



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TEMA: EVALUACIÓN DE EMISIONES DE VEHÍCULOS POR MEDIO DE
MEDIDORES DE CALIDAD DE AIRE DE BAJO COSTO**

**AUTORES: TAPIA TANICUCHI MARCO VINICIO
URRESTA BELTRAN SANTIAGO ISRAEL**

DIRECTOR: ING. FAUSTO EDUARDO TAPIA GUDIÑO MSc.

IBARRA, 2023

CERTIFICADO**ACEPTACIÓN DE DIRECTOR**

En calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de trabajo de grado cuyo título es "EVALUACIÓN DE EMISIONES DE VEHÍCULOS POR MEDIO DE MEDIDORES DE CALIDAD DE AIRE DE BAJO COSTO", presentado por el señor: TAPIA TANICUCHI MARCO VINICIO con número de cédula 0401877725, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra a los 28 días del mes de marzo del 2023.

Atentamente



Ing. Fausto Tapia, MSc

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

CERTIFICADO**ACEPTACIÓN DE DIRECTOR**

En calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de trabajo de grado cuyo título es "EVALUACIÓN DE EMISIONES DE VEHÍCULOS POR MEDIO DE MEDIDORES DE CALIDAD DE AIRE DE BAJO COSTO", presentado por el señor: URRESTA BELTRAN SANTIAGO ISRAEL con número de cédula 1003413018, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra a los 28 días del mes de marzo del 2023.

Atentamente



Ing. Fausto Tapia, MSc

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040187772-5
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tapia Tanicuchi Marco Vinicio
DIRECCIÓN:	La Libertad Barrio San Isidro
EMAIL:	mvtapiat@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL	0969372786
DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100341301-8
APELLIDOS Y NOMBRES:	Urresta Beltrán Santiago Israel
DIRECCIÓN:	Dalmau y General Enríquez
EMAIL:	siurrestab@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL	0993159839

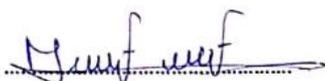
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de emisiones de vehículos por medio de medidores de calidad de aire de bajo costo
AUTOR (ES):	Tapia Tanicuchi Marco Vinicio - Urresta Beltrán Santiago Israel
FECHA: DD/MM/AAAA	28/03/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Fausto Tapia MSc.

2. CONSTANCIAS

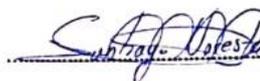
Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 08 días del mes de mayo del 2023

AUTORES:



Marco Vinicio Tapia Tanicuchi
0401877725



Santiago Israel Urresta Beltrán
1003413018

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado es dedicado con mucho amor y entusiasmo a mis padres, Edwin Urresta y Mónica Beltrán, quienes han sido el pilar fundamental a lo largo de todo este trayecto universitario; han sabido guiarme, apoyarme e inculcarme los principios que me han llevado a ser la persona quien soy y por quienes hoy todo ese esfuerzo brindado se ve reflejado en mi culminación de la carrera Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

Santiago Urresta

A Dios por el regalo de la vida y llenarla de bendiciones.

A mi papá Luis Enrique y a mi mamá María Eloina por su infinito amor y apoyo incondicional durante los buenos y los malos momentos de mi vida.

A mi esposa Verónica y a mi hija Sofía fuente de inspiración para cada día ser mejor ser humano.

A mis hermanos Arturo y Rodrigo por ser responsables de la culminación de mis estudios de tercer nivel.

Marco Tapia

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar con salud y vida mi carrera universitaria, a mis queridos padres que con su amor y sacrificio siempre me apoyaron, aun así, las circunstancias en ciertos momentos siendo desfavorables. Así mismo, agradezco a mis hermanos quienes con su apoyo lograron motivarme a seguir adelante y poder ser un ejemplo. Agradezco a la Srta. Josemir Pozo por brindarme su motivación, paciencia y amor a lo largo de este trayecto. Finalmente agradezco a todos mis familiares quienes estuvieron en altos y bajos, brindándome su apoyo moral.

Además, agradezco a la Universidad Técnica del Norte, la facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas y en especial a los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, por haberme forjado como profesional y gran ser humano.

Santiago Urresta

Agradezco infinitamente a mis padres por enseñarme el valor del esfuerzo y el trabajo honesto, por sus consejos y por su sabiduría que acompañado de la bendición del Todopoderoso me ha permitido convertirme en el profesional que soy ahora.

Gratitud hacia mis hermanos por el apoyo brindado durante gran parte de mi carrera académica y profesional, siendo el ejemplo de trabajo y perseverancia.

Gratifico a mi tutor Ing. Fausto Tapia, al Ing. Fredy Rosero y a la docencia de la Carrera de Ingeniería Automotriz por compartir sus conocimientos y sus enseñanzas conmigo lo cual ha permitido la finalización de la investigación.

Gratifico a mi compañero de investigación Santiago Urresta por su amistad y apoyo en la culminación de mi carrera universitaria.

Marco Tapia

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO 1	1
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 SITUACIÓN ACTUAL	2
1.3 PROSPECTIVA	2
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.5 OBJETIVOS	4
1.5.0 Objetivo general	4
1.5.2 Objetivos específicos	4
1.6 ALCANCE	4
1.7 JUSTIFICACIÓN	5
1.8 DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD DE IBARRA	5
1.8.1 Descripción del tráfico vehicular en la ciudad de Ibarra	6
1.8.2 Descripción de tráfico vehicular en zonas urbanas	7
1.9 EMISIONES GENERADAS POR LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN ZONAS URBANAS	7
1.9.1 Emisiones contaminantes	8
1.9.2 Emisiones no Contaminantes	9
1.10 CLASIFICACIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR AUTOMÓVILES	10
1.11 PARAMETROS DE LA CALIDAD DE AIRE	11

1.11.1 Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire	11
1.11.2 Niveles de Alerta, Alarma y Emergencia	12
1.12 EFECTOS EN LA SALUD PÚBLICA POR GASES CONTAMINANTES	13
1.13 PRINCIPIOS DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE	14
1.13.1 Proceso del método de medición	15
1.14. EQUIPOS DE MEDICION DE GASES	16
1.14.1 Medidor de ozono	16
1.14.2 Medidor de monóxido de carbono	17
1.14.3 Medidor de dióxido de nitrógeno	18
1.14.4 Medidor de dióxido de azufre	19
CAPÍTULO 2	21
2. MATERIALES Y MÉTODOS	21
2.1 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO	22
2.1.1 Congestión de flujo vehicular	22
2.1.2 Congestión de flujo vehicular continuo y discontinuo	22
2.1.3 Velocidad vehicular	23
2.1.4 Composición del parque vehicular	23
2.1.5 Medición de emisiones	24
2.2 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE	26
2.2.1 Medidor de calidad de aire Bosean K-600	27
2.2.2 Características del medidor de Calidad de aire Bosean K-600	27
2.3 DEFINICIÓN DE LAS ZONA DE ESTUDIO	28
2.3.1 Selección de los puntos de monitoreo en zonas de alto tráfico vehicular	28
2.3.2 Características del sector del Mercado Amazonas.	29
2.3.3 Características del sector calle Simón Bolívar y Oviedo	31
2.3.4 Características del sector de la Panamericana Norte Tahuando.	32
2.4 PLANIFICACIÓN DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL	34

2.4.1 Cálculo para la interpretación de datos	36
2.4.2 Cálculo para para obtener la velocidad puntual o promedio	36
2.5 DESARROLLO DE LAS PRUEBAS PILOTO	37
2.6 PROCESAMIENTO DE DATOS	38
2.7 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	40
2.7.1 Muestreo de datos en el sector Mercado Amazonas	40
2.7.2 Muestreo de datos en la calle Simón Bolívar	41
2.7.3 Muestreo de datos en la Panamericana sector Tahuando	42
CAPÍTULO 3	43
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1 ANÁLISIS DE INTENSIDAD VEHICULAR POR ZONA	43
3.1.1 Mercado Amazonas	43
3.1.2 Calle Simón Bolívar	44
3.1.3 Panamericana Norte sector Tahuando	45
3.2 ANÁLISIS DE EMISIONES VEHICULARES	46
3.2.1 Relación de emisiones de monóxido de carbono por horarios	46
3.2.2 Análisis de monóxido de carbono vs el flujo vehicular y velocidad promedio	47
3.2.3 Relación de emisiones de dióxido de nitrógeno por horarios	49
3.2.4 Análisis de dióxido de nitrógeno vs el flujo vehicular y velocidad promedio	50
3.2.5 Relación de emisiones de dióxido de azufre por horario	51
3.2.6 Análisis de dióxido de Azufre vs flujo vehicular y velocidad promedio	52
3.2.7 Relación de emisiones de ozono por horario	53
3.2.8 Análisis de ozono vs flujo vehicular y velocidad promedio	54
3.2.9 Resumen del sector y horario de mayor registro de contaminación	55
3.3 COMPARACIÓN DE LAS EMISIONES CON LA NORMA ECUATORIANA DE CALIDAD DE AIRE 2013 (NECA)	56
3.3.1 Comparativa de emisiones de monóxido de carbono con la NECA 2013	57
3.3.2 Comparativa de emisiones de dióxido de nitrógeno con la NECA 2013	58

3.3.3 Comparativa de emisiones de dióxido de azufre con la NECA 2013	58
3.3.4 Comparativa de emisiones de ozono con la NECA 2013	59
CAPÍTULO 4	61
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
4.1 CONCLUSIONES	61
4.2 RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.1	Contaminantes que definen los niveles de Alerta, Alarma y Emergencia	13
1.2	Principales efectos por gases contaminantes a corto plazo	14
1.3	Descripción del método de muestreo	15
1.4	Métodos de Análisis de Muestras	16
2.1	Selección del equipo en base a la calificación de cada medidor	26
2.2	Características del medidor de gases BOSEAN K-600	28
2.3	Caracterización del sector Mercado Amazonas	31
2.4	Caracterización del sector de la calle Simón Bolívar	32
2.5	Caracterización del sector Panamericana Norte Tahuando	34
3.1	Número de vehículos en el sector Mercado Amazonas	44
3.2	Número de vehículos en la calle Simón Bolívar	45
3.3	Número de vehículos en la Panamericana sector Tahuando	46
3.4	Sector de mayor concentración de emisiones contaminantes	55
3.5	Horario de mayor concentración de emisiones contaminantes	56

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.1	Mapa geográfico del cantón de Ibarra	6
1.2	Representación del concepto de congestión vehicular	7
1.3	Emisiones provocadas por automóviles	11
1.4	Proceso de Mejora Continua de la Calidad del Aire	14
1.5	Esquema de los componentes básicos del medidor de ozono	17
1.6	Esquema de los componentes básicos del medidor monóxido de carbono	18
1.7	Esquema de los componentes básicos del medidor de dióxido de nitrógeno	19
1.8	Esquema de los componentes básicos del analizador de dióxido de azufre	20
2.1	Flujograma de metodología para el monitoreo de emisiones vehiculares	21
2.2	Composición del parque vehicular en la ciudad de Ibarra	24
2.3	Medidor de gases BOSEAN K-600	27
2.4	Puntos de monitoreo en la ciudad de Ibarra	29
2.5	Av. Pérez Guerreo y Sánchez y Cifuentes	30
2.6	Intersección calle Simón Bolívar y Oviedo	32
2.7	Panamericana Norte sector Tahuando	33
2.8	Formato manual para la obtención de datos	35
2.9	Obtención de velocidad a través de la aplicación Velocímetro App	36
2.10	Método de cálculo de la velocidad puntual.	37
2.11	Diagrama de posicionamiento para la adquisición de datos	38
2.12	Procesamiento de datos en Excel	39
2.13	Muestro de datos obtenidos en sector Mercado Amazonas	40
2.14	Muestro de datos obtenidos en la calle Simón Bolívar	41
2.15	Muestro de datos obtenidos en la Panamericana sector Tahuando	42

3.1 Emisiones de monóxido de carbono por horarios	47
3.2 Niveles de emisiones CO vs Flujo vehicular	48
3.3 Emisiones de dióxido de nitrógeno por horarios	49
3.4 Niveles de emisiones NO ₂ vs Flujo vehicular	50
3.5 Emisiones de dióxido de azufre por horarios	51
3.6 Niveles de emisiones SO ₂ vs Flujo vehicular	52
3.7 Emisiones de ozono por horarios	53
3.8 Niveles de emisiones O ₃ vs Flujo vehicular	54
3.9 Comparación de monóxido de carbono vs NECA 2013	57
3.10 Comparación de dióxido de nitrógeno vs NECA 2013	58
3.11 Comparación de dióxido de azufre vs NECA 2013	59
3.12 Comparación de ozono vs NECA 2013	60

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.1	Ecuación de oxidación del hidrocarburo para producir energía mecánica	8
2.1	Ecuación de flujo vehicular	22
2.2	Ecuación de velocidad vehicular	23
2.3	Ecuación de velocidad puntual	23
2.4	Ecuación de microgramo sobre metro cubico	25
2.5	Ecuación de particulas por millon	25
2.6	Ecuación ppm a microgramos sobre metro cúbico	25

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
AnexosA.	Registro de datos en el sector Mercado Amazonas	67
AI.1.	Datos registrados Mercado Amazonas de 07:00 a 09:00 horas	67
AI.2.	Datos registrados Mercado Amazonas de 12:00 a 14:00 horas	68
AI.3.	Datos registrados Mercado Amazonas de 17:00 a 19:00 horas	69
AI.4.	Datos registrados en el sector Simón Bolívar de 07:00 a 09:00 horas	70
AI.5.	Datos registrados en el sector Simón Bolívar de 12:00 a 14:00 horas	71
AI.6.	Datos registrados en el sector Simón Bolívar de 17:00 a 19:00 horas	72
AI.7.	Datos registrados Panamericana Tahuando de 07:00 a 09:00 horas	73
AI.8.	Datos registrados Panamericana Tahuando de 12:00 a 14:00 horas	74
AI.9.	Datos registrados Panamericana Tahuando de 17:00 a 19:00	75
Anexo B.	Registros fotográficos	76
BI.1.	Datos registrados en el sector Mercado Amazonas	76
BI.2.	Zona de monitoreo en la calle Simón Bolívar	76
BI.3.	Datos registrados en la Panamericana Sector Tahuando	77
BI.4.	Equipo encerado	77

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se realizó en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, con el objetivo de evaluar las emisiones de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono, los cuales son gases contaminantes responsables de enfermedades pulmonares y cardiopatías, enfermedades que tienen relación directa con el tráfico vehicular. Debido al creciente aumento del parque automotriz en la ciudad, resulta indispensable el constante monitoreo de estos gases contaminantes para preservar la salud pública y proteger el recurso aire de las zonas urbanas de la ciudad.

La evaluación de las emisiones contaminantes se realiza a través del método manual de recolección de datos, de lo cual se derivan los objetivos específicos de la investigación como lo son, la selección de los sensores Low Cost que permitan obtener mediciones de la concentración del contaminante suspendido en el aire, así mismo, la selección de tres sectores de alto tráfico vehicular dentro de la ciudad, además, se compara los datos que se obtuvieron a través del método experimental con los índices de seguridad de la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire.

Finalmente, se da a conocer las conclusiones en las cuales se redacta la calidad del aire y el cumplimiento o incumplimiento de la Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire. Posteriormente, en caso de ser necesario se tomará medidas de precaución como lo dicta la NECA en sus páginas de prevenciones cuando se incumple con los índices de alarma. Adicionalmente, se detallan recomendaciones para mantener la calidad del aire en valores bajos de concentraciones contaminantes.

ABSTRACT

This research project was carried out in the city of Ibarra, province of Imbabura, with the objective of evaluating the emissions of; carbon monoxide, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and ozone, which are polluting gases responsible for lung and heart disease, diseases that are directly related to vehicular traffic. Due to the increasing number of automobiles in the city, the constant monitoring of these polluting gases is essential to preserve public health and protect the air resource in urban areas of the city.

The evaluation of pollutant emissions was carried out through the manual method of data collection, from which the specific objectives of the investigation are derived, such as the selection of Low Cost sensors that allow obtaining measurements of the concentration of the suspended pollutant. in the air, likewise, the selection of three sectors of high vehicular traffic within the city, in addition, the data obtained through the experimental method will be compared with the safety indices of the Ecuadorian Air Quality Standard .

Finally, the conclusions in which air quality and compliance or non-compliance with the Ecuadorian Air Quality Standard are drawn up are disclosed. Subsequently, if necessary, precautionary measures will be taken as dictated by the NECA in its prevention pages when the alarm rates are not met. Additionally, recommendations are detailed to maintain air quality at low values of pollutant concentrations.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio de investigación permite realizar la evaluación de las emisiones de gases contaminantes procedentes de fuentes móviles vehiculares en la ciudad de Ibarra. El objetivo es determinar los índices máximos de gases contaminantes que se registran en sectores y horarios de alto tráfico vehicular, determinando el cumplimiento o incumplimiento de los registros experimentales obtenidos con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire.

El recurso aire es un factor de gran importancia al momento de determinar el índice de la calidad de vida de la población dentro de un sector urbano, dado que un aire contaminado genera mal estar social, y según la OMS (Organización Mundial de la Salud), se registra 7 millones de decesos anuales a causa de la baja calidad de aire. Los principales gases causantes de este número de decesos son: monóxido de carbono, dióxidos de nitrógeno, dióxidos de azufre, ozono y material particulado (PM).

El estudio de investigación se encuentra dividido por cuatro capítulos:

Capítulo I “Formulación del problema” este capítulo cubre los antecedentes y el concepto del proyecto, así como el marco teórico.

Capítulo II “Materiales y Métodos” se determina el equipo con el cual se trabajará a lo largo la investigación, así como también la selección de los sectores y horarios de mayor tráfico vehicular en la ciudad de Ibarra.

Capítulo III “Resultados y Discusión” se evalúa el estado actual de la calidad de aire en base a los valores registrados en los diferentes puntos de monitoreo en la ciudad de Ibarra y se compara los resultados con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire.

Capítulo IV “Conclusiones y Recomendaciones” se describe los índices de calidad de aire registrados en los sectores y horarios de monitoreo, se determina el cumplimiento o incumplimiento de la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire, y se detallan recomendaciones para futuras perspectivas.

CAPÍTULO 1

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Las emisiones para vehículos automotores en circulación, tales como autos, camiones, taxis y microbuses, que generan compuestos orgánicos volátiles, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, partículas totales en suspensión, plomo, y especies reductoras de la visibilidad, tienen impactos negativos sobre la salud pública. (Jorge Inche, 2001, pág. 1)

Las emisiones de los motores de combustión interna en las principales áreas urbanas del país son responsables de la mayor parte de los gases contaminantes suspendidos en la atmósfera. El tránsito vehicular emite gases al ambiente tales como óxidos de nitrógeno y sus variantes, dióxido de carbono, óxidos de azufre y material particulado menor a 2.5 micras. Asimismo, el tráfico vehicular corresponde principalmente a vehículos a gasolina, representando el 95,5% del total, mientras que el 4,5% corresponde a diésel

De igual manera se encontró una relación directa entre el año de fabricación de un vehículo y la cantidad de gases contaminantes que emite. Tomando como referencia un auto Chevrolet Corsa 94 y un auto Chevrolet Aveo 2013, los autos construidos el año anterior (1995) contaminaron 60 veces y 25 veces más CO y HC, respectivamente. En los motores diésel no existe relación entre el año de fabricación y las emisiones producidas. (Lorena Elizabeth, 2014, pág. 7)

La gran mayoría de los gases contaminantes que emiten los vehículos al medio ambiente se realizan de forma estática a través de contadores pasivos y de forma dinámica a través de contadores activos. Las mediciones estáticas se utilizan para medir la calidad del aire en áreas urbanas con alto tráfico vehicular debido a que no es factible colocar un medidor activo en cada vehículo que pasa. La medición activa se utiliza para medir la cantidad de gases contaminantes emitidos por los vehículos al medio ambiente, especialmente en los vehículos de prueba. (H.Y.Tong & W.T.Hung, 2000, pág. 2)

Los medidores utilizados para medir la calidad del aire hoy en día son de difusión pasiva. El medidor es un dispositivo que captura pequeñas muestras de contaminantes de gases suspendidos en la atmósfera a través de un proceso de difusión física que correlaciona el

flujo capturado con el área del colector a la que están expuestos los contaminantes..(Zapata Sánchez y otros , 2009, pág. 6).

1.2 SITUACIÓN ACTUAL

La ciudad de Ibarra a través de un informe realizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2014 señala que es la segunda ciudad de América latina con mejor calidad de aire, se sitúa en esta posición porque también relevó 9 microgramos de PM 2,5 pero contabilizó 18 microgramos de PM 10. Estas partículas contaminantes que también están suspendidas en el aire, pero son un poco mayores que las PM 2,5 son menos perjudiciales (OMS, 2014)

Los vehículos de transporte público que circulan por en el centro de la ciudad de Ibarra, están equipados con motores de encendido por compresión (MEC), generando contaminantes atmosféricos que afectan la salud de las personas “Según una inspección realizada por MOVIDELNOR EP un total de 46 buses de transporte público fueron notificadas con emisiones excesivas de gases en los operativos realizados durante el año 2016” (GAD, 2016).

Los inspectores monitorearon las paradas de las cooperativas 28 de septiembre y San Miguel de Ibarra. El nivel de varios contaminantes del esmog que producen los buses excedió el límite permitido y de acuerdo con el Análisis de la Calidad del Aire, el mayor nivel de contaminación en la atmósfera de la ciudad es atribuido al tránsito vehicular.

Hoy en día las emisiones de gases son más controladas para todos los vehículos particulares y públicos debido a la nueva implementación de un aparato de prueba de gases que posee el centro de revisiones vehiculares de Ibarra, por lo que se espera que los niveles de gases contaminantes disminuyan considerablemente en los próximos años.

1.3 PROSPECTIVA

Hoy en día, la gran mayoría de los países han desarrollado diversos sistemas de sensores que pueden detectar y clasificar la presencia de gases contaminantes provenientes de productos de la combustión de combustibles fósiles en el aire. (Jose Hernandez y otros, 2016) señalan

que “lo que busca mediante estos sensores de aire es que se explore tecnologías que contribuyan a la restauración ambiental y al manejo de los residuos a costos aceptables”.

Es por eso que se plantea realizar una evaluación de emisiones de vehículos en la ciudad de Ibarra, donde se incorporen sensores de calidad de aire de bajo costo, con la finalidad de evaluar o monitorear los niveles de contaminación ambiental. Además, de esta manera verificar con el cumplimiento de las normativas políticas adoptadas por la Constitución del Estado del Ecuador.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento del parque automotor en Ibarra se vuelve imprescindible a la hora de estimar las emisiones de gases vehiculares para recolectar datos y parámetros sobre la calidad del aire que respira la población. Siendo así que, las emisiones del tránsito vehicular en las áreas urbanas de la ciudad son las responsables de la mayor parte de los contaminantes atmosféricos: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, material particulado menor a 2,5 micras y compuestos orgánicos volátiles. Esto significa que el tráfico de vehículos en el Ecuador contamina el aire más que cualquier sector industrial, incluida la industria petrolera. (Lorena Ocaña, 2014, pág. 16).

Actualmente, existen alrededor de 56,630 vehículos registrados en la ciudad de Imbabura, los cuales circulan diariamente en ciertas zonas de la ciudad. La investigación de emisiones de vehículos tiene como objetivo analizar los gases contaminantes presentes en el aire, mediante herramientas técnicas como sensores o medidores. Este tiene como objetivo desarrollar un sistema para estimar el comportamiento general de los gases con el fin de tomar decisiones sobre la gestión de vehículos en las ciudades. (INEC, 2018).

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar las emisiones vehiculares contaminantes, a través de sensores de medición de calidad de aire de bajo costo, comparando los resultados obtenidos en tres sectores de alto tráfico vehicular de la ciudad de Ibarra con la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar el equipo de medición de gases atmosféricos para cumplir con los estándares y las normativas establecidas.
- Determinar los puntos de monitoreo de emisiones en las principales zonas de alto tráfico vehicular de la ciudad de Ibarra.
- Realizar las mediciones de gases contaminantes y evaluar la calidad de aire en las zonas de estudio.

1.6 ALCANCE

El presente proyecto tiene la finalidad de realizar una evaluación de las emisiones contaminantes mediante sensores de calidad de aire de bajo costo en la ciudad de Ibarra, con la finalidad de poder evaluar dichas emisiones en zonas de alto tráfico vehicular, además, de comparar los datos obtenidos mediante la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire.

Para el desarrollo de este estudio, será necesario realizar un monitoreo específico de cada una de las rutas urbanas, de esta manera lo que se busca es verificar las zonas en donde pueden concentrarse la mayor cantidad de emisiones contaminantes. También es importante preestablecer ciertas rutas urbanas donde se realizarán dichas pruebas las cuales son: Mercado Amazonas, calle Simón Bolívar y Panamericana sector Tahuando

No obstante, únicamente se analizará el nivel de los gases contaminantes como monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono, debido a que la Norma Ecuatoriana de la Calidad de Aire muestra los niveles de alarma, alerta y emergencia de estos

gases en específico. De igual manera no se incluirá en este estudio el análisis de material particulado (PM), debido al límite presupuestario incluido en proyecto de estudio.

1.7 JUSTIFICACIÓN

El trabajo a realizar se basa en el Plan Nacional de Calidad del Aire, el cual surge de la necesidad de dar cumplimiento a la Constitución de la República del Ecuador. En este se establece que el Estado debe proteger el derecho de sus habitantes, a convivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado y garantizar el desarrollo sostenible. Además, se compromete a cuidar los intereses de los ciudadanos y preservar la naturaleza para lograr las metas del Plan Nacional del Buen Vivir .(Maricruz Hernández y otros, 2010, pag. 1).

Además, el Ministerio del Ambiente menciona que es indispensable para el Ecuador que las acciones desarrolladas por diferentes instituciones en apoyo a la gestión de la calidad del aire, sean apoyadas por las instituciones estatales y protegido sus intereses por el Ministerio del Ambiente, así mismo, los estudios e informes a fines a la protección de la calidad del aire estarán incluidos en el PLAN NACIONAL DE LA CALIDAD DEL AIRE, el mismo que servirá como agente regulador para una adecuada regulación, seguimiento, control, y coordinación de todos los aspectos que involucren el estudio de la calidad del aire en ciudades del país.

Finalmente, con el presente proyecto se busca generar una evaluación de gases vehiculares contaminantes presentes en la ciudad de Ibarra que permita una gestión ambiental adecuada del recurso aire, para proteger la salud humana, los recursos naturales y el patrimonio cultural, aportando a una mejor calidad de vida de la población ibarreña y sirva como base para que se aplique esta metodología en varias zonas y ciudades del país.

1.8 DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD DE IBARRA

Ibarra se ubica en el norte del país, a 114 kilómetros al noroeste de Quito, con una superficie de 18,44 kilómetros cuadrados. Los límites del municipio de Ibarra son los siguientes: la

provincia de Carchi al norte, la provincia de Pichincha al sur, los cantones de Urququi, Antonio Ante y Otavalo al oeste, y el estado de Pimampiro al este. (PDYOT, 2020, pág, 26).



Figura 1.1 Mapa geográfico del cantón de Ibarra

(PDYOT, 2020, pág, 26)

La **Figura 1.1** muestra el mapa geográfico de la ciudad de Ibarra con sus delimitaciones geográficas lo cual ha permitido centrar el área de estudio a una zona que presenta características apropiadas para la toma de datos, debido al creciente mercado automotor y tráfico vehicular presente y al aumento de emisiones contaminantes que esto conlleva.

1.8.1 Descripción del tráfico vehicular en la ciudad de Ibarra

Según (Sonia Chiriboga, 2018, pág. 14) determinó que el tráfico vehicular en las zonas urbanas está directamente relacionado con las actividades que se realizan en el cantón de Ibarra, una de las consecuencias del tráfico vehicular en estas zonas se debe al uso del transporte por parte de las persona.

Generalmente, este tipo de zonas tienen más residentes que otros. Además, la mayoría de las áreas urbanas están industrializadas y en muchos casos generan problemas de contaminación ambiental.

Sin embargo, cabe mencionar que la mayor parte de esta contaminación no solo se genera en las zonas urbanas, sino que tiende a extenderse en sectores o comunidades fuera de las ciudades.

1.8.2 Descripción de tráfico vehicular en zonas urbanas

El tráfico vehicular en las zonas urbanas es causado por la acumulación de vehículos. Dependiendo de las características de la vía, un vehículo puede transitar a una velocidad libre restringida únicamente por la señalización de tránsito. No obstante, a mayor volumen de vehículos, cada uno de estos comienza a estorbar el paso de los demás y comienza a congestionarse el flujo vehicular.

A medida que aumenta el flujo vehicular en una determinada zona, se reduce drásticamente la velocidad de paso.

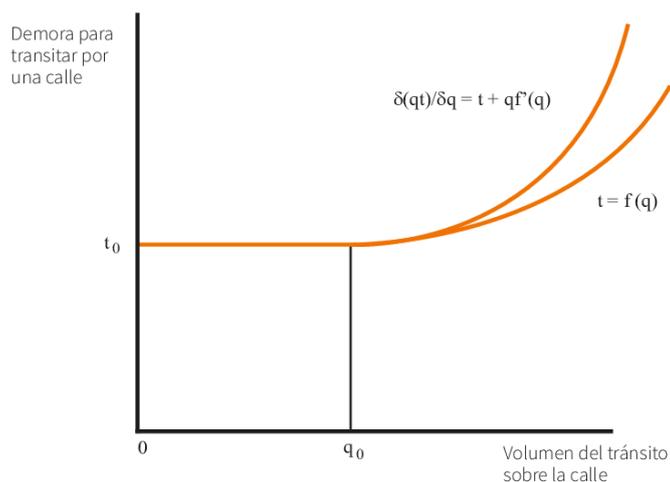


Figura 1.2 Representación del concepto de congestión vehicular.

En la **Figura 1.2** se puede observar que hasta $[Q_0]$ el tiempo de cada vehículo que se incorpora al tránsito es el mismo. No obstante, a partir de este punto comienza a divergir estando $[d(qt)/dq]$ por encima de $[t]$. Esto representa la demora que sufre cada vehículo y consecuentemente la demora de los demás.

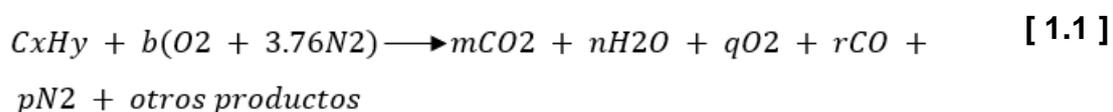
1.9 EMISIONES GENERADAS POR LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN ZONAS URBANAS

Gran parte de gases que emiten los automóviles es el resultado de la quema de combustión tanto de la gasolina y el diésel, esta concentración de gases suele estar presente en la mayoría

de las zonas urbanas, sin embargo, puede a la vez ser expandida en cualquier parte de las ciudades.

Los principales gases contaminantes emitidos durante la combustión son monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y material particulado (Alcides Bustillos , 2011, pag. 65).

A continuación, se muestra la reacción química que se lleva a cabo durante el proceso de oxidación del hidrocarburo para producir energía mecánica:



Donde:

C_xH_y : Combustible derivado de petróleo.

$b(O_2 + 3.76N_2)$: Aire atmosférico

$qO_2 + rCO + pN_2 + \text{otros}$: Productos de la combustión incompleta

1.9.1 Emisiones de gases contaminantes

- **Monóxido de Carbono:**

Este gas se produce como resultado de una combustión anormal en la que existe déficit de combustible y el oxígeno no se puede oxidar por completo. Este gas es peligroso porque se une a la hemoglobina en la sangre y reduce el flujo sanguíneo, lo que puede provocar problemas cardiovasculares. (Jose Ortiz, 2010, pág. 33).

- **Dióxido de Azufre**

El SO_2 es un gas que se forma a partir de la oxidación del oxígeno con restos de azufre presentes en los combustibles, este gas incoloro, pero de fuerte olor al salir a la atmosfera

produce sulfatos que pueden causar bronquitis y otros problemas en las vías respiratorias (Jose Ortiz, 2010, pág. 34).

- **Ozono**

Si el combustible no se quema totalmente ya sea por una inyección defectuosa o por un ingreso de aire anormal, entonces se generan hidrocarburos o combustible no quemado. Estos combustibles no quemados se combinan con otros gases presentes en la atmosfera y producen los compuestos orgánicos volátiles, los cuales pueden causar cáncer en los seres humanos (Jose Ortiz, 2010, pág. 25).

- **Material Particulado**

Los PM10 y PM2.5 también son productos de la combustión de aire-combustible (sulfato nitrato, amonio), que son altamente nocivos para la salud humana pues se quedan suspendidas en el aire lo que facilita ingreso a las vías respira (Jose Ortiz, 2010, pág. 26)

1.9.2 Emisiones de gases no Contaminantes

- **Oxigeno**

Es un gas principal para la combustión y tiene una concentración del 21% en el aire. Normalmente este depende si la mezcla es rica o pobre para que el oxígeno pueda oxidar los enlaces hidrocarbonados y salir con el resto del gas. (Jose Ortiz, 2010, pág. 23)

- **Dióxido de carbono:**

Se origina después de que el carbono se queme o combustione por completo. Cuanto mayor sea la concentración, mejor será el efecto de combustión. Este tipo de gas no es nocivo para los organismos, pero la emisión de este gas origina un efecto invernadero. (Jose Ortiz, 2010, pág. 24)

- **Nitrógeno:**

El aire que respiramos es 79% nitrógeno. Dado por las altas temperaturas que adquiere el motor estas se oxidan formando cantidades pequeñas de óxidos de nitrógeno. (Jose Ortiz, 2010, pág. 33)

1.10 CLASIFICACIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR AUTOMÓVILES

- **Emisiones provocadas a plena carga**

Las emisiones a plena carga se generan en el tanque de combustible durante la carga. Pueden ocurrir con el vehículo parado y en puntos conocidos como gasolineras.

- **Emisiones evaporadas en operación**

Son emisiones causadas por fugas de combustible (como líquidos o vapores) que ocurren mientras el motor está en marcha.

- **Emisiones evaporadas con el motor caliente**

Son los que se producen por la volatilización del combustible, después de que se apaga por completo el motor.

- **Emisiones evaporadas en reposo**

Estas emisiones son diferentes de las emisiones evaporativas anteriores que se producen cuando el motor no está en marcha. Las pérdidas en reposo o ralentí se deben principalmente a fugas de combustible.

- **Emisiones diurnas**

Son emisiones que se generan debido al aumento de la temperatura del combustible y la presión de vapor de este mismo.



Figura 1.3 Emisiones provocadas por automóviles

Fuente: (Cindy Lara, y otros, 2009, pág. 5)

En la **Figura 1.3** se puede identificar los tipos de emisiones producidas por el automóvil estando en reposo o en funcionamiento, así como también muestra los contaminantes que tienen relación directa con el combustible o evaporativas y otro tipo de emisiones que se produce por desgaste de materiales.

1.11 PARAMETROS DE LA CALIDAD DE AIRE

El marco institucional competente en la gestión del aire se caracteriza por la existencia de varias instituciones, cuyo ámbito de acción es nacional, seccional o sectorial. A partir de estos antecedentes, se anota a continuación la Norma a cumplir en el estado ecuatoriano.

1.11.1 Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire

La Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire es un documento que permite determinar los límites máximos permisibles de gases contaminantes que pueden estar suspendidos en el aire. El objetivo es proteger la salud de las personas y gestionar adecuadamente los recursos del aire y los ecosistemas que dependen de ellos. Con fines de investigación se realizó el análisis para los siguientes gases.(NECCA, 2011, pág 1).

- **Dióxido de Azufre**

Las concentraciones de SO₂ no deben exceder los 125 µg/m³ (125 µg/m³) en 24 horas y los 500 µg/m³ durante diez minutos. La concentración media aritmética de SO₂ de todas las muestras en un año no debe exceder los 60 microgramos por metro cúbico.

- **Monóxido de Carbono**

La concentración de monóxido de carbono de las muestras no deberá exceder los 10.000 µg/m³ por año durante 8 horas de determinación continua. La concentración máxima de una hora de monóxido de carbono no excederá de treinta mil microgramos por metro cúbico y no excederá una vez al año.

- **Ozono**

La concentración máxima de ozono obtenida por muestreo continuo durante ocho horas no deberá exceder los 100 µg/m³ más de una vez al año.

- **Dióxido de Nitrógeno**

La media aritmética de las concentraciones de dióxido de nitrógeno en todas las muestras durante un período de un año no deberá exceder 40 µg/m³. La concentración máxima para una hora no deberá exceder los 200 µg/m³.

1.11.2 Niveles de Alerta, Alarma y Emergencia

En la **Tabla 1.1** se definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en lo referente a la calidad del aire. Cada uno de los tres niveles será declarado por la Autoridad Ambiental de Aplicación responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental cuando uno o más de los contaminantes criterios indicados exceda la concentración establecida, o cuando se considere que las condiciones atmosféricas que se esperan sean desfavorables en las próximas 24 horas.

Tabla 1.1 Concentraciones de contaminantes que definen los niveles de Alerta, Alarma y Emergencia

Contaminante y Periodo de Tiempo	Alerta	Alarma	Emergencia
Monóxido de Carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Concentración Promedio en una hora.	15000	30000	40000
Ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Concentración Promedio en una hora.	200	400	600
Dióxido de Nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Concentración Promedio en una hora.	1000	2000	3000
Dióxido de Azufre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Concentración Promedio en una hora.	200	1000	1800

Fuente: (NECCA, 2011)

Nota: Los valores se expresan en términos de microgramos por metro cúbico y tomando como referencia una presión atmosférica de 760mm Hg a una temperatura de 25°C.

1.12 EFECTOS EN LA SALUD PÚBLICA POR GASES CONTAMINANTES

En la **Tabla 1.2** se indica los efectos principales relacionados a la exposición de contaminantes ambientales suspendidos en el aire, siendo los de mayor importancia aquellos gases contaminantes que producen efectos adversos a corto plazo, es decir en periodos de pocos meses o años después de que un determinado sector de la población sea expuesto constantemente a la contaminación (Ferran Ballester, y otros, 2009, pág. 113)

Tabla 1.2 Principales efectos por gases contaminantes a corto plazo

Aumento de la mortalidad por causas específicas.
Incremento de la utilización de los servicios hospitalarios.
Aumento de enfermedades específicas
Visitas a urgencias
Visitas a consultas médicas
Alteraciones de índices funcionales pulmonares
Incremento de los síntomas de enfermedad y del uso de fármacos.

Fuente: (Ferran Ballester , y otros, 2009)

1.13 PRINCIPIOS DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE

De acuerdo con (INECC, 2015), menciona que “la medición de las propiedades físicas o químicas que mantienen los constituyentes naturales del aire ambiente se denomina medición de la calidad del aire”. Las mediciones se pueden realizar tomando muestras, analizando y monitoreando el aire en un entorno determinado. Además, el Instituto afirma que el monitoreo del aire ambiente es una actividad que implica observar las condiciones para detectar cambios en el tiempo.(pág. 31).

**Figura 1.4** Proceso de Mejora Continua de la Calidad del Aire

Fuente: (INECC, 2015)

La **Figura 1.4** se muestra el proceso necesario para la mejora continua de la calidad del aire, incluidos tres pasos importantes: identificación del problema, formulación de políticas y control de la situación.

1.13.1 Proceso del método de medición

El método de medición para evaluar la calidad de aire se divide en tres pasos los cuales se muestran a continuación:

- **Método de muestreo**

La medición de los contaminantes atmosféricos se puede realizar por diferentes métodos agrupados según el principio de medición, como indica la **Tabla 1.3**

Tabla 1.3 Descripción del método de muestreo

Tipo de Muestreo	Descripción	Ventajas	Desventajas
Pasivo	Este método de muestreo recolecta un contaminante específico por medio de su adsorción y/o absorción en un sustrato químico seleccionado. Después de su exposición, por un periodo adecuado de muestreo, que puede variar desde una hora hasta meses o inclusive un año, la muestra se regresa al laboratorio donde se realiza la desorción del contaminante para ser analizado cuantitativamente.	Simplicidad en la operación y bajo costo (no requiere energía eléctrica)	No están desarrollados para todos los contaminantes. Sólo proporcionan valores promedios. No tienen gran exactitud (sirven sólo como valor referencial).
Activo	Requiere de energía eléctrica para succionar el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que pueden obtenerse mediciones diarias promedio.	Fácil de operar, muy confiables y costo relativamente bajo.	No se aprecian los valores mínimos y máximos durante el día, sólo promedios; requieren de análisis de lab.
Automático	Estos métodos son los mejores en términos de la alta resolución de sus mediciones, permitiendo llevar a cabo mediciones de forma continua para concentraciones horarias y menores.	Valores en tiempo real, alta resolución; concentraciones máximas y mínimas.	Costo elevado de adquisición y operación; requieren personal capacitado para su manejo.

Fuente: (INECC, 2015)

- **Análisis de muestreo**

Según (INECC, 2015), establece que el análisis de las muestras es el método por el cual se determinan los componentes, las características y las concentraciones de una sustancia sometida a monitoreo.

Los métodos de medición que utilizan muestreadores requieren por lo general que una vez se ha muestreado el contaminante sea necesario analizarlo por alguna técnica específica como se muestra a continuación en la **Tabla 1.4**

Tabla 1.4 Métodos de Análisis de Muestras

Método	Descripción
Volumétrico	La cantidad del contaminante detectado se deduce del volumen de la solución que se ha consumido en una reacción. Estos métodos cuantifican muestras en solución mediante la valoración de las mismas por medio de técnicas como la titulación, esta es la acción y efecto de valorar o cuantificar una disolución. La valoración de una solución siempre será una titulación.
Gravimétrico	Son métodos analíticos cuantitativos en los cuales las determinaciones de las sustancias se llevan a cabo por una diferencia de pesos, donde se determina la masa pesando el filtro, a temperatura y humedad relativa controladas, antes y después del muestreo. Existen métodos gravimétricos para conocer la concentración de una muestra en solución, en los que se llevan a cabo precipitaciones de las muestras por medio de la adición de un exceso de reactivo aprovechando el efecto del ion común.
Fotométrico	Estos métodos basan la determinación de la concentración de una solución en la medida de la intensidad de la luz que se transmite a través de ella, comparándola con una curva patrón de las intensidades de luz de igual longitud de onda que se transmiten a través de una serie de soluciones de concentraciones conocidas.
Espectrofotometría	Es la medida de la cantidad de energía radiante absorbida por las moléculas a longitudes de onda específicas. Cada compuesto tiene un patrón de absorción diferente que da origen a un espectro de identificación. Éste consiste en una gráfica de la absorción y la longitud de onda y se presenta en márgenes que abarcan longitudes de onda desde la ultravioleta a la infrarroja.

Fuente : (INECC, 2015)

1.14. EQUIPOS DE MEDICION DE GASES

Existen varios tipos de medidores de gases contaminantes que cumplen las normativas y directrices para la seguridad pública. Algunos de ellos tienen la capacidad de almacenamiento de transferencia de datos.

1.14.1 Medidor de ozono

El medidor de ozono opera a través del método de fotometría UV y básicamente mide la cantidad de luz ultravioleta, a una longitud de onda de 254 nm, absorbida por el ozono presente en una muestra. El principio de operación se basa en la Ley de Beer-Lambert. Cuando el gas atraviesa el interior de las celdas, la molécula de ozono absorbe una cantidad de luz (I), la cual se compara con la cantidad de luz medida en la celda de referencia (I₀) para calcular la concentración (C). La concentración obtenida se corrige a condiciones de

temperatura y presión del interior de la celda de absorción, los cuales son medidos de manera independiente (INECC, 2015 pág. 52)

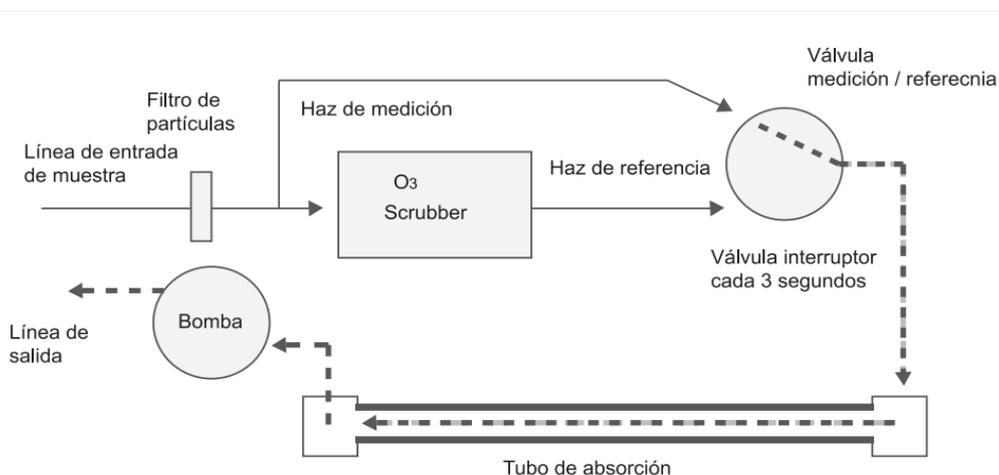


Figura 1.5 Esquema de los componentes básicos del medidor de ozono

Fuente: (INECC, 2015 pág. 52)

La **Figura 1.5** muestra el sistema básico de un analizador de ozono, y la función de cada uno de sus componentes, siendo la bomba el componente que absorbe la muestra y la lleva hacia un filtro de partículas, a continuación, un depurador de ozono divide la muestra entre el haz de referencia y el haz a analizar.

1.14.2 Medidor de monóxido de carbono

El medidor de CO basa su funcionamiento en la capacidad que tiene este gas para absorber energía en determinadas longitudes de onda. En los equipos de medición que utilizan este principio se mide la absorción de luz infrarroja, llevada a cabo por las moléculas de CO en intervalos relativamente pequeños de longitudes de onda centradas sobre la región de máxima absorción del contaminante (INECC, 2015 pág. 54).

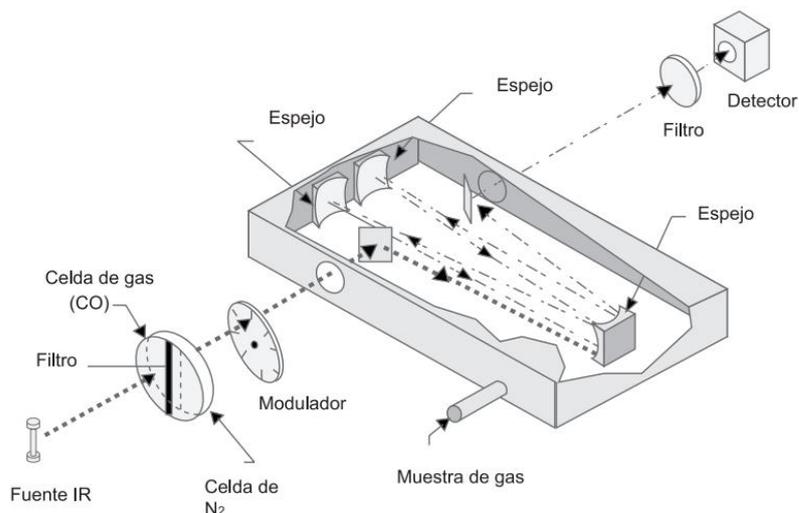


Figura 1.6 Esquema de los componentes básicos del medidor monóxido de carbono

Fuente: (INECC, 2015 pág. 54).

En la **Figura 1.6** se indica el funcionamiento de un medidor de monóxido de carbono que se basa en radiación infrarroja, siendo una manera de aprovechar la capacidad que posee el CO de absorber energía, dicha energía absorbida por el CO se refleja en el detector o microprocesador.

1.14.3 Medidor de dióxido de nitrógeno

Los medidores de óxidos de nitrógeno, NO_x utilizan el principio de quimioluminiscencia a partir de la reacción que tiene lugar entre el óxido nítrico (NO) contenido en la muestra de aire y el ozono (O₃) que genera, en exceso, un dispositivo que es parte de los componentes del instrumento. (INECC, 2015 pág. 55).

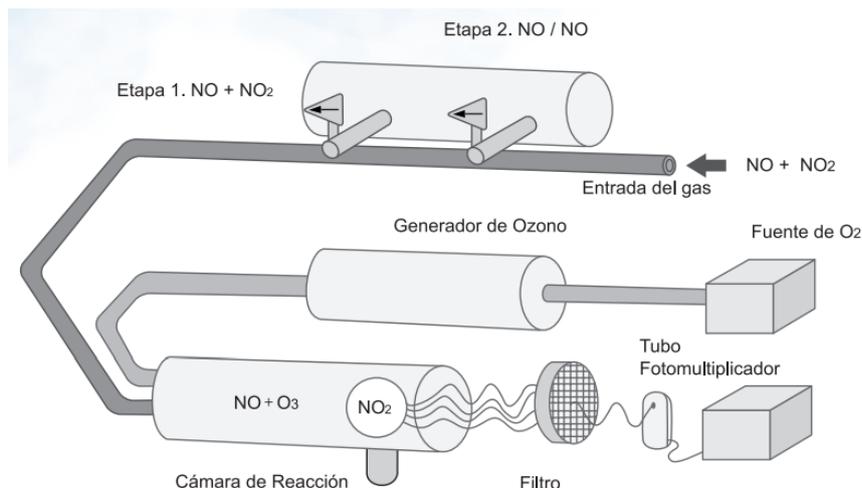


Figura 1.7 Esquema de los componentes básicos del medidor de dióxido de nitrógeno

Fuente: (INECC, 2015 pág. 55).

La **Figura 1.7** indica el funcionamiento del analizador de óxidos de nitrógeno, el cual aprovecha la capacidad que tiene el gas de emitir una cantidad de energía en forma de luz, esto se produce al combinarse con ozono y este pequeño destello se refleja en sensores fotomultiplicadores.

1.14.4 Medidor de dióxido de azufre

Los medidores de SO_2 se basan en la fluorescencia pulsante debido a que las moléculas de SO_2 absorben radiación ultravioleta (UV) a una longitud de onda en el intervalo de 210-410 nm, entrando en un estado instantáneo de excitación para posteriormente decaer a un estado de energía inferior, emitiendo un pulso de luz fluorescente de una longitud de onda mayor en el intervalo de 240 a 410 nm (INECC, 2015, pág. 57).

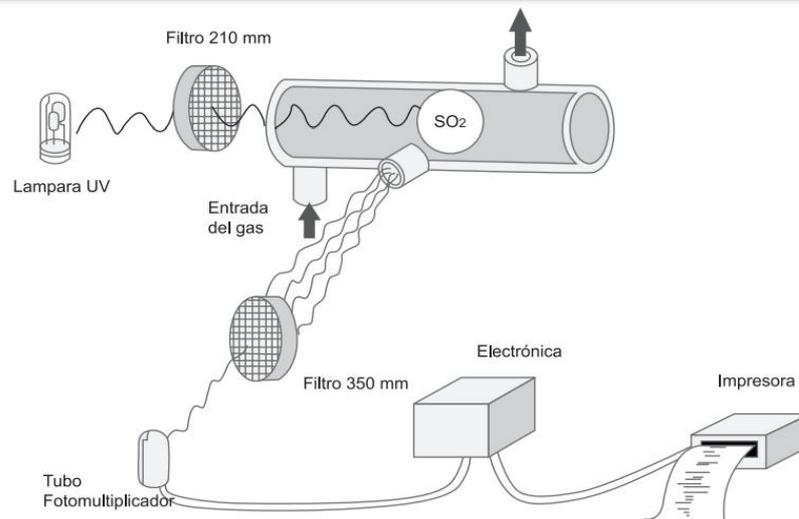


Figura 1.8 Esquema de los componentes básicos del analizador de dióxido de azufre

Fuente: (INECC, 2015 pág. 57)

En la **Figura 1.8** se observa un medidor de dióxido de azufre en funcionamiento, basado en la capacidad del SO₂ de absorber luz ultravioleta, para generar pequeños pulsos fluorescentes, siendo captados por un sensor fotomultiplicador.

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta sección contiene una descripción de la metodología aplicada para el desarrollo de la investigación. Se explica cada etapa a realizarse, así como también los materiales y métodos utilizados para lograr los objetivos planteados del proyecto. Estas fases se reflejan en el siguiente flujograma.

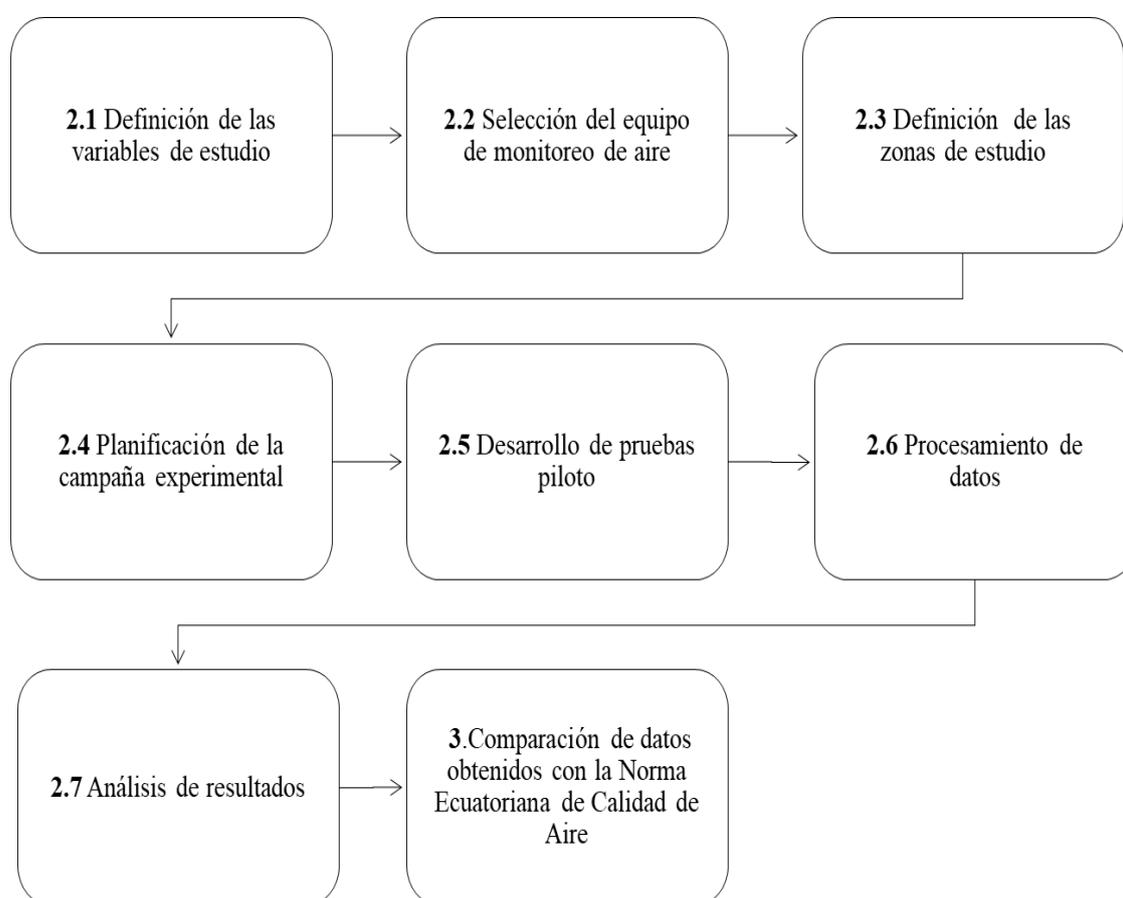


Figura 2.1 Flujograma de metodología para el monitoreo de emisiones vehiculares

Fuente: (Autores)

En la **Figura 2.1** se muestra la metodología contemplada para la optimización de recursos que se basa en una serie de actividades secuenciales para evaluar las emisiones vehiculares, lo cual se detalla a continuación.

2.1 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO

El proyecto de investigación y su finalidad de evaluar la calidad de aire en sectores de alto tráfico de la ciudad de Ibarra requiere del conocimiento previo de variables que se relacionan directamente con el caso de estudio. Dichas variables se presentan a continuación como un antecedente previo al desarrollo de la metodología experimental.

2.1.1 Congestión de flujo vehicular

La congestión vehicular es la condición del flujo, el cual se ve obstruido por una ineficiencia o saturación de las vías públicas. Lo que produce accidentes, desemboca a la vez en violencia vial por parte del conductor, retarda el tiempo de viaje y lo que es más importante, aumenta el consumo de combustible y de emisiones contaminantes. Para calcular la tasa de flujo vehicular (q) se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$q = \frac{N}{t} \quad [2.1]$$

Donde:

q = flujo vehicular

n = número de vehículos

t : intervalo de tiempo

2.1.2 Congestión de flujo vehicular continuo y discontinuo

Para la congestión del flujo vehicular continuo, no existen elementos reguladores fijos como lo son semáforos o stops. No obstante, la detección que llegan a presentarse es debido a las causas provocadas por el mismo flujo de tránsito vehicular que se genera a causa de emergencias.

Por su parte, el flujo vehicular discontinuo es provocado debido a las intersecciones que se presentan en la vía tales; como semáforos, redondeles, pasos cebras etc. Lo que en su mayoría conlleva a la reducción de velocidad o detención del automóvil.

2.1.3 Velocidad vehicular

La velocidad vehicular es la relación que existe entre el espacio recorrido y el tiempo que toma recorrerlo es decir representa la relación de movimiento del vehículo, generalmente se mide en km/h, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$V = \frac{L}{t_a} \quad [3.2]$$

Donde:

V = velocidad de viaje

L = longitud del segmento de carretera

Ta = Tiempo de viaje en el segmento

2.1.4 Velocidad promedio en el tiempo (Velocidad Puntual)

La velocidad promedio en el tiempo o velocidad puntual es una de las características principales del flujo vehicular que se refiere a la velocidad en una sección en particular. Se calcula como la media aritmética de las velocidades observadas.

$$V_t = V_p = \frac{1}{N} \sum V_i \quad [4.3]$$

Donde:

Vt = velocidad promedio en el tiempo

N = número de mediciones de velocidad

Vi = velocidades registradas

2.1.5 Composición del parque vehicular en Ibarra

El parque automotor indica el número de vehículos registrados en los Centros de Revisión Vehicular, clasificado de acuerdo al tipo de automotor y el servicio que presta, se incluye en el parque automotor ventas y la producción nacional.

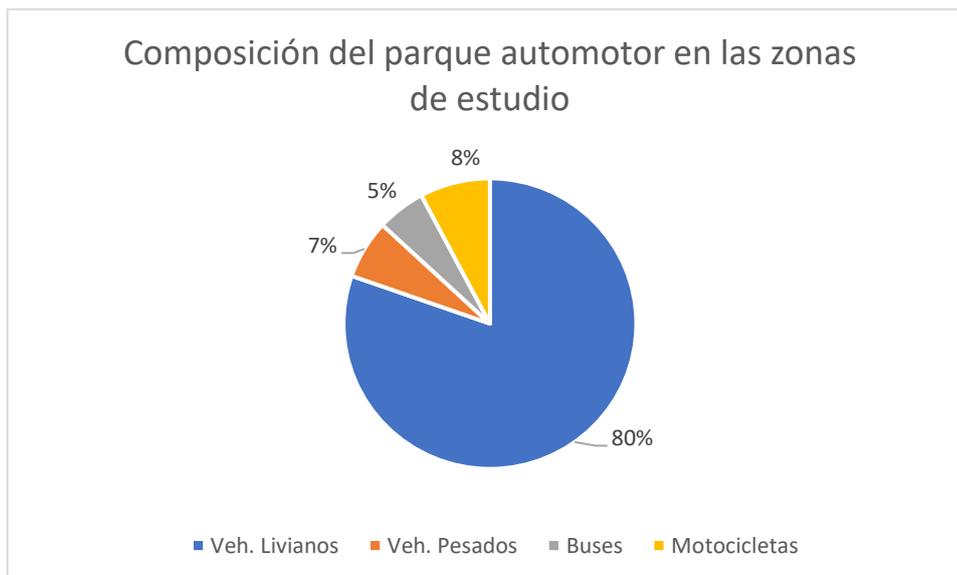


Figura 2.2 Composición del parque vehicular en la ciudad de Ibarra

Fuente: (Autores)

La **Figura 2.2** se indica la composición del parque automotor en las zonas de estudio. Los vehículos livianos predominan en estos sectores con una presencia del 80%, seguido de las motocicletas con un porcentaje del 8%, los vehículos pesados presentan el 7% del porcentaje total y los buses urbanos e interprovinciales representan el menor porcentaje del parque automotor con un valor del 5%.

2.1.6 Medición de emisiones

La NECA establece el microgramo sobre metro cúbico como la unidad oficial para cuantificar la calidad del aire. Los contaminantes SO₂ y NO₂ se han de medir en microgramo sobre metro cúbico, y el CO es el único gas que se expresa en miligramo sobre metro cúbico.

2.1.7 Microgramo sobre metro cúbico

El microgramo sobre metro cúbico es la unidad en la que se expresan los valores referenciales de gases contaminantes, sus valores límites y umbrales de información, es la unidad de medida de los resultados a disposición del público.

$$\frac{\mu g}{m^3} = \frac{10^{-6}g}{m^3} \quad [5.4]$$

Donde:

μg = microgramo

m^3 = metro cubico

2.1.8 Partes Por Millón

Partes por millón o ppm es la unidad de medida que se utiliza para cuantificar la presencia de pequeñas cantidades de un elemento en una mezcla más grande es decir, describe fenómenos de relación como partes de un todo.

$$1ppm = \frac{1}{1000000} = 0.000001 \quad [6.5]$$

Donde:

1 ppm de CO: significa que existe una unidad de CO por cada millón de unidades de aire.

2.1.9 PPM a microgramos sobre metro cubico

Para realizar la transformación de ppm a microgramo sobre metro cúbico se parte de la siguiente ecuación:

$$N ppm \times \frac{M}{V(P,T)} = \frac{\mu g}{m^3} \quad [7.6]$$

Donde:

M = masa molecular del gas.

V = volumen de un mol del gas a una determinada presión y temperatura.

2.2 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE

Para seleccionar el equipo de medición de gases se ponderó varios aspectos fundamentales, teniendo en cuenta los distintos analizadores disponibles en el país, de los cuales se comparó características y aspectos fundamentales con el fin de que las mediciones proporcionen datos de manera segura y fiable.

Entre las características más importantes a la hora de elegir el equipo se consideró el periodo de calibración, la entrega de datos y el manejo del equipo (interacción con el usuario), puesto a su importancia a la hora de realizar mediciones.

En la **Tabla 2.1** se indica el criterio de selección del equipo basado en la calificación sobre las características para la recolección de datos que ofrece cada uno de los equipos, así como el costo, tiempo de entrega y tipo de tecnología.

Tabla 2.1 Selección del equipo en base a la calificación de cada medidor

Medidores de gases	Eficiencia de proceso de datos	Software	Costo	Adquisición	Calificación
Gas Analyzer (gah-900)	5	4	1	2	12
Medidor (tm100d7g)	5	3	1	1	10
Medidor de gases K-600	4	4	4	1	13
Multigas 4xr	2	1	4	3	10
Múltiple Gases E6000	4	4	1	0	9

El equipo seleccionado para la medición de gases es el medidor modelo K-600 debido a que cumple con los requisitos necesarios para realizar las mediciones. Referente a la selección se obtuvo una calificación adecuada, además es un equipo sencillo de realizar las

calibraciones y mantenimientos. A si mismo el costo del equipo es el adecuado y está dentro de los parámetros de presupuesto.

2.2.1 Medidor de calidad de aire Bosean K-600

Actualmente, los medidores de calidad de aire de bajo costo son una opción económica viable para el monitoreo de gases contaminantes presentes en el aire. Los medidores de calidad del aire de bajo costo ofrecen una aceptable confiabilidad y garantizan el estricto cumplimiento de los requisitos técnicos y legales. El medidor de gas BOSEAN K-600 es un dispositivo de marca china que permite analizar y determinar en porcentaje y partículas por millón los componentes químicos que se encuentran en el aire.



Figura 2.3 Medidor de gases BOSEAN K-600

En la **Figura 2.3** se muestra el medidor de gases Bosean K-600, el cual está diseñado para obtener datos en condiciones reales de manera pasiva. Los gases contaminantes que detecta son: monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono.

2.2.2 Características del medidor de Calidad de aire Bosean K-600

El medidor de gas BOSEAN K-600 es un detector de gases múltiples con bomba incorporada. El dispositivo adopta circuitos integrados avanzados que logra tener una tecnología de diseño de nivel inteligente y estandarizado.

Es la herramienta ideal para la realización de proyectos de investigación en el campo de la industria automotriz. Cabe mencionar que este equipo opera en modo estático o dinámico, extrayendo gases del ambiente.

El medidor BOSEAN K-600 está hecho de plásticos de ingeniería de alta resistencia, con excelente sensibilidad y repetitividad, y es muy cómodo de usar y mantener. El medidor está conectado directamente a la computadora, lo que permite una mejor interpretación de los resultados.

El medidor de gases modelo BOSEAN K-600, muestra una serie de características principales. A continuación, se indica en la **Tabla 2.2**

Tabla 2.2 Características del medidor de gases BOSEAN K-600

Método de muestro de gases	Muestreo por medio de bomba de gases
Gases a detectar	CO, NO ₂ , O ₃ y SO ₂
Temperatura de trabajo	-20°C ~50°C
Precisión	≤ ±5% F. S
Fuente de alimentación	DC 3.7V Li-on battery 3600mAh
Tiempo de trabajo	> 10 horas
Tiempo de carga	De 6 a 8 horas
Peso	400 g
Dimensiones	174mm x 68mm x 47mm

Fuente: (Manual Bosean k-600, pág. 4)

2.3 DEFINICIÓN DE LAS ZONA DE ESTUDIO

2.3.1 Selección de los puntos de monitoreo en zonas de alto tráfico vehicular

La selección de los puntos de monitoreo sobre emisiones de gases contaminantes se llevará a cabo en diferentes áreas de la ciudad de Ibarra, las cuales se han elegido contemplando características importantes de estudio como son:

- Flujo vehicular.
- Composición del parque vehicular. (Único para cada zona)

- Velocidad de tránsito vehicular.
- Puntos críticos de tráfico en el hipocentro de la ciudad de Ibarra.

Bajo los requerimientos mencionados se definieron tres sectores de alto tráfico vehicular pero cada uno con distintas características. A continuación, se presentan los sectores elegidos:

- Mercado Amazonas
- Calle Simón Bolívar
- Panamericana Norte sector Tahuando



Figura 2.4 Puntos de monitoreo en la ciudad de Ibarra

En la **Figura 2.4** se muestra los puntos de monitoreo en los que se realizará la toma de mediciones en base al tráfico vehicular que se genera en cada sector, el primer punto a monitorear es el sector Mercado Amazonas, el segundo punto de monitoreo se ubica en la calle Simón Bolívar, para finalmente terminar la toma de datos en la Panamericana sector Tahuando.

2.3.2 Características del sector del Mercado Amazonas.

El sector Mercado Amazonas se divide en dos tipos de vías: arteriales y vías de captación, lo que significa que de acuerdo con las normas de edificación y urbanismo que rigen en el

territorio del estado de Ibarra, estas vías de captación son las encargadas de distribuir el tráfico en la zona urbana.



Figura 2.5 Av. Pérez Guerra y Sánchez y Cifuentes

Como se muestra en la **Figura 2.5**, es una vía que permite el acceso directo a los distritos residenciales, institucionales, recreativos y comerciales de menor escala. También la circulación de las líneas de autobuses de la ciudad. Así mismo, estas vías están homologadas para circular a velocidades de 20 a 30 km/h, y dispone de dos carriles, cada uno de 3,50 m de longitud.

Las vías arteriales, en cambio, son aquellas que brindan buena velocidad de circulación y movilidad”, mejor flujo vehicular, además la velocidad de circulación permitida es de 20-30 km/h, y el ancho entre carriles es de 3,65 m.

Finalmente, las vías están construidas en base de adoquín y no presentan daños severos en los tramos de estudio. El sector del Mercado Amazonas presenta características que se muestran a continuación en la **Tabla 2.3**

Tabla 2.3 Caracterización del sector Mercado Amazonas

Caracterización de la vía	
Composición del parque vehicular	Vehículos livianos y pesados, motocicletas, buses escolares y urbanos.
Características de construcción de la vía	4 carriles con una intersección de dos carriles, presencia de semáforos, la vía está construida en adoquín.
Velocidad del tránsito vehicular	50 km/h
Ubicación dentro de la ciudad	Hipercentro

2.3.3 Características del sector calle Simón Bolívar y Oviedo

El sector de la calle Simón Bolívar se compone de dos vías de captación, lo que significa que de acuerdo con las normas de edificación y urbanismo que rigen en el territorio del estado de Ibarra, estas vías son las encargadas de distribuir el tráfico en la zona urbana.

Además, permite el acceso directo a los distritos residenciales, institucionales, recreativos y comerciales de menor escala, también la circulación de las líneas de autobuses de la ciudad. Estas vías están homologadas para circular a velocidades de 20 a 40 km/h, y dispone de dos carriles en un solo sentido, cada uno de 3,50 m de longitud.

Las vías arteriales, en cambio, son aquellas que brindan buena velocidad de circulación y movilidad”, mejor flujo vehicular; la velocidad de circulación permitida es de 20-40 km/h, y el ancho entre carriles es de 3,65 m.



Figura 2.6 Intersección calle Simón Bolívar y Oviedo

Como lo muestra la **Figura 2.6**, la característica principal de estas vías es que son vías de un solo sentido y estacionamiento. En la intersección cuenta con un semáforo con una frecuencia de cambio de luces de 47 segundos. Las vías en este punto se encuentran construidas de adoquín cuadrado y no presentan daños en la zona de estudio.

A continuación, en la **Tabla 2.4** se muestra las características y variables que se consideran del punto de monitoreo:

Tabla 2.4 Caracterización del sector de la calle Simón Bolívar

Caracterización de la vía	
Composición del parque vehicular	Vehículos livianos, pesados, motocicletas, y buses escolares.
Características de construcción de la vía	2 carriles con una intersección de dos carriles, presencia de un semáforo y la vía está construida en adoquín.
Velocidad del tránsito vehicular	30 km/h
Ubicación dentro de la ciudad	Hipercentro

2.3.4 Características del sector de la Panamericana Norte Tahuando.

El sector de la Panamericana Norte, Tahuando se compone de una vía perimetral, lo que significa que, de acuerdo con las normas de edificación y urbanismo regidas en el territorio del estado de Ibarra, estas vías son las encargadas de conectar a la ciudad con las provincias vecinas y otras ciudades importantes.



Figura 2.7 Panamericana Norte sector Tahuando

La **Figura 2.7** muestra la autopista en el sector, estas vías permiten el acceso y salida de todo tipo de vehículos desde o hacia la ciudad, también la circulación de las líneas de autobuses interprovinciales y urbanos de la ciudad. Además, estas vías están homologadas para circular a velocidades de 40 a 50 km/h, y dispone de cuatro carriles dos en cada sentido, cada uno de 3,50 m de longitud.

La congestión vehicular se genera entre los sectores del Puente en el Tahuando y el semáforo en la intersección de la Panamericana y la calle Obispo Jesús Yerovi con una duración entre luces de verde a rojo de 47 segundos. La vía es de asfalto y en el tramo no presenta daños en ningún sector. A continuación, en la **Tabla 2.5** se indica las principales características de la vía:

Tabla 2.5 Caracterización del sector Panamericana Norte Tahuando

Caracterización de la vía	
Composición del parque vehicular	Vehículos livianos, pesados, motocicletas, y buses escolares.
Características de construcción de la vía	4 carriles con un puente que reduce a 2 carriles, presencia de un semáforo y la vía está construida en asfalto.
Velocidad del tránsito vehicular	80 km/h
Ubicación dentro de la ciudad	Entrada a la ciudad

2.4 PLANIFICACIÓN DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL

La planificación de la campaña experimental se basó en criterios como la selección de sectores estratégicos y horarios durante los cuales se concentra la mayor intensidad de tráfico vehicular. De igual manera se llevó a cabo el diseño de hojas de datos que permitieron recolectar la información de manera manual. A continuación, se presenta el formato que se utilizó para la obtención la recolección de datos durante la campaña experimental.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ									
Sector		Horario de prueba				Composición del parque vehicular			
Mercado amazonas		0700 a 09:00							
Registro de datos	# de Pruebas	CO	SO ₂	NO ₂	O ₃	Camiones	Autobuses	Automóviles	Motocicletas
7:03	1								
7:06	2								
7:09	3								
7:12	4								
7:15	5								
7:18	6								
7:21	7								
7:24	8								
7:27	9								
7:30	10								
7:33	11								
7:36	12								
7:39	13								
7:42	14								
7:45	15								
7:48	16								
7:51	17								
7:54	18								
7:57	19								
8:00	20								
8:03	21								
8:06	22								
8:09	23								
8:12	24								
8:15	25								
8:18	26								
8:21	27								
8:24	28								
8:27	29								
8:30	30								
8:33	31								
8:36	32								
8:39	33								
8:42	34								
8:45	35								
8:48	36								
8:51	37								
8:54	38								
8:57	39								
9:00	40								

Figura 2.8 Formato manual para la obtención de datos

En la **Figura 2.8** se muestra el formato que se utilizó durante la campaña experimental, siendo este importante para la toma de datos en cada uno de los puntos a monitorearse en la ciudad de Ibarra.

Con el equipo debidamente instalado y la metodología definida, se procedió a la obtención de los valores de emisiones en los diferentes horarios establecidos que son de 07:00 a 09:00 am, 12:00 a 14:00 pm y 17:00 a 19:00 pm, en cada uno de los puntos de monitoreo establecidos.

2.4.1 Cálculo para la interpretación de datos

Para la interpretación de resultados se consideró los promedios generales de cada uno de los gases en (ppm), así como también el peso molecular de cada uno de los gases (PM) y una temperatura constante. A continuación, se detalla la ecuación:

$$N \text{ ppm} \times \frac{M}{V(P,T)} = \frac{\mu g}{m^3} \quad [8.7]$$

Donde:

N ppm: número de partículas por millos

M = masa molecular del gas.

V = volumen de un mol del gas a una determinada presión y temperatura.

2.4.2 Cálculo para para obtener la velocidad puntual o promedio

Para determinar la velocidad puntual se utilizó la aplicación VELOCIMETRO APP. Este software tiene la factibilidad de registrar la relación de movimiento de los vehículos. Posteriormente se registraron las velocidades observadas.



Figura 2.9 Obtención de velocidad a través de la aplicación Velocímetro App

La **Figura 2.9** muestra la obtención de datos de las velocidades observadas, en el sector Panamericana Norte sector Tahuando, mismo proceso que se ha realizado en los tres sectores de monitoreo.

Cálculo de Velocidad Puntual en Km/h					
Mediciones	Tahuando	Mercado Amazonas	Simón Bolívar		
V1	50,97	45,5	39,25		
V2	54,12	38,64	29,26		
V3	48,22	37,77	33,75		
V4	44,89	30,15	35,75		
V5	50,08	50,45	45,15		
V6	47,9	35,6	36,25		
V7	45,12	40,96	29,23		
V8	51,45	35,25	31,25		
V9	57,4	52,56	32,87		
Velocidad Promedio	50,0166667	40,8	34,75		

Figura 2.10 Método de cálculo de la velocidad puntual.

La **Figura 2.10** indica el método utilizado para la obtención de la velocidad promedio. Se observa que se han registrado 9 datos de velocidades observadas y se ha utilizado la ecuación 2.3 para el cálculo de la velocidad puntual.

2.5 DESARROLLO DE LAS PRUEBAS PILOTO

Para el desarrollo de las pruebas fue necesario el uso de los formatos de registro las cuales se utilizaron para las anotaciones de los datos obtenidos con el medidor de gases Bosean K-600. Además, fue necesario la ayuda de dos personas tanto para la recolección de datos y la contabilización de la composición vehicular.

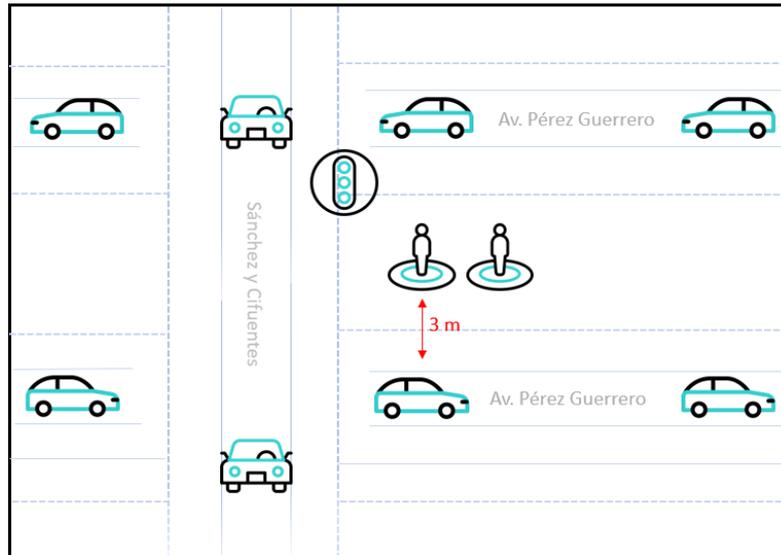


Figura 2.11 Diagrama de posicionamiento para la adquisición de datos

Fuente: (Autores)

En la **Figura 2.11** se indica el posicionamiento en la cual se realiza la adquisición de toma datos, el mismo que se instaló en un punto fijo de circulación de alto tráfico vehicular, y a la vez se procedió a instalarse a tres metros de distancia de cada vehículo.

2.6 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos y registros obtenidos de forma manual a través de la campaña experimental, se llevaron a un software como lo fue Excel, con la finalidad de tener una mejor interpretación de estos a través de graficas de barras que permitan una fácil y correcta explicación.

Mercado Amazonas					
Mediciones	Horario	Nivel de CO (ppm)	Nivel de SO2(ppm)	Nivel de NO2(ppm)	Nivel de O3(ppm)
1	7:03	2	0	0	0
2	7:06	2	0,1	0	0,1
3	7:09	4	0,1	0,1	0
4	7:12	1	0	0,1	0
5	7:15	2	0	0	0,1
6	7:18	2	0	0,1	0
7	7:21	1	0,1	0,2	0,1
8	7:24	2	0	0	0
9	7:27	1	0,1	0,1	0
10	7:30	3	0	0	0,1
11	7:33	1	0	0,1	0
12	7:36	2	0,1	0,1	0
13	7:39	1	0	0	0
14	7:42	1	0	0,1	0,1
15	7:45	6	0	0	0,1
16	7:48	4	0	0,1	0
17	7:51	2	0	0	0
18	7:54	3	0,1	0,2	0,1
19	7:57	2	0,1	0	0
20	8:00	6	0	0,1	0
21	8:03	3	0	0	0
22	8:06	3	0	0	0,1
23	8:09	4	0	0,1	0
24	8:12	6	0	0	0
25	8:15	3	0,1	0,1	0,1
26	8:18	1	0	0,1	0
27	8:21	0	0	0	0
28	8:24	1	0	0,1	0,1
29	8:27	1	0,1	0	0
30	8:30	1	0,1	0,1	0,1
31	8:33	2	0	0	0
32	8:36	1	0,1	0,1	0,1
33	8:39	2	0	0	0,1
34	8:42	6	0	0	0
35	8:45	1	0,1	0	0
36	8:48	1	0	0,1	0
37	8:51	1	0	0	0
38	8:54	0	0,1	0,1	0,1
39	8:57	2	0,1	0,1	0
40	9:00	1,99	0	0	0,1
Promedio total en (ppm)		1,99	0,035	0,055	0,0375
Promedio total en (ug/m³)		2204	60	207	45
Peso		26 g/mol			
V(p,t)		25,4 °C			

Figura 2.12 Procesamiento de datos en Excel

En la **Figura 2.12** se muestra los datos obtenidos los cuales fueron introducidos a un software Excel. Este va a permitir una mejor interpretación de los resultados a través de gráficas comparativas y gráficas de barras. Con ello se busca analizar las emisiones contaminantes comparando los resultados con la Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire (NECA).

De igual manera para una correcta interpretación de datos es necesario realizar la conversión de unidades de partículas por millón (ppm) que el equipo registra durante la obtención de datos, a microgramos sobre metro cubico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) como lo establece la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire.

2.7 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

2.7.1 Muestreo de datos en el sector Mercado Amazonas

Se realizaron 40 tomas de datos en un intervalo de tiempo de 120 minutos con una frecuencia de 3 minutos por cada toma de medición, con la finalidad de obtener valores confiables. Los valores obtenidos en el sector Mercado Amazonas se muestran a continuación.

	A	B	C	D	E	F
1	Mercado Amazonas					
2	Mediciones	Horario	Nivel de CO (ppm)	Nivel de SO2(ppm)	Nivel de NO2(ppm)	Nivel de O3(ppm)
48	1	12:03	3	0	0,1	0
49	2	12:06	1	0,1	0	0
50	3	12:09	4	0	0,1	0
51	4	12:12	2	0,1	0	0,1
52	5	12:15	2	0	0	0
53	6	12:18	3	0	0,1	0
54	7	12:21	2	0,1	0	0,1
55	8	12:24	2	0	0	0
56	9	12:27	1	0,1	0,1	0
57	10	12:30	3	0	0,2	0
58	11	12:33	3	0	0,1	0
59	12	12:36	2	0,1	0	0
60	13	12:39	1	0,1	0,2	0
61	14	12:42	1	0	0,1	0,1
62	15	12:45	4	0,1	0	0,1
63	16	12:48	3	0	0,1	0
64	17	12:51	2	0	0	0
65	18	12:54	3	0,1	0,2	0,1
66	19	12:57	2	0	0	0
67	20	13:00	2	0,1	0,1	0
68	21	13:03	3	0	0,1	0
69	22	13:06	1	0	0,1	0,1
70	23	13:09	2	0	0	0
71	24	13:12	2	0	0	0
72	25	13:15	3	0,1	0,2	0,1
73	26	13:18	1	0	0	0
74	27	13:21	2	0,1	0	0
75	28	13:24	2	0	0,1	0,1
76	29	13:27	1	0,1	0	0
77	30	13:30	2	0	0,1	0,1
78	31	13:33	2	0	0	0
79	32	13:36	1	0,1	0,1	0,1
80	33	13:39	2	0	0	0,1
81	34	13:42	1	0	0,1	0
82	35	13:45	2	0,1	0	0
83	36	13:48	1	0	0	0
84	37	13:51	2	0	0	0
85	38	13:54	1	0,1	0	0,1
86	39	13:57	2	0	0,1	0
87	40	14:00	1	0	0	0,1
88	Promedio total en (ppm)		2,2	0,0375	0,0575	0,0325
89	Promedio total en (ug/m ³)		2285	66	216	48

Figura 2.13 Muestro de datos obtenidos en sector Mercado Amazonas

En la **Figura 2.13** se puede observar el muestreo de datos obtenidos en el sector Mercado Amazonas, utilizando el medidor de gases BOSEAN K-600, el cual entrega los resultados en unidad de partículas por millón con un tiempo de respuesta de 30s, analizando en simultáneo los cuatro gases.

2.7.2 Muestreo de datos en la calle Simón Bolívar

De la misma manera para la calle Simón Bolívar se procedió a ubicarse en un punto estratégico con mayor concentración de tráfico vehicular, este punto fue determinado entre las calles Simón Bolívar y Oviedo. Los valores obtenidos en la calle Simón Bolívar se muestran a continuación.

	A	B	C	D	E	F
1	Calle Simón Bolívar					
2	Mediciones	Horario	Nivel de CO(ppm)	Nivel de SO2(ppm)	Nivel de NO2(ppm)	Nivel de O3(ppm)
48	1	12:03	2	0,1	0,1	0
49	2	12:06	2	0	0	0
50	3	12:09	1	0	0	0
51	4	12:12	3	0	0,1	0,1
52	5	12:15	2	0	0	0
53	6	12:18	2	0	0,1	0
54	7	12:21	1	0,1	0	0,1
55	8	12:24	2	0	0	0
56	9	12:27	1	0	0,1	0
57	10	12:30	3	0	0	0
58	11	12:33	1	0	0	0
59	12	12:36	2	0,1	0	0
60	13	12:39	3	0	0,1	0
61	14	12:42	3	0	0,1	0,1
62	15	12:45	2	0	0	0
63	16	12:48	2	0	0	0
64	17	12:51	1	0	0	0,1
65	18	12:54	3	0,1	0,1	0
66	19	12:57	2	0	0	0
67	20	13:00	2	0	0,1	0
68	21	13:03	3	0	0	0
69	22	13:06	2	0	0	0,1
70	23	13:09	2	0,1	0	0
71	24	13:12	1	0	0	0
72	25	13:15	2	0,1	0,1	0
73	26	13:18	1	0	0	0
74	27	13:21	3	0	0	0
75	28	13:24	2	0	0	0,1
76	29	13:27	2	0,1	0	0
77	30	13:30	1	0	0,1	0
78	31	13:33	2	0	0,1	0
79	32	13:36	1	0,1	0	0
80	33	13:39	2	0	0	0,1
81	34	13:42	3	0	0	0
82	35	13:45	2	0	0	0
83	36	13:48	2	0,1	0	0
84	37	13:51	2	0	0	0
85	38	13:54	3	0	0	0
86	39	13:57	2	0	0,1	0
87	40	14:00	1	0	0	0,1
88	Promedio total en (ppm)		1,975	0,0225	0,03	0,02
89	Promedio total en (ug/m3)		1470	37	110	19

Figura 2.14 Muestro de datos obtenidos en la calle Simón Bolívar

En la **Figura 2.14** se muestra los datos obtenidos en la calle Simón Bolívar, tanto que el CO, SO2, NO2 y O3 tiende a disminuir a diferencia del sector Mercado Amazonas, esto debido a la composición del parque vehicular que se encuentra en este sector.

2.7.3 Muestreo de datos en la Panamericana sector Tahuando

El último punto de monitoreo se realizó en la Panamericana Norte sector Tahuando, punto en el cual existe gran congestión vehicular debido al cuello de botella que se genera en el estrecho paso vehicular como lo es el puente Tahuando. Los valores obtenidos en este sector se muestran a continuación.

	A	B	C	D	E	F
1	Panamericana Norte Sector Tahuando					
2	Mediciones	Horario	Nivel de CO(ppm)	Nivel de SO ₂ (ppm)	Nivel de NO ₂ (ppm)	Nivel de O ₃ (ppm)
93	1	17:03	3	0	0,2	0
94	2	17:06	2	0	0	0,1
95	3	17:09	3	0,1	0	0
96	4	17:12	3	0,1	0,1	0
97	5	17:15	2	0	0	0
98	6	17:18	4	0	0	0
99	7	17:21	2	0,1	0	0
100	8	17:24	2	0	0,1	0
101	9	17:27	3	0,2	0,1	0,1
102	10	17:30	2	0	0,1	0
103	11	17:33	1	0	0,2	0
104	12	17:36	3	0	0	0
105	13	17:39	2	0,1	0	0
106	14	17:42	2	0,1	0,1	0,1
107	15	17:45	3	0	0	0
108	16	17:48	3	0	0,1	0
109	17	17:51	2	0	0	0
110	18	17:54	3	0,1	0,1	0,1
111	19	17:57	2	0	0	0
112	20	18:00	2	0,1	0,2	0
113	21	18:03	3	0	0,1	0
114	22	18:06	4	0	0	0,1
115	23	18:09	2	0,1	0,1	0
116	24	18:12	3	0	0	0
117	25	18:15	2	0,1	0,1	0,1
118	26	18:18	2	0	0	0
119	27	18:21	3	0,1	0	0
120	28	18:24	2	0,1	0,1	0,1
121	29	18:27	1	0	0	0
122	30	18:30	3	0	0,1	0
123	31	18:33	2	0	0	0
124	32	18:36	3	0,1	0,1	0,1
125	33	18:39	2	0,1	0,2	0
126	34	18:42	3	0	0,1	0
127	35	18:45	3	0	0	0
128	36	18:48	2	0	0,1	0
129	37	18:51	2	0	0	0
130	38	18:54	3	0,1	0	0
131	39	18:57	2	0,1	0,1	0
132	40	19:00	3	0	0	0,1
133	Promedio total en (ppm)		2,475	0,0425	0,06	0,0225
134	Promedio total en (ug/m ³)		2830	78	250	40

Figura 2.15 Muestro de datos obtenidos en la Panamericana sector Tahuando

En la **Figura 2.15** se observa los datos adquiridos que presenta el sector Tahuando, en el cual se puede observar valores de concentración superiores a diferencias de las zonas previamente monitoreadas, esto es debido a la composición de tráfico vehicular formado por el denominado cuello de botella.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis y discusión de resultados se realizó a través de promedios totales obtenidos en cada uno de los puntos de monitoreo, evaluando la concentración de los gases de monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y ozono en los tres horarios establecidos y en las tres zonas de mayor tráfico vehicular previamente determinados, además, estos promedios se representan en microgramos sobre metro cúbico, misma unidad que utiliza la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire.

Finalmente, con los datos obtenidos se ha realizado una evaluación de la calidad de aire, comprobando que los valores de cada uno de los gases se encuentren dentro de los rangos permisibles que se encuentran establecidos en la NECA.

3.1 ANÁLISIS DE INTENSIDAD VEHICULAR POR ZONA

3.1.1 Mercado Amazonas

El sector se encuentra ubicado entre las calles Alfredo Pérez Guerrero la cual es una calle de 4 carriles, con 2 carriles de ida y 2 de regreso, y la calle Sánchez y Cifuentes que es una vía de doble carril en un solo sentido. En la intersección controla el tráfico un semáforo que demora el cambio de luz verde a luz roja un tiempo de 47 segundos.

En la **Tabla 3.1** se indica la composición como está conformado el parque vehicular en el sector del Mercado Amazonas

Tabla 3.1 Número de vehículos en el sector Mercado Amazonas

Sector Mercado Amazonas							
Clase / Horario	Camiones	Autobuses	Automóviles	Motocicletas	Total, de vehículos	Flujo vehicular (veh/h)	Velocidad promedio (km/h)
07:00 a 09:00	139 (3.28%)	352 (8.32%)	3420 (80.81%)	321 (7.58%)	4232	2116	40,08
12:00 a 14:00	152 (3.14%)	351 (7.88%)	3575 (80.25%)	377 (8.46%)	4455	2227	35,01
17:00 a 19:00	165 (3.48%)	349 (7.37%)	3934 (83.11%)	285 (6.02%)	4733	2366	34,04

3.1.2 Calle Simón Bolívar

La calle Simón Bolívar es una de las principales arterias urbanas de la ciudad, conectando sectores de alta importancia de la ciudad, por su parte, la Calle Miguel Oviedo es una transversal que de igual manera se encuentra ubicada en el sector estratégico de la ciudad de Ibarra.

En la **Tabla 3.2** se indica la cantidad de vehículos como está conformado el parque vehicular en sector de la calle Simón Bolívar.

Tabla 3.2 Número de vehículos en la calle Simón Bolívar

Calle Simón Bolívar							
Clase / Horario	Camiones	Autobuses	Automóviles	Motocicletas	Total de vehículos	Flujo Vehicular (veh/h)	Velocidad promedio (km/h)
07:00 a 09:00	8 (0.32%)	4 (0.16%)	2097 (86.01%)	248 (10.17%)	2438	1219	34,75
12:00 a 14:00	11 (0.40%)	6 (0.22%)	2372 (87.10%)	215 (7.89%)	2723	1361	32,59
17:00 a 19:00	6 (0.25%)	5 (0.21%)	2301 (95.16%)	233 (9.63%)	2418	1209	38,05

3.1.3 Panamericana Norte sector Tahuando

La ruta Panamericana Norte sector Tahuando es una carretera que une a la ciudad de Ibarra con la Provincia del Carchi y es el principal acceso por el norte de la ciudad. Es una vía perimetral por lo cual se transita a altas velocidades, así como también cuenta con doble carril en todo el sector.

En la **Tabla 3.3** se indica la cantidad de vehículos como está conformado el parque vehicular en sector de la Panamericana Norte sector Tahuando.

Tabla 3.3 Número de vehículos en la Panamericana sector Tahuando

Panamericana sector Tahuando							
Clase / Horario	Camiones	Autobuses	Automóviles	Motocicletas	Total de vehículos	Flujo Vehicular (veh/h)	Velocidad promedio (km/h)
07:00 a 09:00	440 (10.16%)	268 (6.19%)	3295 (76.11%)	326 (7.53%)	4329	2164	50,01
12:00 a 14:00	630 (12,64%)	272 (5.45%)	3682 (73.89%)	399 (8%)	4983	2491	46,12
17:00 a 19:00	737 (13.56%)	275 (5.06%)	4074 (74.07%)	348 (6.4%)	5434	2717	46,01

3.2 ANÁLISIS DE EMISIONES VEHICULARES

Las emisiones vehiculares contaminantes se evaluaron en los tres sectores de alto tráfico vehicular, considerando las variables de flujo vehicular, composición del parque vehicular, y velocidad promedio. Estas variables permitieron reconocer la variación de niveles de contaminantes y porqué se generan dichas variaciones.

3.2.1 Relación de emisiones de monóxido de carbono por horarios

Para el análisis de emisiones de monóxido de carbono realizado en los tres sectores de alto tráfico vehicular como lo son el sector Mercado Amazonas, calle Simón Bolívar y sector Tahuando, se evaluó los registros en función de los periodos de tiempo en el cual se llevo a cabo las mediciones.

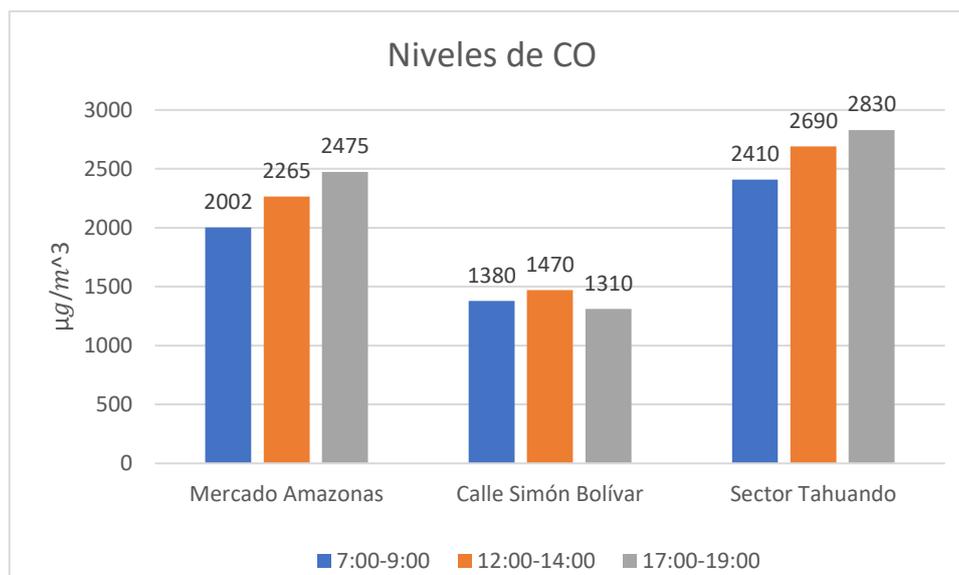


Figura 3.1 Emisiones de monóxido de carbono por horarios

En la **Figura 3.1** se muestra los resultados generales de las emisiones de CO expresados en partículas por millón. Se visualiza una tendencia de aumento en el horario de 12:00 a 14:00 y de 17:00 a 19:00 horas, mientras que los niveles más bajos se registran en el horario de 7:00 a 9:00 horas. De igual manera los niveles más altos se registraron en el sector Mercado Amazonas y Tahuando a diferencia de la calle Simón Bolívar que registra el nivel bajo de CO.

3.2.2 Análisis de emisiones de monóxido de carbono vs el flujo vehicular y velocidad promedio

Para la interpretación de resultados del monóxido de carbono se consideró el promedio general de las mediciones obtenidas durante los tres horarios, para realizar la correlación del gas contaminante con el flujo vehicular.

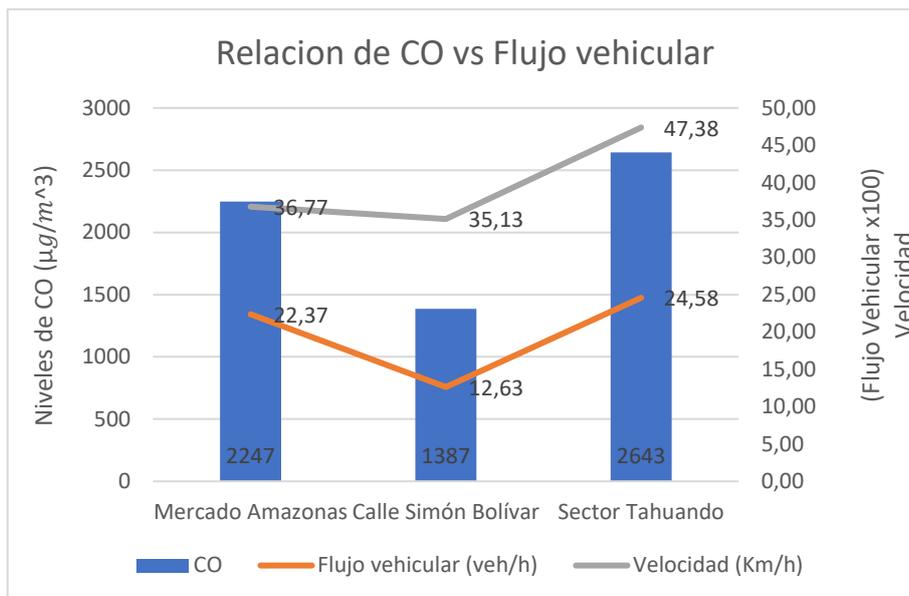


Figura 3.2 Niveles de emisiones CO vs Flujo vehicular

En la **Figura 3.2** se observa los resultados generales de monóxido de carbono expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los tres puntos de monitoreo y la relación con el flujo vehicular y la velocidad puntual. Además, se analiza que el flujo vehicular tiene una relación directamente proporcional con las emisiones de CO.

Se visualiza que el Sector Tahuando concentra el mayor nivel del gas contaminante con $2643 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y la mayor intensidad de flujo vehicular con $2458 \text{veh}/\text{h}$. El sector Mercado Amazonas por su parte concentra el segundo nivel más alto de emisiones e intensidad vehicular con valores de $2247 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $2237 \text{veh}/\text{h}$ respectivamente. Finalmente, la calle Simón Bolívar muestra el nivel más bajo con un valor de $1387 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para una intensidad vehicular de $1263 \text{veh}/\text{h}$.

De la misma manera se muestra la relación existente entre el nivel de concentración de CO con la velocidad puntual de tránsito en cada uno de los sectores. La Panamericana norte sector Tahuando a pesar de que presenta la mayor velocidad puntual de circulación de $47,38 \text{Km}/\text{h}$, es una autopista en la cual la velocidad mínima para que exista un flujo estable de circulación es de $65 \text{Km}/\text{h}$, por ende, en este sector se determina que existe un flujo inestable de circulación.

Así mismo, en el sector Mercado Amazonas la velocidad puntual de circulación es de $36,77 \text{Km}/\text{h}$, al ser una vía urbana de doble carril para que se mantenga un flujo estable de circulación la velocidad no debe ser inferior de los $50 \text{Km}/\text{h}$. De esta manera se puede

determinar que existe un flujo inestable de circulación es este sector en horarios de alto tráfico vehicular.

Posteriormente, se observa que en la calle Simón Bolívar y Oviedo se registra una velocidad puntual de circulación de 35,13 Km/h, al ser esta una calle urbana de una vía, la velocidad normal de circulación es de 30 Km/h. Entonces, se determina que en este sector existe un flujo de circulación estable.

En conclusión, el monóxido de carbono tiende a aumentar sus niveles en zonas urbanas en las cuales la intensidad vehicular aumenta, en este caso provocado por la circulación vehicular discontinua. Esto causa que los vehículos en circulación tiendan a mantenerse en marchas bajas y ralentíes prolongados generando mayor cantidad de emisiones.

3.2.3 Relación de emisiones de dióxido de nitrógeno por horarios

Para el análisis de emisiones de dióxido de nitrógeno realizado en los tres sectores de alto tráfico vehicular como lo son el sector Mercado Amazonas, calle Simón Bolívar y sector Tahuando, se evaluó los registros en función de los periodos de tiempo en el cual se llevo a cabo las mediciones.

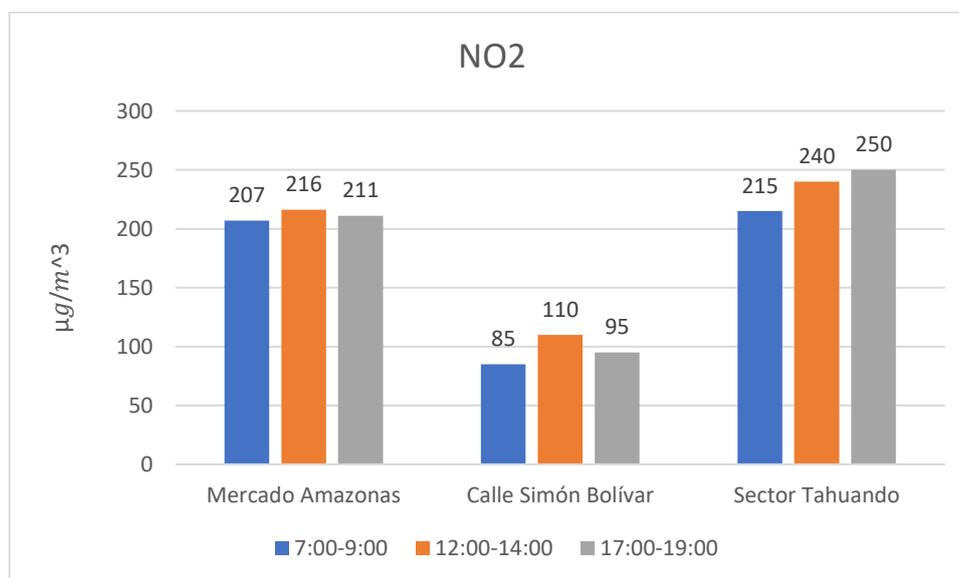


Figura 3.3 Emisiones de dióxido de nitrógeno por horarios

En la **Figura 3.3** se muestra los resultados generales de las emisiones de NO2 expresados en partículas por millón. Se visualiza una tendencia de aumento en el horario de 12:00 a 14:00

y de 17:00 a 19:00 horas, mientras que los niveles más bajos se registran en el horario de 7:00 a 9:00 horas. De igual manera los niveles más altos se registraron en el sector Mercado Amazonas y Tahuando a diferencia de la calle Simón Bolívar que registra el nivel bajo de NO₂.

3.2.4 Análisis de emisiones de dióxido de nitrógeno vs el flujo vehicular y velocidad promedio

Para la interpretación de resultados del dióxido de nitrógeno se consideró el promedio general de las mediciones obtenidas durante los tres horarios, para realizar la correlación del gas contaminante con el flujo vehicular.

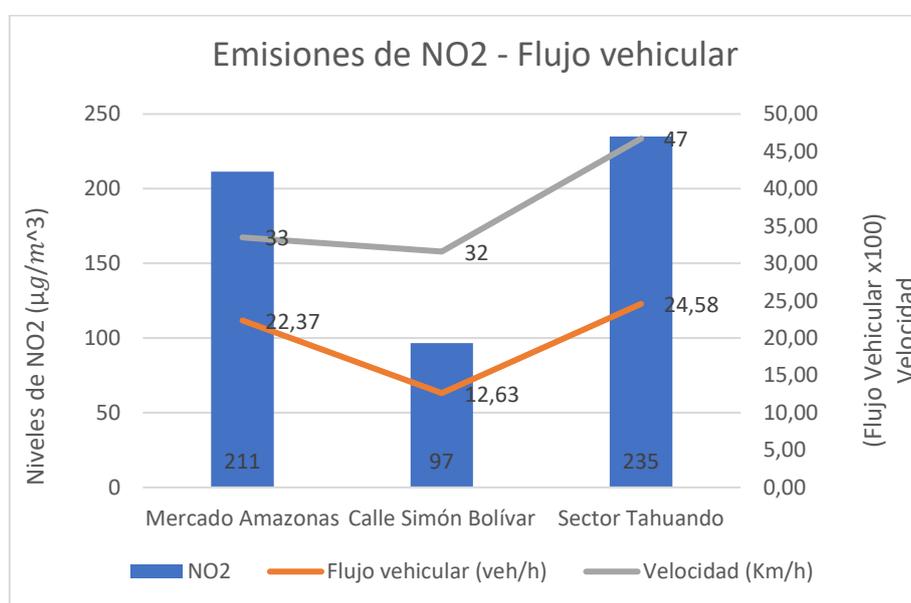


Figura 3.4 Niveles de emisiones NO₂ vs Flujo vehicular

La **Figura 3.4** muestra los niveles generales de dióxido de carbono expresados en µg/m³ registrados en los tres puntos de monitoreo y la relación con el flujo vehicular y la velocidad puntual de circulación expresada en Km/h. Además, se analiza que las emisiones de NO₂ tienen una relación directa con la intensidad vehicular.

Se observa que el Sector Tahuando concentra el mayor nivel del gas contaminante con 235 µg/m³ y la mayor intensidad de flujo vehicular con 2458 veh/h. El sector Mercado Amazonas por su parte concentra el segundo nivel más alto de emisiones e intensidad vehicular con valores de 211 µg/m³ y 2237 veh/h respectivamente. Finalmente, la calle

Simón Bolívar muestra el nivel más bajo con un valor de $97\mu\text{g}/\text{m}^3$ para una intensidad vehicular de 1263 veh/h.

Así mismo, se observa la relación existente entre el nivel de concentración de NO_2 con la velocidad puntual de tránsito en cada uno de los sectores. El sector Tahuando y el sector Mercado Amazonas como se mencionó anteriormente, presentan un flujo inestable de circulación. Esto en conjunto con la composición del parque automotor en estas zonas en las cuales existe alto porcentaje de vehículos pesados y de transporte urbano genera la mayor concentración de NO_2 .

Analíticamente se explica que el dióxido de nitrógeno aumenta en zonas urbanas de alta intensidad de flujo vehicular como lo son el sector Mercado Amazonas y sector Tahuando. Además, gran parte de la composición vehicular en estas zonas están conformadas por; vehículos diésel de alta cilindrada como lo es el transporte de carga pesada, buses interprovinciales y urbanos.

3.2.5 Relación de emisiones de dióxido de azufre por horario

Para el análisis de emisiones de dióxido de azufre de carbono realizado en los tres sectores de alto tráfico vehicular como lo son el sector Mercado Amazonas, calle Simón Bolívar y sector Tahuando, se evaluó los registros en función de los periodos de tiempo en el cual se llevo a cabo las mediciones.

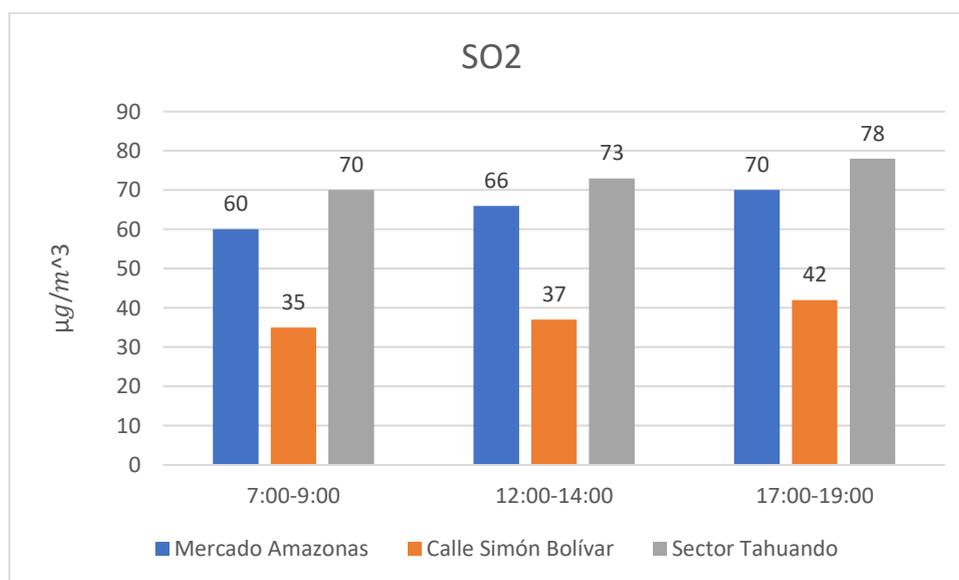


Figura 3.5 Emisiones de dióxido de azufre por horarios

En la **Figura 3.5** se muestra los resultados generales de las emisiones de SO₂ expresados en partículas por millón. Se visualiza una tendencia de aumento en el horario de 12:00 a 14:00 y de 17:00 a 19:00 horas, mientras que los niveles más bajos se registran en el horario de 7:00 a 9:00 horas. De igual manera los niveles más altos se registraron en el sector Mercado Amazonas y Tahuando a diferencia de la calle Simón Bolívar que registra el nivel bajo de SO₂.

3.2.6 Análisis de emisiones de dióxido de Azufre vs flujo vehicular y velocidad promedio

Para la interpretación de resultados del dióxido de azufre se consideró el promedio general de las mediciones obtenidas durante los tres horarios, para realizar la correlación del gas contaminante con el flujo vehicular.

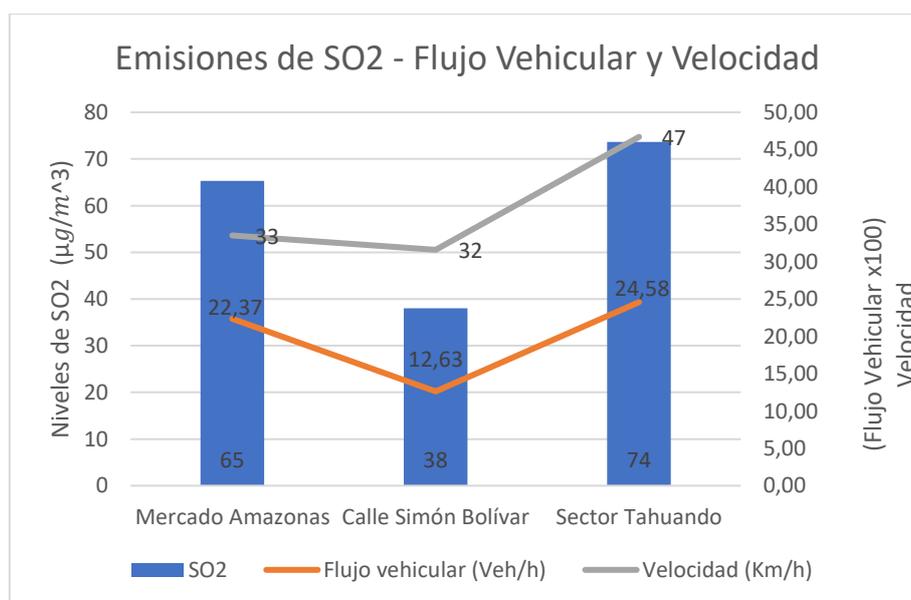


Figura 3.6 Niveles de emisiones SO₂ vs Flujo vehicular

La **Figura 3.6** muestra los niveles generales de dióxido de azufre expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrados en los tres puntos de monitoreo y la relación con el flujo vehicular y la velocidad puntual de circulación expresada en Km/h. Además, se analiza que las emisiones de SO₂ tiene una relación directa con la variable intensidad vehicular.

Se observa que el Sector Tahuando concentra el mayor nivel del gas contaminante con 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y la mayor intensidad de flujo vehicular con 2458 veh/h. El sector Mercado Amazonas por su parte concentra el segundo nivel más alto de emisiones e intensidad vehicular con valores de 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 2237 veh/h respectivamente. Finalmente, la calle

Simón Bolívar muestra el nivel más bajo con un valor de $38\mu\text{g}/\text{m}^3$ para una intensidad vehicular de 1263 veh/h.

Además, se observa que los altos valores de SO_2 que se registran en el Sector Tahuando y Mercado Amazonas es debido a las bajas velocidades puntuales de circulación causando un flujo inestable de tránsito. Esto provoca una prolongación en el tiempo de viaje, lo que a su vez conlleva que el motor se mantenga encendido por mayor tiempo quemando combustible. En combinación con la mala calidad de combustible que tiene hasta 650 ppm de azufre en el caso de gasolina y hasta 7000 ppm en vehículos diésel, esto causa un disparo en el aumento de las emisiones de SO_2 como se ha indicado.

En conclusión, la intensidad de flujo vehicular provoca que una mayor cantidad de combustible se oxide de manera simultánea. Este combustible al contener 650 ppm de azufre en su composición permite que se genere altos niveles de emisiones de dióxidos de azufre.

3.2.7 Relación de emisiones de ozono por horario

Para el análisis de emisiones ozono realizado en los tres sectores de alto tráfico vehicular como lo son el sector Mercado Amazonas, calle Simón Bolívar y sector Tahuando, se evaluó los registros en función de los periodos de tiempo en el cual se llevó a cabo las mediciones.

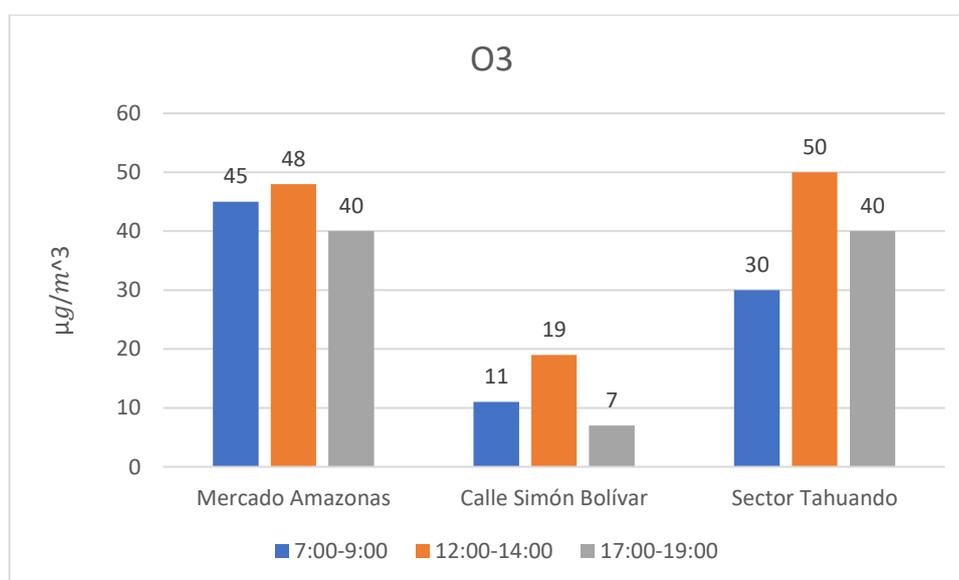


Figura 3.7 Emisiones de ozono por horarios

En la **Figura 3.7** se muestra los resultados generales de las emisiones de O₃ expresados en partículas por millón. Se visualiza una tendencia de aumento en el horario de 12:00 a 14:00 y de 17:00 a 19:00 horas, mientras que los niveles más bajos se registran en el horario de 7:00 a 9:00 horas. De igual manera los niveles más altos se registraron en el sector Mercado Amazonas y Tahuando a diferencia de la calle Simón Bolívar que registra el nivel bajo de O₃.

3.2.8 Análisis de emisiones de ozono vs flujo vehicular y velocidad promedio

Para la interpretación de resultados de ozono se consideró el promedio general de las mediciones obtenidas durante los tres horarios, para realizar la correlación del gas contaminante con el flujo vehicular.

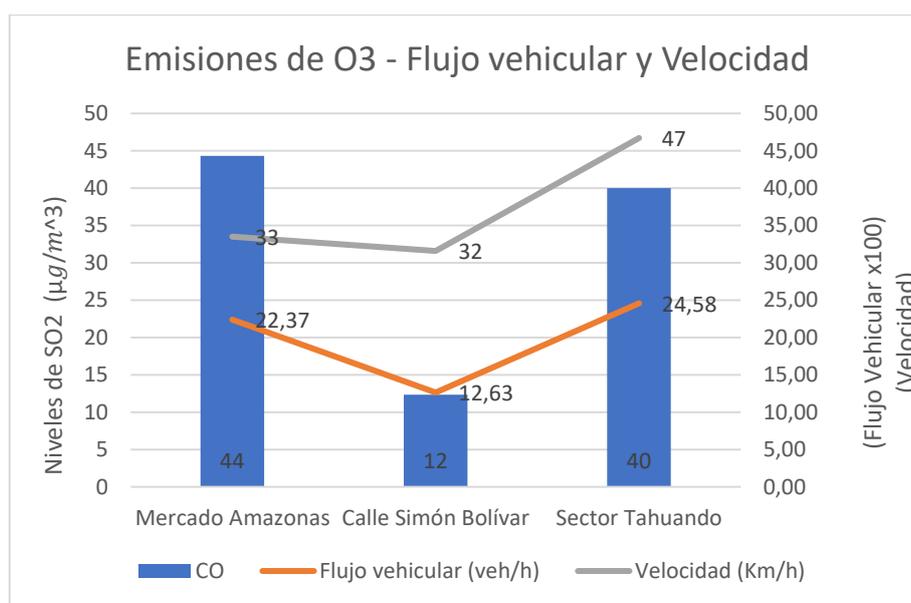


Figura 3.8 Niveles de emisiones O₃ vs Flujo vehicular

La **Figura 3.8** muestra los niveles generales de emisiones de ozono expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrados en los tres puntos de monitoreo y la relación con el flujo vehicular. Además, se analiza que las emisiones de O₃ tiene una relación directa con la variable intensidad vehicular.

Se observa que el Sector Mercado Amazonas concentra el mayor nivel del gas contaminante con $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la mayor intensidad de flujo vehicular con 2458 veh/h. El sector Tahuando por su parte concentra el segundo nivel más alto de emisiones e intensidad vehicular con

valores de $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $2237 \text{ veh}/\text{h}$ respectivamente. Finalmente, la calle Simón Bolívar muestra el nivel más bajo con un valor de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para una intensidad vehicular de $1263 \text{ veh}/\text{h}$.

El ozono es un gas secundario lo que significa que el nivel de concentración va a depender de otros gases como lo son el CO, NO₂ y el SO₂ entre otros, de ahí su relación con el flujo vehicular. En zonas urbanas con altos niveles de emisiones vehiculares y bajo la presencia de luz foto lumínica solar los niveles de ozono van a presentar los niveles de concentración máximos.

3.2.9 Resumen del sector y horario de mayor registro de contaminación

A continuación, la **Tabla 3.4** muestra el sector en el cual se registraron los mayores niveles de gases contaminantes.

Tabla 3.4 Sector de mayor concentración de emisiones contaminantes

Sector de mayor contaminación				
Emisiones Sectores	Mayor nivel de CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mayor nivel de NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mayor nivel de SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mayor nivel de O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mercado Amazonas	2247	211	65	44
Calle Simón Bolívar	1387	97	38	12
Panamericana sector Tahuando	2643	235	74	40

El sector de la Panamericana Norte sector Tahuando, concentro la mayor concentración de las emisiones contaminantes estudiadas. En este sector se registró el nivel máximo de CO con un valor promedio de $2643 \mu\text{g}/\text{m}^3$, así mismo el mayor registro de NO₂ con un valor de $235 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el mayor nivel de SO₂ con $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otra parte, la mayor concentración de O₃ se registró en el Mercado Amazonas con un valor promedio de $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Finalmente, la **Tabla 3.5** indica el horario en el cual las emisiones registraron su pico máximo de contaminación

Tabla 3.5 Horario de mayor concentración de emisiones contaminantes

Horario de mayor contaminación				
Emisiones Horarios	Mayor nivel de CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mayor nivel de NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mayor nivel de SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mayor nivel de O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
7:00 – 9:00	1931	169	55	28
12:00 – 14:00	2142	189	59	39
17:00 – 19:00	2205	185	63	29

La mayor concentración de CO se registró durante el horario de 17:00 a 19:00 horas con un valor de $2205\mu\text{g}/\text{m}^3$, así mismo el SO₂ registró su valor máximo en este mismo horario con un valor de $63\mu\text{g}/\text{m}^3$. Finalmente el NO₂ y el O₃ comparten el mismo horario en el cual se registraron los valores máximos de emisiones con valores de 189 y 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

3.3 COMPARACIÓN DE LAS EMISIONES CON LA NORMA ECUATORIANA DE CALIDAD DE AIRE 2013 (NECA)

Los niveles de emisiones registrados en los tres sectores monitoreados se van a comparar con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire. Además, se evaluará la concentración de gases contaminantes presentes en el aire y se determinará el cumplimiento o el incumplimiento del nivel de alarma que presenta la NECA.

3.3.1 Comparativa de emisiones de monóxido de carbono con la NECA 2013

Se representa la comparativa de los niveles promedio de monóxido de carbono tomados en los tres puntos de monitoreo, con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire, donde los resultados se expresan en porcentajes.

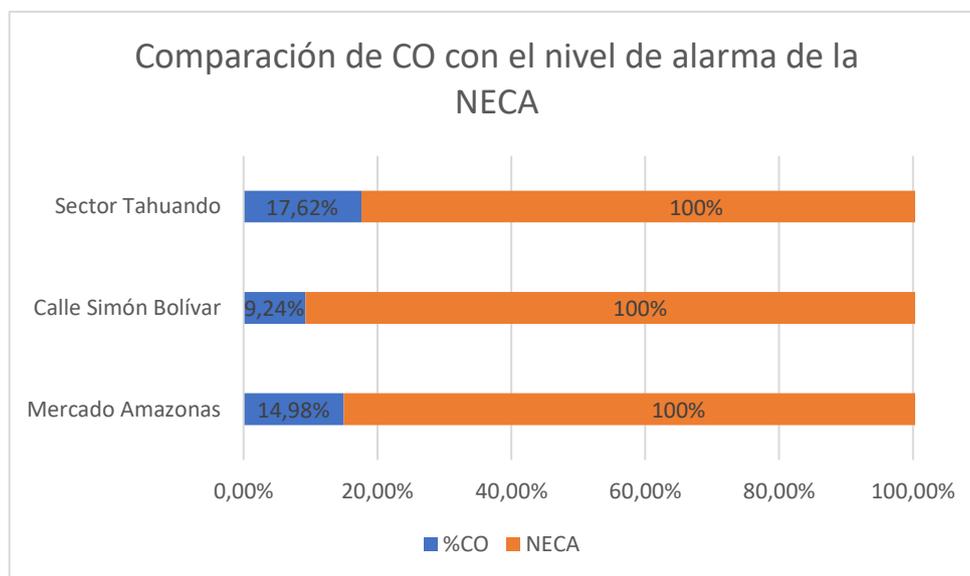


Figura 3.9 Comparación de monóxido de carbono vs NECA 2013

En la **Figura 3.9** se muestra el porcentaje de contaminación con respecto a NECA, en los tres sectores de alto tráfico vehicular como son: Mercado Amazonas, calle Simón Bolívar y Panamericana sector Tahuando. Se observa que los valores de contaminación no sobrepasan los valores de alerta en ninguno de los sectores monitoreados. Siendo el sector Tahuando la zona con mayor porcentaje de contaminación con el 17,62%, con respecto al nivel de alarma.

Al no superar el nivel de alerta establecido por la NECA no se procederá a ejecutar ninguna actividad de precaución hacia la población, es decir no se restringirá la circulación de vehículos, ni se limitará actividades de movilidad y de transporte en la ciudad. En conclusión, los niveles de monóxido de carbono presentes en los sectores de monitoreo cumplen con los parámetros establecidos por la NECA.

3.3.2 Comparativa de emisiones de dióxido de nitrógeno con la NECA 2013

Se representa la comparativa de los niveles promedio de dióxido de nitrógeno tomados en los tres puntos de monitoreo, con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire, donde los resultados se expresan en porcentajes.

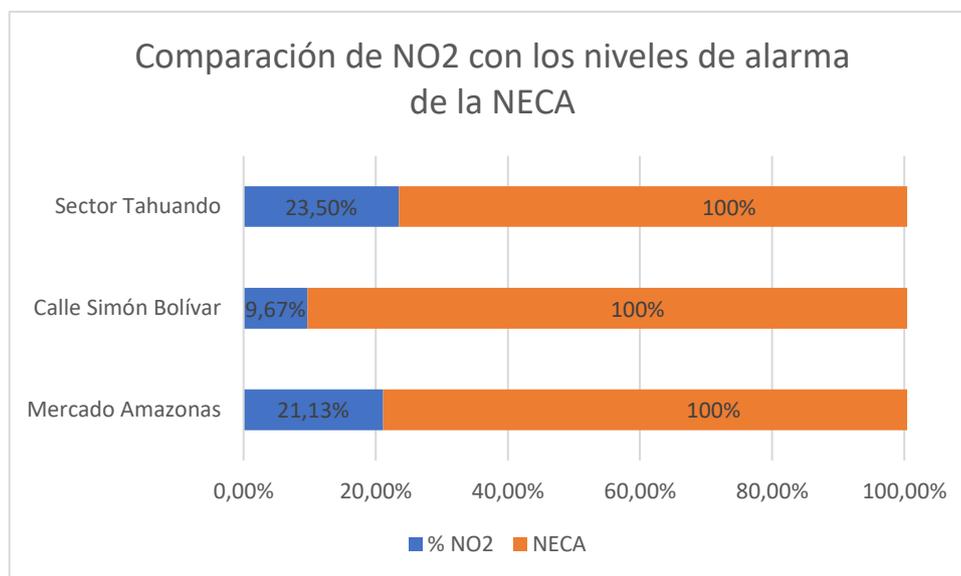


Figura 3.10 Comparación de dióxido de nitrógeno vs NECA 2013

La **Figura 3.10** indica el porcentaje de contaminación del gas dióxido de nitrógeno con respecto a la NECA. Además, se observa que no se supera el nivel de alerta establecido en ninguno de los puntos de monitoreo. En la Panamericana Norte sector Tahuando se presenta la mayor concentración de NO₂, con un porcentaje de 23,50%.

Al no superar el nivel de alerta establecido por la NECA no se procederá a ejecutar ninguna actividad de precaución hacia la población, es decir no se restringirá la circulación de vehículos, ni se limitará actividades de movilidad y circulación de ningún tipo de vehículo en la ciudad. Finalmente, se puede deducir que los niveles de NO₂ presentes en el aire, cumplen con los parámetros establecidos por la NECA.

3.3.3 Comparativa de emisiones de dióxido de azufre con la NECA 2013

Se representa la comparativa de los niveles promedio de dióxido de azufre tomados en los tres puntos de monitoreo, con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire, donde los resultados se expresan en porcentajes.

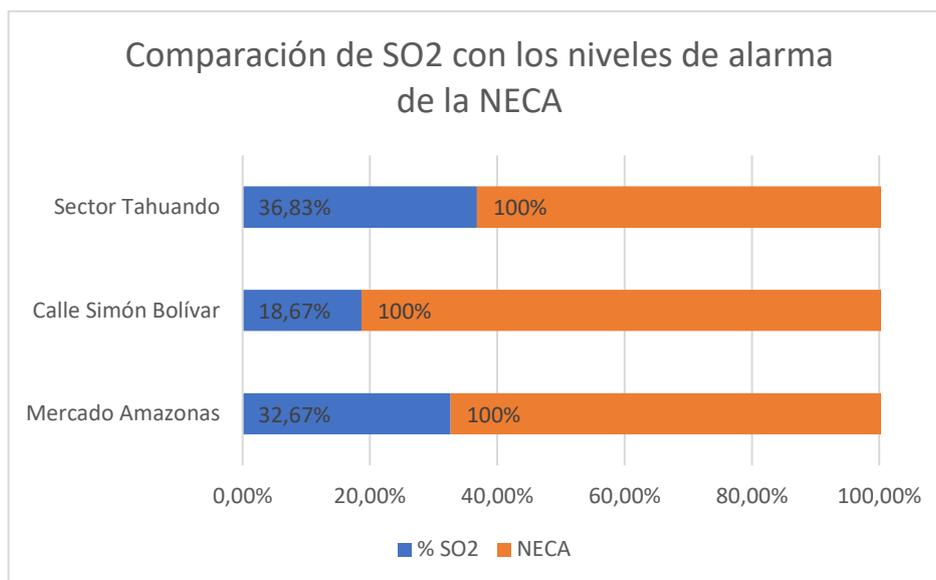


Figura 3.11 Comparación de dióxido de azufre vs NECA 2013

La **Figura 3.11** muestra porcentualmente la concentración de dióxido de azufre suspendido en el aire y lo compara con el nivel de alerta establecido en la NECA. Se visualiza que los niveles de SO₂ registrados en los tres sectores no sobrepasan los límites de alarma permisibles. De igual manera, el sector Tahuando concentra el mayor porcentaje de contaminación con el 36,83% de SO₂.

Al no superar el nivel de alerta establecido por la NECA no se procederá a ejecutar ninguna actividad de precaución hacia la población, es decir no se restringirá la circulación de vehículos, ni se limitará las actividades de movilidad y circulación del transporte urbano. Finalmente, se puede deducir que los niveles de SO₂ presentes en el aire, cumplen con los parámetros establecidos por la NECA.

3.3.4 Comparativa de emisiones de ozono con la NECA 2013

Se representa la comparativa de los niveles promedio de emisiones de ozono tomados en los tres puntos de monitoreo, con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire, donde los resultados se expresan en porcentajes.

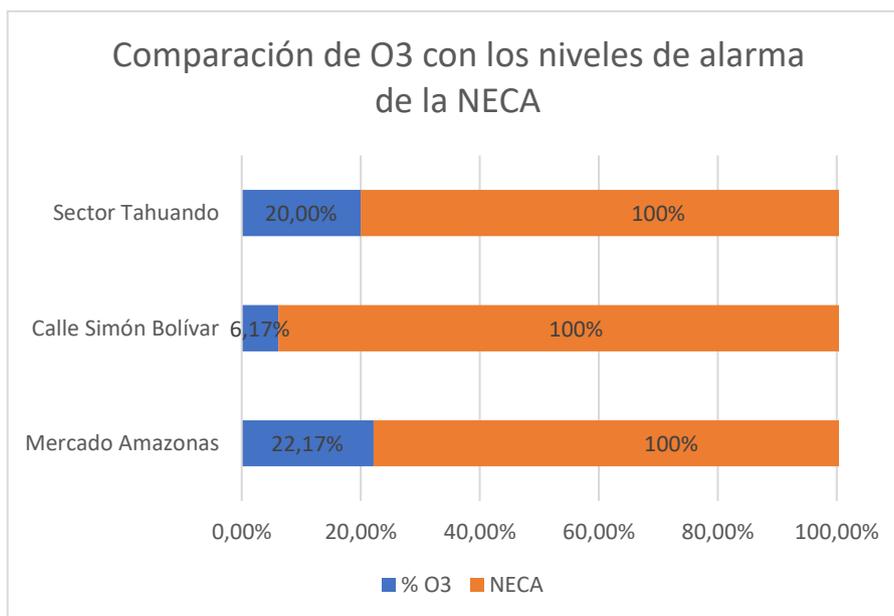


Figura 3.12 Comparación de ozono vs NECA 2013

La **Figura 3.12** se indica el porcentaje de contaminación de emisiones de ozono que se encuentra en el aire en combinación con la luz solar del día, así mismo se compara los porcentajes de concentración con el nivel de alerta establecidos por la NECA. Se observa que los niveles de mayor concentración se registran en el sector Mercado Amazonas Tahuando con un porcentaje de 22,17% de O₃

Al no superar el nivel de alerta establecido por la NECA no se procederá a ejecutar ninguna actividad de precaución hacia la población, es decir no se restringirá la circulación de vehículos, ni se limitará las actividades de movilidad y circulación del transporte urbano. Finalmente, se puede mencionar que los niveles de O₃ presentes en el aire, cumplen con los parámetros establecidos por la NECA.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La evaluación de emisiones de gases contaminantes obtenida a través de medidor de gases BOSEAN K-600, permitió conocer que los niveles de gases contaminantes en los tres sectores de alto tráfico vehicular de la ciudad de Ibarra se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la NECA.
- La mayor concentración de gases contaminantes se registró en la Panamericana Norte sector Tahuando, debido a la alta intensidad de flujo vehicular de la zona con un valor de 2458 veh/h, como también a la composición del parque automotor donde se registra un porcentaje de 18% de la composición vehicular que corresponde a transporte de carga pesada y buses urbanos e interprovinciales.
- Los tres sectores de monitoreo se seleccionaron de acuerdo a criterios basados en ciertas características, como son, flujo vehicular, caracterización de vía, composición vehicular, y la importancia de estos sectores dentro de la circulación en la ciudad de Ibarra; siendo estas, Merado Amazonas, intersección de la Calle Simón Bolívar y Miguel Oviedo y Panamericana Norte sector Tahuando.
- En comparación con los límites de alarma establecidos en la NECA, el SO₂ es el gas que más se aproxima a los límites de seguridad con niveles de hasta 74µg/m³, por el contrario, el CO es el contaminante con menor presencia en relación a los límites de seguridad con niveles de hasta 2543µg/m³.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se debe implementar un contador de vehículos automático ya sea a través de aplicaciones móviles o de cámaras de video para facilitar el registro de datos y optimizar el tiempo de la investigación.
- Para el buen funcionamiento del medidor de gases BOSEAN K-600 es necesario encerrar el equipo y tomar pruebas iniciales antes de obtener las mediciones reales, para comprobar que el equipo esté midiendo los gases correctamente y de esta manera evitar la obtención de datos erróneos
- Además, para investigaciones posteriores, se recomienda utilizar un equipo de medición de contaminantes con almacenamiento de datos, que sea viable descargar los datos directamente en la PC y evitar el registro manual.
- Finalmente, las investigaciones posteriores se deben realizar en horarios con un flujo vehicular diferente, recomendamos un horario de alto, medio y bajo flujo vehicular para realizar las respectivas comparaciones.

Bibliografía

1. Ambiente, M. d. (2010). Plan Nacional de la Calidad del Aire. Quito. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>
2. Atsdr, C. D. C., & Sciences, H. H. (n.d.). *ToxFAQs™ sobre el cromo*. Vi, 1–2.
3. Bustillos Ortiz, A. A. (2011). *Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ciencia E Ingeniería En Alimentos Y Biotecnología Carrera De Ingeniería En Alimentos*. 7–8. http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29735/1/AL_705.pdf
4. Chiriboga, S. (2018). *Análisis de emisiones de CO2 del transporte en la ciudad de Ibarra*. 1–58. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8518/1/02_IEF_194_TRABAJO_DE_GRADO.pdf
5. De, J., Rubio, J., Alberto, J., Aguilar, H., Jacob, F., Camacho, Á., Manuel, J., Carrillo, S., & Meléndez Ramírez, A. (2016). Sistema Sensor para el Monitoreo Ambiental Basado en Redes Neuronales / Sensor system based in neural networks for the environmental monitoring. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, XVII(2), 11. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.06.006>
6. Dirección de Monitoreo Atmosférico. (2017). *¿ Qué es el ozono? El ozono como contaminante del aire*. X, 1.
7. Dirección de planificación y desarrollo territorial. (2020). Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Cantón Ibarra. *GADMU Ibarra*, 99. https://www.academia.edu/27357890/PLAN_DE_DESARROLLO_Y_ORDENAMIENTO_TERRITORIAL_DEL_CANTÓN_CUENCA
8. Ferran Ballester, Tenías, J., & Pérez, S. (2009). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: Una introducción. *Revista Española de Salud Pública*, 73(2), 109–121. http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v73n2/efectos_contam.pdf
9. Guardiola, C., Hoyas, S., & Pla, B. (2015). *ScienceDirect*. 12(x), 230–238.
10. Hernández, M., Encalada, M., & Molina, S. (2010). Plan Nacional de Calidad del Aire. *Ministerio Del Medio Ambiente, I(Reintegración Comunitaria)*, 5–90.

11. Indicadores, D. E. (n.d.). *Aire*. 3.
12. INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de. (2015). Equipos para la medición de la calidad del aire. *Inecc*, 50–72.
13. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2018). Documento Metodológico del Anuario de Estadísticas de Transporte (ANET). *Inec*, 135.
14. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Espanya). (2013). Seguridad y salud en el trabajo : revista del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Insht*, 68.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/PUBLICACIONES/PERIODICAS/Rev_INSHT/2013/73/SST_73_enlaces2.pdf
15. Lara Gómez, C., Mendoza Sánchez, J. F., López Domínguez, M. G., Téllez Gutiérrez, R., Martínez Molina, W., & Alonso Guzmán, E. M. (2009). Propuesta metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades de la República Mexicana. *Imt*, 322, 1–85.
16. Lorena Elizabeth, O. H. (2014). *Lorena Elizabeth Ocaña Huerta René Parra , PhD ., Director de Tesis*.
17. MAATE. (2011). Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. *Libro VI, Anexo 4, 10*.
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf>
http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf
18. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2003). Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, TULSMA. *Registro Oficial Edición Especial 2 de 31-Mar.-2003, 3399*, 1–578. www.lexis.com.ec
19. Ortiz, J. S. (2010). Analizador de Gases para Vehículos de Gasolina. *Ortiz, José Santaella*, 532.
20. Sánchez, Z., Elena, C., Hurtado, Q., Vásquez, M., Marcela, C., & Gaviria, L. (2009). Fortalecimiento De La Red De Monitoreo De Calidad De Aire En El Valle De Aburra Con Medidores Pasivos. *Gestión y Ambiente*, 11(1), 67–84.

21. Sime, P. J., Chilvers, E. R., & Leitch, A. G. (1994). Military tuberculosis in Edinburgh—A comparison between 1984–1992 and 1954–1967. In *Respiratory Medicine* (Vol. 88, Issue 8). [https://doi.org/10.1016/S0954-6111\(05\)80009-5](https://doi.org/10.1016/S0954-6111(05)80009-5)
22. Tapia, L. (2010). *Proyecto Calidad del Aire Fase III Año Base 2010 Gobierno Nacional del Ecuador*. 119. <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Libro-Resumen-Inventario-13-02-2014-prensa.pdf>
23. Tarragó, A. (2016). Estudio de los dispositivos y sistemas que permiten el control y reducción de la contaminación en el sector del transporte por carretera. *Universidad Politécnica de Catalunya*, 1–107. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/99222#.XHkbkCN7p0M.mendeley>
24. Técnica, U., & Norte, D. E. L. (2020). *Universidad técnica del norte*.
25. Tong, H. Y., Hung, W. T., & Cheung, C. S. (2000). On-road motor vehicle emissions and fuel consumption in urban driving conditions. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 50(4), 543–554. <https://doi.org/10.1080/10473289.2000.10464041>
26. TRUE—The Real Urban Emissions Initiative. (2018). *Uso del sensor remoto para monitoreo y control de emisiones vehiculares*. 5. https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_remote-sensing_brief_jan2021.pdf

ANEXOS

Anexos A. Registro de datos en el sector Mercado Amazonas

Mercado Amazonas					
Mediciones	Horario	Nivel de CO (ppm)	Nivel de SO2(ppm)	Nivel de NO2(ppm)	Nivel de O3(ppm)
1	7:03	2	0	0	0
2	7:06	2	0,1	0	0,1
3	7:09	4	0,1	0,1	0
4	7:12	1	0	0,1	0
5	7:15	2	0	0	0,1
6	7:18	2	0	0,1	0
7	7:21	1	0,1	0,2	0,1
8	7:24	2	0	0	0
9	7:27	1	0,1	0,1	0
10	7:30	3	0	0	0,1
11	7:33	1	0	0,1	0
12	7:36	2	0,1	0,1	0
13	7:39	1	0	0	0
14	7:42	1	0	0,1	0,1
15	7:45	6	0	0	0,1
16	7:48	4	0	0,1	0
17	7:51	2	0	0	0
18	7:54	3	0,1	0,2	0,1
19	7:57	2	0,1	0	0
20	8:00	6	0	0,1	0
21	8:03	3	0	0	0
22	8:06	3	0	0	0,1
23	8:09	4	0	0,1	0
24	8:12	6	0	0	0
25	8:15	3	0,1	0,1	0,1
26	8:18	1	0	0,1	0
27	8:21	0	0	0	0
28	8:24	1	0	0,1	0,1
29	8:27	1	0,1	0	0
30	8:30	1	0,1	0,1	0,1
31	8:33	2	0	0	0
32	8:36	1	0,1	0,1	0,1
33	8:39	2	0	0	0,1
34	8:42	6	0	0	0
35	8:45	1	0,1	0	0
36	8:48	1	0	0,1	0
37	8:51	1	0	0	0
38	8:54	0	0,1	0,1	0,1
39	8:57	2	0,1	0,1	0
40	9:00	1,99	0	0	0,1
Promedio total en (ppm)		1,999	0,035	0,055	0,0375
Promedio total en (ug/m ³)		2204	60	207	45

Tabla AI.1. Datos registrados en el sector Mercado Amazonas de 07:00 a 09:00 horas

	A	B	C	D	E	F
1	Mercado Amazonas					
2	Mediciones	Horario	Nivel de CO (ppm)	Nivel de SO2(ppm)	Nivel de NO2(ppm)	Nivel de O3(ppm)
48	1	12:03	3	0	0,1	0
49	2	12:06	1	0,1	0	0
50	3	12:09	4	0	0,1	0
51	4	12:12	2	0,1	0	0,1
52	5	12:15	2	0	0	0
53	6	12:18	3	0	0,1	0
54	7	12:21	2	0,1	0	0,1
55	8	12:24	2	0	0	0
56	9	12:27	1	0,1	0,1	0
57	10	12:30	3	0	0,2	0
58	11	12:33	3	0	0,1	0
59	12	12:36	2	0,1	0	0
60	13	12:39	1	0,1	0,2	0
61	14	12:42	1	0	0,1	0,1
62	15	12:45	4	0,1	0	0,1
63	16	12:48	3	0	0,1	0
64	17	12:51	2	0	0	0
65	18	12:54	3	0,1	0,2	0,1
66	19	12:57	2	0	0	0
67	20	13:00	2	0,1	0,1	0
68	21	13:03	3	0	0,1	0
69	22	13:06	1	0	0,1	0,1
70	23	13:09	2	0	0	0
71	24	13:12	2	0	0	0
72	25	13:15	3	0,1	0,2	0,1
73	26	13:18	1	0	0	0
74	27	13:21	2	0,1	0	0
75	28	13:24	2	0	0,1	0,1
76	29	13:27	1	0,1	0	0
77	30	13:30	2	0	0,1	0,1
78	31	13:33	2	0	0	0
79	32	13:36	1	0,1	0,1	0,1
80	33	13:39	2	0	0	0,1
81	34	13:42	1	0	0,1	0
82	35	13:45	2	0,1	0	0
83	36	13:48	1	0	0	0
84	37	13:51	2	0	0	0
85	38	13:54	1	0,1	0	0,1
86	39	13:57	2	0	0,1	0
87	40	14:00	1	0	0	0,1
88	Promedio total en (ppm)		2,2	0,0375	0,0575	0,0325
89	Promedio total en (ug/m ³)		2265	66	216	48

Tabla AI.2. Datos registrados en el sector Mercado Amazonas de 12:00 a 14:00 horas

	A	B	C	D	E	F
1	Mercado Amazonas					
2	Mediciones	Horario	Nivel de CO (ppm)	Nivel de SO2(ppm)	Nivel de NO2(ppm)	Nivel de O3(ppm)
90	1	17:03	2	0	0	0
91	2	17:06	2	0	0	0
92	3	17:09	4	0	0,1	0
93	4	17:12	1	0	0,1	0
94	5	17:15	2	0	0	0
95	6	17:18	2	0	0,1	0
96	7	17:21	1	0,1	0,2	0,1
97	8	17:24	2	0	0	0
98	9	17:27	1	0	0,1	0
99	10	17:30	3	0	0	0
100	11	17:33	1	0	0,1	0
101	12	17:36	2	0,1	0	0
102	13	17:39	1	0	0	0
103	14	17:42	1	0	0,1	0,1
104	15	17:45	6	0	0	0,1
105	16	17:48	4	0	0,1	0
106	17	17:51	2	0	0	0
107	18	17:54	3	0,1	0,2	0,1
108	19	17:57	2	0	0	0
109	20	18:00	6	0	0,1	0
110	21	18:03	3	0	0,1	0
111	22	18:06	4	0	0	0,1
112	23	18:09	4	0	0,1	0
113	24	18:12	6	0	0	0
114	25	18:15	3	0,1	0,1	0,1
115	26	18:18	1	0	0	0
116	27	18:21	0	0	0	0
117	28	18:24	2	0	0	0,1
118	29	19:27	1	0	0	0
119	30	18:30	1	0	0,1	0,1
120	31	18:33	2	0	0	0
121	32	18:36	1	0,1	0,1	0,1
122	33	18:39	2	0	0,2	0,1
123	34	18:42	6	0	0,1	0
124	35	18:45	1	0,1	0	0
125	36	18:48	1	0	0,1	0
126	37	18:51	2	0	0	0
127	38	18:54	0	0	0	0,1
128	39	18:57	2	0	0,1	0
129	40	19:00	1	0	0	0,1
130	Promedio total en (ppm)		2,275	0,015	0,055	0,03
131	Promedio total en (ug/m ³)		2475	70	211	40

Tabla AI.3. Datos registrados en el sector Mercado Amazonas de 17:00 a 19:00 horas

H11						
	A	B	C	D	E	F
1	Calle Simón Bolívar					
2	Mediciones	Horario	Nivel de CO(ppm)	Nivel de SO2(ppm)	Nivel de NO2(ppm)	Nivel de O3(ppm)
3	1	7:03	2	0	0	0
4	2	7:06	2	0,1	0,1	0
5	3	7:09	1	0	0	0
6	4	7:12	2	0	0,1	0
7	5	7:15	2	0	0	0
8	6	7:18	2	0	0	0
9	7	7:21	1	0,1	0,1	0
10	8	7:24	2	0	0	0
11	9	7:27	3	0	0,1	0,1
12	10	7:30	1	0	0	0
13	11	7:33	2	0	0,1	0
14	12	7:36	2	0,1	0	0
15	13	7:39	1	0	0,1	0
16	14	7:42	2	0	0	0,1
17	15	7:45	3	0	0	0
18	16	7:48	2	0	0	0
19	17	7:51	2	0	0	0
20	18	7:54	3	0,1	0,1	0,1
21	19	7:57	1	0	0	0
22	20	8:00	2	0	0,1	0
23	21	8:03	3	0	0	0
24	22	8:06	2	0	0	0,1
25	23	8:09	1	0	0,1	0
26	24	8:12	3	0	0	0
27	25	8:15	2	0,1	0,1	0
28	26	8:18	1	0	0	0
29	27	8:21	2	0	0,1	0
30	28	8:24	2	0,1	0	0,1
31	29	8:27	3	0	0	0
32	30	8:30	1	0	0,1	0,1
33	31	8:33	2	0	0	0
34	32	8:36	1	0,1	0,1	0,1
35	33	8:39	2	0	0	0
36	34	8:42	1	0	0,1	0
37	35	8:45	3	0	0	0
38	36	8:48	3	0	0,1	0
39	37	8:51	2	0	0	0
40	38	8:54	2	0	0,1	0
41	39	8:57	2	0,1	0	0
42	40	9:00	1	0	0	0,1
43	Promedio total en (ppm)		1,89	0,02	0,04	0,02
44	Promedio total en (ug/m3)		1380	35	85	11

Tabla AI.4. Datos registrados en el sector Simón Bolívar de 07:00 a 09:00 horas

H11						
	A	B	C	D	E	F
1	Calle Simón Bolívar					
2	Mediciones	Horario	Nivel de CO(ppm)	Nivel de SO2(ppm)	Nivel de NO2(ppm)	Nivel de O3(ppm)
48	1	12:03	2	0,1	0,1	0
49	2	12:06	2	0	0	0
50	3	12:09	1	0	0	0
51	4	12:12	3	0	0,1	0,1
52	5	12:15	2	0	0	0
53	6	12:18	2	0	0,1	0
54	7	12:21	1	0,1	0	0,1
55	8	12:24	2	0	0	0
56	9	12:27	1	0	0,1	0
57	10	12:30	3	0	0	0
58	11	12:33	1	0	0	0
59	12	12:36	2	0,1	0	0
60	13	12:39	3	0	0,1	0
61	14	12:42	3	0	0,1	0,1
62	15	12:45	2	0	0	0
63	16	12:48	2	0	0	0
64	17	12:51	1	0	0	0,1
65	18	12:54	3	0,1	0,1	0
66	19	12:57	2	0	0	0
67	20	13:00	2	0	0,1	0
68	21	13:03	3	0	0	0
69	22	13:06	2	0	0	0,1
70	23	13:09	2	0,1	0	0
71	24	13:12	1	0	0	0
72	25	13:15	2	0,1	0,1	0
73	26	13:18	1	0	0	0
74	27	13:21	3	0	0	0
75	28	13:24	2	0	0	0,1
76	29	13:27	2	0,1	0	0
77	30	13:30	1	0	0,1	0
78	31	13:33	2	0	0,1	0
79	32	13:36	1	0,1	0	0
80	33	13:39	2	0	0	0,1
81	34	13:42	3	0	0	0
82	35	13:45	2	0	0	0
83	36	13:48	2	0,1	0	0
84	37	13:51	2	0	0	0
85	38	13:54	3	0	0	0
86	39	13:57	2	0	0,1	0
87	40	14:00	1	0	0	0,1
88	Promedio total en (ppm)		1,975	0,0225	0,03	0,02
89	Promedio total en (ugm3)		1470	37	110	19

Tabla AI.5. Datos registrados en el sector Simón Bolívar de 12:00 a 14:00 horas

I101						
	A	B	C	D	E	F
1	Calle Simón Bolívar					
2	Mediciones	Horario	Nivel de CO(ppm)	Nivel de SO2(ppm)	Nivel de NO2(ppm)	Nivel de O3(ppm)
90	1	17:03	2	0,1	0	0
91	2	17:06	2	0	0	0,1
92	3	17:09	1	0	0,1	0
93	4	17:12	3	0,1	0,1	0
94	5	17:15	2	0	0	0
95	6	17:18	2	0	0	0
96	7	17:21	1	0,1	0	0,1
97	8	17:24	2	0	0,1	0
98	9	17:27	1	0	0,1	0
99	10	17:30	3	0	0	0
100	11	17:33	2	0	0,1	0
101	12	17:36	2	0,1	0	0
102	13	17:39	3	0	0	0
103	14	17:42	1	0	0,1	0,1
104	15	17:45	1	0	0	0
105	16	17:48	3	0	0	0
106	17	17:51	1	0	0	0
107	18	17:54	2	0,1	0	0,1
108	19	17:57	2	0	0	0
109	20	18:00	1	0	0,1	0
110	21	18:03	3	0	0	0
111	22	18:06	1	0	0	0,1
112	23	18:09	2	0	0,1	0
113	24	18:12	1	0	0	0
114	25	18:15	3	0,1	0,1	0
115	26	18:18	1	0,1	0	0,1
116	27	18:21	3	0	0	0
117	28	18:24	2	0	0,1	0
118	29	18:27	1	0	0	0
119	30	18:30	2	0	0	0
120	31	18:33	2	0	0	0
121	32	18:36	1	0,1	0,1	0,1
122	33	18:39	2	0	0	0
123	34	18:42	3	0	0	0
124	35	18:45	1	0,1	0	0
125	36	18:48	1	0	0,1	0
126	37	18:51	2	0	0	0
127	38	18:54	3	0,1	0	0,1
128	39	18:57	2	0	0,1	0
129	40	19:00	1	0	0	0
130	Promedio total en (ppm)		1,85	0,025	0,0325	0,02
131	Promedio total en (ug/m3)		1310	42	95	7

Tabla AI.6. Datos registrados en el sector Simón Bolívar de 17:00 a 19:00 horas

	A	B	C	D	E	F
1	Panamericana Norte Sector Tahuando					
2	Mediciones	Horario	Nivel de CO(ppm)	Nivel de SO2(ppm)	Nivel de NO2(ppm)	Nivel de O3(ppm)
3	1	7:03	2	0	0,1	0
4	2	7:06	1	0,2	0	0
5	3	7:09	4	0	0,1	0
6	4	7:12	1	0	0,1	0
7	5	7:15	2	0	0	0,1
8	6	7:18	2	0	0,1	0
9	7	7:21	2	0,1	0	0,1
10	8	7:24	2	0	0	0
11	9	7:27	1	0,2	0,1	0,1
12	10	7:30	3	0	0	0
13	11	7:33	1	0	0,1	0
14	12	7:36	2	0,1	0	0
15	13	7:39	2	0	0	0
16	14	7:42	1	0,1	0,1	0,1
17	15	7:45	3	0,1	0	0,1
18	16	7:48	1	0	0,1	0
19	17	7:51	2	0	0	0
20	18	7:54	3	0,1	0,2	0,1
21	19	7:57	2	0	0	0
22	20	8:00	3	0,1	0,1	0
23	21	8:03	1	0	0,1	0
24	22	8:06	2	0	0	0,1
25	23	8:09	3	0,1	0,1	0
26	24	8:12	2	0	0	0
27	25	8:15	3	0,1	0,1	0,1
28	26	8:18	2	0	0	0
29	27	8:21	3	0,1	0	0
30	28	8:24	2	0,1	0,1	0,1
31	29	8:27	1	0	0	0
32	30	8:30	2	0	0,1	0,1
33	31	8:33	2	0	0	0
34	32	8:36	3	0,1	0,1	0,1
35	33	8:39	2	0	0,2	0,1
36	34	8:42	3	0	0,1	0
37	35	8:45	1	0,1	0	0
38	36	8:48	1	0	0,1	0
39	37	8:51	2	0	0	0
40	38	8:54	3	0,1	0	0,1
41	39	8:57	2	0	0,1	0
42	40	9:00	1	0,1	0	0,1
43	Promedio total en (ppm)		2,025	0,045	0,055	0,035
44	Promedio total en (ug/m3)		2410	70	215	30

Tabla AI.7. Datos registrados en el sector Panamericana Tahuando de 07:00 a 09:00 horas

	A	B	C	D	E	F
1	Panamericana Norte Sector Tahuando					
2	Mediciones	Horario	Nivel de CO(ppm)	Nivel de SO2(ppm)	Nivel de NO2(ppm)	Nivel de O3(ppm)
48	1	12:03	2	0	0	0
49	2	12:06	2	0,1	0	0,1
50	3	12:09	3	0	0,1	0
51	4	12:12	2	0,1	0,1	0,1
52	5	12:15	1	0	0	0
53	6	12:18	1	0	0,1	0
54	7	12:21	2	0,1	0	0,1
55	8	12:24	2	0	0,2	0
56	9	12:27	2	0,2	0,1	0,1
57	10	12:30	3	0	0	0
58	11	12:33	2	0	0,1	0
59	12	12:36	2	0	0	0
60	13	12:39	3	0	0	0
61	14	12:42	1	0,1	0,1	0
62	15	12:45	2	0,1	0	0,1
63	16	12:48	4	0	0,1	0
64	17	12:51	2	0	0	0
65	18	12:54	3	0,1	0	0,1
66	19	12:57	2	0	0	0
67	20	13:00	2	0	0,2	0
68	21	13:03	3	0,1	0,1	0
69	22	13:06	2	0	0	0,1
70	23	13:09	2	0	0,1	0
71	24	13:12	1	0	0	0
72	25	13:15	3	0,1	0,1	0,1
73	26	13:18	3	0	0	0
74	27	13:21	1	0	0	0
75	28	13:24	1	0,1	0	0,1
76	29	13:27	3	0	0	0
77	30	13:30	3	0	0,1	0
78	31	13:33	2	0	0	0
79	32	13:36	1	0,1	0,1	0,1
80	33	13:39	2	0	0,2	0,1
81	34	13:42	3	0	0	0
82	35	13:45	3	0,1	0	0
83	36	13:48	2	0	0,1	0
84	37	13:51	2	0,1	0	0
85	38	13:54	3	0,1	0	0,1
86	39	13:57	2	0	0,1	0
87	40	14:00	3	0	0	0,1
88	Promedio total en (ppm)		2,2	0,0375	0,05	0,0325
89	Promedio total en (ug/m ³)		2690	73	240	50

Tabla AI.8. Datos registrados en el sector Panamericana Tahuando de 12:00 a 14:00 horas

K99						
	A	B	C	D	E	F
1	Panamericana Norte Sector Tahuando					
2	Mediciones	Horario	Nivel de CO(ppm)	Nivel de SO2(ppm)	Nivel de NO2(ppm)	Nivel de O3(ppm)
90	1	17:03	3	0	0,2	0
91	2	17:06	2	0	0	0,1
92	3	17:09	3	0,1	0	0
93	4	17:12	3	0,1	0,1	0
94	5	17:15	2	0	0	0
95	6	17:18	4	0	0	0
96	7	17:21	2	0,1	0	0
97	8	17:24	2	0	0,1	0
98	9	17:27	3	0,2	0,1	0,1
99	10	17:30	2	0	0,1	0
100	11	17:33	1	0	0,2	0
101	12	17:36	3	0	0	0
102	13	17:39	2	0,1	0	0
103	14	17:42	2	0,1	0,1	0,1
104	15	17:45	3	0	0	0
105	16	17:48	3	0	0,1	0
106	17	17:51	2	0	0	0
107	18	17:54	3	0,1	0,1	0,1
108	19	17:57	2	0	0	0
109	20	18:00	2	0,1	0,2	0
110	21	18:03	3	0	0,1	0
111	22	18:06	4	0	0	0,1
112	23	18:09	2	0,1	0,1	0
113	24	18:12	3	0	0	0
114	25	18:15	2	0,1	0,1	0,1
115	26	18:18	2	0	0	0
116	27	18:21	3	0,1	0	0
117	28	18:24	2	0,1	0,1	0,1
118	29	19:27	1	0	0	0
119	30	18:30	3	0	0,1	0
120	31	18:33	2	0	0	0
121	32	18:36	3	0,1	0,1	0,1
122	33	18:39	2	0,1	0,2	0
123	34	18:42	3	0	0,1	0
124	35	18:45	3	0	0	0
125	36	18:48	2	0	0,1	0
126	37	18:51	2	0	0	0
127	38	18:54	3	0,1	0	0
128	39	18:57	2	0,1	0,1	0
129	40	19:00	3	0	0	0,1
130	Promedio total en (ppm)		2,475	0,0425	0,06	0,0225
131	Promedio total en (ug/m3)		2830	78	250	40

Tabla AI.9. Datos registrados en el sector Panamericana Tahuando de 17:00 a 19:00

Anexo B. Registros fotográficos



Figura BI.1. Datos registrados en el sector Mercado Amazonas



Figura BI.2. Zona de monitoreo en la calle Simón Bolívar



Figura BI.3. Datos registrados en la Panamericana Sector Tahuando

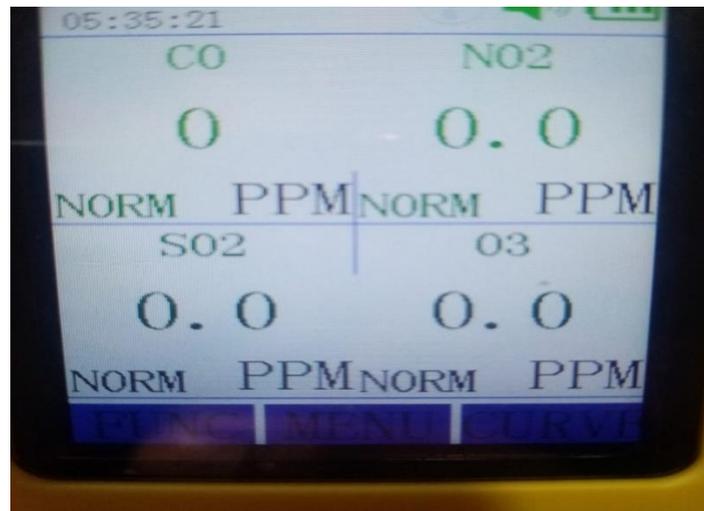


Figura BI.4. Equipo encendido