



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY
DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS
Maestría en Sistemas Vehiculares**

**Estimación de emisiones contaminantes de CO₂, en taxis con cilindrada menor a 1500 cc,
mediante Modelo IVE a través de conducción eco eficiente en la ciudad de Cuenca.**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de:
MAGISTER EN SISTEMAS VEHICULARES**

Autor:

ING. MIGUEL EDUARDO PARRA CABRERA

Director:

ING. DIEGO FRANCISCO TORRES MOSCOSO MSc.

CUENCA – ECUADOR

2019

Dedicatoria:

A mis padres Víctor y Nube, por su apoyo incondicional

Agradecimientos:

A Dios por guiar mis pasos,
a la Universidad del Azuay por el apoyo durante
el desarrollo de la investigación, en especial a mi tutor
Ing. Francisco Torres por el apoyo brindado
para la realización de la presente investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1.INTRODUCCIÓN	2
2. METODOLOGÍA	2
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	3
4. CONCLUSIONES	6
5. BIBLIOGRAFÍA	7

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de velocidades promedio taxis 1400 cc	4
Figura 2. Factores de emisión de taxis 1400 cc aplicando Eco conducción	4
Figura 3. Factores de emisión de taxis 1400 cc aplicando conducción normal	6

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proyección de emisiones de CO2 para un solo vehículo	5
Tabla 2. Proyección de emisiones a causa de la actividad de la flota de taxis.....	5
Tabla 3. Consumo según el escenario para vehículos 1400 con conducción eco eficiente.	5
Tabla 4. Consumo según el escenario para vehículos 1400cc con conducción normal.	6
Tabla 5. Diferencia de consumos en función del tipo de conducción	6
Tabla 6. Diferencia de emisiones empleando eco conducción y conducción normal	6

ESTIMACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE CO₂, EN TAXIS CON CILINDRADA MENOR A 1500 CC, MEDIANTE MODELO IVE A TRAVÉS DE CONDUCCIÓN ECO EFICIENTE EN LA CIUDAD DE CUENCA.

RESUMEN

Se determinó el factor de emisión de CO₂ en la ciudad de Cuenca empleando el método de conducción normal y eco conducción, en dos escenarios, el primero involucra un tráfico fluido, y el segundo presenta mayor cantidad de tráfico.

Utilizando un dispositivo ELM327 y un celular con tecnología Android se gravaron variables como velocidad, altitud y tiempos de parada para generar una base de datos de 20,5 millones de filas, posteriormente fueron procesados por el Modelo IVE obteniendo el factor de emisiones. El levantamiento de información fue de 48 días empleando conducción normal y 23 con conducción eco eficiente.

Los resultados evidencian que el factor de emisiones de CO₂ para el peor escenario en conducción normal es de 273,03 g/km, en el mejor escenario es de 260,73 g/km. Para la conducción eco eficiente en el peor escenario es de 350,4 g/km y en el mejor escenario es de 241,91 g/km.

Palabras Clave-. Consumo, CO₂, Contaminación, Cuenca, Emisión, Modelo, Taxis.



Ing. Diego Francisco Torres Moscoso, MSc.
Director del trabajo de titulación



Ing. Miguel Eduardo Parra Cabrera
Autor

**ESTIMATION OF CO₂ POLLUTANT EMISSIONS IN TAXIS WITH
DISPLACEMENTS UNDER 1500 CC THROUGH THE IVE ECO-EFFICIENT
DRIVING MODEL IN CUENCA.**

ABSTRACT

The CO₂ emission factor in Cuenca was determined using the normal driving method and eco-efficient driving in two scenarios, the first one involves a fluid traffic and the second one presents a greater amount of traffic.

Using an ELM327 device and a cell phone with Android technology, variables such as speed, altitude and downtimes were recorded to generate a database of 20.5 million rows. Subsequently, these data were processed by the IVE Model obtaining the emission factor. The information was collected for 48 days using normal driving and 23 days with eco-efficient driving.

The results showed that the CO₂ emission factor for the worst scenario in normal driving was 273.03 g/km and 260.73 g/km for the best scenario. For eco-efficient driving, the worst scenario was 350.4 g/km and the best scenario was 241.91 g/km.

Keywords–. Consumption, CO₂, Pollution, Cuenca, Emission, Model, Taxis.



Ing. Diego Francisco Torres Moscoso, MSc.
Director del trabajo de titulación



Ing. Miguel Eduardo Parra Cabrera
Autor



Translated by
Ing. Paul Arpi

Estimación de emisiones contaminantes de CO₂, en taxis con cilindrada menor a 1500 cc, mediante Modelo IVE a través de conducción eco eficiente en la ciudad de Cuenca

Ing. Miguel Eduardo Parra Cabrera
DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS
Maestría en sistemas vehiculares
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador
miguelparra@es.uazuay.edu.ec

Resumen- Se determinó el factor de emisión de CO₂ en la ciudad de Cuenca empleando el método de conducción normal y eco conducción, en dos escenarios, el primero involucra un tráfico fluido, y el segundo presenta mayor cantidad de tráfico.

Utilizando un dispositivo ELM327 y un celular con tecnología Android se gravaron variables como velocidad, altitud y tiempos de parada para generar una base de datos de 20,5 millones de filas, posteriormente fueron procesados por el Modelo IVE obteniendo el factor de emisiones. El levantamiento de información fue de 48 días empleando conducción normal y 23 con conducción eco eficiente.

Los resultados evidencian que el factor de emisiones de CO₂ para el peor escenario en conducción normal es de 273,03 g/km, en el mejor escenario es de 260,73 g/km. Para la conducción eco eficiente en el peor escenario es de 350,4 g/km y en el mejor escenario es de 241,91 g/km.

Palabras Clave- Consumo, CO₂, Contaminación, Emisión, Taxis, Cuenca. Modelo.

Abstract- The CO₂ emission factor in Cuenca was determined using the normal driving method and eco-efficient driving in two scenarios, the first one involves a fluid traffic and the second one presents a greater amount of traffic.

Using an ELM327 device and a cell phone with Android technology, variables such as speed, altitude and downtimes were recorded to generate a database of 20.5 million rows. Subsequently, these data were processed by the IVE Model obtaining the emission factor. The information collected for 48 days using normal driving and 23 days with eco-efficient driving.

The results showed that the CO₂ emission factor for the worst scenario in normal driving Was 273.03 g/km and 260.73 g/km for the best scenario. For eco-efficient driving, the worst scenario was 350.4 g/km and the best scenario Was 241 g/km.

Keywords- Consumption, CO₂, Pollution, Cuenca, Emission, Model, Taxis.

1. INTRODUCCIÓN

Para determinar la generación de emisiones contaminantes a causa de la actividad vehicular existen métodos directos e indirectos. Entre los métodos directos existen pruebas que se realizan en laboratorios equipados con dinamómetros y mediciones a bordo donde se emplean equipos portátiles que permiten registrar datos de emisiones contaminantes mientras el vehículo se desplaza, la desventaja de usar este tipo de pruebas es el costo elevado de los equipos. Por otro lado, están los métodos indirectos que son programas computacionales que emplean información de métodos directos que es ajustada a las condiciones de cada modelo para realizar el cálculo de los factores de emisión. Su principal ventaja es su bajo costo de implementación, y aunque sus resultados no son tan exactos como con el método directo, a través de ellos se puede estimar el inventario de gases contaminantes debido a la actividad vehicular con alta precisión. [1], [2], [3]

Actualmente en la ciudad de Cuenca se desconoce la diferencia de emisiones de CO₂ entre vehículos en los que se aplica la conducción normal y los que se aplica eco conducción; pues no se han desarrollado estudios que permitan estimar el factor de emisiones de CO₂ que se producen bajo el método de eco conducción; al desconocer su contribución, no se pueden establecer medidas que permitan promover la conducción ecoeficiente y disminuir de esta manera la contaminación ambiental a causa de la actividad vehicular.

Para el desarrollo de este proyecto se empleó el método indirecto con el fin de determinar la cantidad de CO₂ generada a causa de la actividad vehicular, para este caso en específico tomando en cuenta la actividad de los taxis que emplean un método de conducción ecoeficiente. Es decir, a través de este proyecto de investigación se levantó información con la ayuda de dieciocho celulares con tecnología Android que disponían de la aplicación Torque y el mismo número de dispositivos ELM327, que permitieron recabar información relacionada con el tiempo, la velocidad y la altitud, de estos vehículos, que posteriormente fueron procesados con ayuda del modelo IVE para estimar la cantidad de CO₂ generado debido a la actividad de los taxis que emplean una técnica de conducción ecoeficiente para desplazarse por sus rutas mientras realizan su actividad diaria. [4]

En base a la información obtenida de esta investigación se podrán establecer parámetros relacionados a las variables empleadas que permitan desarrollar campañas de concienciación dirigidas a gremios de transporte liviano y a la ciudadanía en general, ya que una conducción ecoeficiente contribuye a prolongar la vida útil de los automotores, reducir el consumo de combustible y lo más importante se reduce la emisión de gases contaminantes, que aumentan el riesgo de padecer enfermedades respiratorias agudas, y gases causantes del calentamiento global como lo es el CO₂ mismo que es uno de los principales productos de la actividad vehicular. [5], [6], [7]

Este artículo se divide en tres secciones en la primera se hace referencia a la metodología empleada, donde se desarrolla la secuencia para el levantamiento de la información, su procesamiento y obtención de resultados. En una segunda sección, se dan a conocer resultados y discusión, se detallan los resultados obtenidos realizando un análisis de estos. Finalmente se dan a conocer las conclusiones.

2. METODOLOGÍA

El presente proyecto es una investigación macro que involucra en total a dieciocho taxis cuyas cilindradas están entre 1400 y 1600 cc que fueron tomados como muestras, ya que representan la flota de taxis de la ciudad de Cuenca al existir mayor número de estos, y de once investigadores enfocados en aspectos puntuales de la investigación.

Para desarrollar este proyecto fue necesario realizar una inspección visual e identificar la tecnología de los vehículos motivo de estudio. Para ello se tomó en cuenta; tipo de combustible empleado, sistema de entrega de combustible, sistema de control de emisiones evaporativas.

Luego a los vehículos se los instrumentó con un dispositivo ELM327 y un celular con tecnología Android provisto de la aplicación Torque con la finalidad de levantar la información correspondiente al tiempo, velocidad y altitud de sus recorridos. Para registrar esta información el conductor de cada vehículo tuvo únicamente que encender el dispositivo iniciar el registro al principio de la jornada y al finalizar la misma tenía que guardar el registro para almacenarlo.

El proceso de levantamiento de información con los taxis fue de dos meses diez días, es decir 71 días, de estos, 48 días se tomaron datos con conducción

normal y 23 días corresponden a conducción eco eficiente luego de haber realizado una capacitación sobre este tipo de conducción a los conductores. La información de los taxis durante el estudio se levantó en jornadas que variaba de entre seis a veinte horas diarias dependiendo de la unidad. Una vez terminada la recolección de datos, se procedió a la creación de una base de datos.

Para lo cual en primera instancia se clasificaron los archivos .csv según el taxi del cual provenían los datos, posteriormente se realizó un filtrado de celdas vacías y datos erróneos, misma que se realizó mediante programación debido a la gran cantidad de archivos existentes.

Esta base de datos fue guardada en PostgreSQL, que es un gestor de bases de datos, para lo cual se programó una aplicación en Matlab capaz de importar, ordenar los datos, transformar las unidades en caso de ser necesario y las guarda en una tabla de la base de datos. La base consta de aproximadamente 20,5 millones de filas de datos, cada fila contiene información de identificación del vehículo, fecha y hora, posición GPS, altitud y velocidad del vehículo.

Posteriormente se analizan las emisiones de CO₂ en dos escenarios los cuales corresponden: primero a un escenario cuando el tráfico es más fluido el cual representa el mejor escenario, y el segundo un escenario en el cual existe mayor tráfico y dificulta la circulación de vehículos, que representa el peor escenario posible, para ello se ordenó de menor a mayor las velocidades promedio de cada hora de datos comprobando que corresponden a una distribución normal.

El mejor escenario corresponde al primer cuartil de la distribución normal de la muestra de datos. Mientras que el peor escenario corresponde al tercer cuartil de la distribución normal de la muestra de datos.

Con la ayuda de la aplicación para filtrado de datos, elaborada por Byron Romero en el 2017 en la tesis “Desarrollo de aplicación para la obtención de bins de entrada de patrones de conducción de acuerdo al modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE)” [3], se procede a filtrar los datos de velocidad y altitud de los recorridos representativos, mismos que pasan como se mencionó, por un filtro de datos atípicos y la suavización de la curva, antes de ser procesados para el cálculo de Bines de potencia específica vehicular

VSP por sus siglas en inglés mediante el programa para el cálculo de Bines VSP.

Posterior a ello, para el cálculo de CO₂ se empleó el Modelo IVE, por tal motivo una vez calculados los Bines VSP son importados al Modelo IVE para configurar la localidad. Tomando en cuenta que se utilizó una temperatura de 16.1 °C y una humedad relativa del 60%, que corresponden al registro promedio de la ciudad de Cuenca [8]. Para los datos de calidad del combustible se consideró lo estipulado en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935 [9]. Misma que establece los límites máximos de los diferentes componentes de la gasolina en Ecuador. El contenido de azufre se establece en 650 ppm, el contenido de benceno es 1%, no contiene plomo y el contenido de oxígeno es 2.7%.

En lo que respecta a la flota vehicular para el estudio, esta corresponde a la tecnología vehicular 127, que es la tecnología vehicular más común entre los taxis de la ciudad, la cual describe un vehículo liviano a gasolina, inyección multipunto, con catalizador, EGR y PCV. Con esta información cargada en el Modelo IVE se puede ya calcular el factor de emisión para el CO₂.

Luego de lo anterior fue necesario exportar los resultados obtenidos en el IVE a un archivo de texto con la finalidad de calcular el factor de emisión para el CO₂ por kilómetro recorrido, tomando en cuenta el peor y mejor escenario posible de los datos tomados en los vehículos que aplicaron la conducción eco eficiente. Finalmente se realiza una comparación de los resultados de emisiones y consumo de combustible entre vehículos que fueron conducidos con conducción normal y con eco conducción.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Siguiendo la metodología detallada en la sección anterior se analizó una muestra de 612 datos sobre velocidades promedio de cada hora de recorrido, el histograma de datos se muestra en la figura 1, donde en el eje x se presentan los rangos de velocidades promedio mientras que el eje y hace referencia al porcentaje de datos que están en ese rango.

Esto permite determinar, para vehículos que aplican eco conducción, que en la hora pico que hace referencia al peor escenario se mantuvo una velocidad promedio de 13,75 km/h y en el mejor escenario u hora valle se tiene una velocidad promedio de 21,8 km/h.

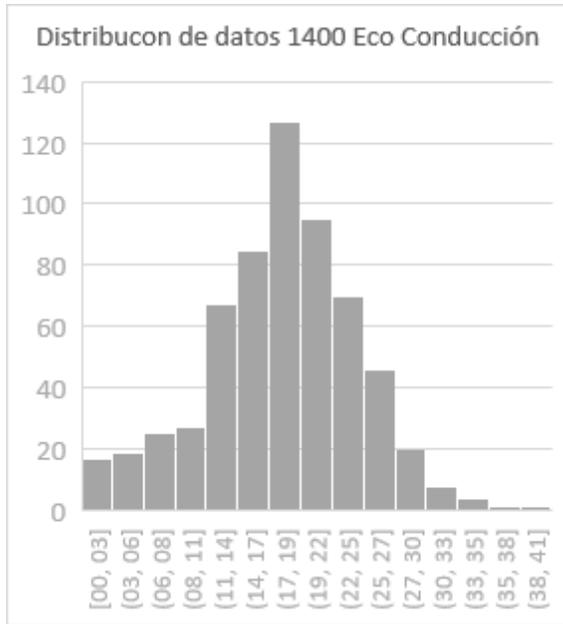


Figura 1. Histograma de velocidades promedio taxis 1400 cc, en el eje x velocidades promedio, en el eje y el porcentaje de datos que están en ese rango.

Al mejor escenario le corresponden los datos registrados el día 25 de julio del 2019 entre las 20:00 y 21:00, en el vehículo “Taxi-15” y consta de 3600 datos registrados. Mientras que al peor escenario le corresponden los datos registrados el día 12 de julio del 2019 entre las 9:00 y 10:00 a.m., en el vehículo “Taxi-6” y consta de 3287 datos registrados.

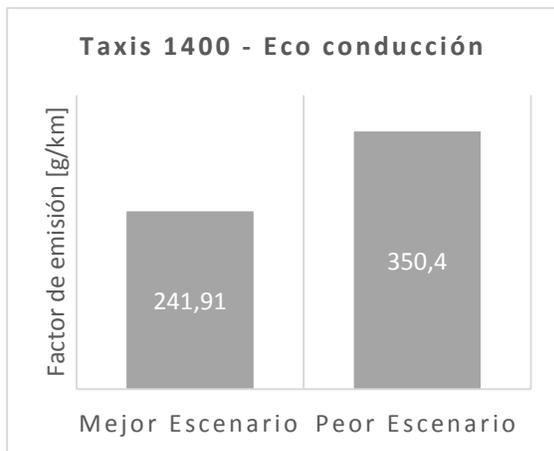


Figura 2. Factores de emisión de taxis 1400 cc aplicando Eco conducción

De estos datos obtenidos con respecto a los recorridos de los vehículos, tomando en cuenta el peor y mejor escenario se ha conseguido por medio del procesamiento de datos descrito y el Modelo IVE,

los factores de emisiones en el mejor y peor escenario de las horas indicadas con anterioridad, figura 2. Para estimar los factores de emisión $Q_{[t]}$ el modelo IVE realiza un proceso de cálculo interno empleando la ecuación 1.

$$Q_{[t]} = B_{[t]} \times K_{(1)[t]} \times K_{(2)[t]} \times \dots \times K_{(x)[t]} \quad (1)$$

Esta ecuación multiplica la base de factores de emisión (B) por la serie de factores de corrección (K) para estimar los ajustes del factor de emisión (Q) para cada tipo de vehículo. Los factores de corrección se obtienen de los patrones de conducción, características del parque automotor, del combustible y condiciones atmosféricas. [2]

Como se puede apreciar en la figura 2, en el mejor escenario con condiciones de poco tráfico en un horario de entre las 20:00 y las 21:00 del 25 de julio se ha producido un factor de emisión de 241,91 g/km de CO₂ recorriendo una distancia de 21,81 km mientras que en el peor escenario que corresponde al 12 de julio entre las 9:00 y 10:00 a.m., se ha producido un factor de 350,4 g/km de CO₂ recorriendo una distancia de 12,57 km. Evidenciando que en situaciones de mayor tráfico se incrementan las emisiones producidas debido a la actividad vehicular.

Una vez determinado el factor de emisiones $Q_{[t]}$ por kilómetro recorrido en el mejor y peor escenario se puede realizar una proyección de emisiones de CO₂, en función del tiempo, tomando en cuenta los kilómetros que recorre un vehículo:

$$CO_2 \text{ kg/año} = km_{ra} \times Q_{[t]} \times n_v \quad (2)$$

Empleando la ecuación 2 se puede determinar la cantidad de gramos de CO₂ emitidos en un año por un número de vehículos determinado, para ello se multiplica la cantidad de kilómetros recorridos por el automóvil en un año km_{ra} por el factor de emisión $Q_{[t]}$ y por el número de vehículos n_v . La ecuación puede ser empleada para determinar las emisiones en un día, mes o año, según se requiera.

En la tabla 1 se ha considerado que, si un taxi trabaja 12 horas al día con poco tráfico en el mejor escenario, a una velocidad promedio de 21,80 km/h habrá recorrido en la jornada 261,6 km, mientras que en el caso del peor escenario con alto tráfico un taxi podría recorrer a una velocidad promedio de 13,85 km/h una distancia de 165 km.

Tabla 1. Proyección de emisiones de CO₂ para un solo vehículo

Taxis 1400 aplicando Eco conducción		
	Peor Escenario	Mejor Escenario
Factor de emisiones g/km	350,4	241,91
km que recorre un taxi en un día (KVR)	165	261,6
CO ₂ kg/día	57,82	63,28
CO ₂ t/mes	1,39	1,52
CO ₂ t/año	16,65	18,23

Teniendo presente el mejor escenario, si todas las horas tendrían el mismo comportamiento en cuanto al tráfico en un día se generarían 63,28 kg de CO₂, mientras que en el peor escenario en un día se generarían 57,82 kg de CO₂. Bajo este mismo criterio en un año en condiciones de mejor escenario se generarían 18,23 toneladas de CO₂ y en el caso del peor escenario se generarían 16,65 toneladas de CO₂. Es necesario recalcar que ésta es una proyección de emisiones para un solo vehículo.

Tomando en cuenta ahora la flota actual existente de taxis en la ciudad de Cuenca que es de 3553 unidades tanto de vehículos con cilindrada de 1400 y 1600 cc, se procede a realizar la proyección de emisiones generadas en el peor y mejor escenarios posibles empleando la ecuación 2, proyección que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Proyección de emisiones a causa de la actividad de la flota de taxis

Proyección de emisiones a causa de la actividad de la flota de taxis		
	Mejor escenario	Peor escenario
kt CO₂ mensuales	5,40	4,93
kt CO₂ anuales	64,76	59,16

Siendo emitidas a la atmosfera un estimado de 5,40 kt de CO₂ mensuales y 64,76 kt de CO₂ anuales para el mejor escenario, en tanto que en el peor escenario posible se estarían emitiendo 4,93 kt de CO₂ mensuales y 59,16 kt anuales.

En base al presente estudio también se ha podido determinar el consumo total de combustible por el número de kilómetros estimados en el peor y mejor escenario. Tomando en cuenta que por medio del ELM327 se registró un consumo de combustible de 1,38 litros en una distancia de 12,57 km en el peor escenario mientras que en el mejor escenario el consumo registrado es de 2,38 litros para una distancia de 21,81 km, con estos datos aplicando una regla de tres se determina que el consumo de combustible, en caso de mantenerse durante todo el día un alto tráfico, en el peor escenario es de 10,95 l/100km y en el mejor escenario, con poco tráfico, el consumo es de 10,91 l/100km, tabla 3.

Para determinar la distancia (d) recorrida, en cada escenario, se tomó en cuenta la velocidad promedio (v) del recorrido y el tiempo (t) que éste dura, ecuación 3.

$$d = v \times t \quad (3)$$

Donde:

- d = distancia recorrida
- v = velocidad
- t = tiempo

Tabla 3. Consumo según el escenario para vehículos 1400 con conducción eco eficiente.

Taxis 1400 cc Eco-conducción		
	Peor Escenario	Mejor Escenario
Consumo recorrido [l]	1,38	2,38
Distancia [km]	12,57	21,81
Consumo [l/100 km]	10,95	10,91

Los datos mostrados en la tabla 4 fueron obtenidos durante el levantamiento de información en vehículos que usan la conducción normal y tomando en cuenta la misma metodología que en los vehículos que emplean la eco conducción, datos necesarios para el desarrollo del artículo científico del trabajo de grado que lleva por título Estimación de emisiones de CO₂ en taxis con cilindrada de 1400 cc bajo parámetros de conducción normal en la ciudad de Cuenca, utilizando el modelo IVE. Artículo que forma parte de la investigación macro mencionada en la sección anterior.

Tabla 4. Consumo según el escenario para vehículos 1400cc con conducción normal.

Taxis 1400 cc Conducción normal		
	Peor Escenario	Mejor Escenario
Consumo recorrido [l]	1,48	2,49
Distancia [km]	12,06	22,71
Consumo [l/100 km]	12,26	10,95

Tabla 5. Diferencia de consumos en función del tipo de conducción

Taxis 1400 con eco conducción vs conducción normal		
	Peor Escenario	Mejor Escenario
Consumo Eco conducción [l/100 km]	10,95	10,91
Consumo Conducción normal [l/100 km]	12,26	10,95
Reducción del consumo al usar eco conducción	10,69%	0,37%

Si se hace una comparación entre vehículos 1400 cc con conducción eco eficiente y vehículos con conducción normal, se puede ver que en el peor escenario en conducción normal se tiene un consumo de 12,26 l/100km, mientras que en el mejor escenario se tiene que el consumo de combustible es de 10,95 l/100km, tabla 4. Y que en vehículos en los que se aplica la eco conducción se consumió en el peor escenario 10,95 l/100km y para el mejor escenario 10,91 l/100km. Haciendo una regla de tres para analizar el consumo por kilómetro. Esto significa que con respecto al peor escenario empleando eco conducción existe una reducción del 10,69% y en el mejor escenario apenas una reducción de 0.37% del consumo de combustible en litros por cada cien kilómetros, tabla 5.



Figura 3. Factores de emisión de taxis 1400 cc aplicando conducción normal.

Tabla 6. Diferencia de emisiones empleando eco conducción y conducción normal

	Peor Escenario	Mejor Escenario
Factor de emisión de CO ₂ con Conducción normal [g/km]	273,03	260,73
Factor de emisión de CO ₂ con Eco Conducción [g/km]	350,4	241,91
Reducción de emisiones de CO ₂	-28,34%	7,21%

De igual forma que se hizo en la comparación del consumo de combustible para la comparación de los factores de emisiones se tomaron datos de la investigación macro al que pertenece la presente investigación. En cuanto a las emisiones de CO₂ con conducción normal, figura 3, reflejan un factor de emisión de 260,73 g/km en el mejor escenario y para el peor escenario 273,03 g/km. Así que realizando una comparación se puede ver que empleando eco conducción en el mejor escenario existe una reducción del 7,21% de emisiones mientras que en el peor escenario se manifestó un incremento del 28,34% en el factor de emisiones, tabla 6.

4. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

- Luego de haber realizado la base de datos procesando la información levantada con ayuda del Modelo IVE, se discriminaron los resultados tomando en cuenta dos escenarios, como se ha mencionado, uno que representa el mejor escenario posible y otro al peor escenario posible para la circulación de automóviles aplicando la conducción normal y la conducción eco eficiente. En el caso del peor escenario con conducción eco eficiente se obtuvieron los siguientes resultados del "Taxi-6" el 12 de julio, en uno de sus recorridos, entre las 9 y las 10 a.m. se registró una velocidad promedio de 13,75 km/h, recorriendo una distancia de 12,57 km y levantando información de 3287 datos. Posteriormente procesando estos datos se obtuvo un factor de emisión de 350,4 g/km lo que comparando con el índice de emisión en conducción normal registrados el 4 de junio en el "taxi 4" en uno de sus recorridos entre las 9 y las 10 a.m. se registró una velocidad promedio de

14,48 km/h recorriendo una distancia de 12,06 km y levantando información de 3000 datos se obtuvo un factor de emisiones de CO₂ de 273,03 g/km. Con lo que se evidencio más bien un incremento del 28,34% en el factor de emisiones cuando se emplea la conducción eco eficiente. Fenómeno que se puede dar a causa de que los taxis tienen diferentes choferes y por lo tanto estos tienen diferentes estilos de conducción, también está la posibilidad de que no emplearon la eco conducción según las capacitaciones realizadas.

- Por otro lado, se tiene el mejor escenario posible cuyos datos son obtenidos del “Taxi-15” el 25 de julio entre la 8 y las 9 pm donde se registró una velocidad promedio de 21,8 km/h y se recorrió una distancia de 21,81 km adquiriendo una cantidad total de 3600 datos, así mismo posterior al procesamiento de estos datos registrados se obtuvo un factor de emisión de CO₂ de 241,91 g/km lo que comparando con el índice de emisiones con conducción normal registrado el primero de junio entre la 10 y las 11 p.m. en el “Taxi 4” con una velocidad promedio de 22,40 km/h y una distancia recorrida de 22,71 km adquiriendo una cantidad total de 3600 datos se obtuvo un factor de emisiones de CO₂ de 260,73 g/km se evidencio una reducción del 7.21% de emisiones cuando se conduce aplicando eco conducción.
- Con la base de datos creada en esta investigación se pudo también determinar el consumo de combustible en litros por cada cien kilómetros evidenciando así que cuando se conduce con la técnica de eco conducción si se puede demostrar una reducción de consumo de combustible. Obteniendo así en base a una comparación entre los dos escenarios el mejor posible y otro el peor posible tomando en cuenta cuando se empleó eco conducción y conducción normal, se obtuvo para el mejor escenario una reducción de consumo de 0,37% lo que representa una diferencia de 0,04 l/100km entre consumo en condición normal de 10,95 l/100km mientras que para el peor escenario posible se manifestó una reducción de consumo de combustible del 10,69% lo que representa 1,31 l/100km entre 12,26 l/100km en conducción normal con

respecto a 10,95 l/100km aplicando eco conducción. Por lo tanto, existe menor consumo de combustible en litros por cada 100 km recorridos, pero el aumento de emisiones que se observa en el peor escenario usando eco conducción se debe principalmente a la forma de conducción y al tráfico vehicular existente en la ruta estudiada que son factores que influyen directamente y de mayor manera en las emisiones.

- Según los resultados presentados se puede ver que existe una reducción de consumo de combustible de 10,69% en el caso del peor escenario y en el mejor escenario un 0,37%. Esto se puede justificar debido a que gracias al empleo de la eco conducción ya sea en menor o mayor medida, dependiendo del conductor que maneja el vehículo en los diferentes escenarios, se pudo reducir el consumo de combustible con respecto a la distancia recorrida. En cuanto a las emisiones se puede ver que en el peor escenario existe un incremento del 33,3 % con respecto a la conducción normal, el motivo por el cual se presenta este resultado es que

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. I. V. E. Metodología *et al.*, “Modelo Ive : Metodología, Mediciones Y Simulación De Las Emisiones De Fuentes Móviles En La Ciudad De Lima - Perú,” *Rev. del Inst. Investig. la Fac. Ing. Geológica, Minera, Metal. y Geográfica*, vol. 7, no. 14, pp. 92–99, 2004.
- [2] International Sustainable Systems Research Center, “Manual del Usuario del Modelo IVE Mayo , 2008,” p. 55, 2008.
- [3] B. Romero, “Desarrollo de aplicación para la otención de bins de entrada de patrones de conducción de acuerdo al modelo internacional de emisiones (IVE),” Universidad del Azuay, 2017.
- [4] D. Sarango and P. Moncayo, “Determinación del indicador kilómetros-vehículo recorrido (KVR) para la ciudad de Cuenca,” 2016.
- [5] J. Ulloa and A. Velasco, “Evaluación del consumo de combustible en vehículos, utilizando diferentes estrategias cambios de marcha.” Universidad del Azuay, 2012.
- [6] L. Garcia, “Estimación Indirecta de

Emisiones Contaminantes de Fuentes Móviles en el casco urbano de la cabecera cantonal del Cantón Sevilla de Oro,” Universidad del Azuay, 2016.

- [7] D. Valencia, M. A. Muñoz, A. Ramírez, L. Builes, and C. Hoyos, “Modelo para la estimación de emisiones vehiculares como herramienta para la gestión ambiental institucional,” *Prod. + Limpia*, vol. 10, no. 1, pp. 22–39, 2015.
- [8] EMOV EP, “Informe de Calidad de Aire Cuenca-2015,” 2016.
- [9] C. Ecuatoriana, “ECUATORIANA NTE INEN 935,” 2016.
- [10] J. Zhunio, “Metodología Para La Obtención De Los Indicadores Que Describen La Operación De Taxis En La Ciudad De Cuenca,” Universidad del Azuay, 2017.