los conductores para implementar una medida de control periódico que garantice la reducción la velocidad de entre 90 y 130 km/h donde se podrían disminuir las emisiones de CO₂ entre 1,79% y 5,89%, acompañados de costos marginales estimados en función de los kilómetros recorridos.

Reducir de gases contaminantes mediante la aplicación de mejorar en el diámetro de los inyectores para una mayor atomización dentro del cilindro, y una mejor quema de mezcla aire y combustible.

Reducir las emisiones de gases contaminantes mediante sellos informativos impregnados de dióxido de titanio, para reducir la contaminación de CO₂ en vehículos con motores de combustión interna, híbridos, eléctricos que circulan en la ciudad.

Implementar el dióxido de titanio en pinturas para pintar las paredes externas de los hogares donde llegue la radiación solar y así contribuye a reducir los gases de CO₂ y así reducir las emisiones contaminantes con la implementación del uso de catalizadores en la ciudad.

Reciclar las vallas publicitarias normales y hacer su propio diseño de vallas fotocatalíticas, con mensajes del cuidado del planeta, que sean elaboradas con pinturas y TiO₂, y logre un proceso similar a la fotosíntesis de las plantas.

Establecer niveles límite de emisiones de CO₂ en el terminal terrestre de Guayaquil, estos límites pueden forzar a cambios dentro del terminal en especial un monitoreo constante en el estacionamiento de los vehículos particulares y la

entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales, incluso utilizar un gas natural como combustible para el transporte público.

Hacer uso del dióxido de titanio (TiO_2) en el pavimento de embarque y desembarque de los buses provinciales e interprovinciales incluso en todo el parqueadero de los vehículos particulares para reducir las concentraciones de CO_2 .

Impregnar el dióxido de titanio en las vallas publicitarias dentro y fuera del terminal terrestre ya que permite la radiación solar en el exterior y en interior accede a utilizar la iluminación eléctrica, también se puede colocar en el techo del terminal donde absorbe toda la radiación solar para disminuir las concentraciones de CO_2 .

Colocar vallas publicitarias impregnadas con TiO_2 a una altura y tamaño apropiado y a una distancia de 300 metros cada una, donde llegue la radiación UV-A, y en lugares donde haya mayor congestión vehicular para que permita desintegrar el dióxido de carbono (CO_2).

Utilizar filtros de dióxido de titanio para los automotores, usar vallas externas impregnadas con TiO_2 para buses y camiones durante su recorrido para poder mejorar la calidad del aire. También se puede usar el dióxido de titanio en superficies planas ya sea en el pavimento, paredes, adoquines, techos, donde haya radiación solar o iluminación en parte exterior e interior.

5. Discusión

Analizando los resultados se observó que al medir las concentraciones de CO₂ al ambiente por un mes durante una hora diaria de 08:00 a 09:00 am con un intervalo de 10 minutos de lunes a sábado, se pudo ver que en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales la congestión no es constante, debido a que varía instantáneamente, y se contabilizó que en una hora transitan alrededor de 450 buses, lo que provocó que tenga una concentración de 510 ppm de CO₂, mientras que el estacionamiento de vehículos particulares la congestión es constante, por lo que igualmente en una hora se contabilizó alrededor de 1000 vehículos particulares, teniendo concentraciones de 554 ppm de CO₂.

Según la revista "The Guardian" en el 2021 la concentración de CO₂ en la atmósfera oscila entre 400 y 450 ppm Vaughan (2021) lo que significa que en el terminal de Guayaquil existe un exceso en la concentración de CO₂ de entre 110 y 154 ppm debido a que es un sector de alto flujo vehicular.

Con los datos obtenidos se evidencia que, colocando la valla publicitaria impregnada con TiO₂ de un 1m², se logró reducir 64 ppm de CO₂, es decir el 12% de las emisiones totales, lo que significa una aportación favorable para el terminal terrestre, de esta manera, se contribuye a un menor impacto en las emisiones.

En comparativa con lo analizado NASA (2015) obtuvo una reducción de CO₂ del 85% mediante fotocátalisis, utilizando una valla impregnada de TiO₂ con un área de 1000m² en el centro urbano de la ciudad de Madrid, la diferencia del porcentaje de reducción de CO₂ con analizado NASA (2015), se debe que al área de dimensión de la valla es mayor, por ende, absorbe de mejor manera el CO₂,

mientras que una valla de 1m^2 no es tan eficiente, pero a pesar de su dimensión se tuvo un porcentaje favorable.

De modo similar, en la ciudad de Bogotá Carmona (2021) colocó una valla de $6 \times 3\text{m}^2$, dándole como resultado 24, 5% de las reducciones totales de CO_2 , para la valla se usaron dos capas de pintura mezcladas con cal, goma y TiO_2 , con lo comparando podemos ver que la eficiencia de nuestra valla fotocatalítica está por debajo de las mencionadas anteriormente, esto se debe a que en Guayaquil se usó una valla de 1m^2 , solamente usando goma, agua y TiO_2 , lo cual indica, que el tamaño y los materiales de fabricación de las vallas influyen en tener mejores resultados en la reducción de las concentraciones de CO_2 .

6. Conclusiones

El presente trabajo investigativo se concluyó que, al medir las concentraciones de CO₂ en el terminal terrestre con mayor congestión vehicular, se visualizó que en la entrada y salida de los buses provinciales e interprovinciales las emisiones fueron de 510 ppm de CO₂ mientras que en el estacionamiento de vehículos particulares fue de 554 ppm de CO₂, teniendo así un total de 1064 ppm de CO₂, demostrando que el terminal terrestre tiene una excesiva demanda de vehículos, debido que es una vía principal donde transitan muchos automotores, y la cantidad de gases provoca efectos dañinos para la salud y al ambiente.

Una vez que se ha colocado la valla publicitaria impregnada con el dióxido de titanio expuesta a la radiación solar, la reducción de las concentraciones de CO₂ fue del 12%. Gracias a este método que es accesible económicamente y sencillo para realizar la fotocatalisis. Este proceso, en teoría, no se agota en el tiempo, ya que el catalizador no se modifica químicamente, siempre y cuando la superficie mantenga sus propiedades originales, ya que con esto ayuda a la mitigación en el terminal terrestre de Guayaquil y permitirá mejorar el ambiente. Además de conllevar la limpieza del aire que la rodea de gases de CO₂, les atribuye paralelamente, también otras características como la de autolimpieza.

La evidencia presentada en este estudio muestra que, en la ciudad de Guayaquil, se circunscribe básicamente en una decisión política para reducir la contaminación atmosférica especialmente de las emisiones de CO₂, cuya decisión resulta difícil. Por ello, se vienen analizando desarrollos tecnológicos para las emisiones que están a nuestro alcance, y así ayudar a aportar soluciones a este dilema.

7. Recomendaciones

Promover la creación de bases de datos fiables sobre las concentraciones de CO₂ en el sistema de transporte urbano de la ciudad de Guayaquil.

Por lo cual, al reducir las emisiones de CO₂ en un porcentaje favorable, se sugiere en el terminal terrestre colocar vallas ecológicas, mucho más grande para que pueda descomponer mejor las sustancias contaminantes del aire, que a su vez sería como sembrar árboles, y de esta manera se aporte al equilibrio del ambiente y se contribuye a la reducción del efecto invernadero, y al cambio climático.

La colocación de vallas publicitarias impregnadas con TiO₂ ha tenido efectos positivos en el terminal terrestre de Guayaquil, por lo que se sugiere emplear en la ciudad, donde haya mayor congestión vehicular y una dimensión mucho más significativa para que ayude a reducir las concentraciones de CO₂.

Implementar el dióxido de titanio TiO₂ en vallas, murales, pavimentos carrocerías, pinturas, ventanas y carreteras, para trabajar conjuntamente en las reducciones CO₂ y tener una mejor calidad de aire.

Tener un monitoreo constante de las emisiones de CO₂, tanto en las distintas fábricas y donde haya mayor congestión vehicular, para tener datos más precisos de la contaminación que provoca la flota vehicular al aire dentro de la ciudad de Guayaquil.

Realizar nuevos estudios aplicando el dióxido de titanio TiO₂ para reducir la contaminación en: óxido de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COVs) y material particulado.

8. Bibliografía:

- Acuerdo Ministerial 097-A. (4 de noviembre de 2015). *Reforma texto unificado legislación secundaria, medio ambiente, libro VI*. Recuperado de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-61.pdf>
- Alcántara, T., y Mirasol, J. (2008). *Catalizadores para la protección del medio ambiente*. Recuperado de https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/2521/07cordero_rodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aleman, J. (2018). *Estudio de la reducción electrocatalítica de CO₂ en medio no acuoso mediante electrosos semiconductores modificados con nanoarreglos bimetalicos de Ag/Cu*. Recuperado de https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/371/1/Estudio%20de%20la%20reducci%C3%B3n%20electrocatal%C3%ADtica%20de%20CO2%20en%20medio%20no%20acuoso%20mediante%20electrosos%20semiconductores%20modificados%20con%20nanoarreglos%20bimetalicos%20de%20AgCu_rees.pdf
- Ballesteros, H., y Aristizábal, G. (2007). *Información técnica sobre gases efecto invernadero y el cambio climático*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>
- Barzallo, O. (2012). *Incorporar en la ley de la gestión ambiental una norma que permita controlar el uso de las vallas publicitarias*. (Tesis pregrado). Recuperado de

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/3648/1/OCHOA%20BARZALLO%20OLGA%20ELIZABETH.pdf>

Becerra, M., y Mance, H. (2007). *Cambio climático: lo que esta en juego*.

Recuperado de <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/07216.pdf>

Bedoya, V. (2016, marzo). *Estimación de las emisiones de CO₂ desde la perspectiva de la demanda de transporte en Medellín*. Recuperado de

<https://www.redalyc.org/pdf/3330/333047931017.pdf>

Benito, Y. (2016). *CO₂ y Cambio Climático*. Recuperado de

<https://www.programainvestiga.org/pdf/guias2016->

[17/Guia%20introdutoria%20al%20tema%20CO2%20y%20cambio%20climatico.pdf](https://www.programainvestiga.org/pdf/guias2016-17/Guia%20introdutoria%20al%20tema%20CO2%20y%20cambio%20climatico.pdf)

Betancur, C., Hernández, V., y Buitrago, R. (2016). *Nanopartículas para materiales antibacterianos*. Recuperado de

<http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v35n4/ibi09416.pdf>

Burgess, M., Ritchie, J., Shapland, J., y Pielke, R. (2020). *IPCC baseline scenarios over-project CO₂ emissions and economic growth*. Recuperado de

https://www.researchgate.net/profile/Matthew-Burgess-2/publication/339351129_IPCC_baseline_scenarios_have_over-projected_CO2_emissions_and_economic_growth/links/5f2c20e4a6fdcc43ad9c5b/IPCC-baseline-scenarios-have-over-projected-CO2-emissions-and-economi

Cadenas, C. (s.f.). *Carácter global del cambio climático*. Recuperado de

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/38711/TCMC.pdf?sequence=1>

Cambio climático. Manual de ciudadanía ambiental global (s.f.) . Recuperado de <https://www.eird.org/publicaciones/doc16967-6.pdf>

Carmona, M. (12 de septiembre de 2021). *Vallas publicitarias de absorber CO₂: la nueva apuesta del Banco de Bogota*. Recuperado de <https://revistapym.com.co/comunicacion/vallas-publicitarias-capaces-de-absorber-co2-la-nueva-apuesta-del-banco-de-bogota>

Castellanos, E. (2017). *Contaminación por emisiones de vehículos automotores*. Recuperado de https://sgccc.org.gt/wp-content/uploads/2017/05/11.-Emisiones-Vehiculos_05may17-2.pdf

COA. (12 de abril de 2017). *Código Organico del Ambiente*. Recuperado de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

Conama. (2012). *Guía Práctica de la Fotocatálisis Aplicada a Infraestructuras urbanas*. Recuperado de <http://www.conama2012.conama.org/conama10/download/files/conama11/CT%202010/1896706311.pdf>

Constitución de la República del Ecuador . (20 de octubre de 2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008*. Recuperado de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Cordero, G. (2012). *El cambio climático. Ciencia y sociedad*, 37(2), 229-231. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024179004.pdf>

Coruña, A. (2016). *Troposfera portal temático de contaminación atmosférica*. Recuperado de <https://www.troposfera.org/conceptos/calidad-aire/>

- El Telégrafo. (30 de mayo de 2016). *Toneladas de contaminación de CO₂ en Guayaquil*. Recuperado de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/10/36-8-toneladas-de-co2-se-generan-anualmente-en-guayaquil>
- Espinoza, L. (2016). *Decoloración de rojo de metilo en medio ácido por adsorción y fotocatalisis en un material compuesto de óxido de grafito reducido y dióxido de titanio*. (Tesis de pregrado). Recuperado de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lnm/antonio_cadena_jm/capitulo4.pdf
- Fernández, J. (2016). *Study of the applicability of TiO₂ as a decontaminating agent over treated metal surfaces*. Recuperado de <https://www.scielo.cl/pdf/rconst/v15n2/art10.pdf>
- Fotocatalisis: la opción descontaminante en materiales de construcción. (2018). Revista *hormigón especial* Recuperado de <https://www.hormigonespecial.com/blog/?p=370>
- García, L. (2016). *Materiales fotocatalíticos y sus aplicaciones en construcción*.(Tesis de maestría) Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/84141/Mem%C3%B2ria_LisbonaLucia%20Espiga.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gelover, S., y Montes, A. (s.f.). *Eliminación de contaminantes orgánicos emergentes mediante fotocatalisis heterogénea con TiO₂, empleando luz solar*. Recuperado de <http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1386/TC-1307.1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Gemert, D. (2011). *Aplicaciones de la fotocatalisis de dióxido de titanio a materiales de construcción: Informe de vanguardia del Comité Técnico de RILEM 194-TDP*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/321611899_Applications_of_Titanium_Dioxide_Photocatalysis_to_Construction_Materials_State-of-the-Art_Report_of_the_RILEM_Technical_Committee_194-TDP
- Gil, H. (2017). *Vallas Publicitarias que son catalizadores para limpiar el aire de NOx*. Recuperado de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/vallas-publicitarias-son-catalizadores-limpiar-aire-nox/20170324174514013983.html>
- Guerrini, G., Crespo R., y Jurado R. (2016, diciembre). *Uso de cementos fotocatalíticos para vías urbanas con altos volúmenes de tránsito*. Recuperado de <https://www.riarte.es/bitstream/handle/20.500.12251/627/ALZADA%20113%20DICIEMBRE-16.%20pp.%2054-59.%20Uso%20de%20cementos%20fotocatal%c3%adticos%20para%20v%c3%adas%20urbanas%20con%20altos%20vol%c3%bamenes%20de%20tr%c3%a1nsito.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Greenpeace. (2009). *Imágenes y datos: Así nos afecta el cambio climático*. Recuperado de <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/11/GP-cambio-climatico-LR.pdf>
- Higuera, P. (1995). *Estado del conocimiento sobre las partículas del intercambio de dióxido de carbono (CO₂) entre el océano y atmósfera*. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021890/PARTICU>

LARIDADESDELINTERCAMBIODEDIOXIDODECARBONOCO₂ENTRE
ELOCEANOYLAATMOSFERA.pdf

INEC. (2010). *Población y Demografía*. Recuperado de
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

Instituto Geográfico Nacional. (2018). *Producción de CO₂*. Recuperado de
https://www.ign.es/espmap/mapas_conta_bach/pdf/Contam%20_mapa_04_texto.pdf

Izquierdo, M. (2016). *Fotocatálisis: nanomateriales para combatir la contaminación y obtener energía*. Recuperado de
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6164946>

LOTTTSV. (5 de mayo de 2017). *Ley Organica de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial*. Recuperado de
<https://www.correosdeecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/08/LEY-ORGANICA-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE.pdf>

Macias, A. (2018). *Estudio del efecto de los parámetros de síntesis sobre las propiedades físicoquímicas y fotocatalíticas de sistemas Pt-F-TiO₂*. (Tesis de maestría) Recuperado de
<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2496/1/TGT-1185.pdf>

Mendieta, N. (2018). *Estudio de la reducción de CO₂ y la degradación sonofotocatalítica de contaminantes sobre óxidos de metales de transición* (Tesis de doctorado). Recuperado de
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/86889>

Montero, J. (2018). *La contaminación atmosférica por fuentes móviles*. (Tesis de grado). Recuperado de

- <http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3912/1/CONTAMINACION%20ATMOSFERICA.pdf>
- NASA. (2015). *Pureti soluciones sostenible por un mundo limpio*. Recuperado de <https://pureti.es/wp-content/uploads/2016/05/Pureti-Shiseido.pdf>
- NOAA. (2021). *Noticias de investigación de NOAA*. Recuperado de <https://research.noaa.gov/article/ArtMID/587/ArticleID/2764/Coronavirus-response-barely-slows-rising-carbon-dioxide>
- Ordóñez, J. (2015). *Plan integral para concienciar a transportistas sobre el manejo adecuado de recursos en el mantenimiento de las unidades de transporte en la ciudad de Guayaquil*. (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11116/1/Jos%C3%A9%20Aguirre%20%20TESIS%20FINAL%2005-10-15.pdf>
- Pérez, M. (2019). *Boletín del grupo español del carbón*. Recuperado de http://www.gecarbon.org/Boletines/Boletin/BoletinGEC_053.pdf
- Planelles, M. (2019). *Cumbre de clima CO₂*. Recuperado de <https://elpais.com/especiales/2019/el-co2-en-el-cambio-climatico/>
- Querol, X. (2011). *La calidad del aire en las ciudades*. Recuperado de <http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-reto-mundial.pdf>
- Quinteros, E., y Meneses, A. (2010). *Estudio de factibilidad para la recepción de un centro de revisión vehicular y control de emisión de gases de escape, previa a la matriculación y prevención de la contaminación Ambiental*. (Tesis de pregrado) Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2227/3/05%20FECYT%20887%20ANTEPROYECTO%20Mayo2010.pdf>

- Ramírez, A.(2011). *Aplicación de la fotocatalisis de TiO₂ a materiales cementosos con fines de autolimpieza*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/226680949_Application_of_TiO₂_Photocatalysis_to_Cementitious_Materials_for_Self-Cleaning_Purposes](https://www.researchgate.net/publication/226680949_Application_of_TiO2_Photocatalysis_to_Cementitious_Materials_for_Self-Cleaning_Purposes)
- Rohde, R. (1896). *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. Philosophical Magazine and Journal of Science* 41(5), 240-250 Recuperado de https://www.rsc.org/images/Arrhenius1896_tcm18-173546.pdf
- Saavedra, C. (2020). *Cuantificación de dióxido en las rutas 21, 90 y 59 de la cooperativa de transporte urbano 10 de agosto, en la ciudad de Guayaquil*. (Tesis de pregrado) Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49960/1/CUANTIFICACION%20DE%20DI%20XIDO%20DE%20CARBONO%20EN%20LAS%20RUTAS%2021.pdf>
- Sánchez, L., y Reyes, O. (2015). *Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/S1501265_es.pdf
- Sanmartín, R. (2019). *Desarrollo de recubrimientos basados en óxidos metálicos*. (Tesis de maestría) Recuperado de <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/2454/33721/1/Memoria%20TFM%20Ricardo%20MARTINEZ%20SANMARTIN.pdf>
- Tamiotti, L., y Olhof, A. (2009). *El comercio y el cambio climático*. Recuperado de

https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/trade_climate_change_s.pdf

Ugarteburu, A. (2017). *Optimization of the application of photocatalytic nanoparticles*. (Tesis de maestría) Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26094/TFM-AnderElkoro.pdf?sequence=1>

Universidad Nacional de Colombia. (2017). *Aditivo con dióxido de titanio podría absorber contaminantes*. Recuperado de <https://minas.medellin.unal.edu.co/noticias/facultad/1565-aditivo-con-dioxido-de-titanio-podria-absorber-contaminantes>

Vaughan, A. (2021). *Los niveles globales de dióxido de carbono superan el hito de 400 ppm* Aditivo con dióxido de titanio podría absorber contaminantes. Recuperado de <https://www.theguardian.com/environment/2015/may/06/global-carbon-dioxide-levels-break-400ppm-milestone>

Verdugo, L., y Villar, J. (2020). *Efecto de la adición de dióxido de titanio en las propiedades mecánicas y de durabilidad en materiales a base de cemento*. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24943/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20FINAL%20-%20Juan%20Diego%20Molina%20C%20Leidy%20Soranyi%20Rangel.pdf>

Watson, R., Zinyowera, M., y Moss, R. (2016). *Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático*. Recuperado de <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-l-sp.pdf>

Zhang, Y. (2018). *El calentamiento del sistema climático es inequívoco”: Aspectos más destacados del cuarto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático.* Recuperado de <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-calentamiento-del-sistema-climatico-es-inequivocoaspectos-mas-destacados-del-cuarto-informe-de>

9. Anexos:



Figura 1. Mapa de ubicación
Google maps, 2021

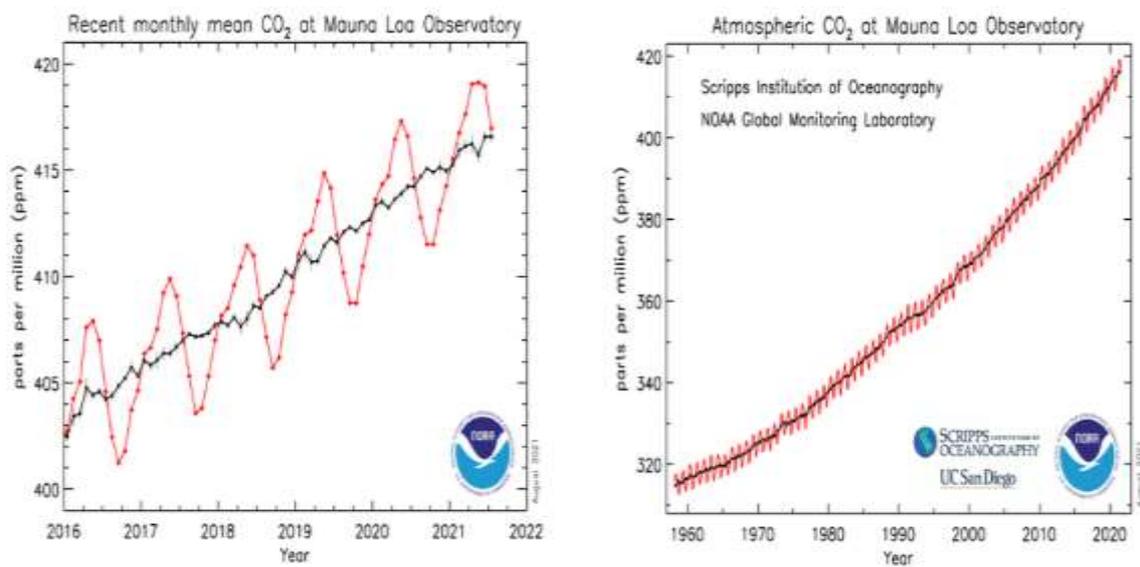


Figura 2. Registro de CO₂ atmosférico
NOAA, 2021

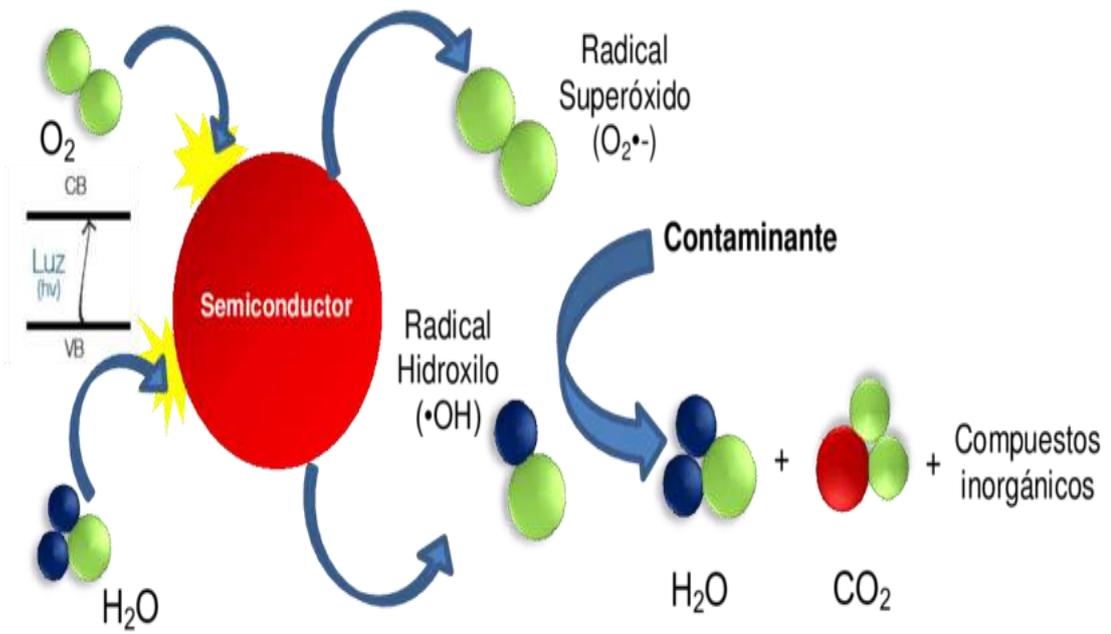


Figura 3. Fotocatálisis heterogénea
Izquierdo, 2016

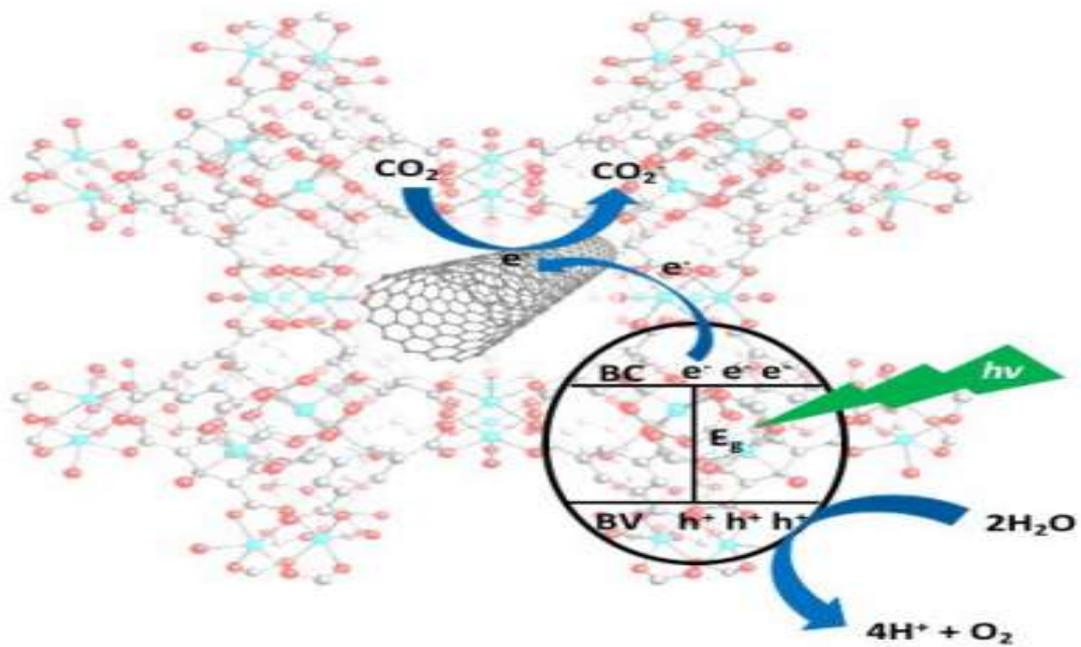


Figura 4. Reacción catalítica
Pérez, 2019



Figura 5. Mezcla de agua, TiO_2 y goma.
Coloma, 2021



Figura 6. Valla publicitaria
Coloma, 2021

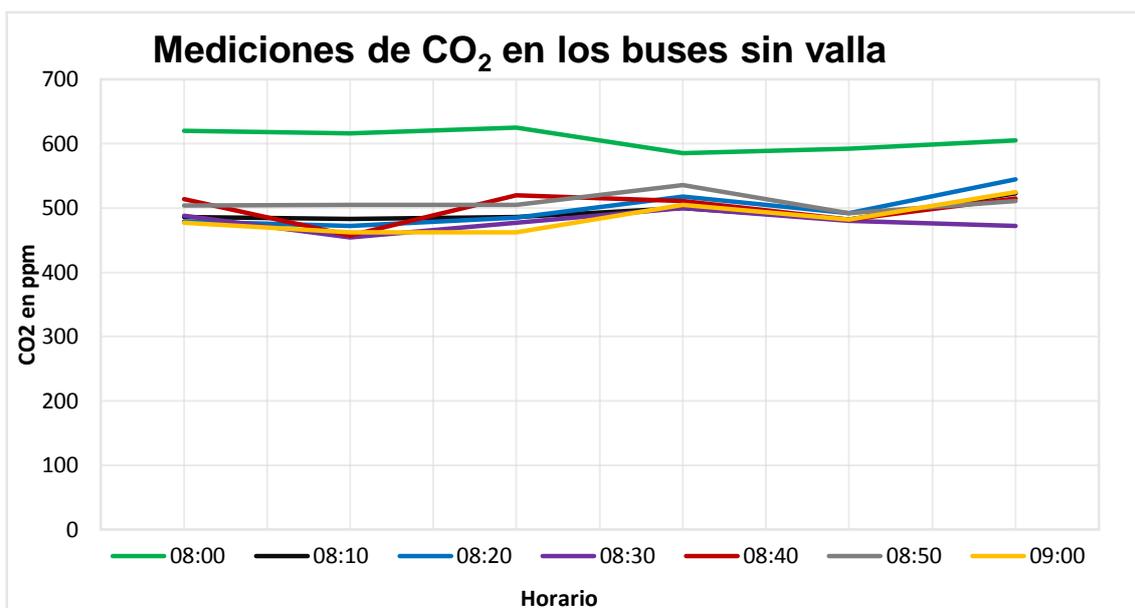


Figura 7. Mediciones de CO₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales sin colocar la valla publicitaria. Coloma, 2022

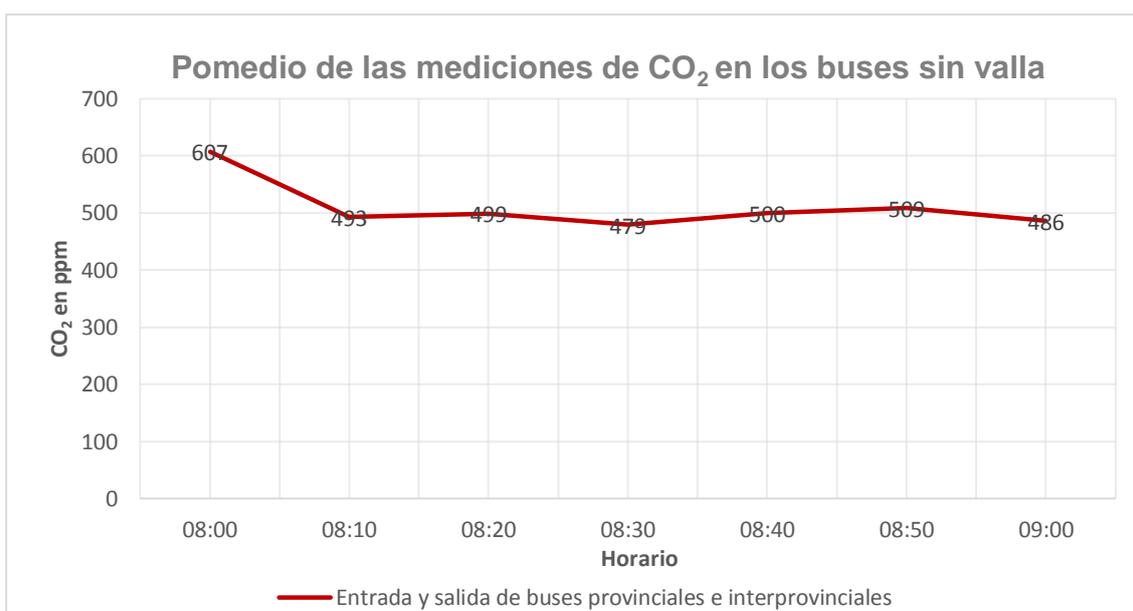


Figura 8. Promedio de las mediciones de CO₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales sin colocar la valla publicitaria. Coloma, 2022

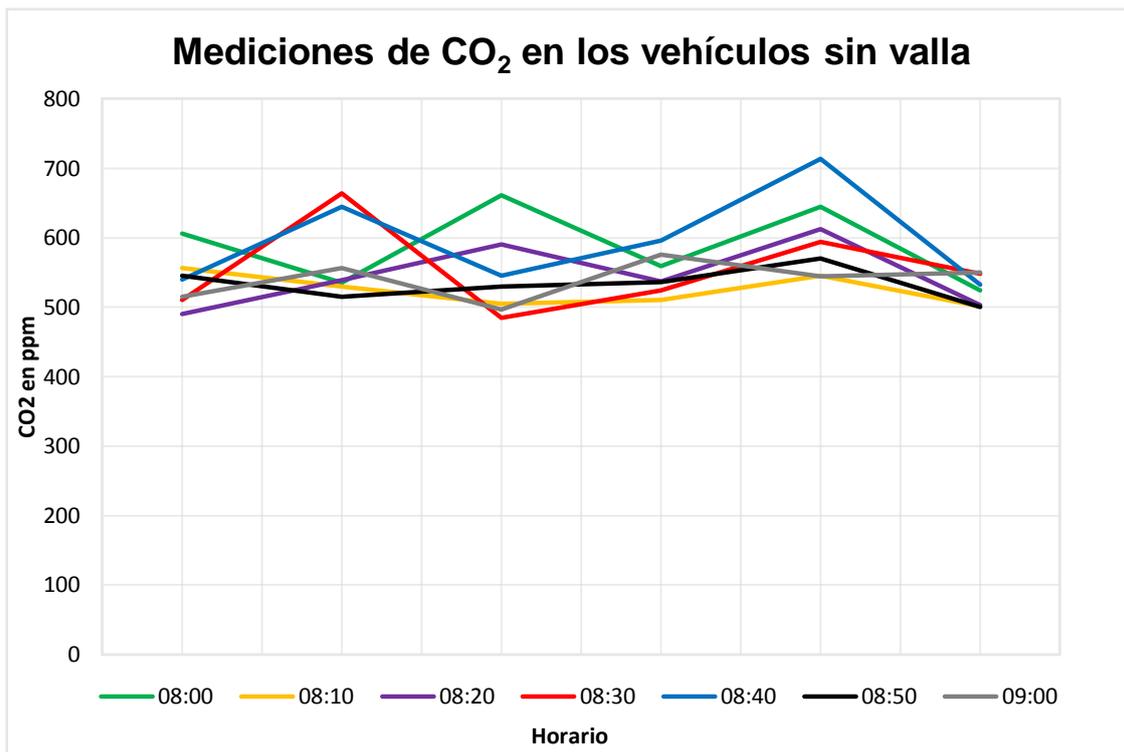


Figura 9. Mediciones de CO₂ del estacionamiento de vehículos particulares sin colocar la valla publicitaria. Coloma, 2022

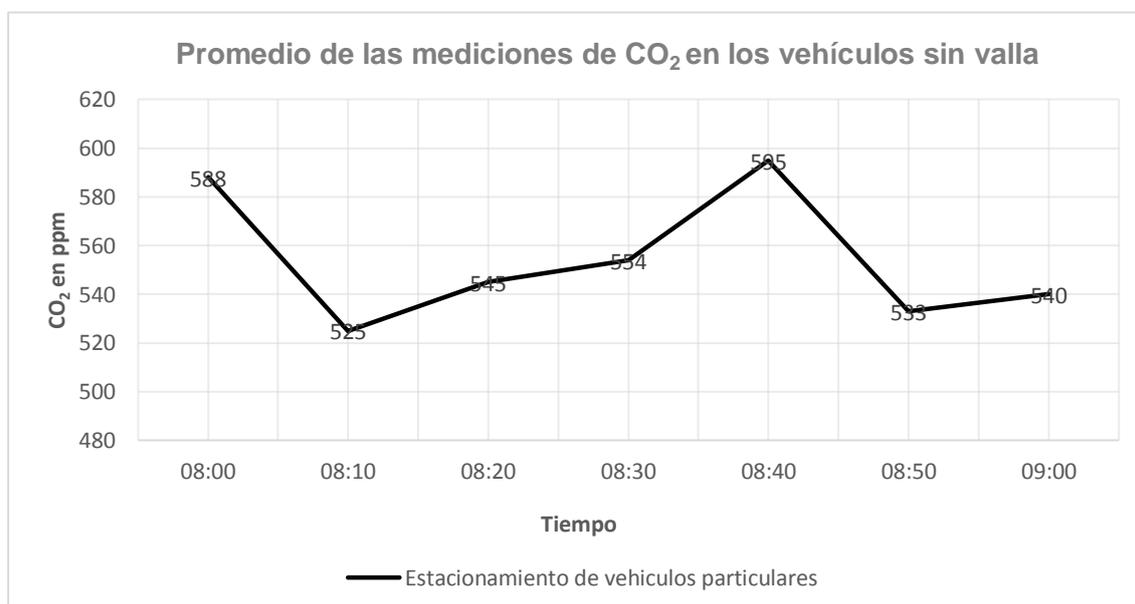


Figura 10. Promedio de las mediciones de CO₂ del estacionamiento de vehículos particulares sin colocar la valla publicitaria. Coloma, 2022

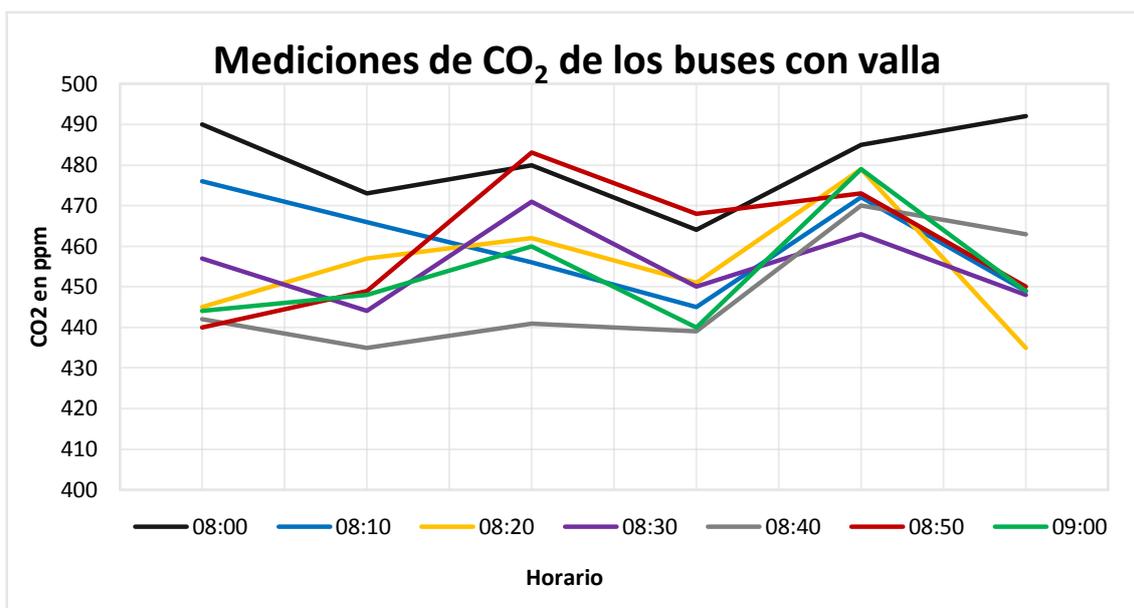


Figura 11. Mediciones de CO₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales colocando la valla publicitaria. Coloma, 2022

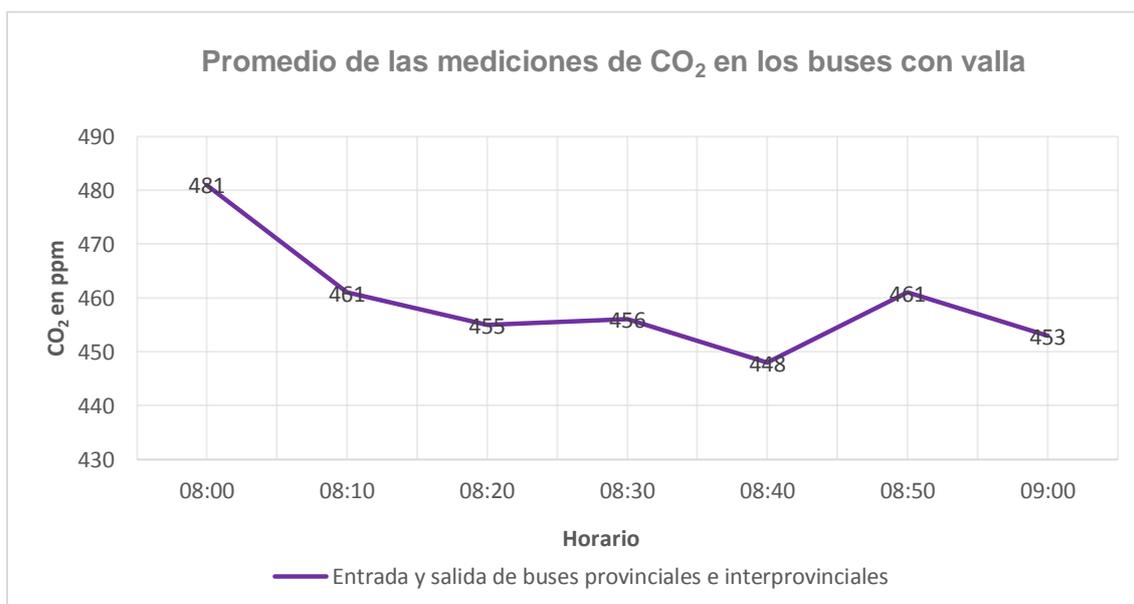


Figura 12. Promedio de las mediciones de CO₂ en la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales colocando la valla publicitaria. Coloma, 2022

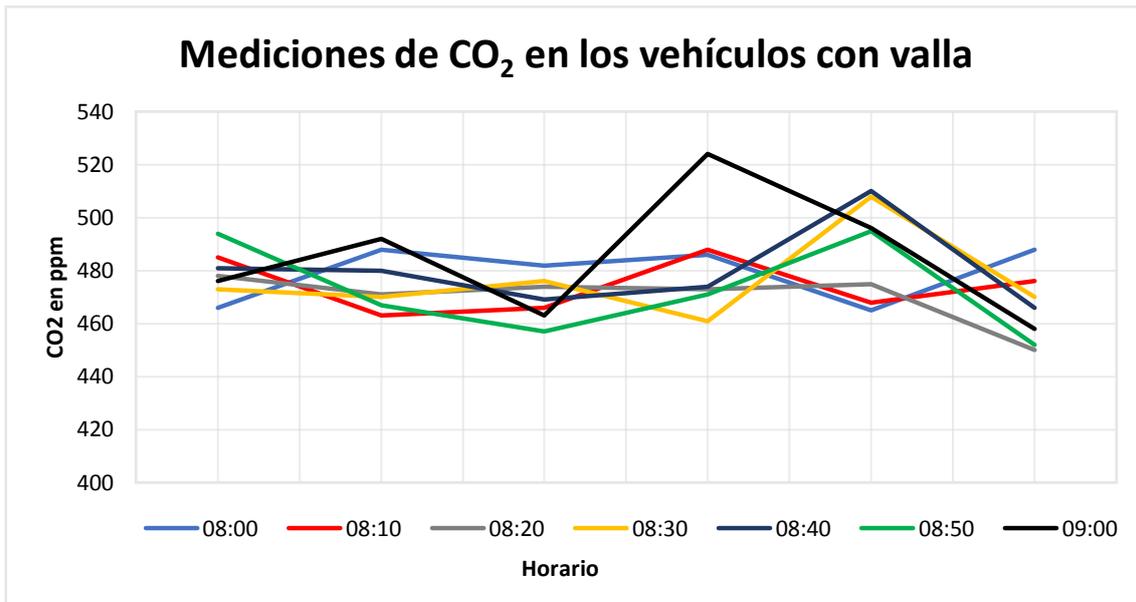


Figura 13. Mediciones de CO₂ en el estacionamiento de vehículos particulares colocando la valla publicitaria. Coloma, 2022

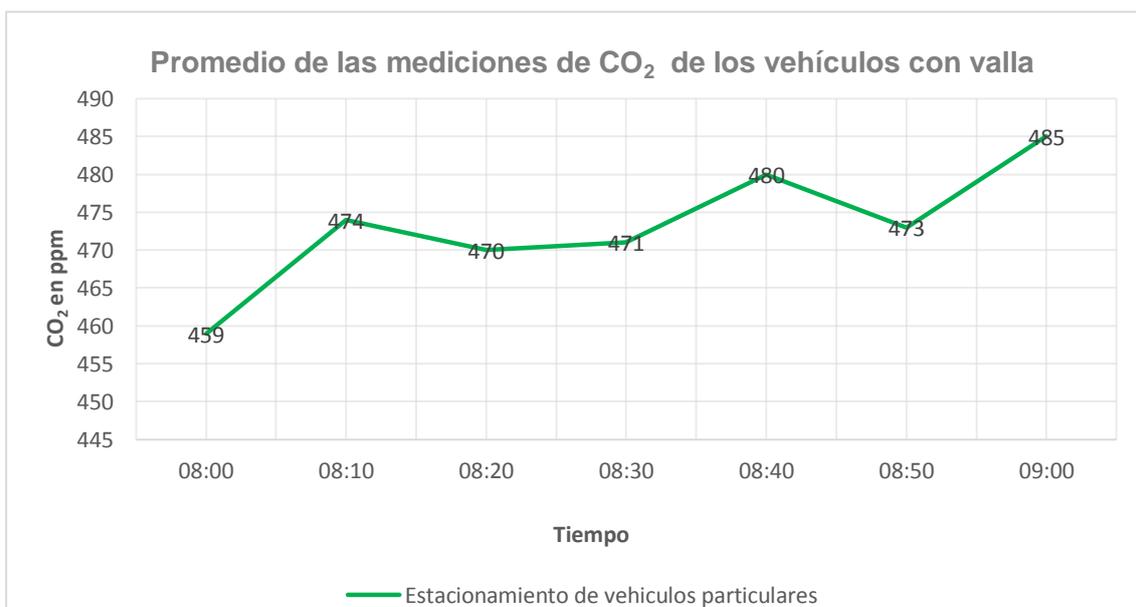


Figura 14. Promedio de las mediciones de CO₂ en el estacionamiento de vehículos particulares colocando la valla publicitaria. Coloma, 2022

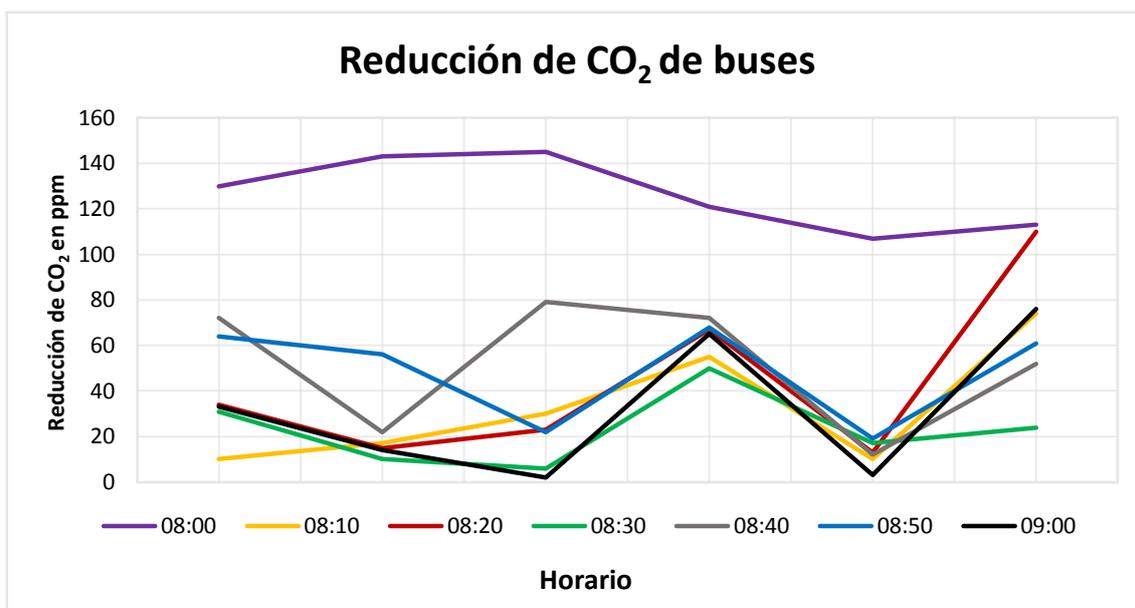


Figura 19. Reducción de CO₂ de la entrada y salida de buses provinciales e interprovinciales. Coloma, 2022

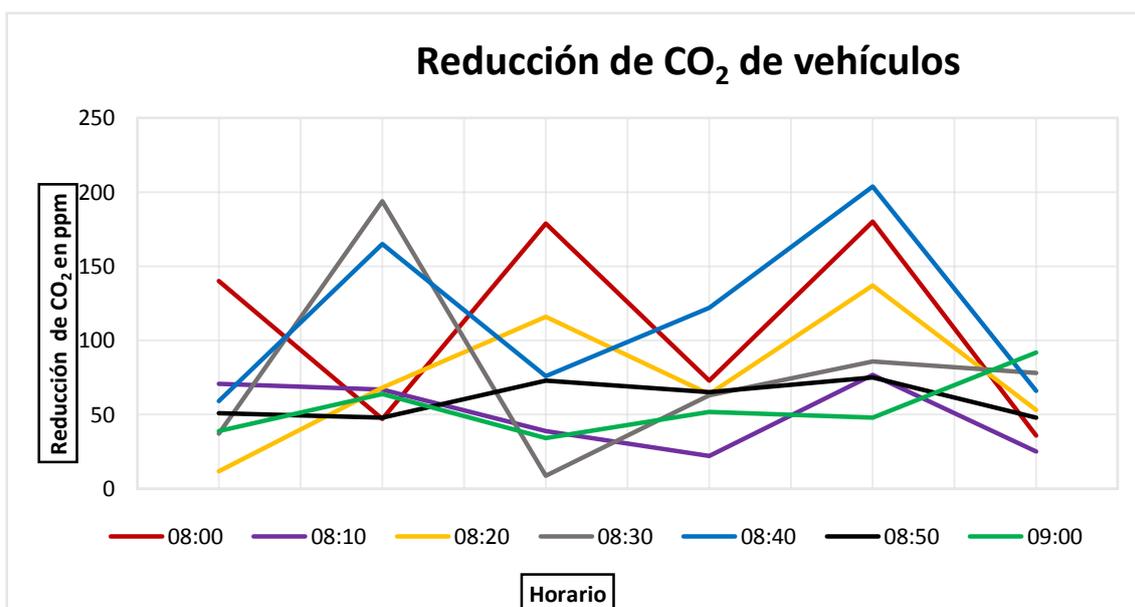


Figura 21. Reducción de CO₂ en el estacionamiento de vehículos particulares. Coloma, 2022



Figura 26. Dióxido de titanio (TiO₂)
Coloma, 2022



Figura 27. Equipo de medidor de gases.
Coloma, 2022



Figura 28. Congestionamiento vehicular en el estacionamiento de vehículos particulares.
Coloma, 2022



Figura 29. Mediciones de CO₂ en la salida de buses.
Coloma, 2022



Figura 30. Mediciones de CO₂ con la valla publicitaria en la salida de buses. Coloma, 2022



Figura 31. Mediciones de CO₂ en el estacionamiento de vehículos particulares. Coloma, 2022



Figura 32. Mediciones de CO₂ con la valla publicitaria en el estacionamiento de vehículos.
Coloma, 2022