



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ESTUDIO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES
CONTAMINANTES POR VEHÍCULOS QUE TRANSITAN EN
ZONA RURAL VS ZONA URBANA DE SANTO DOMINGO.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

ESCOBAR BAYAS ADOLFO RICARDO

**DIRECTOR:
ING. REMBERTO RODRÍGUEZ CRESPO**

Santo Domingo, junio 2020

© Universidad UTE. 2020
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DEL CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1721958088
APELLIDO Y NOMBRES:	Escobar Bayas Adolfo Ricardo
DIRECCIÓN:	Calle rio tiputini y av esmeraldas
EMAIL:	rescobarbayas@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	022759449
TELÉFONO MOVIL:	0998124051

DATOS DE LA OBRA				
TÍTULO:	Estudio del consumo de combustible y emisiones contaminantes por vehículos que transitan en zona rural vs zona urbana de Santo Domingo			
AUTOR O AUTORES:	Escobar Bayas Adolfo Ricardo			
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO TÉCNICO:	11, junio, 2020			
DIRECTOR DEL PROYECTO TÉCNICO:	Ing. Remberto Rodríguez Crespo			
PROGRAMA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">PREGRADO</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">X</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">POSGRADO</td> </tr> </table>	PREGRADO	X	POSGRADO
PREGRADO	X	POSGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Automotriz			
RESUMEN:	<p>Santo Domingo de los Tsáchilas es la cuarta provincia más grande del Ecuador respectivamente es por ello que se realizó un estudio del consumo de combustible y emisiones contaminantes por vehículos que transitan en zona rural vs zona urbana de Santo Domingo, pero se deberá considerar también que la eficacia del consumo de combustible tanto en la zona rural como urbana depende del manejo de cada conductor. Para este estudio se realizará diferentes viajes, establecido con una interface ELM 327 que permitirá en tiempo real vía OBDII indicar parámetros como longitud, latitud, altura velocidad entre otros y una aplicación que será descargada al teléfono que permite ver los datos en tiempo real. Los tipos de gases que son medidos CO2 NOX, la finalidad del estudio es conocer la cantidad de gases contaminantes que emite un vehículo en la zona rural vs zona rural. Los vehículos que se utilizara será tipo turismo, la condición más relevante para hacer este estudio es cuando en la zona urbana y rural tenga mayor afluencia vehicular.</p>			
PALABRAS CLAVE:	Consumo de combustible; emisiones contaminantes; interface ELM 327; gas CO2; gas NOX.			
ABSTRACT:	Santo Domingo de los Tsáchilas is the fourth largest province of Ecuador respectively, which is why a study of fuel consumption and polluting emissions by vehicles in the rural area vs. urban area of Santo Domingo was carried out, but it should also be considered The efficiency of fuel			

	consumption in both rural and urban areas depends on the management of each driver. For this study different trips are made, it is established with an ELM 327 interface that is required in real time platform OBDII indicate parameters such as longitude, latitude, high speed among others and an application that will be downloaded to the phone that allows you to see the data in real time. The types of gases that are measured CO2 NOX, the determination of the study is to know the amount of pollutant gases emitted by a vehicle in the rural area vs. rural area. The vehicles that will be used will be tourism type, the most relevant condition for doing this study is when in the urban and rural areas there is a greater influx of vehicles.
KEYWORDS	Fuel consumption; pollutant emissions; ELM 327 interface; CO2 gas; NOX gas.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



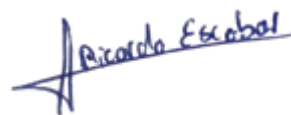
f. _____
Escobar Bayas Adolfo Ricardo
C.I. 1721958088

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **ESCOBAR BAYAS ADOLFO RICARDO** CI 1721958088: autor del proyecto titulado **Estudio del consumo de combustible y emisiones contaminantes por vehículos que transitan en zona rural vs zona urbana de Santo Domingo** previo a la obtención del título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 11 de JUNIO de 2020



f. _____
Escobar Bayas Adolfo Ricardo
C.I. 1721958088

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título **Estudio del consumo de combustible y emisiones contaminantes por vehículos que transitan en zona rural vs zona urbana de Santo Domingo**. Para aspirar título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** fue desarrollado por **ADOLFO RICARDO ESCOBAR BAYAS** bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para hacer sometido a las evaluaciones respectivas de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



Ing. Remberto Rodríguez Crespo
DIRECTOR DEL TRABAJO

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a mis padres que han sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la oportunidad, confianza y los recursos para poder lograrlo.

A mis hermanas agradecer por el apoyo y compañía en todos estos años, a mi abuela Clemencia aunque no esté físicamente con nosotros, pero sé que desde cielo me cuida.

A mi esposa por brindarme el tiempo necesario para realizarme como profesional, para mi hijo Maxi que todavía está recién nacido y a mi Dios por guiarme por el buen camino.

AGRADECIMIENTO

Al finalizar mi trabajo investigativo quiero agradecer a Dios por brindarme la fuerza necesaria para salir adelante, a la virgen del Cisne por guiarme por el camino correcto para poder cumplir mi objetivo.

También quiero agradecer a la Universidad UTE con sede en santo domingo por darme la oportunidad de realizarme como profesional, a todos mis profesores que brindaron sus conocimientos para que día a día pueda crecer como profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. CONSUMO ENERGÉTICO MUNDIAL.....	3
1.2. INTENSIDAD ENERGÉTICA	6
1.3. EL SECTOR TRANSPORTE EN ECUADOR	7
1.4. ESFUERZOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL SECTOR TRANSPORTE ECUATORIANO	9
2. METODOLOGÍA	11
2.1. ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LA FLOTA..	12
2.1.1. RUTAS DE VIAJE.....	13
2.2. INSTRUMENTACIÓN DE LOS VEHÍCULOS.	14
2.2.1. LECTOR OBDII ELM 327	14
2.2.1.1. Características del Elm327.....	15
2.2.1.2. Toma de datos en cada viaje.....	15
2.2.2. VEHÍCULOS USADOS.....	16
2.2.2.1. Estimación de índice de emisiones	19
2.2.2.2. Comparación entre SFC urbano vs SFC rural	21
2.3. DINÁMICA DE VEHÍCULOS	21
2.3.1.1. Factores que influyen en el movimiento de un vehículo	22
2.3.2. RESISTENCIA A LA RODADURA	22
2.3.2.1. Resistencia aerodinámica.....	23
2.3.2.2. Resistencia de pendiente	25
2.3.2.3. Resistencia a la inercia	26
2.4. MODELO DE VEHÍCULO DE DOS EJES	26
2.4.1.1. Los ciclos de conducción en vehículos livianos	28
2.4.2. CICLOS DE CONDUCCIÓN EUROPEOS	28
2.4.3. CICLOS DE MANEJO AMERICANOS.....	29
2.4.3.1. Ciclo FTP-75	29
2.4.3.2. Ciclos de manejo americanos	30
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
3.1. RESULTADOS	41
3.2. Ciclo representativo.....	44
3.3. ÍNDICE DE CONTAMINANTES	45
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
4.1. CONCLUSIONES	41
4.2. RECOMENDACIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA	48

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Características de los vehículos	16
Tabla 2. Viaje 2 ruta en ciudad	40
Tabla 3. Estimación de combustible SFC	41
Tabla 4. Estimación de combustible Urbano Y extraurbano	41
Tabla 5. Estimación de combustible Urbano Y extraurbano SFC	43
Tabla 6. Viajes Urbanos.....	45
Tabla 7. Viajes Rurales.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Energía del transporte consumida en el año 2016	3
Figura 2. Consumo anual de energía por país	4
Figura 3. Consumo de combustibles año 2016	5
Figura 4. Consumo mundial de energía primaria millones de tonelada	5
Figura 5. Tendencia de consumo de energía por Continentes	6
Figura 6. Tendencia de consumo en el mundo	7
Figura 7. Consumo por tipo de transporte	8
Figura 8. Evolución de la intensidad energética en el eje del transporte	11
Figura 9. Ruta de viaje urbana	13
Figura 10. Ruta de viaje urbana.....	14
Figura 11. Lector OBDII ELM 327	15
Figura 12. Análisis de datos para determinar el ciclo representativo.....	16
Figura 13. Analizador de gases QGA 6000.....	19
Figura 14. Rendimiento del motor.....	22
Figura 15. Resistencias aerodinámicas.....	23
Figura 16. Fuerzas sobre un vehículo	25
Figura 17. Modelo de vehículo 2 ejes.....	26
Figura 18. Ciclo de conducción NEDC	28
Figura 19. Ciclo de conducción FTP- CYCLE	29
Figura 20. Variación del SFC vehículo Kía	42
Figura 21. Variación del SFC vehículo Kía	43
Figura 22. Ciclo Representativo urbano	44
Figura 23. Ciclo Representativo extraurbano	44

RESUMEN

Santo Domingo de los Tsáchilas es la cuarta provincia más grande del Ecuador respectivamente es por ello que se realizó un estudio del consumo de combustible y emisiones contaminantes por vehículos que transitan en zona rural vs zona urbana de Santo Domingo, pero se deberá considerar también que la eficacia del consumo de combustible tanto en la zona rural como urbana depende del manejo de cada conductor. Para este estudio se realizará diferentes viajes, establecido con una interface ELM 327 que permitirá en tiempo real vía OBDII indicar parámetros como longitud, latitud, altura velocidad entre otros y una aplicación que será descargada al teléfono que permite ver los datos en tiempo real. Los tipos de gases que son medidos CO₂ NO_x, la finalidad del estudio es conocer la cantidad de gases contaminantes que emite un vehículo en la zona rural vs zona rural. Los vehículos que se utilizara será tipo turismo, la condición más relevante para hacer este estudio es cuando en la zona urbana y rural tenga mayor afluencia vehicular.

Palabras Claves:Consumo de combustible; emisiones contaminantes; interface ELM 327; gas CO₂; gas NO_x.

ABSTRACT

Santo Domingo de los Tsáchilas is the fourth largest province of Ecuador respectively, which is why a study of fuel consumption and polluting emissions by vehicles in the rural area vs. urban area of Santo Domingo was carried out, but it should also be considered The efficiency of fuel consumption in both rural and urban areas depends on the management of each driver. For this study different trips are made, it is established with an ELM 327 interface that is required in real time platform OBDII indicate parameters such as longitude, latitude, high speed among others and an application that will be downloaded to the phone that allows you to see the data in real time. The types of gases that are measured CO₂ NO_x, the determination of the study is to know the amount of pollutant gases emitted by a vehicle in the rural area vs. rural area. The vehicles that will be used will be tourism type, the most relevant condición for doing this study is when in the urban and rural areas there is a greater influx of vehicles.

Keywords:Fuel consumption; pollutant emissions; ELM 327 interface; CO₂ gas; NO_x gas.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El transporte no solo tiene un impacto considerable en los problemas de tráfico, sino también en los balances de energía, por lo que es apropiado un análisis un poco más detallado. Según la revista energética británica British Petroleum (BP plc) (2019), el sector industrial (incluido el uso no quemado de combustibles) consume actualmente alrededor de la mitad de todos los combustibles globales de energía y materias primas, con los edificios residenciales y comerciales (29%) y el transporte (20%) representando el resto.

Si bien es cierto, la energía es el motor que mueve el desarrollo, también ha sido y es el causante de los más graves problemas ambientales, por esto se busca disminuir el consumo energético, y por lo tanto, el ahorro financiero.

A nivel mundial se evidencia una aceleración en el consumo de energía, en 2017 se tenía una tasa de crecimiento de más de 2.3% frente a 1.1% en el año 2016 según el anuario estadístico global de energía 2018 de la firma independiente de investigación y consultoría especializada en el análisis y modelado de los mercados mundiales de energía ENERDATA.

Los ciclos de conducción son los más usados para realizar una evaluación de emisiones de contaminantes en vehículos, entre los ciclos de conducción más relevantes están el ciclo NEDC (New European Driving Cycle) usado principal en Europa para evaluar los niveles de emisión de motores de automóviles y el ahorro de combustible en los vehículos de pasajeros, consta de una parte urbana y una parte rural, expertos mencionan que no representa las condiciones de conducción reales.

El consumo mundial de energía fue estimulado por el rebote en China, el mayor consumidor de energía del mundo desde 2009, provocado por el crecimiento económico sostenido. El consumo de energía en China aumentó dos veces más rápido que en 2016. (BP Magazine (2019). Primary energy.)

La BP Magazine expresa también que el consumo de energía creció en la mayoría de los países asiáticos, como India (tasa de crecimiento constante desde 2000), Indonesia, Malasia o Corea del Sur. Aumentó por primera vez desde 2013 en Japón, impulsado por el crecimiento económico.

El crecimiento económico también aumentó el consumo de energía en Europa (por ejemplo, en Alemania, Francia, Italia y Turquía, mientras que se hundió en el Reino Unido), en Canadá y en Rusia (final de los dos años de recesión). El consumo de energía se mantuvo estable en los Estados Unidos por

segundo año consecutivo, en parte debido a una menor demanda de electricidad y mejoras en la eficiencia energética. (BP Magazine (2019). Primary energy.)

En Ecuador el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035 (PLANEE), establece los sectores de mayor consumo energético entre los cuales están: sector Transporte, correspondiente a 42% del total del consumo energético nacional; sector Industrial (18%) y sector Residencial (12%).

1.1. CONSUMO ENERGÉTICO MUNDIAL

El transporte es una actividad considerada la de mayor demanda mundial de energía, con un 50%, según datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA). Su uso depende excesivamente de recursos naturales no renovables (a base de petróleo), provocando elevados niveles de contaminación ambiental, Gases de efecto Invernadero (GEI) y Poluciones.

La Administración de Información de Energía ha publicado datos que muestran que el transporte de pasajeros, en particular los vehículos de poca potencia, representa la mayor parte del consumo de energía en el transporte. Solo los vehículos livianos consumen más que todos los medios de transporte, como camiones pesados, marinos y ferroviarios.

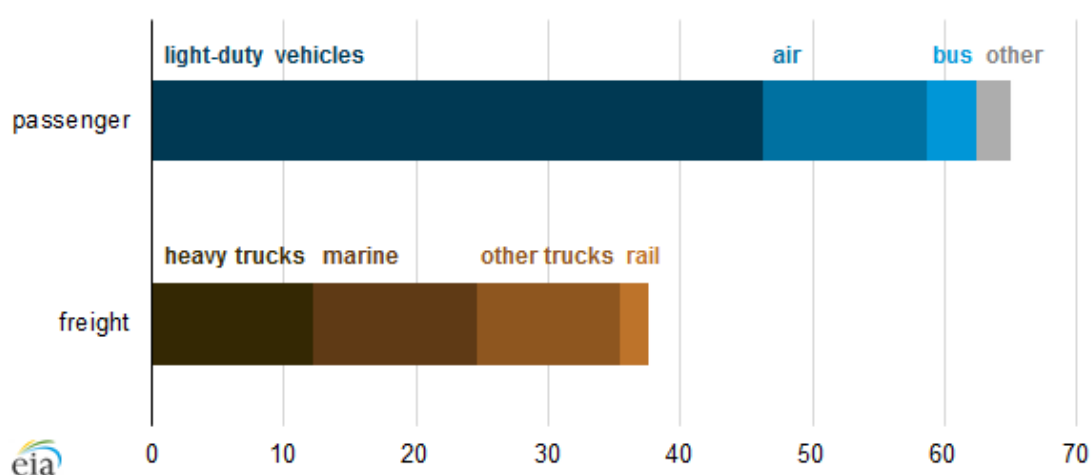


Figura 1. Energía del transporte consumida en el año 2016
Energy Outlook 2016 (IEO2016)

Si bien el uso en la carretera representa la mayor parte de la energía del transporte en todas las regiones del mundo, existe una variación considerable entre las distintas regiones en el uso de otros modos de transporte.

Por ejemplo, en Corea del Sur, el transporte marítimo representa una cuarta parte del uso total de energía en el transporte del país, lo que demuestra la importancia del transporte marítimo en esta nación de la península cuya

economía depende en gran medida de las exportaciones, con importantes socios comerciales alcanzados por los viajes marítimos.

En Australia y Nueva Zelanda, los viajes aéreos representan casi el 20 por ciento del consumo total de energía en el transporte, en comparación con el 11 por ciento en los Estados Unidos y el seis por ciento en China. En Australia, el transporte aéreo regional ayuda a conectar los centros de población costeros y el interior escasamente poblado.

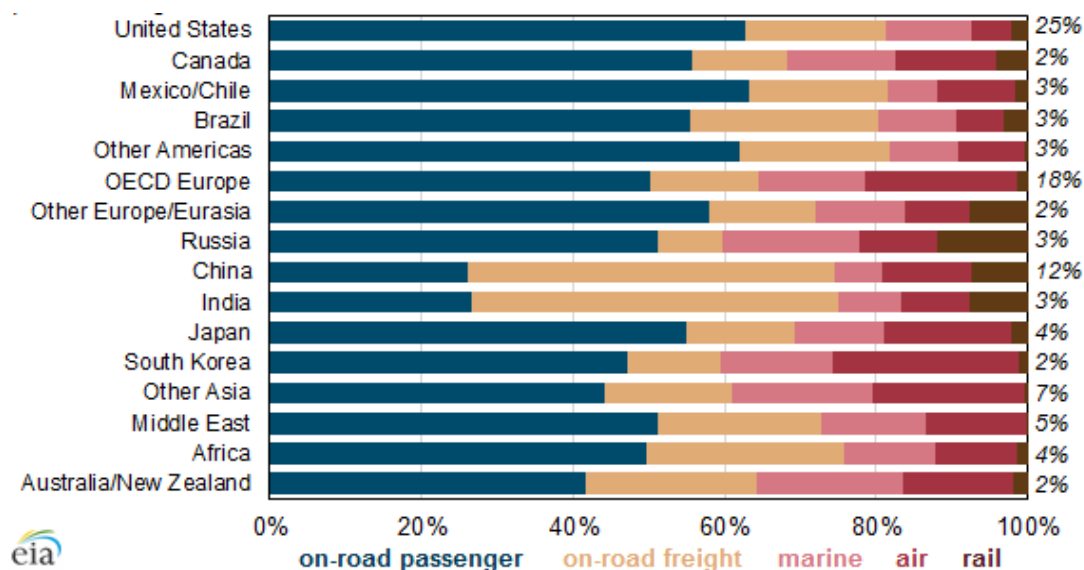


Figura 2. Consumo anual de energía por país
Energy Outlook 2016 (IEO2016)

El consumo global de energía en el transporte está dominado por dos combustibles: gasolina de motor (incluidas las mezclas de etanol) y diésel (incluidas las mezclas de biodiésel). Juntos, estos dos combustibles representaron el 77 por ciento del consumo total de transporte en 2017.

La gasolina para motores se usa principalmente para el movimiento de personas, especialmente en vehículos de servicio liviano, mientras que el combustible diésel se usa principalmente para el movimiento de mercancías, especialmente para vehículos pesados, camiones de servicio.

El combustible para aviones representa el 12 por ciento del consumo de energía en el transporte, seguido del combustible residual con el 9 por ciento.

Los productos del petróleo representan la mayor parte del consumo de energía en el transporte; los combustibles no derivados del petróleo representan una parte muy pequeña de la combinación energética mundial, el

gas natural y la electricidad representan aproximadamente el uno por ciento de la energía total del transporte.

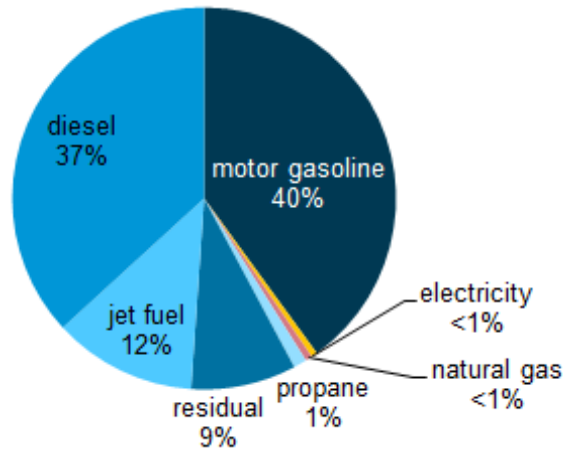


Figura 3. Consumo de combustibles año 2016
PLANEE, 2016-2035

En el año 2017 Todos los combustibles, excepto el carbón y la hidroelectricidad, crecieron a tasas superiores a la media. El gas natural proporcionó el mayor incremento en el consumo de energía con 83 millones de toneladas de petróleo equivalente (mtoe), seguido de la energía renovable (69 mtoe) y el petróleo (65 mtoe).

El petróleo sigue siendo el combustible dominante en el mundo, que representa poco más de un tercio de la energía consumida. En 2017, la cuota de mercado del petróleo disminuyó ligeramente, luego de dos años de crecimiento. La participación de mercado del carbón cayó a 27.6%, el nivel más bajo desde 2004. El gas natural representó un récord del 23.4% del consumo mundial de energía primaria, mientras que la energía renovable alcanzó un nuevo máximo del 3.6%.

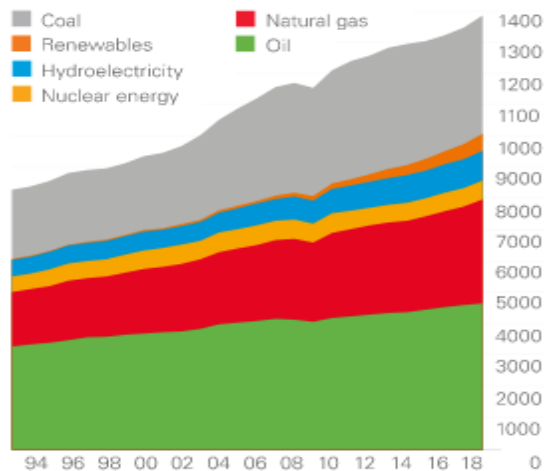


Figura 4. Consumo mundial de energía primaria millones de tonelada
Energy Outlook 2016

Algo importante que resaltar son las desigualdades en el consumo de energía primaria, los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) consumen más del 40% de la energía primaria comercializada en todo el mundo, como petróleo crudo, gas natural, carbón, energía nuclear e hidroeléctrica.

En conjunto, estos países representan poco menos del 20% de la población mundial. Algunas de las economías en desarrollo más grandes, es decir, Brasil, Rusia, India y China (BRIC), representan poco más de un tercio del consumo mundial de energía. Esto deja al resto del mundo, alrededor del 40% de la población mundial, con una participación de solo el 23% de consumo de energía.

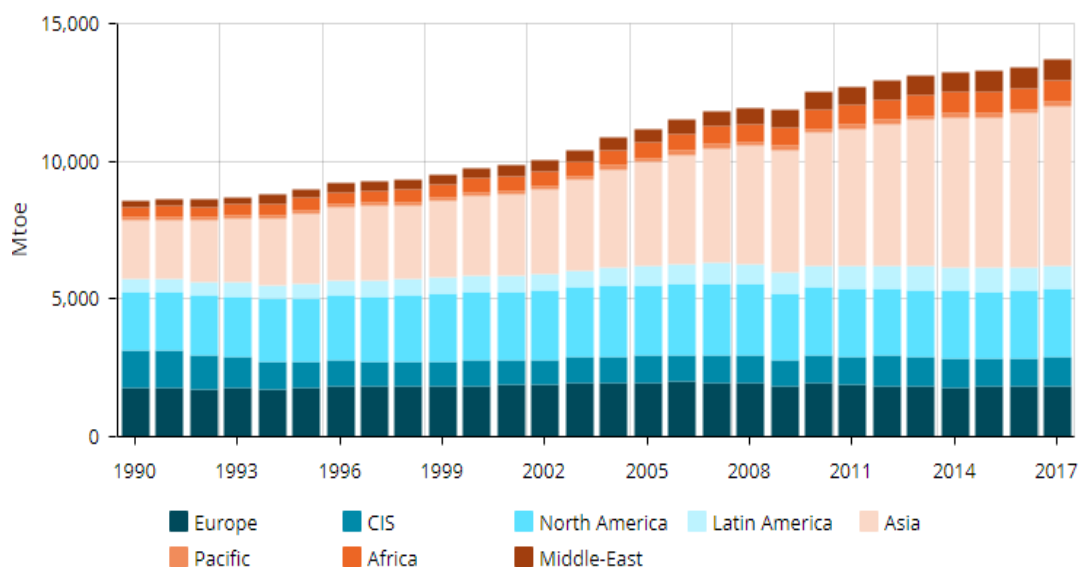


Figura 5. Tendencia de consumo de energía por Continentes
Energy Outlook 2016

1.2. INTENSIDAD ENERGÉTICA

La intensidad energética es un indicador que permite medir la relación entre el consumo energético del sector transporte y el producto interno bruto. Este valor se calcula tomando la relación entre el uso total de energía primaria (todos los combustibles y flujos que un país utiliza para obtener energía) y el PIB (el dinero total generado en un país).

Esta cantidad (medida MJ / \$) se utiliza para indicar la eficacia con la que una determinada economía está utilizando sus combustibles y flujos. Cuando un país reduce la energía desperdiciada se vuelve más eficiente.

Hablando de intensidad energética, este indicador ha mejorado a nivel mundial. La intensidad energética global (consumo total de energía por unidad de PIB) disminuyó un 1,2% en 2017, ligeramente por debajo de su tendencia histórica (-1,5% / año en promedio entre 2000 y 2017 y -1,8% en 2016).

Los niveles y tendencias de intensidad energética difieren ampliamente entre las regiones del mundo, lo que refleja las diferencias en la estructura económica y los logros de eficiencia energética.

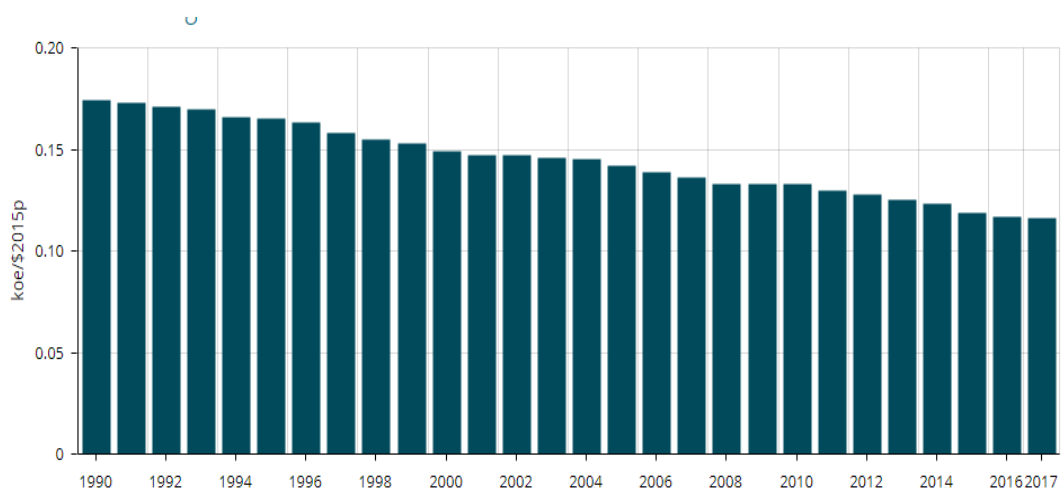


Figura 6. Tendencia de consumo en el mundo
Energy Outlook 2016

1.3. EL SECTOR TRANSPORTE EN ECUADOR

En Ecuador, el transporte representa más de la mitad del consumo final energético del país, el 99% de toda la energía de transporte proviene de fuentes fósiles, siendo el sector consumidor de mayor peso y a la vez, el que posiblemente muestra más ineficiencias, esto sumado a subsidios de combustible no focalizados y hábitos de conducción irresponsables.

Según el balance energético nacional 2016, en el año 2015 el Ecuador presentó un consumo energético de 94.682 Ktep de los cuales el 46% fue destinado a este sector. La composición del consumo energético en transporte y la desagregación por categorías del transporte terrestre se muestran en la figura 7.

Se puede concluir que los vehículos de carga pesada representan el grupo con mayor consumo dentro del transporte (44% del consumo global en transporte y más del 50% con respecto al consumo en transporte terrestre), y componen a penas 5,8% del parque automotor nacional. Instituto nacional de estadísticas y censo (INEC, 2016).

Los combustibles fósiles han predominado como la energía mayor consumida en el país, con una participación cercana al 80% durante todo el periodo entre 2000 hasta el 2015.

De éstos, el diésel y la gasolina tienen la mayor participación, los cuales aumentaron su demanda en 86% y 131% entre 2000 y 2015, respectivamente.

Referente al consumo de gasolinas por tipo de vehículo se evidencia la predominancia de consumo en automóviles de pasajeros individuales (46%). En el caso de diésel, los vehículos de carga pesada (73%) son los principales consumidores.

En términos de la matriz energética y el balance energético de Ecuador, entre todos los sectores socioeconómicos, el sector del transporte es el más vulnerable debido a muchas razones, como el uso de subsidios para los combustibles fósiles. Esta práctica conduce a un uso discriminatorio de vehículos livianos y SUV (sport utility vehicle).

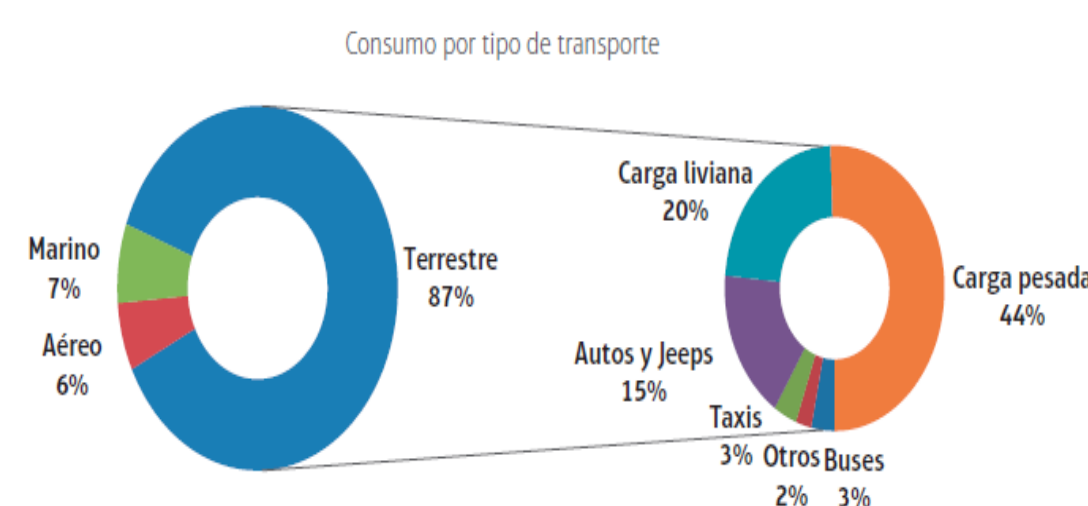


Figura 7. Consumo por tipo de transporte
MICSE, 2017

Los mayores beneficiarios de tales subsidios son principalmente la sociedad de ingresos medios a altos. Según la Organización Mundial del Comercio (OMC) (2006), "la introducción de un subsidio o cualquier otra medida gubernamental en un marco de mercado perfecto conduce a la ineficiencia de la economía y está disminuyendo el bienestar".

El gasto estatal en subsidios a los combustibles fósiles se estimó en aproximadamente 4,539.64 millones de dólares en 2012, que puede variar según la demanda actual.

1.4. ESFUERZOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL SECTOR TRANSPORTE ECUATORIANO

La antigua flota de transporte ha generado una alta tasa de emisiones durante la última década. El transporte contribuye a más del 50% (18,300 kton CO₂-eq.) del total de emisiones de GEI.

Una de las razones de este problema es la alta tasa de crecimiento de la flota, que se está convirtiendo en un patrón global, con el aumento de la contaminación del medio ambiente, en este estudio que se va realizar nos proponemos llevar acciones para minimizar las emisiones de los vehículos. En 2015, los vehículos registrados por la Agencia Nacional de Transporte (ANT) alcanzaron 920,000 unidades; para el 2017, este número era tan alto como 1, 590,000.

Además, los problemas de contaminación incluyen la falta de regulación, control de políticas y gestión. Por ejemplo, la responsabilidad de controlar la calidad de los vehículos pertenece a los municipios.

Como resultado, hay una disminución en el mantenimiento del automóvil, lo que provoca un aumento sustancial en las emisiones. Aunque el tamaño del país es perfecto para implementar un sistema de control de optimización, primero se deben modificar los aspectos culturales de la sociedad.

El gobierno nacional puede trabajar junto con los municipios mediante la implementación de sistemas y plataformas de control similares donde las regulaciones y los métodos de control puedan formar parte de la cultura y, por lo tanto, ser aceptados por la sociedad. Solo así se pueden poner en marcha acciones eficientes.

En contraste, la infraestructura vial en el país ha sido mejorada en los últimos diez años. La infraestructura de Ecuador es la segunda mejor en Sudamérica, según el Foro Económico Mundial. Como resultado, la eficiencia ha aumentado. Sin embargo, este es solo uno de los componentes de la eficiencia energética en el transporte por carretera.

Además, se ha considerado que parte de la solución será la optimización de las cadenas logísticas en el transporte de mercancías, un área donde la eficiencia energética se puede aumentar dramáticamente.

Durante el periodo 2007-2015 se contribuyó a la reducción del uso de combustibles y a la optimización de los tiempos de desplazamiento, mediante

el mejoramiento de la infraestructura de las redes vial, aeroportuaria y marítima, para el transporte de carga y pasajeros.

A partir de 2008 se estableció la exoneración de aranceles de vehículos híbridos y eléctricos. Hasta diciembre de 2014, se registró un total de 4 055 unidades híbridas y 35 eléctricas.

Desde 2010, se puso en marcha el proyecto de Producción de Biocombustible Ecopaís (gasolina extra con 5% de etanol anhidro), el consumo de gasolina Ecopaís representa 9% a nivel nacional.

Según fuentes del INNER e información del Banco Central en el Ecuador la intensidad energética en el sector transporte del 2000 al 2012 fue de alrededor de 0.082. EL PLANEE ha desarrollado ciertos escenarios a futuro considerando la ejecución de proyectos de eficiencia energética que generen beneficios en el sector, basados principalmente en la Propuesta de Política Pública y su regulación en materia de transporte terrestre sostenible y sustentable.

OBJETIVO GENERAL.

Es determinar el consumo de combustible y emisiones contaminantes por vehículos que transitan en zona rural vs zona urbana de santo domingo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Estimar el consumo de combustible en una flota vehicular.
- Evaluar los índices de emisiones vehiculares de una flota vehicular.
- Estudiar el comportamiento del consumo de combustible en carreteras urbanas y rurales.

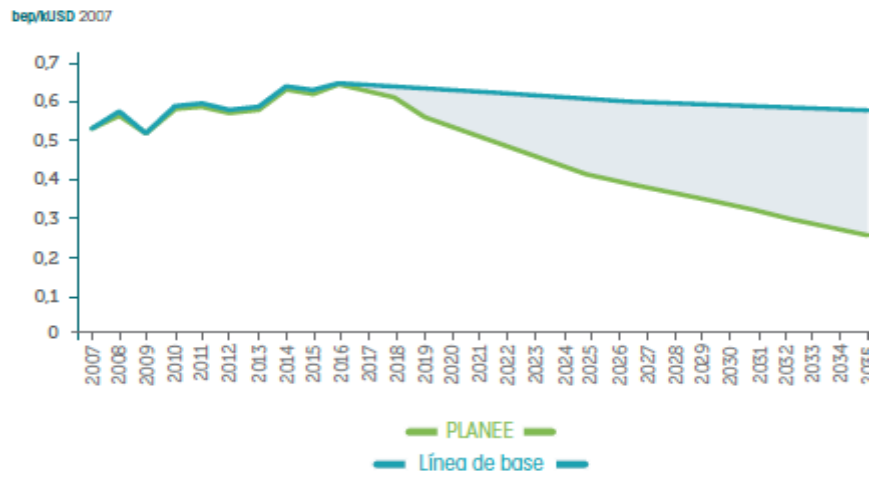


Figura 8. Evolución de la intensidad energética en el eje del transporte PLANEE, 2017

2. METODOLOGÍA

2. METODOLOGÍA

Para la realización de este tema de investigación se utilizó la investigación aplicada la misma que nos permitió encontrar mecanismos y estrategias para lograr desarrollar el objetivo general y los objetivos específicos, la misma que fue apoyada por la investigación descriptiva la que nos permitió establecer la descripción completa del consumo de combustibles en la zona rural como en la zona urbana permitiéndonos medir las características y observar el consumo del combustible fósil.

Para la obtención de datos necesarios en este trabajo de investigación se instrumentó a un grupo de vehículos con un sistema de adquisición de datos del motor con ayuda del mini scanner básico ELM 327 el cual se comunica a través del puerto de conexión OBDII, luego se realiza una prueba “Coast Down” en carretera para obtener señales que utiliza el motor para monitorear las variables físicas relacionadas, como: presión en el múltiple de admisión o flujo másico de aire a través de la admisión, régimen de giro del motor, temperatura del aire, proporción de mezcla aire – combustible y mediante la metodología MWD-CP (MINIMUM WEIGHTED DIFFERENCES OF CHARACTERISTIC PARAMETERS) diferencias mínimas ponderadas del parámetro de carácter, se pudo estimar el consumo instantáneo de combustible de cada vehículo. (Huertas, J.I., & Cedillo, J.D.D.C.K., 2017).

En este método, se obtiene un valor estimado del consumo de energía (EC) para cada viaje, y el viaje con el consumo de energía más cercano al consumo de energía promedio de todos los viajes se selecciona como ciclo de conducción representativo. Por lo tanto, utiliza el consumo de energía como parámetro de evaluación para evaluar la representatividad del ciclo de conducción. En la actualidad, las mediciones simultáneas de velocidad, tiempo y consumo de energía en flotas de vehículos en condiciones de conducción del mundo real podrían resultar en un proceso costoso con altas incertidumbres.

Como alternativa, el MWD-CP estima el consumo de energía como una función lineal de los Parámetros característicos que más influyen en el consumo de energía como la velocidad media y la aceleración positiva media. El consumo de energía para cada viaje se puede calcular usando la ecuación. (1) y la ecuación. (2) Luego, el consumo de energía promedio de todos los viajes monitoreados se calcula por la ecuación. (3).

$$\widehat{EC}_j = w_0 + \sum_i w_i CP_{ij} \quad (1)$$

$$EC_j = \widehat{EC}_j + \varepsilon_j \quad (2)$$

$$\overline{EC} = w_0 + \sum_i w_i \overline{CP}_i \quad (3)$$

En la ecuación anterior, w_0 es un valor constante, w_i es un factor de ponderación asociado al parámetro característico i , CP_{ij} es el parámetro característico i para el viaje j . \overline{CP}_i es el valor promedio del parámetro característico i para todos los viajes muestreados. ε_j corresponde a la diferencia entre el EC_j real y el estimado. El DC representativo es el viaje j con EC a que minimiza la diferencia absoluta con respecto a EC . El ciclo de conducción (DC) representativo que utiliza la metodología MWD-CP puede identificarse mediante la ecuación. (4) y la ecuación. (5).

$$EC_j - \overline{EC} = \sum_i w_i (CP_{ij} - \overline{CP}_i) + \varepsilon_j \quad (4)$$

$$C = Arg_i - \left\{ \min \sum_i w_i |(CP_{ij} - \overline{CP}_i)| \right\} \quad (5)$$

2.1. ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LA FLOTA

El método Comparación de ciclos de conducción obtenidos por los Microviajes, cadenas de Markov MWD-CP trata de determinar un ciclo de conducción representativo (RDC por sus siglas en ingles) en base al valor de consumo específico de combustible (SFC), es decir cuyas características de SFC mejor se asemejen al total de datos de los viajes, en primer lugar se determinan ciertos parámetros en base a su mayor influencia en el consumo de combustible del vehículo en cada viaje a los cuales serán parámetros característicos (CP) luego se da una ponderación específica a cada uno de ellos en base a su nivel de influencia; luego se comparan los valores resultantes de todos los viajes y de la población. El viaje que tiene el mínimo valor de la diferencia de consumo entre el viaje y el promedio de la población será el viaje más representativo.

Para aplicar la metodología, de manera global se debe ejecutar cuatro pasos básicos:

- Determinar la ruta del viaje.
- Realizar una instrumentación de los vehículos.
- Recolección de datos.
- Determinar el ciclo representativo con un análisis de datos.

2.1.1. RUTAS DE VIAJE

Se escogieron dos rutas representativas una para viajes urbanos y otra para viajes rurales. Para los viajes urbanos se consideró trasladarse de un punto a otro dentro de la ciudad de Santo Domingo, desde el parque de la juventud hasta el indio colorado desde 12pm hasta las 14pm donde la gente se dirige a almorzar y reiterar a sus hijos de diferentes colegios. Ya que en esa hora la ciudad se encuentra con tráfico vehicular, que conecta a la zona céntrica y comercial de la ciudad, además está comprendida por las vías principales más importantes de Santo Domingo.

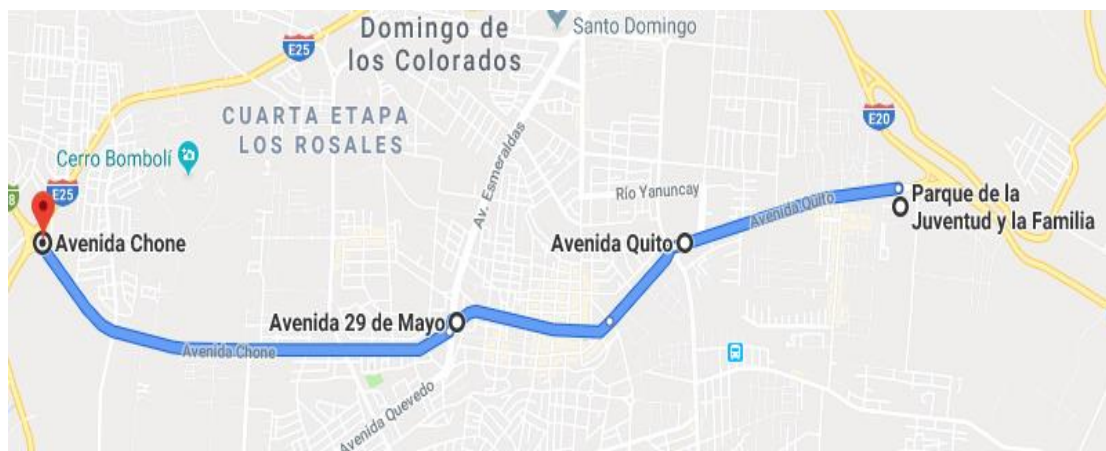


Figura 9. Ruta de viaje urbana

Ruta 1: manejo en ciudad por principales vías de la ciudad

Para la ruta rural se considerará usar tiempos de viaje iguales al trayecto urbano ya que por naturaleza los trayectos en vías rurales son más largos que las rutas urbanas, aquí se usará el criterio de que buscar la ruta rural a analizar debe ser una vía importante y usada a diario por lo que consideramos que la vía Santo Domingo – Puerto Limón es una vía que cumple estas características, se realizó el día martes ya que la gente sale a la feria ganadera en el horario 6:00 am a 8:00 am en ese día es muy transitada por comerciantes ya que la zona es conocida también, por la actividad ganadera y la producción de leche y carne de muy buena calidad.

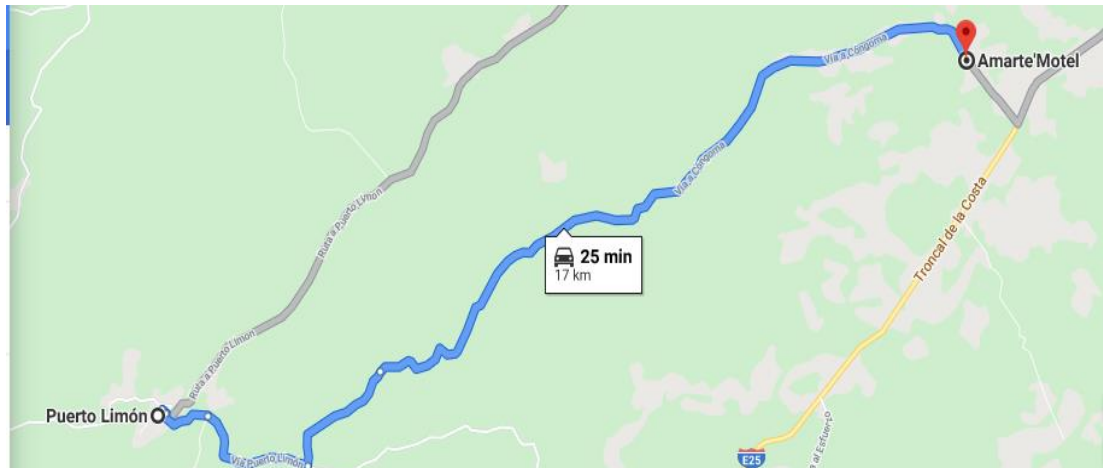


Figura 10. Ruta de viaje urbana

2.2. INSTRUMENTACIÓN DE LOS VEHÍCULOS.

Velocidad: Se puede hacer uso de equipo GPS, este equipo tiene una alta disponibilidad y mayor resolución, no requiere el uso de otro equipo adicional. Una desventaja es su alto precio y la pérdida de señal en ciertos lugares de la carretera. También se puede hacer uso de equipo OBD el cual también tiene muy buena precisión en sus mediciones y además se puede realizar mediciones instantáneas cada segundo de parámetros como velocidad promedio, distancia recorrida, altitud.

Consumo de combustible: El uso de un equipo OBD puede facilitar datos de consumo de combustible instantáneo, si se requiere saber la masa de combustible total consumida en un viaje se sumará los consumos instantáneos del lector OBD. También se puede usar la técnica de tanque aforado para determinar la masa total de combustible consumido, se necesitará más instrumentación, pero es de bajo costo.

La medición por tanque aforado es una técnica para determinar la cantidad másica y volumétrica del consumo de combustible vehicular durante un viaje, consiste en instalar un tanque externo y cortar la cañería de suministro de combustible entre el tanque de combustible, en el tanque externo se llenara de combustible el cual será medido (litros, galones, cm³) luego del viaje se realizara una nueva medida y la diferencia será el consumo volumétrico consumido.

2.2.1. LECTOR OBDII ELM 327

Por medio de un equipo para obtención de datos en tiempo real vía OBDII como el mostrado en la figura 11, se graba los datos presentes, como son: longitud, latitud, altura, velocidad, etc. los cuales, mediante una aplicación en

un dispositivo móvil, son almacenados en una hoja de cálculo para su posterior análisis y procesamiento



Figura 11. Lector OBDII ELM 327

2.2.1.1. Características del Elm327

- Soporta protocolo ODB2, compatible con ISO 9141, SAE J1850 (VPW y PWM), CAN (ISO 15765-4) y KWP2000 (ISO 14230-4).
- Puede apagar la luz del Check Engine para borrar los códigos de error DTC.
- Da información de los sensores instalados en tú vehículo.
- Muestra en tiempo real los datos de los sensores, como la presión del múltiple de admisión, la RPM del motor, velocidad del vehículo, estado del sistema de combustible, caudal del aire, ajuste del sensor de oxígeno (voltajes), presión del combustible, entre otros.
- Compatible con distintas marcas y modelos de coches ODB2, entre estas marcas tenemos: Toyota, Nissan, Chrysler, Honda, Ford, Seat, Chevrolet, entre otros.

2.2.1.2. Toma de datos en cada viaje

El proceso comprende en escoger una ruta representativa de viaje, considerando factores como inclinaciones de vía, velocidades de viaje, distancias recorridas, numero de aceleraciones y frenado, curvas etc características que serán diferentes tanto para zonas urbanas como zonas rurales.

Lo ideal es realizar la mayor cantidad de pruebas posibles, sin embargo, se debe priorizar la seguridad, varias de las pruebas resultan fallidas por condiciones de la vía como el tráfico, controles de carretera, reparaciones, etc.

2.2.2. VEHÍCULOS USADOS

Para la adquisición de datos en cada viaje se usaron dos vehículos tanto para ruta urbana como para ruta rural, las características de los vehículos se las muestra en la tabla siguiente:

Tabla 1. Características de los vehículos

Características	Hyundai Accent	Kia rio
Año de fabricación	2010	2011
Cilindrada	1600	1400
Combustible	Gasolina	Gasolina
Potencia máxima	112CV / 82.4 kW	97CV / 71.3 kW
Par máximo	146 Nm	125 Nm
Aceleración 0-100 km/h	190 km/h	173 km/h
Aceleración 0-1000 m	10.2 seg	12.3 seg
Consumo NEDC		
Consumo urbano*	8.4 l/100 km	7.3 l/100 km
Consumo extraurbano*	5.2 l/100 km	5.1 l/100 km
Consumo medio*	6.4 l/100 km	5.9 l/100 km
Emisiones de CO ₂ *	152 gr/km	139 gr/km

Fuente: <https://www.km77.com>

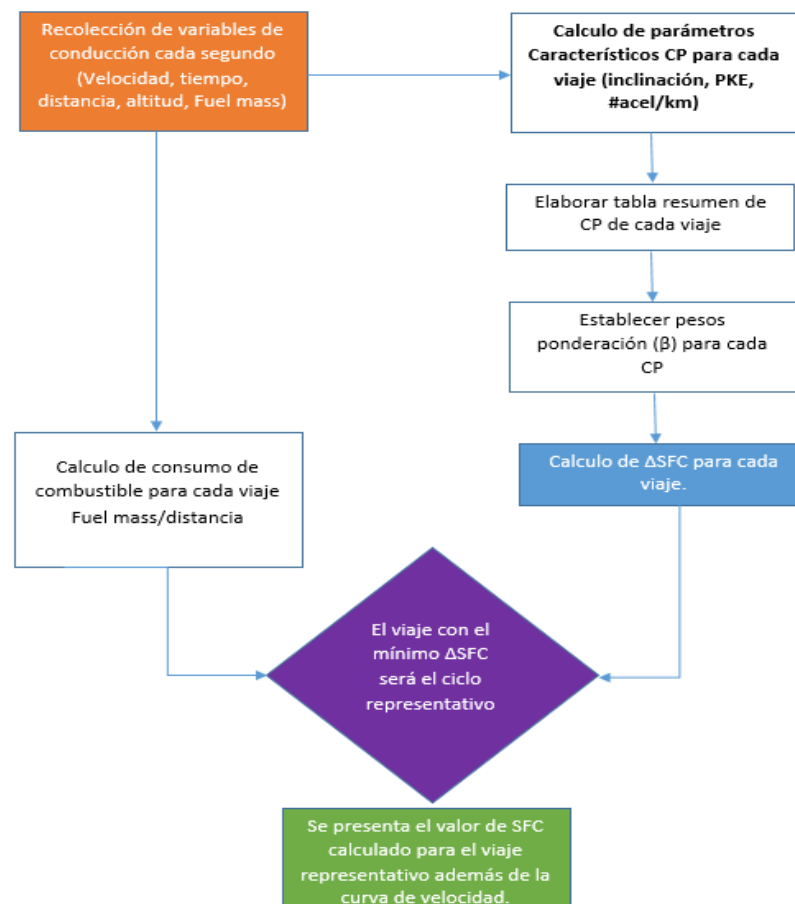


Figura 12. Análisis de datos para determinar el ciclo representativo

La figura 12 muestra el proceso de cálculo del método MWD-CP, en este método en lugar de realizar mediciones consumo de combustible instantáneo

para cada viaje el MWD-CP usa una estimación de consumo específico de combustible calculando este valor a partir de los parámetros característicos establecidos anteriormente, como por ejemplo el tiempo, la velocidad y el gradiente de la carretera son parámetros con gran influencia en la cantidad de combustible consumido en condiciones reales de funcionamiento por lo que serán usados en este trabajo.

En una hoja de Excel se ingresa los datos de velocidad, tiempo y altitud tomados con un intervalo de un segundo de todos los viajes realizados por cada uno de los vehículos, se estableció que se realizarían 16 viajes para cada uno de los vehículos, luego se procede a calcular los parámetros característicos, que para nuestro caso son: inclinación, PKE (Positive Kinetic Energy) y # aceleraciones por km.

El concepto de energía cinética positiva (PKE) fue propuesto en el estudio de (Prieto, 2010) para resolver la variación en el consumo de combustible que se ve afectada por el comportamiento del conductor y el nivel de congestión del tráfico. El análisis indicó una buena relación entre PKE y la tasa de consumo de combustible. Considerando que la topología de la vía como la altitud incide directamente en valores de inclinación en la trayectoria de viaje, cuando el vehículo experimente $\Delta alturas$ menores a 100 m se considerará un valor de inclinación cero. Mientras que para los viajes del vehículo con variaciones de altitud mayores a 100 m se calculará valores de inclinación como se describe en el párrafo siguiente.

El ángulo de inclinación de la vía θ se podría determinar considerando la diferencia de altitud y la distancia recorrida en un intervalo de tiempo un segundo, para esto se toma en cuenta la fórmula: $\theta = (\Delta altitud / \Delta distancia)$ esto en cada instante de tiempo, en la práctica existen errores de medición por distintos factores ocasionando datos atípicos, para minimizar esta dispersión por se restringe el cálculo colocando una especie de filtro que excluya estos valores en nuestro caso para la $\Delta distancia = 0$, así como también para cuando se tengan valores de pendientes mayores a 60 grados (argumento de la función seno mayor a 0.9). Luego de determinar la inclinación para cada segundo, se promedia estos valores calculados para cada viaje.

A su vez el PKE y el número de aceleraciones son determinados por las fórmulas siguientes:

$$PKE = \frac{1}{dist} \sum_{i=2}^n \begin{pmatrix} v_f^2 - v_{f-1}^2 (v_f > v_{f-1}) \\ (else) \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$acc_{nr} = \sum_{i=1}^n \begin{cases} 1 & (a_i > acc_{limite} \wedge a_{i-1} \leq acc_{limite}) \\ 0 & (else) \end{cases} \quad (7)$$

$$acc_{rate} = 1000 \left(\frac{acc_{nr}}{dist} \right) \quad (8)$$

Donde:

PKE: energía cinética positiva

dist= Distancia recorrida total de un viaje

v_f = velocidad final instantánea

v_{f-1} = velocidad anterior instantánea

acc_{nr} = Número de aceleraciones totales de un viaje

acc_{rate} = número de aceleraciones por km.

acc_{limite} = valor de aceleración limite en nuestro caso es de valor cero.

La expresión $(a_i > acc_{limite} \wedge a_{i-1} \leq acc_{limite})$ nos ayuda para calcular el número de aceleraciones positivas presentes en un viaje, la expresión coloca un 1 cuando existe un delta de aceleración positivo específicamente cuando los valores varíen de cero a un valor mayor, de no ser así colocara un 0 .

Con estas ecuaciones se obtienen los valores promedio de los parámetros característicos de cada viaje y de la flota. Con estos resultados se elabora una tabla resumen con los valores promedio en una hoja de Excel se colocan los siguientes pesos de ponderación (β) para cada parámetro los cuales fueron establecidos en función al nivel de influencia en el valor de consumo de combustible:

	Inclinación	PKE	#ace/km
Betas	4,129	0,423	0,0041

Los valores de la tabla son extraídos de (Huertas, J.I., & Cedillo, J.D.D.C.K., 2017). en el que se establecio los pesos de ponderación para los Parametros Caracteristicos que más influyen en el consumo de energía que son el grado promedio de la carretera (θ), el número de aceleraciones por kilómetro (#ace/km) y la energía cinética positiva (PKE).

Finalmente se calcula el Delta SFC (Consumo específico de combustible) para cada uno de los viajes, mediante la fórmula:

$$\Delta SFC = |\beta_{\theta}(\theta_i - \theta_{pob}) + \beta_{PKE}(PKE_i - PKE_{pob}) + \beta_{\#a/km}(\#a/km_i - \#a/km_{pob})| \quad (9)$$

El viaje que tenga el menor valor de Delta SFC será el considerado como el ciclo de conducción más representativo de la flota. (Huertas, J.I., & Cedillo, J.D.D.C.K., 2017).

2.2.2.1. Estimación de índice de emisiones

Calculo: Para el establecimiento de las IE (Índice de emisiones) calculadas de la flota vehicular se usarán los factores de emisión reportados por cada vehículo cuando eran nuevos los cuales son medidos bajo normativa estándar, de esta base de datos se usará los valores de emisiones de CO₂ y NO_x en unidades de g/km.

Es así, que con cada uno de estos valores se los multiplica por la distancia recorrida (en km) en cada segundo por cada vehículo para obtener los gramos de contaminante, al final se suman estos valores y se estima la masa total de contaminante para cada viaje.

Medición: Para la medición de las concentraciones de gases contaminantes durante cada viaje se usará el analizador de gases QGA 6000 el cual mide diferentes gases como: Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂), Hidrocarburos no quemados (HC), Oxígeno (O₂) y Óxidos nitrosos (NO_x)



Figura 13. Analizador de gases QGA 6000

Este equipo tiene las siguientes características

Características	Símbolo	Rango	Sensibilidad	Unidad
Monóxido de carbono	CO	0.00 – 0.99	0.01	%
Hidrocarburos	HC	0 – 999	1	ppm
Dióxido de carbono	CO2	0.0 – 20	0.10	%
Oxígeno	O2	0.0 – 25	0.01	%
Óxidos Nitrosos	NOx	0 – 500	1	ppm
Lambda	λ	0 – 2.000	0.001	–
Relación aire/combustible	AFR	0.0 – 99.0	0.1	–

Como podemos apreciar los datos de emisiones son obtenidos en unidades de partes por millón y/o de tipo porcentual. Para realizar un mejor análisis de la cantidad de contaminación se determina que los valores obtenidos por las pruebas se los presenta en gramos por el tiempo del recorrido de cada una de las rutas.

Primero se instala el analizador de gases al escape del vehículo y este estará monitoreando los gases emitidos cada segundo durante cada viaje, mediante un computador conectado al QGA 6000 permitirá guardar los datos para luego ser extraídos en un archivo Excel.

Luego se calcula la media de los datos obtenidos y se realiza la conversión de unidades de [ppm] o [%] a gramos, esta conversión está basada en la ley de los gases ideales.

$$ppm = \left[\frac{\text{volumen molar}}{\text{peso molecular}} \right] * \frac{mg}{m^3} \quad (10)$$

$$PV = nRT \quad (11)$$

Donde:

ppm= partes por millón $1/10^6$

P = Presión Local (lugar de trabajo), en mm de Hg

V = Volumen que ocupa el gas, en litros

n = Número de moles

R = Constante Universal de los gases

T = Temperatura Absoluta en °K

2.2.2.2. Comparación entre SFC urbano vs SFC rural

En este estudio se realizarán mediciones para dos modos de trabajo diferentes de un vehículo, el primero es el análisis de traslados en un entorno urbano y el segundo para traslados en carretera (rural) para luego estos valores ser comparados con datos establecidos con el fabricante, también se analizarán los SFC por influencia de la gradiente de la vía (subidas y bajadas) y analizar el SFC en condiciones de mayor tráfico, Además se emplea la aplicación Torque OBD2 para la adquisición de datos del vehículo en cada viaje y el software Excel para el procesamiento de datos mediante una hoja de cálculo con ecuaciones programadas.

Torque es una aplicación disponible en el Play Store de Google, la cual utiliza la tecnología Bluetooth para conectarse al ordenador del vehículo y transmitirnos un montón de datos útiles para el mantenimiento y el bajo consumo del mismo. La tecnología OBD2 ya viene incluida en muchos de los nuevos vehículos. Para que esta aplicación haga su función correctamente, deberemos comprar un adaptador bluetooth que se acopla a la conexión de la toma de diagnóstico del vehículo en nuestro caso usaremos el ELM 327.

Con esta aplicación seremos capaces de controlar cosas tan básicas como el consumo de nuestro vehículo, la temperatura de la transmisión, la emisiones de CO2, reportes de fallos detectados en el motor (adelantándonos incluso a la avería en cuestión), en definitiva todo un completo centro de diagnóstico y alto rendimiento para nuestro vehículo.

2.3. DINÁMICA DE VEHÍCULOS

Para que un cuerpo experimente una variación de su velocidad, lo que en física se denomina aceleración, sobre dicho cuerpo se debe aplicar una fuerza neta que aumentará su cantidad de movimiento (si esta es positiva); si la fuerza es negativa, (opuesta al movimiento), la cantidad de movimiento del cuerpo disminuirá pues estará sometido a una deceleración, como en el caso de aplicar el freno de un vehículo.

En el caso de un vehículo, éste ha de vencer varias fuerzas que se oponen a su avance por la carretera y que detallaremos más adelante. El automóvil en movimiento, está afectado por condiciones externas de trabajo las cuales se presentan como problemas en la estabilidad de la dirección del movimiento del vehículo. Para realizar el análisis dinámico del vehículo es importante conocer un sistema de referencia empleado para el estudio de sus movimientos.

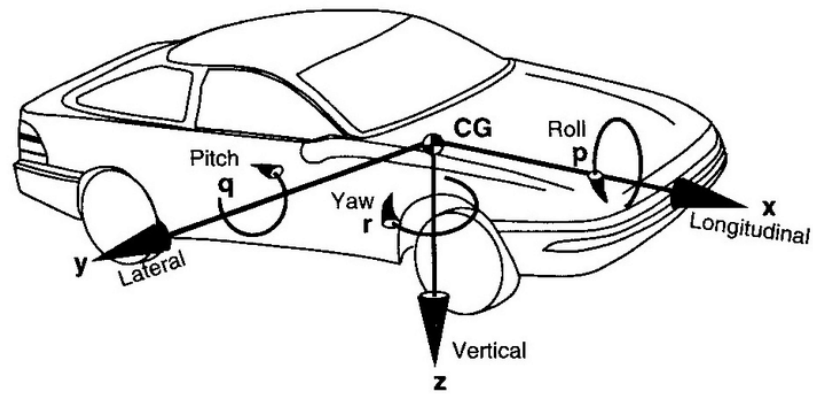


Figura 14. Rendimiento del motor
 orral, A., Izurieta, 2017

2.3.1.1. Factores que influyen en el movimiento de un vehículo

Generalmente tres leyes de Newton en conjunto con la Ley de Gravitación Universal, rigen el movimiento de un vehículo.

En primer lugar, el movimiento de un vehículo se verá afectado por su masa inercial. A mayor masa de un vehículo será necesario un motor más potente, igualmente serán necesarios unos frenos más grandes y para conseguir una frenada (aceleración negativa o deceleración), esto influye enormemente en el consumo de combustible del vehículo.

En segundo lugar, la forma en que dicho motor entrega la fuerza impulsora del vehículo. En la actualidad todos los vehículos de motor utilizan un motor que genera un impulso rotacional transmitido por una cadena cinemática compleja hasta las ruedas motrices.

Por último, el movimiento de un vehículo viene determinado por el conjunto de fuerzas resistivas que se oponen al avance.

Estas son:

- Resistencia a la rodadura
- Resistencia aerodinámica
- Resistencia de pendiente

2.3.2. RESISTENCIA A LA RODADURA

La resistencia a la rodadura se produce por el desplazamiento del vehículo. Se opone a la fuerza de empuje y su valor depende de la masa del vehículo, de la geometría de dirección, del tipo, perfil y presión de inflado de los

neumáticos, de la velocidad de marcha, estado de la carretera y de la superficie de la misma.

Se calcula multiplicando el peso que recae sobre cada rueda por el coeficiente de resistencia a la rodadura que es un valor que depende del material y de los factores ambientales.

$$R_x = \mu_r * F_N \quad (12)$$

Donde:

R_x = Resistencia a la rodadura

μ_r = coeficiente de fricción

F_N = Fuerza normal de vehículo

La resistencia será mayor cuanto mayor sea el trabajo de flexión de los neumáticos, el rozamiento del aire en la rueda y la fricción en el rodamiento de rueda.

2.3.2.1. Resistencia aerodinámica

El aire se opone al movimiento del vehículo, con lo que se origina una fuerza de arrastre que actúa en sentido opuesto a la dirección del flujo de aire. La fuerza de arrastre depende del tamaño y forma del vehículo, de la velocidad de marcha, de la densidad del aire y de la dirección y fuerza del viento. El coeficiente de resistencia aerodinámica C_p se determina en los ensayos realizados a escala en los tunes de viento.

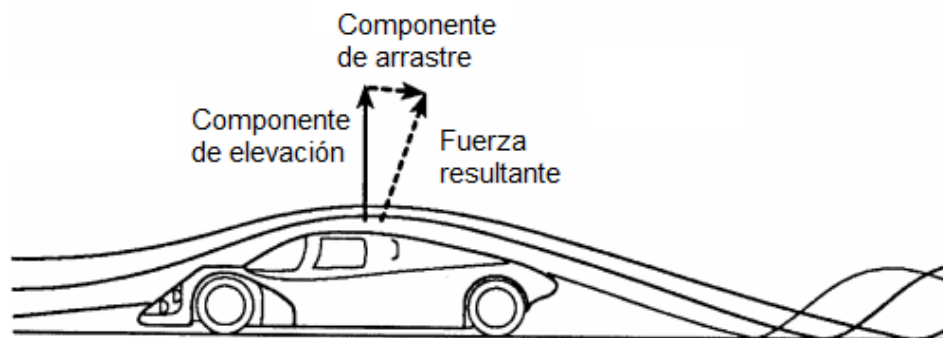


Figura 15. Resistencias aerodinámicas
The Maritime Executive 2019

$$F_a = \frac{1}{2} * C_p * A * \rho * v \quad (13)$$

Donde:

C_p : coeficiente de resistencia aerodinámica

A: superficie frontal del vehículo

ρ : densidad del aire.

V: velocidad del vehículo

Al aumentar la velocidad de viaje aumenta la resistencia aerodinámica. Por ello, la relación velocidad – consumo de combustible no es lineal, sino que dicho consumo se dispara a altas velocidades.

En el diseño y construcción de vehículos tiene especial importancia el coeficiente aerodinámico, que permitirá un menor esfuerzo del motor y mejorará la estabilidad. Por tanto, a menor coeficiente, menor resistencia al avance y menor esfuerzo demandado al motor, mayor estabilidad y mayor ahorro de carburante.

Mediante el coeficiente C_p y la superficie de la parte delantera del vehículo es posible calcular la cantidad de energía necesaria para vencer la resistencia del aire en el sentido de avance a cualquier velocidad.

Los factores que modifican este coeficiente son:

- La forma exterior de la estructura tanto en la parte delantera y trasera, como en la superior e inferior.
- La pendiente del parabrisas.
- Tamaño y forma de los retrovisores exteriores.
- La existencia de alerones, deflectores, etc. Que, si existen, conforman la forma exterior del vehículo.

La fuerza que el aire ejerce sobre el vehículo actúa en tres direcciones:

- Resistencia al avance (Drag), en sentido longitudinal al vehículo.
- Resistencia de sustentación (Lift), en sentido vertical.
- Resistencia de deriva (Downforce), en sentido transversal y puede variar la trayectoria que marca el conductor.



Figura 16. Fuerzas sobre un vehículo
Stefanelli E, 2017

2.3.2.2. Resistencia de pendiente

La resistencia de un vehículo a la pendiente depende del perfil de la calzada y de la masa del vehículo. El vehículo necesita una mayor fuerza de propulsión para vencer la resistencia impuesta por la pendiente. Por lo tanto es necesaria una mayor potencia de motor para evitar un descenso de la velocidad y compensar la potencia de pendiente.

Esta resistencia puede minimizarse si:

- Se engrana oportunamente la relación de transmisión adecuada antes de comenzar la subida.
- Cambiar lo menos posible durante la subida.
- Circular con brío en el motor dentro de los límites fijados.

La fuerza de resistencia de pendiente se calcula:

$$F_g = m * g * \sin\theta \quad (14)$$

Para ángulos pequeños

$$F_g = m * g * \tan\theta \quad (15)$$

Donde:

F_g= Fuerza a la resistencia de pendiente

m= masa del vehículo

g= Gravedad 9.8 m/s²

θ= Ángulo de inclinación de carretera.

2.3.2.3. Resistencia a la inercia

Ri Es la fuerza resistente a la inercia que tiene un cuerpo a cambio de velocidad y está dada en función de la masa (kg) y por la aceleración (m/s²).

$$R_i = M \cdot a$$

2.4. MODELO DE VEHÍCULO DE DOS EJES

En la Figura se muestra un modelo de vehículo longitudinal simple de dos ejes. Observe que el eje fijo en la carrocería se coloca en el centro de gravedad del vehículo con el eje y apuntando hacia afuera de la página. Podemos entender todas las diversas fuerzas que actúan sobre el vehículo dibujando el diagrama de cuerpo libre.

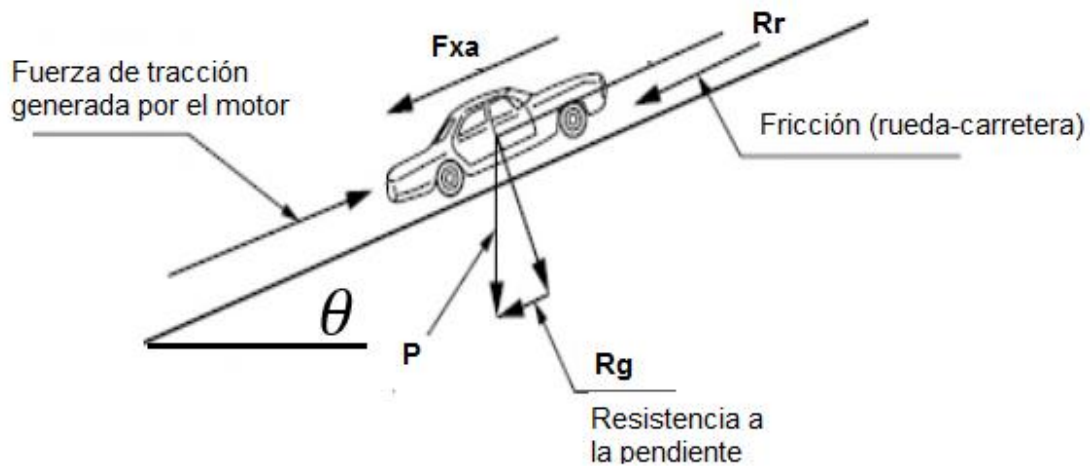


Figura 17. Modelo de vehículo 2 ejes

Por lo tanto, la fuerza resultante (FT) que el vehículo debe vencer para poder desplazarse es la sumatoria de fuerzas que se resisten a su desplazamiento.

$$F_T = F_{xa} + R_r + R_i + R_g \quad (16)$$

Ecuación fundamental de la dinámica vehicular.

Considerando que la ecuación fundamental del movimiento es

$$\sum F = m \cdot a_x$$
$$m \cdot a_x = F_T - F_{xa} - R_r - R_i - R_g \quad (17)$$

Donde:

F= fuerza motriz del vehiculo

m = masa del vehículo

a_x = valor de componente de aceleración en el eje x

F_{xa} = componente de resistencia aerodinamica en el eje x

R_r = Resistencia a la rodadora

R_i = Resistencia a la inercia

R_g = Resistencia a la pendiente

El método MWD-CP pretende usar parámetros que influyan en el consumo de combustible, para esto se necesita saber que parámetros están inmersos cuando un vehículo está en movimiento y cuáles son los que mayormente afectan al consumo de combustible.

Si se considera que en física la potencia mecánica es $P = \frac{F*d}{t}$, se podría usar este concepto para determinar la potencia de salida de nuestro sistema, es decir la potencia necesaria que debe generar un motor para vencer las fuerzas que se oponen al movimiento, la ecuación quedara de la siguiente manera:

$$P = F_T * V \quad (18)$$

En el caso de un motor de combustión interna lo que suministra la potencia necesaria para el movimiento es el poder calorífico del combustible, aquí se debe considerar las eficiencias del sistema, de tal manera con la ecuación de balance de energía se determina la ecuación de consumo volumétrico de combustible:

$$V_f = \frac{Pot}{\eta_{otto}\eta_{motor}\rho_{comb}LHV} \quad (19)$$

Donde

- V_f es el consumo volumétrico de combustible.
- LHV es el poder calorífico menor del combustible.

Reemplazando la ecuación de potencia y la ecuación de sumatoria de fuerzas se puede obtener la siguiente ecuación. (Huertas, J.I., & Cedillo, J.D.D.C.K., 2017):

$$V_f = \frac{(F_{xa} + R_r + R_i + R_g) * V}{\eta_{otto}\eta_{motor}\rho_{comb}LHV} = \frac{\frac{1}{2}c_p * A * \rho * v^3 + f_r * m * g * v \cos\theta + m * av + m * g * v \sin\theta}{\eta_{otto}\eta_{motor}\rho_{comb}LHV} \quad (20)$$

Como se puede apreciar en la ecuación final **la velocidad, el ángulo de inclinación y la aceleración influyen de manera muy significativa en el consumo de combustible**, es por esta razón que fueron considerados como parámetros característicos.

2.4.1.1. Los ciclos de conducción en vehículos livianos

Un ciclo de conducción representa la curva de la velocidad del vehículo en un viaje en función del tiempo. Es usado principalmente para evaluar de manera normalizada el consumo de combustible y las emisiones de contaminantes de un vehículo, de modo que los resultados obtenidos se puedan comparar entre diferentes vehículos de características similares. El ciclo de conducción se realiza en un dinamómetro de chasis, donde se recogen y analizan las emisiones de escape del vehículo para evaluar las tasas de emisiones.

En vehículos comerciales, el ciclo de conducción no se realiza en un dinamómetro para el vehículo sino en un dinamómetro de motor, en el cual se evalúa a través de unos valores de par y velocidad del motor en lugar de valores de velocidad del vehículo.

Hay dos tipos de ciclos de conducción, los ciclos modales como el ciclo NEDC (estándar europeo), el ciclo 10-15 (japonés) y los ciclos transitorios como el ciclo FTP-75 o el ciclo Artemis. La principal diferencia entre estos dos es que los ciclos modales son una compilación de períodos de aceleración recta y velocidad constante y no son representativos de un comportamiento real del conductor, mientras que los ciclos transitorios implican muchas variaciones de velocidad, típicas de las condiciones de conducción en carretera.

2.4.2. CICLOS DE CONDUCCIÓN EUROPEOS

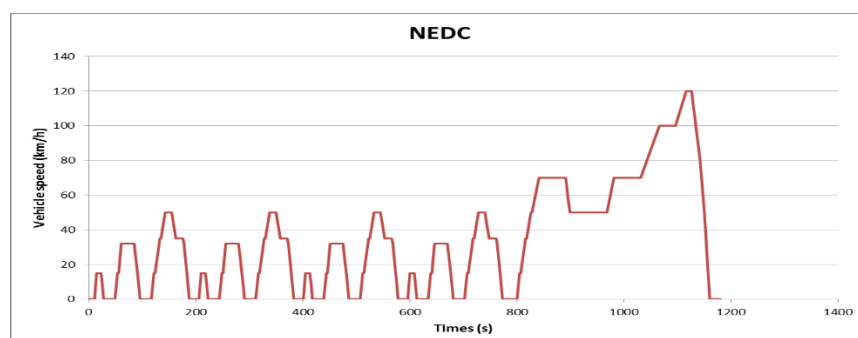


Figura 18. Ciclo de conducción NEDC
Dieselnet. 2013

El NEDC se utiliza como ciclo de referencia para homologar vehículos hasta la norma Euro6 en Europa y algunos otros países. Está hecho de una parte

urbana llamada ECE, que se repite cuatro veces, y una parte extraurbana, la EUDC.

Aquí están las principales características del ciclo:

- Distancia 11023 m
- Duración 1180 s
- Velocidad media 33.6 km / h

Este ciclo es criticado por expertos, ya que no representa las condiciones de conducción de la vida real. De hecho, las aceleraciones son muy suaves; Hay muchos cruceros de velocidad constante y muchos eventos de inactividad. Esto hace imposible obtener valores certificados cuando se conduce con el vehículo en condiciones reales. Por esas razones, las autoridades europeas están explorando una solución para reemplazar el NEDC. El nuevo ciclo denominado Procedimiento de Prueba de Vehículos Ligeros Armonizados Mundialmente (WLTP) probablemente aparecerá para la próxima norma Euro7.

2.4.3. CICLOS DE MANEJO AMERICANOS

2.4.3.1. Ciclo FTP-75

El ciclo de FTP (para el Procedimiento Federal de Pruebas) ha sido creado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de los EE. UU. Para representar un ciclo de viaje con una parte de la conducción urbana que incluye paradas frecuentes y una parte de la conducción en carretera.

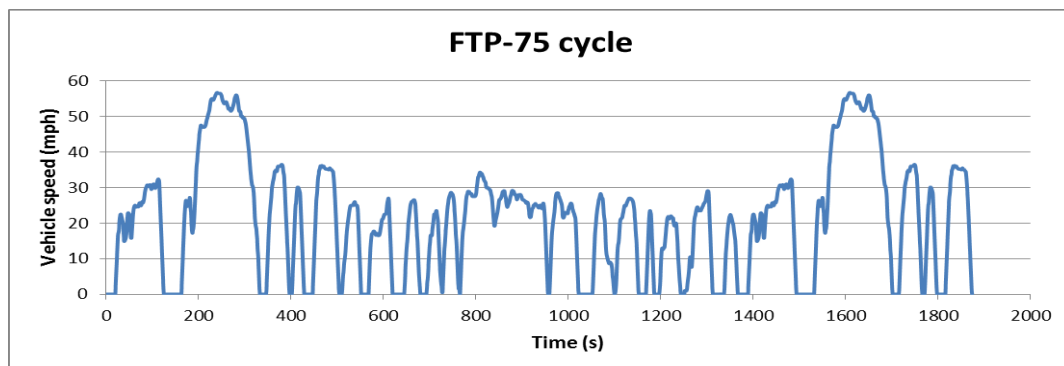


Figura 19. Ciclo de conducción FTP- CYCLE
Dieselnet. 2013

El NEDC se utiliza como ciclo de referencia para homologar vehículos hasta la norma Euro6 en Europa y algunos otros países. Está hecho de una parte urbana llamada ECE, que se repite cuatro veces, y una parte extraurbana, la EUDC.

Aquí están las principales características del ciclo:

- Distancia 11023 m
- Duración 1180 s
- Velocidad media 33.6 km / h

Este ciclo es criticado por expertos, ya que no representa las condiciones de conducción reales. De hecho, las aceleraciones son muy suaves; Hay muchos cruceros de velocidad constante y muchos eventos de inactividad. Esto hace imposible obtener valores certificados cuando se conduce con el vehículo en condiciones reales. Por esas razones, las autoridades europeas han desarrollado una solución para reemplazar el NEDC. El nuevo ciclo denominado Procedimientos Mundialmente Armonizados para Pruebas de Vehículos Ligeros (WLTP) entro en vigencia desde septiembre del 2017 y se prevé que será obligatorio para pruebas de conducción desde el 2021.

2.4.3.2. Ciclos de manejo americanos

- **Ciclo FTP-75**

El ciclo de FTP (para el Procedimiento Federal de Pruebas) ha sido creado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de los EE. UU. Para representar un ciclo de viaje con una parte de la conducción urbana que incluye paradas frecuentes y una parte de la conducción en carretera.

Aquí están las principales características del ciclo:

- Distancia 11,04 millas (17,77 km)
- Duración 1874 s
- Velocidad media 21,2 mph (34,1 km / h)

- **Ciclo de prueba de ahorro de combustible en carretera**

La prueba de economía de combustible en carretera (HWFET) se utiliza para evaluar el consumo de combustible durante el ciclo de autopista de conducción.

Aquí están las principales características del ciclo:

- Distancia 12,26 millas (16,45 km)
- Duración 765 s
- Velocidad media 48,3 mph (77,7 kmh)

- **Otros ciclos de prueba**

En 2007, la EPA decidió añadir 3 ciclos más a los ya existentes, con el fin de reflejar mejor las condiciones de conducción del mundo real.

La primera de ellas es la US06, que es un complemento a lo que falta en FTP-75 ciclo. De hecho, este ciclo tiene una velocidad máxima superior a 80 mph (130 km / h) y una cierta aceleración superior que representa un comportamiento de conducción mucho más agresivo.

El SC03 es otro ciclo añadido que particularidad se va a realizar a 35 ° C temperatura ambiente. Esto es necesario para tener en cuenta el aire acondicionado en el consumo de combustible y los cálculos de emisiones.

El último ciclo añadido es el "ciclo de frío". De hecho, este es un FTP-75 realizado a una temperatura ambiente de -7 ° C.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de realizar las mediciones en carretera aplicando la metodología descrita en el capítulo anterior se obtuvieron gran cantidad de datos los cuales se procesaron y sintetizaron usando Excel. Es necesario entender la necesidad de estimar valores de consumo de combustible realizando pruebas en condiciones reales, ya que el fabricante en ocasiones nos brinda información referente a capacidad de aceleración, además de consumos de combustible para conducción urbana y extra urbana pero estos valores no se apegan a la realidad

Para estimar el consumo de combustible se usó el lector ELM 327 por OBDII con el cual principalmente tendremos datos de velocidad, tiempo, distancia recorrida, inclinación de carretera y consumo de la masa de combustible de manera instantánea en intervalos de 1 segundo. Luego en una hoja de Excel se registran todos los valores medidos en una plantilla, y se procede a calcular valores de aceleración, distancia acumulada, número de aceleraciones en el recorrido, la tabla siguiente muestra una parte de los valores correspondientes al viaje 2 de ruta en ciudad. Los demás datos se los podrá encontrar en el anexo 1.

Tabla 2. Viaje 2 ruta en ciudad

Tiempo	Velocidad	Inclinación	Distancia	Distancia acu.	Aceleración	# aceleraciones	Fuel_mass
[s]	[m/s]	[rad]	[m]	[m]	[m/s ²]	[-]	[gal]
0	1.94	0.00	1.94	1.94	0	0	0.00075769
1	1.94	-0.43	1.94	3.89	0.00		0.00075769
2	2.50	-0.29	2.50	6.39	0.56	1	0.0011242
3	3.61	-0.19	3.61	10.00	1.11		0.00146063
4	4.44	-0.14	4.44	14.44	0.83		0.0017706
5	5.56	0.00	5.56	20.00	1.11		0.00207913
6	6.67	-0.70	6.67	26.67	1.11		0.00242002
7	7.22	-0.44	7.22	33.89	0.56		0.00257811

La inclinación se registrará en radianes, para los números de aceleraciones cuando exista una variación positiva de aceleración se ingresa un uno para poder contabilizar el total de aceleraciones durante el viaje, esta variable es muy importante ya que influye directamente y en gran proporción al consumo de combustible, esto lo podemos apreciar también en la tabla anterior al observar cuando hay aceleración mayor, mayor es el consumo instantáneo de combustible (Fuel mass).

De esta manera para la estimación de consumo de combustible (SFC) debemos sumar el consumo de masa de gasolina en el viaje y dividirla para la distancia acumulada total del viaje, dándonos un coeficiente con unidades

L/km o L/100km. Como lo muestra la tabla siguiente para el viaje 2 de la ruta en ciudad.

Tabla 3. Estimación de combustible SFC

Mass_Fuel	4.21	litros
Distancia T.	43.14	Km
SFC	0.097492	L/km
	9.7492	L/100km

Este procedimiento se lo realiza para toda la población de viajes y para las dos rutas establecidas la ruta dentro de la ciudad para analizar la influencia de tráfico y la ruta de via rural en la cual analizaremos la influencia de topología de la via resultando la tabla siguiente donde se resume los valores de SFC calculados y los valores brindados por el fabricante.

3.1. RESULTADOS

Para el vehículo Kia rio se determinó que el consumo de combustible tanto en la ruta 1 como en la ruta 2 el SFC estimado es mayor al SFC establecido por el fabricante, por lo que en primer lugar podemos demostrar que los valores de SFC determinados en pruebas de laboratorio no se ajustan a la realidad y que en la practica el consumo es mucho más elevado. Como segundo punto podemos demostrar que en manejo urbano (ruta 1) en condiciones de mayor tráfico el SFC medido en carretera se eleva como podemos ver en los viajes 4, 5 y 7 cuyos valores son mayores al promedio de viajes.

Para condiciones de vías rurales podemos indicar que mientras los vehículos transitan en ascenso de pendientes los valores de SFC aumentan con es el caso de los viajes 11, 12, 13 y 15 que de la misma manera son mayores al promedio, en cambio en descenso de pendientes el vehículo muestra menor valor de SFC.

Tabla 4. Estimación de combustible Urbano Y extraurbano en el kia rio 1.4l

	Manejo Urbano			Manejo Extraurbano			
	Viajes	SFC calc	SFC fabricante	Viajes	SFC calc	SFC fabricante	
Vehículo 1 KIA	1	7.62	7.3	9	5.82	5.1	
	2	8.76	7.3	10	6.56	5.1	
	3	9.20	7.3	11	7.85	5.1	Pendientes
	4	10.53	7.3	12	8.13	5.1	Bajadas
	5	10.16	7.3	13	7.02	5.1	Max tráfico
	6	8.09	7.3	14	6.44	5.1	
	7	10.00	7.3	15	8.11	5.1	
	8	7.70	7.3	16	5.89	5.1	
Promedio T =	9.007		6.978				
Desv. Estándar [s]=	1.146		0.953				
IC (95%)=	0.9581		0.7969				

De la tabla anterior podemos concluir que el consumo de combustible del vehículo Kía rio en condiciones reales de trabajo de manejo urbano es de un promedio de 9 l/100km y mientras que el fabricante establece 7.3 l/100 km lo que representa un 23% mayor y para manejo extraurbano se determinó un valor de 6.98 l/100km frente a 5.1 l/100km que establece el fabricante lo cual es un 37% de variación.

La grafica siguiente muestra la variación del SFC para el vehículo KíA rio para recorrido urbano y extra urbano.

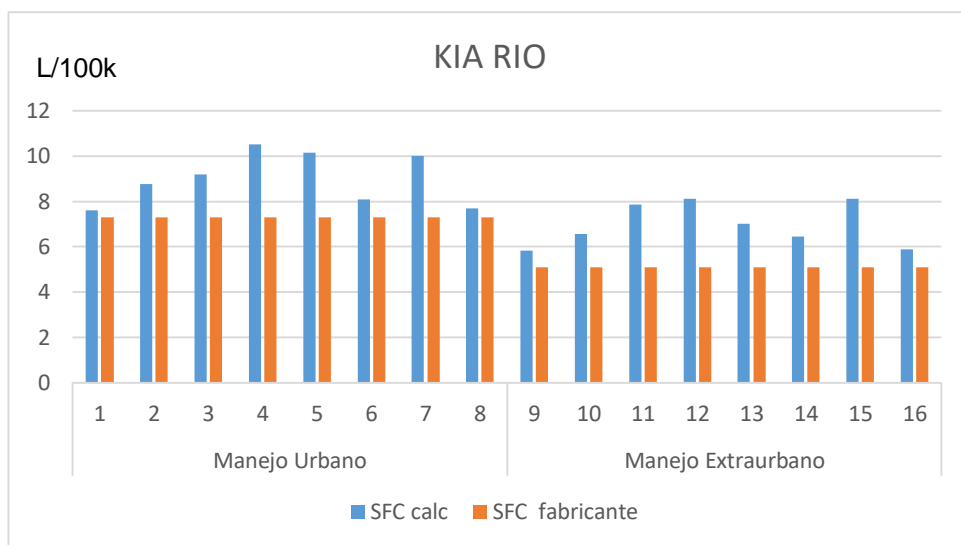


Figura 20. Variación del SFC vehículo Kía

De la gráfica podemos observar que el fabricante establece valores de consumo de combustible promedio y se considera que el vehículo Kía consume 7.3 litros de combustible por cada 100 km recorridos este valor es establecido sin considerar el efecto que causa cualquier condición específica de viaje, pero los valores calculados muestran que realmente estos valores varían para cada viaje en la misma ruta, esto se debe a la topología de la vía, condiciones climáticas, el tráfico, y hasta la forma de conducción del chofer, todas estas características son variables y algunas de ellas no se las puede controlar. Se puede observar que los valores calculados son mucho mayores a los del fabricante, en el viaje 1 se obtuvo un valor muy parecido al del fabricante esto se debió a que en ese viaje había un mínimo de tráfico, en cambio para los viajes 4, 5 y 7 había el máximo tráfico.

Para el vehículo Hyundai accent de la misma manera podemos concluir que el consumo de combustible en manejo urbano es de un promedio de 9.73 l/100km y mientras que el fabricante establece 8.4 l/100 km lo que representa

una variación del 16% y para manejo extraurbano se determinó un valor de 7.54 l/100km frente a 5.2 l/100km que establece el fabricante lo cual es un 45% de variación.

Tabla 5. Estimación de combustible Urbano Y extraurbano en el Hyundai accent 1.6l

Manejo Urbano			Manejo Extraurbano			
Viajes	SFC calc	SFC fabricante	Viajes	SFC calc	SFC fabricante	
1	8.08	8.4	9	5.88	5.2	
2	9.74	8.4	10	6.93	5.2	
3	10.26	8.4	11	7.86	5.2	
Vehículo 2 HYUNDAI	4	11.57	8.4	12	8.20	5.2
	5	9.15	8.4	13	7.25	5.2
	6	8.93	8.4	14	7.54	5.2
	7	10.28	8.4	15	7.86	5.2
	8	9.85	8.4	16	8.83	5.2
Promedio T =		9.732			7.544	
Desv. Estándar [s]=		1.048			0.888	
IC (95%)=		0.8765			0.7421	

Según los resultados obtenidos podemos ver que hay una mayor diferencia de valores en los viajes en manejo extraurbano (ruta 2), esto podría ser ocasionado por las condiciones de la vía la cual es con curvas y terreno irregular, además del mal estado de la vía.

De la misma manera se muestra la variación del SFC para el vehículo Hyundai accent para recorrido urbano y extra urbano.

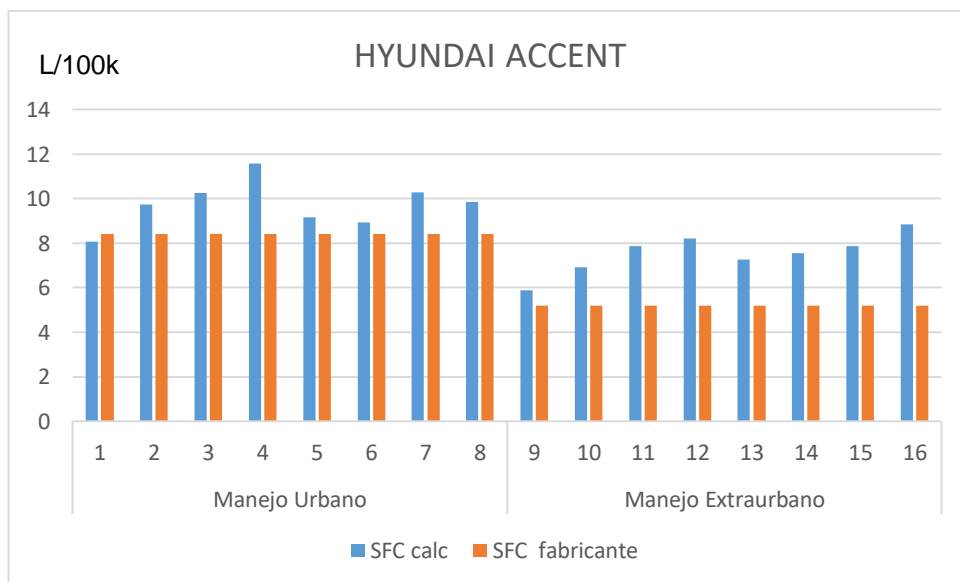


Figura 21. Variación del SFC vehículo Kia

Se puede observar que el vehículo Hyundai en manejo urbano tiene la menor diferencia de valores calculados con los valores del fabricante con un 16%, en el caso del vehículo kia la variación promedio en manejo urbano era de un 23%. Para manejo extraurbano en cambio el vehículo kia tiene menor

variación con los datos del fabricante con un promedio de 37% y un 45% para el vehículo Hyundai.

3.2. Ciclo representativo

Para los dos vehículos se determinó dos ciclos de conducción representativos uno para viajes urbanos y otro ciclo representativo para los viajes rurales. Y como resultado se obtuvo el viaje 16 como el más representativo para viajes urbanos y el viaje 2 para viajes rurales, las gráficas siguientes muestran a detalle el perfil de velocidad de cada uno de ellos:

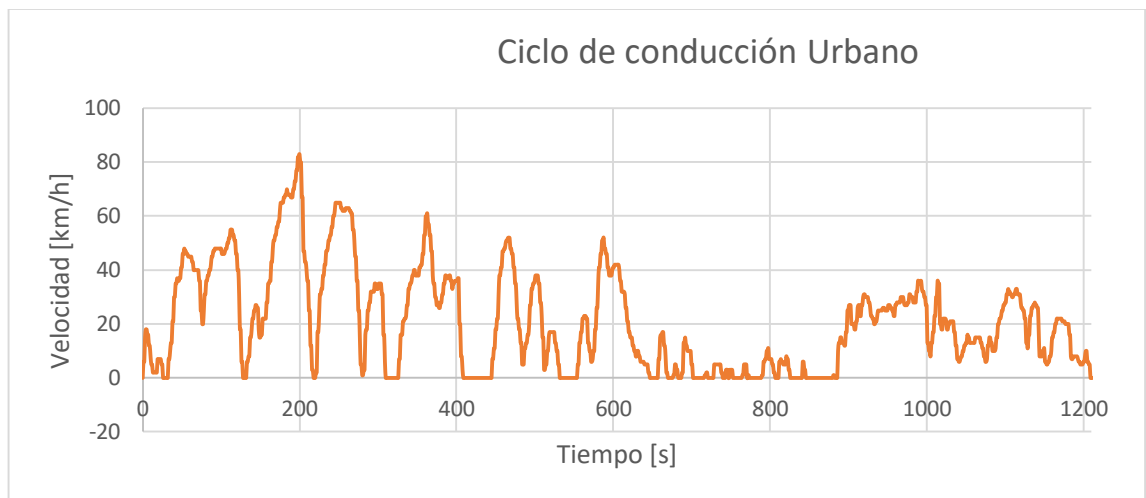


Figura 22. Ciclo Representativo urbano

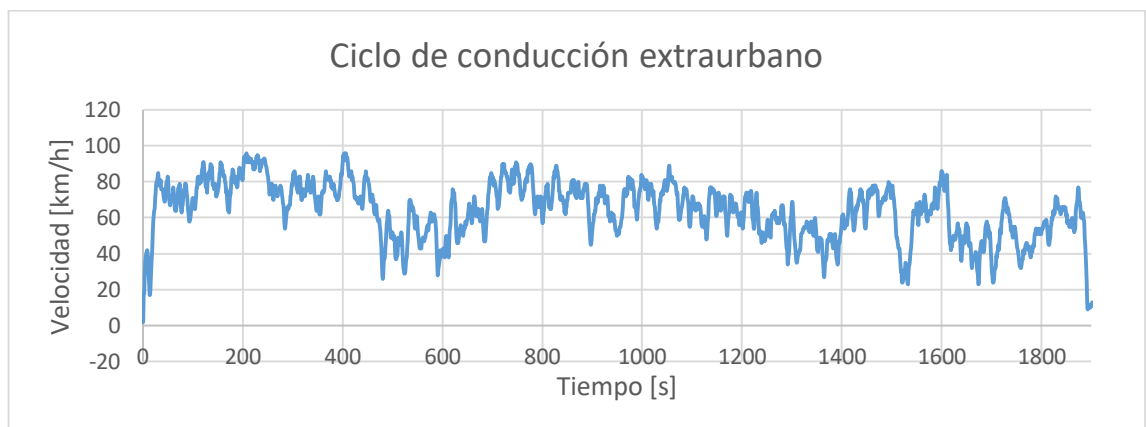


Figura 23. Ciclo Representativo extraurbano

Como podemos observar para el ciclo urbano el perfil de velocidad es muy variable, se tienen varias paradas del vehículo (velocidad cero), esto por el tráfico, semáforos o cruces de vía por ejemplo, en especial en el tramo de los

650 segundos a los 900 segundos allí se puede ver el mayor tráfico del viaje con múltiples paradas y velocidades no mayores a 10 km/h.

La gráfica del ciclo de conducción extraurbano muestra un perfil de velocidad más uniforme de cierto modo, la ruta es una vía rural de santo domingo en la cual el vehículo no hace paradas, pero si en ciertas zonas existen bajones de velocidad las cuales no disminuyen de los 20 km/h, en esta ruta existe menos tráfico y los vehículos transitan a velocidades más altas que en zonas urbanas.

3.3. ÍNDICE DE CONTAMINANTES

Para el cálculo del índice de contaminantes de ambos vehículos se suma la cantidad de masa en gramos de contaminante medido en cada viaje tanto para CO₂ y NO_x luego su sumatoria se dividirá para la distancia recorrida del total de viajes de cada vehículo, esto se realizará para viajes urbanos y para viajes rurales.

De esta manera se obtiene las tablas siguientes:

Tabla 6. Viajes Urbanos

	Masa total CO2 (g)	Masa total NOX (g)	Distancia total recorrida (km)
TOTAL			
Rio	15021,68	1,08	110
Getz	19118,50	1,51	110
SubTotal Viajes	34140,17	2,59	220
Indice de emisión	CO2 (g/km)	155,18	
	NOX (g/km)	0,012	
Total Viajes	8		

Tabla 7. Viajes Rurales

	Masa total CO2 (g)	Masa total NOX (g)	Distancia total recorrida (km)
TOTAL			
Rio	47625,45	16,10	320
Getz	48577,96	16,43	320
SubTotal Viajes	96203,41	32,53	640
Indice de emisión	CO2 (g/km)	150,32	
	NOX (g/km)	0,051	
Total Viajes	8		

Los fabricantes establecen para el vehículo KIA un índice de emisión urbano de 139 g/km y para el vehículo Hyundai 152 g/km. Se determinó que para el total de los viajes urbanos se estimó un índice de emisión de 155,18 g/km este valor es mayor a los establecidos por el fabricante, como ya venimos recalando aquí el tráfico es un factor muy influyente y durante los viajes se tuvo mediciones en tráfico denso y con tráfico leve.

Índice de contaminantes medido

Luego de las mediciones y análisis de resultados de las mediciones con el analizador de gases instalado en el escape de los vehículos se construyó la siguiente tabla de resultados.

Manejo Urbano			Manejo Extraurbano		
Viajes	CO2 (g/100km)	Nox (g/km)	CO2 (g/100km)	Nox (g/km)	
Vehiculo 1 KIA	1	162,18	0,0170	150,67	0,0670
	2	150,30	0,0190	147,92	0,0683
	3	161,18	0,0120	154,97	0,0561
	4	155,25	0,0110	144,05	0,0690
	5	165,38	0,0070	153,73	0,0582
	6	167,85	0,0189	134,59	0,0605
	7	145,04	0,0145	145,79	0,0871
	8	153,23	0,0160	146,42	0,0815
Vehiculo 2 HYUNDAI	9	156,552	0,0200	136,7	0,0703
	10	145,365	0,0190	143,8	0,0845
	11	152,295	0,0210	125,2	0,0595
	12	146,72	0,0275	144,92	0,0801
	13	152,559	0,0080	138,2	0,0773
	14	153,22	0,0102	140,16	0,0584
	15	154,802	0,0148	137,6	0,0599
	16	148,465	0,0295	144,16	0,0673
Promedio	154,398	0,017	143,055	0,069	

Manejo Urbano			Manejo Extraurbano	
	CO2 (g/100km)	Nox (g/km)	CO2 (g/100km)	Nox (g/km)
Vehiculo 1 KIA	157,55	0,0144	147,27	0,0685
Vehiculo HYUNDAI	151,25	0,0188	138,84	0,0697
Promedio T =	154,40	0,0166	143,05	0,0691

Manejo urbano

Se puede ver que los valores medidos son muy similares a los valores calculados, por ejemplo en el valor medido del CO2 es de 154.4 g/km y el valor calculado de la tabla 8 es de 155.18 g/km, un 0.5 % de error, para el NOx el valor medido es de 0.017 g/km y el valor estimado de la tabla 8 es de 0.012 g/km, un 29.4 % de error, esto se debe a que la concentración de NOx son muy pequeños y variables, se necesitaría un equipo más exacto.

Manejo extraurbano

En este caso se encontró un valor medido del CO₂ de 143.05 g/km y el valor calculado de la tabla 9 es de 150.32 g/km, un 5 % de error, para el NO_x el valor medido es de 0.069 g/km y el valor estimado de la tabla 9 es de 0.051 g/km, un 26.1 % de error, de la misma manera por que la concentración de NO_x son muy pequeños y variables se obtuvo una variación muy grande.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se concluye que los valores de consumo específico de combustible tanto para el vehículo Hyundai accent y el vehículo Kia rio establecidos en este estudio mediante las pruebas y mediciones en carretera son mucho mayores comparados a los valores referenciales establecidos por los fabricantes de estos vehículos, los resultados obtenidos de SFC urbano del vehículo KÍA RIO es de 9 l/100km, mientras que el valor establecido por el fabricante es de 7.3 l/100 km lo que nos representa un margen de variación del 23% en el cual el valor del fabricante es mucho más bajo; en cambio para manejo extraurbano se concluyó que el vehículo tiene un valor de 6.98 l/100km y el fabricante establece un valor de 5.1 l/100km que lo cual representa un 37% de variación. Para el vehículo Hyundai accent en manejo urbano se obtuvo un valor promedio de 9.73 l/100km frente a un valor de 8.4 l/100 km establecido por el fabricante, lo que representa una variación del 16% y para manejo extraurbano se obtuvo un valor de 7.54 l/100km frente a un valor de 5.2 l/100km que establece el fabricante lo cual representa un 45% de variación.
- La variación obtenida entre los datos del fabricante y los obtenidos en el estudio se debe principalmente a que los valores del fabricante fueron establecidos basados en pruebas estándar normalizadas en dinamómetros de chasis y con ciclos de conducción estandarizados, lo cual en la realidad es muy difícil recrear ya que cada persona tiene características de manejo diferentes, además las condiciones topológicas de la vía y condiciones ambientales hacen que haya una variación considerable entre un ciclo de conducción real y un estandarizado, lo cual al final implica en variaciones de SFC.
- Se establece al viaje 8 del vehículo Hyundai como el ciclo más representativo para viajes urbanos, esto quiere decir que las características de manejo del viaje 8 (características de velocidad y aceleración instantánea mostradas por el conductor en el viaje) representan a la conducción urbana, recordando que en este trabajo de investigación la representatividad del ciclo de conducción la dará el consumo de combustible podemos decir que el ciclo 16 además tiene alta representatividad en su valor de SFC. De la misma forma para los viajes rurales el viaje 2 del vehículo Kía se determinó como ciclo más representativo. Haciendo una comparativa de los viajes representativos urbano y rural, como diferencia podemos notar que para el viaje urbano

existen mayor número de paradas (velocidad cero) esto debido principalmente al tráfico, y esto conlleva a mayor número de arranques desde velocidad cero y esto en mayor SFC, en cambio el viaje representativo rural es más continuo en el tiempo, con menor número de paradas ya que el tráfico es menor pero se viaja a velocidades más altas, pendientes y curvas lo que conlleva mayor fuerza de tracción.

- Se determina que para los dos vehículos se tiene un índice de emisión general estimado de 141.7 g/km para el CO₂ y de 0.04 g/km para los NO_x, y en cantidades máxicas anuales se estima que entre ambos vehículos se emitirían 3255 kg de CO₂ y alrededor de 1 kg de NO_x.
- En las mediciones de gases contaminantes en el escape para manejo urbano se obtuvo un valor de 154.4 g/km de CO₂ y 0.017 g/km para el NO_x contrastando con los valores estimados con la metodología aplicada se obtuvieron variaciones en los resultados de 0.5% para el CO₂ y 29.4% para el NO_x.

Para manejo extraurbano los valores medidos fueron 143.05 g/km para el CO₂ y 0.069 g/km para el NO_x comparando con los valores estimados se obtuvo variaciones de un 5% para el CO₂ y un 26% para el NO_x. Podríamos decir que la metodología de estimación de emisiones contaminantes tiene variaciones aceptables en valores de CO₂ pero para las concentraciones de NO_x existen variaciones muy grandes casi del 30%.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar las mediciones de velocidad en carretera cuando se tenga condiciones climáticas favorables para esta actividad (como lluvias, calzada mojada o mucho tráfico) sin que represente riesgo para personas o vehículos involucrados.
- Es importante que los equipos de medición usados sean de alta precisión además que deben estar calibrados para obtener resultados confiables, en especial para medición de distancia de vía y gradiente de inclinación en pendientes.
- Se podría complementar este trabajo con estimación de cantidad de contaminantes emitidos por la combustión para cada vehículo y compararlos con los índices de emisiones de los fabricantes.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- AEADE (2017). Anuario 2017. Cifras Balance del año 2017. Recuperado de: <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2018/04/anuario%202017%20final%20web.pdf>
- AEADE (2019). 32 % del parque automotor del país tiene más de 12 años. Recuperado de: <http://www.aeade.net/32-del-parque-automotor-del-pais-tiene-mas-de-12-anos/>
- Afework B., Hanania J., Heffernan B., Jenden J., Stenhouse K., Toor J. & Donev J.(2018). Energy Education - Energy intensity [Online]. Recuperado de: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Energy_intensity.
- Agencia de regulación y control de electricidad (2016). Balance energético nacional 2016. Recuperado de : <https://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/Balance-Energetico-Nacional-2016-ilovepdf-compressed.pdf>
- Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero | ARCH (2016). Boletín estadístico 2016. Recuperado de: http://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/BOLET%C3%8DN-ESTAD%C3%8DSTICO-2016_11.pdf
- Alcaide, S. M. (2010). Influencia De Los Parámetros De Inyección Y La Recirculación De Gases De Escape Sobre El Proceso De Combustión En Un Motor Diesel. España: Reverté.
- Alonso Pérez, J. M. (2013). Motores. PARANINFO.
- Álvarez Flórez, J. A. (2010). Motores alternativos de combustión interna. Catalunya: Politext.
- ARCH (2017). Informe rendición de cuentas año 2016. Recuperado de: http://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/Rendicion-de-cuentas/2016/informe/Informe-Rendicio%CC%81n-de-Cuentas-ARCH-2016_25-04-2017-Ciudadani%CC%81a.pdf
- ARCH. (2014b). DESPACHOS DE COMBUSTIBLE 2013-2014. Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero.
- Bautista Paz, E., Muñoz Sanz , J., & Echavarri Otero, J. (2014). Problemas de mecanismos. DEXTRA.
- BITRE. (2012). Road vehicle-kilometres travelled: estimation from state and territory fuel sales. Retrieved from.
- BP Magazine (2019). Primary energy. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html>
- C.A. Prieto, "Use of GPS trajectories to Estimate Fuel Consumption" Young European Arena of Research, 2010.

- Cadengo M., Casanova W. & Mendoza A. (2018). Desarrollo de metodología para la estimación de los vehículos-kilómetro recorridos anualmente, a nivel nacional. Recuperado de secretaría de comunicaciones y transporte: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt517.pdf>
- Car engineer (2013). The different driving cycles.
- Casellas, J. (2011). Curso de mecánica. S.A EUNSA. EDICIONES UNIVERSIDAD DE NAVARRA.
- Concepción, M. (2011). Pruebas de Accionadores Automotrices y Sistemas EVAP . Createspace Independent.
- Corral, A., Izurieta, F., Guayanlema, V., Díaz, J. P., Acurio, H. & Quintana, P., Assessment opportunities for energy efficiency in Ecuadorian road transport DYNA 84 (200) 309-315, 2017.
- D'Addario, M. (2017). Manual de mecánica del automóvil: Fundamentos, componentes y mantenimiento Versión Kindle. Italia: Createspace Independen.
- Denton, T. (2016). Sistema Mecánico y Eléctrico del Automóvil. Tecnología automotriz: mantenimiento y reparación de vehículos. Reino Unido: Marcombo.
- Deormalización, I. E. (09 de 2017). CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES. Quito: USGovernmentDocuments.
- Eduardo Águeda Casado, J. L. (2014). Mecánica del vehículo. España: Paraninfo.
- EIA (2016). International Energy Outlook 2016. Recuperado de: [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf)
- Enerdata (2018). Global Energy Statistical Yearbook 2018. Total energy consumption. Recuperado de: Enerdata (2018). Global Energy Statistical Yearbook 2018. Energy intensity.
- Engineering insider (2019). Diesel cycle vs Otto cycle.
- EP Petroecuador. (2018). Precios de venta a nivel de terminal para las comercializadoras calificadas y autorizadas a nivel nacional. Recuperado de: <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/ESTRUCTURA-DE-PRECIOS-JULIO-2018-MENSUAL-SNI-05-AL-11-JULIO-2018.pdf>
- Escudero Fernández, S., Gonzáles, J., Rivas, J. L., & Suárez , A. (2011). Motores. MACMILLAN.
- f1insight (2015). Aerodynamics in Racing Vehicle Design.
- Felipe Blanch, J. J. (2015). Modelización de funcionamiento termomecánico de un motor otto . Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya .
- Formación, E. (2013). Libro de UF1217 Mantenimiento de Sistemas Auxiliares del Motor de Ciclo Diesel. Granada: Euroinnova Formación.
- Franco, M. C. (2012). Caracterización de Emisiones de Partículas En Motores Diesel. España: Editorial Academia Española.

- GAD Provincial Santo Domingo (2019). Datos Generales. Recuperado de: <http://www.gptsachila.gob.ec/index.php/la-provincia/datos-generales>
- GARZA, O. A. (2015). Estudio de los efectos de la cavitación en toberas de inyección diesel. España: Reverte.
- Gongora Juan (2012). Indicador Kilómetros-Vehículo Recorridos (KVR) Métodos de cálculo en diferentes países. Recuperado de: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/MedicionKVR.pdf>
- González Calleja, D. (2011). Motores: Transporte y mantenimiento de vehículos, electromecánica de vehículos automóviles. PARANINFO.
- González Calleja, D. (2015). Motores térmicos y sus sistemas auxiliares. S.A EDICIONES PARANINFO.
- https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Santo_Domingo_de_Los_Ts%C3%A1chilas
- Huertas, J.I., & Cedillo, J.D.D.C.K. (2017). A new methodology To determine typical driving cycles for the design of vehicles power trains. International Journal on Interactive Design and Manufacturing.
- Ibáñez, S. P. (2012). Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel. Malaga: IC Editorial.
- INEC. (2015b). Anuario de Estadísticas de Transportes 2014. Quito.
- INER (2016). Escenarios de prospectiva energética para Ecuador a 2050. Quito. ISBN: 978-9942-8620-4-4
- International energy agency IEA (2013). International comparison of light-duty vehicle fuel economy: Evolution over 8 years from 2005 to 2013. Recuperado de: <https://www.fiafoundation.org/media/45112/wp11-iea-report-update-2014.pdf>
- Lafayette C. (2019). Internal-combustion engine.
- Mallorquin Egea, S., & Carrasco Moreno, J. (2012). Prácticas y procesos de taller mecanizado. S.A MARCOMBO.
- Office of energy efficiency and renewable energy. Energy Intensity Indicators. Recuperado de [energy.gov: https://www.energy.gov/eere/analysis/energy-intensity-indicators](https://www.energy.gov/eere/analysis/energy-intensity-indicators)
- OLADE. (2003). Balance Energético Metodología OLADE. Recuperado de:
- Petroecuador (2016). Informe estadístico 2016. Recuperado de: <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/INFORME-ESTAD%C3%8DSTICO-2016.pdf>
- Pilataxi E. & Palomo K. (2012). Diseño y construcción de un sistema de medición del consumo específico de combustible con la utilización de un software para la optimización del dinamómetro del laboratorio de motores diésel-gasolina.
- PLANEE. (2017). Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035. ISBN: 978-992-22-148-3

Real world physics problems (2019). Drag Force. Wikipedia (2019). Drag (physics).

Scanner automotriz (2017).

SEMPLEDES (2015). Agenda Zonal ZONA 4-Pacífico. Recuperado de: <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Agenda-zona-4.pdf>

Stefanelli E. (2017). Comparison of Diesel Cycle and Otto in Four-Stroke Motor.

The Maritime Executive (2019). Transport Uses 25 Percent of World Energy.

The opec fund for international development (2017). Global energy consumption and world population.

U.S. Department of Energy (2017). Transportation Energy Data Book: edition 36. Chapter 2 Energy.

Wikipedia (2018). Hardy Cross method. Recuperado de: https://en.wikipedia.org/wiki/Hardy_Cross_method

Wikipedia (2019). Aerodynamic force. National Instruments (2015). Basic Dynamics of Ground Vehicles. Recuperado de:

ENLACE SIMILITUD URKUND

<https://secure.arkund.com/view/61808064-474171-564200>

<https://secure.arkund.com/archive/download/63720716-999867-602770>