



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS
CONCENTRACIONES DE CO Y CO₂ AL INTERIOR DEL
HABITÁCULO DE VEHÍCULOS TODO TERRENO MEDIANTE
ENSAYOS DINÁMICOS EN RUTA PERIFÉRICA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: JEFFERSON BRYAN MUÑOZ GUAMAN

MATEO ANDRES ÑACATO PACHACAMA

DIRECTOR: Ing. JUAN CARLOS ROCHA HOYOS, MSc.

Riobamba- Ecuador

2022

©2022, Jefferson Bryan Muñoz Guaman & Mateo Andres Ñacato Pachacama

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliografía del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, JEFFERSON BRYAN MUÑOZ GUAMAN y MATEO ANDRES ÑACATO PACHACAMA, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de diciembre de 2022



Jefferson Bryan Muñoz Guaman

1717973976



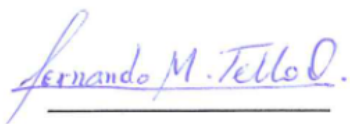


Mateo Andres Ñacato Pachacama

172067926-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS CONCENTRACIONES DE CO Y CO₂ AL INTERIOR DEL HABITÁCULO DE VEHÍCULOS TODO TERRENO MEDIANTE ENSAYOS DINÁMICOS EN RUTA PERIFÉRICA** realizado por los señores: **JEFFERSON BRYAN MUÑOZ GUAMAN y MATEO ANDRES ÑACATO PACHACAMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Milton Israel Quinga Morales PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-12-14
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos MsC. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR		2022-12-14
Ing. Fernando Mauricio Tello Oquendo, PhD ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR		2022-12-14

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado especialmente a mis padres, que me ha dado la oportunidad de estudiar durante todo este tiempo, se han esforzado y me han apoyado para poder cumplir un sueño, a mi hermana mayor que ha estado a mi lado siendo una consejera para la todas mis dediciones, a mi hermana menor que, aunque no lo crea me ha ayudado en muchas formas y a toda mi familia en general que siempre me han alentado a seguir luchando para no decaer en el camino.

Jefferson

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios en primera instancia por darme salud y vida, a la carrera de ingeniera automotriz y a todos los docentes que han estado presente durante los periodos académicos formándome como profesional. A mis compañeros y amigos que hemos estado compartiendo el mismo sueño, y a mis padres que me han acompañado en este proceso para poder alcázar mi título como profesional.

Jefferson

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Delimitación y limitación del problema.....	4
1.2.1. <i>Delimitación</i>	4
1.2.2. <i>Limitación</i>	4
1.3. Problema General de investigación.....	5
1.4. Problemas específicos de investigación.....	5
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. <i>Objetivos General</i>	5
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	6
1.6. Justificación.....	6
1.6.1. <i>Justificación Teórica</i>	6
1.6.2. <i>Justificación Metodológica</i>	7
1.6.3. <i>Justificación Práctica</i>	7
1.7. Hipótesis.....	8
1.7.1. <i>Hipótesis de investigación</i>	8
1.7.2. <i>Hipótesis nula:</i>	8

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Referencias teóricas.....	9
2.1.1. <i>Climatizador automotriz</i>	9
2.1.2. <i>Operaciones climatizador</i>	10

2.1.2.1.	<i>Ventilación</i>	10
2.1.2.2.	<i>Calefacción</i>	10
2.1.2.3.	<i>Aire acondicionado “A/C”</i>	11
2.1.3.	<i>Principales consecuencias por el CO y CO₂</i>	11
2.1.3.1.	<i>Fatiga</i>	11
2.1.3.2.	<i>Dolor de cabeza</i>	12
2.1.3.3.	<i>Cansancio</i>	12
2.1.4.	<i>Temperatura</i>	12
2.1.4.1.	<i>Interior del habitáculo</i>	12
2.1.4.2.	<i>Exterior o del ambiente</i>	13
2.1.4.3.	<i>Radiación solar</i>	13
2.1.5.	<i>Confort</i>	14
2.1.5.1.	<i>Confort térmico</i>	14
2.1.5.2.	<i>Área del vehículo</i>	14
2.1.5.3.	<i>Fujo vehicular</i>	14
2.2.	<i>Antecedentes de investigación</i>	15
2.2.1.	<i>Incidencia de la temperatura en interior del habitáculo</i>	15
2.2.2.	<i>Enfermedades al cuerpo producidas inhalación del CO y CO₂ en el interior del habitáculo</i>	16
2.2.3.	<i>Concentraciones del CO₂ por el número de ocupantes</i>	18
2.2.4.	<i>Modos de operación del climatizador automotriz</i>	25

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	32
3.1.	Enfoque de investigación	32
3.2.	Nivel de investigación	32
3.3.	Diseño de investigación	33
3.3.1.	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente (no experimental, casi experimental, experimental)</i>	33
3.4.	Tipo de estudio (documental/de campo)	35
3.5.	Población, planificación, tamaño de la muestra y selección de ruta	35
3.5.1.	<i>Población</i>	35
3.5.2.	<i>Planificación</i>	36
3.5.3.	<i>Muestra</i>	36
3.5.4.	<i>Selección de ruta</i>	37

3.5.4.1.	<i>Bajo flujo vehicular</i>	37
3.5.4.2.	<i>Alto flujo vehicular</i>	38
3.5.4.3.	<i>Temperaturas ambientes promedios del cantón Rumiñahui</i>	39
3.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	40
3.6.1.	Métodos	40
3.6.1.1.	<i>Normativa Interestatal Rusa GOST 33554-2015</i>	40
3.6.1.2.	<i>ASHRAE standard 62.1-2019</i>	42
3.6.1.3.	<i>Tratamiento estadístico</i>	42
3.6.2.	Instrumentos de medición	43
3.6.3.	Técnicas	46
3.6.3.1.	<i>Detalles del vehículo</i>	46
3.6.3.2.	<i>Variables a considerar del vehículo SUV</i>	46
3.6.3.3.	Condiciones para las pruebas dinámicas	49
3.6.3.4.	<i>Medición de concentraciones de CO y CO₂ en el interior del habitáculo</i>	50

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1.	Temperatura del interior del habitáculo respecto al CO y CO₂	55
4.1.1.	Ensayos dinámicos realizados en la mañana	57
4.1.1.1.	<i>Temperatura del interior del habitáculo para CO₂ en la mañana</i>	57
4.1.1.2.	<i>Temperatura del interior del habitáculo para CO en la mañana</i>	58
4.1.2.	Ensayo dinámico realizados al medio día	60
4.1.2.1.	<i>Temperatura del interior del habitáculo para CO₂ al medio día</i>	60
4.1.2.2.	<i>Temperatura del interior del habitáculo para CO al medio día</i>	62
4.2.	Concentración de CO y CO₂ con respecto a los modos de operación del climatizador automotriz y comparación de resultados	64
4.2.1.	Modos de operación y flujo vehicular en la mañana	65
4.2.1.1.	<i>Concentraciones de CO₂ en el interior del habitáculo</i>	67
4.2.1.2.	<i>Concentraciones de CO en el interior del habitáculo</i>	68
4.2.2.	Modos de operación y flujo vehicular al medio día	69
4.2.2.1.	<i>Concentraciones de CO₂ en el interior del habitáculo</i>	70
4.2.2.2.	<i>Concentraciones de CO en el interior del habitáculo</i>	71
4.3.	Análisis estadístico de los modos de operación del climatizador	72
4.3.1.	Primer modo de operación	73
4.3.1.1.	<i>Primer modo de operación por flujo y día</i>	73

4.3.1.2.	<i>Primer modo de operación por vehículos</i>	76
4.3.2.	<i>Segundo modo de operación</i>	78
4.3.2.1.	<i>Segundo modo de operación por flujo y día</i>	78
4.3.2.2.	<i>Segundo modo de operación por vehículos</i>	81
4.3.3.	<i>Tercer modo de operación</i>	83
4.3.3.1.	<i>Tercer modo de operación por flujo y día</i>	83
4.3.3.2.	Tercer modo de operación vehículos	86
4.4.	Concentraciones generales por modos de operación	88
4.4.1.	<i>Comparativa del dióxido de carbono</i>	88
4.4.2.	<i>Comparativa del monóxido de carbono</i>	89
CONCLUSIONES		92
RECOMENDACIONES		93
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Principales causas que afecta al conductor:.....	12
Tabla 2-2:	Efectos fisiológicos del CO ₂ en las personas según el % de exposición	17
Tabla 3-2:	Síntomas y signos según el % de COHb	18
Tabla 4-2:	Niveles de concentración de CO ₂ a partir del número de ocupantes	19
Tabla 5-2:	Etapas del sistema de aire acondicionado automotriz	26
Tabla 6-2:	Concentraciones promedios de CO en el interior y exterior del vehículo	30
Tabla 1-3:	Volumen de tránsito promedio diario semanal para flujo bajo vehicular.....	38
Tabla 2-3:	Volumen de tránsito promedio diario semanal para flujo alto vehicular.....	39
Tabla 4-3:	Valores máximos permitidos según el tipo de contaminante	41
Tabla 5-3:	Variables a tabular.....	43
Tabla 6-3:	Límites superiores e inferiores de las mediciones de los equipos	44
Tabla 7-3:	Características de medición de sonda CO	45
Tabla 8-3:	Características de medición de la sonda CO ₂	45
Tabla 1-4:	Modos de operación del climatizador automotriz.	54
Tabla 2-4:	Variables de estudio	55
Tabla 3-4:	Nomenclatura para las variables de estudio en la gráfica de dispersión.....	56
Tabla 4-4:	Valores estandarizados de la calidad del aire interior	65
Tabla 5-4:	Nomenclatura para las variables de estudio en la gráfica de barras	65
Tabla 6-4:	Promedios de las concentraciones CO y CO ₂ de los modos de operación y tipo de flujo vehicular para la mañana	66
Tabla 7-4:	Promedios de las concentraciones CO y CO ₂ de los modos de operación y tipo de flujo vehicular para el medio día	70
Tabla 8-4:	Análisis de Varianza para CO ₂ para el primer modo de operación	74
Tabla 9-4:	Pruebas de Múltiple Rangos para CO ₂ por Dia para el primer modo operación	74
Tabla 10-4:	Análisis de Varianza para CO para el primer modo de operación	74
Tabla 11-4:	Pruebas de Múltiple Rangos para CO por Dia para el primer modo operación	75
Tabla 12-4:	Análisis de varianza de CO ₂ del primer modo de operación respecto a los vehículos.....	77
Tabla 13-4:	Análisis de varianza de CO del primer modo de operación respecto a los vehículos.....	78
Tabla 14-4:	Análisis de Varianza para CO ₂ para el segundo modo de operación	79
Tabla 15-4:	Pruebas de Múltiple Rangos para CO ₂ para el segundo modo de operación.....	79
Tabla 16-4:	Análisis de Varianza para CO para el segundo modo de operación.....	79
Tabla 17-4:	Pruebas de Múltiple Rangos para CO por Dia el segundo modo de operación.	80

Tabla 18-4:	Análisis de varianza de CO ₂ del segundo modo de operación respecto a los vehículos.....	81
Tabla 19-4:	Análisis de varianza de CO del segundo modo de operación respecto a los vehículos.....	82
Tabla 20-4:	Análisis de Varianza para CO ₂ para el tercer modo de operación.....	83
Tabla 21-4:	Pruebas de Múltiple Rangos para CO ₂ por Dia el tercer modo de operación....	84
Tabla 22-4:	Análisis de Varianza para CO para el tercer modo de operación	84
Tabla 23-4:	Pruebas de Múltiple Rangos para CO por Dia el tercer modo de operación.....	85
Tabla 24-4:	Análisis de varianza de CO ₂ del tercer modo de operación respecto vehículos	86
Tabla 25-4:	Análisis de varianza de CO del tercer modo de operación respecto vehículos .	87
Tabla 26-4:	Análisis de varianza de CO ₂ (ppm)	89
Tabla 27-4:	Análisis de varianza de CO (ppm).....	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Venta de vehículos tipo SUV en Ecuador	4
Ilustración 1-2:	Conjunto Climatizador	9
Ilustración 2-2:	Flujo del aire	10
Ilustración 3-2:	Sistema de calefacción	11
Ilustración 4-2:	Sistema de Aire Acondicionado	11
Ilustración 5-2:	Variación de la temperatura del exterior, interior y salpicadero vehículo....	13
Ilustración 6-2:	Comportamiento de la tempera interna del habitáculo para diferentes vehículos.....	16
Ilustración 7-2:	Concentraciones de CO ₂ para 1 ocupante	20
Ilustración 8-2:	Concentraciones de CO ₂ para 4 ocupantes.....	20
Ilustración 9-2:	Concentraciones de CO ₂ para 1 y 4 ocupantes a una velocidad de 40Km/h	21
Ilustración 10-2:	Concentraciones de CO ₂ en diferentes vehículos con 2 ocupantes	22
Ilustración 11-2:	Concentraciones de CO ₂ con 1 (a) y 2 (b) ocupantes en tráfico urbano.....	23
Ilustración 12-2:	Concentraciones de CO ₂ con 3 (a) y 4 (b) ocupante en tráfico urbano	24
Ilustración 13-2:	Concentraciones de CO ₂ con 4 ocupantes en Autopista	25
Ilustración 14-2:	Etapas con los diferentes sistemas de climatización de aire acondicionado automotriz.....	26
Ilustración 15-2:	Concentración de CO en modo recirculación.....	27
Ilustración 16-2:	Concentración de CO en modo recirculación en modo aire fresco	27
Ilustración 17-2:	Concentraciones de CO con las ventanas totalmente abiertas.....	28
Ilustración 18-2:	Concentraciones de CO ₂ en diferentes vehículos.....	29
Ilustración 19-2:	Concentraciones de CO con los diferentes modos de ventilación y variando la velocidad del vehículo.....	30
Ilustración 20-2:	Comportamiento del CO para la mañana y en verano.....	31
Ilustración 1-3:	Esquema metodológico sobre las variables de estudio.....	34
Ilustración 2-3:	Esquema geográfico del Cantón Rumiñahui	35
Ilustración 3-3:	Ruta con bajo flujo vehicular	37
Ilustración 4-3:	Ruta de alto flujo vehicular	38
Ilustración 5-3:	Climograma Sangolquí.....	40
Ilustración 6-3:	Tabla climático Sangolquí.....	40
Ilustración 7-3:	Volumen del habitáculo Kia Sportage.....	47
Ilustración 8-3:	Vidrio frontal.....	48
Ilustración 9-3:	Vidrios laterales.....	48
Ilustración 10-3:	Secuencia de ensayo para un vehículo	50

Ilustración 11-3:	Colocación del aparato en el punto de muestreo	53
Ilustración 12-3:	Diagrama de punto de muestreo.....	53
Ilustración 13-3:	Ubicación de las sondas en el interior del vehículo	53
Ilustración 1-4:	Concentraciones de CO ₂ y temperatura interna del habitáculo según las variables de estudio de los vehículos en la mañana.....	57
Ilustración 2-4:	Concentraciones de CO y temperatura interna del habitáculo según las variables de estudio de los vehículos en la mañana.....	59
Ilustración 3-4:	Concentraciones de CO ₂ y temperatura interna del habitáculo según las variables de estudio de los vehículos al medio día.....	61
Ilustración 4-4:	Concentraciones de CO y temperatura interna del habitáculo según las variables de estudio de los vehículos al medio día.....	63
Ilustración 5-4:	Concentraciones de CO ₂ con los modos de operación y tipo de flujo vehicular en la mañana.....	68
Ilustración 6-4:	Concentraciones de CO con los modos de operación y tipo de flujo vehicular en la mañana.....	69
Ilustración 7-4:	Concentraciones de CO ₂ con los modos de operación y tipo de flujo vehicular al medio día	71
Ilustración 8-4:	Concentraciones de CO con los modos de operación y tipo de flujo vehicular al medio día	71
Ilustración 9-4:	Concentración de (a) CO ₂ y (b) CO en el primer modo de operación.....	76
Ilustración 10-4:	Medias para concentración de (a) CO ₂ y (b) CO en el primer modo de operación	76
Ilustración 11-4:	Concentración de CO ₂ para (a) mañana y (b) medio día del primer modo de operación con respecto a los vehículos	77
Ilustración 12-4:	Concentración de CO para (a) mañana y (b) medio día del primer modo de operación con respecto a los vehículos	78
Ilustración 13-4:	Concentración de (a) CO ₂ y (b) CO en el segundo modo de operación.....	80
Ilustración 14-4:	Concentraciones de (a) CO ₂ y (b) CO durante el segundo modo operación	81
Ilustración 15-4:	Concentración de CO ₂ para (a) mañana y (b) medio día del segundo modo de operación con respecto a los vehículos	82
Ilustración 16-4:	Concentración de CO para (a) mañana y (b) medio día del segundo modo de operación con respecto a los vehículos	83
Ilustración 17-4:	Concentración de (a) CO ₂ y (b) CO en el tercer modo de operación	85
Ilustración 18-4:	Medias para concentración de (a) CO ₂ y (b) CO en el primer modo de operación	86
Ilustración 19-4:	Concentración de CO ₂ para (a) mañana y (b) medio día del tercer modo de operación con respecto a los vehículos	87

- Ilustración 20-4:** Concentración de CO para (a) mañana y (b) medio día del tercer modo de operación con respecto a los vehículos 88
- Ilustración 21-4:** Comparativa de concentración de CO₂ en (a) la mañana y (b) el medio día 88
- Ilustración 22-4:** Comparativa de concentración de CO en (a) la mañana y (b) el medio día . 90

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CERTIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DE LA SONDA DE CO
- ANEXO B:** CERTIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DE LA SONDA DE CO2
- ANEXO C:** CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TESTO 440

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar las concentraciones de CO y CO₂ en cinco vehículos SUV, para establecer el número de partículas nocivas en el interior de habitáculo durante pruebas dinámicas en el Cantón Rumiñahui. La determinación del número de concentraciones en el interior del habitáculo se llevó a cabo mediante normativas como: la calidad del aire interior (IAQ), la normativa ASRHAE 62-19 para interiores de cabinas y la norma interestatal rusa GOST 33554–2015, que estipulen la temperatura de confort ambiental entre 18°C a 25°C. Donde se consideró el ensayo dinámico (pruebas en ruta). Además, el instrumento utilizado Testo 440 incluye sondas de CO y CO₂ que permiten obtener valores de las concentraciones, temperatura, humedad relativa y presión en función de la duración de la prueba. Las mediciones y obtención de las concentraciones dependieron de los tres modos de operación del climatizador automotriz durante los dos tipos de flujo vehicular (alto y bajo), en la mañana y medio día. Los resultados muestran que el incremento del dióxido de carbono está en función de la temperatura del interior del habitáculo cuando el vehículo se encuentra completamente hermético, mientras que para el monóxido de carbono va a depender en gran medida de la concentración iniciales en el vehículo. Se concluye, que existe una disminución de dióxido de carbono durante el modo renovación de aire disminuyendo las concentraciones independientemente del flujo vehicular y tipo de día, por lo contrario, durante el mismo modo de operación las concentraciones del monóxido de carbono se elevan, es decir, que se encuentra en función del número de vehículos que estén a su alrededor. Las concentraciones iniciales del ambiente influirán en el aumento para todos los modos de operación del CO.

Palabras clave: <TEMPERATURA DE CONFORT AMBIENTAL> <CONCENTRACIONES NOCIVAS> <ENSAYO DINÁMICO> <MONÓXIDO DE CARBONO (CO)> <DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)>.



SUMMARY

The objective of this study was to determine the CO concentrations and CO₂ in five SUV vehicles and to establish the number of harmful particles inside the passenger compartment during dynamic tests in the Rumiñahui Canton. The determination of the number of concentrations inside the passenger compartment was carried out through regulations such as Indoor Air Quality (IAQ), ASRHAE 62-19 standard for interiors of cabins, and the Russian interstate standard GOST 33554–2015, which stipulates the environmental comfort temperature between 18°C to 25°C. The dynamic test (road tests) was considered, in addition, the Testo 440 instrument used includes CO and CO₂ probes that allow obtaining values of concentrations, temperature, relative humidity, and pressure depending on the duration of the test. The measurements and the gathered concentrations based on the three modes of operation of the automotive air conditioner during the two types of vehicular flow (high and low), in the morning and noon. The results show that the increase in carbon dioxide is a function of the temperature inside the passenger compartment when the vehicle is hermetic, while carbon monoxide will depend to a large extent on the initial concentration in the vehicle. It is concluded, that there is a decrease in carbon dioxide during the air renewal mode, decreasing the concentrations regardless of the vehicular flow and type of day. On the contrary, during the same mode of operation, the carbon monoxide concentrations rise that it is found depending on the number of vehicles around it. Initial ambient concentrations will influence the rise for all CO modes of operation.

Keywords: <THERMAL COMFORT TEMPERATURE> <HARMFUL CONCENTRATIONS> <DYNAMIC TEST> <CARBON MONOXIDE (CO)> <CARBON DIOXIDE (CO₂)>.



Lic. Patricia Moyota A. Mgs.

060361101-3

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las personas pasan alrededor de 1 a 2 horas como mínimo dentro de su vehículo (Luangprasert et al., 2017), para trasladarse desde su hogar a distintos lugares como: trabajó, colegio, jardín entre otros destinos de viaje que opten las personas. Durante su trayecto, los conductores y ocupantes soportan el tráfico, cambio climático, variación de la temperatura del interior en el habitáculo afectando el confort y la salud de las personas.

El aumento considerablemente del CO y CO₂ emitidos por los vehículos que se encuentran a su alrededor ocasionara que las personas enciendan el climatizador para tener una tempura de confort. Mencionada por Rojas Reinoso et al., 2020, la temperatura ambiente ideal para mantener la concentración, lucidez y confort oscila entre 18°C y 25°C, a diferencia de la del cuerpo humano que oscila entre los 35,5°C y los 37°C.

Las concentraciones de CO y CO₂ tienden a aumentar con mayor frecuencia al momento de estar en un mayor flujo vehicular. Por motivo, de que los vehículos emiten gases contaminantes y en muchos de los casos la forma errónea de conducir es: los vidrios totalmente bajos o a la mitad para evitar encender el climatizador, ya que al encender este sistema existe un consumo de combustible y en algunos casos el climatizador no funciona o no está instalado.

De acuerdo, con el estudio realizado Cha, 2019, sobre las concentraciones de CO₂ en el interior del habitáculo afirma que los niveles de este gas aumentan considerablemente respecto al modo de operación del climatizador, factores de conducción y al número de pasajeros. Durante una larga trayectoria de viaje, los vehículos a menudo pueden acumular altos niveles de concentración de CO₂ debido a que existen una gran cantidad de pasajeros. Según Torres, 2014, se encontró que los niveles CO₂ con 4 personas dentro del vehículo son superiores a 9000 ppm.

Por ende, el presente trabajo tiene la finalidad de medir la temperatura del interior del habitáculo en las pruebas dinámicas para determinar las concentraciones de CO y CO₂ en cinco vehículos SUV, variando las funciones del climatizador, el tipo de flujo vehicular tanto en la mañana como al medio día.

Los principales inconvenientes son los cambios climáticos, ya que el Ecuador, presenta un clima tropical que no garantiza tener temperaturas estables durante todo el año, otro factor es la temperatura exterior e interior del habitáculo debido a que no van a ser constante en las pruebas. La metodología que se establece es la variación de las funciones del climatizador con otras variables de estudio dicho anteriormente, donde cada una de ella tendrá una duración de 30

minutos. Por ende, una vez obtenido los resultados de cada prueba se realiza un análisis estadístico para su interpretación, ya que se conocerá el número de partículas al que está sometida el conductor durante su trayecto y que consecuencias afectan en su salud.

El documento de investigación consta de los siguientes capítulos: el capítulo I hace referencia a la problemática de la investigación en donde afecta y quienes son los involucrados, el capítulo II se basa en el marco teórico donde se dará a conocer la información para validar la el conocimiento y la teoría del tema a tratar, el capítulo III es la metodología que es el estudio de las variables, el procedimiento de las pruebas y como se va a evaluar, y por último, el capítulo IV es el análisis de los resultados para afirmar o denegar la hipótesis propuesta.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Los conductores no profesionales pasan alrededor de una a dos horas dentro del vehículo, mientras, que los conductores profesionales y servidores públicos tiene una duración superior a las ocho horas laborables, lo que ocasiona que en ambas situaciones estén expuestos a niveles superiores de CO y CO₂ en el interior del habitáculo, debido a que los vehículos emiten en gran cantidad estas partículas nocivas para el medio ambiente y a las personas. Al estar durante un tiempo determinado a estas circunstancias y conduciendo, provoca que el conductor presente cambios de humor, fatiga, falta de concentración entre otros factores que afecten al confort de las personas al interior del habitáculo.

Las concentraciones de CO y CO₂ van a estar dependiendo de varios factores, tales como, flujo de tráfico y la configuración de ventilación, se ha descubierto que la velocidad del viento aumenta la tasa de ventilación del aire en la cabina al tiempo que reduce la exposición al CO emitido por los vehículos cercanos (Dirks et al., 2018).

Para el Distrito Metropolitano de Quito. Según Romero, 2022, la Agencia Metropolitana de Transito 2020, el número anual asciende a 513 000 vehículos que circulan por el sector, tal es el caso, que en el año 2016 se realizó un estudio sobre la contaminación que generan los motores de los automóviles, en ese momento circulan en promedio más de 450 mil vehículos, de los cuales aproximadamente el parque automotor liviano con motor a gasolina representa el 91% (5.4% de motocicletas y 85.6% automóviles). Cabe destacar que las fuentes fijas (industrias) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs), son responsables de más del 40% de las emisiones de material particulado (PM) y de gases contaminantes como: CO, CO₂, HC y NOx (Guzmán et al., 2018).

La Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, lanzo un comunicado del balance anual de ventas de vehículos, destaco que durante el periodo del 2021 las ventas alcanzaron las 119 316 unidades, lo cual representa un aumento del 39% a comparación de lo vendido en el periodo del 2020 debido a la pandemia del Covid-19. Dentro de la gama de vehículos se destacan los Vehículo Utilitario Deportivo (SUV), ya que cierto grupo de personas prefieren vehículos más grandes y amplios (AEADE, 2022).

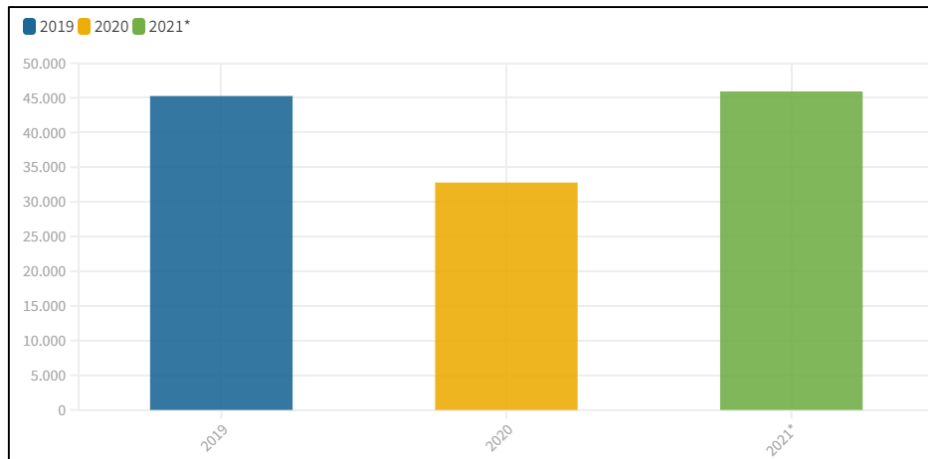


Ilustración 1-1: Venta de vehículos tipo SUV en Ecuador

Fuente: (AEADE, 2022).

En la ilustración 1-1, presenta la distribución de ventas anuales del 2019 al 2021, dentro de ellas se podrá observar que los vehículos SUV durante el año 2019 tuvo un alto impacto de ventas alrededor de 45000 unidades, pero en el 2020 debido a la pandemia por el COVID-19 las ventas anuales del periodo decrecieron considerablemente, a tal punto de llegar a ventas inferiores de 35000 unidades. Mientras que en el 2021 la economía se elevó a valores de ventas anuales de 46000 unidades.

1.2. Delimitación y limitación del problema

1.2.1. Delimitación

El presente proyecto de investigación tiende a medir las concentraciones de CO y CO₂ con el instrumento testo 440, en el interior del habitáculo de cinco vehículos SUV mediante ensayos dinámicos en rutas periféricas en la provincia de Pichincha-Cantón Rumiñahui, a diferentes operaciones del climatizador, alto y bajo flujo vehicular tanto en la mañana y al medio día.

1.2.2. Limitación

Las principales limitaciones del proyecto de investigación para el presente estudio serán las siguientes:

- En el Ecuador al ser un clima tropical sus temperaturas van a variar durante todo el año, por ende, no se podrán tener una temperatura constante para las pruebas.

- Las entidades gubernamentales que se encuentran dentro del Ecuador no plantean una normativa, ley o reglamento que regule las concentraciones de gases nocivos dentro de la cabina del vehículo.
- La base de datos del parque automotor que proporcionan las diferentes instituciones, no se encuentran actualizada o en ocasiones existe una baja información del número de vehículos y dicha información no se encuentra disponible para todo el público.
- El parque automotor en el Ecuador debido a los favores económico no ha tenido una evolución, ya que en las vías y carreteras se encuentran circulando vehículos que aun ocupan un sistema de inyección a carburador. Por ende, estos modelos de vehículos emiten una mayor cantidad de gases al ambiente y al interior del habitáculo del vehículo.

1.3. Problema General de investigación

Los servidores públicos al tener jornadas nocturnas en ciertas ocasiones tienden a tomar un descanso dentro del interior del vehículo, esto es perjudicial debido a que las concentraciones de monóxido de carbono, si son superiores a 7000ppm y son inhaladas por las personas ocasionan la muerte por asfixia. En cambio, no se ha registrado decesos cuando el vehículo se encuentra en movimiento, esto es debido a que las concentraciones de CO son muy bajas en comparaciones con las de CO₂.

¿Cuántas partículas por millón de CO y CO₂ se concentrarán en el interior del habitáculo durante las pruebas dinámicas?

1.4. Problemas específicos de investigación

- a) ¿Qué tipo de ruta se seleccionará para las pruebas dinámicas de los vehículos todo SUV?
- b) ¿Cómo afecta las operaciones del climatizador, tipo flujo vehicular tanto para la mañana y medio día, las concentraciones de CO y CO₂ en el interior del habitáculo?
- c) ¿Cuánto variara la temperatura en el interior del habitáculo durante las pruebas dinámicas?
- d) ¿Qué tanto variara los resultados de las concentraciones de CO y CO₂?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivos General

Determinar la concentración de CO y CO₂ en el habitáculo de los vehículos tipo todo terreno mediante ensayos dinámicos en ruta con el uso del instrumento de medida de velocidad del aire e IAQ, para establecer el número de partículas nocivas presente en la cabina del vehículo.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Definir la trayectoria del vehículo para las pruebas dinámicas de los cinco vehículos SUV.
- Medir la concentración del número de partículas contaminantes y calidad de aire, con el instrumento de medición IAQ Testo 440, variando el funcionamiento del climatizador del vehículo, diferentes tipos de flujo vehicular tanto para la mañana y al mediodía, de los vehículos.
- Medir la temperatura del interior del habitáculo en las pruebas dinámicas, y encontrar la correlación entre la temperatura interior y la concentración de los gases.
- Realizar una comparativa de los resultados de la medición de concentración de CO y CO₂ en el interior del habitáculo.
- Elaborar el análisis estadístico de los resultados de las concentraciones de CO y CO₂ de los vehículos.

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación Teórica

Las emisiones contaminantes que se producen dentro del vehículo afectan de tal manera que el conductor y los ocupantes sentirán un malestar de cansancio, fatiga, estrés, entre otros efectos que se producirá por la inhalación de las diferentes emisiones que produce el vehículo. Dentro de estas emisiones por lo general encontramos según GOST 33554, 2015, partículas de CH₂O, formaldehído, NO₂, dióxido de nitrógeno, partículas de CO, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono CO, dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos saturados desde metano hasta C₂H₅–C₇H) y el metano (CH₄).

La mayor parte de la investigación sobre la contaminación del aire dentro del automóvil se centra en los siguientes componentes del aire: materia particulada (PM), óxidos de nitrógeno (NOX) y monóxido de carbono (CO). Además, que se ha encontrado pocos estudios para los hidrocarburos (HC), especialmente para los compuestos orgánicos volátiles (COV).

En el Ecuador, el organismo encargado de evaluar las emisiones de gases contaminantes de los vehículos es Normativa Técnica Ecuatoriana. El cual establece los límites permitidos de emisiones contaminantes emitidas por vehículos automotores, esta entidad solo se encarga de evaluar la medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna y no del habitáculo (NTE INEN 2204, 2017).

De acuerdo con documentación científica que tienen como variable de estudio la temperatura en interior del vehículo, según Norma ASHRAE 55, 2013; citado en Lawrence, 2017^a, la temperatura de confort humano se encuentra entre 20°C y 28°C o a su vez afirma Rojas Reinoso et al., 2020, la temperatura ambiente ideal para mantener la concentración, lucidez y confort oscila entre 18°C y 25°C para el interior del habitáculo

El presente tema de investigación tiene la finalidad de evaluar las concentraciones de CO y CO₂ en el interior del habitáculo cuando el vehículo se encuentra en movimiento, lo que permitirá comparar los resultados con los estándares y normativas de calidad del aire que son la GOST 33554-2015 y la ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2019.

1.6.2. Justificación Metodológica

La regulación sobre la calidad del aire ha ido evolucionando con el pasar de los años, debido al incremento del parque automotor, ya que tienden a emitir gases contaminantes al ambiente y provocan problemas a la salud humana. Por esta razón, según afirma Sáez Cifre, 2017, se crearon organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Comisión Europea (CE), el Consejo Internacional de Investigación de Edificios (CIBC), OSHA y organizaciones privadas como la American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers (ASHRAE), Action on Smoking and Health (ASH). Para reducir la contaminación del aire, evitando que se produzca daños cardiovasculares, problemas respiratorios y en el peor de los casos la muerte por asfixia.

Para el desarrollo del trabajo, se utilizó un método de evaluación cuantitativo y de revisión bibliográfica. El cual mediante ensayos nos permitirá analizar los resultados con relación al uso de normativas europeas sobre la calidad del aire, en consecuencia, los resultados obtenidos servirán como datos referenciales para posteriores investigaciones dentro del País.

Para el proceso de evaluación, las concentraciones CO y CO₂ se midió en ensayos dinámicos, con diferentes condiciones del climatizador, tipos de flujo vehicular, tanto en la mañana y al mediodía, con el instrumento de medición IAQ Testo 440. Gracias a este medidor de gases se conoce el número de partículas que se encuentran en el habitáculo, además de la temperatura en tiempo real.

1.6.3. Justificación Práctica

El conductor de un vehículo al pasar mucho tiempo dentro del automotor tiende a respirar elevadas concentraciones de CO y CO₂, estas concentraciones superan los límites cuando se

encuentran a mayor cantidad de vehículos, de tal forma que al obtener los resultados se pretende evitar la fatiga, dolor de cabeza, falta de concentración entre otros factores que afectan a la salud.

Por lo que este estudio pretende dar mayor énfasis a las concentraciones de gases al parque automotor dentro de Ecuador. Según G. D. Mathur, 2011, para un tráfico urbano las concentraciones máximas en cabina van desde 4045 a 5680 ppm para cuatro ocupantes, estos valores supera drásticamente lo establecido en la norma ASHRAE y a velocidades de autopista (65-70) mph las concentraciones en cabina van desde 930 a 4400ppm para uno y cuatro ocupantes, cabe mencionar que estos resultados se lo realizaron en los E.E.U.U. en el verano.

El enfoque del proyecto es monitorear la calidad del aire en el interior del habitáculo durante las temperaturas de la región tropical de nuestro País.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis de investigación

Durante la ruta las emisiones de CO y CO₂ en el interior de habitáculo de los vehículos todo terreno excederá el número de partículas establecidas en la normativa GOST Y ASHRAE.

1.7.2. Hipótesis nula

Durante la ruta las emisiones de CO y CO₂ en el interior de habitáculo de los vehículos todo terreno no excederá el número de partículas establecidas en la normativa GOST Y ASHRAE.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Referencias teóricas

2.1.1. Climatizador automotriz

El climatizador automotriz ha pasado de ser un sistema de lujo a convertirse en una necesidad para controlar la temperatura dentro del habitáculo. Debido a la demanda de confort que los conductores exigen para poder tener un viaje placentero y evitar así fatiga, cansancio, estrés entre otros factores que pueden afectar la conducción durante un viaje prolongado.

El conjunto de climatización es un circuito del aire el cual tiene un recorrido que lo realiza desde el momento que entra aire del exterior, hasta el momento en que sale hacia el habitáculo, e incluso se considera todas las modificaciones que se lo realiza como: filtrado de partículas, humidificación, enfriado, calentamiento, adecuación de velocidad y adecuación de salida hacia los ocupantes.

El climatizador no es más que la unión de la calefacción, ventilación y el aire acondicionado. Lo que hace el climatizador es direccionar el funcionamiento de estos tres componentes. (CanalMOTOR, 2020, p. 68).



Ilustración 1-2: Conjunto Climatizador

Fuente: (CanalMOTOR, 2020 p. 90).

2.1.2. Operaciones climatizador

2.1.2.1. Ventilación

La ventilación de un automóvil es un tema muy importante para los conductores y pasajeros, debido a que este es el encargado de controlar la entrada de aire desde el exterior hacia el interior de la cabina. Los vehículos se encuentran diseñados con este sistema de ventilación de flujo constante de aire fresco, ya que esto permitirá que el aire en su interior sea renovado constantemente, de modo que, se podrá tener un ambiente agradable, lo cual permitirá asegurar el oxígeno suficiente para respirar.

Los vehículos generalmente se encuentran diseñados, de tal manera que pueda entrar y salir aire procedente del exterior, esto se lo realizará por medio de la entrada que se encuentra en la parte delantera del vehículo por una abertura, entre el capot y el parabrisas, de esta forma el aire atravesará el interior del vehículo, posteriormente tendrá una salida por la parte trasera del maletero, paso de rueda y bajo los asientos traseros (Motorgiga, 2022, p. 89).

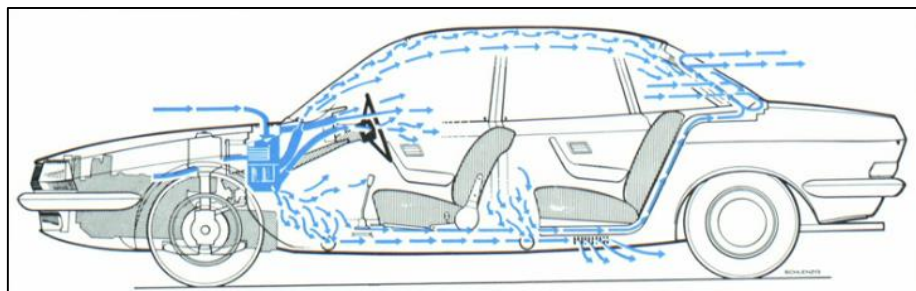


Ilustración 2-2: Flujo del aire

Fuente: (Motorgiga, 2022 p. 78).

2.1.2.2. Calefacción

El sistema de calefacción es el encargado de calentar el aire ambiente, para llevarlo a una temperatura de confort en el interior del habitáculo. Este procedimiento se lo realizará a través de un pequeño radiador, el cual estará ubicado en el bloque del climatizador en forma paralelo. Este radiador no es el componente de circuito de refrigeración del motor, pero sí pasará por medio de este pequeño radiador agua caliente procedente del circuito de refrigeración del motor. De esta manera aprovechará la elevada temperatura del líquido refrigerante para calentar el aire del habitáculo o desempañar los cristales. (Diego Algaba, 2011, p. 90).

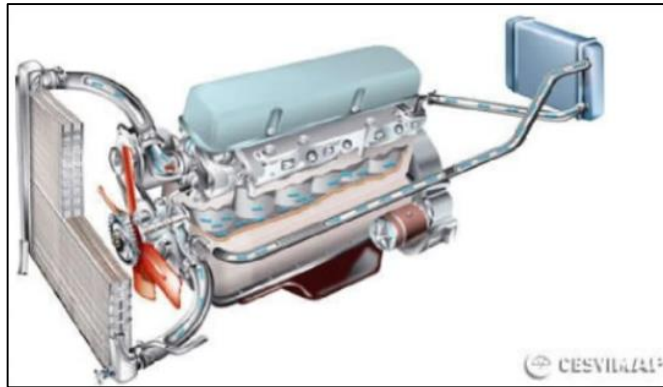


Ilustración 3-2: Sistema de calefacción

Fuente: (Diego Algaba, 2011)

2.1.2.3. Aire acondicionado “A/C”

El sistema del aire acondicionado es un conjunto más del climatizador. Su función es enfriar el aire, de tal forma que se pueda extraer la humedad y el polvo por medio de mandos manuales o control automático, además de que se encargará de bajar la temperatura interna del habitáculo del vehículo para brindar una comodidad y frescura a los ocupantes. (Máquinas agrícolas, 2013, pp. 67-69)

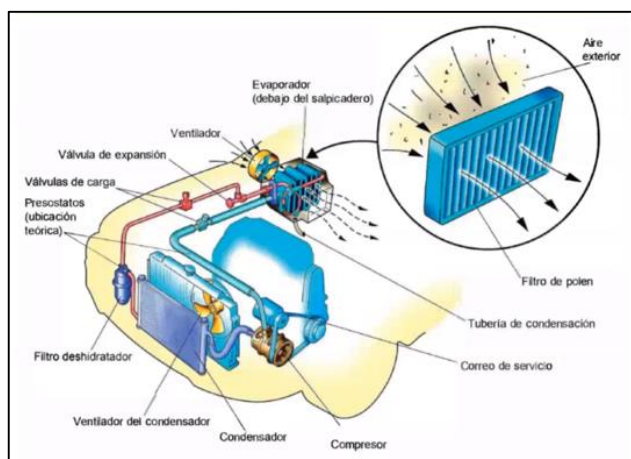


Ilustración 4-2: Sistema de Aire Acondicionado

Fuente: (Máquinas agrícolas, 2013).

2.1.3. Principales consecuencias por el CO y CO₂

2.1.3.1. Fatiga

La fatiga es un síntoma de cansancio o agotamiento, el cual es producido por el exceso de trabajo, preocupaciones, estrés emocional, aburrimiento o falta de sueño. En el caso de la conducción según afirma (MINISTERIO DEL INTERIOR, 2014) es el causante del 20% al 30% de los accidentes de tránsito, lo cual es debido a no descansar correctamente.

Tabla 1-2: Principales causas que afecta al conductor:

Factores externos	Factores internos
<ul style="list-style-type: none">• Elevada densidad de tráfico• Vías desconocidas• Mal estado de carreteras• Condiciones climatológicas adversas	<ul style="list-style-type: none">• Mala ventilación• Temperaturas elevadas• Iluminación deficiente• Mal estado del vehículo• Diseño poco ergonómico

Fuente: (MINISTERIO DEL INTERIOR, 2014)

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

2.1.3.2. Dolor de cabeza

El dolor de cabeza cuando se está al volante es producido por cefaleas, migrañas y otros síntomas, lo que puede causar pérdida de concentración y disminución de las capacidades psicofísicas (MAPFRE, 2021). Además, también puede ser causa por la falta de sueño, fuertes ruidos o incluso por esfuerzo muscular en la cara, cuello y hombros.

2.1.3.3. Cansancio

Según Antonio et al., 2004 el cansancio mental o físico, corresponde al 24% de accidentes de tránsito debido al exceso de trabajo o largos trayectos que los conductores realizan durante su jornada de trabajo. El cansancio mental es debido al esfuerzo musculares o disminución de la resistencia física, lo que conlleva a la falta de concentración, disminución de motivación e interés, lentitud de pensamiento, debilidad en generalizada (Pedraz-Petrozzi, 2018, p. 34). Para reponerse solo se debe descansar lo suficiente para que el cuerpo y la mente se relajen lo suficiente.

2.1.4. Temperatura

2.1.4.1. Interior del habitáculo

La temperatura al interior del habitáculo es un factor importante a la hora de conducir, por ello, los fabricantes de vehículos han optado por incorporar un sistema de climatizador capaz de calentar o enfriar la cabina dependiendo de las necesidades del conductor. Esto ayuda a mantener lucidez, concentración y sentir confort a la hora de viajar. Existen diversas teorías sobre la temperatura ideal del habitáculo en el caso de (Rojas Reinoso et al., 2020) afirman que esta entre 18°C a 25°C, mientras que otros lo corroboran que se encuentra entre 21°C y 23°C (RACE, 2020). Por ende, la temperatura ideal va a depender de la temperatura corporal de la persona ya que no todos los cuerpos no son los mismos.

2.1.4.2. Exterior o del ambiente

La temperatura exterior hace referencia a la temperatura que se encuentra fuera del vehículo. En temporadas de verano, al aumentar la temperatura por la radiación solar este va a atravesar los cristales del vehículo provocando que los niveles del interior del habitáculo se eleven entre unos 8°C a 10°C (Rojas Reinoso et al., 2020, p. 80).

2.1.4.3. Radiación solar

La radiación solar es la energía libera por el sol, el cual se desplaza en todas las direcciones en forma de ondas electromagnéticas.

Según RACC, 2015 la temperatura exterior del vehículo y el cambio constante en la radiación solar tiene un efecto gradual sobre la temperatura del interior del habitáculo. En la ilustración 5-2, se observa la temperatura del exterior durante todo el tiempo se mantiene constantes (25°C), la temperatura del interior se eleva de 25°C a 35°C y de igual forma, la temperatura del salpicadero se elevó drásticamente de 25°C a 75°C por la emisión directa que residen el cristal de la parte frontal.

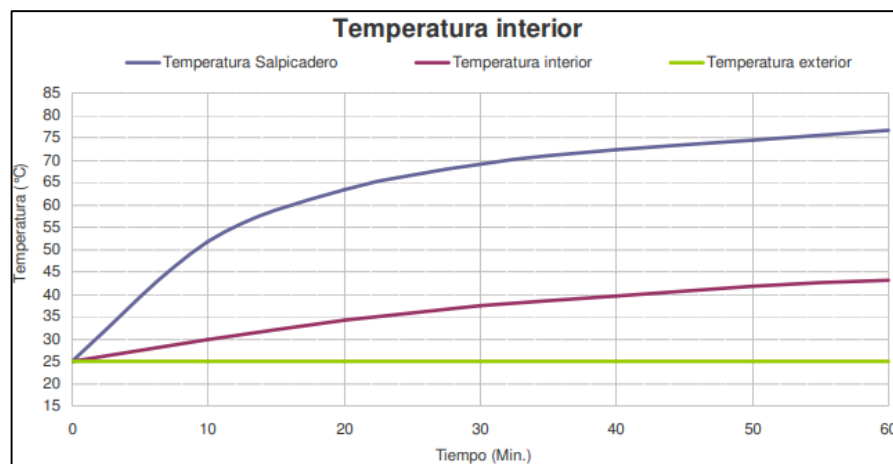


Ilustración 2-2: Variación de la temperatura del exterior, interior y salpicadero del vehículo

Fuente: (RACC, 2015).

2.1.5. Confort

2.1.5.1. Confort térmico

La comodidad para el cuerpo humano está dependiendo factores ambientales, tal como, la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire. Por ende, para llegar a la zona de comodidad térmica la temperatura va a oscilar entre los 23°C a 27°C. (Cengel & Ghajar, 2011, p. 56).

El termino confort térmico, viene dado por la función que realiza el climatizador del vehículo, la cual es aumentar o disminuir la temperatura del interior del habitáculo según la operación que se selección, esto llevara al conductor y ocupantes a una temperatura ideal para sentirse relajados a la hora de su viaje.

2.1.5.2. Área del vehículo

A la hora de diseñar un vehículo los fabricantes se enfocan en la amplitud que debe tener el interior del vehículo, esto permite que exista mayor espacio para poder viajar cómodamente. Tal es el caso, de que mayor sea el vehículo, mayor número de partículas se concentraran en el interior del habitáculo. (Aguilera-Cortés et al., 2010, p. 45).

2.1.5.3. Flujo vehicular

El flujo vehicular es el fenómeno que se produce debido a la circulación del número de vehículos que atraviesan una vía, calle o autopista por unidad de tiempo, este fenómeno también se lo conoce como tráfico vehicular o simplemente tráfico. Para determinar las características de corriente de tránsito se debe de tener en cuenta tres variables fundamentales para el flujo vehicular: (Guaman D, 2016, pp. 78-90).

- La velocidad
- El volumen o intensidad de transito
- La densidad.

Velocidad

La definición de velocidad no es más que el desplazamiento que realiza un vehículo en una determinada distancia. La cual estará en función de la unidad de tiempo generalmente conocida por el sistema internacional “SI” cómo kilómetros por hora (Km/h) (Guaman D, 2016)

Volumen o intensidad de tránsito

El volumen o intensidad de tránsito no es más que el número de vehículos que transitan por un determinado lugar durante un intervalo de tiempo transcurrido en el desplazamiento. La unidad para el volumen es simplemente “vehículos” o “vehículos por unidad de tiempo”.(Guaman D, 2016, p. 79).

Densidad

La densidad se define como el número de vehículos que ocupa cierta sección o segmento de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km). Esta característica es una de las más importantes ya que nos permite conocer la demanda de tránsito de un carril en un instante en particular (Guaman D, 2016, p. 70).

2.2. Antecedentes de investigación

2.2.1. *Incidencia de la temperatura en interior del habitáculo*

El confort térmico en el interior de los vehículos cada vez es más evaluado para el diseño de los entornos térmicos dentro del habitáculo. Una sensación térmica confortable podría traer a los ocupantes no solo una gran sensación y un buen estado físico, sino también más concentración y motivación en el trabajo o en la vida, lo que trae una gran contribución a la eficiencia del trabajo y a la calidad de vida (Simion et al., 2016). Por lo que, los fabricantes de vehículos se han centrado el mejorar el confort térmico proporcionando un sistema de ventilación, calefacción y refrigeración del aire en el habitáculo conocido también como climatizador.

El confort térmico para los ocupantes de los vehículos cada vez es más importante, debido a que la mayoría de las personas pasan un mayor tiempo dentro de sus vehículos ya sean de transporte privado o público (Croitoru et al., 2015, p. 110). Entonces una climatización adecuada ayuda a reducir el estrés del conductor, además de garantizar buena visibilidad para evitar el empañamiento y que contribuya a una conducción más segura. Según Rojas Reinoso et al., 2020, la temperatura ambiente ideal para mantener la concentración, lucidez y confort oscila entre 18 °C y 25 °C, a diferencia de la del cuerpo humano que oscila entre los 35,5 °C y los 37 °C.

En condiciones normales de operación, va a existir una variación de temperatura entre la del habitáculo y la del exterior de unos 8°C a 10°C. Cuando la temperatura ambiental sea mayor a los 26.6°C, dentro del habitáculo va a alcanzar los 40.6°C en menos de 20 minutos y esto resultar perjudicial para los ocupantes (Rojas Reinoso et al., 2020), lo que va a provocar en estas circunstancias es un golpe de calor o también denominado insolación.

El vehículo está expuesto a todo tipo de condiciones climáticas que de una u otra forma afectan la temperatura en el interior de este, las variables relacionadas a este fenómeno son la temperatura, la humedad y la variación de calor.

Dentro de investigación de Norma ASHRAE 55, 2013; citado en Lawrence, 2017^a, menciona que la temperatura de confort humano se encuentra entre 20°C y 28°C a su vez afirma. Los resultados obtenidos en el vehículo SUV registraron temperaturas entre los 30 °C y 35 °C, esto es debido a que su espacio interno es mucho más grande que los vehículos comparados durante la investigación como: sedan y hatchback. Estos vehículos registraron temperaturas superiores a sus 42,8 °C.

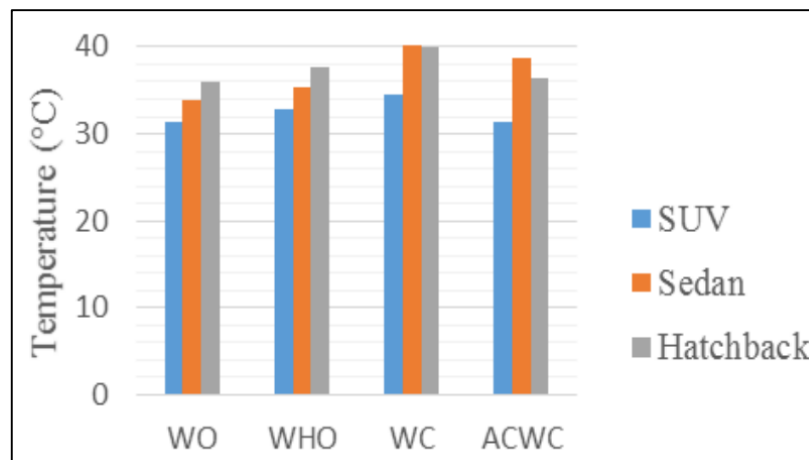


Ilustración 6-2: Comportamiento de la temperatura interna del habitáculo para diferentes vehículos

Fuente: (Lawrence. D, 2017, p. 118).

2.2.2. *Enfermedades al cuerpo producidas inhalación del CO y CO₂ en el interior del habitáculo*

Según afirma (2018), las emisiones de hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO), tienen un serio impacto en la salud pública por su concentración de contaminantes atmosféricos en el aire capitalino. Por ende, las principales fuentes a investigar para este trabajo son las concentraciones de CO y CO₂ en el interior del habitáculo en pruebas de ruta.

El dióxido de carbono es un gas asfixiante simple que actúa básicamente por desplazamiento de oxígeno y que a elevadas concentraciones (> 30.000 ppm) puede causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios (Huamán et al., 2015). En la tabla 2-2 se describe los efectos fisiológicos según el porcentaje de volumen de CO₂ en el aire.

Tabla 2-2: Efectos fisiológicos del CO₂ en las personas según el % de exposición

% Volumen de CO ₂ en el aire	Efectos en un adulto promedio
<0.07%	Aire normal
0.1%	Límite de comodidad
0.2%	Aumento de frecuencia respiratoria
2%	50% de aumento en la frecuencia respiratoria
3%	Aumento del 100% de la frecuencia respiratoria, límite de exposición a corto plazo de 10 minutos (PEL)
5%	Aumento del 300% de la frecuencia respiratoria, dolor de cabeza y la sudoración puede comenzar en 1 hora. Tenga en cuenta que esto es tolerado por la mayoría de las personas, pero es una carga física
8%	STEL
8-10%	Dolor de cabeza después de 10 a 15 minutos, mareos, zumbidos en los oídos, aumento de la presión arterial, pulso elevado, excitación y náuseas.
10-18%	Calambres después de unos minutos, ataques epilépticos, pérdida del conocimiento, una caída brusca de la presión arterial. Tenga en cuenta que las víctimas se recuperarán muy rápidamente al aire libre
18-20%	Síntomas similares a los de un derrame cerebral.
30%	Inconsciencia en 24 segundos
Ppm	Para convertir a ppm multiplicar los valores en % por 10000

Fuente: (G. D. Mathur, 2011a).

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Según afirma Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, 1996, el CO envenena principalmente al adherirse estrechamente a la hemoglobina en la sangre (formando carboxihemoglobina), reemplazando el oxígeno y reduciendo la capacidad de la sangre de transportar oxígeno. El CO también puede envenenar al unirse a tejidos y células del cuerpo humano e interferir con sus funciones normales.

La inhalación de CO puede ser muy nociva para la salud; la intoxicación se produce al respirar este gas, lo que provoca manifestaciones clínicas que van desde una sintomatología inespecífica hasta la muerte (Buchelli Ramírez et al., 2014), existen tres factores que influyen en la exposición de monóxido de carbono: la concentración de CO en el ambiente, tiempo de exposición y la carga de trabajo y frecuencia respiratoria.

Al estar expuesto por un prolongado tiempo al monóxido de carbono en nuestro cuerpo va aumentando la carboxihemoglobina (COHb), lo que va a provocar diversos síntomas y signos según los diferentes niveles de concentración mostrado en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Síntomas y signos según el % de COHb.

Concentración de COHb (%)	Síntomas y signos
<2%	Inocuo
2,5%	Deterioro de la orientación temporal.
5	Deterioro de facultades psicomotrices
>5	Alteraciones cardiovasculares.
10-20%	Cefalea, vasodilatación, alteraciones visuales, vértigo, dolor abdominal y náuseas.
20-30%	Cefalea, disnea, angor de esfuerzo
30-40%	Disnea, arritmia, cefalea intensa, alteraciones visuales, síncope, confusión mental, debilidad en miembros inferiores y vómitos. Estos síntomas pueden impedir a la víctima escapar del área contaminada.
40-50%	Síncope, taquicardia, taquipnea. > 40% puede ser mortal por asfixia.
>45%	Coma, acidosis metabólica de origen láctico por glucólisis anaeróbica, hipokalemia, hipotensión, convulsiones, depresión respiratoria, edema pulmonar, alteraciones EKG.
50-60%	Coma, convulsiones, respiración irregular.
>60%	Convulsiones, coma, paro cardiorrespiratorio, muerte.
70-80%	Muerte

Fuente: (Bolaños Morera & Chacón Araya, 2017)

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

El monóxido de carbono es un gas que no se puede ver ni oler, pero puede causar la muerte cuando se inhala en niveles superiores a 9 partes por millón, durante un período de 8 horas de exposición (Huamán et al., 2015).

2.2.3. Concentraciones del CO₂ por el número de ocupantes

La comodidad de las personas en el interior de los vehículos es cada vez más importante debido a la demanda del usuario a tener un ambiente confortable. Según Lawrence, 2017, los viajeros pasan alrededor del 5,5 % del tiempo dentro de la cabina de un automóvil, lo que podría exponerlos a la calidad del aire.

Las concentraciones de CO₂ en las cabinas aumenta los niveles dentro del vehículo dependiendo de la gama de vehículos y el número de pasajeros. En la investigación realizada por Bierwirth, 2019, los vehículos a menudo pueden acumular altos niveles de CO₂ particularmente donde existen múltiples pasajeros para una duración de viaje relativamente larga. Por ende, el número de pasajeros es un factor primordial en confort del habitáculo.

Según el estudio realizado por Torres, 2014, se realizó una prueba de una hora con él con el modo de recirculación activo y variando el número de pasajeros, se encontró que los niveles de CO₂

para 4 personas en el interior del vehículo son superiores a 9000ppm. Por ende, en la tabla 4-2 se puede observar una recopilación de varios autores que afirman sobre los niveles de CO₂, a mayor número de ocupantes las concentraciones de CO₂ se elevan considerablemente durante un periodo de tiempo.

Tabla 4-2: Niveles de concentración de CO₂ a partir del número de ocupantes

Estudio	Modo de ventilación	Personas en cabina “numero”	Duración de la prueba “min”	Max. Nivel de CO ₂ “ppm”
(Torres, 2014)	Recirculación	4	60 min	> 9000
(Luangprasert et al., 2017)	Recirculación	4	30 min	> 10000
(Barnes et al., 2018)	Recirculación	No disponible	30 min	> 9000
(G. D. Mathur, 2016)	Recirculación	3	30 min	2500
(Cha, 2019)	Recirculación	2	20 min	3500
(Gładyszewska-Fiedoruk, 2011)	Recirculación	1	50 min	5000

Fuente: (Cha, 2019).

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Según G. D. Mathur, 2011, durante las temporadas de verano para obtener un máximo rendimiento de refrigeración, el sistema de A/C del vehículo debe estar en modo recirculación, esto es especialmente en los estados como Arizona. Debido a que el aire que se encuentra dentro del habitáculo es más fresco en comparación con la del exterior. Esto facilitara que el A/C disminuya más rápido al aire llevándolo a la temperatura de confort.

El ser humano por naturaleza exhala dióxido de carbono, por ende, al momento de estar dentro del habitáculo y operando en modo de recirculación durante un periodo prolongado de tiempo. El CO₂ que es inhalado por los ocupantes va a su torrente sanguíneo y tiene un impacto negativo en su salud. Lo que causaría acidosis, que es parcialmente dañina para las células del cerebro. Incluso se presentarán casos más comunes asociados como dolor de cabeza, fatiga, mareos, insuficiencia renal, disminución de la capacidad cognitiva, y posible daño cerebral (Cha, 2019, pp. 79-83).

Por lo tanto, el sistema de aire acondicionado del vehículo no debe funcionar en modo de recirculación durante periodos prolongados debido a la acumulación de CO₂ dentro del vehículo. En el estudio G. Mathur, 2020, se realizó unas pruebas con una velocidad promedio de 40 km/h, donde la normativa ASHRAE propone que el máximo es de 1100 ppm y lo mínimo de 500 ppm. El controlador cambió el modo de recirculación a renovación cuando las concentraciones de la cabina alcanzaron las 1100ppm y volverá al modo de recirculación cuando las concentraciones de la cabina estén en 500ppm.

En las ilustraciones 7-2 y 8-2, se presenta las concentraciones de CO₂ para un ocupante (conductor) y 4 ocupantes. Para un ocupante la ilustración 7-2, el tiempo máximo es de 3.5min y lo mínimo de 6.5min (un ciclo), mientras que, para cuatro ocupantes ilustración 8-2, el máximo tiempo es de 1.5 min y completar su ciclo es de 3 min.

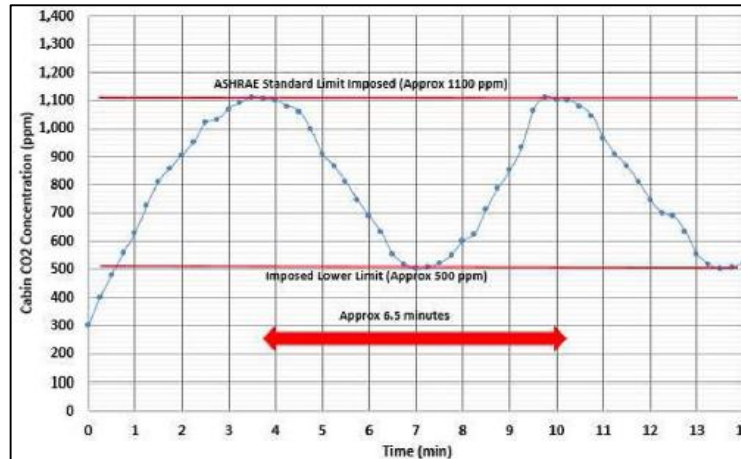


Ilustración 7-2: Concentraciones de CO₂ para 1 ocupante

Fuente: (G. Mathur, 2020, p. 89).

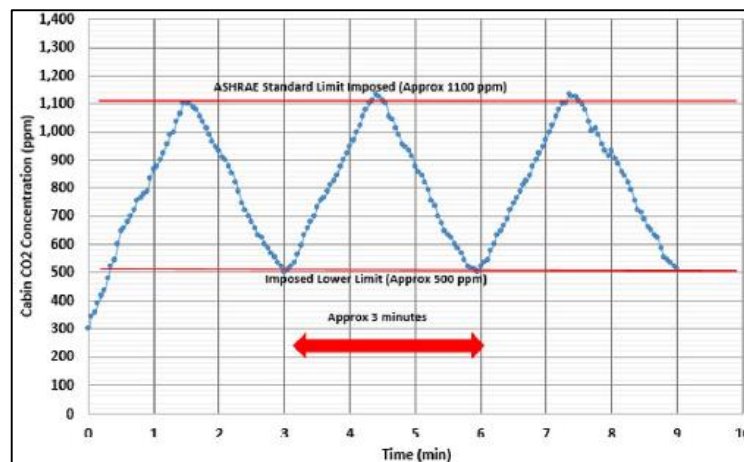


Ilustración 8-2: Concentraciones de CO₂ para 4 ocupantes

Fuente:(G. Mathur, 2020, p. 90).

En la ilustración 9-2, se presenta los datos de 1 y 4 ocupantes, donde existe una diferencia de 2 minutos entre las concentraciones de CO₂ para uno y cuatro ocupantes. Debido al estar mayor número de personas el CO₂ aumentara considerablemente.

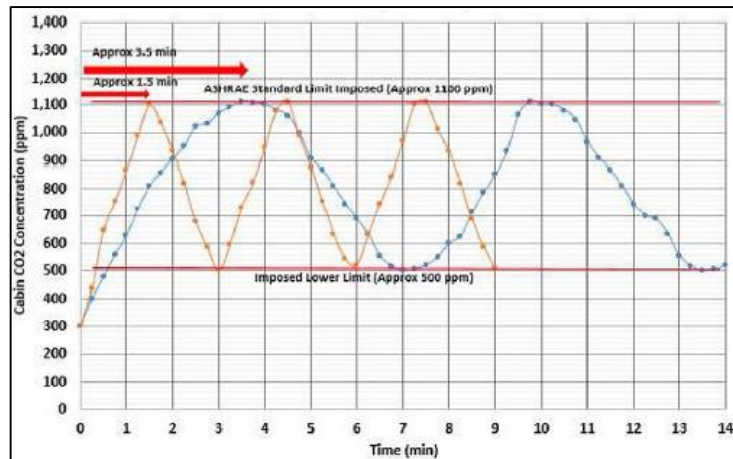


Ilustración 9-2: Concentraciones de CO₂ para 1 y 4 ocupantes a una velocidad de 40Km/h

Fuente: (G. Mathur, 2020, p. 92)

La calidad del aire en el interior de la cabina del vehículo ha sido investigada y plasmada dentro de dicho artículo se propones en medir las concentraciones de CO₂, por medio de un sensor de medición de calidad de aire interno y hardware de adquisición de datos. Esta adquisición de datos se lo realizo en tres tipos de vehículos, ocupando un máximo dos pasajeros. (Preethichandra et al., 2020)

- (a) Toyota Corolla (gasolina)
- (b) Toyota Kluger (gasolina)
- (c) Toyota RAV4 (híbrido)

Para el experimento se tomaron en cuenta varios factores como temperatura en la cabina, actividad metabólica y otros factores que influyen directamente a las concentraciones de CO₂, por lo tanto, estos experimentos decidieron establecer estos factores a niveles constante.

Para la realización de las pruebas y la adquisición de los datos ocuparon el método de abrir por completo las ventanas y puertas ya que con eso se asegurarán de que entre aire fresco en la cabina durante un periodo razonable. Posteriormente subir a los pasajeros cerrando las ventanas antes de iniciar las pruebas. El circulador de aire se puso en modo de recirculación interior donde no entra aire fresco a la cabina. El ventilador se ajustó a un caudal bajo, con dirección del flujo a cabeza y pie. La temperatura se ajustó a 22 ° C, el sensor se colocó hacia el frente de la guantera en cada vehículo.

Como se esperaba encontrar dentro de las concentraciones el tamaño de la cabina cumple un papel fundamental ya que se evidencia en la ilustración 10-2, el Toyota corolla presenta más concentraciones de CO₂ a comparación del Toyota Kluger y RAV4. Las concentraciones de CO₂

para el Toyota corolla empiezan a incrementar en un tiempo de 3 min legando a medir aproximadamente 1700 ppm, debido a que este presenta una cabina más pequeña que los otros dos vehículos. Mientras que el Toyota Kluger presenta menos cantidad de concentraciones de CO₂ debido a que es el vehículo con más volumen en su cabina, las concentraciones para este vehículo llegaron a un rango máximo de 1700 ppm

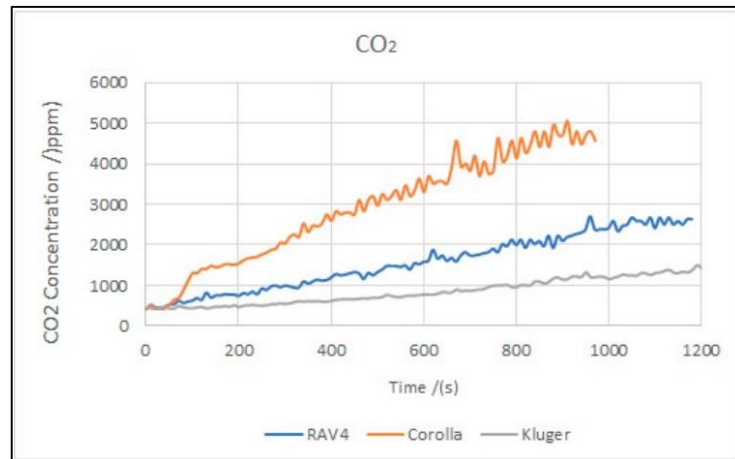


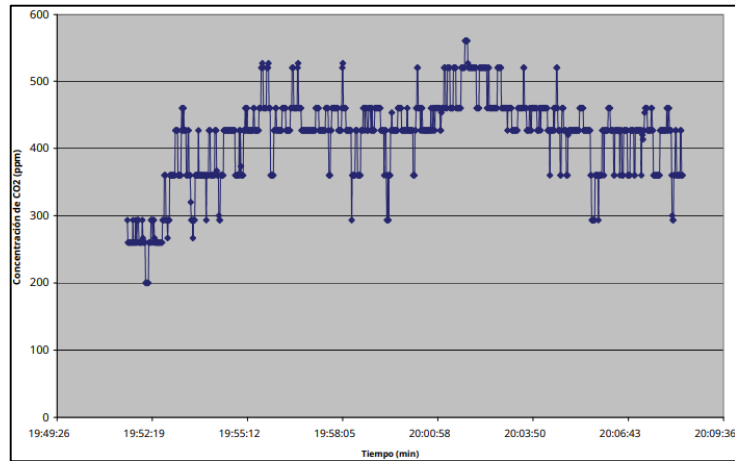
Ilustración 10-2: Concentraciones de CO₂ en diferentes vehículos con 2 ocupantes

Fuente: (Preethichandra et al., 2020)

Según el estudio realizado por Mathur, G., 2009, con un vehículo del año 2003 con el climatizador automotriz en modo OSA, variando en número de ocupantes de 1 a 4 en un tráfico urbano de la ciudad Metropolitana de Detroit-EEUU, en temporada de invierno.

Por lo general, en temporada de invierno se enciende el climatizador en modo OSA, lo que conlleva a que ingrese los gases de escape de los vehículos al interior del habitáculo. Para medir las concentraciones de CO₂, se utilizó un sensor de dióxido de carbono, donde su toma de datos tiene una precisión de +-10 % del valor medio y una frecuencia de 1Hz. Dentro del vehículo se utilizaron 2 sensores: uno sensor se instaló en la puerta de la entrada de la unidad de ventilador para medir las concentraciones de CO₂ al momento de ingresar a la cabina y el segundo en la parte trasera encima de los portaequipajes, para medir las concentraciones de CO₂ en la cabina. Al realizar la prueba el vehículo tenía una velocidad de 40 mph y 45mph, a una temperatura ambiente de -12 a -8°C y con un tiempo de aproximado de 18- 20minutos. Como se muestra en la ilustración 11-2, para (a) las concentraciones de CO₂ para un ocupante alcanza un valor superior de 550 ppm, posterior a ello en la ilustración (b) se realiza con 2 ocupantes alcanzó unas concentraciones de 750 ppm.

a.- Concentraciones de CO₂ para 1 ocupante



b.- Concentraciones de CO₂ para 2 ocupante

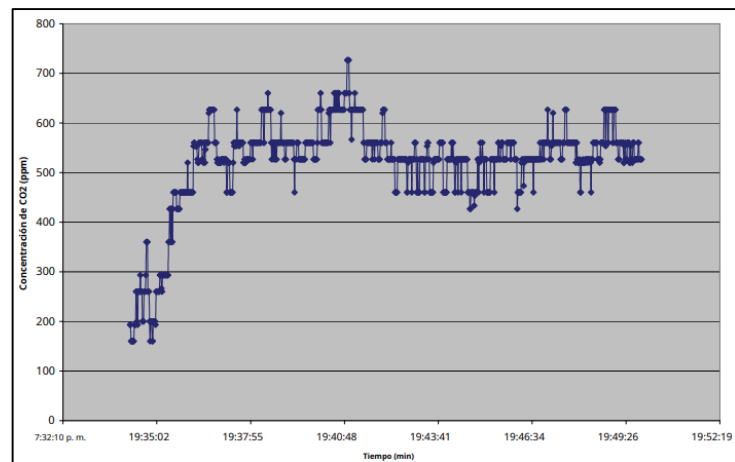


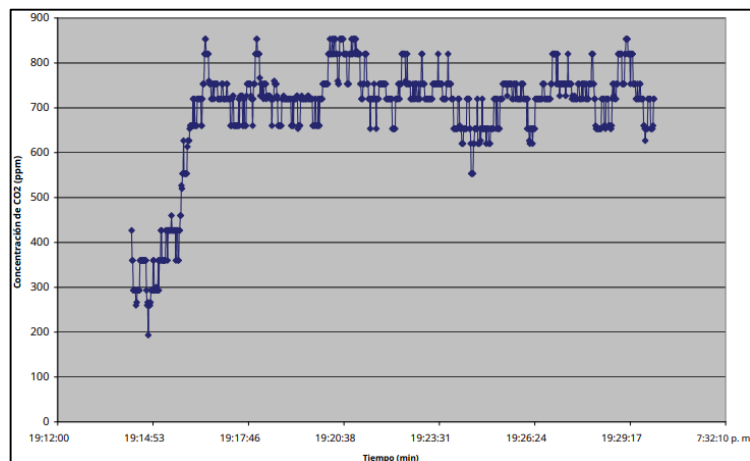
Ilustración 11-2: Concentraciones de CO₂ con 1 (a) y 2 (b) ocupantes en tráfico urbano

Fuente: (Mathur, G., 2009).

En la ilustración 12-2, en (a) se incrementa a 3 ocupantes dando un valor de 850 ppm, lo que significa que, con uno, dos y tres ocupantes no supera la normativa ASHRAE 62, mientras que en la ilustración (b) las concentraciones de CO₂ aumenta al momento de ir reduciendo la velocidad del vehículo, con un valor máximo de 1700 ppm.

El tiempo de exposición en estas pruebas no son suficientes para afectar de forma negativa a la salud de las personas, lo que si ocurre es que la frecuencia respiratoria aumenta con el paso del tiempo durante una exposición prolongada.

a.-Concentraciones de CO₂ para 3 ocupante



b.- Concentraciones de CO₂ para 4 ocupante

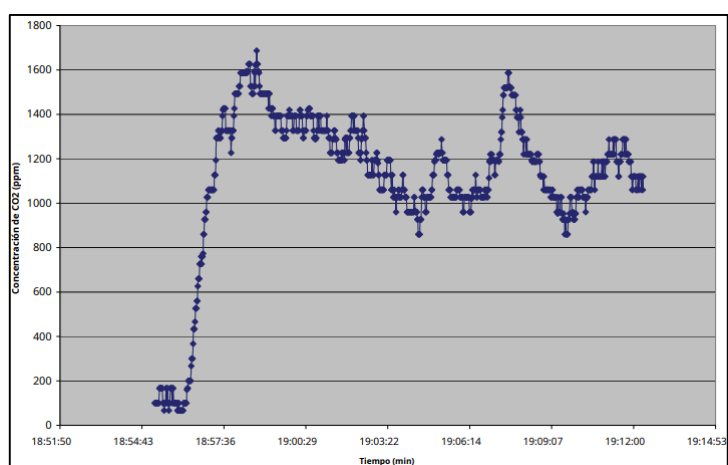


Ilustración 12-2: Concentraciones de CO₂ con 3 (a) y 4 (b) ocupante en tráfico urbano

Fuente: (Mathur, G., 2009)

De igual forma se realizó, las pruebas en una autopista con 4 ocupantes, como se muestra en la ilustración 13-2, el vehículo tenía una velocidad promedio de 65 a 70mph, la temperatura ambiente exterior es de -3°C, donde las concentraciones de CO₂, alcanzaron un máximo de 950 ppm. Por lo que se puede interpretar en un tráfico urbano existe una mayor concentración de CO₂, que en una autopista.

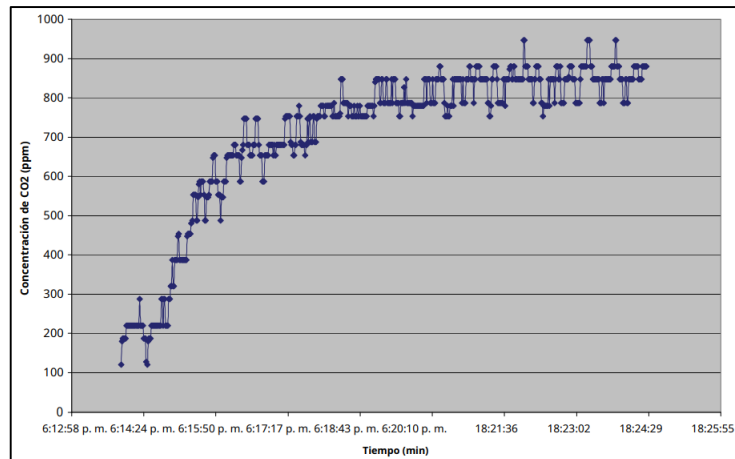


Ilustración 13-2: Concentraciones de CO₂ con 4 ocupantes en Autopista

Fuente: (Mathur, G., 2009, p. 90).

2.2.4. *Modos de operación del climatizador automotriz*

Los automóviles se han convertido en una parte integral de la vida diaria de los hogares, no solo en los países desarrollados sino también en los países en desarrollo. Debido a que los conductores requieren de un ambiente confortable, se ve la necesidad de incluir el climatizador como un sistema primordial para disminuir el cansancio y la fatiga durante largos periodos de viajes. Según afirma Dirks et al., 2018, cambiar la configuración de ventilación del automóvil influirá de forma positiva en el comportamiento del conductor y sus acompañantes.

Según Chan & Chung, 2003, en Hong Kong se encontró que el aire acondicionado operando en modo de recirculación es más efectivo para minimizar la exposición al CO y de igual manera, las concentraciones disminuyeron significativamente en la cabina. De lo contrario, según afirma (Abi Esber et al., 2007, p. 112), al momento de tener las ventanas cerradas y en modo recirculación las concentraciones se elevan 3 veces más que cuando las ventanas se encuentran totalmente abiertas y de igual forma, al activar el modo renovación con las ventanas cerradas existe 1.5 veces más concentración de CO.

La investigación Luangprasert et al., 2017, p. 78, muestra en la tabla 5-2, se detallan múltiples pruebas: con el sistema de aire acondicionado encendido y la recirculación en modo REC u OSA, donde la velocidad del ventilador del climatizador se ajusta en 2. De igual forma en la ilustración 14-2, se puede observar el comportamiento de las concentraciones diferentes modos del sistema de climatización automotriz.

Tabla 5-2: Etapas del sistema de aire acondicionado automotriz

Etapas	Tiempo de duración (segundos)	Sistema de climatización	Observaciones
1	0-1885	REC-Aire acondicionado	El sensor alcanzó el límite máximo de 10.000 ppm
2	2250-2785	OSA-Aire acondicionado	Se cambio la configuración a modo OSA, donde la concentración de CO ₂ disminuyo.
3	2790-3670	REC-Aire acondicionado	Se vario al modo REC, de igual manera las concentraciones de CO ₂ aumentaron.
4	3675-4180	OSA-Aire acondicionado	Las concentraciones volvieron a disminuir.
5	4240-6775	REC-Aire acondicionado	Los ocupantes salieron del vehículo, de igual manera aumento del CO ₂ .
6	7550-38185	Apagado-climatización	Vehículo apagado, disminución abrupta del CO ₂ .

Fuente: (Luangprasert et al., 2017).

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

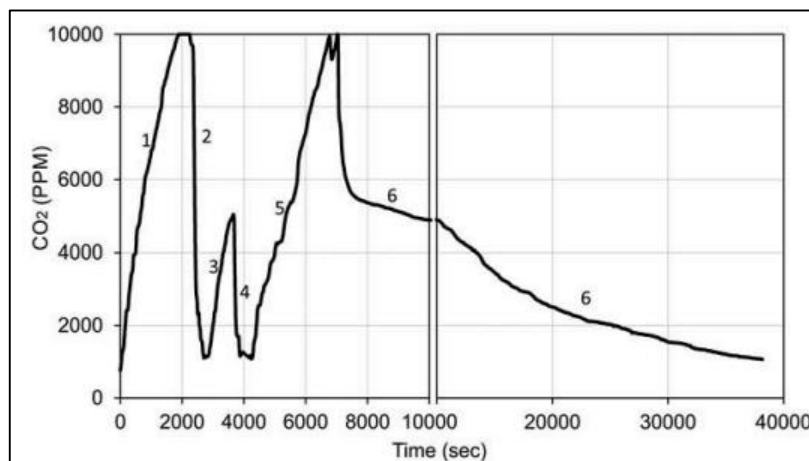


Ilustración 14-2: Etapas con los diferentes sistemas de climatización de aire acondicionado automotriz

Fuente: (Luangprasert et al., 2017).

El estudio realizado por (Chan & Chung, 2003), determinó la concentración de CO dentro del interior del habitáculo y en el exterior durante una prueba dinámica. Se realizó en la isla de Hong Kong, su trayecto fue desde El Oeste de la isla hasta El Este para las pruebas del vehículo. Se encontró bajo 3 condiciones de operaciones de ventilación: Aire acondicionado con recirculación de aire, aire acondicionado con entrada de aire fresco y una ventilación natural” ventanas totalmente abiertas”.

En la ilustración 15-2, se podrá observar que las concentraciones de CO se incrementan de nivel en su interior, después de 12 minutos de haber comenzado las pruebas dinámicas, bajo la primera condición de medición. El CO mostró un alto incremento ya que es más propenso a penetrar el interior de la cabina, debido al incremento del tráfico durante ese lapso.

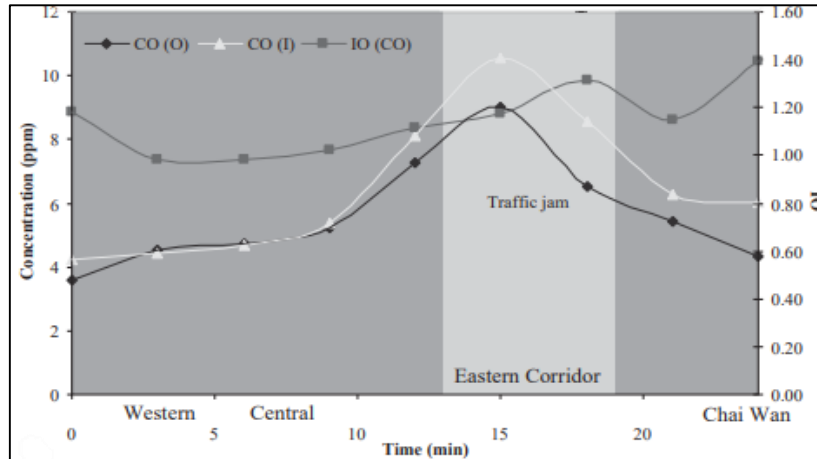


Ilustración 15-2: Concentración de CO en modo recirculación

Fuente: (Chan & Chung, 2003, p. 89).

Luego en la ilustración 16-2, las pruebas lo realizaron en la misma ruta con el sistema de aire acondicionado encendido, pero funcionando en modo de aire fresco. Ya que esto permitirá que ingrese aire exterior hacia el interior de la cabina. De tal forma, que se mostraron una similitud entre las concentraciones del interior como del exterior de la cabina a diferencia de las concentraciones anteriores en esta prueba los resultados fueron menores de entre 1 a 2.5 ppm.

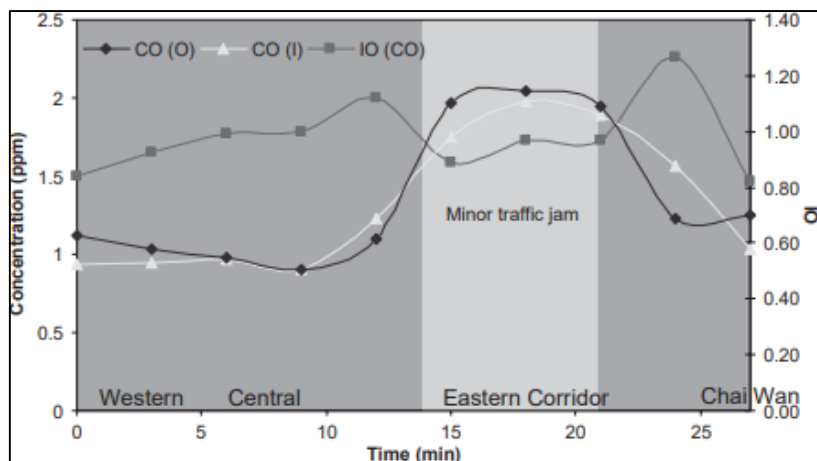


Ilustración 16-2: Concentración de CO en modo recirculación en modo aire fresco

Fuente: (Chan & Chung, 2003).

Mientras que en la ilustración 17-2, se podrá observar que se realizó el mismo viaje, pero con la diferencia que las ventanas se encontraban totalmente abiertas, Sin el accionamiento del aire acondicionado. De tal forma, que los niveles se elevaron considerablemente desde el inicio de la prueba. Cabe recalcar que en esta prueba el tráfico fue relativamente fluido, es decir no se experimentó congestiones vehiculares.

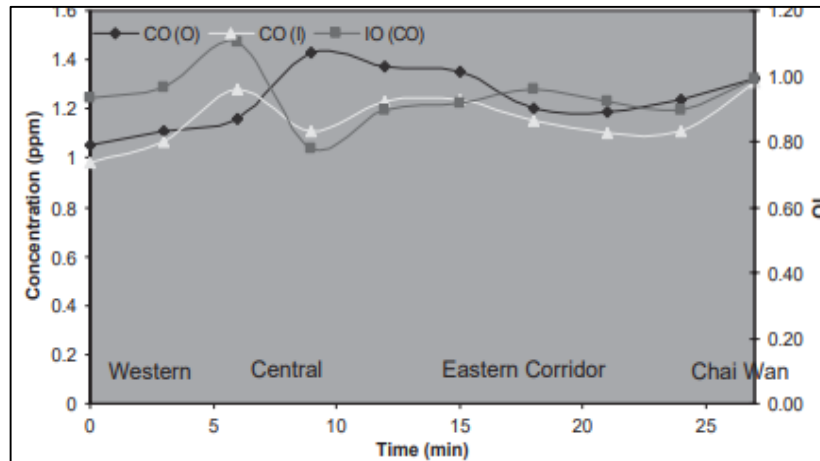


Ilustración 17-2: Concentraciones de CO con las ventanas totalmente abiertas

Fuente: (Chan & Chung, 2003).

Para los modos de operación utilizados dentro de la investigación de Lawrence. D, 2017, resaltaron que las pruebas lo realizaron en tres vehículos diferentes sedan, hatchback y SUV colocando el instrumento a un ángulo de 56.6° y el ángulo de elevación de 189.56° con dirección al sol. Antes de la toma de resultados procedieron a ventilar el vehículo con las puertas y ventanas totalmente abiertas para evitar así contaminantes externos. Dichas mediciones lo realizaron durante un periodo de 20 min, con los 4 modos de operación:

- Window Open (WO) → Ventana abierta
- Window Half Open (WHO) → Ventana media abierta
- Window Close (WC) → Ventana cerrada
- Air Conditioning with Window Close (ACWC) → Aire acondicionado con ventana cerrada

Las concentraciones que se presentan entre SUV y “sedan, hatchback”, está relacionado a la diferencia de espacio de habitáculo y las concentraciones de CO_2 . Esto ocurre en un tiempo determinado de:

- SUV → 7 min de 1145 ppm,
- Sedán → 6 min de 1054 ppm
- Hatchback → 4 min de 1134 ppm.

Por lo tanto, las concentraciones para los vehículos hatchback tendrás un rápido incremento de las emisiones de CO₂, porque su espacio interno es más compacto en comparación con los otros dos vehículos. Se menciona también que la mejor opción de utilización del climatizador para disminuir las concentraciones y llegar al confort térmico es cuando se ocupa el modo de aire acondicionado con las ventanas totalmente cerradas.

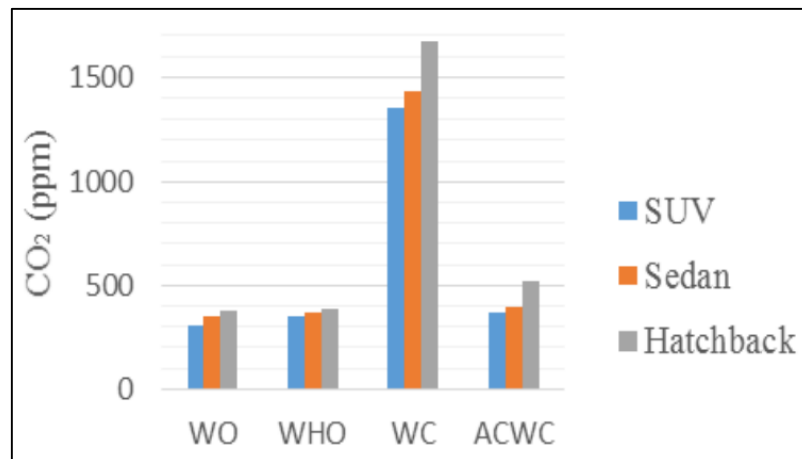


Ilustración 18-2: Concentraciones de CO₂ en diferentes vehículos

Fuente: (Lawrence. D, 2017, p. 89).

El estudio realizado por Harik et al., 2017, conlleva a una prueba de ruta utilizando 3 vehículos ligeros a gasolina (Peugeot 206, Peugeot 307 y un Hyundai Verna), al momento de realizar la prueba se mantuvo que la carretera este con un flujo libre o sin congestión vehicular, a una velocidad de 40, 60 y 80 Km/h. Además, se extrajo el filtro de aire acondicionado, estas pruebas se realizaron con tres modos de operación de ventilación:

- Ventana del conductor entreabierta, A/C apagado y ventilación cerrada (W1/2)
- Ventanas cerradas, A/C en aire fresco y con ajuste del ventilador en la mitad (AC FA)
- Ventanas cerradas, A/C en recirculación con ajuste del ventilador en la mitad (AC Rec)

Las rutas seleccionadas fueron tres: (a) en una zona residencial de 3.5Km a una velocidad de 40Km/h con una duración máxima de 20 a 24,7 minutos y con una pendiente de 2,8%, (b) en una zona de poca residencia con una longitud de 9.9Km, a 60km/h con un aproximado de 20 a 21,6 minutos, con una pendiente 2,0% y (c) en una carretera de poco tráfico, con una velocidad de 80Km/h de entre 18 a 20 minutos y con una pendiente de 2,2%.

Posterior a ello, se contaba con 2 ocupantes y dos analizadores de CO₂: una para monitorear las concentraciones de CO₂ en el interior de la cabina y el otro en la parte exterior del vehículo. Las concentraciones dentro y fuera del vehículo registradas en los vehículos de prueba bajo varios

modos de ventilación se muestra en tabla 6-2, además en la ilustración 19-2, nos muestra las pruebas competas, por tipo de ruta, vehículo, velocidad del vehículo y modo de ventilación.

Tabla 6-2: Concentraciones promedios de CO en el interior y exterior del vehículo

Vehículo- modo de ventilación	Concentraciones en el interior de la cabina			Concentraciones en el exterior del vehículo		
	Min	Max	Media	Min	Max	Media
P307-W1/2	1.19	17.24	2.99	1.20	10.40	2.95
P307-AC FA	1.43	8.03	2.72	1.20	10.90	2.37
P307-AC Rec	1.92	11.14	4.16	1.10	49.80	4.68
P206-W1/2	1.19	8.33	2.90	1.70	12.90	3.39
P206-AC FA	2.47	7.78	4.04	1.60	43.00	4.52
P206-AC Rec	1.13	7.48	2.08	1.50	11.00	2.52
HV-W1/2	1.01	7.66	2.39	1.00	9.10	2.63
HV-AC FA	1.00	5.22	1.84	1.00	8.30	2.13
HV-AC Rec	1.13	3.94	2.08	1.00	15.10	2.44

Fuente: (Harik et al., 2017).

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

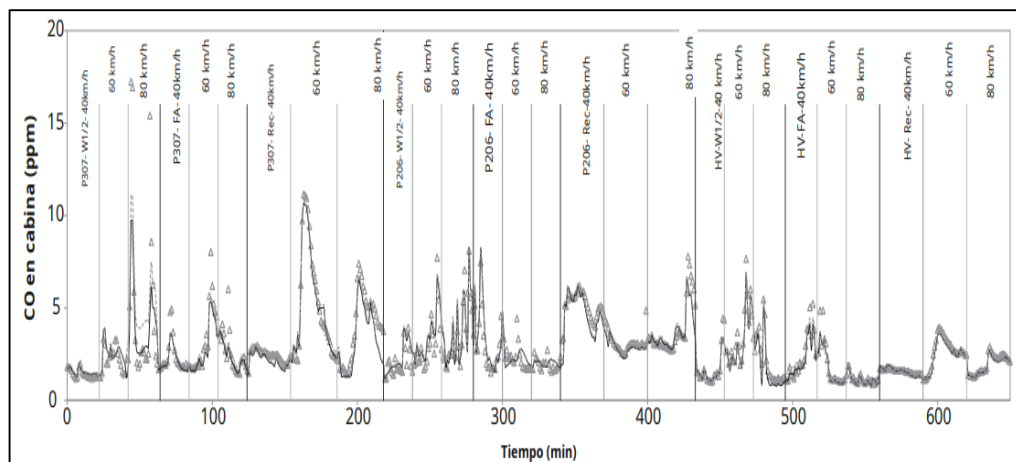


Ilustración 19-2: Concentraciones de CO con los diferentes modos de ventilación y variando la velocidad del vehículo

Fuente: (Harik et al., 2017).

Según Dirks et al., 2018, la exposición del monóxido de carbono en el interior del vehículo es debido a la penetración ocasionada por otros vehículos debido a la proximidad de la fuente y el receptor y de la naturaleza porosa de la envoltura del vehículo. El pequeño microambiente dentro del vehículo permite aumentos rápidos en las concentraciones de contaminantes, junto con la larga

duración de los viajes, esto ocasionara que el viaje de una persona puede contribuir de manera desproporcionada a su exposición diaria a la contaminación del aire.

Dicho estudio se lo realizo en Nueva Zelanda específicamente en la ciudad más grande “Auckland” seleccionaron tres rutas dos de ellas presentaban segmentos que son autopistas, mientras que la tercera ruta contenía segmentos largos de rutas arteriales.

Las pruebas se lo realizo en condicione de verano, utilizando tres tipos de vehículos. Estos eran de marcas y modelos similares con motores a gasolina especialmente que su cilindraje oscile entre 1,3 y 2,5 L., no más de dos años de su fabricación con respecto al año de la toma de datos. La duración de las pruebas contiene un promedio de 30 min. Los vehículos recorrieron la ruta durante la mañana, medio día y tarde. Para las pruebas ocuparon tres modos de ventilación "ventana abierta", "aire nuevo" y "recirculación".

En la ilustración 20-2, se observa las concentraciones tomadas en verano durante los tres periodos los cuales se registró un promedio de 690, 480 y 780 ppm por la mañana, medio día y tarde respectivamente. La desviación más alta se observó para la configuración de recirculación durante la ejecución del mediodía.

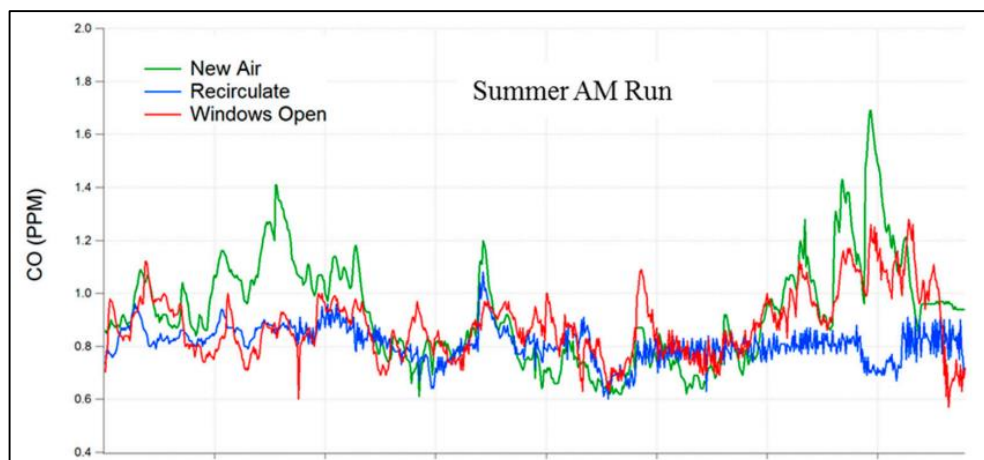


Ilustración 20-2: Comportamiento del CO para la mañana y en verano

Fuente: (Dirks et al., 2018, p. 116).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se describirá metodología y características que se utilizarán para el desarrollo de la investigación, tales como técnicas de investigación, muestra y selección de la ruta, tipo de dispositivo, normativa sobre la calidad del aire. Seguido del procedimiento para la recopilación de datos para cada una de las pruebas a elaborar.

3.1. Enfoque de investigación

El presente trabajo de investigación debido al enfoque planteado tendrá un carácter cuantitativo, ya que se recolectarán datos en tiempo real de las concentraciones del CO y CO₂ en el interior del habitáculo y esto permitirá realizar un análisis estadístico de los parámetros y variables planteadas, lo cual reflejara los niveles de partículas concentradas en el habitáculo del vehículo que afectan al ser humano, por ser inhaladas durante un periodo de tiempo.

El enfoque cuantitativo, al obtener valores procesados de acuerdo con el estudio, permitirá recolectar datos, obtenidas en las pruebas de ruta, de esta forma se podrá aceptar una de las dos hipótesis planteadas, ya se la hipótesis afirmativa o la hipótesis nula.

3.2. Nivel de investigación

El presente proyecto de investigación en base a los resultados esperados se utilizó, los siguientes niveles de investigación.

- **Correlacional**

Se evaluará la influencia de las concentraciones de CO y CO₂ en el interior del habitáculo durante pruebas dinámicas, para determinar la variabilidad de los resultados obtenidos entre la variación de operación del climatizador y la influencia de la temperatura al inicio y final de una ruta con poco y alto flujo vehicular.

- **Descriptiva comparativo:**

Este tipo de investigación consiste en recolectar datos de cinco ensayos realizados, esto permitirá evaluar el mayor número de concentraciones de CO y CO₂ en los diferentes tipos flujos vehiculares, tomando en cuenta que no se puede controlar la variable temperatura ambiental que se considera natural.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. *Según la manipulación o no de la variable independiente (no experimental, casi experimental, experimental)*

- **Diseño experimental**

Durante esta investigación se medirán las concentraciones de CO y CO₂ en el interior del habitáculo de un vehículo en pruebas de ruta, con diferentes variables y modos de operación del climatizador, para establecer cuantas partículas por millón se localizan en la cabina vehicular y que efectos se presentan en el conductor y acompañantes al estar durante un lapso de tiempo inhalando dichas concentraciones.

Las variables de estudio que se presenta en esta investigación se muestran en la ilustración 1-3, donde se estructura el tipo de metodología que se empleará, este tipo de esquema es un ciclo cerrado, ya que para avanzar a cada fase se tiene que ir cumpliendo con cada parámetro

- En la fase 1 se tiene las normativas sobre la calidad del aire en el interior del habitáculo vehicular.
- En la fase 2 corresponde al método, es decir, al tipo de prueba que se aplicará, a las especificaciones del equipo o instrumento que se utilizará y a la selección de la ruta que se escogerá en relación con las pruebas.
- En la fase 3 corresponde al tipo de evaluación que se pretende aplicar, que corresponde a los de operación del climatizador, tipo de flujo vehicular y el día, para determinar las concentraciones en el interior del habitáculo.
- La fase 4 se establece las condiciones que se deben inspeccionar y/o revisar antes de iniciar las pruebas.
- La fase 5 es el procedimiento para la evaluación de las concentraciones en el interior del vehículo, como una pre-ventilación antes de la prueba, la ubicación del dispositivo y la duración o tiempo de exposición.
- La fase 6 consiste en la obtención de los datos y la tabulación de los resultados mediante un análisis estadístico.
- Y, por último, la fase 7 se hace una evaluación y comparación de los resultados con respecto al tipo de flujo vehicular de cuales van a resaltar las concentraciones de CO y CO₂.

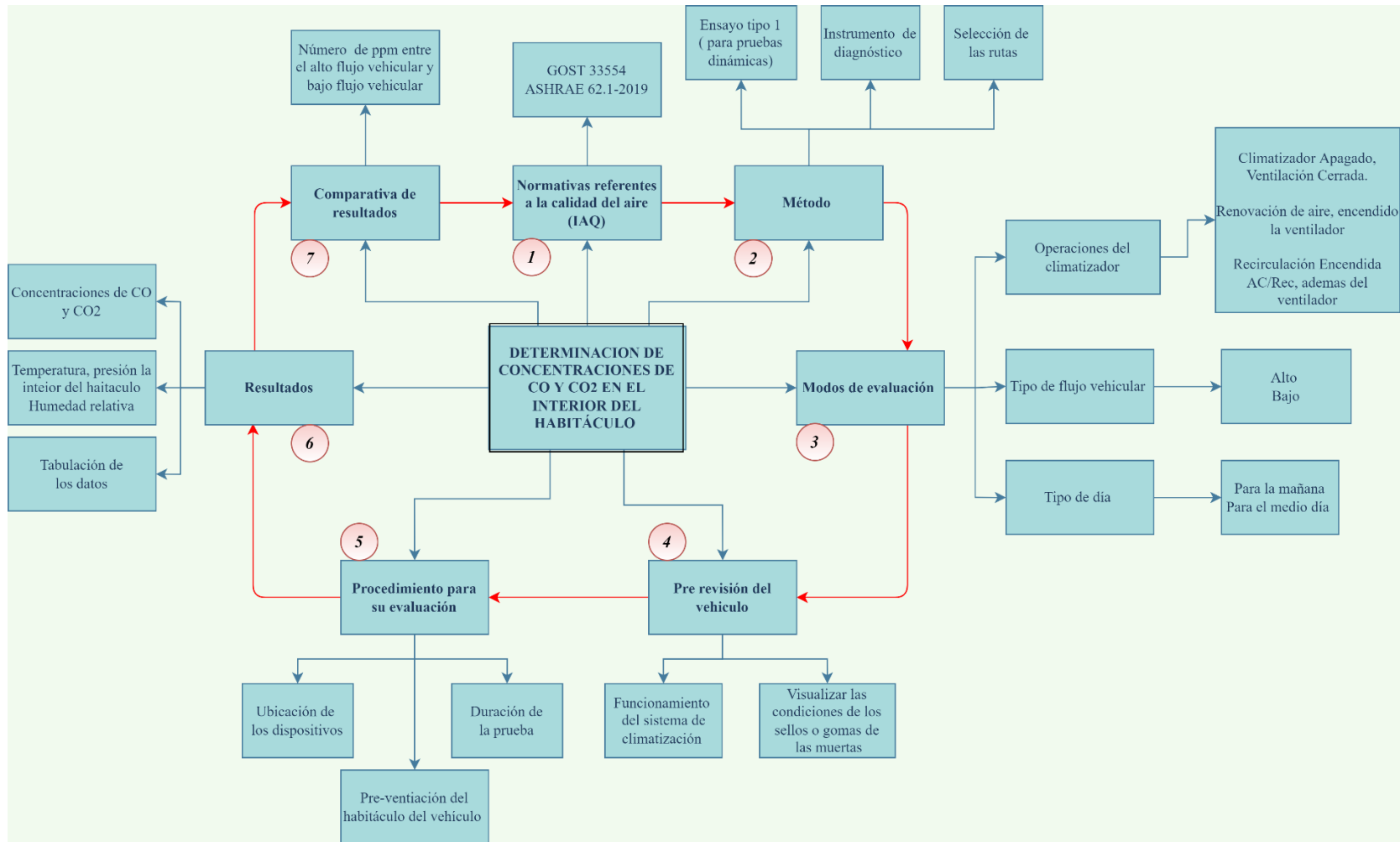


Ilustración 1-3: Esquema metodológico sobre las variables de estudio

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

3.4. Tipo de estudio (documental/de campo)

El presente trabajo de investigación presentara una modalidad de estudio del tipo campo, ya que la recopilación de los datos de las concentraciones de CO y CO₂ se lo realizara dentro del interior del vehículo durante pruebas dinámicas en una vía con poco y alto flujo vehicular, durante un lapso de 30 minutos por cada modo de operación del climatizador. De esta manera, se podrá apreciar los efectos adversos que ocasionará inhalar estas concentraciones nocivas.

Además, fue una investigación documental ya que se aplicó como primera instancia el conocimiento teórico basado en fuentes de investigación, libros, paper, revistas entre otras publicaciones referentes al tema de estudio y así poder utilizar las técnicas que permitan obtener datos y resultados para correlacionar las variables de estudio.

3.5. Población, planificación, tamaño de la muestra y selección de ruta

3.5.1. Población

Según PLAN DE GOBIERNO, 2018, el cantón Rumiñahui de acuerdo al censo de población del año 2010 cuenta con una número de 85.852 habitantes con una extensión de 139 Km². En el área urbana habitan el 87,47% es decir 75.080 habitantes, mientras que 10.772 habitantes del cantón residen en el sector rural con un aproximado del 12,55%. Los límites territoriales para este cantón son los siguientes:

- Norte → distrito metropolitano de Quito, urbanización la Armenia
- Sur → Monte Pasochoa y el cantón Mejía
- Este → Distrito Metropolitano de Quito con las parroquias rurales de Alangasi y Pintag, cuyo limite natural es el río Pita
- Oeste → Distrito Metropolitano de Quito, Río San Pedro de Cuendina con las Parroquias rurales Amaguaña y Conocoto
- Noroeste → San Pedro del Tingo

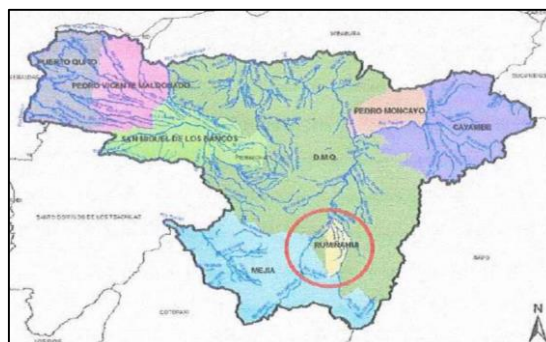


Ilustración 2-3: Esquema geográfico del Cantón Rumiñahui

Fuente: (PLAN DE GOBIERNO, 2018.)

Para este estudio se consideró como punto estratégico dicho cantón, ya que el Distrito Metropolitano de Quito al ser la segunda ciudad más poblada (sobrepoblación) después de Guayaquil, los habitantes desean radicar en este sector porque no cuentan con un espacio para construir su domicilio, por ello se desplazan hacia el Cantón Rumiñahui.

Para la conexión de estos dos cantones, existe el sector el “Triangulo” donde el flujo vehicular es extremadamente alto, tanto para la mañana, medio día y noche. Mientras que, al oeste, los habitantes del cantón Rumiñahui tienen una sola conexión que se dirige hacia el Cantón Mejía o el sector de Tambillo, el cual permite la conexión con diferentes regiones del país, costa o sierra-sur.

3.5.2. Planificación

De acuerdo con el crecimiento del parque automotor según AEADE, 2022, existe alrededor de 46.000 unidades vendidas de vehículos tipo SUV durante el año 2021. Esto es debido a que las personas de entre 18 a 35 años, buscan el SUV más vendido dentro de esta categoría, ya que esta marca es la segunda más buscada a nivel nacional.

Esto es debido a que los vehículos SUV se encuentran distribuidos de tal forma que brinda:

- Altura con respecto al suelo → mayor visibilidad lo que permitirá atravesar obstáculos con mayor facilidad
- Espacio interno → Buena habitabilidad y comodidad

Según (Vera, 2020) el espacio interior del SUV es superior, por norma general, al espacio interior de un turismo normal. Esto significa que existe mejor habitabilidad para los ocupantes, e incluso son vehículos que ofrecen siete plazas, ideales para una familia de tamaño mediano / grande.

3.5.3. Muestra

Para la muestra de nuestro estudio no se consideró una ecuación, ni un gran número de vehículos, ya que se tuvo la disponibilidad de utilizar cinco vehículos SUV, esto es debido a la factibilidad familiar y círculo social, de contar con el mismo tipo de vehículo, esto nos permitirá realizar las pruebas dinámicas con los mismos modelos y así poder realizar el análisis de los diferentes resultados que se encontraran con respecto a las concentraciones de CO y CO₂.

3.5.4. Selección de ruta

3.5.4.1. Bajo flujo vehicular

De acuerdo con las consideraciones planteadas dentro del capítulo de población se determinó la ruta por la cual el vehículo transitará durante los 25 minutos de prueba por cada modo de operación del climatizador automotriz, para el análisis de las concentraciones de CO y CO₂ en el interior del habitáculo. La ruta planteada dentro de esta investigación tendrá una distancia aproximada de 10 Km partiendo desde su punto inicial “taller multimarca Mario Caiza” y llegando hacia su destino final “Plaza de los rituales Amaguaña”. Esta ruta cumple con la distancia requerida en Km, ya que el vehículo tendrá una velocidad de (40±5) Km/h y considerando el tiempo de los ensayos dinámicos.

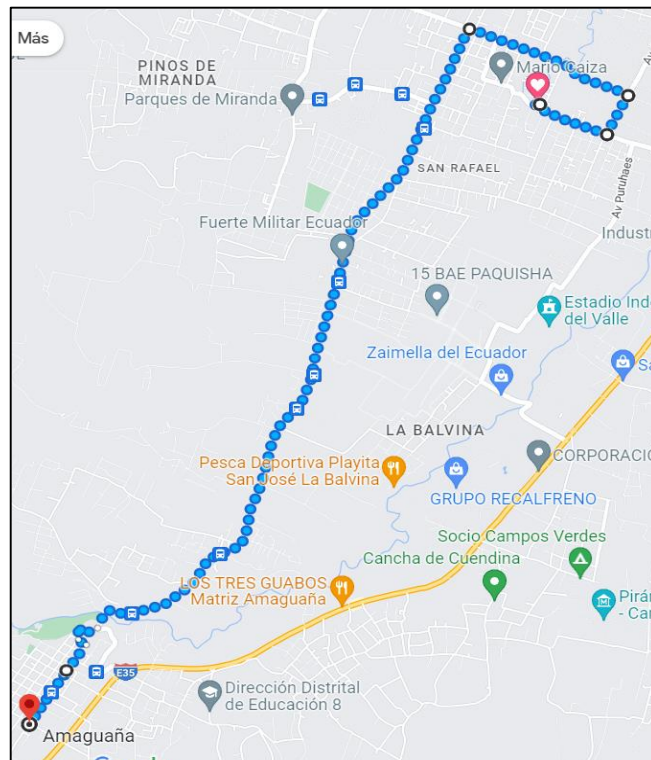


Ilustración 3-3: Ruta con bajo flujo vehicular

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Análisis del flujo vehicular bajo

El volumen máximo de vehículos para la semana en el sector de Amaguaña es de 26683 vehículos mixtos/día según afirma (Bastidas Portilla & Soto Pruna, 2020). Este sector corresponde a nuestra ruta seleccionada para el flujo bajo vehicular, ya que toman en cuenta el número de vehículos que circula durante las 24 horas entre las fechas del jueves 26 de septiembre al miércoles 02 de octubre

del 2019, posterior a ello se realiza el promedio de tránsito vehicular semanal (TPDS), tal y como lo muestra la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Volumen de tránsito promedio diario semanal para flujo bajo vehicular

Sector	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	TPDS
Amaguaña	28135	29580	25093	24464	25451	26113	27942	26683

Fuente: (Bastidas Portilla & Soto Pruna, 2020)

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

3.5.4.2. Alto flujo vehicular

Considerando el tiempo de 25 minutos de prueba por cada modo de operación del climatizador automotriz y la velocidad de (40 ± 5) Km/h, se establece la ruta que tendrá una distancia aproximada de recorrida 8 Km. Esta distancia es considerada por el número de vehículos que transitan y por las intersecciones con los semáforos, que provoca aglomeración, por ende, esta distancia es inferior a la ruta antes mencionada. La ruta tendrá su inicio en “Autoservicios RBS” y culminará en “Redondel de Mega Santa María”.

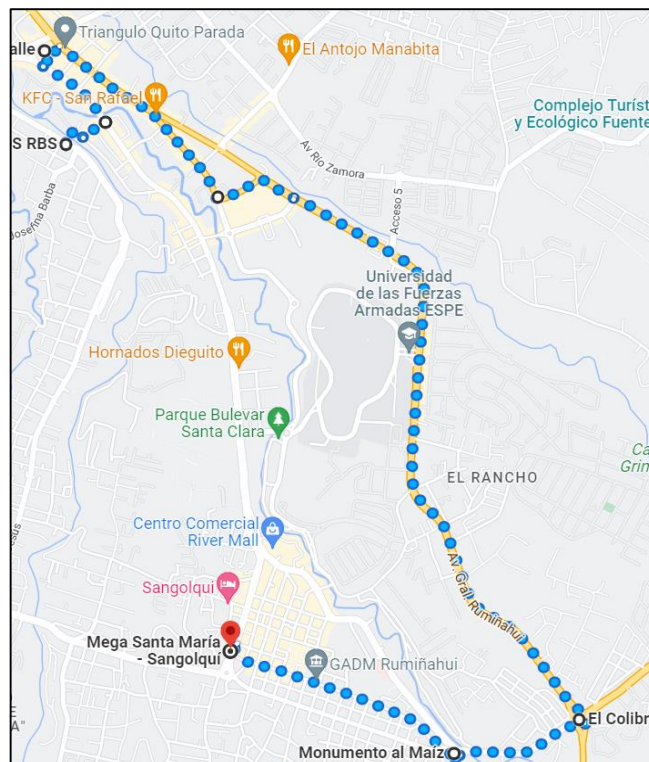


Ilustración 4-3: Ruta de alto flujo vehicular

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Análisis del flujo vehicular alto

En el estudio realizado por Bastidas Portilla & Soto Pruna, 2020 determinan el máximo flujo de tránsito vehicular para el sector del Pollo Gus, la ESPE y el Colibrí-ESPE durante las 24 horas, estos sectores están dentro de nuestra ruta, por ende, se realizará un cálculo promedio del tránsito vehicular que circula durante la semana.

Tabla 2-3: Volumen de tránsito promedio diario semanal para flujo alto vehicular

Sector	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	TPDS
Pollo GUS	49712	47934	45449	44577	45416	45971	45718	46397
ESPE	53997	53135	44755	45284	46235	47389	51133	48847
ESPE- COLIBRÍ	37465	38882	31631	31668	32721	33600	35860	34547
							Total	129790
							Promedio	43263

Fuente: (Bastidas Portilla & Soto Pruna, 2020)

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En la tabla 2-3, muestra el volumen de tránsito promedio semanal (TPDS) para los tres sectores durante el jueves 26 de septiembre al miércoles 02 de octubre del 2019, posterior a ello se calcula el TPS para cada sector y al finalizar se calcula al promedio de los tres sectores, debido a que se pretende calcular el número de vehículos que circulan por toda la ruta, en este caso es de 43236 vehículos mixtos/día.

3.5.4.3. Temperaturas ambientes promedios del cantón Rumiñahui

El clima en Sangolquileño es cálido y templado, un cantón con diversas precipitaciones significativas. Lo que permitirá registrar un promedio durante el mes de mayo se registra temperaturas de 10.7 °C a 18.4°C. Mientras que para el mes de julio se registró temperaturas de 10.3°C a 18.6°C. (es.climate-data.org, 2022)

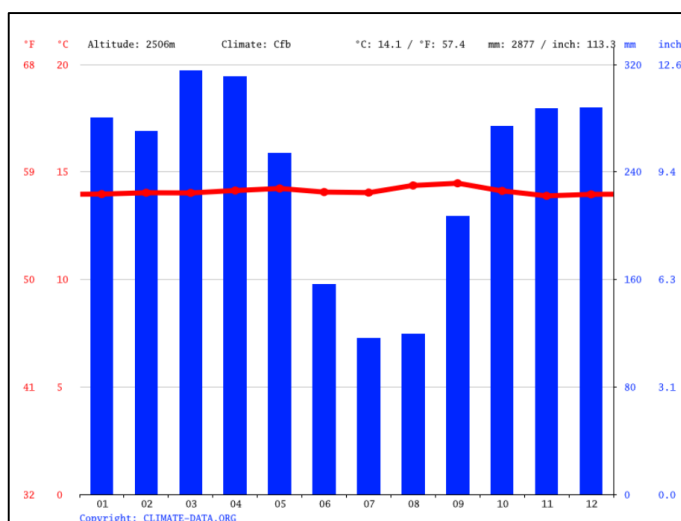


Ilustración 5-3: Climograma Sangolquí

Realizado por: (es.climate-data.org, 2022).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	14	14	14	14.1	14.2	14.1	14	14.4	14.5	14.1	13.9	14
Temperatura mín. (°C)	10.8	10.9	10.8	10.7	10.7	10.3	10	9.8	9.9	10.4	10.6	10.8
Temperatura máx. (°C)	18	17.9	18	18.2	18.4	18.6	18.8	19.6	19.5	18.6	18	18
Precipitación (mm)	280	270	315	311	254	156	116	119	207	274	287	288
Humedad(%)	83%	84%	84%	84%	82%	77%	74%	71%	73%	80%	84%	84%
Días lluviosos (días)	21	20	21	21	21	19	19	20	21	21	20	21
Horas de sol (horas)	5.8	5.6	6.0	6.4	6.7	7.4	7.9	8.3	7.9	6.8	5.9	5.9

Ilustración 6-3: Tabla climático Sangolquí

Realizado por:(es.climate-data.org, 2022).

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.6.1. Métodos

3.6.1.1. Normativa Interestatal Rusa GOST 33554-2015

La Normativa Interestatal Rusa GOST 33554-2015, fue desarrollada por la Empresa Unitaria del Estado Federal “Instituto Central de Investigaciones Científicas para el Transporte Automotor y Automotor” NAMI (FGUP “NAMI”), y se implementó por el Comité Técnico Interestatal de Normalización MTK 56 "Transporte por Carretera". Fue adoptada por el Consejo Interestatal de Normalización, Metrología y Certificación, mediante el Acta N° 81P del 27 de octubre de 2015, pero entro en vigor el 1 de abril de 2017 como norma estándar de la Federación Rusa.

La Normativa Interestatal Rusa GOST 33554-2015, consiste en el procedimiento, evaluación y medición de las concentraciones de gases contaminantes del aire en el interior de vehículo para las siguientes categorías vehiculares, tales como M, N.L₆ y L₇, el cual corresponde a vehículos de combustión interna de carga liviana con una velocidad mayor de 25km/h.

De acuerdo con GOST 33554, 2015, se estableció los límites máximos permitidos de las siguientes concentraciones, mediante el tipo de motor probado y los gases contaminantes, tabla 4-3, los cuales se encuentran en el interior de la cabina.

Tabla 4-3: Valores máximos permitidos según el tipo de contaminante

Contaminantes normalizados	mg/m ³	Tipos de motores probados
Formaldehido CH ₂ O	0.05	3,4,5
Dióxido de nitrógeno NO ₂	0.2	1,2,3,4,5
Óxido de nitrógeno NO	0.4	1,2,3,4,5
Monóxido de carbono CO	5.0	1,2,3,4,5
Hidrocarburos saturados		
(C ₂ H ₅ -C ₇ H ₁₆)	50.0	1,2
Metano CH ₄	50.0	3,5
Tipos de motores		
1. motor de encendido positivo que funciona con gasolina;		
2. motor de encendido por chispa que funciona con gas licuado de petróleo (GLP)		
3. motor de encendido por chispa que funciona con gas natural comprimido (GNC)		
4. motores de encendido por compresión (diésel);		
5. motores de encendido por compresión que funcionan con combustible mixto (diesel + GNC)		

Fuente: (GOST 33554, 2015).

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Ensayo dinámico (Prueba en carretera)

Según la Normativa Interestatal Rusa GOST 33554, 2015, existen dos tipos de pruebas para determinar las concentraciones nocivas, el tipo 1 (ensayo dinámico) y el tipo 2(ensayo estático). Para este estudio se tomó como referencia en ensayo dinámico, es decir, para el ensayo se debe tener una velocidad constante y una ruta seleccionada para realizar las pruebas en carretera y poder medir las concentraciones de CO y CO₂ en el interior del habitáculo vehicular.

El ensayo dinámico tendrá los siguientes aspectos a considerar para realizar las pruebas:

- Se llevará a cabo en condiciones de carretera, deberán ser pavimentadas con pendientes que no sean superiores al 6% de inclinación.
- Los vehículos seleccionados deben pertenecer a la categoría M y N de la clasificación vehicular.
- Para las pruebas el vehículo debe estar parcialmente cargado, es decir, que en el interior deben estar presente: conductor, operador/acompañante e instrumento de medida.

- El vehículo tendrá que estar reposando no menos de 6 horas antes de iniciar las pruebas.
- Antes de la prueba, se apaga el motor del vehículo, se abren las ventanillas, puertas y escotillas y se ventila la cabina del conductor/compartimento de pasajeros durante 1 a 5 minutos.
- Al iniciar la prueba, el vehículo se pone en marcha, se estabiliza y se conduce continuamente con una velocidad controlada en una ruta acordada, calentando el motor y otros agregados del vehículo, así como igualando la temperatura de todos los líquidos refrigerantes y lubricantes y la presión en el sistema de lubricación para (20 ± 5) mín.
- El análisis se realizará durante un período de 20 a 30 minutos durante el cual se tomarán lecturas de instrumentos para cada uno de los contaminantes a determinar.
- La velocidad del vehículo será de (40 ± 5) Km/h

3.6.1.2. ASHRAE standard 62.1-2019

La normativa ANSI/ASHRAE Standard 62.1, 2019, refleja el conocimiento, experiencia e investigación en relación con la ventilación y la calidad del aire, especificando las tasas mínimas de ventilación y otras medidas destinadas a la calidad del aire interior (IAQ), las cuales sean aceptables para las personas y los efectos que puedan producir al estar expuesto a ciertos gases.

ASHRAE Standard-62 desde el año 1999 hasta el 2019, especifica los niveles seguros de dióxido de carbono en espacios acondicionados para humanos, donde los límites de concentración de CO₂ es de 700 ppm sobre las condiciones ambientales de manera continua. Y desde noviembre desde ese mismo año para concentración ambientales promedio global es de 410ppm. Según los estándares ASHRAE, las recomendaciones son 1200-1300 ppm de CO₂, mientras que el máximo es de 8 horas de exposición a 5000 ppm

3.6.1.3. Tratamiento estadístico

Análisis estadístico ANOVA

El método de análisis de varianza conocido como ANOVA, es una herramienta estadística que permite determinar si existe una comparación significativa entre la media de uno o más variables. Como afirma Dagnino, 2014 ANOVA es un conjunto de técnicas estadísticas muy útil y versátil, que consiste en tener más de dos grupos para comparar, cuando las mediciones se repiten más de dos veces, es decir, cuando los sujetos difieren en una o más características que afectan los resultados y se debe modificar su efecto, o cuando se desea analizar simultáneamente la eficacia de dos o más tratamientos diferentes.

La idea básica del ANOVA consiste en descomponer la variabilidad total observada en unos datos en una serie de términos, asociados a los efectos de cada factor estudiado y a sus posibles interacciones más una parte residual, con la que después se compararán datos, es decir, que permite evaluar la afirmación de una de las dos hipótesis planteadas a dicho estudio.

En nuestro estudio, la muestra de datos a considerar son el número de partículas (ppm) de las concentraciones de CO y CO₂ que se midieron en cinco pruebas de ruta, además de la temperatura interior del habitáculo. Considerando evaluar las medias de dichas variables en relación con el tipo de flujo vehicular, variando operaciones del climatizador, tanto en la mañana y al medio día.

Tabla 5-3: Variables a tabular

Tipo de flujo	Operaciones del climatizador	X(Tiempo)	Y(Concentraciones)
Flujo vehicular alto	Climatizador apagado	Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • ppm del CO • ppm del CO₂ • Temperatura interior del habitáculo
	Renovación de aire		
	Recirculación de aire con el A/C encendido		
Flujo vehicular bajo	Climatizador apagado	Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • ppm del CO • ppm del CO₂ • Temperatura interior del habitáculo
	Renovación de aire		
	Recirculación de aire con el A/C encendido		

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

3.6.2. Instrumentos de medición

Dentro de la normativa (GOST 33554, 2015) se da a conocer el enfoque a la que está dirigida esta norma, la cuál es medir los niveles de contaminantes de aire en el interior de la cabina del conductor, compartimiento del conductor, compartimiento del pasajero o todo vehículo que posea un motor de combustión interna además de que deberá de contar con un compartimiento interior cerrado y debe alcanzar una velocidad máxima de al menos 25 km/h.

La normativa utilizara y evaluara diferentes condiciones de emisiones nocivas que afecten a la salud humana, cabe mencionar que el enfoque al que se dirige esta titulación es al peligro que se exponen los conductores al inhalar estos gases cuando se encuentran dentro de su vehículo al momento de dirigirse hacia su lugar de destino o viajes prolongados “ensayo dinámico”.

La normativa (GOST 33554, 2015) dentro de sus índices menciona que estas evaluaran diferentes grados de peligrosidad de contaminantes que afectaran a la salud humana como: extremadamente peligrosa, altamente peligrosa (partículas de CH₂O, formaldehído, NO₂, dióxido de nitrógeno), moderadamente peligrosa (partículas de CO, óxido de nitrógeno) y baja peligrosidad (monóxido

de carbono CO, dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos saturados desde metano hasta C₂H₅-C₇H) y el metano (CH₄)

El enfoque al cual está dirigido es conocer la incidencia que tienen los conductores al inhalar, tanto las concentraciones de CO y CO₂ en el interior del vehículo en una prueba de ruta durante un tiempo de 30 min.

Para realizar las mediciones de CO y CO₂ en el interior del vehículo la normativa (GOST 33554, 2015) menciona que las muestras de aire se las deberá de tomar mediante el método de aspiración de medición, es decir, que el instrumento deberá de medir de forma cuantitativa las concentraciones del aire en el compartimiento de pasajeros/cabina del conductor de un vehículo y este instrumento ser calificado o certificado. Las mediciones de las concentraciones de CO y CO₂ se lo realizaran con instrumentos de:

- Espectroscopia fotoacústica infrarroja
- Detección electroquímica
- Cromatografía de gases con detección de fotoionización (PID) después de la reducción catalítica de monóxido de carbono a metano.

Los instrumentos de medición deberán proporcionar los límites superior e inferior de medición de contaminantes en el aire de tipo homologado. La normativa rusa proporciona dentro de la tabla 3-3 los límites los cuales estarán en mg/m³, estos valores deberán de ser tomados en consideración al momento de realizar las pruebas.

Tabla 6-3: Límites superiores e inferiores de las mediciones de los equipos

Nombre del contaminante	Límite inferior de medida, mg/m ³	Límite superior de medida, mg/m ³
Formaldehído	0.015	0.350
Dióxido de nitrógeno	0.02	2.00
Óxido de nitrógeno	0.03	4.00
Monóxido de carbono	1.0	50.0
Hidrocarburos saturados	1.0	500.0

Fuente: (GOST 33554, 2015).

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022

De acuerdo, con las especificaciones mencionada dentro de la normativa rusa, se toma la decisión de adquirir el instrumento de medición de velocidad de aire e IAQ testo 440, este equipo cuenta con una detección electroquímica el cual cuenta con una sonda específica para cada concentración y así se cumple con los requerimientos mencionados dentro de la normativa GOST.

El testo 440 es un instrumento que nos permitirá medir las concentraciones de CO y CO₂, además dicho equipo cuenta con ciertos apartados que evalúa la temperatura, presión y humedad relativa que son parámetros que intervienen dentro del confort en el interior del habitáculo.

El equipo de medición testo 440 es un instrumento portátil el cual cuenta con menús de medición y dos sondas para climatización de este modo nos aseguraremos la adquisición de los datos del climatización y ventilación de forma segura, además que este equipo proporciona el límite superior e inferior de cada concentración.

Dentro de este equipo la primera sonda la que se encarga de medir únicamente las concentraciones de monóxido de carbono CO y sus características de detallan en tabla 8-3, mientras que la segunda sonda será la encargada de medir las concentraciones de dióxido de carbono CO₂, y sus características de detallan en tabla 9-3 dentro de esta interfaz se podrá observar calidad de aire en “ppm”, temperatura “°C”, presión “KPa” y humedad relativa “%” estas variables nos ayudaran a determinar la relación entre las concentraciones y la temperatura, además el testo 440 proporciona una memoria la cual guarda la información de las pruebas para posterior descargar dentro de un ordenador portátil. Certificaciones de evidenciaran dentro del anexo A

Tabla 7-3: Características de medición de sonda CO

Características	Valor
Rango de medición	0 ... 100 ppm (500 ppm1)
Exactitud (a 22 °C, ±1 dígito)	±3 ppm (0 ... 30 ppm) ±5 ppm (30.1 ... 100 ppm) ±10% del v.m. (100.1 ... 500 ppm)
Resolución	0.1 ppm
Temperatura de almacenamiento	-20 ... +50 °C / recomendado: -10 ... +30 °C
Temperatura de servicio	-5 ... +50 °C
Medidas	195 mm x 40 mm x 40 mm
∅ del cabezal de la sonda	30 mm
Directrices, normas y comprobaciones	Directiva CE: 2014/30/UE

Fuente: (GOST 33554, 2015).

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Certificaciones de evidenciaran dentro del anexo B

Tabla 8-3: Características de medición de la sonda CO₂

Características	Valor
Rango de medición	0 ... +50 °C 5 ... 95 %HR 0 ... 10000 ppm CO ₂ 700 ... 1100 hPa
Exactitud (a 22 °C, ±1 dígito)	±0.5 °C ± (50 ppm + 3% del v.m.) (0 ... 5000 ppm) ± (100 ppm + 5% del v.m.) (5001 ... 10000 ppm)

	±3 hPa
Exactitud (a 25 °C, ±1 dígito)	±3.0 %HR (10 %HR ... 35 %HR) ±2.0 %HR (35 %HR ... 65 %HR) ±3.0 %HR (65%HR ... 90 %HR) ±5 %HR (Rango restante) Imprecisión adicional: -Histéresis: ±1 %HR -Estabilidad a largo plazo: ±1 %HR/año
Resolución	0.1 °C 0.1 %HR 1 ppm 0.1 hPa
Coefficiente de temperatura	Tipo (k=1) 0.06 %HR/K (0 ... +50 °C) ± (2 ppm + 0.4 % del v.m.) / K
Temperatura de almacenamiento	-20 °C ... +60 °C
Temperatura de servicio	-5 °C ... +50 °C
Medidas	290 mm x 50 mm x 40 mm
Ø del cabezal de la sonda	21 mm
Directrices, normas y comprobaciones	Directiva CE: 2014/30/UE

Fuente: (GOST 33554, 2015).

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

3.6.3. Técnicas

3.6.3.1. Detalles del vehículo

El primer paso antes de realizar las mediciones es verificar el modelo, año, kilometraje del vehículo. Seguido por una inspección visual, para constatar que no exista fugas de aceite y refrigerante, además, que las ventanas, gomas de puertas y escotillas este completamente cerradas o selladas para evitar entradas de aire al interior del vehículo y puedan ocasionar mediciones erróneas en las pruebas.

3.6.3.2. Variables a considerar del vehículo SUV

Las pruebas se realizaron en 5 vehículos del tipo SUV modelo Kia Sportage, dicho vehículo posee un motor de combustible, capaz de ofrecer 141 CV y un par máximo de 184 Nm, este vehículo es el más buscado por su comodidad y gran amplitud.

Área de habitáculo

El Kia Sportage vehículo SUV es el más vendido y buscado dentro de nuestro país, por la versatilidad de potencia, ergonomía y economía. Este vehículo posee un gran volumen del habitáculo. Según (Km77, 2009). El volumen mínimo con dos filas de asiento es de 392 litros. Mientras que, si reclinamos la fila de los acompañantes dejando una sola fila de asientos, esa capaz de triplicar su volumen teniendo un total de 1.442 litros, es por esta razón que las personas buscan este tipo de vehículo para una familia grande.



Ilustración 7-3: Volumen del habitáculo Kia Sportage

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Vidrios del vehículo

La empresa SAINT-GLOBAIN SEKURIT, se caracteriza por la fabricación de cristales para la industria automotriz, por su experiencia y conocimiento ante el mercado de la construcción de automóviles, además se encarga de fabricar el parabrisa delantero del Kia Sportage.

Este tipo de parabrisas tiene las siguientes características:

- Vidrio laminado: consiste en dos o más láminas de vidrios unidas entre sí por varias capas pasticas, que al momento de romperse se mantienen unidas
- Los parabrisas frontales corresponden a los siguientes parámetros:
 - A. Fabricante del vehículo
 - B. Marca del fabricante del vidrio
 - C. Código de construcción según la norma U.S.A.
 - D. Código de construcción según la norma europea
 - E. País que emite la homologación



Ilustración 8-3: Vidrio frontal

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Para el caso de los vidrios laterales tienen las siguientes características:

- Vidrio templado: Esta elaborado de una sola lamina de vidrio tratada térmicamente, y al momento de romperse esta se desintegra en pequeños fragmentos.
- Estos vidrios laterales contienen los siguientes caracteres:
 - a) Razón social del fabricante o marca comercial
 - b) Tipo vidrio
 - c) Identificación del lote de producción
 - d) Espesor
 - e) Norma técnica de fabricación del producto
 - f) Identificación del mes y año de fabricación



Ilustración 9-3: Vidrios laterales

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En el estado ecuatoriano según NTE INEN 1669, 2011, los vidrios de seguridad laminados y templados deben tener la siguiente característica:

- Los parabrisas laminados y vidrios laterales delanteros una transmisión luminosa menor del 70%.
- Los vidrios laterales posteriores y lunetas en los vehículos dotados con retrovisores externos no deben presentar una transmisión luminosa menor del 14% y los vehículos que solo poseen un espejo retrovisor externo no debe ser menor del 70%, este requisito no es aplicable a los brillos a los vidrios del techo.

3.6.3.3. Condiciones para las pruebas dinámicas

Las cuales se desarrollaron según la normativa GOST 33554, 2015 con las siguientes condiciones meteorológicas:

- Temperatura del aire ambiente de -15 °C a +30 °C
- Humedad relativa del 30% al 90%
- Presión atmosférica de 84 a 108.7 kPa

Para el desarrollo de la prueba se tomaron diferentes factores de estudio tales: modo de operación del climatizador, tipo de flujo vehicular y tipo de día, es decir, en la mañana y al medio día.

De acuerdo con Harik et al., 2017, las condiciones del Climatizador son las siguientes:

1. Climatizador Apagado, Ventilación Cerrada.
2. Recirculación Apagada, Velocidad del ventilador acorde a lo requerido para el confort ambiental, Aire acondicionado o climatizador con entrada de aire fresco (Renovación de Aire).
3. Recirculación Encendida AC/Rec, Velocidad del ventilador acorde a lo requerido para el confort ambiental, Aire Acondicionado Encendido.

Las variables por considerar para las tres operaciones son la temperatura en el interior del habitáculo, el tiempo de muestreo y el número de partículas, además, para las condiciones del climatizador de la operación 2 y 3 se enciende la ventilación en modo 2.

Según la norma GOST 33554, 2015 “el operador utiliza el sistema de calefacción, control de clima (control de temperatura) de acuerdo con las condiciones para garantizar la temperatura del aire en el habitáculo de 18 – 30 °C. Temperatura recomendada (20 ± 1) °C”.

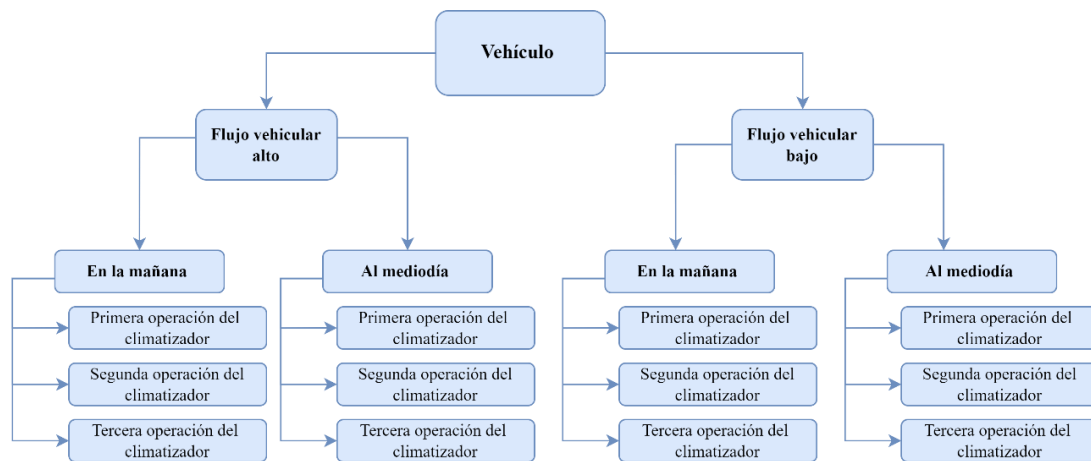


Ilustración 10-3: Secuencia de ensayo para un vehículo

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En la ilustración 10-3, muestra el proceso que se debe desarrollar para la toma de datos de las concentraciones de CO y CO₂, para realizar las mediciones de un flujo alto se evalúa desde aproximadamente las 7:30 am hasta 9:30 am y de 11:00 am hasta las 13:00 pm para las tres condiciones del climatizador, esto es un día, mientras que, al siguiente día, se realiza el mismo proceso, pero en este caso con un flujo bajo. Es decir, que en un vehículo se demora dos días, ya que se hacen 12 pruebas a los mismos horarios, lo que nos lleva a elaborar un total 60 pruebas para 5 vehículos.

Durante ese tiempo establecido se abrirán las ventanillas, puertas, escotillas y se ventila la cabina del conductor/compartimento de pasajeros durante 1 a 5 minutos. Luego se cierran las ventanas, escotillas de ventilación y puertas y se enciende un analizador de gases para realizar un análisis exprés (GOST 33554, 2015). Además, debe contar con el climatizador en correcto funcionamiento, no se deberá de exceder el número de pasajeros, las ventanillas, las puertas, los cuartos de luz, las trampillas de ventilación y la capota debidamente cerrado.

Dicho anteriormente para cada medición se tendrán una duración de 30 minutos incluyendo los 5 minutos máximos entre prueba para equilibrar la temperatura del interior y exterior del vehículo, además de reducir las concentraciones de CO y CO₂.

3.6.3.4. Medición de concentraciones de CO y CO₂ en el interior del habitáculo

Inspección de las condiciones de vehículos SUV

El proceso correspondiente para la realización de las pruebas se deberá de regir acorde a lo establecido en la normativa (GOST 33554, 2015) ya que está dentro de sus apartados mencionan que las ensayo serán de tipo I, mencionados anteriormente. La normativa da énfasis a que se debe de realizar una inspección visual de la carrocería “cabina del conductor”, sellos de lunas, puertas y

componentes del sistema de escape. Además de que el vehículo al cual se le realizara el ensayo no debe de presentar ningún defecto, grietas en vidrios, sellos sueltos entre otros factores que afecten a la alteración de las concentraciones durante los ensayos mencionados.

Inspección de ventanas del vehículo

En la inspección de ventanas se considerará que estos elementos cumplan con la función correcta de subir y bajar ya que esta acción permitirá manipular las ventanas de esta forma cerraremos por completo e iniciaremos con las pruebas, mientras que la operación de bajar las ventanas nos garantizara que exista una mejor ventilación de las concentraciones mencionadas dentro la normativa (GOST 33554, 2015).

Otro método de revisión de las ventanas es de forma visual ya que esta acción nos permita evaluar el estado de las ventanas verificando que estas no presenten ninguna fisura o en el peor de los casos ruptura de vidrio esta acción permitirá que no exista ninguna contaminación del aire externo provocando una alteración de los datos a analizar.

Verificación de cierre en puertas y ventanas

La verificación de cierre en puertas y ventanas se lo realizará mediante una inspección visual, se verificará de manera minuciosa y detallada el estado del caucho en el sistema. Con respecto a las ventanas se realiza una manipulación verificando en especial que la ventana cumpla con el todo el recorrido hasta que se genere un cierre hermético, mientras que con la puerta se verificara que esta no presente aberturas, golpes y fisuras. Estos elementos deberán de encontrarse en un buen estado.

Según la normativa (GOST 33554, 2015) no se admitirán a prueba los vehículos que presenten alguna desviación de las especificaciones técnicas declaradas o defectos de carrocería (cabina de conducción).

Verificación de climatizador automotriz

El adecuado mantenimiento del climatizador automotriz garantizara el correcto funcionamiento de las diferentes funciones por tal motivo se realiza una inspección visual del elemento encargado de generar el movimiento del motor del A/C, este elemento no debe presentar fisuras en todo el trayecto ya que si la correa o banda de accesorios presenta anomalía esto provocará que llegue a romperse, lo cual no sería correcto durante las pruebas. Otra forma de verificar que el sistema se encuentre funcionando es activar las funciones de operación del climatizador corroborando que estas funcionen sin ningún problema ni dificultad.

Preparación del vehículo y equipos antes de las pruebas

Según la normativa GOST 33554, 2015 mencionan que para los ensayos de tipo I, se permite el funcionamiento de vehículos, motores u otro tipo de fuente de contaminación del aire de la zona de prueba. Antes de la prueba se procederá a apagar el motor del vehículo, se abre las ventanillas, puertas y escotillas de la cabina para ventilar la cabina del conductor y compartimiento de pasajeros durante 1 a 5 minutos, una vez transcurrido este tiempo se cierra las ventanas escotillas y puertas.

Para la verificación de los instrumentos de medición se deberá realizar un calentamiento de las sondas, es decir tenerlos expuestos al medio ambiente durante el mismo tiempo de ventilación del vehículo o hasta que los valores que refleje el instrumento testo 440 se estabilicen, se procederá a considerar los valores de temperatura y presión atmosférica para ingresar los datos iniciales.

Para determinar las condiciones óptimas de funcionamiento del vehículo la normativa (GOST 33554, 2015) establece que el motor deberá estar encendido ya que de esta forma que todos los líquidos refrigerantes, lubricantes y la presión en el sistema de lubricación sean los óptimos de funcionamiento, esta prueba se lo deberá de realizar en un periodo aproximadamente entre los (20 \pm 5) minutos.

Proceso para obtención de datos.

Al momento de culminar con la preparación del vehículo, la inspección visual, la verificación de puertas y ventanas, funcionamiento del climatizador automotriz y la calibración de las sondas, se procede a hermetizar el vehículo, es decir, cerrar puertas, ventanas, ventanillas y elegir el tipo de operación del climatizador para empezar la prueba de ruta y poder registrar las concentraciones.

Ubicación de los dispositivos

De acuerdo con la norma (GOST 33554, 2015), las sondas deberán ubicarse en la parte delantera junto conductor, como una distancia entre el volante y las fosas nasales del conductor de unos 50cm, además de que la posición del asiento debe formar un ángulo de 90°, tal y como se muestra en la ilustraciones 11-3 y 12-3.

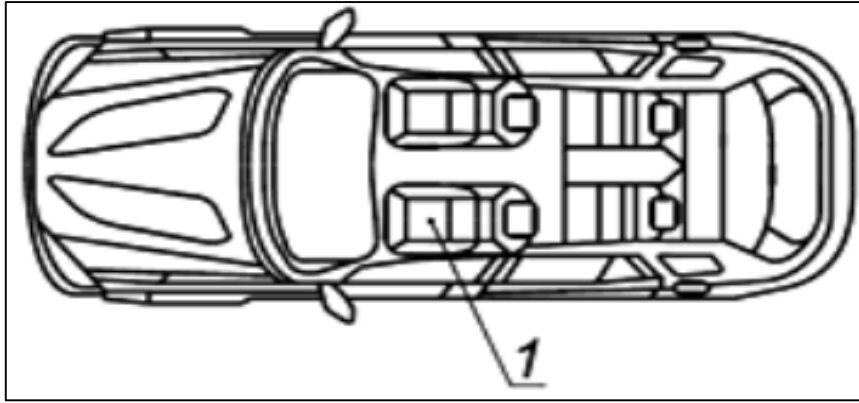


Ilustración 11-3: Colocación del aparato en el punto de muestreo

Fuente: (GOST 33554, 2015).

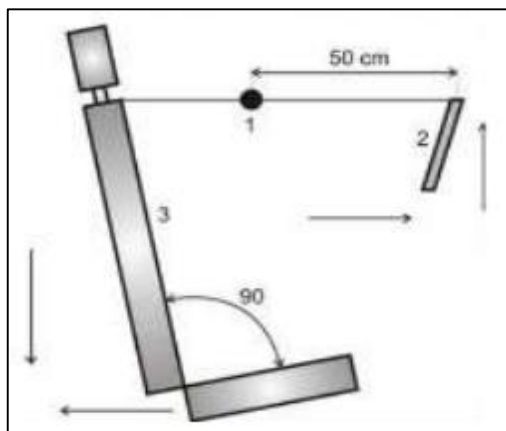


Ilustración 12-3: Diagrama de punto de muestreo

Fuente: (Skrętownicz et al., 2018).

En la ilustración 13-3, se muestra cómo se encuentra instalado las sondas, las cuales tienen un soporte entre las cabeceras del conductor y el acompañante

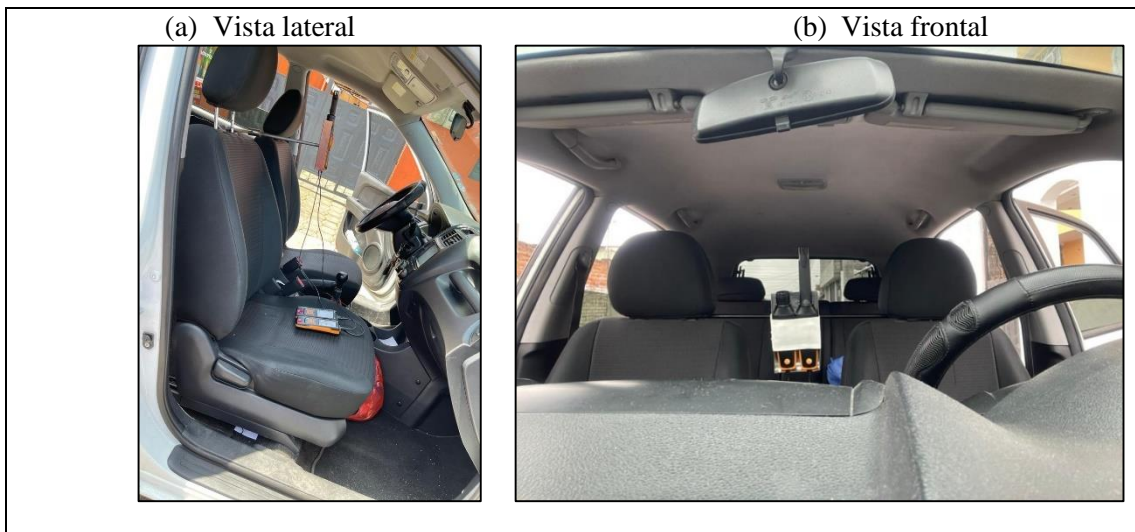


Ilustración 13-3: Ubicación de las sondas en el interior del vehículo

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

vehículos SUV, en este caso se realiza un análisis estadístico de las variables de estudio como lo muestra detallada la tabla 1-4, de los cuales para cada modo de operación se las denomina primer modo operación “a”, segundo modo de operación “b” y tercero modo de operación “c”. Donde se altera las operaciones de la ventilación y el A/C para tres modos de operación, mientras que las ventanas permanecen cerradas en todas las pruebas; cabe mencionar que la duración por cada modo de operación fue de 30 minutos abarcando los 5 minutos respectivos para la ventilación del vehículo, equiparar la temperatura y las concentraciones que se encuentran en el interior del vehículo. Con la ayuda de los instrumentos de medida testo 440 de CO y CO₂, obtendremos concentración en ppm, además de presión, humedad relativa y temperatura del interior del habitáculo.

Los modos de operaciones fueron seleccionados en base a la revisión bibliográfica que se realizó, de los cuales destacaron los siguientes autores (Abi Esber et al., 2007; Barnes et al., 2018; Bierwirth, 2019; Cha, 2019; Chan & Chung, 2003; Dirks et al., 2018b; Gładyszewska-Fiedoruk, 2011; Harik et al., 2017; Luangprasert et al., 2017; G. Mathur, 2020; G. D. Mathur, 2009, 2011b, 2016; Preethichandra et al., 2020; Skreutowicz et al., 2018) cada investigador resalto la utilización de los diferentes modos de ventilación. Por ello, se ha interpretado la utilización de estos modos de ventilación para la realización de este estudio, como se detalla en la tabla 1-4.

Tabla 1-4: Modos de operación del climatizador automotriz.

Modos	Operaciones	Tiempo (minutos)
Primer modo (a)	<ul style="list-style-type: none">• Ventas Cerradas• Ventilación cerrada• A/C apagado	25+5
Segundo modo (b)	<ul style="list-style-type: none">• Ventas Cerradas• Ventilación abierta• A/C apagado en modo renovación de aire	25+5
Tercer modo ©	<ul style="list-style-type: none">• Ventas Cerradas• Ventilación abierta• A/C encendido en modo recirculación	25+5
Total		90

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En base a las variables de nuestro estudio se consideró y de acuerdo con el estudio (Dirks et al., 2018b), que resaltó la medición de las concentraciones durante el tipo día: mañana, medio día y tarde, por ende, en este estudio se estableció a realizar las pruebas en la mañana y medio día. Además, se tomó en cuenta el tipo de tráfico vehicular como lo afirman (G. D. Mathur, 2009, 2011b), esto nos lleva a evaluar que sucede con las concentraciones de CO y CO₂ en las variables, como se muestra en la tabla 2-4.

Tabla 2-4: Variables de estudio

Medición de concentraciones de CO y CO ₂			
Modos	Operaciones	Variables de estudio	Tiempo (minutos)
Primer modo (a)	<ul style="list-style-type: none"> • Ventas Cerradas • Ventilación cerrada • A/C apagado 	Flujo vehicular alto/bajo Mañana/medio día	25+5
Segundo modo (b)	<ul style="list-style-type: none"> • Ventas Cerradas • Ventilación abierta • A/C apagado en modo renovación de aire 		25+5
Tercer modo (c)	<ul style="list-style-type: none"> • Ventas Cerradas • Ventilación abierta • A/C encendido en modo recirculación 		25+5
Total			90

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

4.1. Temperatura del interior del habitáculo respecto al CO y CO₂

En la tabla 3-4, se representa la nomenclatura para las variables de estudio tomando en cuenta concentraciones de CO y CO₂ para cada uno de los vehículos SUV, considerando los tres modos de operación y el tipo de flujo vehicular. El tiempo de los ensayos dinámicos o también denominas pruebas en rutas por operación tiene una duración de 25 minutos más 5 minutos de ventilación de la cabina del vehiculado, lo que dará como resultado 90 minutos por prueba total.

Cabe destacar que las condiciones climatológicas se debían encontrar bajo las mismas consideraciones iniciales en la mañana para todos vehículos en un flujo vehicular alto y bajo; y las condiciones iniciales del medio día de igual forma para todas las pruebas y flujo vehicular.

Tabla 3-4: Nomenclatura para las variables de estudio en la gráfica de dispersión

Interpretación	Modos de operación		Tipo de flujo vehicular		Temperatura interior del habitáculo	
	Denominación	Siglas	Denominación	Siglas	Denominación	Siglas
Ventanas Cerradas; A/C OFF; Ventilación Cerrada	Primer modo de operación	(a)	Bajo	FB	Temperatura interior del flujo vehicular bajo	Temp-FB
			Alto	FA	Temperatura interior del flujo vehicular alto	Temp-FA
Ventanas Cerradas; A/C OFF; Modo renovación	Segundo modo de operación	(b)	Bajo	FB	Temperatura interior del flujo vehicular bajo	Temp-FB
			Alto	FA	Temperatura interior del flujo vehicular alto	Temp-FA
Ventanas Cerradas; A/C ON; Modo recirculación;	Tercer modo de operación	(c)	Bajo	FB	Temperatura interior del flujo vehicular bajo	Temp-FB
			Alto	FA	Temperatura interior del flujo vehicular alto	Temp-FA

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Para la medición de las concentraciones, el vehículo tenía una velocidad promedio de 40 ± 5 Km/h, además que en el segundo y tercer modo de operación el ajuste de la ventilación y A/C se encontraba en la mitad (ajuste de velocidad en 2). La toma de datos se lo realizo segundo a segundo con el instrumento Testo 440.

Basándose en las revisiones bibliográficas para las concentraciones de monóxido de carbono y dióxido de carbono, la mejor forma de interpretación de los resultados es mediante la utilización de graficas de dispersión, el cual nos permite evidenciar el comportamiento de las concentraciones en correlación con la temperatura interna del habitáculo. Se designo una letra del alfabeto para cada modo de operación del climatizador automotriz, para el comportamiento de las concentraciones de CO y CO₂ de un flujo vehicular alto se representa de color naranja y su temperatura interna del habitáculo es de color amarillo, mientras que las concentraciones para un flujo vehicular bajo están representadas por un color azul y su temperatura interna del habitáculo esta de color gris.

4.1.1. Ensayos dinámicos realizados en la mañana

4.1.1.1. Temperatura del interior del habitáculo para CO₂ en la mañana

En la ilustración 1-4, se representa mediante graficas de dispersión correlacionando la temperatura interna del habitáculo y las concentraciones de CO₂ de los cinco vehículos SUV. Se observa en cada grafica las tres mediciones por cada modo de operación designado por la letra del alfabeto y mediante línea de colores mencionada en la tabla 5-4. El horario para la toma de datos en la mañana es desde la 7:30 a.m. hasta las 9:30 a.m.

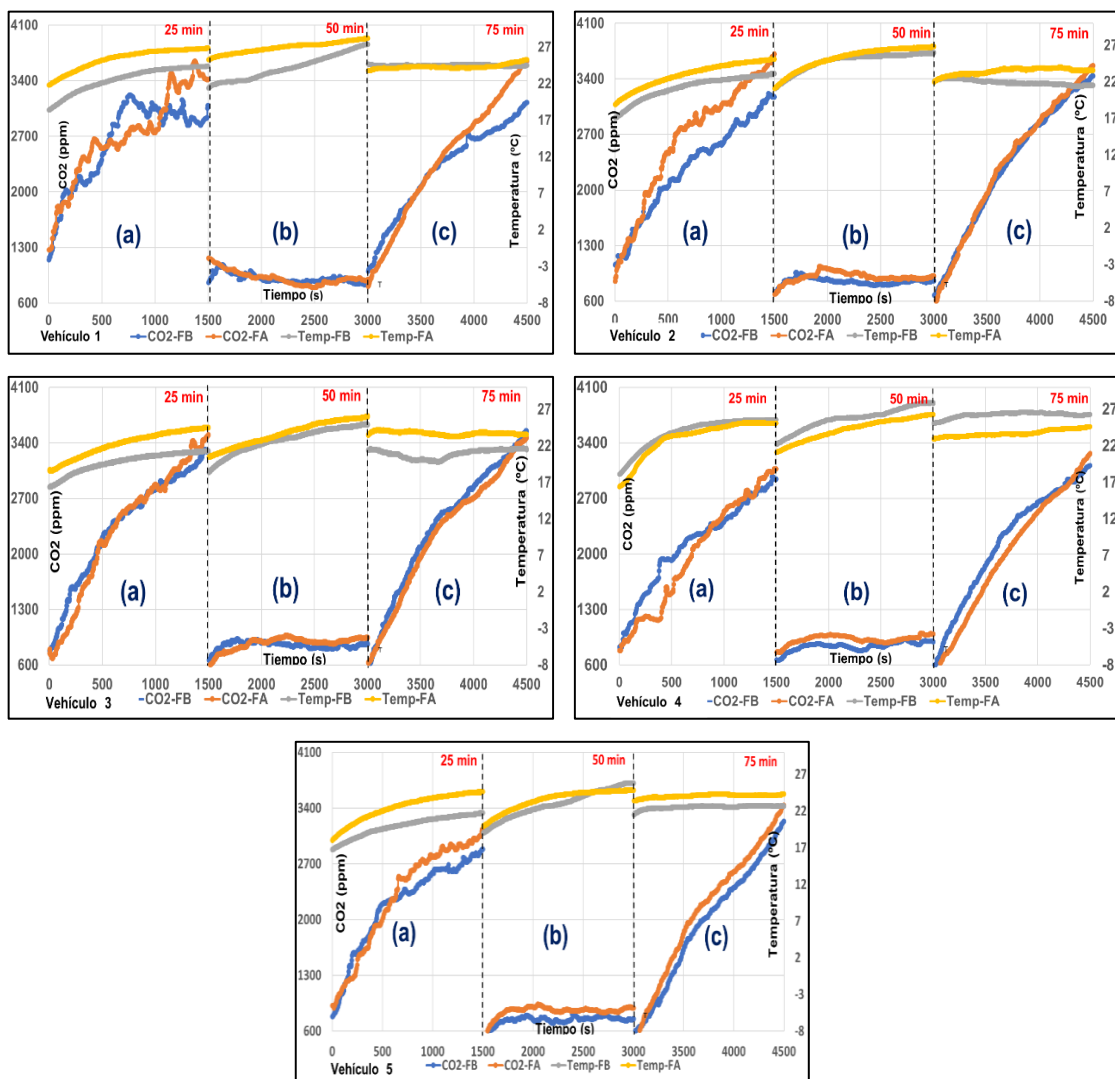


Ilustración 1-4: Concentraciones de CO₂ y temperatura interna del habitáculo según las variables de estudio de los vehículos en la mañana

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

El comportamiento de las concentraciones de CO₂ para cada uno de los vehículos SUV cuando se encuentran en movimiento, durante su primer modo de operación, las concentraciones

aumentan gradualmente resaltando una ligera variación entre los flujos vehiculares con el transcurso del tiempo, así como obtuvieron (Lawrence, 2017; Luangprasert et al., 2017; Preethichandra et al., 2020) con sus respectivas ventilaciones, es decir, con las ventanas cerradas y sin ningún flujo de aire. En el segundo modo de operación se puede apreciar una disminución considerable de partículas, ya que se encuentra activado el ventilador con una velocidad constante, además que ingrese del aire nuevo (renovación), permitiendo disminuir las concentraciones hasta llegar a un valor casi estable, tal y como lo muestra (Cha, 2019; Luangprasert et al., 2017; G. Mathur, 2020; G. D. Mathur, 2009, 2011b, 2016). En el tercer modo de operación es casi similar al primero, con la diferencia de que el A/C esta encendido a velocidad de ventilación constante pero con recirculación de aire, es por ello que las concentraciones aumentan de una forma gradualmente sin ninguna variación

Uno de los factores importante es la temperatura, cuando el vehículo está completamente cerrado, es decir, hermético por la incidencia de la radiación solar hace que la temperatura interior del vehículo se incremente y de igual forma las concentraciones de CO₂, ratificando las condiciones del incremento de temperatura de (Lawrence, 2017a), donde resalta una variación de 10°C entre el inicio y fin de su estudio, mientras que en los tres modos de operación de nuestro análisis no supera esta variación de la temperatura, manteniendo el confort térmico dicho (Rojas Reinoso et al., 2020b) en pruebas dinámicas.

Los vehículos 1, 2, 3, 4 y 5 tuvieron el mismo comportamiento, es decir que la temperatura interna del habitáculo es directamente proporcional a las concentraciones de CO₂, cuando este se encuentre totalmente hermético (modo operación a y b). Debido a que la variación de temperatura para los 5 vehículos se encuentra entre unos 18-25°C para la mañana. Mientras que el modo de operación “b” se denotara la incidencia de aire fresco o nuevo, ya que está en modo renovación provocando que las concentraciones se reduzcan considerablemente.

4.1.1.2. Temperatura del interior del habitáculo para CO en la mañana

En la ilustración 2-4, se representan el comportamiento de las concentraciones de monóxido de carbono en correlación a la temperatura interna del habitáculo de los cinco vehículos SUV en la mañana, Denotando el horario de 7:30 a.m. hasta las 9:30 a.m., las abreviaturas y designación de cada actividad se detalla en la tabla 5-4.

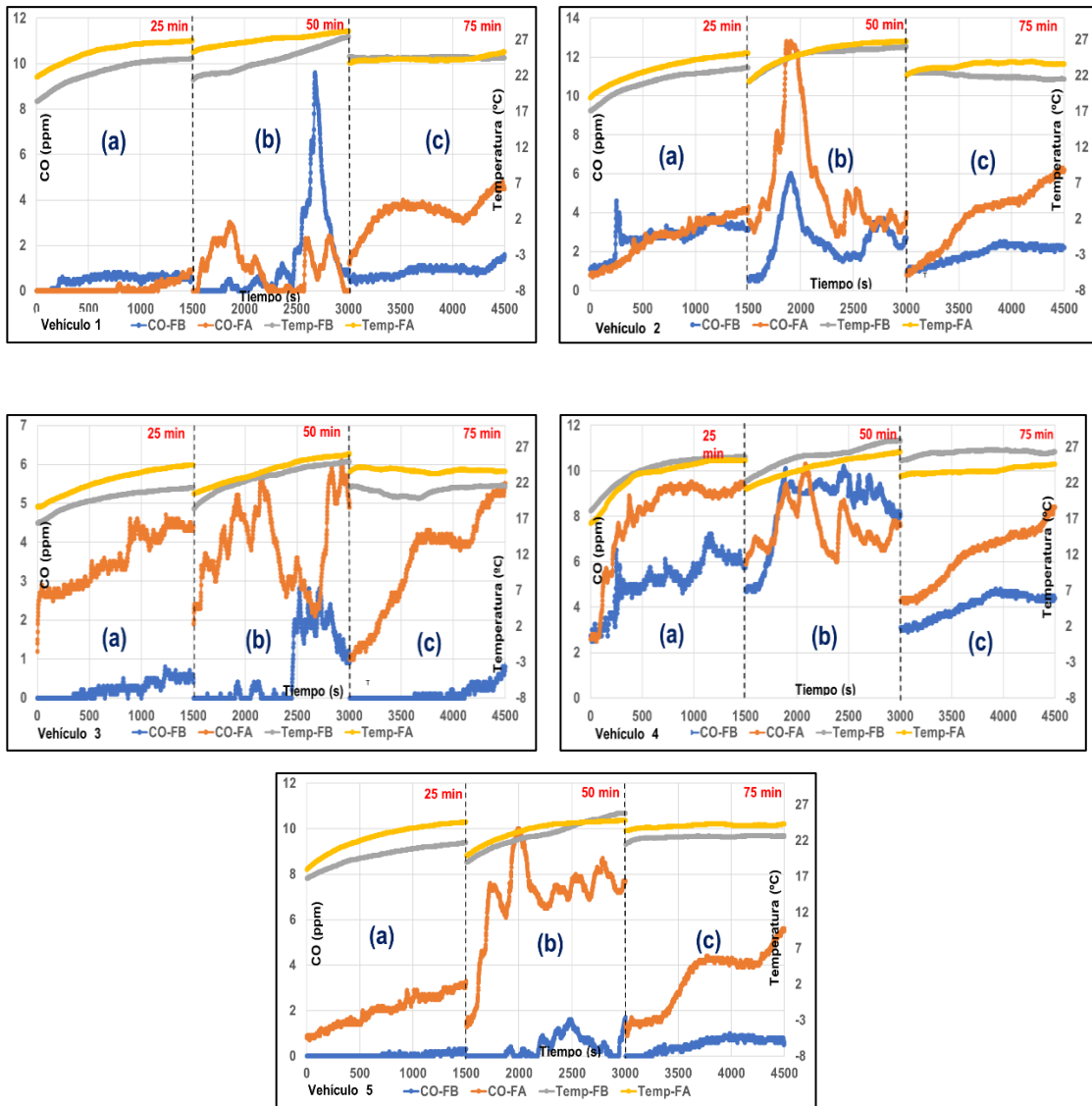


Ilustración 2-4: Concentraciones de CO y temperatura interna del habitáculo según las variables de estudio de los vehículos en la mañana

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

La tendencia del monóxido de carbono para los cinco vehículos SUV en las pruebas dinámicas se puede constatar que la ventilación inicial influye drásticamente en el sector donde se encuentre el vehículo antes de iniciar el recorrido tal y como lo corrobora (Harik et al., 2017) afirmando que el CO va a depender en gran medida de la concentración inicial en el vehículo.

En el primer modo de operación “a” se destaca que para un flujo vehicular bajo las concentraciones del monóxido de carbono son relativamente bajas a comparación del flujo vehicular alto, ya que a las 7:30 de la mañana no presentan contaminantes en el ambiente por ende las concentraciones son bajas en los vehículos 1,3 y 5 a comparación del 2 y 4. Los resultados para los vehículos 2 y 4 son muy diferentes a los restantes, este suceso puede ser; a que los sellos de puertas o gomas visualmente se encuentren en buen estado pero lo contrarresta los resultados

obtenidos, es decir existe una entrada de aire desde exterior lo que conlleva a la elevación de concentraciones. Mientras que el flujo vehicular alto por la misma densidad vehicular alta presenta concentraciones de monóxido de carbono en el ambiente, por lo que al iniciar las pruebas en todos los vehículos; las concentraciones de CO al iniciar la prueba van a hacer elevadas en el interior del habitáculo y esto se lo observa en las mediciones.

El segundo modo de operación al estar en modo renovación de aire y la velocidad ajustada en 2, las concentraciones del exterior que son producidas por las emisiones contaminantes de los vehículos que están alrededor ingresan al interior del habitáculo y estas son percibidas por el instrumento, por ende, las concentraciones de monóxido de carbono están en función de la cantidad de vehículos presentes en ambos flujos vehiculares, por eso se apreciara picos extremadamente altos. Y de igual manera si las concentraciones en el primero modo de operación “a” eran altas, en el segundo modo de operación “b” serán altas al inicio de la prueba, esto es debido a que tiempo de ventilación que se utilizó no fue suficiente para llegar a cero.

El tercero modo de operación “c” al estar encendido el aire acondicionado en modo recirculación y con la velocidad ajusta en 2, las concentraciones iniciales de CO de la cada prueba dependan de lo que ocurriendo anteriormente “modo de operación b”, es decir si las concentraciones terminaron elevadas, el inicio de la siguiente prueba inicia alta ya que los 5 minutos de ventilación de vehículo no fueron lo suficiente. Para este modo de operación las concentraciones se elevarán por factores externos, tales como la goma de las puertas, filtraciones de carrocería y filtro del habitáculo. Como muestra la ilustración 2-4, las concentraciones de CO en todos los modos de operación se elevarán progresivamente en función del tiempo de exposición de la temperatura interna del habitáculo.

4.1.2. Ensayo dinámico realizados al medio día

4.1.2.1. Temperatura del interior del habitáculo para CO₂ al medio día

En la ilustración 3-4, se observan las concentraciones de CO₂ para los cinco vehículos SUV mediante ensayos dinámicos, cabe recalcar que las pruebas se realizaron al medio día entre el horario de 11:00 a.m. hasta 13:00 p.m. en dos tipos deflujos vehiculares y en tres modos de operación del climatizador. La nomenclatura designada para las gráficas se la detalla en la tabla 5-4 para su respectiva interpretación.

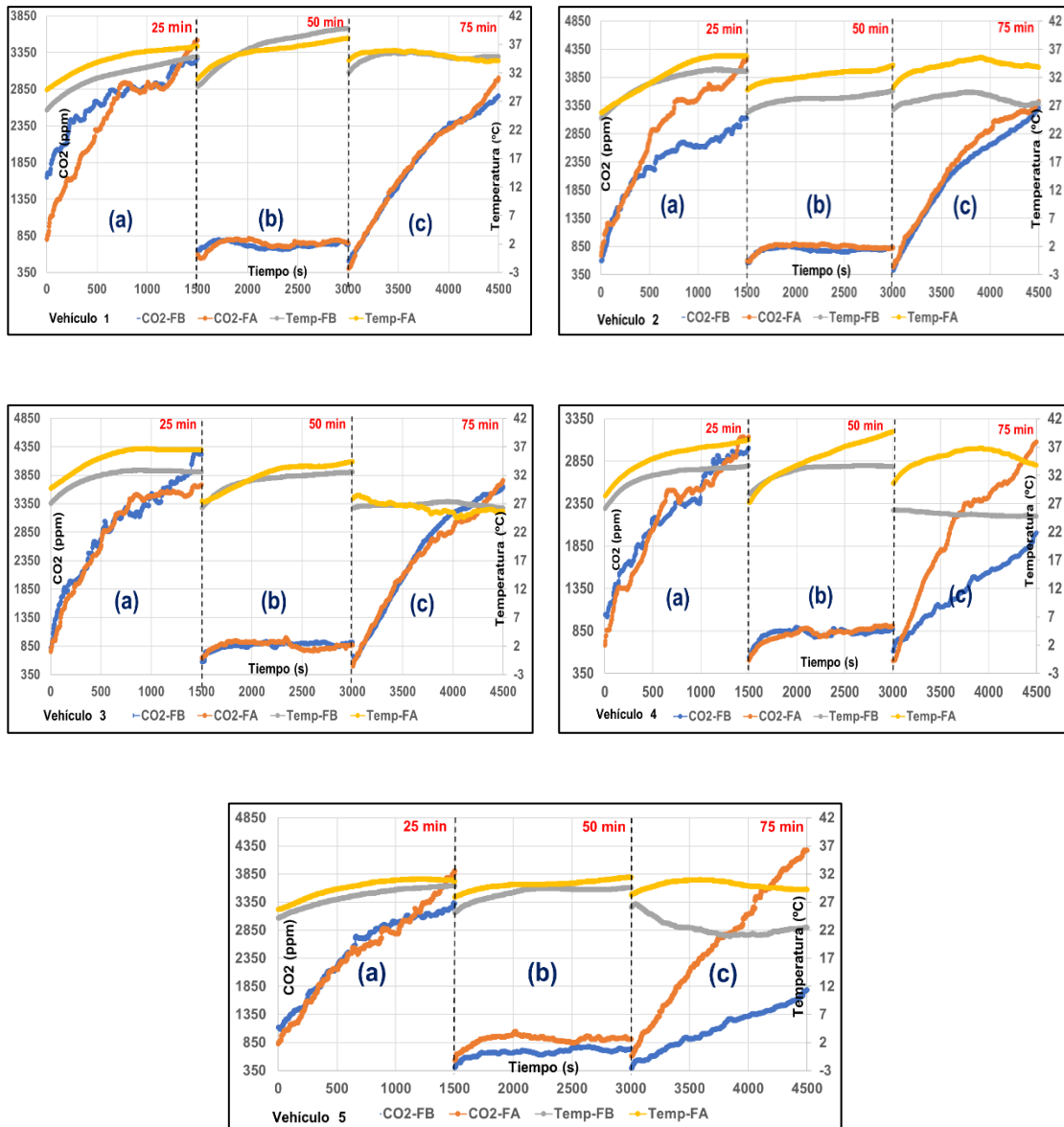


Ilustración 3-4: Concentraciones de CO₂ y temperatura interna del habitáculo según las variables de estudio de los vehículos al medio día

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En el primer modo de operación “a” las concentraciones de CO₂ para todos los vehículos y en los dos tipos de flujo vehiculares tiene a aumentar con unas ligeras variaciones llegando a un valor máximo de concentraciones, tal y como lo resalta (Lawrence, 2017; Luangprasert et al., 2017; Preethichandra) cuando las ventanas se encuentran cerrada, el A/C apagado y sin ventilación. En el segundo modo de operación “b” se encuentra en modo recirculación y ventilación ajustada en velocidad 2, donde las concentraciones tienen a elevarse mínimamente sin superar las 1100 ppm establecidas por la normativa GOST, tal y como lo establece (Cha, 2019; Luangprasert et al., 2017; G. Mathur, 2020; G. D. Mathur, 2009, 2011b, 2016). Y el tercer modo de operación “c” de igual manera las concentraciones aumentan de forma lineal destacando pequeñas variaciones a comparación del primer modo de ventilación. Este incrementó casi lineal de las concentraciones es debido al

accionamiento del ventilador ajustado a una velocidad constante (velocidad 2), además de que se encuentra accionado el A/C en modo recirculación como lo establece (Lawrence, 2017a).

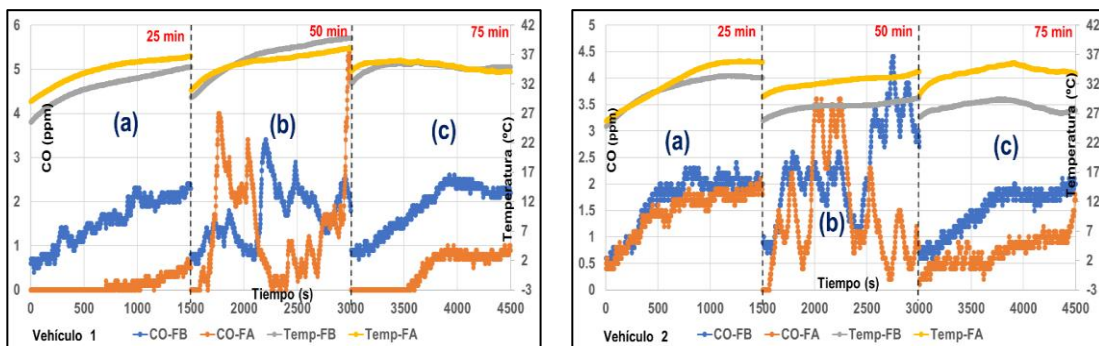
En la ilustración 3-4, para los vehículos 1,2,3,4,5 no existe una variación considerable de concentraciones para el primer modo “a” y segundo modo “b”, pero en el tercer modo “c” en el vehículo 4 y 5, para el flujo vehicular bajo las concentraciones son bajas, esto es debido a factor temperatura interna del habitáculo. (Lawrence, 2017a) menciona que a mayor temperatura mayor número de concentraciones se puede acumular en un vehículo. Mientras que para el caso del vehículo 4 y 5 la temperatura interna del habitáculo baja y por ende bajan las concentraciones.

Las pruebas para los 5 vehículos a medio día se consideró una variación de temperatura de 27° C a 37° C, esto se corroborar con el estudio de (Lawrence, 2017a), donde el aprecia una variación de 10° dentro de las pruebas dinámicas.

En el caso del confort térmico la temperatura no se estable en los parámetros dichos por (Rojas Reinoso et al., 2020b) esto es debido a que la temperatura al medio día, con le pasar de tiempo se incrementa ocasionado que la temperatura interior del habitáculo se incremente, en el primer modo de operación “a”, esta hermético y ninguna ventilación. Para el tercer modo “c” se encuentra completamente sellado, pero con un flujo de aire (velocidad 2) asistido por el A/C, esta velocidad no es suficiente para poder bajar la temperatura del interior del habitáculo.

4.1.2.2. Temperatura del interior del habitáculo para CO al medio día

En la ilustración 4-4, se representan el comportamiento de las concentraciones de monóxido de carbono en correlación a la temperatura interna del habitáculo de los cinco vehículos SUV al medio día, entre el horario de 11:00 a.m. hasta las 13:00 p.m., las abreviaturas y designación de cada modo de operación se detalla en la tabla 5-4.



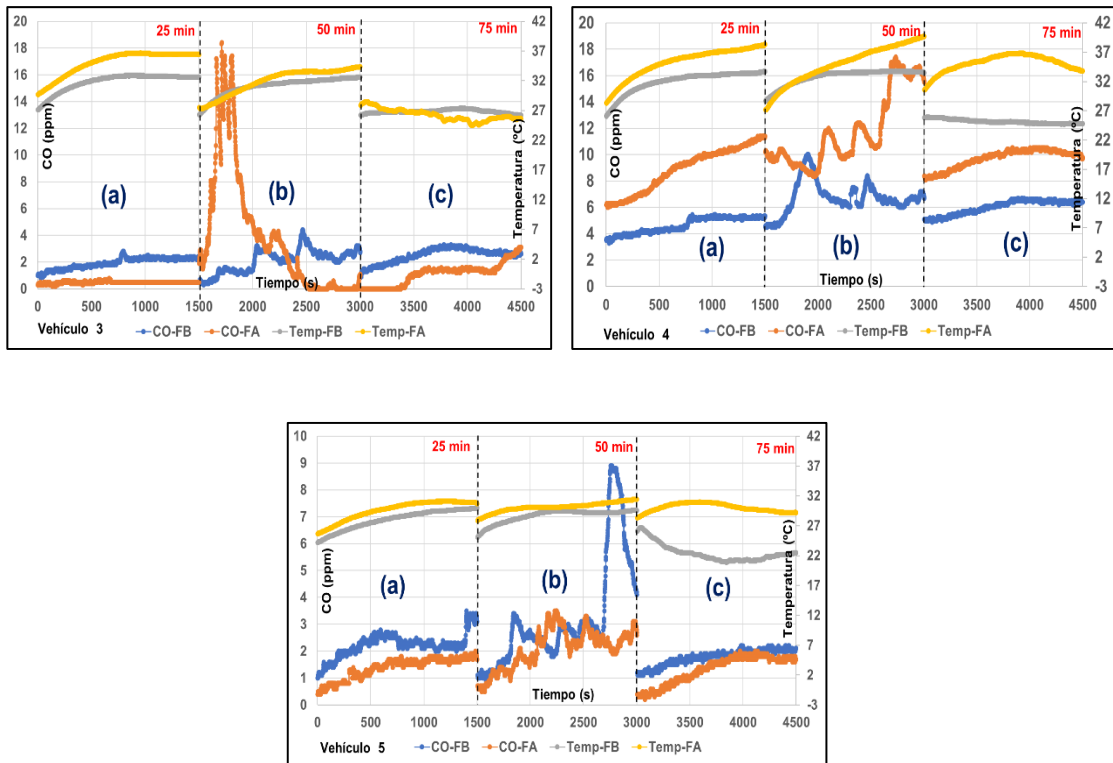


Ilustración 4-4: Concentraciones de CO y temperatura interna del habitáculo según las variables de estudio de los vehículos al medio día

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

El comportamiento del monóxido de carbono para los cinco vehículos SUV en las pruebas dinámicas corrobora que el ambiente exterior influye sobre las concentraciones, si existe altas gases contaminantes en el ambiente estas ingresan al habitáculo provocando unas lecturas elevadas, tal y como se muestra en ilustración 2-4 para la mañana y la ilustración 4-4 para el medio día y corroborando los resultados de (Harik et al., 2017) al inicio de cada prueba y en cada modo de operación. Además, la incidencia de la temperatura para CO está relacionado al aumento de las concentraciones.

En el primer modo de operación “a”, al igual que las concentraciones en la mañana aumentan de forma de gradual, tomando encunetan que la temperatura, es decir aumenta la temperatura al interior del habitáculo aumenta concentración de monóxido de carbono, cabe mencionar que depende mucho de cuantas partículas se encontraba en el ambiente. Para el caso del flujo vehicular bajo, los vehículos 4 y 5 antes de iniciar la prueba el ambiente presenta partículas contaminantes, mientras que para un flujo vehicular alto el vehículo 4 presenta concentraciones elevadas de 6ppm de monóxido de carbono.

El segundo modo “b” a comparación del primer modo aumenta las concentraciones, esto es debido a que los gases contaminantes emitidos por los vehículos, estas partículas ingresan al interior del

habitáculo ya que se encuentra activado el modo renovación de aire y son percibidos por el instrumento de medida, es decir que este modo de operación está en función de tráfico vehicular que se encuentre en ese instante por ello se podrá observar elevaciones drásticas de concentraciones de monóxido de carbono. Y de igual manera depende mucho de cuánto tiempo el vehículo se haya ventilado al finalizar la prueba, en este caso el tiempo propuesto no es suficiente para reducir las concentraciones en algunos vehículos.

El tercer modo de operación “c” al igual que las pruebas realizadas en la mañana dependerá si las concentraciones que se encuentran durante el segundo modo de operación se dispersan por completo en un lapso estimado de 5 minutos. Cabe mencionar que los vehículos se encontraban estacionados para su ventilación en la vía de flujo vehicular alto y bajo, provocando que las concentraciones no se dispersen en el ambiente generando y al iniciar las pruebas generan mediciones altas para este tercer modo de operación.

4.2. Concentración de CO y CO₂ con respecto a los modos de operación del climatizador automotriz y comparación de resultados

Dentro del estudio se planteó la medición de concentraciones de dióxido de carbono “CO₂” y monóxido de carbono “CO”, de acuerdo con el estudio de (Saad et al., 2017) hizo una recopilación de normativas y estudios acerca de los índices calidad del aire e índices de confort térmico en el interior de cabinas, resaltando los valores estándares internacionales del CO₂, CO, NO, O₃, para ello escogió diversos estudios que son los siguientes:

- a) Applied Sensor, “Ventilation energy savings while maintaining premium air quality,” 2013.
- b) C. Erdmann, K. Steiner, and M. Apte, “Indoor carbon dioxide concentrations and sick building syndrome symptoms in the BASE study revisited: Analyses of the 100 building dataset,” *Indoor Air* 2002, vol. 1, pp. 443–448, 2002
- c) DOSH (Department of Occupational Safety and Health), 2010
- d) IAQMG (Guidance notes for the management of indoor air quality in offices and public places), 2003
- e) IEP (Guidelines for Good indoor air quality in office premises), 1996
- f) ASHRAE, *Ventilation for acceptable indoor air quality*. 2007.
- g) OSHA (Indoor Air Quality in Commercial and Institutional Buildings), 2011
- h) ACGIH, “Carbon dioxide. In: Documentation of the threshold limit values for substances in workroom air,” 1971.
- i) S. Jorma, “Finnish classification of indoor climate 2000: revised target values,” *Indoor Air* 2002, pp. 643–648, 2002.
- j) WHO (World Health Organization), 2010

- k) OSHA (Carbon monoxide poisoning), 2002
- l) Department of environment API (A guide to air pollutant index in Malaysia), 1997
- m) OSHA (Nitrogen dioxide permissible exposure limit PEL), 2012
- n) EPA Environmental Protection Agency (Care for your air: A guide to indoor air quality), 2008
- o) OSHA (Ozone exposure limits and health effects)

Estas normativas y estudios son parte de países como Hong Kong, Estados Unidos, Malasia, y agencias ambientales como EPA, OSHA, OMS y ACGIH, para ello en la tabla 4-4 muestra la escala de valores de CO₂, CO, NO₂ y O₃, resaltando con una letra del alfabeto a que estudió hace referencia, además de ello se afirmó una escala de colores o semaforización para evidenciar que tan perjudicial puede ser al ser inhaladas por las personas. Se incluyó el IAQI que es un índice de la calidad del aire de la normativa EPA- EEUU, que se usa para medir la calidad del aire, mientras que el TCI muestra el índice de confort térmico.

Tabla 4-4: Valores estandarizados de la calidad del aire interior

CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	IAQI	IAQI ESTADO	TCI	TCI ESTADO
340-600 a, b	0.0-1.7 d, h	0.0000-0.021 d, h	0.000-0.025 d, h	100-76	Inofensivo	100-76	Inofensivo
601-1000 a, c	1.8-8.7 d, i	0.022-0.08 d, h	0.026- 0.05 c, e	75-5	Moderado	75-5	Moderado
1001-1500 a	8.8-10.0 j	0.09-0.17 K	0.051-0.075 m	50-26	Insalubre	50-26	Insalubre
1501-5000 f, g	10.1-50 j, f	0.18-5 L	0.076-0.1 n, o	25-0	Peligroso	25-0	Peligroso

Fuente: (Saad et al., 2017).

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

4.2.1. Modos de operación y flujo vehicular en la mañana

El proceso para la obtención de los resultados del presente estudio tiene varias variables a implementar, por lo que en la tabla 5-4. Se especifico que se va a realizar: como la interpretación del modo de operación y el tipo de flujo vehicular con sus respectivas siglas o abreviaturas.

Tabla 5-4: Nomenclatura para las variables de estudio en la gráfica de barras

Interpretación	Modos de operación		Tipo de flujo vehicular	
	Denominación	Siglas	Denominación	Siglas
Ventanas Cerradas; A/C OFF: Ventilación Cerrada	Primer modo de operación	M. Operación 1	Bajo	FB
			Alto	FA

Ventanas Cerradas; A/C OFF; Modo renovación	Segundo modo de operación	M. Operación 2	Bajo	FB
			Alto	FA
Ventanas Cerradas; A/C ON; Modo recirculación;	Tercer modo de operación	M. Operación 3	Bajo	FB
			Alto	FA

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Para la interpretación de los resultados se realizaron gráficos de barras, el cual nos permitió realizar una comparación de las concentraciones de monóxido de carbono y dióxido de carbono, en función de los tres modos de operación y flujo vehicular para los cinco vehículos SUV. Además, se tomó en cuenta la semaforización de (Saad et al., 2017) permitiendo especificar los valores óptimos de la calidad de aire interior del habitáculo, posterior a ello se reflejará dos líneas de referencias que interpretará al valor permitido de CO y CO₂ dichos por las normativas (GOST 33554, 2015) y (ANSI/ ASHRAE Standart 62.1, 2019).

En la tabla 6-4, se representa los valores promedios de las concentraciones de CO y CO₂ para cada uno de los vehículos SUV, considerando los tres modos de operación y el tipo de flujo vehicular. El tiempo de los ensayos dinámicos o también denominas pruebas en rutas por operación tiene una duración de 25 minutos más 5 minutos de ventilación del habitáculo del vehículo, antes mencionados por los estudios lo que dará como resultado 90 minutos por prueba total solo para la mañana. Cabe destacar que las condiciones climatológicas se debían encontrar bajo las mismas consideraciones iniciales, tanto para el flujo vehicular bajo y alto, por lo que se utilizó dos días el mismo vehículo.

Tabla 6-4: Promedios de las concentraciones CO y CO₂ de los modos de operación y tipo de flujo vehicular para la mañana

Veh.	M.Operación 1				M.Operación 2				M.Operación 3			
	FB		FA		FB		FA		FB		FA	
	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	0,485	2628,003	0,127	2707,633	1,340	910,049	1,050	918,166	0,849	2289,626	3,450	2408,221
2	2,762	2288,814	2,695	2639,052	2,601	848,339	5,407	906,280	1,878	2297,909	3,812	2332,442
3	0,227	2364,304	3,555	2333,817	0,692	848,652	3,925	872,893	0,104	2360,666	3,457	2261,488
4	5,181	2127,121	8,074	2010,335	8,374	837,811	7,536	925,005	4,042	2154,203	6,247	2003,666
5	0,045	2192,091	2,034	2291,428	0,402	735,895	6,979	845,401	0,500	1954,019	3,378	2127,713

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

4.2.1.1. Concentraciones de CO₂ en el interior del habitáculo

En la ilustración 5-4, se observa las concentraciones de los cinco vehículos SUV destacando los tres tipos de modos de operación, tanto para un flujo vehicular bajo y alto. Las concentraciones de dióxido de carbono durante el primer modo de operación se podrán evidenciar una mayor concentración de partículas, estas se encuentran en los vehículos 1,2 y 5 en un flujo alto, mientras que para un flujo bajo las concentraciones radican en los vehículos 3 y 4. Cabe destacar que la incidencia de la temperatura interna del habitáculo es un factor primordial en el aumento de las concentraciones, tal y como lo afirma (Lawrence, 2017a) en la variación de la temperatura, mientras que (Lawrence, 2017; Luangprasert et al., 2017; Preethichandra) para una ventilación completamente hermética las concentraciones tienden a aumentar. Para este primer caso tanto para ambos flujos vehiculares se podrá evidenciar que todos los vehículos sobrepasan las concentraciones recomendadas por (Saad et al., 2017), es decir se encuentra en un nivel de peligroso.

El segundo modo de operación al estar en modo recirculación y encendida la ventilación ajustando en velocidad 2, se destaca que las concentraciones en ambos flujos no se aprecia una variación considerable, pero si hay que resaltar una disminución notable de las concentraciones de tal forma que no sobrepasa en nivel de moderado, es decir que las concentraciones no afectan de forma negativa al ser inhaladas durante este modo de operación.

El tercer modo de operación al estar encendido el aire acondicionado en modo recirculación ajustando la velocidad en 2, las concentraciones de CO₂ en el interior del habitáculo disminuyen un aproximado 500 ppm a diferencia del primer modo de operación, esto es debido a la hermeticidad de los vehículos y a la ventilación del A/C de forma constante. Se resalta que las concentraciones para este modo de operación se encuentran en un nivel peligroso.

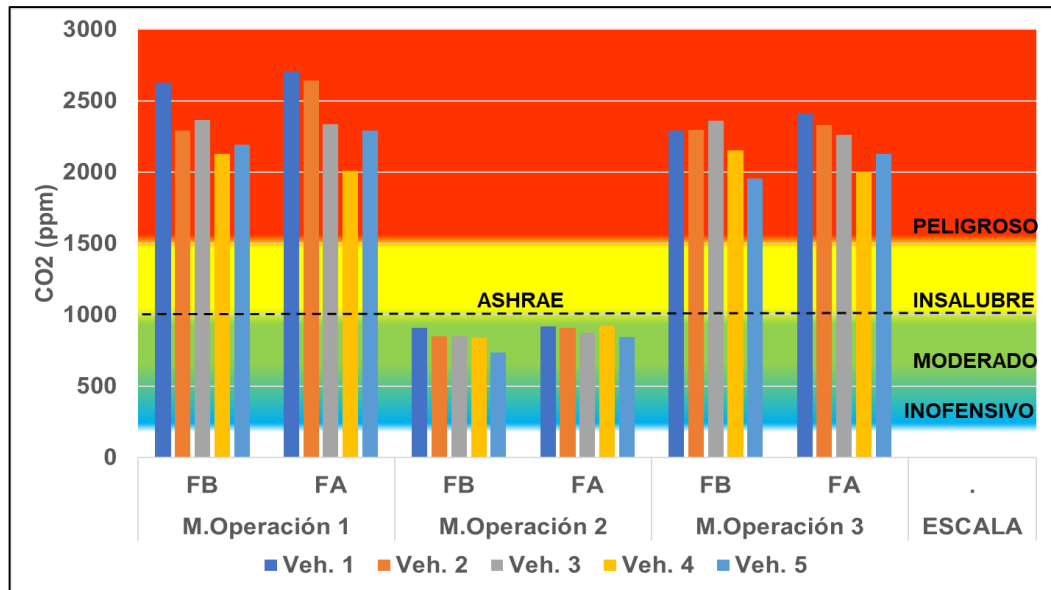


Ilustración 5-4: Concentraciones de CO₂ con los modos de operación y tipo de flujo vehicular en la mañana

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

La normativa (ANSI/ ASHRAE Standard 62.1, 2019) menciona que el nivel permitido para las concentraciones de CO₂ en el interior del habitáculo se encuentra en 1100 ppm, para este caso de estudio el dióxido de carbono en primer y tercer modo de operación tanto para los dos flujos vehiculares exceden lo recomendado, mientras que el segundo modo de operación se aprecia que las concentraciones no exceden este límite, tal y como se aprecia en la ilustración 5-4.

4.2.1.2. Concentraciones de CO en el interior del habitáculo

En la ilustración 6-4, muestra las concentraciones de monóxido de carbono en los cinco vehículos SUV en la mañana para todos los modos de operación y ambos flujos vehiculares. Dentro del primer y tercer modo de operación las concentraciones de CO son elevadas en el flujo vehicular alto, debido a que las partículas que se encuentren en sector son altas y por ende al iniciar la prueba no existe suficiente tiempo para la disipación de las mismas, provocando que exista un mayor número de concentraciones en el habitáculo del vehículo, es decir que las concentraciones está en función de las concentraciones iniciales del vehículo, corroborando los resultados por (Harik et al., 2017).

Durante el segundo modo de operación las concentraciones de CO se aprecian en mayor cantidad para el flujo vehicular alto, ya que en este modo de operación se encuentra en renovación, es decir las concentraciones emitidas por los vehículos que se encuentran alrededor ingresaron al interior de habitáculo, por ende, son mayores a comparación del modo de operación 1 y 3.

Como se puede observar para la escala de (Saad et al., 2017) las concentraciones de monóxido de carbono en el vehículo 1 se establece la categoría de bueno, a excepción del modo de operación tres del flujo vehicular alto ya que esta se encuentra en moderado, esto es debido a factores ambientales externos al vehículo. El vehículo 2 es el que más destaca en relación con los demás vehículos, porque en todos los modos de operación y flujos vehiculares se localiza en la escala de moderado. El vehículo 3 y 5 las concentraciones de CO para el flujo bajo están en un nivel bueno, por contario para el flujo vehicular alto estas concentraciones pasan a localizarse en moderado y por último vehículo 4 para ambos flujos vehiculares se observa que están en un nivel moderado, cabe mencionar que este vehículo es el que más sobresale debido a que existe una infiltración no visible en los sellos o gomas del vehículo para su hermeticidad.

Como se observa en la ilustración 6-4, la normativa (GOST 33554, 2015) establece que las concentraciones de monóxido de carbono no deben ser superiores a 5 ppm, pero en este caso el vehículo 4 no cumple con la recomendación en todos los parámetros del flujo vehicular, además que se involucran dos unidades del flujo vehicular alto en un modo de operación 2, ya que en este modo influye de manera considerable la densidad vehicular en la medida de datos para la mañana.

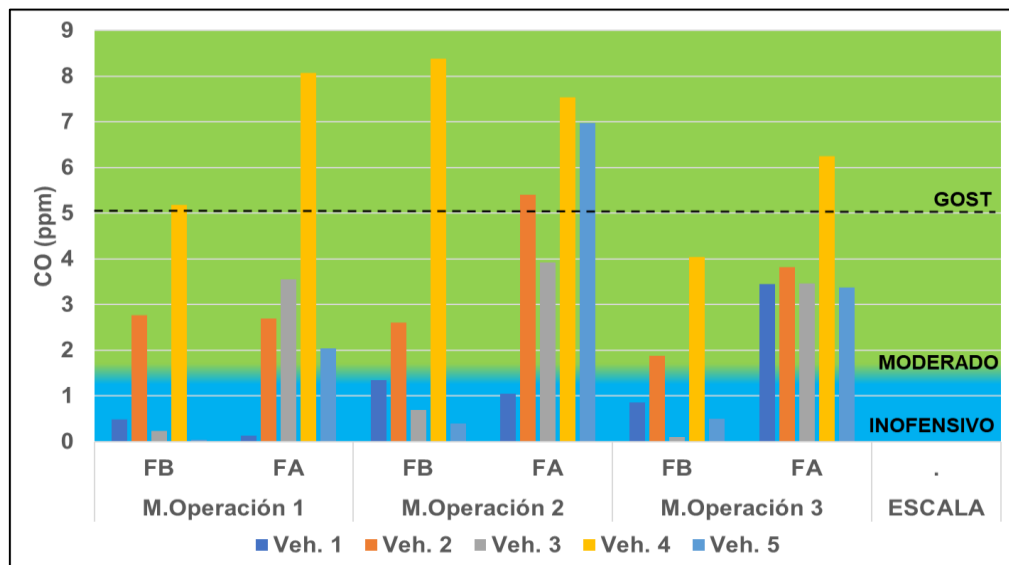


Ilustración 6-4: Concentraciones de CO con los modos de operación y tipo de flujo vehicular en la mañana

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

4.2.2. Modos de operación y flujo vehicular al medio día

En la tabla 7-4, se representa los valores promedios de las concentraciones de CO y CO₂ para cada uno de los vehículos SUV, considerando los tres modos de operación y el tipo de flujo vehicular. Se debe tomar en cuenta que las condiciones climatológicas para el medio día deben ser

las mismas para iniciar las pruebas en el primer modo de operación en todos lo vehículo y ambos flujos vehiculares.

Tabla 7-4: Promedios de las concentraciones CO y CO₂ de los modos de operación y tipo de flujo vehicular para el medio día

Veh.	M.Operación 1				M.Operación 2				M.Operación 3			
	FB		FA		FB		FA		FB		FA	
	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	1,554	2714,403	0,109	2486,681	1,696	722,777	1,353	742,416	1,842	1854,600	0,438	1883,364
2	1,703	2341,796	1,456	2919,922	2,292	790,067	1,453	838,700	1,490	2168,528	0,724	2338,121
3	1,934	2970,997	0,972	2872,680	2,105	862,252	3,834	859,308	2,510	2474,981	1,464	2405,314
4	4,640	2250,777	8,899	2224,075	6,746	819,870	11,753	815,654	6,021	1324,773	9,713	2046,704
5	2,226	2491,428	1,376	2479,135	3,205	679,249	2,095	902,123	1,769	1105,773	1,312	2604,728

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

4.2.2.1. Concentraciones de CO₂ en el interior del habitáculo

En Los cinco vehículos todo terreno se denotarán las concentraciones de dióxido de carbono en función del modo de operación, tanto para un flujo vehicular alto y bajo. En la ilustración 7-4 se apreciará que el primer modo de operación durante un flujo vehicular alto las concentraciones con mayor número de particular que exceden las 2500 ppm radican en todos los vehículos ha excepción del vehículo 4. Durante un flujo vehicular bajo las concentraciones que sobrepasan las 2500 ppm son los vehículos 1,3,5. Durante el medio día se podrá afirmar lo que menciona (Lawrence, 2017a) la temperatura interna del habitáculo es un factor primordial en el aumento de las concentraciones. Sin embargo, (Lawrence, 2017; Luangprasert et al., 2017; Preethichandra) menciona que si un vehículo se encuentra completamente hermético las concentraciones de dióxido de carbono aumentan con el pasar del tiempo. Según lo establecido por la semaforización de (Saad et al., 2017). Todos los vehículos para el primer modo de operación sobrepasan lo recomendado por (ANSI/ASHRAE Standard 62.1, 2019) de 1100 ppm, es decir, ingresan en la escala de peligrosidad durante este primer modo de operación.

En el segundo modo de operación se podrá evidenciar un decrecimiento considerado al estar activado la ventilación, velocidad 2 en modo recirculación. Las concentraciones para ambos flujos vehiculares no sobrepasan las 1100 ppm recomendadas por (ANSI/ASHRAE Standard 62.1, 2019) para todos los vehículos dichas recomendaciones ingresan en la escala de moderado,

Durante el flujo vehicular alto y estando en tercer modo de operación, es decir, encendido el aire acondicionado en modo recirculación ajustando la velocidad en 2 las concentraciones aumentan en todos los vehículos, pero se evidenciará que solo el vehículo 5 sobrepasa las 2500 ppm mientras que los 4 vehículos restantes no sobrepasan estas concentraciones, pero la semaforización los coloca en la escala de peligroso para el ser humano. Para un flujo vehicular bajo, los vehículos 1, 2 y 3 se encuentran por debajo de las 2500 ppm y siguen siendo peligrosos según la semaforización. Para los dos restantes no exceden las 1500 ppm establecido por (ANSI/ASHRAE Standar 62.1, 2019) siendo favorable, ya que, es insalubre para su inhalación.

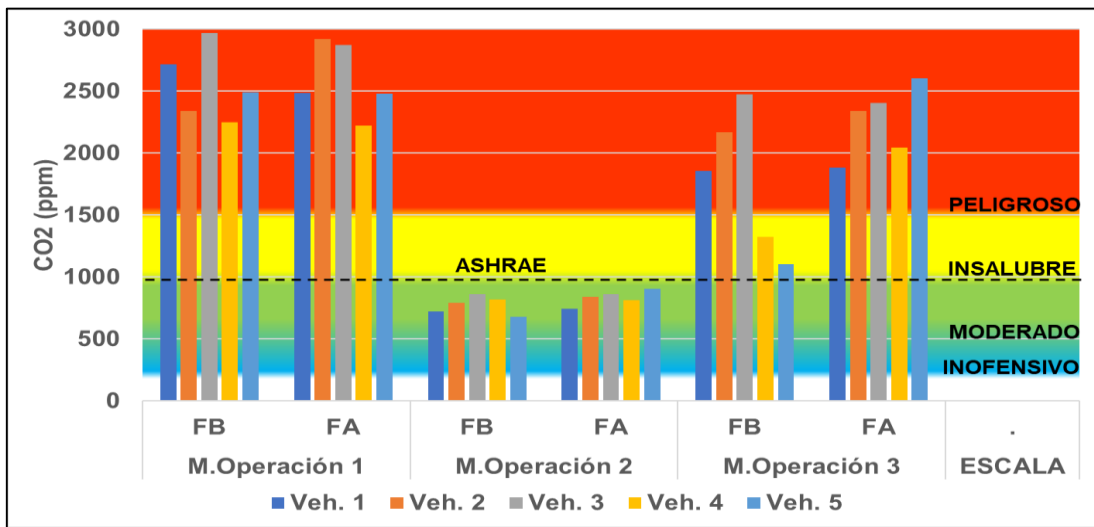


Ilustración 7-4: Concentraciones de CO₂ con los modos de operación y tipo de flujo vehicular al medio día

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

4.2.2.2. Concentraciones de CO en el interior del habitáculo

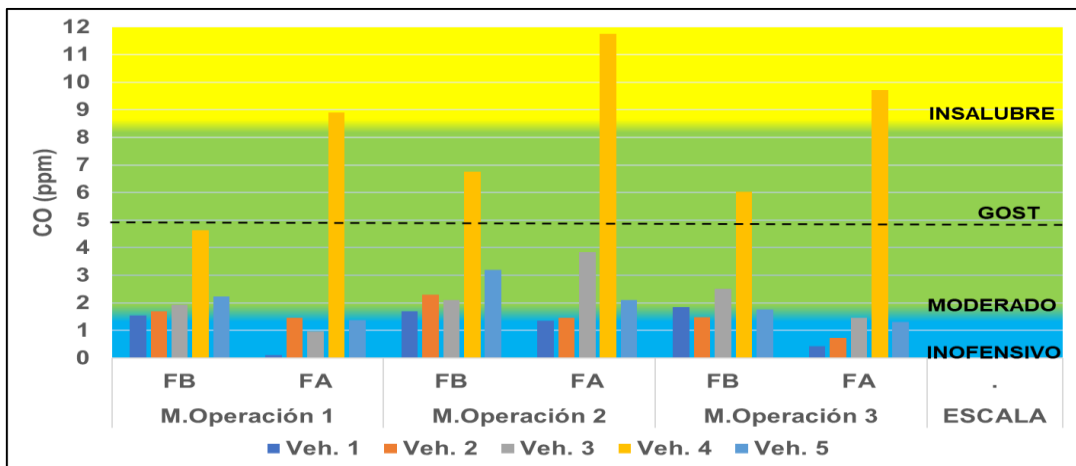


Ilustración 8-4: Concentraciones de CO con los modos de operación y tipo de flujo vehicular al medio día

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Las concentraciones de monóxido de carbono en la ilustración 8-4 de los cinco vehículos SUV al medio día para todos los modos de operación y ambos flujos vehiculares. Destacan que el primero y tercero de un flujo vehicular bajo las concentraciones de CO incrementan a comparación de las concentraciones en la mañana esto se debe a que al medio día las concentraciones se encuentran en el ambiente provocando un ingreso al habitáculo marcando así valores altos para los cinco vehículos, afirmando así lo que menciona (Harik et al., 2017). Las concentraciones de monóxido de carbono están en función de las concentraciones iniciales del vehículo.

El segundo modo de operación las concentraciones de monóxido de carbono son mayores durante un flujo vehicular bajo, pero se denota que para un flujo vehicular alto el vehículo 3 es el que más concentraciones del resto de vehículos. A excepción del vehículo 4, Ya que este es el que más concentraciones presenta durante todos los modos de operación y flujo vehicular esto se deberá a que existe filtraciones de emisiones debido a un deterioro no visual de las gomas y cauchos de las puertas o por grietas en la carrocería del vehículo.

Como se observa en la ilustración 8-4, las concentraciones según la normativa (GOST 33554, 2015) estable que las concentraciones de monóxido de carbono no deben ser superiores a 5 ppm, estas cumplen para todos los vehículos a excepción del vehículo 4 no cumple con la recomendación en todos los parámetros del flujo vehicular, además se observa que la semaforización coloca en la escala de moderado para los vehículos 1,2,3 y 5 mientras que, el vehículo 4 es moderado para la inhalación humana.

4.3. Análisis estadístico de los modos de operación del climatizador

Para el proceso de análisis estadístico en base a los requerimientos de las pruebas, se resalta los tres modos de operación del climatizador automotriz tanto para los flujos vehiculares como para el tipo de día, por tal motivo se utilizó el software Statgraphics para calcular las medias, límites superiores e inferiores, la suma de cuadrados, sigma entre otros parámetros.

El StatAdvisor- Statgraphics

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de varios factores para CO (ppm) y CO₂ (ppm). Realiza varias pruebas y gráficas para determinar qué factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el CO (ppm) y CO₂ (ppm). También evalúa la significancia de las interacciones entre los factores, si es que hay suficientes datos. Las pruebas-F en la tabla ANOVA le permitirán identificar los factores significativos. Para cada factor significativo, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La Gráfica

de Medias y la Gráfica de Interacciones le ayudarán a interpretar los efectos significativos. Las Gráficas de Residuos le ayudarán a juzgar si los datos han violado los supuestos subyacentes al análisis de varianza.

Análisis de Varianza para CO (ppm) y CO₂ (ppm) - Suma de Cuadrados Tipo III

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de CO (ppm) y CO₂ (ppm) en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que ningún valor-P es menor que 0,05, ninguno de los factores ó interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre CO (ppm) y CO₂ (ppm) con un 95,0% de nivel de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para CO (ppm) y CO₂ (ppm) por Dia

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

4.3.1. Primer modo de operación

4.3.1.1. Primer modo de operación por flujo y día

En la tabla 8-4, se observa el análisis de varianza para las concentraciones de CO₂ para los factores del tipo flujo vehicular (alto y bajo) y el tipo de día (mañana y medio día), tomando en cuenta que el mismo programa realiza el cálculo mediante la suma de cuadrados tipo III, resaltando los valores de cuadrado medio, razón-F y valor-P. Cabe mencionar que todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual y en este caso el valor de P es mayor al nivel de significancia de 0,05 para los efectos principales y la interacción, los siguientes datos tabulados fueron seleccionados de la tabla 6-4 y 7-4 del primer modo de operación (1).

Tabla 8-4: Análisis de Varianza para CO₂ para el primer modo de operación

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Día	235292,	1	235292,	3,25	0,0901
B: Flujo	17702,6	1	17702,6	0,24	0,6275
INTERACCIONES					
AB	1425,33	1	1425,33	0,02	0,8901
RESIDUOS	1,15701E6	16	72313,1		
TOTAL (CORREGIDO)	1,41143E6	19			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Mediante la prueba de múltiples de rangos como se observa en la tabla 9-4, las concentraciones de CO₂ en el interior del habitáculo en pruebas dinámicas para el tipo de día no existe una variación significativa, ya que es un grupo homogéneo estando al mismo nivel, además de tener una diferencia entre medias de la mañana y medio día del 216.93 ppm. Para la tabulación de los datos seleccionados fueron realizados con la tabla 6-4 y 7-4 que corresponden a los promedios de las concentraciones de CO₂ solo para el primer modo de operación para la mañana y medio día.

Tabla 9-4: Pruebas de Múltiple Rangos para CO₂ por Día para el primer modo de operación

<i>Día</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Mañana	10	2358,26	85,0371	X
Medio día	10	2575,19	85,0371	X
<i>Contraste</i>		<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Mañana - Medio día			-216,93	254,942

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

El análisis de varianza para las concentraciones de CO durante el primer modo de operación, el valor de P es de igual manera superior al nivel de significancia del 0,05 para el tipo de día y el flujo vehicular como se observa en la tabla 10-4, los datos tabulados fueron seleccionado de la tabla 6-4 y 7-4 del primer modo de operación (1).

Tabla 10-4: Análisis de Varianza para CO para el primer modo de operación

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Día	0,00499152	1	0,00499152	0,00	0,9791
B: Flujo	3,64778	1	3,64778	0,52	0,4814
INTERACCIONES					
AB	2,47194	1	2,47194	0,35	0,5612
RESIDUOS	112,31	16	7,01938		
TOTAL (CORREGIDO)	118,435	19			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Para el primer modo de operación en las pruebas de múltiple de rangos para el monóxido de carbono no existe una diferencia significativa para las concentraciones entre el medio día y la mañana ya que se tiene una variación de 0,031 y son de grupos homogéneos, tal y como se muestra en la tabla 11-4. Y de igual manera la tabulación de datos se realizó con la tabla 6-4 y 7-4 que corresponden a los promedios de las concentraciones de CO del primer modo de operación para la mañana y medio día.

Tabla 11-4: Pruebas de Múltiple Rangos para CO por Dia para el primer modo de operación

<i>Día</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Medio día	10	2,48681	0,837817	X
Mañana	10	2,51841	0,837817	X
<i>Contraste</i>		<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Mañana - Medio día			0,0315959	2,51178

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En la ilustración 9-4 las concentraciones de dióxido de carbono en el apartado “a” se aprecia la comparativa entre flujo vehicular y el tipo de día respecto a las concentraciones. Se aprecia el mayor número de CO₂ para el medio día, tanto para un flujo vehicular alto y bajo. Cabe recalcar que, durante el primer modo de operación, el flujo vehicular alto concentra un mayor número de partículas alrededor de las 2400 ppm hasta las 2600 ppm. Pero durante un flujo vehicular bajo, estas concentraciones son inferiores a tal punto de iniciar con un valor aproximado de 2310 ppm, hasta alcanzar las 2500 ppm durante medio día.

En el apartado “b” se aprecia las concentraciones de monóxido de carbono comparando los flujos vehiculares respecto al tipo de día. Se evidenciará que un flujo vehicular alto durante la mañana abarca un mayor número de concentraciones de 3,3 ppm y para el medio día las concentraciones van hasta las 2,7 ppm par un medio día, mientras que para un flujo vehicular bajo las concentraciones de la mañana se encuentran alrededor de 1,7 ppm y para el medio día dichas concentraciones alcanza un máximo de 2,5 ppm.

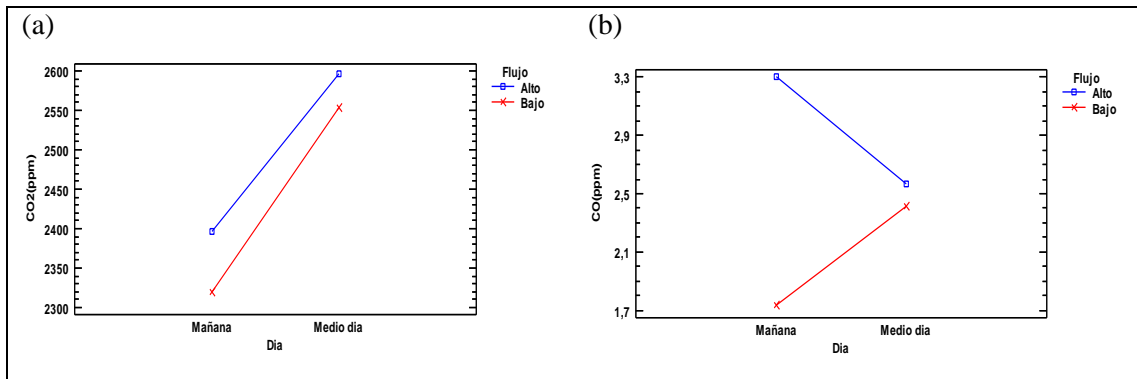


Ilustración 9-4: Concentración de (a) CO₂ y (b) CO en el primer modo de operación

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Mediante el análisis proporcional de la tabla 8-4 y 10-4 para el análisis de Varianza y las pruebas de múltiples rangos de la tabla 9-4 y 11-4 para las concentraciones de CO₂ y CO respectivamente, se puede corroborar que la ilustración 10-4, del apartado (a) se observa que la media del CO₂ con un valor aproximado de 2800 ppm, siendo mayor a las de mañana con un valor de media de 2370 ppm. Mientras que en el apartado b) para el caso del CO existe una variación mínima de siendo mayor en la mañana.

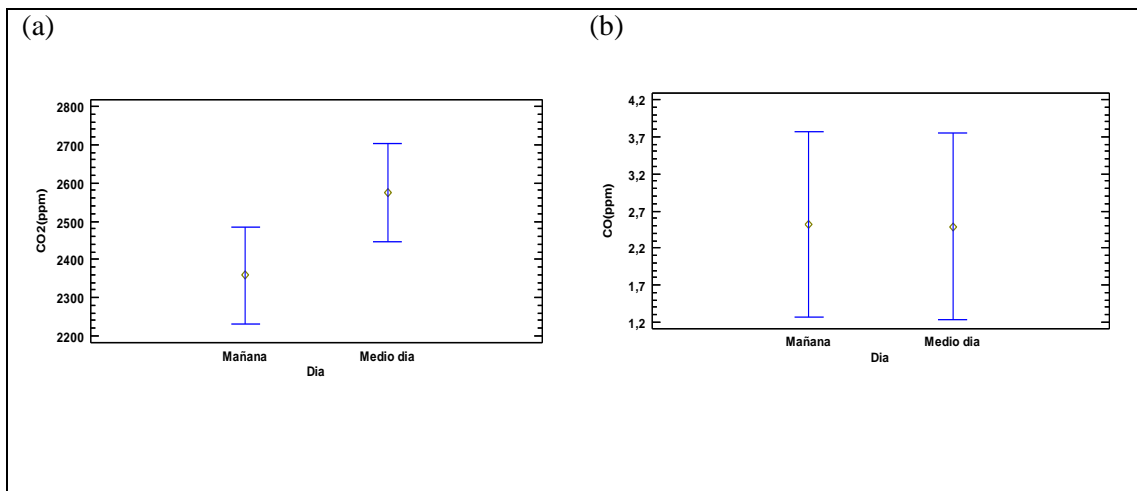


Ilustración 10-4: Medias para concentración de (a) CO₂ y (b) CO en el primer modo de operación

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

4.3.1.2. Primer modo de operación por vehículos

Por medio de un análisis estadístico la relación del número de vehículos y flujo vehicular, se encuentran separados tanto para la mañana y medio día, de tal forma que en la tabla 12-4 muestra el análisis de varianza del CO₂ para los vehículos, el valor de P es menor al valor de significancia de 0,05 para la mañana, por el contrario, al medio día es superior al 5%, esto es debido a que

existe valores muy dispersos entre vehículos, por la influencia de la temperatura dando una valor estadístico relacionado a los datos ingresados.

Tabla 12-4: Análisis de varianza de CO₂ del primer modo de operación respecto a los vehículos

Fuente	Mañana				Medio día			
	SC	MC	F	P	SC	MC	F	P
Vehículos	408957,429	102239,357	6,663	0,031	492150,004	123037,501	3,102	0,123
Flujo	76721,930	15344,386			198308,664	39661,733		
Total	485679,359				690458,668			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En la ilustración 11-4, se observa el comportamiento del CO₂ para la mañana y medio día en función del número de vehículos experimentados, para el apartado a) las concentraciones oscilan entre los 2000 ppm y 2700 ppm, mientras que el apartado b) se encuentra entre 2200ppm a las 3000ppm, lo que demuestra que son mayores a la normativa (ANSI/ ASHRAE Standard 62.1, 2019) con un valor de 1100ppm.

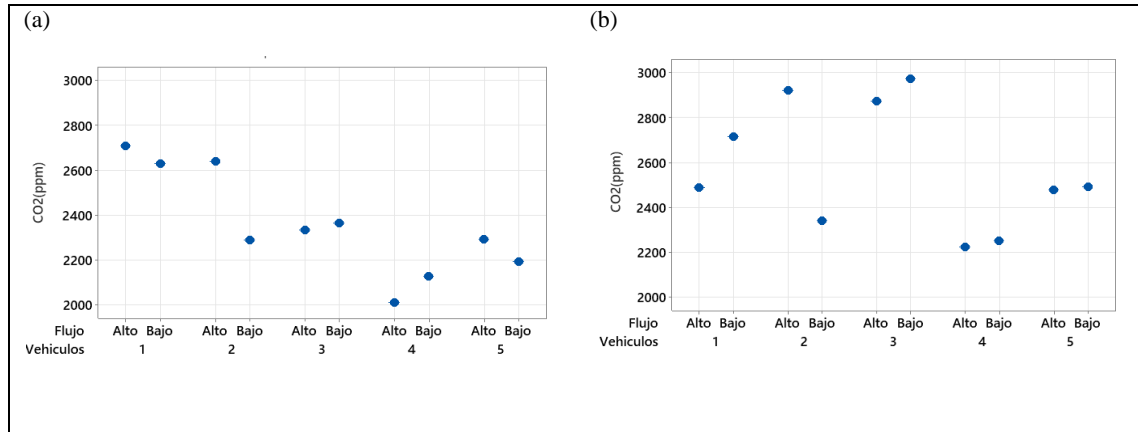


Ilustración 11-4: Concentración de CO₂ para (a) mañana y (b) medio día del primer modo de operación con respecto a los vehículos

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En el caso del análisis de varianza del CO de la tabla 14-4, para el número de vehículos, el valor de P en ambas condiciones del día (mañana y medio día) son mayor al 5%, demostrando que la decisión estadísticamente concuerda con la semaforización para dichas concentraciones plasmadas dentro de las ilustraciones 6-4 y 8-4.

Tabla 13-4: Análisis de varianza de CO del primer modo de operación respecto a los vehículos

Fuente	Mañana				Medio día			
	SC	MC	F	P	SC	MC	F	P
Vehículos	6,5990	2,1997	1,160	0,428	1,0359	0,3453	0,728	0,587
Flujo	7,5822	1,8955			1,8985	0,4746		
Total	14,1811				2,9344			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En la ilustración 12-4, se muestra el comportamiento del CO en la mañana y medio día para los cinco vehículos SUV, dentro del apartado a) las concentraciones varían en un rango de 0 a 8ppm y en caso del apartado b) existen una variación significativa el cual aumenta 1ppm para su valor máximo.

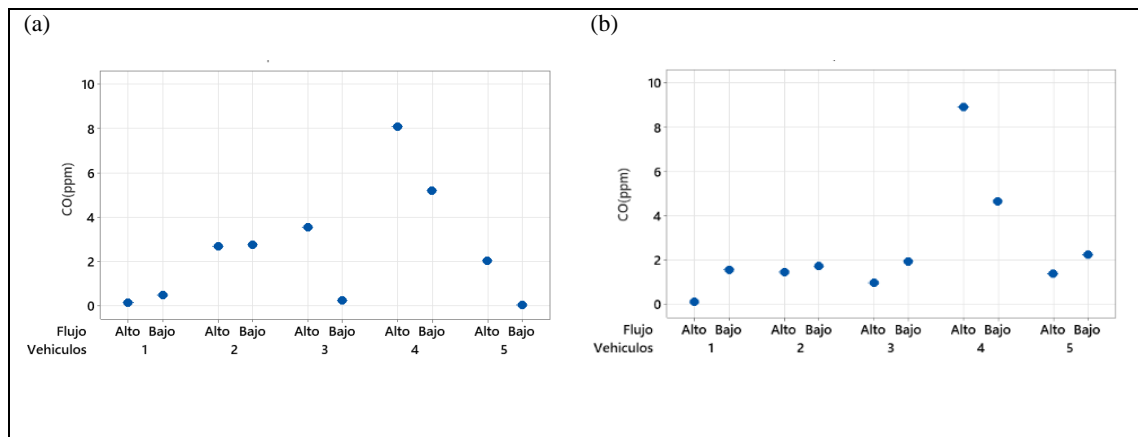


Ilustración 12-4: Concentración de CO para (a) mañana y (b) medio día del primer modo de operación con respecto a los vehículos

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

4.3.2. Segundo modo de operación

4.3.2.1. Segundo modo de operación por flujo y día

El análisis de varianza para las concentraciones de CO₂ en el segundo modo de operación el valor de P tiene una significancia menor al 5% para los efectos principales, tales como tipo de día y flujo, además que todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual, estos valores se los aprecia en la tabla 14-4. Los siguientes datos observados para su interpretación fueron de la tabla 6-4 y 7-4 del segundo modo de operación (2).

Tabla 14-4: Análisis de Varianza para CO₂ para el segundo modo de operación

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Día	18977,5	1	18977,5	5,42	0,0334
B: Flujo	16301,1	1	16301,1	4,65	0,0466
INTERACCIONES					
AB	0,454207	1	0,454207	0,00	0,9911
RESIDUOS	56070,7	16	3504,42		
TOTAL (CORREGIDO)	91349,8	19			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En la tabla 15-4, se observa las pruebas múltiples rangos para las concentraciones de dióxido de carbono en la mañana, lo que nos expresa que existe una diferencia significativa para el tipo de día con un valor de 61,60 ppm lo que corrobora el análisis de varianza para el CO₂ y además que no son grupos homogéneos por el motivo de que no se encuentra alineado. La tabulación de los datos se elaboraron tabla 6-4 y 7-4 que son los promedios de las concentraciones de CO₂ del segundo modo de operación para la mañana y medio día.

Tabla 15-4: Pruebas de Múltiple Rangos para CO₂ para el segundo modo de operación

<i>Día</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Medio día	10	803,242	18,7201	X
Mañana	10	864,849	18,7201	X
<i>Contraste</i>		<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Mañana - Medio día		*	61,6076	56,123

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En el segundo modo de operación tal y como lo muestra la tabla 16-4, el análisis de varianza para las concentraciones de monóxido de carbón el valor de P es mayor al 5% para el tipo de día y el flujo vehicular como en primer modo de operación para el CO y de igual manera todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual. Los siguientes datos observados fueron tabulados de la tabla 6-4 y 7-4 del segundo modo de operación (2).

Tabla 16-4: Análisis de Varianza para CO para el segundo modo de operación

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Día	0,157132	1	0,157132	0,02	0,9032
B: Flujo	12,6867	1	12,6867	1,23	0,2834
INTERACCIONES					
AB	2,48186	1	2,48186	0,24	0,6301
RESIDUOS	164,715	16	10,2947		
TOTAL (CORREGIDO)	180,04	19			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En las pruebas de múltiple de rangos de la tabla 17-4 para el monóxido de carbono en el tipo de día, la mañana y medio día no existe una variación significativa, debido a que ambos se encuentran en un grupo homogéneo por estar alineados, dado que las medias para el medio día se encuentran en 3,653ppm y la mañana con un valor medio de 3,830 ppm con una diferencia de 0,177 ppm un valor mínimo al esperado. La tabulación de datos se realizó con la tabla 6-4 y 7-4 del cual se observa los promedios de las concentraciones de CO del segundo modo de operación de la mañana y medio día.

Tabla 17-4: Pruebas de Múltiple Rangos para CO por Día para el segundo modo de operación

Día	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Medio día	10	3,65327	1,01463	X
Mañana	10	3,83055	1,01463	X
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Mañana - Medio día			0,177275	3,04185

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Durante el segundo modo de operación en el apartado “a” de la ilustración 13-4 representara las concentraciones de dióxido de carbono, el comportamiento para los dos tipos de flujo es de forma paralela. Se resalta que durante un flujo vehicular alto las concentraciones son mayores de 850 ppm hasta las 900 ppm mientras que el flujo vehicular bajo las concentraciones va desde las 770 ppm hasta las 820 ppm.

Las concentraciones de monóxido de carbono dentro del apartado “b” refleja los flujos vehiculares respecto al tipo de día. Se constata que un flujo vehicular alto concentra mayor número de partículas de 4,2 ppm hasta las 5 ppm, mientras que para un flujo vehicular bajo estas concentraciones disminuyen a tal forma que su valor va desde los 2,6ppm hasta los 3,3 ppm.

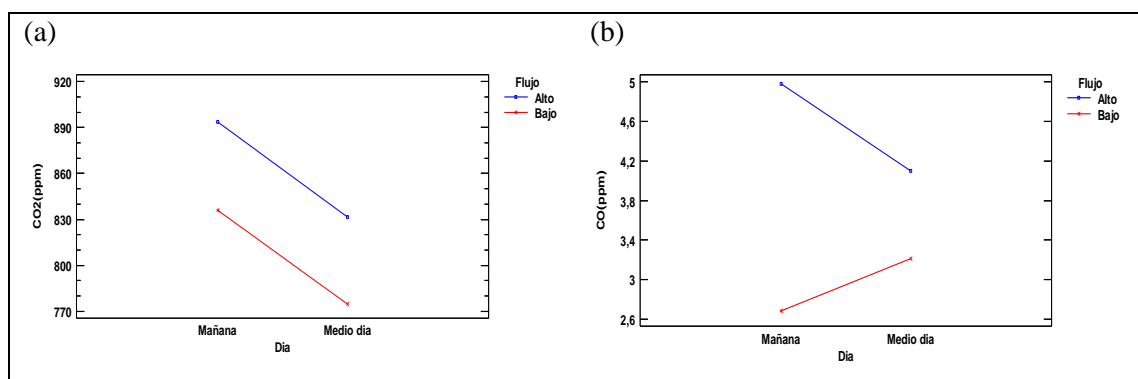


Ilustración 13-4: Concentración de (a) CO₂ y (b) CO en el segundo modo de operación

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Por medio de un análisis proporcional de las concentraciones de CO₂ y CO de las tablas de análisis de varianza 14-4 y 16-4 de las pruebas múltiples rango de las tablas 15-4 y 17-4 respectivamente, se evidencia dentro de la ilustración 14-4 dentro del apartado (a) una diferencia notable de concentraciones en la mañana con un valor aproximado de 860 ppm a comparación de 800 ppm que se encuentran durante el medio día. Mientras que, el apartado (b) denota un valor aproximado de 4 ppm de concentraciones de CO durante la mañana, pero no existe una diferencia entre el medio día.

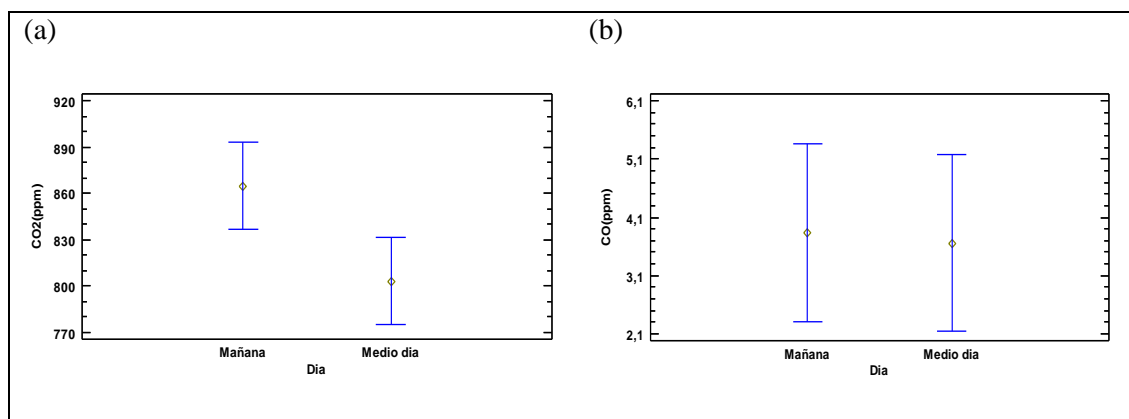


Ilustración 14-4: Concentraciones de (a) CO₂ y (b) CO durante el segundo modo de operación

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

4.3.2.2. Segundo modo de operación por vehículos

El análisis de varianza durante el segundo modo de operación para las concentraciones de dióxido de carbono se establece en la tabla 18-4. Durante la mañana el valor P es inferior del valor de significancia de 0,05, mientras que al medio día este valor no supera el 5%. Debido a que durante este modo de operación se operaba en renovación de aire a tal modo de disminuir las concentraciones.

Tabla 18-4: Análisis de varianza de CO₂ del segundo modo de operación respecto a los vehículos

Fuente	Mañana				Medio día			
	SC	MC	F	P	SC	MC	F	P
Vehículos	16756,5412	4189,1353	1,775	0,271	17588,0493	4397,0123	0,838	0,555
Flujo	11802,5145	2360,5029			26225,0603	5245,0121		
Total	28559,0557				43813,1097			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En la ilustración 15-4 las concentraciones de CO₂ durante la mañana y el medio día de los cinco vehículos se aprecia en el apartado (a) dicho comportamiento se encuentra en un rango de 800

ppm a 950 ppm. En el apartado (b) se apreciará el comportamiento del medio día el cual se encuentra oscilando entre las 750 ppm a 950 ppm, estas concentraciones durante la mañana y el medio día no supera los establecido por la normativa (ANSI/ ASHRAE Standard 62.1, 2019) de un valor de 1100 ppm.

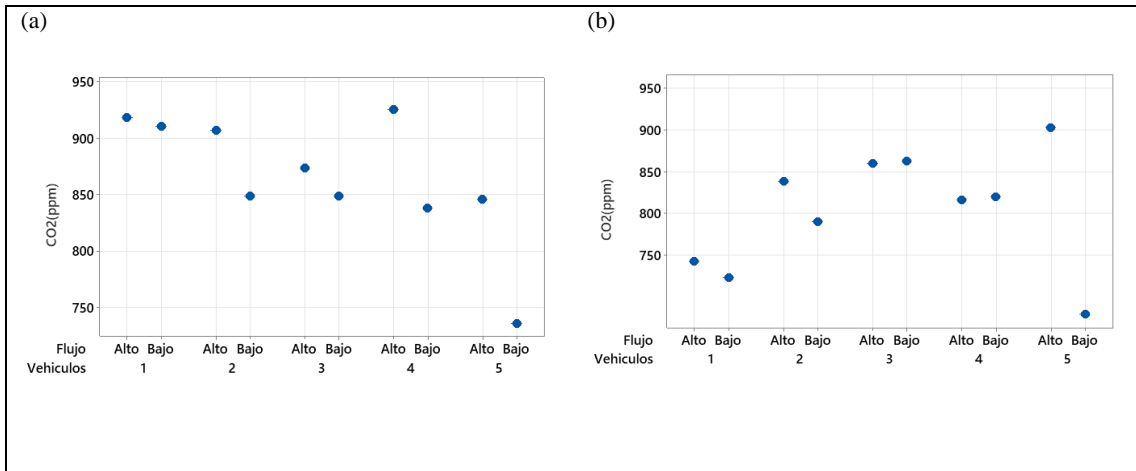


Ilustración 15-4: Concentración de CO₂ para (a) mañana y (b) medio día del segundo modo de operación con respecto a los vehículos

En la tabla 19-4 el análisis de varianza para las concentraciones de monóxido de carbono de los vehículos ensayados, se aprecia el valor P durante la mañana es superior al 5% debido a que existe un mayor número de concentraciones al iniciar la prueba por tal motivo el análisis estadístico supera este porcentaje. Mientras que para el medio día el valor P es inferior al 5% demostrando que la decisión estadísticamente concuerda con la semaforización.

Tabla 19-4: Análisis de varianza de CO del segundo modo de operación respecto a los vehículos

Fuente	Mañana				Medio día			
	SC	MC	F	P	SC	MC	F	P
Vehículos	10,1204	3,3735	0,438	0,738	2,6929	0,8976	1,424	0,360
Flujo	30,8335	7,7084			2,5216	0,6304		
Total	40,9539				5,2145			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

La ilustración 16-4 se aprecia las concentraciones de CO durante la mañana y medio día en función del número de vehículos y los respectivos flujos (alto, bajo), el apartado (a) dichas concentraciones se establecen dentro de un rango de 0 ppm a 8 ppm para la mañana, mientras que

al medio día para los vehículos (1, 2, 3 y 5) se encuentra en un rango de 1 ppm a 4 ppm, pero el vehículo 4 presenta el mayor número de concentraciones los cuales van desde 7 ppm a 12 ppm.

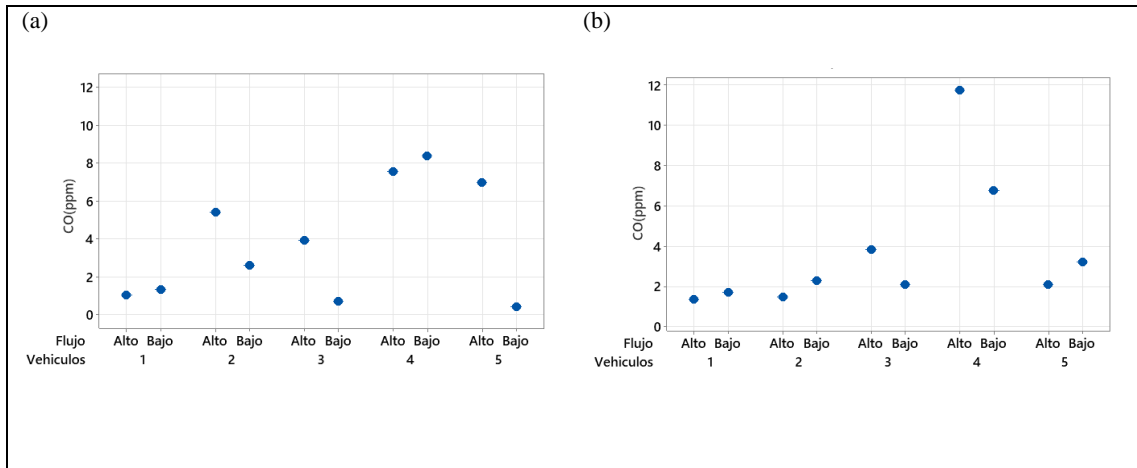


Ilustración 16-4: Concentración de CO para (a) mañana y (b) medio día del segundo modo de operación con respecto a los vehículos

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

4.3.3. Tercer modo de operación

4.3.3.1. Tercer modo de operación por flujo y día

En la tabla 20-4, para el tercer modo de operación mediante el análisis de varianza para las concentraciones de CO₂, de los efectos principales tale como el día y el flujo para el valor de P son mayores al 5% de igual manera como en primer modo de operación para el monóxido de carbono, para las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual. Los siguientes datos para la interpretación fueron seleccionados de la tabla 6-4 y 7-4 del tercer modo de operación (3).

Tabla 20-4: Análisis de Varianza para CO₂ para el tercer modo de operación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Día	196627,	1	196627,	1,71	0,2100
B: Flujo	294440,	1	294440,	2,55	0,1296
INTERACCIONES					
AB	258206,	1	258206,	2,24	0,1540
RESIDUOS	1,84476E6	16	115298,		
TOTAL (CORREGIDO)	2,59403E6	19			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En la prueba de múltiples de rangos como se observa en la tabla 21-4, las concentraciones de CO₂ en el interior del habitáculo para el tipo de día no existe una variación significativa, tal y como lo resalta la tabla 20-4 del análisis de varianza para el CO₂ y de igual manera como el primer modo operación para las misma concentración, los valores media para el medio día es de 2020,69 ppm y en el mañana 2219,00 con una diferencia de 198,307, además de que son un grupo homogéneo por estar al mismo nivel. Los datos seleccionados para la tabulación fueron de la tabla 6-4 y 7-4 que son los promedios de las concentraciones de CO₂ del tercer modo de operación para la mañana y medio día.

Tabla 21-4: Pruebas de Múltiple Rangos para CO₂ por Día para el tercer modo de operación

<i>Día</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Medio día	10	2020,69	107,377	X
Mañana	10	2219,0	107,377	X
<i>Contraste</i>		<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Mañana - Medio día			198,307	321,916

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

El análisis de varianza para las concentraciones de CO durante el tercer modo de operación, el valor de P es de igual manera superior al nivel de significancia del 5% como para el primer y segundo modo de operación en los efectos principales del día y flujo, tal y como lo muestra la tabla 22-4, los datos interpretados fueron seleccionados de la tabla 6-4 y 7-4 del tercer modo de operación (3).

Tabla 22-4: Análisis de Varianza para CO para el tercer modo de operación

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Día	0,00940526	1	0,00940526	0,00	0,9682
B: Flujo	8,43598	1	8,43598	1,47	0,2429
INTERACCIONES					
AB	8,38689	1	8,38689	1,46	0,2442
RESIDUOS	91,8006	16	5,73753		
TOTAL (CORREGIDO)	108,633	19			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Mientras que en las pruebas de múltiple de rangos para el monóxido de carbono para el tercer modo de operación no existe una diferencia significativa para las concentraciones del día, es decir

que las concentraciones para el medio día es 2,728 ppm y el medio día es de 2,771 ppm con una diferencia entre ambos es de 0,043 ppm, además de ser grupos homogéneos, tal y como se muestra en la tabla 23-4. De igual forma la tabulación de datos se realizó con la tabla 6-4 y 7-4 son promedios de las concentraciones de CO del tercer modo de operación para la mañana y medio día.

Tabla 23-4: Pruebas de Múltiple Rangos para CO por Día para el tercer modo de operación

<i>Día</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Medio día	10	2,72829	0,757465	X
Mañana	10	2,77166	0,757465	X
<i>Contraste</i>		<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Mañana - Medio día			0,0433711	2,27088

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

El apartado “a” de la ilustración 17-4 del tercer modo de operación del dióxido de carbono. Se aprecia que el flujo vehicular alto no se resalta un gran incremento, es decir, que las concentraciones van desde las 2210 ppm hasta las 2280 ppm, mientras que el flujo vehicular bajo las contracciones de CO₂ van desde las 1800 ppm hasta las 2200 ppm.

El apartado “b” muestra las concentraciones de monóxido de carbono, tienden a ser mayores durante un flujo vehicular alto que va desde 2,9 ppm hasta las 4,3 ppm, mientras que para un flujo vehicular bajo las concentraciones se encuentran aproximadamente desde 1,4 ppm hasta alcanzar los 2,8 ppm.

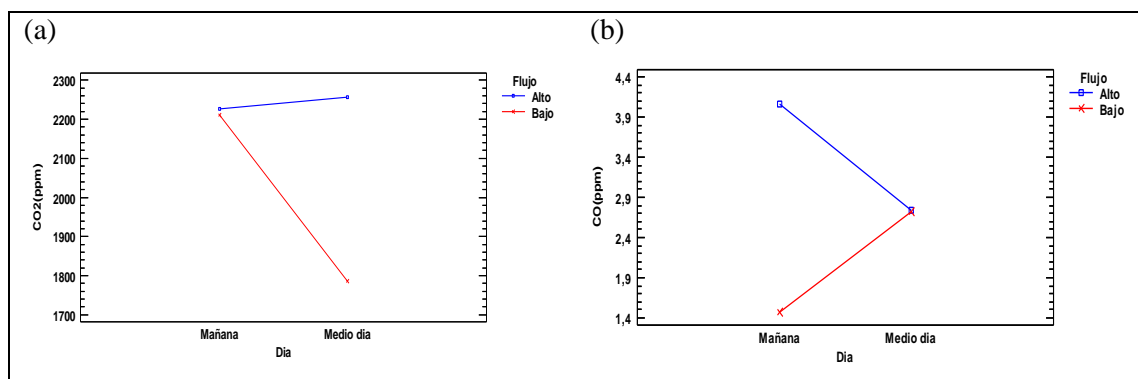


Ilustración 17-4: Concentración de (a) CO₂ y (b) CO en el tercer modo de operación

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

El análisis de varianza de la tabla 20-4 y 22-4, además de las pruebas de múltiples rangos de la tabla 21-4 y 23-4 para las concentraciones de CO₂ y CO, corroborando el mismo comportamiento en las medias de la ilustración 18-4, donde a) para la mañana existe un valor aproximado de 2250

ppm y 1 medio días se encuentra a 2000ppm, por el contrario, en b) las concentraciones de monóxido de carbono entre la mañana y medio día existe una diferencia mínima de 1ppm.

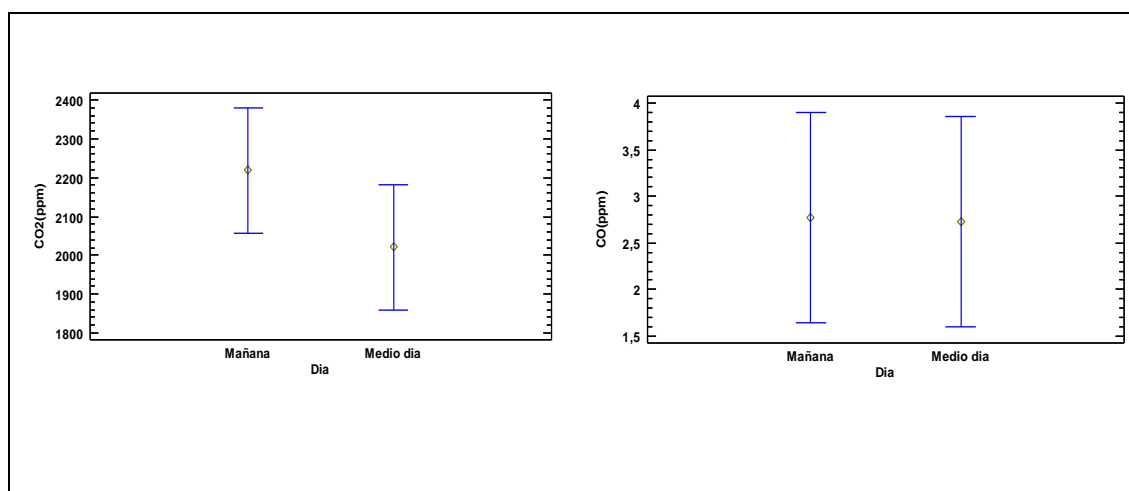


Ilustración 18-4: Medias para concentración de (a) CO₂ y (b) CO en el primer modo de operación

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

4.3.3.2. Tercer modo de operación vehículos

En la tabla 24-4, se muestra el análisis de varianza del dióxido de carbono en función del número de vehículos y el tipo de flujo vehicular, donde existe un valor significativo de P para para mañana de 0,045 menor a 5%, mientras que al medio día en valor de P se excede al 0,05, la razón de este resultado es debido a que las concentraciones del CO₂ se comporta muy diferente en todos los vehículos y es por la influencia de la temperatura al interior del habitáculo, por ende no se puede encontrar un análisis exacto.

Tabla 24-4: Análisis de varianza de CO₂ del tercer modo de operación respecto a los vehículos

	Mañana				Medio día			
Fuente	SC	MC	F	P	SC	MC	F	P
Vehículos	171916,154	42979,0414	5,515	0,045	785282,9153	196320,7288	0,701	0,624
Flujo	38962,2859	7792,45			1,40125E+06	280249,3105		
Total	210878,451				2,18653E+06			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

El comportamiento de las concentraciones de dióxido de carbono en función del número de vehículos se muestra en la ilustración 19-4, para a) las concentraciones de CO₂ se encuentran variando en un rango determinado de 2000 ppm y 2500 ppm, por el contrario, en b) existe una mayor fluctuación, el cual es de 1200 ppm y 2600 ppm. De igual manera en estos dos tipos de

días las concentraciones exceden los 1100ppm establecidas por la normativa (ANSI/ ASHRAE Standard 62.1, 2019) con un valor de 1100ppm.

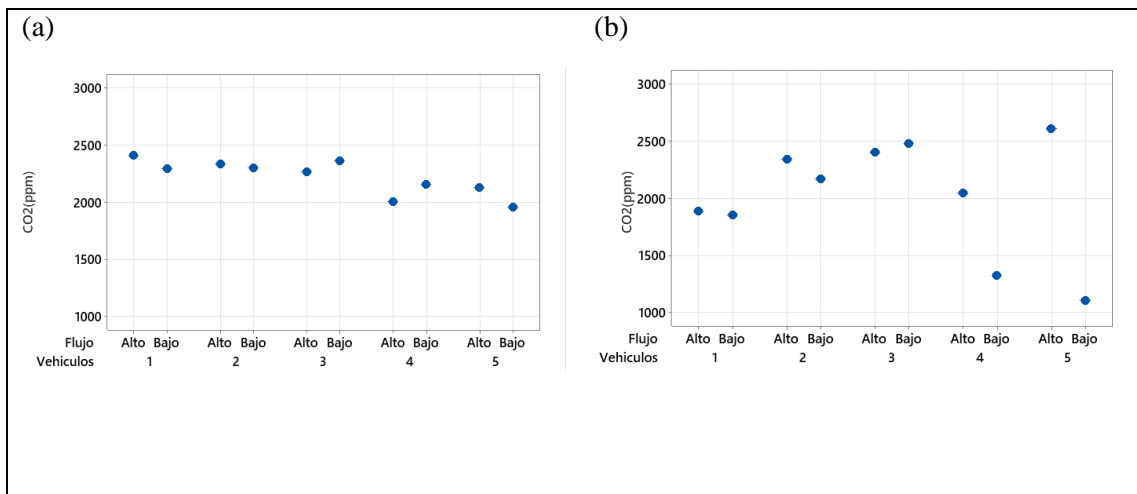


Ilustración 19-4: Concentración de CO₂ para (a) mañana y (b) medio día del tercer modo de operación con respecto a los vehículos

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

El análisis de varianza del monóxido de carbono para el tercer modo de operación mostrada en la tabla 25-4, el valor de P tanto para la mañana y medio día es mayor al de significancia del 5%, corroborando los resultados del comportamiento de dichas concentraciones en las ilustraciones de barras del 6-4 y 8-4.

Tabla 25-4: Análisis de varianza de CO del tercer modo de operación respecto a los vehículos

Fuente	Mañana				Medio día			
	SC	MC	F	P	SC	MC	F	P
Vehículos	1,1946	0,3982	0,105	0,953	1,6182	0,5394	0,817	0,548
Flujo	15,2099	3,8025			2,6419	0,6605		
Total	16,4045				4,2601			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En la ilustración 20-4 se observa las concentraciones de monóxido de carbono tanto para la mañana y medio día para los cinco vehículos SUV en comparación del tipo de flujo vehicular (alto y bajo), en a) las concentraciones existe una mayor variación que va desde 0 ppm a 6,5 ppm en el caso de la mañana, por el contrario en b) existe una mínima variación entre los vehículos (1,2,3,5) que oscilan entre 0ppm a 3 ppm, pero en el caso del vehículo van excede las 6 ppm para el flujo vehicular bajo y alto. Las concentraciones para los vehiculas 1,2,3 y 5 no exceden la

normativa (GOST 33554, 2015) de las 5ppm, mientras que el vehículo 4 se exceden en ambos días superando los establecido.

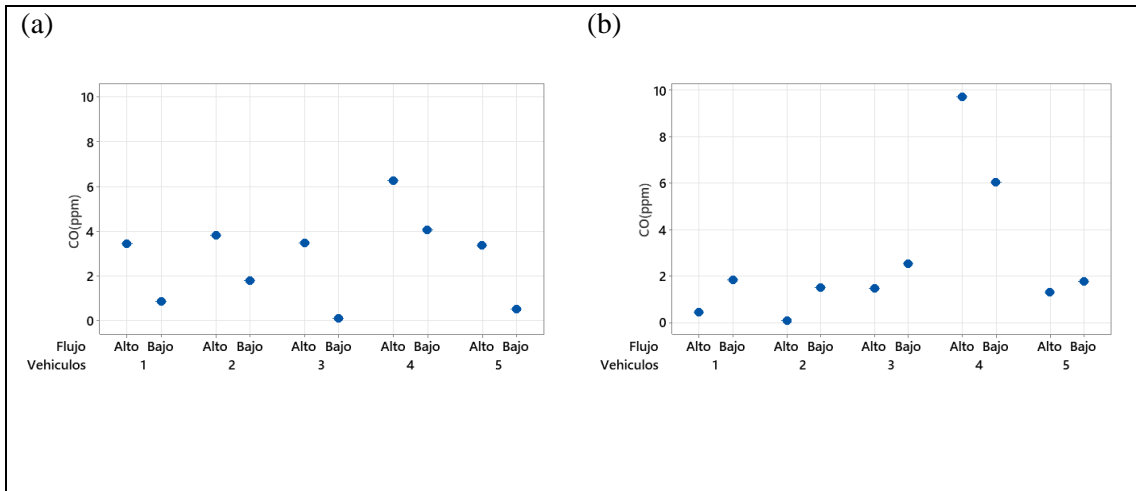


Ilustración 20-4: Concentración de CO para (a) mañana y (b) medio día del tercer modo de operación con respecto a los vehículos

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

4.4. Concentraciones generales por modos de operación

4.4.1. Comparativa del dióxido de carbono

La comparativa para los resultados de los vehículos SUV nos ayudara a evidenciar el comportamiento de las concentraciones de CO₂ y comparar entre la mañana y medio día, destacando los tres modos de operación para un flujo vehicular alto y bajo. Cabe mencionar que las pruebas se las realizaron durante las mismas condiciones climatológicas, en un lapso promedio de 90 min incluyendo los 5 min de ventilación recomendados para iniciar la siguiente prueba.

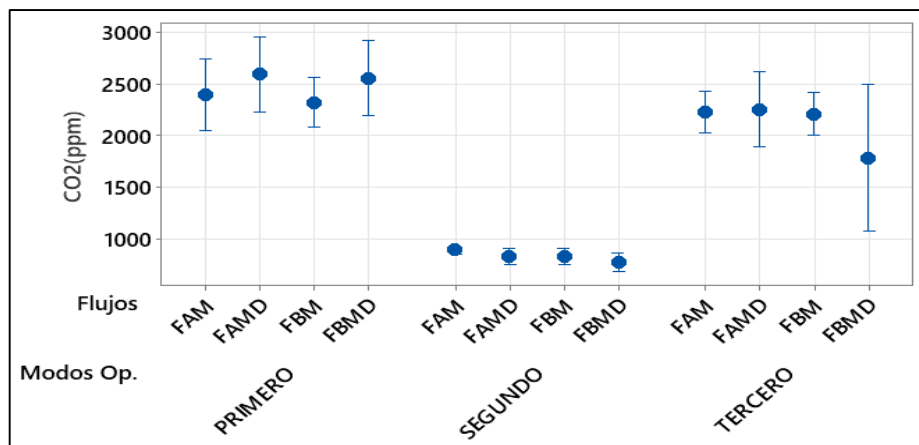


Ilustración 21-4: Comparativa de concentración de CO₂ en (a) la mañana y (b) el medio día

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En la ilustración 21-4 se evidencia para el apartado “a” los promedios de las concentraciones durante la mañana, para este primer modo de operación tanto para el flujo vehicular alto las concentraciones no exceden las 2500 ppm a comparación del apartado “b” el cual nos muestra que para el primer modo de operación estas concentraciones si exceden las 2500 ppm, confirmando así que la temperatura influye sobre las concentraciones de CO₂, tal y como lo menciona (Lawrence, 2017).

Mientras que para el apartado “a” y “b” durante el segundo modo de operación las concentraciones bajan a tal punto que no exceden las 1000 ppm, esto es debido a que, durante este modo de operación, el encargado de disminuir las concentraciones es la velocidad del ventilador estando en modo de renovación de aire.

Para el tercer modo de operación se evidencia dentro del apartado “a”, tanto para un flujo vehicular alto y bajo las concentraciones son relativamente iguales, esto es gracias a que durante esta prueba el A/C se encontraba activado a tal punto de llegar a la temperatura de confort. Mientras que, para el apartado de “b” se evidenciara que para un flujo bajo las concentraciones disminuyen ya que durante la mitad de las pruebas las condiciones climatológicas descendían su temperatura.

Tabla 26-4: Análisis de varianza de CO₂ (ppm)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Modos Op.	2	2,95857E+07	1,47928E+07	128,366	0,000
Flujos	9	1,03716E+06	115239,9447	1,812	0,090
Error	48	3,05335E+06	63611,5313		
Total	59	3,36762E+07			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En el caso del análisis de varianza para las concentraciones generales del dióxido de carbono de la tabla 26-4, el valor de P para los modos de operación es menor al de significancia del 0,05, es decir, que las contracciones en el primer y tercer modo de operación van a exceder la normativa (ANSI/ ASHRAE Standard 62.1, 2019) de 1100 ppm, pero para el segundo modo de operación el valor no de P no concuerda el valor estadístico con nuestra decisión, debido a que al realizar el cálculo estadístico existe una gran variación entre las concentraciones y el mismo software escoge la mejor decisión en función d ellos valores ingresados.

4.4.2. Comparativa del monóxido de carbono

Las concentraciones de monóxido de carbono en la ilustración 22-4 se aprecia dentro del apartado “a” durante el primer modo de operación un mayor número de concentraciones promedio durante un flujo vehicular alto respecto a flujo vehicular bajo, en cambio en el apartado “b” se destaca

que el flujo vehicular bajo es mayor en relación a flujo vehicular bajo que se aprecia en el apartado “b” durante el primer modo de operación este incremento durante la medición es debido a que el ambiente exterior presenta concentraciones de monóxido de carbono, estas aumento están en función del contaminante del exterior al iniciar las pruebas afirmando así lo que menciona menciona (Harik et al., 2017). Las concentraciones de monóxido de carbono están en función de las concentraciones iniciales del vehículo.

En el segundo modo de operación la diferencia notable dentro del apartado “a” el flujo vehicular alto contiene un mayor número de concentraciones promedio de 5 ppm a comparación del apartado “b” del mismo modo de operación y flujo vehicular arrojando un promedio de 4 ppm esta diferencia es generada por la densidad de vehículos que se encuentren circulando alrededor del mismo.

El tercer modo de operación del aparatado “b” tanto para un flujo vehicular alto y bajo poseen un promedio de concentraciones similares de 5 ppm, tal es el motivo de que al finalizar el segundo modo de operación no se apreció una disipación completa de las concentraciones, debido a que el tiempo no es suficiente a comparación del apartado “a” del tercer modo de operación donde las concentraciones para el flujo vehicular bajo son inferiores a las 2 ppm.

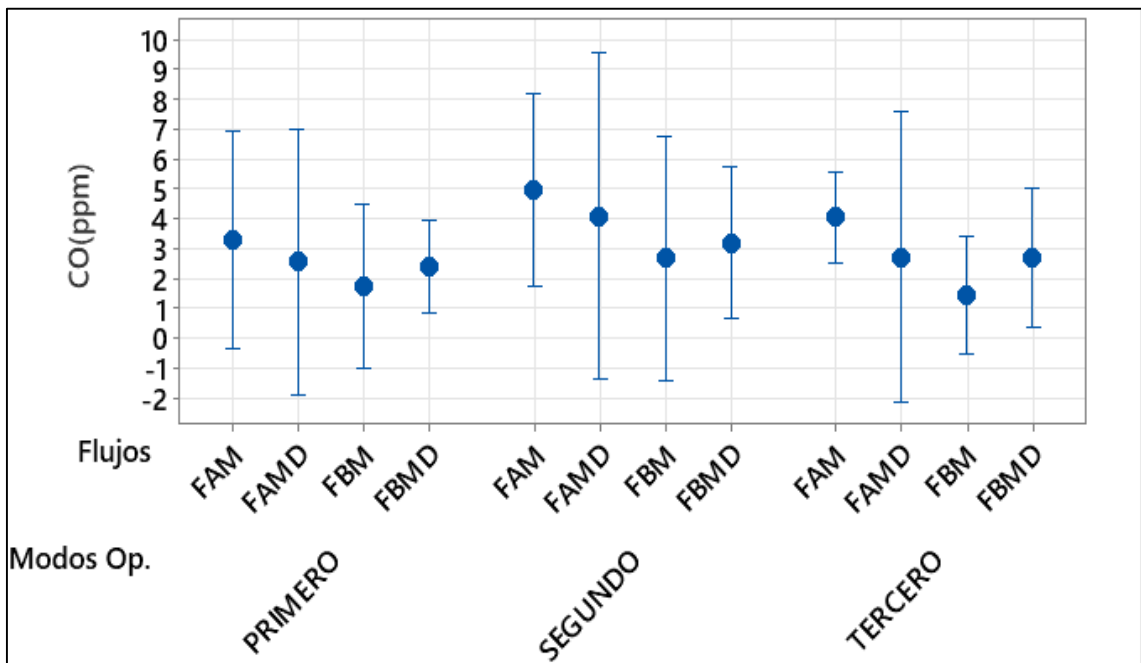


Ilustración 22-4: Comparativa de concentración de CO en (a) la mañana y (b) el medio día

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

En la tabla 27-4, se observa el análisis de varianza para las concentraciones generales del monóxido de carbono, en este caso el valor de P es mayor al de significancia del 5%, la decisión

concuerta con los valores estadísticos para los tres tipos de modos de operación, es decir, que las concentraciones de CO no exceden la normativa (GOST 33554, 2015) de las 5ppm, corroborando los resultados de la ilustraron 22-4.

Tabla 27-4: Análisis de varianza de CO (ppm)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Modos Op.	2	17,2211	8,6106	2,023	0,188
Flujos	9	38,2980	4,2553	0,554	0,827
Error	48	368,7266	7,6818		
Total	59	424,2458			

Fuente: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

Realizado por: Muñoz J., Ñacato M., 2022.

CONCLUSIONES

Para la selección de las trayectorias de los tipos de flujos vehiculares se la realizo con respecto a la revisión bibliográfica y estadísticas del tránsito vehicular, uno de los principales flujos vehiculares es el sector del triángulo, que corresponde la ruta el Pollo Gus, la ESPE y el Colibrí-ESPE con un tránsito promedio vehicular semanal de 43236 veh. mixtos/día, mientras que el flujo vehicular bajo corresponde al sector de la vía Amaguaña con un promedio semanal de 26683 veh. mixtos /día, dando un porcentaje de diferencial entre ambos flujos del 38%.

Con el conjunto de instrumentos del Testo 440 de las sondas del CO₂ y CO, permitió realizar las pruebas comprobando el comportamiento del monóxido de carbono y dióxido de carbono en el interior del habitáculo, mediante los diferentes modos de operación, flujo vehicular y tipo día en los ensayos dinámicos, con una diferencia significativa de concentraciones entre el primero y tercero respecto al segundo modo de operación.

La temperatura del interior del habitáculo tiene mayor relevancia para las concentraciones dióxido de carbono en el primer y tercer modo operación, mientras que, para el segundo modo de operación en ambos flujos vehiculares y tipo de día, la temperatura es un factor secundario para las concentraciones de monóxido de carbono.

Las concentraciones de CO₂ durante el primer (a) y tercer (c) modo de operación en la mañana existe una diferencia del 8% y con respecto al segundo modo operación (b) existe una disminución del 63%, por el contrario, para el medio día entre (a) y (c) de los modos de operación hubo una diferencia del 25%, a comparación de (b) existe una reducción del 64%. El CO las concentraciones más elevadas que se encuentran en el segundo modo de operación en Flujo Vehicular Bajo (FB) se encuentra entre 2.62 a 3.20 ppm y Flujo Vehicular Alto (FA) de 4.97 a 4.09 ppm.

Para el análisis estadístico en todos los modos de operación, el monóxido de carbono en las medias para el tipo de la mañana no sobrepasa las 5 ppm establecidas por la normativa GOST 33554, por el contrario, las concentraciones de dióxido de carbono sobrepasan las 1100 ppm establecidas por la normativa ANSI/ ASHRAE Standard 62.1, dentro los resultados la mayor media observado es de 2575 ppm, es decir un incremento de 42% con respecto a la normativa.

RECOMENDACIONES

Seleccionar distintos colores de los vehículos todoterreno para determinar la incidencia de las concentraciones de dióxido y monóxido de carbono con respecto a la temperatura interna del habitáculo.

Los resultados obtenidos de las concentraciones de dióxido de carbono y la temperatura interna del habitáculo durante el tercer modo operación es recomendable aumentar la velocidad del aire acondicionado para disminuir las partículas y observar si están son inferiores a la normativa ASHRAE.

Se recomienda realizar el mismo estudio del tema propuesto, variando el número de ocupantes durante los ensayos, bajo las mismas condiciones de ruta, pudiendo dar más énfasis a las concentraciones de dióxido de carbono y monóxido de carbono.

Con respecto a la velocidad vehicular se recomienda realizar una conducción normal durante la ruta, eliminando así el límite de velocidad para establecer la ocurrencia de las concentraciones de dióxido de carbono, monóxido de carbono y la temperatura interna del habitáculo.

GLOSARIO

A/C: El sistema de aire acondicionado (A/C), debe realizar el control de la temperatura, la humedad, el flujo y limpieza del aire dentro de un espacio, además tiene la función de recircular o renovar el aire, el cual permitirá llegar al confort térmico para los ocupantes (Serrano, 2013)

Calidad del aire: Nivel de riesgo en presencia de los contaminantes atmosféricos, tales como partículas totales en suspensión (PTS), monóxido de carbono (CO), anhídrido sulfuroso (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y oxidantes fotoquímicos, expresados como ozono (O₃) (Bedoya y Martínez, 2009, P. 67).

CO: El monóxido de carbono (CO) es un gas que no se puede ver ni oler, pero puede causar la muerte cuando se inhala en niveles superiores a 9 partes por millón (ppm) durante un período de 8 horas de exposición (Agencia de Protección Ambiental 2012; citados Huamán et al., 2015b).

CO₂: El dióxido de carbono, es un gas también denominado bióxido de carbono, óxido de carbono IV y anhídrido carbónico, sus moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013; citados en Huamán et al., 2015b).

COVs: Los compuestos orgánicos volátiles (COVs) son compuestos orgánicos constituidos fundamentalmente por carbono, que se convierten fácilmente en vapor o gas, son liberados por la quema de combustibles, como gasolina, madera, carbón o gas natural (Sánchez Montero y Alcántara León, 2007).

Concentraciones: Se basa en la determinación de la cantidad de analito (sustancia que se desea), es decir, expresa la cantidad de un elemento o compuesto en un espacio determinado

Confort ambiental: Se refiere al estado de percepción ambiental donde la persona percibe del ambiente que lo rodea comodidad pueden ser provocado por factores interno o externos (Aula Ambiental, 2016)

Condiciones Ambientales: Está relacionada con el clima, la calidad del aire la calidad del agua, la degradación del suelo y contaminantes que pueden afectar al entorno que lo rodea (Gonzalez, 2016)

Clima tropical: Es un clima que se da en la zona intertropical, generalmente la temperatura está por encima de los 18°C y nunca descensos de temperatura por debajo de los 0°C (Varela & Ron, 2020)

COVID-19: Es la enfermedad del coronavirus, donde las abreviaturas CO (corona), VI (Virus), D (enfermedad en ingles disease) y el 19 por el año de origen 2019 (OMS, 2020)

Gases nocivos: Gases tóxicos que pueden ocasionar problemas a la salud de un ser vivo, tales como el dióxido de carbono, metano. óxido nitroso entre los más relevantes (Siber Ventilación, 2016 P. 45)

Habitáculo: Se refiere a todo el espacio habitable puede ser del vehículo, casa, edificio.

IAQ: Indoor Air Quality (Calidad de Aire Interior)

Modos de operación: Es la activación o desactivación que se realiza al sistema de aire acondicionado para iniciar las pruebas.

Modo OSA: Outside Air Mode (Modo de aire exterior o renovación de aire, 2022)

PM: Material particulado, es una mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire (Salud Geoambiental, 2022).

SUV: Sport Utility Vehicle (Vehículo Utilitario Deportivo, 2022)

VIAQ: Vehicle Interior Air Quality (Calidad del aire al interior del vehículo, 2022)

BIBLIOGRAFÍA

ABI ESBER, L., EL-FADEL, M., NUWAYHID, I., & SALIBA, N. *Atmospheric Environment*, The effect of different ventilation modes on in-vehicle carbon monoxide exposure. *41*(17), 3644–3657. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.12.036>

AGUILERA-CORTÉS, L. A., HERRERA-MAY, A. L., TORRES-CISNEROS, M., et. al. *Estudio acústico-estructural de la cabina de un vehículo automotriz Acoustic-Structural Study for the Cabin of an Automotive Vehicle*. Estudio acústico-estructural de la cabina de un vehículo automotriz Acoustic-Structural Study for the Cabin of an Automotive Vehicle (Vol. 1).

ANSI/ ASHRAE STANDARD 62.1. *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. 2019.

AULA AMBIENTAL. *Confort ambiental*. Educación Confortable y Sustentable.

BARNES, N. M., NG, T., MA, K. K., & LAI, K. M. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, In-cabin air quality during driving and engine idling in air-conditioned private vehicles in Hong Kong. *15*(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph15040611>

BASTIDAS PORTILLA, A. A., & SOTO PRUNA, S. S. *Estudio y modelación de tráfico en la Avenida General Rumiñahui desde el Puente Nueve hasta el redondel del Colibrí y su incidencia en la intersección de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE*. Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE.

BEDOYA, J., & MARTÍNEZ, E. *Antioquia-colombia air quality in the aburrá valley antioquia-colombia*. Antioquia-colombia air quality in the aburrá valley antioquia-colombia. Año, 76, 7–15. (2009).

BIERWIRTH, P. *Australian National University*. Carbon dioxide toxicity and climate change: a serious unapprehended risk for human health. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16787.48168>

BOLAÑOS MORERA, P., & CHACÓN ARAYA, C. *Medicina Legal de Costa Rica*, Revisión bibliográfica intoxicación por monóxido de carbono. *34*(1).

BUHELLI RAMIREZ, H., FERNÁNDEZ ALVAREZ, R., et. al. *Archivos de Bronconeumología*, Niveles elevados de carboxihemoglobina: fuentes de exposición a monóxido de carbono. 50(11), 465–468. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2014.03.005>

CANALMOTOR. *La diferencia entre el aire acondicionado y el climatizador.* La diferencia entre el aire acondicionado y el climatizador. (2020, February 26).

CHA, Y. *Blueair.* In cabin carbon dioxide and health effects. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22676.86405>. 2019.

CHAN, A. T., & CHUNG, M. W. *Atmospheric Environment*, Indoor-outdoor air quality relationships in vehicle: Effect of driving environment and ventilation modes. 37(27), 3795–3808. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(03\)00466-7](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(03)00466-7)

CROITORU, C., NASTASE, I., BODE, F., MESLEM, A., & DOGEANU, A. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Thermal comfort models for indoor spaces and vehicles - Current capabilities and future perspectives. In (Vol. 44, pp. 304–318). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.105>

DIRKS, K. N., TALBOT, N., SALMOND, J. A., & COSTELLO, S. B. (2018a). *Atmosphere*, In-cabin vehicle carbon monoxide concentrations under different ventilation settings. 9(9). <https://doi.org/10.3390/atmos9090338>

DIRKS, K. N., TALBOT, N., SALMOND, J. A., & COSTELLO, S. B. (2018B). *Sangolqui: tiempo y clima en junio.* In-cabin vehicle carbon monoxide concentrations under different ventilation settings. *Atmosphere*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/atmos9090338es.climate-data.org>. (2022).

GLADYSZEWSKA-FIEDORUK, K. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Concentrations of carbon dioxide in the cabin of a small passenger car. 16(4), 327–331. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2011.01.005>

GONZALEZ, H. *Calidad y Gestión.* (2016, June 13). Interpretación ISO 14001:2015.

GOST 33554. *Content of pollutants in the interior of driver's cab and passenger compartment.* Content of pollutants in the interior of driver's cab and passenger compartment. 2015.

GUAMAN D. *Pontificia universidad católica del ecuador facultad de ingeniería escuela de civil disertación de grado previa a la obtención del título de ingeniero civil.* Pontificia universidad católica del ecuador facultad de ingeniería escuela de civil disertación de grado previa a la obtención del título de ingeniero civil.

HARIK, G., EL-FADEL, M., SHIHADDEH, A., ALAMEDDINE, I., & HATZOPOULOU, M. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Is in-cabin exposure to carbon monoxide and fine particulate matter amplified by the vehicle's self-pollution potential? Quantifying the rate of exhaust intrusion. *54*, 225–238. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.05.009>

HUAMÁN, Q., ADMINISTRADO, V., & SAC, P. (2015a). *Revista de Investigación Universitaria*, Descripción de los efectos de los óxidos de carbono (CO₂ y CO) en ambientes interiores y exteriores. *4*(1), 11–15.

HUAMÁN, Q., ADMINISTRADO, V., & SAC, P. (2015B). *Revista de Investigación Universitaria*, Descripción de los efectos de los óxidos de carbono (CO₂ y CO) en ambientes interiores y exteriores. *4*(1), 11–15.

INSTITUTO NACIONAL PARA LA SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL. Prevención de envenenamiento con monóxido de carbono producido por herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina. *Prevención de envenenamiento con monóxido de carbono producido por herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina.* 1996

Km77. KIA Sportage 2.0 DOHC Concept 4x2 (2008-2010) ficha técnica. (2009).

LAWRENCE, I. D. (2017a). *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)* Investigation of Indoor Air Quality Characteristics in Automotive Compartments. In (Issue 2). <https://www.researchgate.net/publication/342463978>

LAWRENCE, I. D. (2017b). *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)* Investigation of Indoor Air Quality Characteristics in Automotive Compartments. In (Issue 2). <https://www.researchgate.net/publication/342463978>

LLANES CEDEÑO, E. A., ROCHA-HOYOS, J. C., et. al. *Enfoque UTE*, *9*(2), Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. 149–158.

LUANGPRASERT, M., VASITHAMRONG, C., PONGRATANANUKUL, S., et. al. In-vehicle carbon dioxide concentration in commuting cars in Bangkok, Thailand. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 67(5), 623–633. <https://doi.org/10.1080/10962247.2016.1268983>

MÁQUINAS AGRÍCOLAS. *Equipos de aire acondicionado.* Equipos de aire acondicionado.2013.

MATHUR, G. *SAE Technical Papers, 2020-April (April).* Use of Partial Recirculation to Limit Build-Up of Cabin Carbon Dioxide Concentrations to Safe Limits per ASHRAE Standard-62. <https://doi.org/10.4271/2020-01-1245>

MATHUR, G. D. *Measurement of Carbon Dioxide in Vehicle Cabin to Monitor IAQ during Winter Season with HVAC Unit Operating In OSA Mode.* <http://www.sae.org>

MATHUR, G. D. (2011a). *Institution of Mechanical Engineers,* Influence of vehicle age on build-up of carbon dioxide in cabin to monitor indoor air quality (IAQ). 623–634. <https://doi.org/10.1533/9780857095053.8.623>

MATHUR, G. D. (2011b). *Institution of Mechanical Engineers - VTMS 10, Vehicle Thermal Management Systems Conference and Exhibition,* Influence of vehicle age on build-up of carbon dioxide in cabin to monitor indoor air quality (IAQ). 623–634. <https://doi.org/10.1533/9780857095053.8.623>

MATHUR, G. D. *SAE Technical Papers, 2016-April (April).* [https](https://doi.org/10.4271/2016-01-0254) Experimental Investigation to Determine Influence of Build-up of Cabin Carbon Dioxide Concentrations for Occupants Fatigue. [//doi.org/10.4271/2016-01-0254](https://doi.org/10.4271/2016-01-0254)

MINISTERIO DEL INTERIOR. *Otros factores de riesgo: la fatiga.* Otros factores de riesgo: la fatiga. www.dgt.es

NTE INEN 1669. *Instituto ecuatoriano de normalización, primero(revisión).* Vidrios de seguridad para automotores.

NTE INEN 2204. *Gestión ambiental aire vehículos automotores límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina.* Gestión ambiental aire

vehículos automotores límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina.

OMS. *COVID-19 es el nombre oficial de la enfermedad por el nuevo coronavirus.* Edición Medica. (2020, February 12).

PLAN DE GOBIERNO. *Cantón Rumiñahui.* Plan de Trabajo Alcaldía Ruminahui 2019-2023.

PREETHICHANDRA, D. M. G., PIYATHILAKA, L., & IZHAR, U. *Experimental Study on Cabin Carbon Dioxide Concentration in Light Passenger Vehicles.* 88. <https://doi.org/10.3390/ecsa-7-08266>

RACE. *El interior del coche a la temperatura adecuada.* El interior del coche a la temperatura adecuada. (2020).

ROJAS REINOSO, V., ROMERO HIDALGO, V., PANCHA RAMOS, J., & NEJER GUERRERO, J. M. (2020A). *Lámpsakos,* Control de la temperatura en el interior del habitáculo de un vehículo. 23, 79. <https://doi.org/10.21501/21454086.3462>

ROJAS REINOSO, V., ROMERO HIDALGO, V., PANCHA RAMOS, J., & NEJER GUERRERO, J. M. (2020B). *Lámpsakos,* Control de la temperatura en el interior del habitáculo de un vehículo. 23, 79. <https://doi.org/10.21501/21454086.3462>

SAAD, S. M., SHAKAFF, A. Y. M., SAAD, A. R. M., et. al. *AIP Conference Proceedings, 1808.* Development of indoor environmental index: Air quality index and thermal comfort index. <https://doi.org/10.1063/1.4975276>

SÁEZ CIFRE, E. *Análisis de la calidad del aire interior en función de la tipología de ventilación.* Análisis de la calidad del aire interior en función de la tipología de ventilación.2017.

SALUD GEOAMBIENTAL. *Material particulado.* Instituto Para La Salud Geoambiental. 2022.

SÁNCHEZ MONTERO, J. M., & ALCÁNTARA LEÓN, A. R. *Compuestos orgánicos volátiles en el medio ambiente.* 2017.

SERRANO, J. *Manual de aire de Aire Acondicionado y Ventilación Industrial.* 1, 650. 2016.

SIBER VENTILACIÓN. *Consecuencias de los gases contaminantes en el aire.* Siber. 2016.

SIMION, M., SOCACIU, L., & UNGURESAN, P. (2016). Factors which Influence the Thermal Comfort Inside of Vehicles. *Energy Procedia*, 85, 472–480. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.229>

SKRĘTOWICZ, M., JANICKA, A., WRÓBEL, R., & ZAWIŚLAK, M. (2018). Evaluation of driver exposure risk on toxins emitted from exhausts engine in traffic congestion simulated conditions. *E3S Web of Conferences*, 44. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184400163>

TORRES, C. *A study on the levels of CO2 in vehicle cabins.* (2014).

VARELA, A., & RON, S. *Geografía y Clima del Ecuador.* PUCE. 2020.

VERA, E. (2020). *Universidad Andina Simón Bolívar Análisis de competencia en el sector automotriz de SUV marcas chinas ensambladas en Ecuador.*

ANEXOS

ANEXO A: CERTIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DE LA Sonda DE CO

Kalibrier-Protokoll Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage Certificato di taratura • Informe de calibración	Be sure. testo	
Gerät / Module type / Modèle / Modelo:	0632 1270	
Serien-Nr. / Serial no. / No. de série / Número de serie:	20851848	
Messwerte / Measured values / Valeurs mesurées / Valores medidos:		
Sollwert / Reference / Référence / Referencia:	Toleranz / Tolerance / Tolérance / Tolerancia:	Istwert / Actual Value / Valeur réelle / Valor medido:
80.0 ppm	CO ± 5.0 ppm	82.2 ppm
Datum / Date / Date / Fecha:	Prüfer / Inspector / Vérificateur / Verificador:	
15.04.2021	4869	

ANEXO B: CERTIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DE LA SONDA DE CO₂**Kalibrier-Protokoll**Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificato di taratura • Informe de calibraciónBe sure. Gerät / Module type /
Modèle / Modelo:**0632 1550**Serien-Nr. / Serial no. /
N°. de série / Número de serie:**58616604**

Messwerte / Measured values / Valeurs mesurées / Valores medidos:		
Sollwert / Reference / Référence / Referencia:	Zulässige Toleranz / Permissible tolerance / Tolérance admise / Tolerancia permitida:	Istwert / Actual Value / Valeur réelle / Valor medido :
CO ₂		
998.5 ppm	± 80.0 ppm	1003.0 ppm
4996.0 ppm	± 350.0 ppm	4980.6 ppm
Temperatur / Temperature / Température / Temperatura (NTC)		
23.2 °C	±0.5 °C	23.1 °C
Relative Luftfeuchte / Relative humidity / Humidité relative / Humedad relativa		
43.5 %RH	±2.0 %RH	42.7 %RH
Absolutdruck / Absolute pressure / Pression absolue / Presión absoluta		
1021.0 hPa	±3.0 hPa	1020.9 hPa

Datum / Date / Date / Fecha:

18.01.2021Prüfer / Inspector /
Responsable / Verificador

ANEXO C: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TESTO 440

Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificato di taratura • Informe de calibración



Gerät / Module type / **0560 4401**
Modèle / Modelo:

Messbereich / Measuring range / **-200...+1370°C**
Etendue de mesure / Rango de medición: **-40...+150°C**

Serien-Nr. / Serial no. /
N°. de série / Número de serie: **83264522**

Messwerte / Measured values /
Valeurs mesurées / Valores medidos:

Sollwert / Reference / Référence / Referencia:	Zulässige Toleranz / Permissible tolerance / Tolérance admise / Tolerancia permitida:	Istwert / Actual Value / Valeur réelle / Valor medido:
---	--	---

Temperature:		
80.0°C	+/-0.5°C	80.0°C
25.0°C	+/-0.5°C	25.0°C

Datum / Date
Date / Fecha:
28.01.2021

Prüfer / Inspector /
Responsable / Verificad
1497