



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA
AUTOMOTRIZ**

**“Evaluación del rendimiento de las gasolinas súper y ecopaís
mediante un ciclo típico de conducción para taxis del Azuay”**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

Autores:

VÍCTOR JACINTO INGA GUAMÁN

JORGE EDISON VIDAL GONZÁLEZ

Director:

DIEGO FRANCISCO TORRES MOSCOSO

CUENCA, ECUADOR

2019

DEDICATORIA

Esta tesis de pregrado, la que fue desarrollada con mucho esfuerzo, se la dedico a Dios por guiarme y darme sabiduría para afrontar cada uno de los obstáculos que se presentan en mi vida. A mis padres Juan Manuel y María Dolores, por su apoyo incondicional y por guiarme siempre con sus sabios consejos. A mis hermanos Sergio y Gustavo, por sus consejos que me ayudaron a tomar las mejores decisiones para mi vida. A mis hermanas Sandra y Marcia, por estar presentes en los momentos más importantes. A mi esposa Gabriela, por el apoyo infinito, por su cariño, tolerancia y paciencia para acompañarme en cada uno de mis logros, por ser la persona ideal en mi vida y a la princesa de mis ojos Victoria Jackeline, por ser el motor y mi inspiración para mejorar cada día como hijo, papá y esposo.

Víctor Jacinto Inga Guamán

Le dedico este trabajo a Dios, por cuidarme y guiarme en cada instante de mi vida. Con todo el afecto a mis padres Elvia y Edison por todo el apoyo y cariño que me supieron dar, porque fueron un pilar muy importante en mi vida ya que siempre estuvieron alentándome en los momentos más difíciles de mi carrera; a mis hermanas Eliana, Priscila y Emily, por haberme brindado sus consejos y apoyo en cada etapa de mi vida. Y a toda mi familia que estuvieron presentes con sus palabras de aliento, y que fueron decisivas en su momento de mi vida.

Jorge Edison Vidal González

AGRADECIMIENTO

Antetodo, nuestro agradecimiento a Dios por las bendiciones derramadas durante cada momento de nuestras vidas. También, nuestro sincero agradecimiento a la Universidad del Azuay, centro del conocimiento. Del mismo modo, exaltamos la constante y desinteresada labor de cada uno de los docentes y personal administrativo; que día a día supieron guiarnos en la esforzada vida universitaria. De manera muy especial, nuestro agradecimiento al Ing. Francisco Torres, quien con sus consejos y profesionalismo permitió la realización de este proyecto. En general, a todos quienes de una u otra manera, intervinieron en la realización de este trabajo, no solo como aporte técnico, sino también humano. A nuestros compañeros, que entre cuadernos, copas y medianoches, afianzábamos el sueño que parecía lejano, pero que con la insesante constancia y unión, ahora es una realidad.

Victor Inga, Edison Vidal

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1
 CAPITULO I:ESTADO DEL ARTE	 4
1.1 Estado del Arte.....	4
1.2 Motivación de la investigación	10
1.3 Problemática	11
1.4 Alcance	11
1.5 Objetivo general.....	12
1.6 Objetivos específicos	12
 CAPÍTULO II: NORMATIVAS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS	
GASOLINAS	13
2.1 Normativas.....	13
2.2 Propiedades de los combustibles.....	16
2.2.1 Índice de octano	16
2.2.2 Presión de vapor Reid	17
2.2.3 Estabilidad a la oxidación (Periodo de inducción).....	17
2.2.4 Relación Vapor-Líquido.	17
2.2.5 Uso de oxigenados en gasolina.	17
2.2.6 Gomas.	18
2.2.7 Etanol.	18
2.2.8 Etanol anhidro grado carburante.	18
2.2.9 Etanol anhidro grado carburante desnaturalizado.	19
 CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	 21
3.1 Materiales	21

3.1.1	Flujómetro.....	21
3.1.2	Dinamómetro de chasis.....	22
3.1.3	Computadora.....	22
3.1.4	Vehículo.....	23
3.1.5	Combustible	23
3.1.6	Módulo GPS	24
3.1.7	Balanza digital	24
3.2	Métodos	25
3.2.1	Selección.	26
a.)	Selección del vehículo.	26
b.)	Selección del ciclo de conducción.	27
c.)	Selección de los combustibles.	29
d.)	Selección del número de pruebas.....	30
3.2.2	Variables necesarias.....	31
3.2.3	Determinación de los coeficientes para el dinamómetro	32
3.2.4	Recopilación de datos	37
3.2.5	Análisis de datos y percepción del consumidor.....	39
3.2.6	Resultados	39
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		46
4.1	Resultados	46
4.1.1	Coeficientes Ad' , Bd' y Cd'	46
4.1.2	Resultados ecopaís.....	47
4.1.3	Resultados súper	49
4.1.4	Comparación.....	51
4.1.5	Comparación flujómetro vs. método físico.....	54
4.2	Discusión	55
CONCLUSIONES.....		57
RECOMENDACIONES.....		61
BIBLIOGRAFÍA.....		62
ANEXOS.....		67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Demanda de derivados en el Ecuador.....	2
Figura 2. Diagrama rpm-potencia según el tipo de combustible empleado.....	5
Figura 3. Rendimiento de diversas mezclas según BSEC vs. Torque	6
Figura 4. Consumo específico de combustible al freno	8
Figura 5. Configuración del experimento	8
Figura 6. Consumo de gasolina por tipo de vehículo.....	10
Figura 7. Equipos empleados	21
Figura 8. Metodología a emplearse durante el estudio	25
Figura 9. Número de vehículos vendidos en Azuay	26
Figura 10. Vehículos más vendidos en Azuay	27
Figura 11. Número de viajes en Cuenca por unidad sectorial.....	28
Figura 12. Esquema de la prueba a realizar	34
Figura 13. Fase de la toma de datos	37
Figura 14. Fase de resultados	39
Figura 15. Fase de resultados	47
Figura 16. Porcentaje de los vehículos muestreados.....	50
Figura 17. Gráfica Velocidad-Consumo-Tiempo gasolina ecopaís	52
Figura 18. Gráfica Velocidad-Consumo-Tiempo gasolina súper	52
Figura 19. Comparación costos anteriores	52
Figura 20. Comparación costos actuales	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON).....	14
Tabla 2. Requisitos de la gasolina 92 octanos (RON).....	15
Tabla 3.Requisitos de la gasolina 93 octanos (RON).....	15
Tabla 4.Requisitos del etanol anhidro grado carburante.....	16
Tabla 5.Requisitos del etanol anhidro grado carburante desnaturalizado.....	16
Tabla 6.Propiedades físico-químicas del etanol anhidro.....	19
Tabla 7.Características del flujómetro utilizado.....	21
Tabla 8. Características del dinamómetro empleado.....	22
Tabla 9.Datos técnicos Chevrolet AveoFamily.....	23
Tabla 10.Caracísticas del GPS.....	24
Tabla 11.Ventas de vehículos en Azuay por segmentos.....	26
Tabla 12.Ciclo de conducción seleccionado.....	29
Tabla 13.Variables requeridas para el estudio.....	31
Tabla 14. Fuerza de resistencia según los intervalos de velocidad.....	35
Tabla 15.Detalle de los vehículos muestreados.....	41
Tabla 16.Uso de las gasolinas.....	42
Tabla 17.Uso de ecopaís.....	42
Tabla 18.Uso de súper.....	43
Tabla 19.Percepción sobre combustible más rendidor.....	43
Tabla 20.Percepción sobre adición de etanol.....	44
Tabla 21.Percepción daños causados por ecopaís.....	44
Tabla 22.Combustible recomendado.....	44
Tabla 23.Recomendaciones súper.....	45
Tabla 24.Recomendaciones ecopaís.....	45
Tabla 25.Coeficientes generados.....	46
Tabla 26.Resultados para el combustible ecopaís.....	47
Tabla 27.Consumo de combustible ecopaís.....	48
Tabla 28.Costo consumo de combustible ecopaís.....	49
Tabla 29.Resultados para el consumo de combustible súper.....	49
Tabla 30.Análisis estadístico combustible súper.....	50
Tabla 31.Costo combustible súper.....	51
Tabla 32.Comparación precio anterior.....	51
Tabla 33.Comparación precio actual.....	52
Tabla 34.Consumo de combustible automóvil.....	53
Tabla 35.Consumo de combustible taxi.....	54
Tabla 36.Análisis estadístico entre los métodos de medición.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Filtro de coeficientes prueba en carretera.....	67
Anexo 2. Obtención de coeficientes finales prueba dinamómetro.....	68
Anexo 3. Procesamiento de datos método gravimétrico.....	69
Anexo 4. Plantilla procesamiento de encuestas	70
Anexo 5. Plantilla procesamiento estadístico consumo de combustible.....	71
Anexo 6. Plantilla de análisis costos.....	72
Anexo 7. Formato Encuesta Percepción del Consumidor.....	73
Anexo 8. Formato de datos grabados por GPS	74
Anexo 9. Portada norma ISO 10521-Parte 1.....	75
Anexo 10. Portada Norma ISO 10521-Parte 2.....	76
Anexo 11. Registro de Figuras.....	77

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS GASOLINAS SÚPER Y ECOPAÍS MEDIANTE UN CICLO TÍPICO DE CONDUCCIÓN PARA TAXIS DEL AZUAY

RESUMEN

Los combustibles fósiles como fuente energética en el transporte constituyen un trascendental problema para el Ecuador, con consecuencias energéticas, ambientales y económicas. Así, al emplear las gasolinas comercializadas, resulta necesario evaluar parámetros de rendimiento y costo de combustible bajo condiciones operativas locales: ciclo de taxis para la ciudad de Cuenca; generándose un registro referencial para los consumidores. Por ello, empleando uno de los vehículos más vendidos en el Azuay, midiendo el consumo de combustible con un flujómetro y con un banco dinamométrico para reproducir ciclos de conducción; son comparadas las gasolinas ecopaís y súper. Los resultados evidencian un rendimiento de $5,405 \pm 0,01$ [L/100 km] para ecopaís y de $4,805 \pm 0,049$ [L/100 km] para súper, a un costo/ciclo de 0,07 USD para ecopaís y 0,10 USD para súper. En conclusión, se demuestra mayor rendimiento y precio para la gasolina súper, en márgenes de 11% y 28,08% respectivamente.



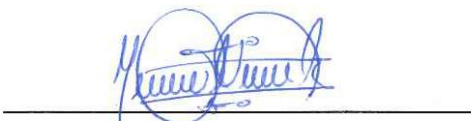
Diego Francisco Torres Moscoso
Director del Trabajo de Titulación



Mateo Fernando Coello Salcedo
Director de Escuela



Víctor Jacinto Inga Guamán
Autor

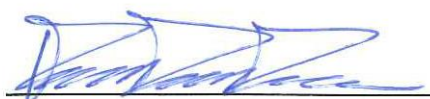


Jorge Edison Vidal González
Autor

PERFORMANCE EVALUATION OF SUPER AND ECOPATIS GASOLINES THROUGH A TYPICAL DRIVING CYCLE FOR TAXIS OF AZUAY

ABSTRACT

The fossil fuels used as energy sources in transport, constitute a major problem for Ecuador in terms of energy, environment and economy. It is necessary to evaluate performance parameters and costs of locally sold gasolines under the operating conditions of a taxi cycle for Cuenca. This generates a referential registry for consumers. The “ecopais” and “super” gasolines were compared by using one of the best-selling vehicles in Azuay. Fuel consumption was measured with a flowmeter and a dynamometer was used to reproduce driving cycles. The results show a performance of 5.405 ± 0.01 [L/100 km] for ecopais and 4.805 ± 0.049 [L/100 km] for super. The costs per cycle were 0.07 USD for ecopais and 0.10 USD for super. In conclusion, super gasoline shows greater performance and price in margins of 11% and 28.08% respectively.



Diego Francisco Torres Moscoso
Thesis Director



Mateo Fernando Coello Salcedo
Faculty Director



Víctor Jacinto Inga Guamán
Author



Jorge Edison Vidal González
Author

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AEADE: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador.

ANT: Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador.

BSEC: Brake Specific Energy Consumption (“Consumo específico de energía al freno”).

BSFC: Brake Specific Fuel Consumption (“Consumo específico de combustible al freno”).

CO: Monóxido de Carbono

DIPE: Diisopropil Éter

EPA: Environmental Protection Agency (“Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América”).

GPS: Global Positioning System (“Sistema de Posicionamiento Global”).

HC: Hidrocarburos.

IMEP: Indicated Mean Effective Pressure (“Presión Efectiva Media Indicada”)

INEN: Servicio Ecuatoriano de Normalización.

INER: Instituto Ecuatoriano de Eficiencia Energética y Energías Renovables.

ISO: International Organization for Standardization (“Organización Internacional de Estandarización”).

KBEP: Kilo Barriles Equivalentes de Petróleo (Unidad energética).

MON: Motor Octane Number (“Número de Octano de Motor”).

MTBE: Metil Terbutil Éter.

NO_x: Óxido de Nitrógeno.

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana.

pH_e: Fuerza ácida que permite predecir el potencial corrosivo de los combustibles de etanol.

RON: Research Octane Number (“Número de Octano de Laboratorio”).

RTE: Reglamento Técnico Ecuatoriano.

TAAE: Teramil Etil Éter.

TAME: Teramil Éter.

WOT: Wide Open Throttle (“Acelerador Completamente Abierto”).

Inga Guamán Víctor Jacinto

Vidal González Jorge Edison

Trabajo de Titulación

Ing. Diego Francisco Torres Moscoso, Msc.

Junio, 2019

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS GASOLINAS SÚPER Y ECOPAÍS MEDIANTE UN CICLO TÍPICO DE CONDUCCIÓN PARA TAXIS DEL AZUAY

INTRODUCCIÓN

El sector transporte a nivel global genera una demanda energética mayor al 50% de la cual el transporte terrestre contempla el mayor porcentaje (INER, 2014). Por ello, el transporte está muy ligado al crecimiento económico de las naciones, permitiendo el acceso a recursos, bienes e insumos mediante la diversificación y especialización de servicios (Hubenthal, 2010). El Ecuador no es la excepción, puesto que un 44.2% de la demanda energética se debe a este sector, con una constante dependencia de combustibles fósiles (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

Tal como lo indica la Figura 1, la demanda de gasolinas y diésel premium presentó una proyección mayor para el 2017 respecto al 2016, a pesar de que la demanda de otros derivados proyectaba ligeras reducciones. Ese incremento en la demanda tanto de gasolinas como diésel premium significó alrededor de 1.200 millones de dólares de inversión según el informe estadístico enero-diciembre 2017 de Petroecuador (2018). Además, el Ecuador mantiene un programa de producción de derivados, cuya finalidad es preparar las gasolinas Extra RON 87 y Súper RON 92 de acuerdo a la norma INEN 935:2012; manteniéndose la importación de nafta de alto octano de mínimo 93 RON (Petroecuador, 2017).

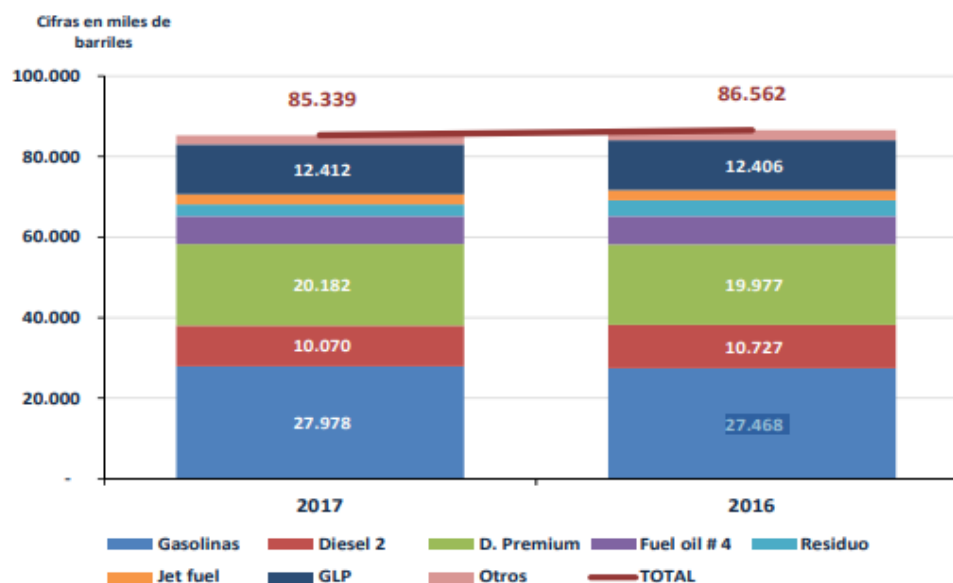


Figura 1. Demanda de derivados en el Ecuador.

Fuente: Petroecuador (2018)

Como es notorio, esa demanda energética dependiente de combustibles fósiles constituye algunos de los trascendentales problemas que debe afrontar la humanidad en nuestra era; por ejemplo, el consumo de energía, incluido el transporte, es la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes acidificantes, aunque la emisión de estos últimos ha disminuido a través de la adopción de combustibles más limpios y gracias al tratamiento de los gases de combustión; soluciones que pueden fortalecerse con estrategias enfocadas a una mayor eficiencia energética y un incremento en el uso de las energías renovables (Edenhofer et al., 2011).

Aunque las investigaciones sobre biocombustibles aparecen desde el siglo XIX (Salinas y Gasca, 2009), las metas se centran en encontrar alternativas para sustituir al petróleo y disminuir sus efectos negativos sobre el medio ambiente; razón por la cual políticas gubernamentales estadounidenses o europeas han estado enfocadas en la necesidad de generar biocombustibles como una fuente de energía alternativa, de tal forma que puedan ir sustituyendo el empleo de los hidrocarburos y más que nada, ser replicadas alrededor del mundo. Pero ¿Qué es un biocombustible? Es aquel combustible obtenido de la biomasa, es decir, que proviene de materia orgánica que haya tenido su origen inmediato en el proceso biológico de organismos recientemente vivos; ya sean de origen vegetal o animal (Salinas y Gasca, 2009). Por ejemplo, en países como Brasil, Suecia y Estados Unidos, en el año 2011, circulaban seis millones de vehículos con sistemas que toleraban mezclas de biocombustibles (etanol/gasolina)

de hasta 85% (Serna et al., 2011). Para el caso ecuatoriano, las políticas gubernamentales establecen el uso de biocombustibles (etanol) mezclados con gasolinas, inicialmente en un 5%, con un aumento progresivo de hasta un 10%.

En consecuencia, el uso de gasolinas en el Ecuador está destinado básicamente para un creciente parque automotor determinado en 2`056.213 de unidades vehiculares, de las cuales 968.900 corresponden a automóviles cuya demanda energética es principalmente gasolinas (AEADE, 2018). Dicho consumo para el año 2014; significó un consumo energético de 17.228 KBEP o su equivalente a 812 millones de galones, es decir, un 40.5 % de la demanda total energética del sector transporte (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015). Si dentro del consumo energético de gasolinas se establece una segmentación por tipo de vehículo; el grupo de vehículos: automóviles, todoterrenos, taxis y motos; abarca el 49% del consumo total de gasolinas y supera en casi el doble la demanda energética de otros grupos como furgonetas de pasajeros y carga, y camionetas (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

Así, los procesos de estimación de consumo energético y análisis de emisiones contaminantes se basan en ciclos de conducción, es decir; en patrones que describen la manera típica en la que un vehículo es conducido en un lugar específico. Estas representaciones están basadas en gráficas de la velocidad en función del tiempo y responden a estimaciones con parámetros ambientales, de tráfico y otras propias al lugar de estudio. En el Ecuador, las entidades que aplican ciclos de conducción para la homologación vehicular son entidades públicas como la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) o el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). Sus procedimientos engloban ciclos de conducción internacionales, procesos que no se consideran los más óptimos para representar las condiciones locales (Dávalos, 2017). Por ende, con el propósito de analizar de una manera más representativa la diferencia en el consumo de combustible y otros parámetros de rendimiento, entre un carburante mezclado con etanol vs. un carburante sin mezcla (ecopaís y súper); resulta necesario aplicar condiciones locales para definir el análisis. Consecuentemente, el presente estudio emplea un ciclo de conducción local: “Ciclo de conducción para los vehículos de la unión de taxistas del Azuay”; considerando que los taxis son los vehículos que tienen mayor recorrido dentro de las ciudades y que, el ciclo planteado reúne factores propios de la ciudad de Cuenca como la distribución de tránsito y la variación topográfica (Dávalos, 2017).

CAPITULO I

1.1 Estado del Arte

El octanaje determina la calidad, el costo y la denominación de determinada gasolina según el país o la región. En otros países, al combustible que en Ecuador es conocido como extra (87 octanos), se lo denomina, por ejemplo: corriente en Colombia, gasolina de 87 octanos en EEUU, magna en México; mientras que el combustible conocido como súper (92 octanos) se denomina: extra en Colombia, gasolina de 92 octanos en EEUU y premium en México.

En tanto, políticas estatales actuales establecen la mezcla de biocombustibles en combustibles fósiles, que en algunos países como Estados Unidos, está alrededor del 10% (EPA, 2018a), mientras que en Colombia las gasolinas contienen un 8% de etanol en su composición (ESSO, 2018), en tanto en Ecuador las gasolinas contienen un 5% de etanol (Petroecuador, 2017), con la meta de incrementar ese valor a un 10% en los siguientes años; acciones que tienen por objeto básicamente la eficiencia energética, la reducción de emisiones contaminantes y una reducción progresiva de la dependencia de combustibles fósiles.

Como bien se sabe, mejorar la calidad de los combustibles es una tarea constante de organismos gubernamentales, empresas petroleras, investigadores, entre otros. Por ello es importante evaluar la eficiencia de los combustibles introducidos al mercado dentro de los diferentes procesos de obtención del combustible como de medición de rendimiento.

Así, Guseinova et al. (2013) analizaron procesos de combinación de productos esterificados con fracciones de gasolinas craqueadas catalíticamente. En tanto, Awad et al. (2018) verificaron las implicaciones en la potencia de freno y en el consumo específico de combustible al freno, cuando se varía el contenido de humedad en la mezcla con combustible fósil. Odziemkowska et al. (2016) determinaron que el bioetanol mezclado en porcentajes entre un 5 y un 30%; deterioró las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los combustibles, por lo que investigaron algunos aditivos para mejorar ciertas propiedades. Según la Figura 2, los resultados mostraron

que la mezcla con un porcentaje menor de etanol (Fuel I), causó la disminución en la potencia máxima un 12.5% en comparación con el diésel. En tanto, un mayor porcentaje de etanol (Fuel II), causó una disminución de la potencia máxima en un 15.5%, también comparada con el diésel.

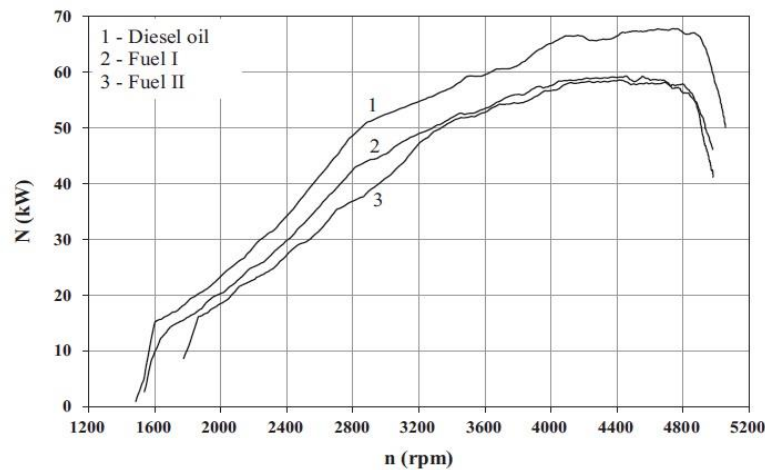


Figura 2. Diagrama rpm-potencia según el tipo de combustible empleado
Fuente: Odziemkowska et al. (2016).

Del mismo modo, Ershov et al. (2016) dan a conocer las normativas para la producción de combustible de alto octanaje y de alta calidad a partir de fracciones de hidrocarburos de bajo octanaje, mencionando además parámetros para el máximo aumento del octano del bioetanol. En tanto, Park et al. (2014) analizaron los efectos del bioetanol y la gasolina como fuente de inyección premezclada en el rendimiento de la combustión y las características de emisiones de escape de un motor de combustión dual.

Los análisis se enfocan a emulsiones tanto para diésel como para gasolina; por ejemplo, Hoseinpour (2018) emplea combustibles diésel y B20 como referencia y, añade gasolina como elemento de fumigación en el colector de admisión, en dos proporciones diferentes, según cada punto de operación del motor, probando seis tipos de combinación. Kuper et al. (s.f) se basaron en motores de inyección directa a gasolina para comprobar las propiedades de combustibles mezclados con etanol en condiciones de frío y especialmente durante el arranque de un motor en frío.

Chen et al. (2008), según la Figura 3, analizaron el consumo específico de energía al freno vs. la carga del motor, para diferentes mezclas de etanol-diésel y diésel sin mezcla. Los regímenes del motor contemplaron las 1.400 rpm y 2.300 rpm. Para condiciones de altas rpm, los combustibles mezclados con etanol presentaron BSEC

similares a los BSEC del diésel. A pesar de ello, las mezclas mostraron un deterioro gradual en condiciones de carga media y baja, especialmente al 1.400 rpm. Los investigadores atribuyen dicho deterioro a temperaturas de combustión más bajas y a una relación aire/combustible más alta en condiciones de carga media y baja. Al aumentar la carga del motor (2.300 rpm), la temperatura en el cilindro aumenta, la relación aire/combustible disminuye, y se mejora la combustión del combustible mezclado con etanol; razón por la cual la BSEC del combustible de mezcla es casi igual a la del combustible diésel en condiciones de alta carga.

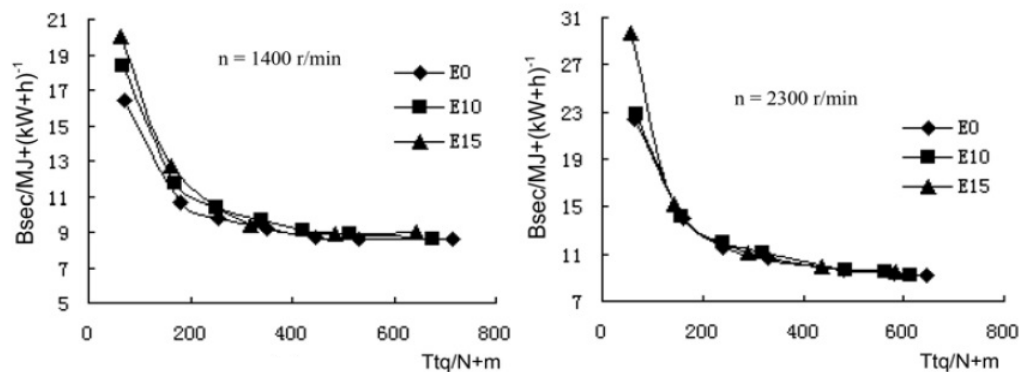


Figura 2. Rendimiento de diversas mezclas según BSEC vs. Torque
Fuente: Chen et al. (2008).

Si se considera que otra de las metas del uso de biocombustibles es la reducción de emisiones perjudiciales, Nagel et al. (2017) investigaron los efectos de varias mezclas de gasolina y etanol anhidro en las emisiones de escape, específicamente en las concentraciones de monóxido de carbono, hidrocarburos totales y óxidos de nitrógeno. Así concluyen que a medida de que el contenido de etanol de la mezcla aumentaba, las concentraciones de CO, HC y NOx se reducían en 15%, 53% y 34%, respectivamente, para valores de $\lambda < 1$ (mezcla rica) y de 52%, 31% y 16% para valores de $\lambda > 1$ (mezcla pobre). En otro caso, Marques (2016) precisa que la eficiencia de la combustión es mayor para el etanol, con valores más bajos de NOx; todo esto si se compara con el uso de gasolina sin mezcla.

Roayaei y Taheri (2009) concluyeron que, al agregar etanol en un 10% a la gasolina, el rendimiento general del motor se incrementa entre un 5 a 10%, provocado básicamente por el aumento en el índice de octano de la mezcla (encendido). Sin embargo, la mezcla empleada generaba menos calor, implicando un incremento del 5% de consumo comparado con una gasolina convencional. Shifter et al. (2018) dan a

conocer dentro de su caso, que el motor puede encenderse estable con mezclas E10, E20 y E45, aunque para el E85, el ralenti presenta inestabilidad debido a una mezcla aire-combustible demasiado pobre; todo ello en base al ciclo de conducción FTP- 75.

Mourad et al. (2018) investigaron el comportamiento de varias mezclas de combustible propanol / gasolina en cuanto al consumo de combustible y la emisión de contaminantes, generando mapas de un motor estacionario a través de un código de simulación de un vehículo para poder determinar el rendimiento del vehículo en la carretera. Consideraron el par motor, rpm, volumen / caudal másico de aire de admisión, consumo de combustible, temperaturas del motor: escape, aceite y temperatura del refrigerante. Sakthivel et al. (2018) concluyeron que el etanol es un refuerzo de octano, con una mayor propagación laminar de la llama durante la combustión que incrementa la eficiencia de la combustión. También señalan que, aunque las características de destilación son favorables para la mezcla adecuada de aire-combustible, los motores pueden necesitar de una optimización, introduciéndose mayores mezclas de etanol para anular su bajo poder de calentamiento.

Lee et al. (2018) realizaron pruebas de etanol mezclado con diésel a un régimen de giro del motor de 1.000 rpm, con una variación en la condición de carga a una presión efectiva media indicada desde 0.2 a 0.8 MPa; en tanto que Serdar et al. (2007) mantuvieron un régimen constante de 2.000 rpm con presión en el pedal del acelerador, caso contrario al de Koc et al. (2009) que usaron: dos relaciones de compresión (10:1 y 11:1), con el pedal del acelerador presionado y variaciones en la velocidad del motor de 1.500 a 5.000 rpm, con incrementos de 500 rpm. Este caso encontró que la adición de etanol a la gasolina sin plomo aumenta el par de torsión, la potencia y el consumo de combustible.

Chansauria y Mandloi (2018) exponen que la mezcla en una proporción creciente de etanol aumenta la eficiencia térmica general, la velocidad de liberación de calor, la eficiencia volumétrica del motor y la presión del gas del cilindro. Como lo muestra el Figura 4, el BSFC o consumo específico de combustible al freno; es mejor para los casos de combustible mezclado, es decir, E5 y E10, en comparación con la gasolina. A una velocidad de 80 km/h, el BSFC para E5 y E10 aumenta un 2,8% y un 3,6%, respectivamente en comparación con la gasolina. A una velocidad de 100 km/h, el BSFC E5 y E10 aumenta en 0.2%, 1.5%, respectivamente.

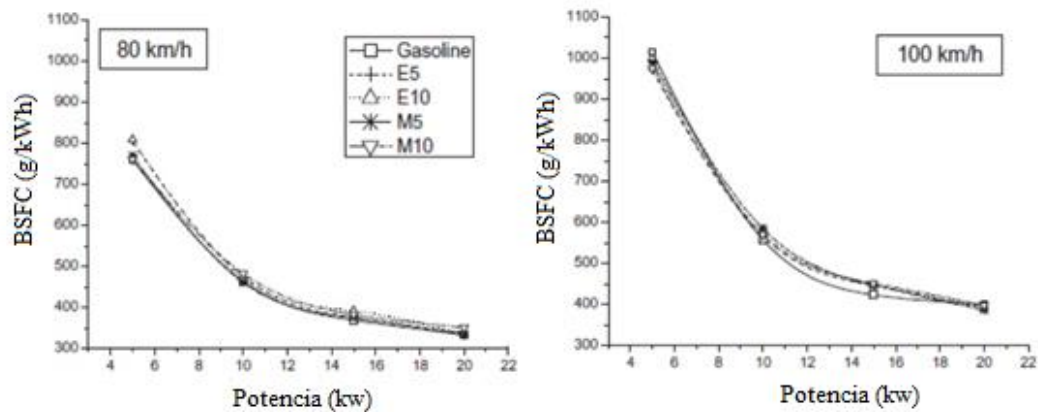


Figura 3. Consumo específico de combustible al freno

Fuente: Chansauria y Mandloi (2018)

Deng et al. (2018) dentro de su metodología, según la Figura 5; optaron por un motor de encendido provocado de cuatro cilindros, con aspiración natural e inyección electrónica de combustible. El motor cuenta con cuatro dispositivos de análisis y medición: a) un flujómetro de combustible, b) un medidor de flujo de aire, c) un analizador de combustión y d) un analizador de gases de escape. A su vez, el motor está montado sobre un dinamómetro que permite obtener diversas variables: potencia, torque, rpm, entre otras.

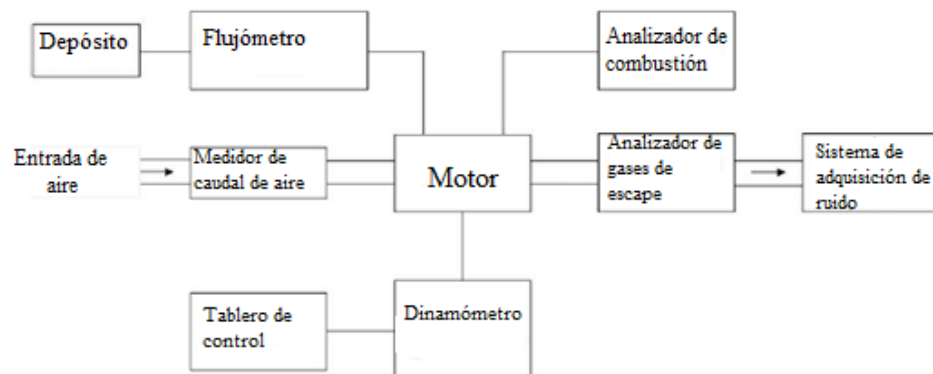


Figura 4. Configuración del experimento

Fuente: (Deng et al., 2018)

Asimismo, en el medio nacional, Guzmán (2013) analiza la posibilidad de emplear mezclas de etanol en porcentajes de 3%, 5% y 10% en la gasolina extra para su distribución en la ciudad de Quito, con la conclusión que por factores climáticos, económicos y sociales es factible el uso de etanol hasta en un 10% en mezcla con la gasolina extra. Narváez (2011) manifiesta algunas ventajas que la producción local de etanol puede generar, mientras Arévalo (2010) adapta un sistema dual de combustible

en un motor de cuatro tiempos y analiza principalmente el nivel de emisiones contaminantes y el rendimiento de combustible para dos tipos de combustible: extra y E70.

Masson (2012) estudia las propiedades físico-químicas de las mezclas de etanol anhidro con gasolinas de ochenta octanos, en proporciones de 5%, 10%, 15% y 20 %; específicamente considera: presión de vapor de Reid, corrosión a la lámina de cobre, destilación e índice de octanos. Espinoza y Tacuri (2016) utilizan varios porcentajes de mezclas de etanol con gasolina, aplicando ciclos de conducción 91/441/CEE; con la determinación de las curvas de torque y potencia, consumo de combustible, emisiones de gases de escape y la determinación de factores de emisión.

Tapia (2016), evalúa las curvas de eficiencia y desempeño de un vehículo liviano usando el combustible ecopaís, dentro de un estudio que basa sus pruebas en un dinamómetro y compara los resultados con los proporcionados por el fabricante, suponiendo que éste emplea gasolina súper en las pruebas correspondientes. Otros estudios comprenden el análisis de ciertos aditivos y equipos optimizadores de combustible en las emisiones contaminantes (Encalada y Ñauta, 2010), así como la optimización de combustible en flotas vehiculares considerando únicamente el mantenimiento.

Tenempaguay (2016) analiza teóricamente las consideraciones para implementar un sistema Flex Fuel en un vehículo liviano, a través de la implementación de dos módulos electrónicos en el sistema de inyección de dicho vehículo. Maurat y Galarza (2017) plantean una metodología para evaluar la potencia, torque, consumo específico y emisiones de escape del motor, utilizando dos tipos de combustible: extra y ecopaís; basando su estudio en pruebas realizadas en un banco dinamométrico.

En consecuencia, el estado del arte permite evidenciar que es evaluado el consumo de combustible de la gasolina ecopaís, a través de las respectivas curvas de eficiencia y rendimiento; sin ser establecida una comparación entre las dos gasolinas que se ofertan el medio (súper y ecopaís) y sin ser utilizados ciclos de conducción locales.

1.2 Motivación de la investigación

El sector del transporte abarca un 44.2% del consumo energético en el país, comprendiendo la mayor demanda el sector de transporte terrestre, con una persistencia en la demanda de combustibles fósiles, específicamente de gasolinas. Según la Figura 6, el grupo vehicular de mayor demanda de gasolinas está constituido por autos, todoterrenos, taxis y motos (49%). Obviamente, este grupo significa la mayor cantidad de unidades vehiculares en el país, alrededor de 968.000 vehículos. Otros grupos vehiculares demandan casi la mitad que el primer grupo y están conformados por furgonetas de carga y pasajeros, camiones de carga ligera, entre otros (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

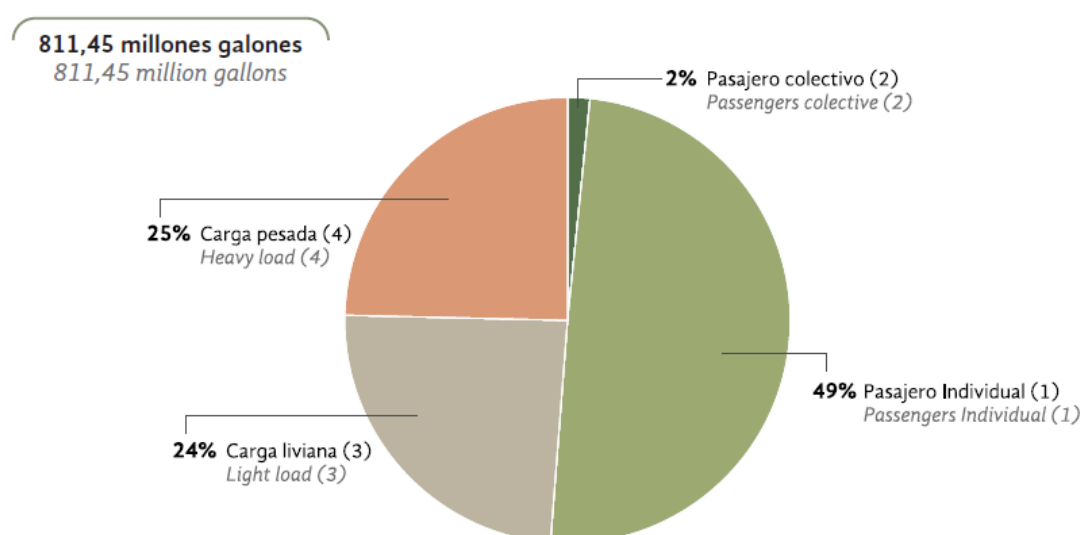


Figura 5. Consumo de gasolina por tipo de vehículo
Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (2015).

Por ello, al ser políticas de primer orden la eficiencia energética y la reducción de emisiones contaminantes, se derivan estrategias para cumplir los objetivos deseados para la transportación (Onoda, 2009). Una de esas metas es la comercialización de gasolinas mezcladas con etanol, por lo que resulta importante conocer el impacto que la comercialización de esas gasolinas puede generar en el consumo de combustible y otros parámetros de los vehículos. Aún más significativo resulta el análisis bajo condiciones reales de operación, según las condiciones de circulación: topografía, tráfico; y la oferta local: vehículos más vendidos. Todas estas acciones pretenden ser

comparadas con los datos obtenidos bajo condiciones extrañas al lugar de comercialización de determinado vehículo o combustible; información que además impide establecer con claridad una relación costo-rendimiento del carburante.

1.3 Problemática

Considerando que en el Ecuador son prioridades la importación de combustibles de alto octanaje para la mejora de los combustibles nacionales y eso conlleva un alto costo de importación al Estado (3900 millones de dólares durante el año 2018) (BCE, 2019), es posible adoptar estrategias para reducir esos costos a través de una producción nacional y amigable con el medioambiente (biocombustibles).

En consecuencia, pensando que la introducción del combustible ecopaís promueve la producción local de bioetanol (Lazaro et al., 2008), resulta importante determinar la eficiencia del mismo en comparación con el combustible súper, que no cuenta con ningún tipo de mezcla para su comercialización y cuyo contraste aún no es realizado. Otra de las consideraciones es que, no existen datos comparativos en lo que respecta al consumo de combustible en vehículos livianos cuando se emplea ecopaís vs. súper; peor aun aplicando condiciones reales de operación (ciclos de conducción locales) que engloben recorridos reales bajo condiciones propias: topografía, atmósfera, tráfico, etc.

1.4 Alcance

Este estudio contempla medir el consumo de combustible en uno de los modelos de vehículos a gasolina más vendidos a nivel nacional y en la ciudad de Cuenca, empleando las gasolinas ecopaís vs. súper. Así, al considerar un ciclo de conducción que refleje las condiciones reales de recorrido y operación; se pretende establecer una línea base que represente el rendimiento de dichas gasolinas en el parque automotor liviano de la ciudad de Cuenca, estimado en 90.000 vehículos (Vélez, 2017).

1.5 Objetivo general

-Evaluar el Rendimiento en lt/km de las gasolinas súper y ecopaís mediante un ciclo de conducción de taxis de la ciudad de Cuenca, en un automóvil.

1.6 Objetivos específicos.

-Determinar el protocolo de pruebas de consumo de combustible.

-Realizar las pruebas en un dinamómetro de chasis aplicando el ciclo de conducción de taxis para la ciudad de Cuenca.

-Determinar el consumo volumétrico del combustible generado por el uso de las gasolinas súper y ecopaís.

-Comparar a través de un análisis estadístico los resultados obtenidos sobre el consumo de las dos gasolinas.

CAPÍTULO II

NORMATIVAS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS GASOLINAS

2.1 Normativas

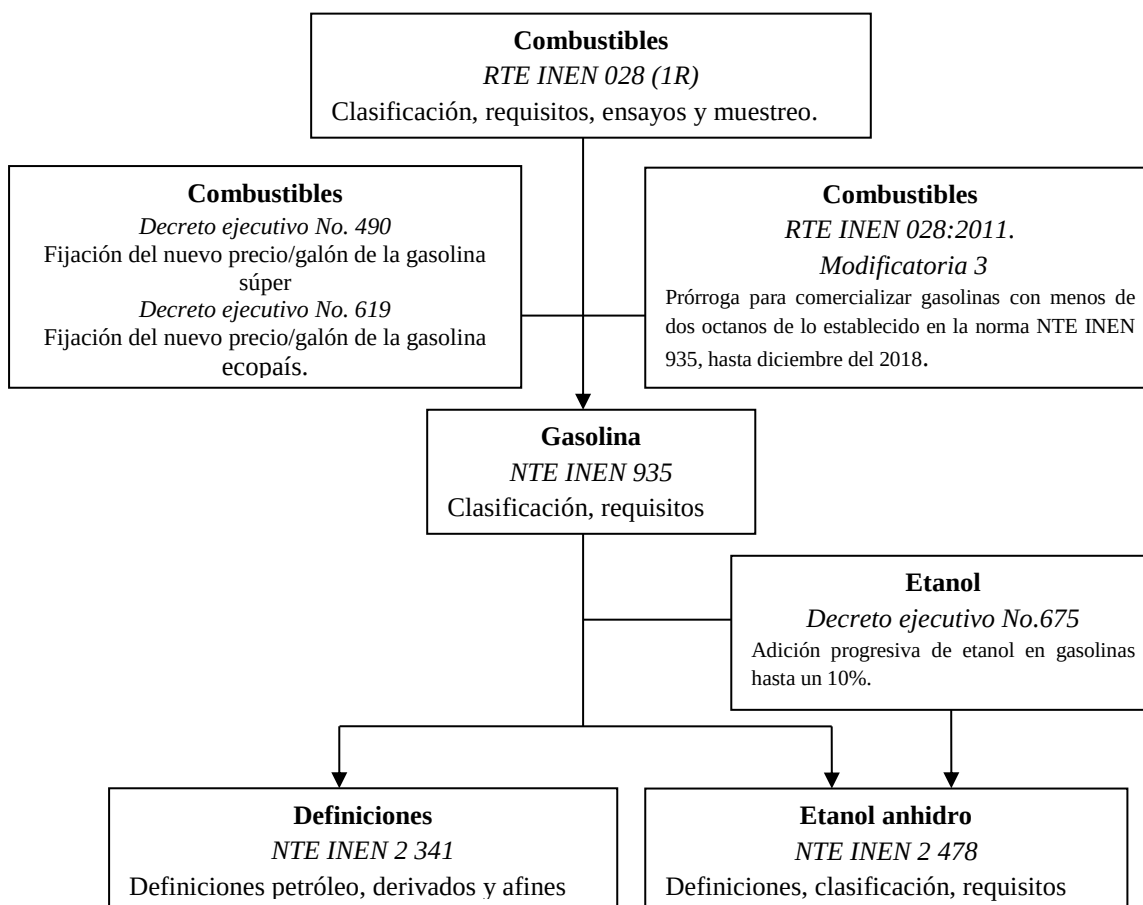


Figura 7. Normativa ecuatoriana para combustibles

Tal como lo indica la Figura 7, los combustibles que se comercializan en el Ecuador para uso vehicular están regidos por el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 028 (1R): COMBUSTIBLES; que define su clasificación, requisitos y ensayos de muestreo. En tanto, el decreto ejecutivo No.490 expedido el 23 de agosto del 2018 regula el precio/galón de la gasolina súper, estableciendo un valor de 2.98 USD. Por otro lado, el decreto ejecutivo No.619 expedido el 26 de diciembre del 2018 regula los precios de la gasolina ecopaís, con un precio/galón de 1.85 USD.

Continuando con la Figura 7, para la gasolina súper, la modificatoria 3 (2017-05-02) al reglamento RTE INEN 028:2011, estipula que por las condiciones que atraviesa el país, los precios globales del petróleo y los costos de operación, se realicen las siguientes acciones:

-Se establece una nueva prórroga para que EP PETROECUADOR comercialice la gasolina de 87 octanos y, gasolina de 92 octanos con hasta menos dos unidades de octano de las establecidas en la Norma NTE INEN 935 vigente, por el lapso de 18 meses a partir del 01 de junio de 2017.

-Una vez transcurrido el plazo de 18 meses, es decir, a partir del 01 de diciembre de 2018, los combustibles Gasolina y Diésel, deberán cumplir con los requisitos establecidos en las Normas NTE INEN 935 y NTE INEN 1489 vigentes. Por ello, las pruebas para el presente estudio emplearon gasolina ecopaís de 85 octanos y gasolina súper de 90 octanos.

En consecuencia, la norma NTE INEN 935: Productos Derivados de Petróleo. Gasolina. Requisitos, está vigente para la normalización de las gasolinas en cuanto a su clasificación y requisitos; debiéndose tener presente que el decreto ejecutivo No: 675 establece que la gasolina “Ecopaís” estará compuesta por un porcentaje de hasta el 10% de bioetanol anhidro, grado carburante, y la diferencia por naftas necesarias para alcanzar el número de octanos que establece la correspondiente norma INEN aplicable. Así, la que sería la gasolina ecopaís o de 87 octanos (RON), según la Tabla 1, presenta un menor contenido de gomas, menores porcentajes volumétricos o máscicos de aromáticos, benceno y olefinas; todo ello si se compara con la gasolina de 92 octanos (RON) o súper de la Tabla 2.

Tabla 1.

Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON)

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
Número de octano (RON) ^a	-	87	-
Presión de vapor	kPa	-	60
Corrosión a la lámina de cobre (3h a 50° C)	-	-	1
Contenido de gomas	mg/100 ml	-	3
Contenido de azufre	% ^c	-	0,065
Contenido de aromáticos	% ^b	-	30
Contenido de benceno	% ^b	-	1
Contenido de olefinas	% ^b	-	18
Estabilidad a la oxidación	Min	240	-
Contenido de oxígeno	% ^c	-	2,7
Contenido de plomo, manganeso y hierro	mg/l	-	No detectable

Notas:

En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.

^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.

^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

Fuente:: NTE INEN 935: 2016

Tabla 2.*Requisitos de la gasolina 92 octanos (RON)*

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
Número de octano (RON) ^a	-	92	-
Presión de vapor	kPa	-	60
Corrosión a la lámina de cobre (3h a 50° C)	-	-	1
Contenido de gomas	mg/100 ml	-	4
Contenido de azufre	% ^c	-	0,065
Contenido de aromáticos	% ^b	-	35
Contenido de benceno	% ^b	-	2
Contenido de olefinas	% ^b	-	25
Estabilidad a la oxidación	Min	240	-
Contenido de oxígeno	% ^c	-	2,7
Contenido de plomo, manganeso y hierro	mg/l	-	No detectable

Notas:

En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.

^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.

^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

Fuente: NTE INEN 935: 2016

En tanto, la Tabla 3 detalla los requisitos para un tercer tipo de gasolina de 93 octanos (RON), que básicamente precisa un menor contenido de azufre respecto a los otros dos tipos de gasolina.

Tabla 3.*Requisitos de la gasolina 93 octanos (RON)*

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
Número de octano (RON) ^a	-	93	-
Presión de vapor	kPa	-	62
Corrosión a la lámina de cobre (3h a 50° C)	-	-	1
Contenido de gomas	mg/100 ml	-	4
Contenido de azufre	% ^c	-	0,03
Contenido de aromáticos	% ^b	-	35
Contenido de benceno	% ^b	-	1,3
Contenido de olefinas	% ^b	-	25
Estabilidad a la oxidación	Min	240	-
Contenido de oxígeno	% ^c	-	2,7
Contenido de plomo, manganeso y hierro	mg/l	-	No detectable

Notas:

En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.

^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.

^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

Fuente: NTE INEN 935: 2016

Continuando con la Ilustración 1, la norma NTE INEN 2341 considera algunas definiciones, entre otras para las gasolinas. Por otro lado, la norma NTE INEN 2478:2009. Etanol Anhidro. Requisitos; establece los requisitos que deben cumplir tanto el etanol anhidro grado carburante como el etanol anhidro grado carburante desnaturalizado, considerando su obtención de procesos de fermentación para ser empleados en mezclas con combustibles líquidos. Si se considera la Tabla 4, el etanol anhidro grado carburante presenta un menor % de contenido de etanol respecto al etanol anhidro grado carburante desnaturalizado.

Tabla 4.*Requisitos del etanol anhidro grado carburante*

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
Φ Contenido de etanol	%	99,6	-
Acidez total (como ácido acético)	mg/100 ml	-	3
Conductividad eléctrica	μS/m	-	500
Densidad a 20° C	kg/m ³	-	791,5
Contenido de cloruros	mg/l	-	32
Φ Contenido de agua	%	-	0,3
Contenido de cobre	mg/kg	-	0,1
Residuo de evaporación	mg/100 ml	-	5

Fuente: NTE-INEN 2 478-2009

Conforme la Tabla 5, el etanol anhidro grado carburante desnaturalizado presenta un mayor requerimiento de propiedades, entre ellas pHe o contenido de desnaturalizantes.

Tabla 5.*Requisitos del etanol anhidro grado carburante desnaturalizado*

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
Φ Contenido de etanol	%	96,3	-
Acidez total (como ácido acético)	mg/100 ml*	-	3
Conductividad eléctrica	μS/m	-	500
Densidad a 20° C	kg/m ³	-	791,5
Contenido de cloruros	mg/l	-	32
Φ Contenido de agua	%	-	0,3
Contenido de cobre	mg/kg	-	0,1
Residuo de evaporación	mg/100 ml	-	5
PHe	-	6,5	9
Φ Contenido de desnaturalizantes	%	2	3

Fuente: NTE-INEN 2 478-2009

2.2 Propiedades de los combustibles

2.2.1 Índice de octano

Esta propiedad mide la capacidad antidetonante de un combustible al someterse a ignición, en una mezcla con aire en el cilindro de un motor de combustión interna. Los tipos de octanaje más comunes son dos: a.) octanaje probado en un motor estático o

“Motor Octane Number” (MON), y b.) Octanaje medido en laboratorio o “Research Octane Number” (RON). A pesar que ambos métodos emplean un mismo tipo de motor de prueba básico, operan bajo diferentes condiciones (Castillo, 2008).

2.2.2 Presión de vapor Reid

Esta propiedad indica la tendencia de un hidrocarburo líquido a volatizarse y guarda relación con el rango de ebullición de la gasolina, puesto que repercute en el encendido del motor, la velocidad de aceleración, el sobrecalentamiento del motor y las pérdidas de combustible por evaporación (Castillo, 2008).

2.2.3 Estabilidad a la oxidación (Periodo de inducción).

El período de inducción implica una predicción de la tendencia de la gasolina a formar gomas durante su almacenamiento, aunque la formación de gomas en almacenamiento puede variar dependiendo de las condiciones de almacenamiento y el tipo de gasolina (Castillo, 2008).

2.2.4 Relación Vapor-Líquido.

Se trata de la tendencia de un combustible a vaporizarse (Castillo, 2008).

2.2.5 Uso de oxigenados en gasolina.

Básicamente, dos tipos de oxigenados se añaden a las gasolinas: los éteres y los alcoholes. Los éteres más empleados son: Metil Terbutil Éter (MTBE), Teramil Éter (TAME), Teramil Etil Éter (TAAE) y Diisopropil Éter (DIPE). En tanto, los alcoholes más adicionados son: Alcohol Metílico, Alcohol Etílico y Alcohol terbutílico. El MTBE es el oxigenado más usado debido a su alto número de octano (110 aproximadamente), su disponibilidad y sus características fisicoquímicas y térmicas muy compatibles con las de la gasolina; especialmente en el rango de evaporación

donde las gasolinas típicamente muestran características antidetonantes bajas (Castillo, 2008).

2.2.6 Gomas.

Son los componentes poliméricos u oxigenados presentes en gasolinas o destilados medios solubles en el producto, bajo condiciones de almacenamiento y manipulación normales que se depositan por la evaporación (INEN, 2003).

2.2.7 Etanol.

Es químicamente un alcohol común, obtenido de una biomasa, normalmente con alto contenido de sacarosa y sometida a fermentación; proveniente del proceso de separación por destilación, obteniéndose el alcohol común, con el propósito de obtener los más bajos contenidos de agua (Castillo, 2008).

Si es considerado como combustible, el “bioetanol” presenta altos calores de combustión, altos octanajes y bajos cetanajes, con un poder calorífico promedio de 20 790 kJ/kg (Parada y Villalba, 2016). Mezclado con la gasolina, produce un combustible de alto calor de combustión y alto poder energético, ofreciendo algunas ventajas en función de sus características físicas y químicas, por ejemplo, es un líquido de baja densidad y alta fluidez con alto calor de combustión (Álvarez et al., 2008). Dicha mezcla puede conocerse, como E-5, E-10, E-15 o E-85, dependiendo del porcentaje de etanol en volumen que contenga, por ejemplo: una gasolina E-5 contiene un 5% de etanol en volumen y un 95% de gasolina.

La principal fuente para su obtención es la biomasa (materia agrícola constituida por microorganismos y plantas), especialmente considera una alta producción de glucosa, la molécula precursora del alcohol en el proceso de fermentación (Álvarez et al., 2008).

2.2.8 Etanol anhidro grado carburante.

Partiendo de que el etanol anhidro es una sustancia obtenida mediante un proceso de deshidratación, el “grado carburante” permite que el etanol anhidro sea empleado en mezclas con combustibles líquidos (INEN, 2003).

2.2.9 Etanol anhidro grado carburante desnaturalizado.

Es el etanol anhidro grado carburante al que se agrega una sustancia desnaturalizante; es decir, de carácter inapropiado para el consumo humano. Para el caso nacional, las únicas sustancias desnaturalizantes autorizadas son las gasolinas que cumplan los requisitos de la NTE INEN935 (INEN, 2003).

Thakur et al. (2017) manifiestan que la calidad del combustible que se utilizará en el motor se ve afectada por sus propiedades físicas y químicas, teniendo repercusiones en la calidad de la combustión del motor, el rendimiento y las características de emisión. Según la Tabla 6, el número de octanaje del etanol es mayor para el octanaje RON comparado con la gasolina, mientras que para el octanaje MON los valores son similares. El etanol requiere de menores relaciones estequiométricas aire/combustible, aunque precisa de una mayor temperatura para su autoignición.

Tabla 6.
Propiedades físico-químicas del etanol anhidro

Propiedad	Unidad	Gasolina	Etanol
Fórmula química	-	C ₅ -C ₁₂	C ₂ H ₅ OH
Número de octanaje	RON/ MON	91-100/82-92	108,61-110 /92
Relación estequiométrica A/F	-	14,2-15,1	8,9-9
Viscosidad cinemática	mm ² /s	0,5-0,6	1,2-1,5
Densidad	kg/m ³	750-765	785-809
Temperatura de autoignición	°C	257	425
Poder calorífico	kJ/kg	43 950	20 790

Fuente:(Thakur et al., 2017)

Según las características especificadas tanto para la gasolina como para el etanol, Thakur et al. (2017) dan a conocer algunas; entre ellas:

-La gasolina presenta un mayor poder calorífico que el etanol, en ocasiones hasta una proporción de 1 a 3; por lo que se requiere más cantidad de combustible en el etanol para lograr la misma potencia de salida del motor.

-El etanol contiene aproximadamente un 34,7% en peso de oxígeno, generando el aumento en la temperatura de combustión, provocándose una mayor eficiencia de combustión.

-El alto calor de vaporización del etanol conduce a un aumento en la eficiencia volumétrica del motor.

-El etanol tiene un mayor índice de octano que la gasolina, permitiendo eliminar el fenómeno de ignición prematura del combustible; colaborando a que el combustible resista mayores niveles de compresión antes de detonar.

-La eficiencia térmica del motor mejora con el uso del etanol, ya que posee una mayor velocidad de propagación de la llama laminar que la gasolina, por lo que finaliza el proceso de combustión con anticipación.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

El equipo para la recolección de datos comprende los elementos precisados en la Figura 8: 1) flujómetro, 2) dinamómetro de chasis, 3) computadora, 4) vehículo, 5) combustible, 6) módulo GPS, 7) balanza digital.

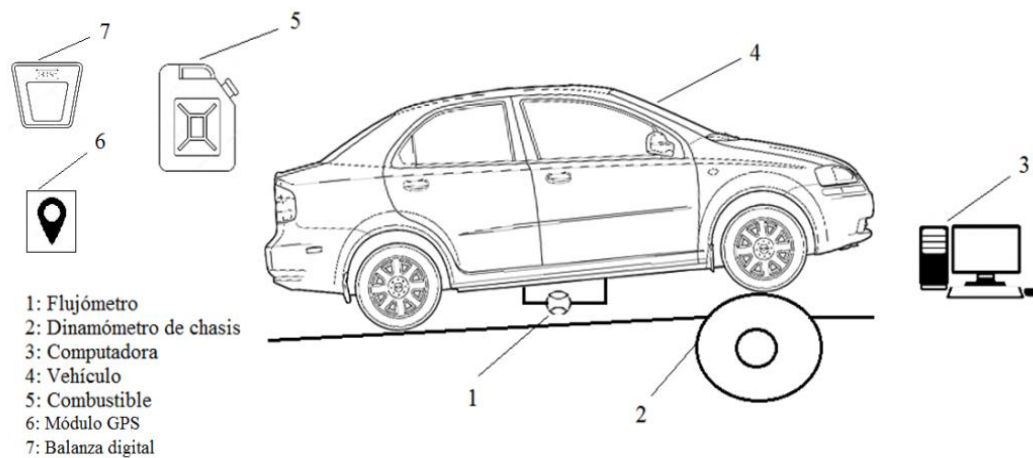


Figura 8. Equipos empleados

3.1.1 Flujómetro

Conocido también como caudalímetro, este dispositivo mide el caudal o la cantidad de un gas o líquido. Entre sus principales aplicaciones están la medición de flujo de agua, pérdidas de válvulas hidráulicas y medición de combustible (MAX, 2017). El flujómetro utilizado Tabla 7, está ubicado en la línea de alimentación de combustible, después del depósito y el filtro de combustible y antes del sistema de inyección (inyectores).

Tabla 7.
Características del flujómetro utilizado

Parámetro	Especificación	Figura
Marca	MAX	
Modelo	P213 MS11NA-A11C-0	
Presión máxima	3000 psi	

3.1.2 Dinamómetro de chasis

Este equipo permite evaluar el comportamiento de un motor de combustión interna, a través de la obtención de datos en función del régimen de giro del motor, cuya influencia recae en las curvas características del mismo, por ejemplo: curvas de torque, potencia y consumo específico de combustible. Su mecanismo de rodillo oscilante produce freno en los neumáticos que generan movimiento, midiéndose así los parámetros deseados (simulación de ciclos de conducción).

El dinamómetro utilizado Tabla 8 en este estudio está diseñado para una variedad de automóviles, camionetas, vehículos todo terreno y motocicletas; con tolerancias de más de 1.200 caballos de fuerza a velocidades de hasta 225 mi/h (362 km/h) (Super Flow, 2018).

Tabla 8.

Características del dinamómetro empleado

Parámetro	Especificación	Figura
Rango de velocidad	225 mph/362 km/h	
Exactitud de control	$\pm 0,1$ mph (0,2 km/h)	
Potencia de rueda máxima (prueba de inercia)	1200+ hp (894 kw)	
Bloqueo del rodillo	Actuado por aire	
Requerimientos de aire	500-100 psi	
Carga máxima del eje	8000 lbs (3629 kg)	
Distancia entre ejes AWD	92-140 pulg/234-356 cm	

Fuente: (Superflow, 2018)

3.1.3 Computadora

Herramienta que cuenta con el software WinDyn, una aplicación informática que permite ingresar las variables deseadas y revisar los resultados de las pruebas mediante una interfaz amigable con el usuario. Entre las características del software es posible ingresar la configuración de prueba: notas, especificaciones, simulación de carga, replicar pruebas de pista, selección de factores de corrección, entre otros.

El sistema de adquisición de datos permite coordinar la entrada de la señal de hasta 76 sensores, incluidas temperaturas y presiones; mediante datos analógicos o digitales. La lectura de datos de entrada se genera a 1,2 kHz y el registro de datos se da a 100 Hz. Las principales pruebas que se pueden realizar son de aceleración y deceleración controlada, estado estacionario y carga de carretera; posibilitando el control de parámetros como par, potencia, balanceo y velocidad del motor (Superflow, 2018).

3.1.4 Vehículo

El vehículo utilizado corresponde a un sedán con capacidad para cinco pasajeros, marca Chevrolet, modelo Aveo Family, motor de 1,5 litros, año 2012. Las principales especificaciones constan en la siguiente tabla.

Tabla 9.

Datos técnicos Chevrolet Aveo Family

Parámetro	Especificación	Figura
Marca	Chevrolet	
Modelo	AveoFamily	
Año	2012	
Motor	1,5 L SOHC	
Potencia (HP @ rpm)	83 @ 5 600	
Torque (Nm @ rpm)	128 @ 3 000	
Relación de compresión	9,5	
Neumáticos	185/ 60 R14	
Peso bruto vehicular	1 365 kg	
Capacidad de carga	325 kg	
Capacidad del tanque de combustible	45 l /11,9 gal	

Fuente: (Chevrolet, 2017)

3.1.5 Combustible

El combustible usado corresponde a los dos tipos de gasolina comercializados en el medio para uso automotriz. El primer combustible es la gasolina ecopaís, con un nivel de octanaje de 85 RON y un contenido de 5% en volumen de etanol. En tanto, la segunda gasolina se trata de la denominación súper, con un nivel de octanaje 90 RON y sin contenido de etanol.

Las propiedades de ambos combustibles están regidas por la norma ecuatoriana INEN: NTE 935- GASOLINAS, aunque la modificatoria 3 al reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 028:2011 establece una prórroga para comercializar las gasolinas en mención, con menos de dos octanos en lo establecido en la norma correspondiente (NTE 935). Los datos técnicos de ambas gasolinas se precisan en el Capítulo II: Tabla 1 y Tabla 2. El combustible es almacenado de dos maneras: mediante el depósito del vehículo y a través de un depósito externo.

3.1.6 Módulo GPS

El dispositivo empleado corresponde a la marca VBOX, modelo Sport. Cuenta con batería autónoma, puede ser usado como un registrador independiente para medir el rendimiento del vehículo o los tiempos por vuelta, pudiendo ser conectado a un dispositivo iOS a través de Bluetooth para ver resultados en tiempo real. De características muy livianas y resistentes; tal como lo indica la Tabla 10, registra datos con una frecuencia de 20Hz, registro de tarjeta SD, con seis horas de autonomía y una antena GPS interna o externa (VBox Motor Sport, 2014).

Tabla 10.
Características del GPS

Parámetro	Especificación	Figura
Marca	V Box	
Modelo	Sport	
Voltaje de entrada	5 V.	
Masa	130 g.	
Frecuencia	20 Hz	
Velocidad (max-min)	1800-0.1 km/h	
Resolución	0.01 km/h	

Fuente: (VBox Motor Sport, 2014)

3.1.7 Balanza digital

Este dispositivo permite pesar el depósito externo de combustible antes y después de las pruebas. El propósito es estimar el consumo de combustible mediante un método físico y así verificar la información proporcionada por el flujómetro.

3.2 Métodos

La Figura 9 describe el proceso determinado para el estudio. La fase inicial consiste en la selección de: el vehículo, el ciclo de conducción, los combustibles y el número de pruebas a realizar. Una vez definidos esos parámetros, se procede a identificar las variables necesarias para comparar el consumo de combustible entre las gasolinas establecidas; tomando como emisores de variables los materiales mencionados previamente. Seguidamente, el dinamómetro requiere ser ajustado para un estudio bajo condiciones reales de funcionamiento; por ello, es necesaria la obtención de ciertos coeficientes que intervienen en las fuerzas opositoras al movimiento del vehículo. En consecuencia, es posible realizar como siguientes fases del estudio: la recopilación de datos, el análisis de datos y la percepción del consumidor, y la generación de resultados.

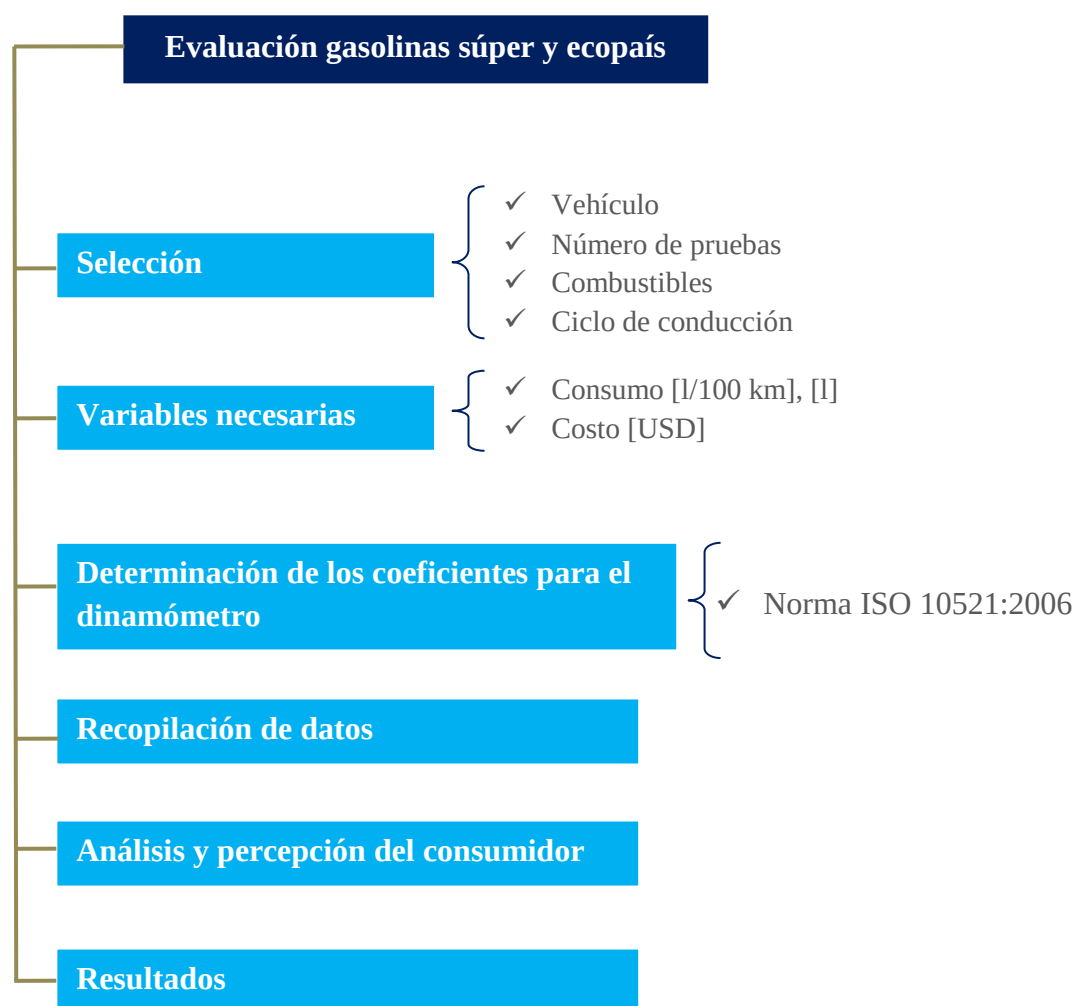


Figura 9. Metodología a emplearse durante el estudio.

3.2.1 Selección.

a.) Selección del vehículo.

Aunque la tendencia en el incremento del parque automotor a nivel nacional y provincial se mantiene, las ventas en número de unidades han disminuido durante los últimos años, especialmente durante el año 2015, tal como lo muestra la Tabla 11. A pesar de ello, la categoría vehicular que mayor número de unidades vendidas registra es la de “automóviles”, puesto que entre sus características estos vehículos pueden usarse en condiciones urbanas, de carretera y por su amplitud son una clase de vehículo familiar. Otras categorías vehiculares como los “SUV’s” y las “camionetas” dominan el ranking de ventas para el año 2015. (AEADE, 2015).

Tabla 11.
Ventas de vehículos en Azuay por segmento.

Azuay	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Automóviles	2 234	2 396	2 003	3 088	3 277	2 680	1 953	2 049	1 346
Camionetas	1 835	2 138	1 674	2 360	2 235	1 686	1 620	1 898	1 217
SUV`S	1 703	1 810	1 921	2 366	1 861	1 642	1 644	1 868	1 344
Camiones	722	955	676	774	1 009	941	861	944	812
Van`s	146	119	179	295	372	218	268	241	197
Buses	140	79	167	186	245	213	115	114	70
Total	6 780	7 497	6 620	9 069	8 999	7 380	6 461	7 114	4 986

*Nota: Ventas en unidades

Fuente: (AEADE, 2015).

En consecuencia, la selección del vehículo está enfocada a la categoría “automóviles”, de la cual, para centrar aún más el análisis a las condiciones locales; el vehículo seleccionado corresponde al modelo Aveo Family, marca Chevrolet; puesto que es el más vendido con 333 unidades en el 2015 dentro de su categoría en la provincia del Azuay Figura 10. Las otras categorías vehiculares especificadas en la misma figura corresponden a camionetas y todoterrenos.

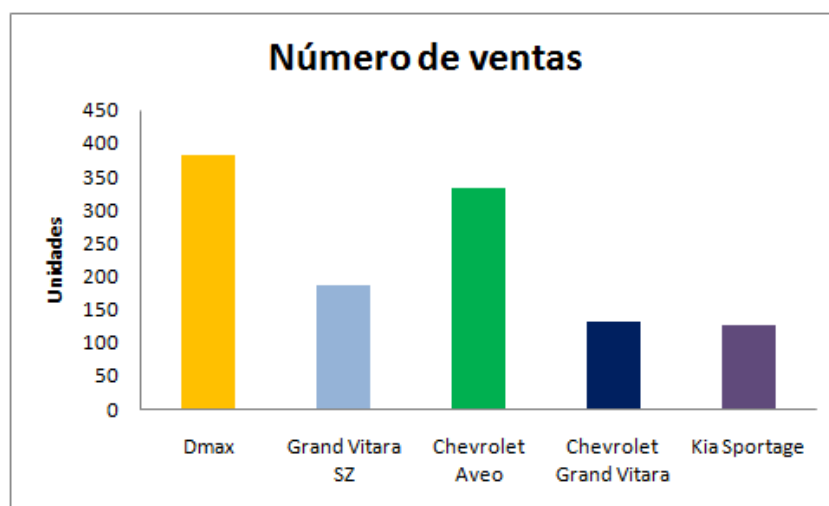


Figura 10. Vehículos más vendidos en Azuay
Fuente: AEADE (2015)

b.) Selección del ciclo de conducción.

El ciclo de conducción empleado corresponde a uno específico para la ciudad de Cuenca, el cual reúne las características de tráfico, topográficas y de conducción propias del lugar. Concretamente, el ciclo de conducción es obtenido de la investigación “Obtención de un ciclo típico de conducción para los vehículos de la unión de taxistas del Azuay” (Dávalos, 2017), cuyo autor determina que ese ciclo fue creado para los taxis de la ciudad de Cuenca, puesto que son los vehículos que tienen mayor recorrido dentro de las ciudades y los datos recabados pueden contribuir a la realización de análisis sobre el consumo energético en rutas urbanas de la ciudad, pudiéndose así extrapolar los recorridos de ese ciclo al presente estudio, puesto que al momento de la realización del mismo no han sido determinados ciclos de conducción para automóviles. También Dávalos (2017) precisa que los taxis recorren un promedio de 200 km. diarios, con períodos de manejo de 18 horas diarias, con desplazamientos urbanos, extra-urbanos y rutas variables. De ese modo, fueron determinados tres ciclos de conducción según la distancia de las carreras: cortas, medias y largas. Las distancias corresponden a 1.78 km., 3.53 km. y 6.60 km. respectivamente.

Por ello, si se considera que el Plan de Movilidad de la Ciudad de Cuenca (2015) da a conocer que la parte céntrica de la ciudad presenta una caída poblacional, en tanto que sectores correspondientes a las parroquias periféricas muestran incrementos poblacionales entre un 70% y 50 %; es posible precisar que el 77% de los viajes que se realizan principalmente desde las parroquias rurales de la ciudad hacia la parte

urbana, se hacen en vehículo privado, dejando un 23% al transporte público. Además, la Figura 11 detalla que la unidad sectorial que concentra la mayor cantidad de viajes de destino es el Centro Histórico con un 26% o más de 120.000 viajes; seguida de El Ejido con un 14%. Las zonas con menor destino de viajes abarcan porcentajes entre el 0.2% y 0.1% (Plan de Movilidad de la Ciudad de Cuenca, 2015). Las zonas que también registran un alto número de viajes, aunque en menor escala son las zonas circundantes al Centro Histórico, dejando una menor proporción a las parroquias periféricas de la ciudad.

Así, las distancias recorridas se enfocan hacia el centro urbano de la ciudad desde las parroquias adyacentes, por lo que conforme el promedio de distancia recorrido en ciudades intermedias que es de 3.9 km (CGLU, 2014), es posible seleccionar el ciclo de conducción de “carreras medias” propuesto por Dávalos (2017).

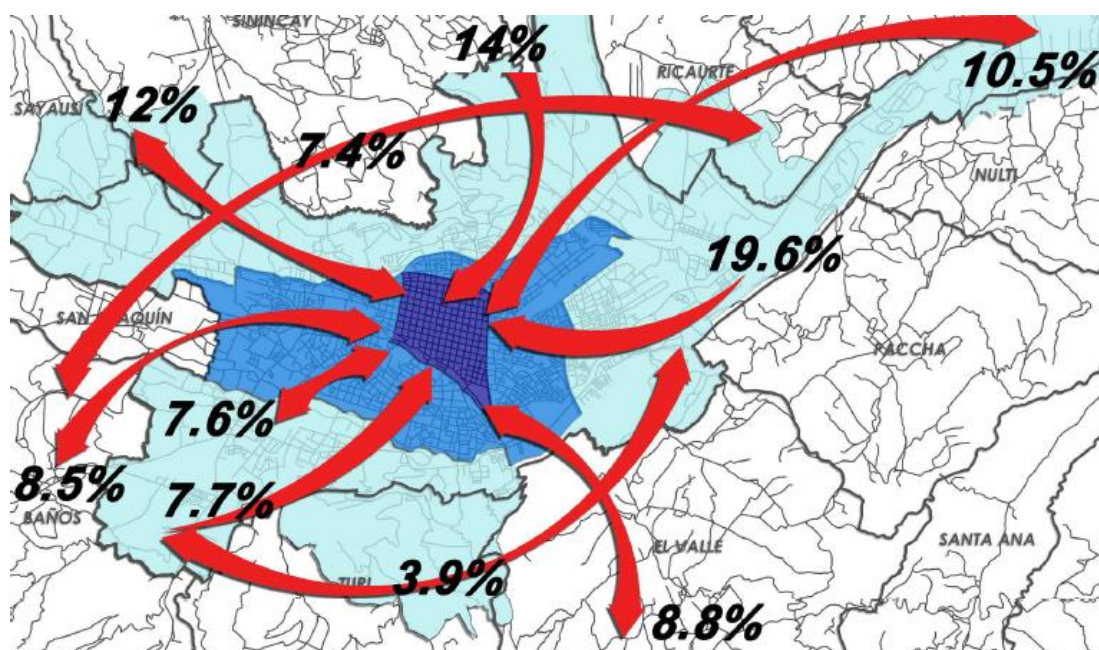
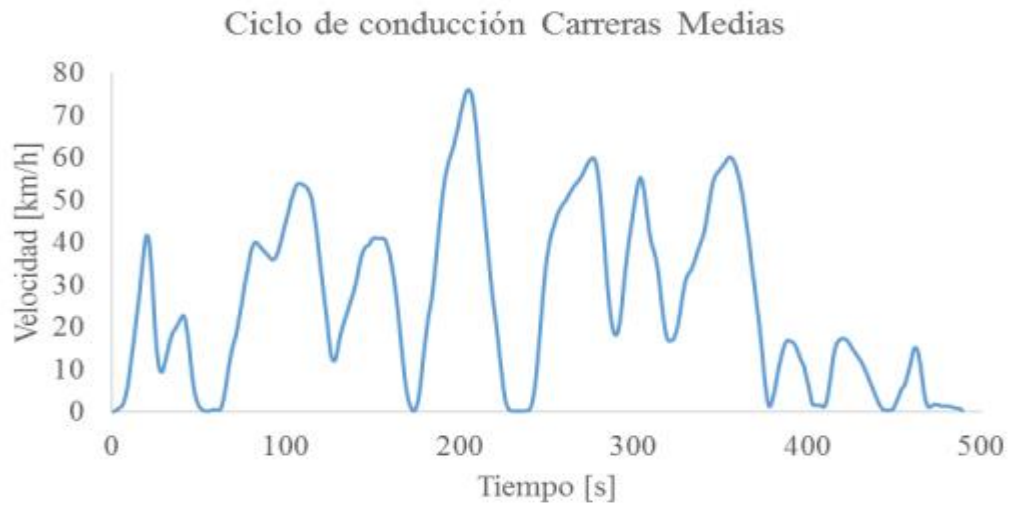


Figura. 11. Número de viajes en Cuenca por unidad sectorial
Fuente: Plan de Movilidad de la ciudad de Cuenca (2015)

La Tabla 12 y la Figura 12, dan a conocer las principales características del ciclo de conducción seleccionado para carreras medias; del que destacan: una distancia de 3.53 km, una velocidad promedio de 26.04 km/h y un tiempo total de recorrido de 489 segundos o su equivalente a 8.15 minutos.

Tabla 12.*Ciclo de conducción seleccionado**Figura 12. Ciclo de conducción carreras medias*

Parámetro	Especificación
Velocidad promedio	26.04 km/h
Velocidad máxima	76.14 km/h
Tiempo total de recorrido	489 seg.
Distancia de recorrido	3.53 km
Aceleración máxima (+)	1.38 m/s ²

Fuente:(Dávalos, 2017)**c.) Selección de los combustibles.**

Según la normativa vigente, los dos únicos tipos de gasolinas que se comercializan en el Ecuador para uso automotriz corresponden a los tipos: ecopaís y súper. Las características de estos están disponibles en el capítulo anterior. Consecuentemente, esos dos tipos de gasolina son los seleccionados para su análisis, teniendo como base que la gasolina ecopaís cuenta con un 5% de etanol, en tanto que la gasolina súper no presenta mezcla de biocombustibles.

d.) Selección del número de pruebas.

Para garantizar el resultado de las mediciones y verificar que el número de las pruebas realizadas es el suficiente, es considerada una distribución de probabilidades “normal”, con un intervalo de confianza del 95%. Con fundamento en el proceso detallado por Maurat y Galarza (2017), se parte de un número de pruebas realizadas para cada combustible (diez en este caso) y aplicando la fórmula (1) se determina el número de pruebas representativo, que debe coincidir dentro del rango planteado (diez pruebas):

$$n = \frac{Z^2 S^2}{E^2} \quad (1)$$

Dónde:

n: número de muestras.

Z: nivel de confianza del estudio para un 95% (Z=1.96).

S: desviación estándar de la población.

E: error de la estimación

Para el combustible ecopaís, los valores son:

Z=1.96

S=0.05

E=0.27

Aplicando la fórmula (1), se obtiene:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.05^2}{0.27^2}$$

$$n = 0.14 \therefore n \approx 1$$

De un total de diez pruebas, nueve pruebas han sido consideradas como válidas, por lo que se garantiza la confiabilidad de los resultados, puesto que el valor obtenido es de 1 prueba.

En tanto, para el combustible súper, los valores son:

Z=1.96

S=0.235

E=0.24

Del mismo modo, aplicando la fórmula (1) se obtiene:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.235^2}{0.24^2}$$

$$n = 3.67 \therefore n \approx 4$$

En este caso, del total de diez pruebas válidas, también se garantiza la confiabilidad de los resultados, puesto que el valor obtenido es cuatro pruebas.

3.2.2 Variables necesarias

Las variables necesarias para evaluar las gasolinas están basadas en los siguientes parámetros: consumo de combustible, posicionamiento y masa. La Tabla 13 detalla las variables proporcionadas por cada equipo. Como se puede ver, el flujómetro entrega variables de consumo en unidades de [l/100 km] y [l], permitiendo calcular el costo por cada prueba en dólares americanos [USD], si se considera que al momento de realización de las pruebas el costo por galón de gasolina es: 1.48 USD para ecopaís y 2.20 USD para súper, aunque en los apartados subsiguientes es analizado el costo con base en los precios actuales de las gasolinas (Petroecuador, 2019).

Tabla 13.

Variables requeridas para el estudio

Parámetro	Equipo	Variable proporcionada	Variable calculada
Consumo de combustible	Flujómetro	Tiempo de prueba: [min], Consumo: [l/100km], [l]	Costo por prueba: [USD]
	Dinamómetro	Potencia: [kW].	[-]
Potencia		Velocidad [km/h], Tiempo de prueba: [min].	Coeficientes fuerzas opositoras al movimiento At', Ad', As': [-]
	GPS	Velocidad: [km/h] Tiempo [hh:mm:ss]	Coeficientes fuerzas opositoras al movimiento At, Ad, As: [-]
Posicionamiento			
Masa	Balanza digital	Masa: [g]	Volumen: [l]

Continuando con la Tabla 13, el dinamómetro de chasis entrega variables de potencia [kw], velocidad [km/h] y tiempo de la prueba [min], permitiendo obtener los coeficientes de las fuerzas opositoras al movimiento requeridos según la norma ISO 10521-2006 para la prueba en dinamómetro. En tanto, el GPS entrega variables de

velocidad [km/h] y tiempo [hh:mm:ss], para obtener los coeficientes de las fuerzas opositoras al movimiento requeridos según la norma ISO 10521-2006 para la prueba en carretera.

La balanza digital entrega la variable de masa [g] del depósito externo de combustible, permitiendo conocer mediante un método físico el volumen [l] de combustible consumido durante la prueba (ciclo de conducción) Véase Anexo 3; partiendo de la fórmula (2):

$$\delta = m/V \quad (2)$$

Dónde:

δ : Densidad del combustible (valor conocido para ecopaís y súper) [g/cm³]

m: Masa del combustible (Valor medido) [g]

V: Volumen de combustible consumido (Valor despejado) [cm³]

3.2.3 Determinación de los coeficientes para el dinamómetro

La norma ISO 10521-2006: *Road vehicles — Road load*, está dividida en dos partes:

- a.) ISO 10521-1: *Determination under reference atmospheric conditions* (Determinación de las condiciones atmosféricas de referencia).
- b.) ISO 10521-2: *Reproduction on chassis dynamometer* (Reproducción en bancos dinamométricos de chasis).

a.) ISO 10521-1

En esta sección, la norma precisa los métodos para determinar la carga en carretera de vehículos (Anexo 9) con una masa de hasta 3.500 kg, para posteriores pruebas de consumo de combustible o mediciones de emisiones de escape. Las condiciones básicas son una carretera nivelada (pendiente dentro de $\pm 1\%$), con una presión específica de la presión de neumáticos y una velocidad del viento no mayor a 10 m/s. El método a aplicar es el de desaceleración y consiste en:

-Acondicionamiento del vehículo (condiciones normales de operación según datos técnicos del fabricante).

-Establecer una velocidad máxima de referencia [km/h] y acelerar hasta por un minuto si es necesario, hasta alcanzar dicha velocidad. Luego, alcanzar una velocidad de 5 km/h superior a la establecida y comenzar con la desaceleración.

-Durante la desaceleración, la marcha debe estar posicionada en neutro, con el motor en ralentí, con el embrague acoplado; evitando girar el volante de la dirección y sin pisar el pedal de freno hasta el final de la prueba.

-Cada prueba de desaceleración debe cumplir las mismas condiciones.

-El tiempo de desaceleración considerado debe ser cada 10 km/h en velocidades superiores a 60 km/h y cada 5 km/h en velocidades inferiores o iguales a 60 km/h; considerando el tiempo total de la prueba. Véase Anexo 1. Así, es posible aplicar la fórmula (3), que permite calcular la resistencia total a la velocidad para cada decremento de velocidad.

$$F = -\frac{1}{3.6} * (m + mt) * \frac{2\Delta V}{\Delta T} \quad (3)$$

Dónde:

F: Fuerza de resistencia a la velocidad [N]

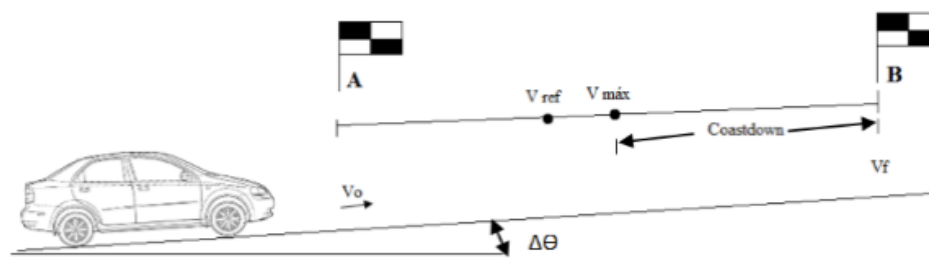
m: Masa neta del vehículo [kg]

mt: Masa equivalente efectiva de los componentes que giran con las ruedas durante la desaceleración [kg], puede estimarse en un 3% de la masa del vehículo sin carga.

ΔV : Variación de velocidad [km/h]. Para velocidades mayores a 60 km/h, $\Delta V=10$ km/h; para velocidades menores o iguales a 60 km/h, $\Delta V=5$ km/h.

ΔT : Tiempo de desaceleración [seg] para cada intervalo de ΔV .

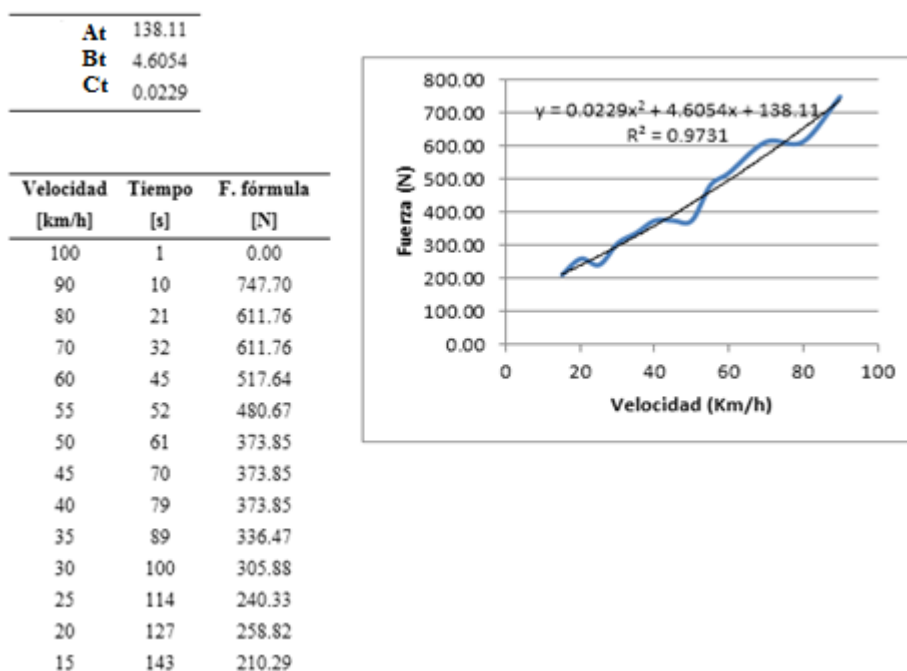
La Figura 13 ilustra los parámetros para la aplicación de la norma, que para este estudio consideró una velocidad referencial de 100 km/h (límite legal permitido) y una velocidad máxima de 105 km/h. Los datos fueron tomados por un módulo GPS cuyas características se detallan en el numerado 3.1.6.



SIMBOLOGÍA	
A	Punto inicial de toma de datos
B	Punto final de toma de datos
V_o	Velocidad inicial= 0 km/h
V_f	Velocidad final= 0 km/h
V_{ref}	Velocidad referencial (establecida) = 100 km/h
V_{máx}	Velocidad máxima=105 km/h
Δθ	Variación de la pendiente= ±1%

Figura. 13. Esquema de la prueba a realizar

Una vez realizada cada prueba, es posible realizar una tabla para cada intervalo de velocidad Tabla 14, en la que se expresa la variación de tiempo y la fuerza de resistencia a la velocidad según la Fórmula (3). En consecuencia, es posible determinar una curva de regresión, cuya ecuación permite determinar los coeficientes A_t , B_t y C_t ; los que son necesarios en la sección 2 de la norma ISO 10521.

Tabla 14.*Fuerza de resistencia según los intervalos de velocidad***b.) ISO 10521-2**

La segunda sección de la norma establece los métodos para determinar la carga en un banco dinamométrico (Anexo 10) de vehículos con una masa de hasta 3.500 kg, para posteriores pruebas de consumo de combustible o mediciones de emisiones de escape. Las condiciones básicas son la preparación del dinamómetro, las condiciones del laboratorio (rodillo, temperatura) y preparación del vehículo (condiciones de neumáticos y temperatura). Seguidamente, el procedimiento es:

-Del promedio de los coeficientes At, Bt y Ct obtenidos de todas las pruebas de desaceleración en carretera; se deben obtener nuevos coeficientes para la prueba en el dinamómetro. Estos coeficientes se conocen como Ad, Bd y Cd y se obtienen de la fórmula (4), establecida para dinamómetros de un solo eje.

$$Ad = 0,5 \times At, Bd = 0,2 \times Bt, Cd = Ct \quad (4)$$

- El valor de cada coeficiente es introducido en el computador del banco dinamométrico para cada prueba.
- Se establece una velocidad máxima de referencia [km/h] (mismo valor que a prueba en carretera), y acelerar hasta alcanzar dicha velocidad. Luego, alcanzar una velocidad de 5 km/h superior a la establecida y comenzar con la desaceleración.
- Durante la desaceleración, la marcha debe estar posicionada en neutro, con el motor en ralentí, con el embrague acoplado; evitando girar el volante de la dirección y sin pisar el pedal de freno hasta el final de la prueba.
- Cada prueba de desaceleración debe cumplir las mismas condiciones.
- El tiempo de desaceleración considerado debe ser cada 10 km/h en velocidades superiores a 60 km/h y cada 5 km/h en velocidades inferiores o iguales a 60 km/h; considerando el tiempo total de la prueba. Véase Anexo 2. Igualmente, es posible aplicar la fórmula (5), que permite calcular la resistencia total a la velocidad para cada decremento de velocidad.

$$Fm = -\frac{1}{3.6} * (m + mt) * \frac{2\Delta V}{\Delta T} \quad (5)$$

Dónde:

Fm: Fuerza de resistencia a la velocidad en el dinamómetro [N]

m: Masa neta del vehículo [kg]

mt: Masa equivalente efectiva de los componentes que giran con las ruedas durante la desaceleración [kg], puede estimarse en un 3% de la masa del vehículo sin carga.

ΔV : Variación de velocidad [km/h]. Para velocidades mayores a 60 km/h, $\Delta V=10$ km/h; para velocidades menores o iguales a 60 km/h, $\Delta V=5$ km/h.

ΔT : Tiempo de desaceleración [seg] para cada intervalo de ΔV .

Al final de cada prueba, al igual que para el método de desaceleración en carretera, es posible realizar una tabla para cada intervalo de velocidad, en la que se expresa la variación de tiempo y la fuerza de resistencia a la velocidad. Asimismo, es posible determinar una curva de regresión, cuya ecuación permite determinar los nuevos coeficientes As, Bs y Cs.

-Finalmente, la norma establece la fórmula (6) para la obtención de los coeficientes finales que podrán ser introducidos en el dinamómetro para realizar las pruebas de consumo de combustible siguiendo el ciclo de conducción de taxis para la ciudad de Cuenca. Los coeficientes finales se conocen como Ad' , Bd' y Cd' .

$$Ad' = Ad + At - As; \quad Bd' = Bd + Bt - Bs; \quad Cd' = Cd + Ct - Cs \quad (6)$$

3.2.4 Recopilación de datos

La recopilación de datos, tal como lo indica la Figura 14, empieza con la determinación de los parámetros previos. En primera instancia, son definidos los coeficientes Ad' , Bd' y Cd' para ser introducidos en el dinamómetro y así aplicar el ciclo de conducción específico. La recopilación de datos es realizada a través del módulo GPS (formato .CSV) para pruebas en carretera y a través del software Auto Dyn (.CSV) para pruebas en el banco dinamométrico.

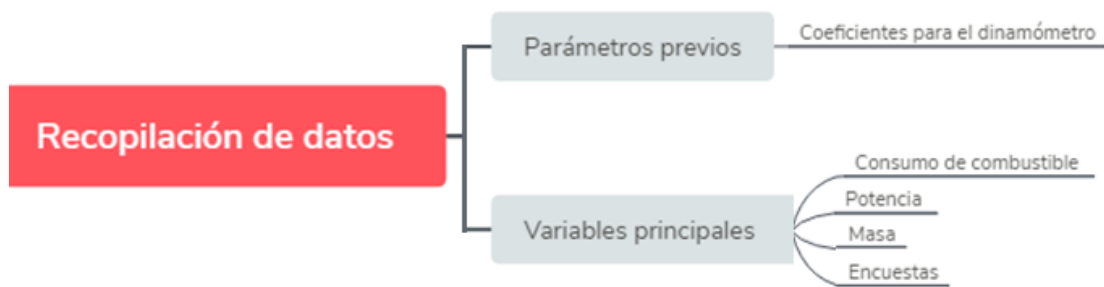


Figura 14. Fase de la toma de datos

Posteriormente, para evaluar el rendimiento de las gasolinas ecopaís y súper; las variables principales de consumo de combustible y potencia son determinadas mediante la aplicación del ciclo de conducción de taxis para la ciudad de Cuenca: carreras medias. La instrumentación que permite recolectar las variables se trata de: un flujómetro y un dinamómetro de chasis equipado con el software Auto Dyn.

De un total de 10 pruebas realizadas por cada tipo de gasolina, son consideradas 9 pruebas para ecopaís y 10 pruebas para súper, manteniendo condiciones iguales para cada proceso. La prueba desestimada para ecopaís corresponde a datos erróneos de tiempo y distancia entregados por los instrumentos de medición.

Como un método de comprobación de los datos entregados por el flujómetro, en pruebas posteriores, el combustible es almacenado en un depósito externo y es pesado antes y después de cada prueba bajo las mismas condiciones de operación. Por consiguiente, aplicando la fórmula (2) es posible determinar el volumen consumido, teniendo como datos conocidos la densidad de la gasolina y la masa consumida mediante el pesaje con una balanza electrónica.

Finalmente, son elaboradas encuestas hacia los consumidores. El propósito es conocer la utilización y la percepción de éstos sobre el rendimiento, las ventajas y las desventajas de los dos combustibles. Aunque el ciclo de conducción empleado está basado en el recorrido de taxis, su autor Dávalos (2017) explica que los taxis son los vehículos con mayor recorrido y que los datos obtenidos permiten analizar el consumo energético extrapolado a otros vehículos de características similares. Por ello, el tamaño de la muestra está basado en la fórmula (7) y para este caso considera una muestra de 130 encuestas, con un tamaño de la población de 90 000 vehículos (número de vehículos a gasolina en Cuenca).

$$n = \frac{k^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(e^2 \cdot (N-1)) + k^2 \cdot p \cdot q} \quad (7)$$

Dónde:

n: número de encuestas a realizar.

e: es el error muestral deseado= 5%

q: es la proporción de personas que no poseen esa característica, es decir, es 1-p.

p: es la proporción de personas que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

N: es el tamaño de la población o universo (90 000 vehículos para este caso).

k: es una constante que depende del nivel de confianza por lo general es de 1,28 con una confianza del 80%.

3.2.5 Análisis de datos.

El análisis de datos, tanto para la determinación de los parámetros previos como para la determinación de las variables principales, emplea el software Microsoft Office Excel 2013. El análisis está basado en la aplicación de las fórmulas: (1), (2), (3), (4), (5), (6) y (7) antes detalladas, así como un procesamiento estadístico de la información. También, son empleados criterios lógicos para la obtención de ciertas variables. En resumen, el análisis contempla:

- Análisis del consumo de combustible y costo/ciclo con la gasolina ecopaís.
- Análisis del consumo de combustible y costo/ciclo con la gasolina súper.
- Análisis de la percepción del consumidor.

3.2.6 Resultados

Como lo indica la Figura 15, primero se obtendrán los coeficientes Ad' , Bd' y Cd' para poder introducirlos en el dinamómetro y aplicar el ciclo de conducción. Segundo, se realizará una comparación entre los resultados de consumo y costo de las gasolinas ecopaís y súper. Tercero, conforme los resultados de percepción del consumidor, es posible determinar si la apreciación de los usuarios es la adecuada o es coherente dentro de la relación costo-beneficio por el uso de un determinado combustible.

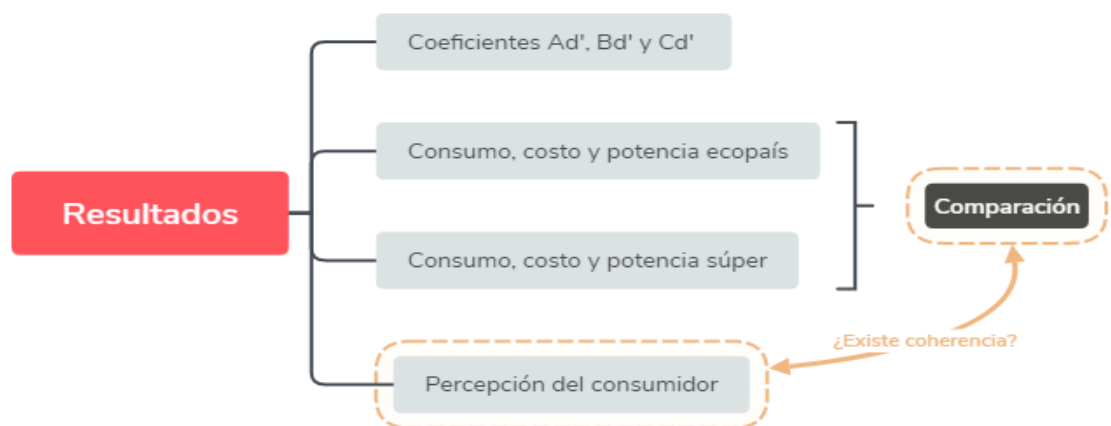


Figura 15. Fase de resultados

3.2.7. Percepción del consumidor

Fueron realizadas un total de 134 encuestas (Anexo 4) a través de dos métodos: encuestas personales en los exteriores de las gasolineras y formularios digitales disponibles en internet (Anexo 7). Para ambos casos, las preguntas fueron idénticas y guardaban relación a las siguientes consideraciones:

- Tipo y categoría de vehículo.
- Combustible utilizado y razones.
- Percepción sobre combustible de mayor rendimiento.
- Percepción sobre la variación en la calidad de combustible al añadir un 5% de etanol (transición extra-ecopaís).
- Percepción sobre algún daño que podría causar la gasolina ecopaís en el motor de los vehículos.
- Combustible recomendando por los conductores y las razones para hacerlo.

-Tipo y categoría de vehículo.

El presente apartado tiene por objeto discriminar tanto el tipo de vehículo entre particular y taxi, así como la categoría para los vehículos particulares: automóvil, todoterreno y camioneta; sobrentendiéndose que para el tipo taxi la única categoría es automóvil.

La Figura 16 indica que, del total de los vehículos muestreados, el mayor porcentaje corresponde a automóviles con 68 unidades o un 55%, seguido de todoterrenos con 45 unidades o un 31%, taxis con 14 unidades o un 10% y finalmente camionetas con 10 unidades o un 8%.

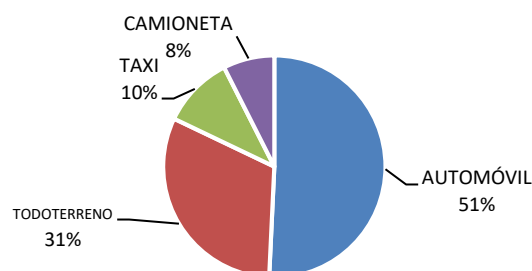


Figura.16. Porcentaje de los vehículos muestreados

-Combustible utilizado y motivo.

Como lo muestra la Tabla 15, un 78% de los encuestados (104 conductores) emplea gasolina ecopaís y un 22% (30 conductores) gasolina súper; por lo que se puede decir que la gasolina ecopaís es 3.5 veces más usada que la gasolina súper.

Tabla 15.

Uso de las gasolinas

Combustible utilizado	Número de entrevistados [#]	Porcentaje [%]
Ecopaís	104	77.62
Súper	30	22.38

Las principales razones para emplear gasolina ecopaís se indican en la Tabla 16 corresponden a: costo (85.5%), cuidado del medio ambiente (5.76%), cuidado del motor (3.84%), rendimiento (3.84%) y otros (0.96%). Como se puede ver, los consumidores priorizan el precio de la gasolina ecopaís, al contrario, un pequeño grupo lo hace por cuidado del medio ambiente y un segmento aún más pequeño considera que este combustible contribuye al rendimiento y cuidado del motor; mientras que un escaso porcentaje utiliza gasolina ecopaís para incentivar la producción nacional de etanol.

Tabla 16.*Uso de ecopaís*

Motivo para usar ecopaís	Cantidad de entrevistados [#]	Porcentaje [%]
Costo	89	85.5
Ambiente	6	5.76
Rendimiento	4	3.84
Cuidado del motor	4	3.84
Otros	1	0.96

Por otro lado, los conductores deciden usar gasolina súper, según la Tabla 17, por los siguientes motivos: cuidado del motor (50%), rendimiento (40%), costo (6.6%) y otros motivos no especificados (3.3%). Ninguno de los encuestados relacionó el combustible súper con un beneficio para el medio ambiente. En consecuencia, los consumidores opinan que un mayor octanaje del combustible contribuye con el cuidado del motor y su rendimiento, mientras que un pequeño porcentaje considera una aceptable relación precio-calidad.

Tabla 17.*Uso de súper*

Motivo para usar súper	Cantidad de entrevistados [#]	Porcentaje [%]
Costo	2	6.6
Ambiente	0	0
Rendimiento	12	40
Cuidado del motor	15	50
Otros	1	3.3

-Percepción sobre el combustible de mayor rendimiento.

Los consumidores creen que la gasolina súper rinde más según la proporción [L/km], esto corresponde a un 84.32%. Un 8.2% cree que la gasolina ecopaís tiene un mayor rendimiento, en tanto que un 7.4% piensa que no existe variación alguna entre el rendimiento proporcionado por los dos combustibles analizados. Los resultados son indicados en la Tabla 18.

Tabla 18*Percepción sobre combustible más rendidor*

Combustible que rinde más según encuestados	Cantidad de entrevistados [#]	Porcentaje [%]
Súper	113	84.32
Ecopaís	11	8.2
Igual	10	7.4

-Percepción sobre la variación en la calidad de combustible al añadir un 5% de etanol (transición extra-ecopaís).

Los consumidores opinan que la mezcla de etanol en un 5% con la gasolina extra para formar la denominada ecopaís, es una acción negativa o perjudicial para el rendimiento del motor o para el cuidado del mismo (43.28%), mientras que un 40.29% cree que la adición de etanol no ha generado variación significativa alguna y un 16.41% que la adición del biocombustible genera aspectos positivos. Los resultados son condensados en la Tabla 19.

Tabla 19.*Percepción sobre adición de etanol*

La adición de etanol genera un combustible:	Cantidad de entrevistados [#]	Porcentaje [%]
Bueno	22	16.41
Igual	54	40.29
Malo	58	43.28

-Percepción sobre algún daño que podría causar la gasolina ecopaís en el motor de los vehículos.

De los conductores entrevistados, como se muestra en la Tabla 20, más de la mitad afirma que la gasolina ecopaís genera algún tipo de daño en su motor (56.71%), mientras que un 26.86% opina que no es generado daño alguno y un 16.41% manifiesta no saber las repercusiones o una respuesta.

Tabla 20.*Percepción daños provocados por ecopaís*

Posibles daños de la gasolina ecopaís en el motor	Cantidad de entrevistados [#]	Porcentaje [%]
Sí	76	56.71
No	36	26.86
No sabe	22	16.41

-Combustible recomendando por los conductores y los motivos para hacerlo.

La Tabla 21 expone que un alto porcentaje de conductores, a pesar de que en su mayoría emplea gasolina ecopaís, recomienda gasolina súper (78.35%), mientras que un poco menos de la cuarta parte recomienda gasolina ecopaís (21.65%).

Tabla 21.*Combustible recomendado*

Combustible recomendado	Cantidad de entrevistados [#]	Porcentaje [%]
Ecopaís	29	21.65
Súper	105	78.35

Las principales razones por las que los conductores recomiendan la gasolina súper, son: cuidado del motor (45.71%), rendimiento (43.80%), cuidado del medioambiente (6.66%) y costo (3.80%). Así, la Tabla 22 permite evidenciar que los conductores preferirían el alargamiento de la vida útil del motor de sus vehículos con un menor consumo de combustible por recorrido, teniendo muy poca consideración para el aspecto medioambiental o casi despreciando la relación costo-calidad que la gasolina súper podría tener.

Tabla 22.*Recomendaciones súper*

Motivo para recomendar súper	Cantidad de entrevistados [#]	Porcentaje [%]
Costo	4	3.80
Ambiente	7	6.66
Rendimiento	46	43.80
Cuidado del motor	48	45.71

En contraste, la Tabla 23 da a conocer que los conductores que recomiendan ecopaís, lo hacen en su gran mayoría por el costo (79.31%), un reducido porcentaje cree que la

adición de un biocombustible es beneficiosa para el medioambiente (17.24%) y una sola persona recomienda la referida gasolina para apoyar la producción nacional de etanol (3.44%).

Tabla 23.

Recomendaciones ecopaís

Motivo para recomendar ecopaís	Cantidad de entrevistados [#]	Porcentaje [%]
Costo	23	79.31
Ambiente	5	17.24
Otros	1	3.44

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Las variables obtenidas para evaluar las gasolinas ecopaís y súper fueron:

4.1.1 Coeficientes Ad' , Bd' y Cd'

Un vehículo que circula en carretera debe vencer cuatro fuerzas: Arrastre (F_d), Rodadura (R_x), Pendiente (R_g) y la Inercia (R_i) [10]. Para la medición del consumo de combustible mediante el dinamómetro de chasis, debido a que el vehículo está estático, se deben configurar unos coeficientes D_0 , D_1 , D_2 , conocidos como “A, B, C”, mismos que representan las fuerzas mencionadas anteriormente.

En consecuencia, los coeficientes Ad' , Bd' y Cd' son los requeridos para realizar las pruebas en el dinamómetro simulando el ciclo de conducción de taxis para la unión de taxistas del Azuay, cuya determinación es específica para la ciudad de Cuenca. La obtención de los coeficientes estuvo basada en la norma ISO 10521, apartados 1 y 2; tanto para pruebas en carretera como en dinamómetro.

Como lo indica la Tabla 24, los coeficientes iniciales fueron obtenidos en carretera: At , Bt y Ct , los cuales sirvieron para determinar los coeficientes finales en el dinamómetro: Ad , Bd , Cd ; As , Bs , Cs y finalmente Ad' , Bd' y Cd' .

Tabla 24.
Coeficientes generados

Tipo de prueba	Coeficiente obtenido	Valor
ISO 10521-1 Carretera	At	389.031
	Bt	2.051
	Ct	0.039
	Ad	194.515
	Bd	0.410
	Cd	0.039
ISO 10521-2 Dinamómetro	As	316.10
	Bs	5.30
	Cs	-0.01
	Ad'	267.441
	Bd'	-2.839
	Cd'	0.089

4.1.2 Resultados ecopaís

Para este caso, fueron realizadas nueve pruebas, manteniendo condiciones similares para cada una de ellas (vehículo, ciclo de conducción, conductor). Los resultados fueron los siguientes:

4.1.2.1 Consumo de combustible

La Tabla 25 precisa los resultados obtenidos para cada una de las pruebas. Las unidades indicadas son en litros [l] y en litros cada 100 kilómetros [l/100 km]. Como se puede ver, existe una homogeneidad entre los resultados.

Tabla 25.
Resultados para el consumo de combustible ecopaís

Pruebas realizadas	9	Específicas								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Consumo	[l]	0.192	0.192	0.192	0.193	0.193	0.188	0.192	0.188	0.191
	[l/100 km]	5.422	5.416	5.423	5.445	5.469	5.322	5.426	5.318	5.400

La Figura 17 indica que los incrementos máximos de velocidad durante el recorrido generan los mayores picos en el consumo de combustible; específicamente, al alcanzar velocidades entre los 75 km/h y los 60 km/h (200 y 250 seg.). Para ambos casos, los picos no se alcanzan en el punto de velocidad máxima, sino en el incremento de velocidad para alcanzar las mencionadas velocidades. El pico más alto corresponde a los 200 seg. con un consumo de 2 ml/seg.

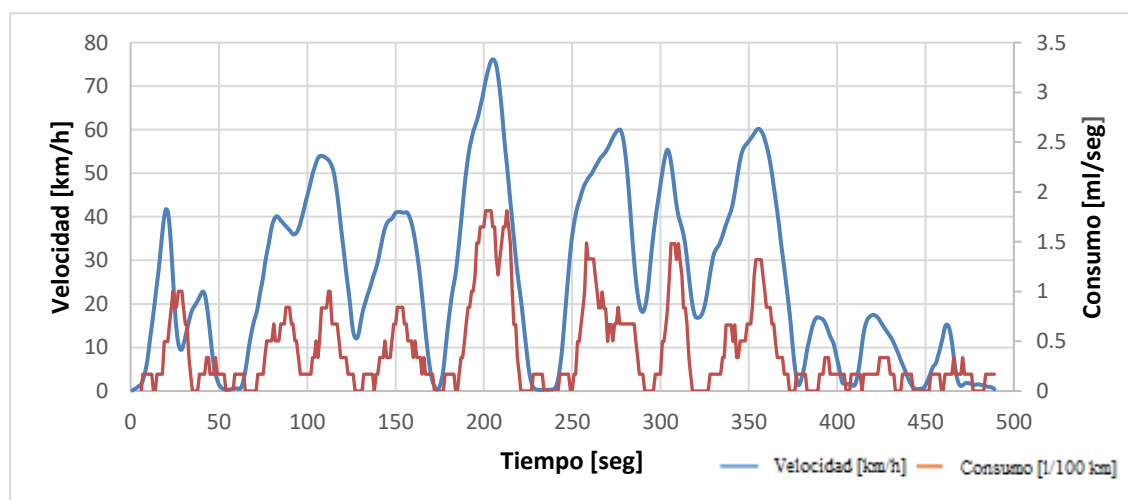


Figura 17. Gráfica Velocidad-Tiempo-Consumo gasolina ecopaís

La Tabla 26 indica una baja desviación estándar entre los datos, lo que puede evidenciar una mínima dispersión entre los resultados de las pruebas realizadas. El promedio de consumo de combustible es 0.191 [l] o 5.405 [l/100km]. Véase Anexo 5.

Tabla 26.

Análisis estadístico combustible ecopaís

Parámetro estadístico	Consumo de combustible	
	[l]	[l/100km]
Promedio	0.191	5.405
Desv. Estándar	0.002	0.052
Intervalo de confianza	0.001	0.040
Lím. Sup	0.193	5.444
Lím. Inf	0.190	5.365
Coeficiente de variación	0.010	0.010
Resultado general	0.19±0.01	5.4±0.01

4.1.2.2 Costo

La regulación actual de los precios de combustible establece un valor de 1.85 USD/galón para la gasolina ecopaís. A pesar de ello, al momento de la realización de las pruebas el valor de ecopaís era de 1.48 USD/galón. Así, como lo expresa la Tabla 27, el costo/ciclo promedio con el precio anterior es de 0.07 USD, mientras que con el precio actual el precio/ciclo se incrementa a 0.09 USD, es decir una variación del 22.22%.

Tabla 27.

Costo combustible ecopaís

Costo		
Combustible	Ecopaís	
Octanaje (realización pruebas)	85	RON
Octanaje (enero 2019)	85	RON
Precio por galón anterior (realización pruebas)	1.48	USD
Precio por galón actual (enero 2019)	1.85	USD
Precio por litro (realización pruebas)	0.39	USD
Precio por litro (enero 2019)	0.48	USD
Valor monetario consumido/ciclo (realización pruebas)	0.07	USD
Valor monetario consumido/ciclo (enero 2019)	0.09	USD

4.1.3 Resultados súper

Con combustible súper fueron realizadas diez pruebas, manteniendo condiciones similares para cada una de ellas (vehículo, ciclo de conducción, conductor). Los resultados fueron los siguientes:

4.1.3.1 Consumo de combustible

La Tabla 28 indica los resultados obtenidos en cada una de las pruebas. Las unidades indicadas son en litros [l] y en litros cada 100 kilómetros [l/100 km]. Del mismo modo, se puede evidenciar una homogeneidad de los resultados.

Tabla 28.
Resultados para el consumo de combustible súper

Pruebas realizadas	10	Específicas									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consumo	[l]	0.17	0.16	0.17	0.16	0.15	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17
		0	0	0	1	9	6	5	4	1	4
	[l/100 km]	4.81	4.51	4.79	4.56	4.50	5.26	4.94	4.91	4.82	4.92
		0	0	7	0	1	7	0	9	2	7

La Figura 18 indica que los picos en el consumo de combustible presentan una mínima dispersión si son relacionados con los incrementos de velocidad; lo que determina una homogeneidad en el consumo de combustible. En tanto, se puede notar que los picos en el consumo se generan durante las fases de incremento de velocidad, aunque se registran valores poco dispersos de consumo a altas velocidades, tal como es notorio a los 200 y 250 segundos. En consecuencia, los valores máximos de consumo de combustible son de 1.25 ml/seg.

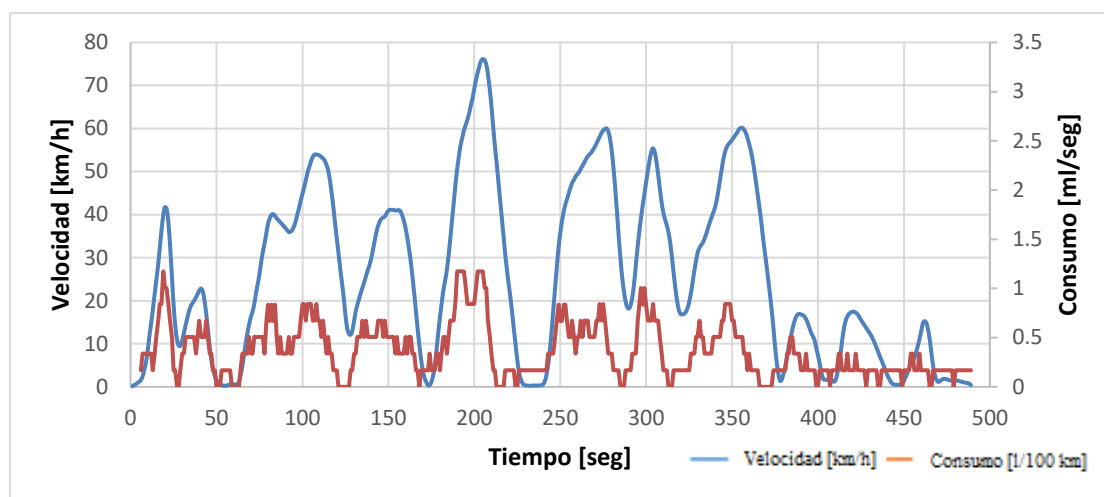


Figura 18. Gráfica Velocidad-Consumo-Tiempo gasolinasúper

En la Tabla 29 se puede ver una baja desviación estándar, lo que indica una mínima dispersión entre los resultados de las pruebas realizadas. El promedio de consumo de combustible es 0.17 [l] o 4.805 [l/100km].

Tabla 29.

Análisis estadístico combustible súper

Parámetro estadístico	Consumo de combustible	
	[l]	[l/100km]
Promedio	0.170	4.805
Desv. Estándar	0.008	0.235
Intervalo de confianza	0.005	0.168
Lím. Sup	0.175	4.973
Lím. Inf	0.164	4.636
Coficiente de variación	0.048	0.049
Resultado general	0.17±0.048	4.805±0.049

4.1.3.2 Costo

La regulación actual de los precios de combustible establece un valor de 2.98USD/galón. Durante la realización de las pruebas el precio era de 2.30 USD/galón. En consecuencia, como lo expresa la Tabla 30, el costo promedio/ciclo es de 0.10 USD con el precio anterior y de 0.13 USD con el precio actual. Es decir, existe un incremento del 23.07% si se considera un rendimiento [l/100 km] idéntico.

Tabla 30.
Costo combustible súper

Costo		
Combustible	Súper	
Octanaje (realización pruebas)	90	RON
Octanaje (enero 2019)	92	RON
Precio por galón anterior (realización pruebas)	2.30	USD
Precio por galón actual (enero 2019)	2.98	USD
Precio por litro (realización pruebas)	0.60	USD
Precio por litro (enero 2019)	0.78	USD
Valor monetario consumido/ciclo (realización pruebas)	0.10	USD
Valor monetario consumido/ciclo (enero 2019)	0.13	USD

4.1.4 Comparación

En este apartado es analizada la variación de costo/ciclo (Anexo 6) y volumen consumido/ciclo que se genera al usar tanto el combustible ecopaís como súper. Son expuestos el costo en dólares por ciclo (USD/ciclo), el porcentaje de variación de costo/ciclo entre los combustibles (%), el volumen consumido/ciclo (l/ciclo, l/100 km) y el porcentaje de variación por volumen entre los dos combustibles (%).

La Tabla 31 y Figura 19, comparan el costo/ciclo considerando el precio anterior para ambas gasolinas (1.48 USD para ecopaís y 2.30 USD para súper). Con ecopaís el costo/ciclo es de 0.07 USD y con súper el costo/ciclo es de 0.10 USD, es decir una variación del 28%.

Tabla 31.
Comparación precio anterior

Costo /ciclo según precio hasta agosto 2018		
	Costo (USD)/ciclo	Variación (%)
Ecopaís	0.07	
Súper	0.10	28.08

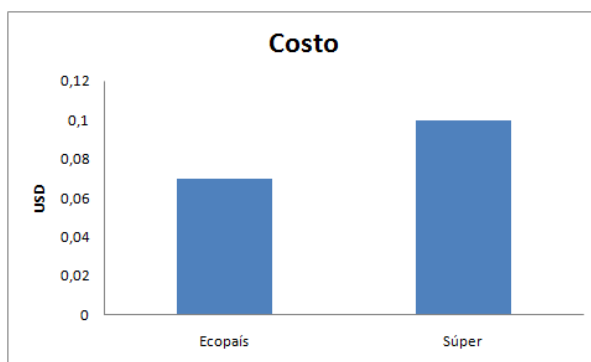


Figura.19. Comparación costos anteriores

La Tabla 32 y Figura 20 comparan el costo/ciclo considerando el precio actual para ambas gasolinas (1.85 USD para ecopaís y 2.98 USD para súper). Con ecopaís el costo/ciclo es de 0.09 USD y con súper el costo/ciclo es de 0.13 USD, es decir, una variación del 30.76%.

Tabla 32.

Comparación precio actual

Costo/ciclo según precio actual (enero 2019)		
Combustible	Costo (USD)	Variación (%)
Ecopaís	0.09	
Súper	0.13	30.76

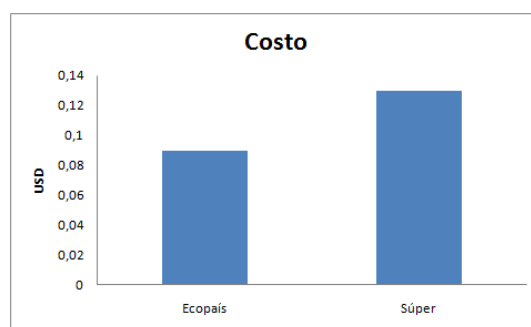


Figura 20. Comparación costos actuales

La Tabla 33 compara los costos: diarios, mensuales y anuales, generados por el uso de las gasolinas ecopaís y súper, considerando tanto los precios al momento de la realización de las pruebas como los precios actuales (enero 2019). Para dicho análisis es considerado un recorrido diario de 36.6 km para un vehículo particular y un recorrido de 200 km para un vehículo tipo taxi (Erreyes y Urgilés, 2018).

En consecuencia, con los precios anteriores, empleando gasolina súper el costo/desplazamiento anual en un vehículo particular aumenta un 26 % o 98.39 USD respecto a ecopaís. Para los precios actuales, la variación es mayor para súper en un 30.76% o 151.37 USD respecto a ecopaís.

Para un vehículo tipo taxi, con los costos anteriores, el costo/desplazamiento anual empleando súper aumenta un 25.03% o 517.68 USD respecto a ecopaís. Para los precios actuales, la variación para súper es mayor en un 30.76 % o 827.20 USD respecto a ecopaís.

Tabla 33.
Comparación costos ecopaís-súper

		Costo (realización pruebas)							
Caso	Distancia recorrida/día	Costo/día		Costo/semana		Costo/mes		Costo/año	
		<i>Ecopaís</i>	<i>Súper</i>	<i>Ecopaís</i>	<i>Súper</i>	<i>Ecopaís</i>	<i>Súper</i>	<i>Ecopaís</i>	<i>Súper</i>
		<i>s</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>r</i>
Particular	36.6	0.77	1.04	5.37	7.26	23.02	31.10	280.05	378.44
Taxi	200	4.19	5.67	29.35	39.66	125.78	169.97	1530.31	2067.99
		Costo (enero 2019)							
Caso	Distancia recorrida/día	Costo/día		Costo/semana		Costo/mes		Costo/año	
		<i>Ecopaís</i>	<i>Súper</i>	<i>Ecopaís</i>	<i>Súper</i>	<i>Ecopaís</i>	<i>Súper</i>	<i>Ecopaís</i>	<i>Súper</i>
		<i>s</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>r</i>
Particular	36.6	0.93	1.35	6.53	9.44	27.99	40.44	340.60	491.97
Taxi	200	5.10	7.37	35.69	51.56	152.97	220.96	1861.19	2688.39

Finalmente, la Tabla 34 indica la variación volumétrica anual en el consumo de combustible para automóviles que se genera al emplear las dos gasolinas muestreadas. El consumo anual con ecopaís es de 723.238 [l] y con súper de 642.952 [l]. La variación es de un 11.1% favorable para súper.

Tabla 34.
Consumo de combustible automóvil

Combustible	Consumo ciclo		Consumo/año	Variación
	[l]	[l/100 km]	[l]	[%]
Ecopaís	0.191	5.405	723.238	11.1
Súper	0.17	4.805	642.952	

En la Tabla 35 se puede ver la variación volumétrica anual en el consumo de combustible para taxis que se genera al emplear las dos gasolinas muestreadas. El

consumo anual con ecopaís es de 3945.650 [l] y con súper de 3507.65 [l]. La variación es de un 11.1% favorable para súper.

Tabla 35.

Consumo de combustible taxi

Combustible	Consumo ciclo	Consumo/año	Variación	
	[l]	[l/100 km]	[l]	[%]
Ecopaís	0.191	5.405	3945.650	11.1
Súper	0.17	4.805	3507.65	

4.1.5 Comparación flujómetro vs. método físico

Para la comparación de resultados entre el instrumento de medición de flujo de combustible y el método físico (gravimetría), fueron realizadas diez pruebas usando únicamente gasolina ecopaís. Como lo muestra la Tabla 36, el consumo de combustible promedio medido por el flujómetro da como resultado 0.19 ± 0.01 l. o 5.4 ± 0.01 l/100 km, en tanto que, para la prueba gravimétrica, el consumo de combustible promedio es de 0.20 ± 0.069 l. o 5.63 ± 0.069 l/100 km; lo que permite obtener un error relativo del 4.35%. Por ello, la variación puede deberse a condiciones como la sincronización en la medición (el flujómetro deja de recibir señal mientras aún existe combustible en la línea de alimentación) y las condiciones atmosféricas no idénticas durante las pruebas.

Tabla 36.

Análisis estadístico entre los dos métodos de medición

Parámetro estadístico	Consumo de combustible flujómetro		Consumo de combustible por gravimetría	
	[l]	[l/100km]	[l]	[l/100km]
Promedio	0.191	5.405	0.20	5.635
Des. Estándar	0.002	0.052	0.0138	0.391
Intervalo de confianza	0.001	0.040	0.009	0.242
Lím. Superior	0.193	5.444	0.207	5.877
Lím. Inferior	0.190	5.365	0.190	5.393
Coefficiente de variación	0.010	0.010	0.069	0.069
Resultado general	0.19 ± 0.01	5.4 ± 0.01	0.20 ± 0.069	5.635 ± 0.069

4.2 Discusión

La calidad que determinado combustible puede proporcionar se ve reflejada en los resultados del presente estudio; por ejemplo, bajo las mismas condiciones de operación: ciclo de conducción, vehículo, conductor, lugar y estilo de conducción, es posible evidenciar que la gasolina súper consume un 11 % menos en volumen de combustible [l] o tiene un rendimiento mayor en [l/100 km] si es comparada con la gasolina ecopaís.

Esta característica puede deberse a algunas condiciones que, aunque no probadas en este estudio, pueden ser inducidas; tales como que la gasolina ecopaís presenta un menor poder calorífico, aunque muestra un comportamiento similar al del combustible extra en lo referente a parámetros de torque, potencia y consumo específico de combustible (Maurat y Galarza, 2017).

En tanto, al analizar el efecto económico para el consumidor, el costo/ciclo al emplear gasolina ecopaís resulta más barato, específicamente un 28.08% si es comparado con la gasolina súper siempre y cuando se considere el precio/galón vigente hasta agosto del 2018 de la gasolina súper. Mientras tanto, si se considera los nuevos precios/galón de las gasolinas, se puede decir que el uso de gasolina ecopaís resulta un 30.76% más barato actualmente. En consecuencia, es posible establecer una relación entre costo y rendimiento de las dos gasolinas; resultando la gasolina ecopaís más barata en un 28.08% con los precios anteriores o un 30.76% con los precios actuales; y, por otro lado, la gasolina súper precisa un mayor rendimiento en un 11%.

Al analizar la percepción del consumidor, resulta notoria una mayor demanda del combustible ecopaís, generada básicamente por el precio del producto; aunque los conductores en su mayoría a pesar de usar ecopaís, recomiendan la gasolina súper, cuyos beneficios los relacionan con un mayor rendimiento y cuidado del motor. Más de la tercera parte de los encuestados cataloga que la adición de etanol en la gasolina extra ha generado una disminución en su calidad o no ha causado ningún efecto en la misma, casi la mitad de los entrevistados cataloga que la gasolina con un porcentaje de etanol origina algún tipo de daño en el motor de su vehículo. Además, son muy poco considerados o casi nulos factores como el medioambiental y la producción nacional de biocombustibles. Por ende, es posible afirmar que la gasolina ecopaís es empleada mayoritariamente por su precio, sin atribuírsele beneficios de rendimiento o

alargamiento de la vida del motor; criterios que son reforzados aún más cuando de hablar de adición de etanol se trata. Por el contrario, la gasolina súper es catalogada como de mayor rendimiento y con una calidad mayor para propiciar un buen funcionamiento del motor durante más tiempo, aunque los conductores la catalogan como costosa para la calidad que representa.

CONCLUSIONES

Los coeficientes requeridos para la realización de las pruebas en el banco dinamométrico fueron obtenidos satisfactoriamente a través de las especificaciones detalladas en la norma ISO10521-2006: Carga para vehículos: 1. Determinación bajo condiciones atmosféricas, 2. Realización en dinamómetros de chasis. En primera instancia, para la obtención de las variables ambientales: posición, velocidad, altitud, distancia, aceleración y tiempo; fue utilizado un módulo GPS con capacidad de 1Hz, que no presentó anomalías durante el proceso de medición.

El proceso de medición de consumo de combustible estuvo basado en el ciclo de conducción de taxis para la ciudad de Cuenca (Unión de Taxistas del Azuay), llevado a cabo en un dinamómetro de chasis. Para la determinación del consumo de combustible, fueron realizadas nueve pruebas para la gasolina ecopaís y diez para la gasolina súper; satisfaciéndose la determinación de muestras a tomar mediante el modelo matemático correspondiente, que determinó entre una y cuatro pruebas. El consumo de combustible/ciclo fue determinado mediante un flujómetro de combustible instalado en la línea de alimentación de gasolina, luego del filtro de combustible y antes del riel de inyectores.

Fue evaluado el rendimiento de combustible en Litros [l] y litros cada 100 kilómetros [l/100 km] de un vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5 l, siguiendo un ciclo de conducción de taxis para la ciudad de Cuenca (“Ciclo para la unión de taxistas del Azuay”) (3.53 km) y utilizando como fuente de combustible las dos gasolinas de uso comercial: súper y ecopaís

El consumo de combustible promedio para la gasolina ecopaís fue de 0.19 ± 0.01 [l] o 5.4 ± 0.01 [l/100km]; en tanto que, para la gasolina súper, el consumo de combustible promedio fue de 0.17 ± 0.048 [l] o 4.805 ± 0.049 [l/100km]; lo que supone una variación del 11% con un mayor rendimiento para la gasolina súper.

Para la gasolina ecopaís, los mayores picos en el consumo de combustible son generados durante los incrementos máximos de velocidad del recorrido, es decir, durante la fase de aceleración para alcanzar la velocidad máxima y no durante la permanencia de dicha velocidad. Para la gasolina súper, aunque los valores máximos

de consumo también se registran durante la fase de aceleración para alcanzar las velocidades máximas del ciclo, existe una menor dispersión entre el valor máximo de consumo versus el valor promedio; lo que significa que los picos en el consumo de combustible se generan a una menor escala de volumen.

El costo promedio por ciclo de conducción (3.53 km) fue determinado en 0.07 USD para la gasolina ecopaís y en 0.10 USD para la gasolina súper, considerando los precios/galones vigentes durante la realización de las pruebas: 1.48 USD para ecopaís y 2.30 USD para súper. Es decir, existe una variación del 28.08% con un costo mayor para la gasolina súper. Si son considerados los nuevos precios de las gasolinas: 1.85USD para ecopaís y 2.98 USD para súper, se generan los siguientes precios por ciclo de conducción: 0.09 USD para ecopaís y 0.13 USD para súper, o una variación del 30.76%.

Si se considera un recorrido diario de 36.6 km para un vehículo tipo particular y de 200 km para un vehículo tipo taxi; el consumo anual de combustible sería de 723.23 l (191.33 gal.) con ecopaís o 642.95 l (170.09 gal.) con súper para un vehículo particular, en tanto que para un vehículo tipo taxi el consumo sería de 3945.65 l (1043.82 gal.) con ecopaís y 3507.65 l (927.94 gal.) con súper.

Bajo la misma consideración de recorrido/día: 36.6 km para vehículo tipo particular y 200 km para vehículo tipo taxi, y además, si son considerados los precios de los combustibles al momento de la realización del presente estudio; se puede determinar: a) el costo de desplazamiento/año de un vehículo particular, estimado en 280.05 USD con gasolina ecopaís y en 378.44 USD con gasolina súper, es decir una variación de 98.39 USD, b) el costo de desplazamiento/año de un vehículo tipo taxi, estimado en 1530.31 USD con gasolina ecopaís y en 2067.99 con gasolina súper, es decir, una variación de 537.68USD. Para este caso, únicamente fueron analizados los costos generados por consumo de combustible, discriminándose costos de mantenimiento, impuestos, entre otros.

Para los precios vigentes de las gasolinas (enero 2019), los costos serían: a) el costo de desplazamiento/año de un vehículo particular, estimado en 340.60 USD con gasolina ecopaís y en 491.97 USD con gasolina súper, es decir una variación de 151.37 USD, b) el costo de desplazamiento/año de un vehículo tipo taxi, estimado en

1861.19.59 USD con gasolina ecopaís y en 2688.39 con gasolina súper, es decir, una variación de 827.20 USD.

El error relativo entre el equipo de medición de consumo de combustible: flujómetro, con el método físico: gravimetría; presenta un valor del 4.35%. En consecuencia, la variación puede deberse a condiciones como la sincronización en la medición (el flujómetro deja de recibir señal mientras aún existe combustible en la línea de alimentación) y las condiciones atmosféricas no idénticas durante las pruebas.

Las propiedades de los combustibles muestreados no fueron comprobadas, suponiendo que cumplen con las especificaciones determinadas en la norma INEN 935: Gasolinas y las correspondientes modificatorias a través de los decretos ejecutivos para el reglamento RTE 028: Combustibles, modificatoria 3.

Los consumidores optan en su mayoría por la gasolina ecopaís (77.62%) debido al factor costo (85.5%), considerando escasamente otros motivos tales como el medioambiental (5.76%), rendimiento (3.84%) y cuidado del motor (3.84%). En tanto, dentro de los demandantes de gasolina súper (22.38%), priman dos criterios: cuidado del motor (40%) y rendimiento (50%), dejando casi nulo el criterio de costo (6.6%). Para ambos casos de preferencia de combustible, los conductores consideran en muy pequeña cantidad los beneficios medioambientales que una determinada gasolina puede generar, más bien catalogan que la adición de etanol en la gasolina extra genera una disminución de calidad (43.28%) o ninguna variación (40.29%), por lo que atribuyen mayores prestaciones en cuanto a rendimiento a la gasolina súper (84.32%) y catalogan que la gasolina ecopaís sí genera daños en el motor (56.71%). A pesar de que la mayoría emplea ecopaís, a la vez recomienda súper por los siguientes motivos: cuidado del motor (45.71%), rendimiento (43.80%), medioambiente (6.66%) y costo (3.80%).

Aunque la percepción de los consumidores se enfoca a un rendimiento mucho mayor de la gasolina súper respecto a la gasolina ecopaís, el presente estudio muestra una variación del 11% favorable para la gasolina súper; ventaja volumétrica que supone un costo mayor del 28.08% de manera comprobada con los precios anteriores de la gasolina súper, aunque el costo sería un 30.76% mayor para los precios actuales. Por ello, resulta necesaria la utilización del combustible adecuado conforme la relación de compresión del motor, además de la calibración acorde a la altitud a la cual se va a

circular, teniendo presente que estudios indican un comportamiento similar de la gasolina ecopaís respecto a la extra en cuanto a parámetros de torque, potencia y consumo específico de combustible.

Si bien el consumo de combustible puede ser mayor con gasolinas mezcladas con etanol, los efectos en las emisiones contaminantes son reducidos básicamente gracias a que el etanol representa un oxigenante para la gasolina, por lo que la mezcla aire-combustible tiende a contar con una mayor cantidad de oxígeno.

RECOMENDACIONES

Es recomendable regirse a las especificaciones proporcionadas por el fabricante para el uso de una gasolina con un determinado octanaje, puesto que el diseño de los componentes y sus materiales están aprobados bajo condiciones específicas de funcionamiento: relaciones de compresión, resistencia de materiales, temperaturas de trabajo, entre otros; aspectos que se optimizan con el uso de la gasolina adecuada. Sin embargo, si las recomendaciones del fabricante permiten el uso de las dos gasolinas comercializadas en el país, por motivos económicos para los conductores, ambientales y de producción nacional, resulta recomendable el uso de la gasolina ecopaís.

Es recomendable replicar las pruebas a través de un ciclo de conducción local empleando diversos tipos de vehículos como todoterrenos o camionetas; para obtener una base de datos más amplia y específica respecto al rendimiento de determinado combustible en diversos tipos de vehículos.

Es recomendable analizar numerosas mezclas de etanol, es decir con mayores porcentajes, como E10, E20, E50, E75; bajo condiciones locales de operación: ciclo de conducción, calibración del vehículo, entre otras.

Es recomendable analizar los posibles efectos que el etanol contenido en la gasolina ecopaís podría originar en los distintos sistemas del motor, especialmente en los sistemas de inyección y cámaras de combustión.

Para la homologación nacional de vehículos, resulta importante exigir por las autoridades nacionales de control la aprobación bajo condiciones locales de operación, es decir, empleando ciclos locales de conducción y los combustibles ofertados comercialmente en el medio

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, S., Evelson, P., Boveris, A. (2008). Etanol, El combustible del futuro. *Encrucijadas*. No. 45. Universidad de Buenos Aires. (Documento digital)
- Arévalo, R. (2010). *Adaptación DE un sistema dual de combustible en un motor de cuatro tiempos 125 cc. A carburador en un banco de pruebas, para análisis de funcionamiento en gasolina y etanol*. Tesis de pregrado. Universidad Internacional del Ecuador. Ecuador. (Documento digital)
- Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. AEADE. (2015). *Sector Automotor en Cifras*. Diciembre 2015. Ecuador. (Documento digital).
- Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. AEADE. (2018). *Sector Automotor en Cifras*. Julio 2018. No. 22. Ecuador. (Documento digital).
- Awad, O., Ali, O., Hammid, Ali., Mamat, R. (2018). Impact of fuel oil moisture reduction on the fuel properties and combustion characteristics of SI engine fueles with gasoline-fusel oil blends. *Renewable energy*. (Documento digital).
- Banco Central del Ecuador. BCE (2017). *Cifras del sector petrolero ecuatoriano*. No. 128. Ecuador. (Documento digital).
- Beckmann, L. (2013). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE ETANOL ANHIDRO EN MEZCLAS CON GASOLINA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. Tesis de Maestría. Universidad Central del Ecuador. Ecuador. (Documento digital).
- Berlanga, C., Biezma, M., Fernández, J. (2011). Revisión y estado del arte de la corrosividad del etanol y sus mezclas con gasolina. *Revista de Metalurgia*. 47. doi: 10.3989/revmetalmadrid.1016.
- Castillo , P., Mendoza, A., Caballero, P. (2009). Análisis de las propiedades físico-químicas de la gasolina y diésel mexicanos formulados con etanol. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*. Vol. 3. pp 293-306. México.
- Chansauria, P., Mnadlo, R. (2018). Effect of ethanol blends on performance of spark ignition engine – A review. *Materials Today Proceedings*. 5. 4066-4077. Disponible en Science Direct.com. (Documento digital).
- Chen, Z., Ma, X., Yu, S., Guo, Y., Liu, J. (2009). Physical-chemical properties of ethanol diesel blend fuel and its effect on the performance and emissions of a turbocharged diesel engine. *International Journal of Automotive Technology*. Vol 10. No. 3. pp 297-303. (Documento digital).
- CONCAWE. (2016). *Phase 1: Effect of fuel octane on the performance of two Euro 4 gasoline passenger cars*. Reporte No. 13/16. Bélgica (Documento digital).
- Chevrolet. (2017). *Chevrolet Aveo Family*. Ficha Técnica. (Documento digital).
- Dávalos, D. (2017). *Obtención de un Ciclo Típico de Conducción para los vehículos de la Unión de Taxistas del Azuay*. Tesis de Maestría. Universidad del Azuay. Cuenca Ecuador. (Documento digital).
- Decreto Ejecutivo No. 675. (2015). Registro Oficial. Año 3. No. 9. 512. (Documento digital).

- Deng, S., et al. (2018). Thin-layer drying kinetics and quality changes of sweet sorghum stalk for ethanol production as affected by drying temperature. *Industrial Crops and Products*. 34 (3), 1588-1594. (Documento digital).
- Druet, F., Vera, P. (2017). *Evaluación técnica y optimización de aditivos comerciales para elevar el octanaje de las gasolinas en Ecuador*. Tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador. (Documento digital).
- Edenhofer, O, Pichs, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., et al. (2011). Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. *IPCC*. (Documento digital).
- Encalada, F., Ñautta, U. (2010). *Incidencia del tipo de gasolinas, aditivos y equipos optimizadores de combustible comercializados en la ciudad de Cuenca, sobre las emisiones contaminantes emitidas al aire*. Tesis de pregrado. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.
- Espinoza, F., Tacuri, F. (2016). *Estudio del comportamiento de un motor ciclo Otto de inyección electrónica respecto al grado de concentración de etanol en la gasolina extra para la ciudad de Cuenca*. Tesis de Maestría. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador. (Documento digital).
- Ershov, M., Grigoreva, E., Habibullin, I., Emelyanov, V., Strekalina, D. (2016). Prospects of bioethanol E30 and E85 application in Russia and technical requirements for their quality. *Sustainable Energy Reviews*. 66. 228-232. Disponible en Science Direct.com. (Documento digital).
- ESSO. (21 de noviembre del 2018). Gasolina garantizada. *ESSO MOBIL*. Recuperado de: <https://www.combustiblescolombia.com/gasolina-garantizada>. (Documento digital).
- Guseinova, A., Mirzoeva, L., Yunusov, S., Guseinova, I., Alieva, S., Abdulova, N., et al. (2013). Esterification by bioethanol of catalytically cracked gasolines. *Chemistry and technology of fuels and oils*. Vol 49. No. 5. Rusia. (Documento digital).
- Guzmán, L. (2013). *Estudio de factibilidad del uso de etanol anhidro en mezclas con gasolina en el Distrito Metropolitano de Quito*. Tesis de Maestría. Universidad Central del Ecuador. Instituto de Investigación y Posgrado. 179 p. Quito, Ecuador. (Documento digital).
- Hoseinpur, M., et al. (2018). Evaluation of effect of gasoline fumigation of performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with B20 using an experimental investigation and TOPSIS method. *Fuel* No. 223. pp 277-285. Disponible en Science Direct.com. (Documento digital)
- Hubenthal, A. (2010). *Evaluación del sector transporte en Ecuador con miras a plantear medidas de mitigación al cambio climático*. UNDP. (Documento digital)
- Instituto Ecuatoriano de Eficiencia Energética y Energías Renovables. INER. (2014). *Eficiencia energética en el transporte*. Quito, Ecuador. (Documento digital)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. INEN. (2003). *Derivados del Petróleo, productos relacionados con el petróleo y afines. Definiciones*. Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 2 341:2003. Ecuador. (Documento digital)

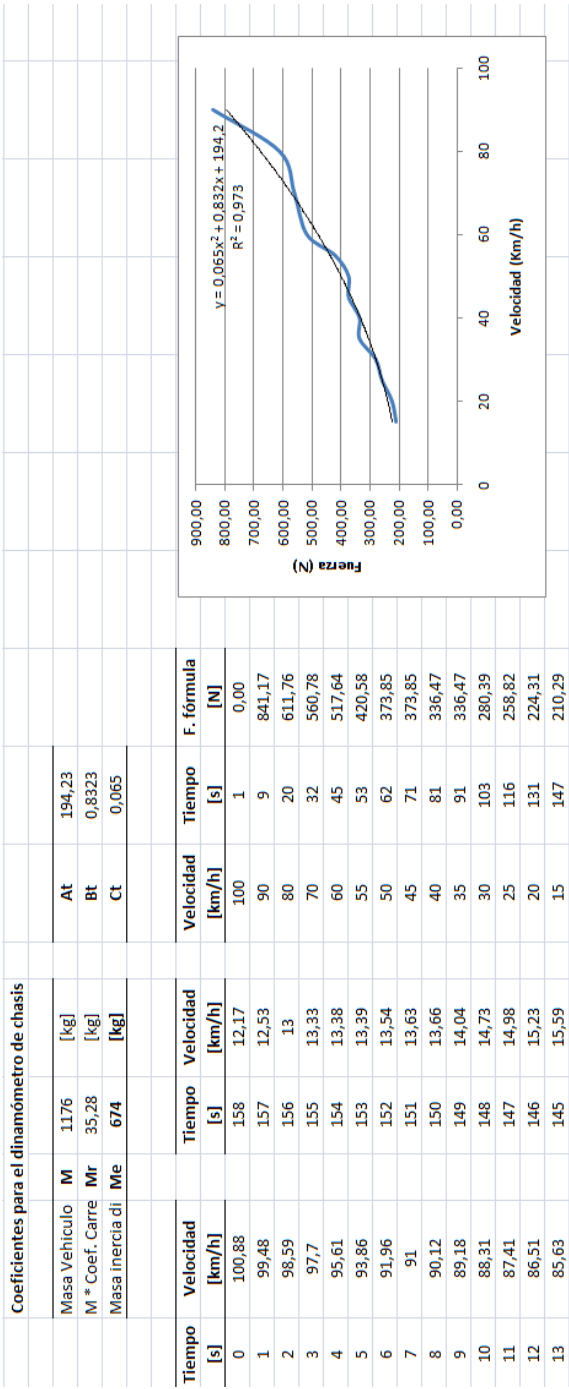
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. INEN. (2009). *Etanol Anhidro. Requisitos Primera Edición*. Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 2 478:2009. Ecuador. (Documento digital).
- International Organization for Standardization. ISO. (2006) Norma 10521-2006: Road vehicles: 1. Determination under reference atmospheric conditions, 2. Reproduction on chassis dynamometer. (Documento digital).
- Jiao, J., Li, J., Bai, Y. (2018). Ethanol as a vehicle fuel in China: A review from the perspectives of raw material resource, vehicle and infrastructure. *Journal of Cleaner Production*.(Documento digital).
- Koc, M., Sekmen, Y., Topgül, T., Serdar, H. (2009). The effects of ethanol–unleaded gasoline blends on performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine.*Renewable Energy*. 34. Issue 10. pp. 2101-2106. (Documento digital).
- Küpper, C., Artmann, C., Pischinger, S., Rabl H. (s.f.). Lube oil dilution of gasoline direct-injection engine with ethanol fuels. *ResearchFuels*. Vol 74. pp 64-69. (Documento digital).
- Lazaro, R., et al. (2008). Biocombustibles: ¿una estrategia de desarrollo o de mercado lucrativamente sostenible?.*Geopolítica y energía*. Recuperado. <https://journals.openedition.org/polis/2885>
- Lee, J., Lee, S., Lee, S. (2018). Experimental investigation on the performance and emissions characteristics of ethanol/diesel dual-fuel combustion. *Fuel* 220. 72-79. Disponible en Science Direct.com. (Documento digital)
- Marques, D. Trevizan, L., Oliveira, I., Seye, O., Silva, R. (2016). Combustion assessment of an etanol/gasoline flex-fuel engine. *J. Braz. Soc.*(Documento digital)
- Masson, M. (2012). *Determinación de la eficiencia de mezcla de gasolina de ochenta octanos con etanol anhidro para su utilización en motores de combustión interna de cuatro tiempos encendido por chispa*. Tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. (Documento digital)
- Maurat, W., Galarza, C. (2017). *Evaluación del consumo específico de combustible y de emisiones de gases de escape, con el uso del combustible Eco-país en un motor de combustión interna alternativo*. Tesis de Pregrado. Universidad del Azuay. Ecuador. (Documento digital).
- Max. (21 de noviembre del 2018).Precision Flow Meters. Recuperado de: <https://www.maxmachinery.com/>. (Documento digital).
- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). *Balance Energético Nacional*. Ecuador. (Documento digital)
- Mourad, M., Mahmoud, K.(2018). Performance investigation of passenger vehicle fueled by propanol/gasoline blend according to a city driving cycle. *Energy*. 149. pp 741-749. Disponible en Science Direct. Com.(Documento digital).
- Narvaez, J. (2011). *Producción de etanol para uso como combustible alternativo en motores de combustión interna de la provincia del Azuay*. Tesis de pregrado. Universidad del Azuay. Ecuador. (Documento digital).

- Odziemkowska, M., Matuszewska, A., Czarnoka, J. (2016). Diesel oil with bioethanol as a fuel for compression-ignition engines. *Applied Energy*. Disponible en Science Direct.com. (Documento digital)
- Onoda. T. (2009). *IEA policies—G8 recommendations and an afterwards*. Energy Policy. 37. ScienceDirect. París, Francia. (Documento digital).
- Parada. S., Villalba, R. (2016). Evaluar el comportamiento del combustible ecopaís a una altura mayor de 2500 m.s.n.m y su comparativa con el combustible extra y E10. Tesis de pregrado. Universidad Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5229/1/65T00187.pdf>.
- Park, S., Hyun, S., Lee, C. (2014). Bioethanol and gasoline premixing effect on combustion and emission characteristics in biodiesel dual-fuel combustion engine. *Applied Energy*. 135. 286-298. Disponible en Science Direct.com. (Documento digital)
- Petroecuador. (2017). *Plan Operativo Anual*. Empresa Pública de Hidrocarburos Petroecuador EP. Anexo del Plan General de Negocios, Expansión e Inversión. Ecuador.(Documento digital)
- Petroecuador. (2018). *Informe estadístico enero diciembre 2017*. Jefatura Corporativa de Planificación. Información Provisional. Ecuador. (Documento digital).
- Plan de Movilidad y Espacios Públicos. (2015) Municipalidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. (Documento Digital).
- Roayaei, E., Taheri, K. (2009). Test ruin evaluation of a blend of fuel-grade ethanol and regular commercial gasoline: its effect on engine efficiency and exhaust gas composition. *Clean Tech Environ Policy*. No.11 pp 385-389. (Documento digital)
- Sakthivel, P., Subramanian, K., Mathai, R. (2018). Indian scenario of ethanol fuel and its utilization in automotive transportation sector. *Resources, conservation and recycling*. 132. pp 102-120. Disponible en Science Direct.com. (Documento digital)
- Salinas, E. y Gasca, V. (2009). Los biocombustibles. *El Cotidiano*. Núm 157, pp 75-82. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. México. (Documento digital)
- Schifter, I., González, U., Díaz, L., Rodríguez, R., Mejía-Centeno, I., González-Macías, C. (2018). From actual ethanol contents in gasoline to mid-blends and E85 in conventional technology vehicles. Emission control issues and consequences *Fuel*. 219. pp 239-247. Disponible en Science Direct.com.(Documento digital)
- Schirmer, W., et al. (2017). Effects of air/fuel ratio on gas emissions in a small spark ignited non-road engine operating with different gasoline/ethanol blends. *EnvironSciPollut Res*. Alemania. (Documento digital).
- Secretaría de Energía. SENER. (2010). *Recomendaciones de especificaciones técnicas para el etanol y sus mezclas (E6) y la infraestructura para su manejo en México*. Gobierno Federal de México. México. (Documento digital).

- Serna, F. Barrera, L y Montiel, H. (2011). Impacto Social y Económico de los Biocombustibles. *Journal of Technology Management & Innovation*. Vol 6. Issue 1. Universidad Alberto Hurtado. (Documento digital).
- Serdar, H., Cesu, Y., Tolga, T., Cinar, C., Okur, M. (2006). Effect of ethanol–gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in different compression ratios. *Applied Thermal Engineering*. 26. pp 2272-2278.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. INEN. (2016). *Productos derivados del petróleo. Gasolina. Requisitos*. NTE INEN 935 9na. Revisión. 2016 -02. Norma Técnica Ecuatoriana. Ecuador. (Documento digital)
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. INEN. (2017). *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 028 (1R) Combustibles*. Modificatoria 3. Reglamento Técnico Ecuatoriano. Ecuador. (Documento digital)
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. INEN. *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 028 (1R) Combustibles. Clasificación, Requisitos, ensayo y muestreo*. Reglamento Técnico Ecuatoriano. Ecuador. (Documento digital).
- Superflow (21 de noviembre del 2018) Dynamometers and flowbenches. Recuperado de: <https://www.superflow.com/>. (Documento digital).
- Tapia, M. (2016). *ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE EFICIENCIA Y DESEMPEÑO DE MOTOR DEL VEHICULO CHEVROLET ESTEEM 1.6L CON EL USO DE COMBUSTIBLE ECOPAIS*. Tesis de pregrado. Universidad Internacional del Ecuador. (Documento digital).
- Tenempaguay, R. (2015). *Análisis Teórico para la implementación del sistema Flex Fuel*. Tesis de Pregrado. Universidad del Azuay. Ecuador. (Documento digital).
- Thakur. A., Kumar, A., Mehra, R., Mer, K. (2017). Progress in performance analysis of ethanol-gasoline blends on SI engine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 69. 324-340. Disponible en Science Direct.com. (Documento digital).
- United Cities and Local Governments. UCLG. (2014). *Documento Marco de CGLU para ciudades intermedias*. Documento. (Documento digital).
- United States Environmental Protection Agency. EPA. (2018a). Etanol. *U.S Department of Energy*. Estados Unidos. (Documento digital).
- United States Environmental Protection Agency. EPA. (2018b). Consejos para ahorrar gasolina. *U.S Department of Energy*. Estados Unidos. (Documento digital).
- Urgilés, L., Erreyes, J. (2018). *Análisis del combustible ecopaís en emisiones contaminantes y prestaciones de un vehículo Chevrolet Grand Vitara como prototipo en la ciudad de Cuenca*. Tesis de pregrado. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador
- VBox Motor Sport. (2014) *VBox Sport. Especificaciones Técnicas*. (Documento digital).

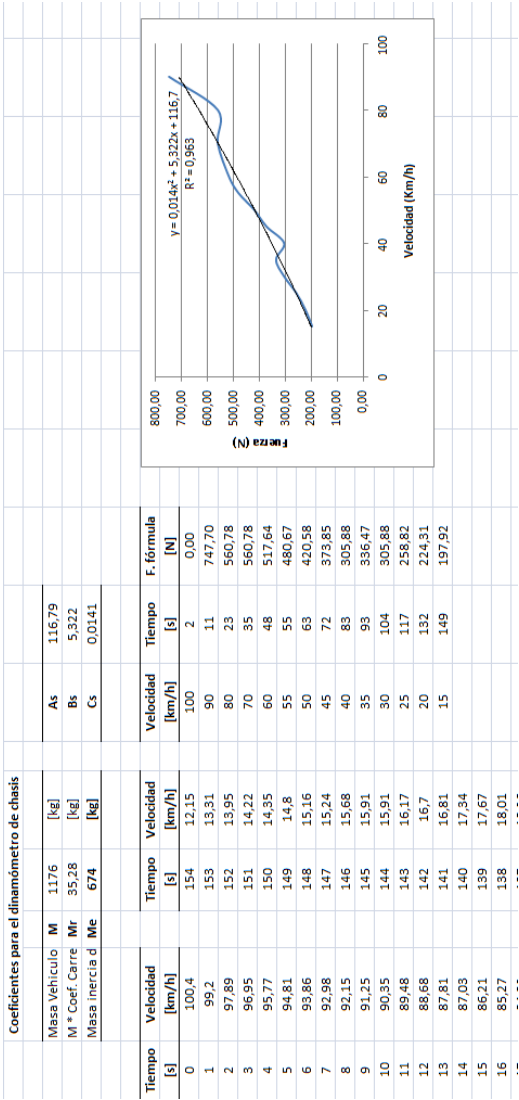
ANEXOS

ANEXO 1



Anexo 1. Filtro de coeficientes prueba en carretera

ANEXO 2



Anexo 2. Obtención de coeficientes finales prueba dinamómetro

ANEXO 3

MÉTODO FÍSICO CONSUMO DE COMBUSTIBLE									
Gasolina	Ecopais								
Densidad [kg/m3]	739								
Número de pruebas	10								
Ciclo de conducción	Ciclo de conducción de taxis para la ciudad de Cuenca								
Distancia recorrida [km]	3,53								
Prueba		Masa anterior [kg]	Masa posterior [kg]	Diferencia masa [kg]	Volumen consumido			[l/100 km]	
					[m3]	[l]			
1		6,381	6,240	0,141	0,000190798	0,191		5,40505315	
2		6,438	6,299	0,139	0,000188092	0,188		5,328385729	
3		6,221	6,078	0,143	0,000193505	0,194		5,48172057	
4		6,027	5,889	0,138	0,000186739	0,187		5,290052019	
5		5,846	5,700	0,146	0,000197564	0,198		5,596721701	
6		7,285	7,126	0,159	0,000215156	0,215		6,095059935	
7		7,112	6,951	0,161	0,000217862	0,218		6,171727355	
8		6,903	6,770	0,133	0,000179973	0,180		5,098383467	
9		6,727	6,566	0,161	0,000217862	0,218		6,171727355	
10		6,555	6,406	0,149	0,000201624	0,202		5,711722832	
		Promedio			0,20			5,635	
		Desviación estándar			0,0138			0,391	
		Intervalo de confianza			0,009			0,242	
		Límite superior			0,207			5,877	
		Límite inferior			0,190			5,393	
		Coeficiente de variación			0,069			0,069	
		Resultado			0,20±0,069			5,635±0,069	

Anexo 3. Procesamiento de datos método gravimétrico

ANEXO 4

COMBUSTIBLE UTILIZADO		COMBUSTIBLE RINDE MÁS		EL REEMPLAZO FUE		POR QUÉ UTILIZA ECOPAÍS		POR QUÉ RECOMIENDA ECOPAÍS		POR QUÉ UTILIZA SUPER		POR QUÉ RECOMIENDA SUPER	
SUPER	24	SUPER	83	BUENO	13	COSTO	73	COSTO	24	COSTO	73	COSTO	24
ECOPAÍS	83	ECOPAÍS	10	IGUAL	44	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10
		IGUAL	8	MALO	44	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35
						CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37
						OTROS	2	OTROS	1	OTROS	2	OTROS	1

COMBUSTIBLE UTILIZADO		COMBUSTIBLE RINDE MÁS		EL REEMPLAZO FUE		POR QUÉ UTILIZA ECOPAÍS		POR QUÉ RECOMIENDA ECOPAÍS		POR QUÉ UTILIZA SUPER		POR QUÉ RECOMIENDA SUPER	
SUPER	58	SUPER	82	BUENO	13	COSTO	73	COSTO	24	COSTO	73	COSTO	24
NO	31	ECOPAÍS	25	IGUAL	44	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10
NO SABE	18	NO SABE		MALO	44	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35
						CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37
						OTROS	2	OTROS	1	OTROS	2	OTROS	1

COMBUSTIBLE UTILIZADO		COMBUSTIBLE RINDE MÁS		EL REEMPLAZO FUE		POR QUÉ UTILIZA ECOPAÍS		POR QUÉ RECOMIENDA ECOPAÍS		POR QUÉ UTILIZA SUPER		POR QUÉ RECOMIENDA SUPER	
ECOPAÍS	1	SUPER	IGUAL	NO	SUPER	COSTO	73	COSTO	24	COSTO	73	COSTO	24
ECOPAÍS	2	SUPER	BUENO	NO	ECOPAÍS	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10
ECOPAÍS	3	IGUAL	BUENO	NO SABE	ECOPAÍS	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35
ECOPAÍS	4	SUPER	MALO	SI	SUPER	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37
ECOPAÍS	5	SUPER	IGUAL	SI	SUPER	OTROS	2	OTROS	1	OTROS	2	OTROS	1
ECOPAÍS	6	SUPER	IGUAL	NO	SUPER								
ECOPAÍS	7	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	8	SUPER	MALO	NO SABE	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	9	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	10	IGUAL	IGUAL	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	11	IGUAL	IGUAL	NO SABE	SUPER								
ECOPAÍS	12	SUPER	BUENO	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	13	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	14	SUPER	IGUAL	NO SABE	SUPER								

COMBUSTIBLE UTILIZADO		COMBUSTIBLE RINDE MÁS		EL REEMPLAZO FUE		POR QUÉ UTILIZA ECOPAÍS		POR QUÉ RECOMIENDA ECOPAÍS		POR QUÉ UTILIZA SUPER		POR QUÉ RECOMIENDA SUPER	
ECOPAÍS	1	SUPER	IGUAL	NO	SUPER	COSTO	73	COSTO	24	COSTO	73	COSTO	24
ECOPAÍS	2	SUPER	BUENO	NO	ECOPAÍS	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10
ECOPAÍS	3	IGUAL	BUENO	NO SABE	ECOPAÍS	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35
ECOPAÍS	4	SUPER	MALO	SI	SUPER	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37
ECOPAÍS	5	SUPER	IGUAL	SI	SUPER	OTROS	2	OTROS	1	OTROS	2	OTROS	1
ECOPAÍS	6	SUPER	IGUAL	NO	SUPER								
ECOPAÍS	7	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	8	SUPER	MALO	NO SABE	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	9	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	10	IGUAL	IGUAL	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	11	IGUAL	IGUAL	NO SABE	SUPER								
ECOPAÍS	12	SUPER	BUENO	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	13	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	14	SUPER	IGUAL	NO SABE	SUPER								

COMBUSTIBLE UTILIZADO		COMBUSTIBLE RINDE MÁS		EL REEMPLAZO FUE		POR QUÉ UTILIZA ECOPAÍS		POR QUÉ RECOMIENDA ECOPAÍS		POR QUÉ UTILIZA SUPER		POR QUÉ RECOMIENDA SUPER	
ECOPAÍS	1	SUPER	IGUAL	NO	SUPER	COSTO	73	COSTO	24	COSTO	73	COSTO	24
ECOPAÍS	2	SUPER	BUENO	NO	ECOPAÍS	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10
ECOPAÍS	3	IGUAL	BUENO	NO SABE	ECOPAÍS	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35
ECOPAÍS	4	SUPER	MALO	SI	SUPER	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37
ECOPAÍS	5	SUPER	IGUAL	SI	SUPER	OTROS	2	OTROS	1	OTROS	2	OTROS	1
ECOPAÍS	6	SUPER	IGUAL	NO	SUPER								
ECOPAÍS	7	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	8	SUPER	MALO	NO SABE	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	9	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	10	IGUAL	IGUAL	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	11	IGUAL	IGUAL	NO SABE	SUPER								
ECOPAÍS	12	SUPER	BUENO	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	13	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	14	SUPER	IGUAL	NO SABE	SUPER								

COMBUSTIBLE UTILIZADO		COMBUSTIBLE RINDE MÁS		EL REEMPLAZO FUE		POR QUÉ UTILIZA ECOPAÍS		POR QUÉ RECOMIENDA ECOPAÍS		POR QUÉ UTILIZA SUPER		POR QUÉ RECOMIENDA SUPER	
ECOPAÍS	1	SUPER	IGUAL	NO	SUPER	COSTO	73	COSTO	24	COSTO	73	COSTO	24
ECOPAÍS	2	SUPER	BUENO	NO	ECOPAÍS	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10
ECOPAÍS	3	IGUAL	BUENO	NO SABE	ECOPAÍS	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35
ECOPAÍS	4	SUPER	MALO	SI	SUPER	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37
ECOPAÍS	5	SUPER	IGUAL	SI	SUPER	OTROS	2	OTROS	1	OTROS	2	OTROS	1
ECOPAÍS	6	SUPER	IGUAL	NO	SUPER								
ECOPAÍS	7	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	8	SUPER	MALO	NO SABE	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	9	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	10	IGUAL	IGUAL	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	11	IGUAL	IGUAL	NO SABE	SUPER								
ECOPAÍS	12	SUPER	BUENO	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	13	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	14	SUPER	IGUAL	NO SABE	SUPER								

COMBUSTIBLE UTILIZADO		COMBUSTIBLE RINDE MÁS		EL REEMPLAZO FUE		POR QUÉ UTILIZA ECOPAÍS		POR QUÉ RECOMIENDA ECOPAÍS		POR QUÉ UTILIZA SUPER		POR QUÉ RECOMIENDA SUPER	
ECOPAÍS	1	SUPER	IGUAL	NO	SUPER	COSTO	73	COSTO	24	COSTO	73	COSTO	24
ECOPAÍS	2	SUPER	BUENO	NO	ECOPAÍS	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10
ECOPAÍS	3	IGUAL	BUENO	NO SABE	ECOPAÍS	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35
ECOPAÍS	4	SUPER	MALO	SI	SUPER	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37
ECOPAÍS	5	SUPER	IGUAL	SI	SUPER	OTROS	2	OTROS	1	OTROS	2	OTROS	1
ECOPAÍS	6	SUPER	IGUAL	NO	SUPER								
ECOPAÍS	7	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	8	SUPER	MALO	NO SABE	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	9	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	10	IGUAL	IGUAL	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	11	IGUAL	IGUAL	NO SABE	SUPER								
ECOPAÍS	12	SUPER	BUENO	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	13	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	14	SUPER	IGUAL	NO SABE	SUPER								

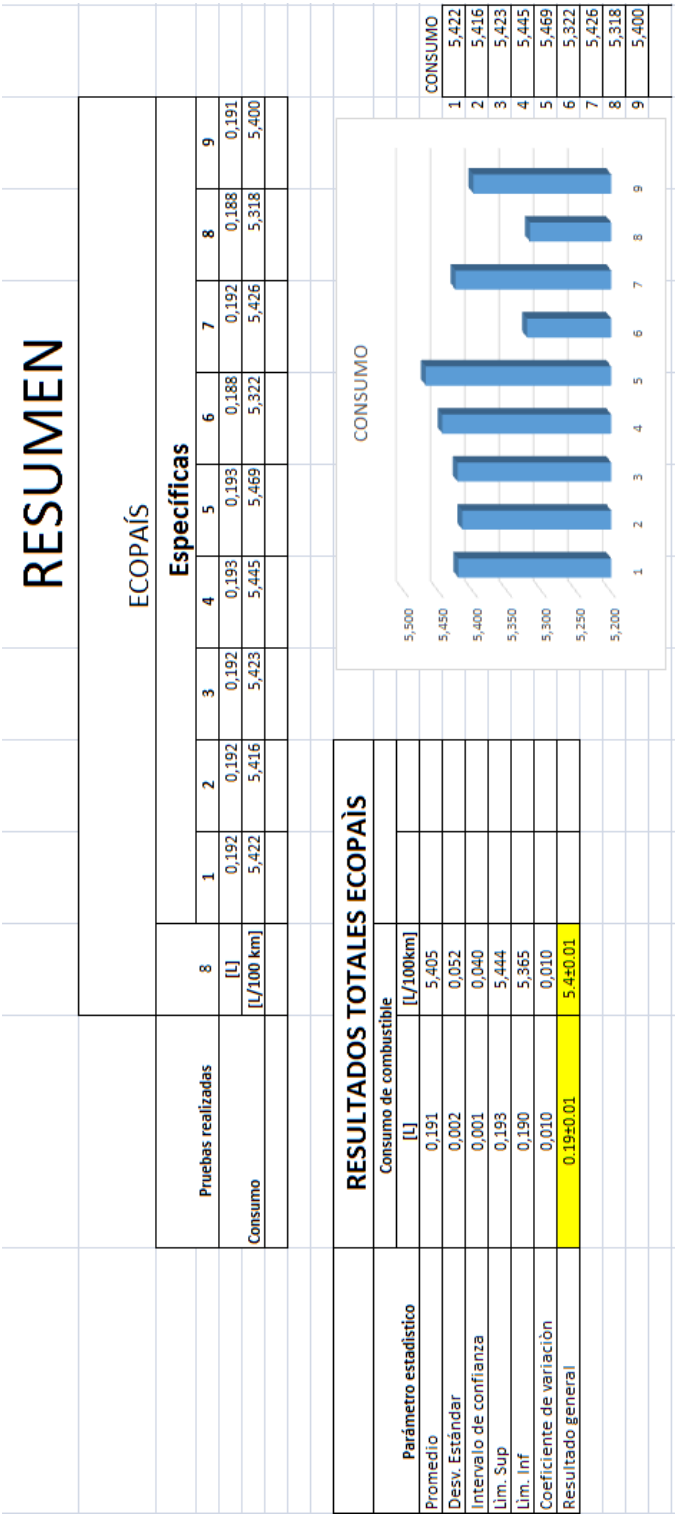
COMBUSTIBLE UTILIZADO		COMBUSTIBLE RINDE MÁS		EL REEMPLAZO FUE		POR QUÉ UTILIZA ECOPAÍS		POR QUÉ RECOMIENDA ECOPAÍS		POR QUÉ UTILIZA SUPER		POR QUÉ RECOMIENDA SUPER	
ECOPAÍS	1	SUPER	IGUAL	NO	SUPER	COSTO	73	COSTO	24	COSTO	73	COSTO	24
ECOPAÍS	2	SUPER	BUENO	NO	ECOPAÍS	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10
ECOPAÍS	3	IGUAL	BUENO	NO SABE	ECOPAÍS	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35
ECOPAÍS	4	SUPER	MALO	SI	SUPER	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37
ECOPAÍS	5	SUPER	IGUAL	SI	SUPER	OTROS	2	OTROS	1	OTROS	2	OTROS	1
ECOPAÍS	6	SUPER	IGUAL	NO	SUPER								
ECOPAÍS	7	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	8	SUPER	MALO	NO SABE	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	9	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	10	IGUAL	IGUAL	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	11	IGUAL	IGUAL	NO SABE	SUPER								
ECOPAÍS	12	SUPER	BUENO	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	13	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	14	SUPER	IGUAL	NO SABE	SUPER								

COMBUSTIBLE UTILIZADO		COMBUSTIBLE RINDE MÁS		EL REEMPLAZO FUE		POR QUÉ UTILIZA ECOPAÍS		POR QUÉ RECOMIENDA ECOPAÍS		POR QUÉ UTILIZA SUPER		POR QUÉ RECOMIENDA SUPER	
ECOPAÍS	1	SUPER	IGUAL	NO	SUPER	COSTO	73	COSTO	24	COSTO	73	COSTO	24
ECOPAÍS	2	SUPER	BUENO	NO	ECOPAÍS	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10
ECOPAÍS	3	IGUAL	BUENO	NO SABE	ECOPAÍS	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35
ECOPAÍS	4	SUPER	MALO	SI	SUPER	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37
ECOPAÍS	5	SUPER	IGUAL	SI	SUPER	OTROS	2	OTROS	1	OTROS	2	OTROS	1
ECOPAÍS	6	SUPER	IGUAL	NO	SUPER								
ECOPAÍS	7	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	8	SUPER	MALO	NO SABE	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	9	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	10	IGUAL	IGUAL	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	11	IGUAL	IGUAL	NO SABE	SUPER								
ECOPAÍS	12	SUPER	BUENO	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	13	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	14	SUPER	IGUAL	NO SABE	SUPER								

COMBUSTIBLE UTILIZADO		COMBUSTIBLE RINDE MÁS		EL REEMPLAZO FUE		POR QUÉ UTILIZA ECOPAÍS		POR QUÉ RECOMIENDA ECOPAÍS		POR QUÉ UTILIZA SUPER		POR QUÉ RECOMIENDA SUPER	
ECOPAÍS	1	SUPER	IGUAL	NO	SUPER	COSTO	73	COSTO	24	COSTO	73	COSTO	24
ECOPAÍS	2	SUPER	BUENO	NO	ECOPAÍS	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10
ECOPAÍS	3	IGUAL	BUENO	NO SABE	ECOPAÍS	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35
ECOPAÍS	4	SUPER	MALO	SI	SUPER	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37
ECOPAÍS	5	SUPER	IGUAL	SI	SUPER	OTROS	2	OTROS	1	OTROS	2	OTROS	1
ECOPAÍS	6	SUPER	IGUAL	NO	SUPER								
ECOPAÍS	7	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	8	SUPER	MALO	NO SABE	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	9	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	10	IGUAL	IGUAL	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	11	IGUAL	IGUAL	NO SABE	SUPER								
ECOPAÍS	12	SUPER	BUENO	SI	ECOPAÍS								
ECOPAÍS	13	SUPER	MALO	SI	SUPER								
ECOPAÍS	14	SUPER	IGUAL	NO SABE	SUPER								

COMBUSTIBLE UTILIZADO		COMBUSTIBLE RINDE MÁS		EL REEMPLAZO FUE		POR QUÉ UTILIZA ECOPAÍS		POR QUÉ RECOMIENDA ECOPAÍS		POR QUÉ UTILIZA SUPER		POR QUÉ RECOMIENDA SUPER	
ECOPAÍS	1	SUPER	IGUAL	NO	SUPER	COSTO	73	COSTO	24	COSTO	73	COSTO	24
ECOPAÍS	2	SUPER	BUENO	NO	ECOPAÍS	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10	AMBIENTE	5	AMBIENTE	10
ECOPAÍS	3	IGUAL	BUENO	NO SABE	ECOPAÍS	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35	RENDIMIENTO	13	RENDIMIENTO	35
ECOPAÍS	4	SUPER	MALO	SI	SUPER	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37	CUIDADO MOTOR	14	CUIDADO MOTOR	37
ECOPAÍS	5	SUPER	IGUAL	SI	SUPER	OTROS	2	OTROS	1	OTROS	2	OTROS	1
ECOPAÍS	6	SUPER	IGUAL	NO	SUPER								

ANEXO 5



Anexo 5. Plantilla procesamiento estadístico consumo de combustible

ANEXO 6

Costo		Costo	
Combustible	Ecopais	Combustible	Súper
Precio por galón	1,48 USD	Precio por gal	2,98 USD
Precio por litro	0,39 USD	Precio por litro	0,79 USD
Octanaje	85 RON	Octanaje	92 RON
Valor monetario consumido con su	0,07 USD	Valor monetar	0,13 USD
Subsidio/galón	0,992 USD	Subsidio/galón	0,61 USD
Subsidio/litro	0,262 USD	Subsidio/litro	0,13 USD
Valor monetario consumido sin sub	0,12 USD	Valor monetar	0,15 USD

Costo		Costo	
Combustible	Súper	Combustible	Súper
Precio por galón	2,3 USD	Precio por gal	2,98 USD
Precio por litro	0,61 USD	Precio por litro	0,79 USD
Octanaje	90 RON	Octanaje	92 RON
Valor monetario consumido con su	0,10 USD	Valor monetar	0,13 USD
Subsidio/galón	0,72 USD	Subsidio/galón	0,61 USD
Subsidio/litro	0,19 USD	Subsidio/litro	0,13 USD
Valor monetario consumido sin sub	0,14 USD	Valor monetar	0,15 USD

Costo con subsidio precio hasta agosto 2018		Costo	
Combustible	Costo (US\$) Variación (%)	Combustible	Súper
Ecopais	0,07	Precio por gal	2,98 USD
Súper	0,10 28,08	Precio por litro	0,79 USD

Costo sin subsidio precio hasta agosto 2018		Costo	
Combustible	Costo (US\$) Variación (%)	Combustible	Súper
Ecopais	0,12	Precio por gal	2,98 USD
Súper	0,14 8,52	Precio por litro	0,79 USD

Costo con subsidio precio septiembre 2018		Costo	
Combustible	Costo (US\$) Variación (%)	Combustible	Súper
Ecopais	0,07	Precio por gal	2,98 USD
Súper	0,13 41,02	Precio por litro	0,79 USD

Costo sin subsidio precio septiembre 2018		Costo	
Combustible	Costo (USD) Variación (%)	Combustible	Súper
Ecopais	0,12 15,89	Precio por gal	2,98 USD
Súper	0,15	Precio por litro	0,79 USD

Anexo 6. Plantilla de análisis costos

ANEXO 7

Encuesta Percepción del Consumidor

Esta encuesta tiene como propósito conocer la percepción de los consumidores de la ciudad de Quito en torno a las dos gasolinas que se comercializan actualmente en el país: ecopaís y súper. Las preguntas se basan en su percepción como conductor y las respuestas deben enfocarse sobre su experiencia con determinado combustible. De antemano, gracias por su participación.

*Obligatorio

Tipo de vehículo *

- ☐ Automóvil
- ☐ Todoterreno
- ☐ Camioneta
- ☐ Taxi

¿Qué tipo de combustible utiliza? *

- ☐ Ecopaís
- ☐ Súper

¿Por qué utiliza dicho combustible? *

- ☐ Costo
- ☐ Ambiente
- ☐ Rendimiento
- ☐ Cuidado motor
- ☐ Otros

¿Qué combustible cree que rinde más? *

- ☐ Ecopaís
- ☐ Súper
- ☐ Igual

El reemplazo de combustible extra por ecopaís fue: *

- ☐ Bueno
- ☐ Igual
- ☐ Malo

¿Cree usted que el uso combustible ecopaís causa algún daño en el motor del vehículo? *

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ No sabe

¿Qué combustible recomendaría a la ciudadanía para el uso en sus vehículos? *

- ☐ Ecopaís
- ☐ Súper

En relación con la pregunta anterior, ¿por qué hace dicha recomendación? *

- ☐ Costo
- ☐ Ambiente
- ☐ Rendimiento
- ☐ Cuidado motor
- ☐ Otros

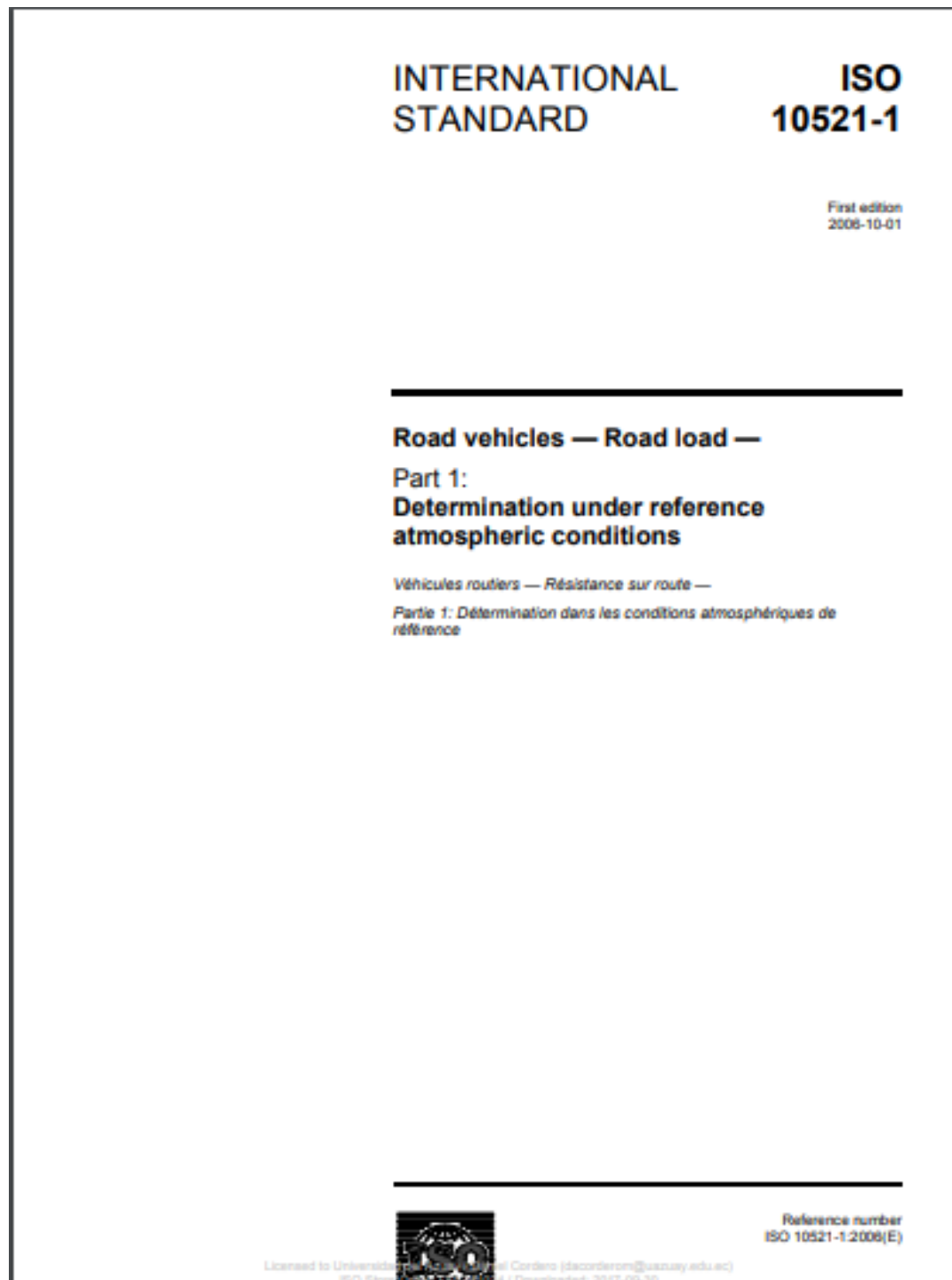
ENVIAR

ANEXO 8

INDEX	CRUTC	DATEUTC	TIMELOCAL	DATELOCAL	TIME	MSVALID	LATITUDEN/SLONGITUDEE	WHEIGHTSPEED	HEADING	Distance
1	TD30/05/2018	18:33:3730/05/2018	13:33:370D	GPS-3.046272S-79.042593W	265975.925321.5537520.00					
2	TD30/05/2018	18:33:3830/05/2018	13:33:380D	GPS-3.046122S-79.042713W	265975.241322.32600521.41					
3	TD30/05/2018	18:33:3930/05/2018	13:33:390D	GPS-3.045972S-79.042829W	265974.532323.84661320.98					
4	TD30/05/2018	18:33:4030/05/2018	13:33:400D	GPS-3.045822S-79.042938W	265973.567323.05785220.68					
5	TD30/05/2018	18:33:4130/05/2018	13:33:410D	GPS-3.045674S-79.043050W	265973.239322.50052320.57					
6	TD30/05/2018	18:33:4230/05/2018	13:33:420D	GPS-3.045531S-79.043160W	265872.322322.22511320.15					
7	TD30/05/2018	18:33:4330/05/2018	13:33:430D	GPS-3.045388S-79.043271W	265871.129322.41975320.02					
8	TD30/05/2018	18:33:4430/05/2018	13:33:440D	GPS-3.045248S-79.043379W	265870.784322.44982419.74					
9	TD30/05/2018	18:33:4530/05/2018	13:33:450D	GPS-3.045109S-79.043486W	265869.860322.38955719.41					
10	TD30/05/2018	18:33:4630/05/2018	13:33:460D	GPS-3.044976S-79.043588W	265865.421321.48993318.67					
11	TD30/05/2018	18:33:4730/05/2018	13:33:470D	GPS-3.044856S-79.043684W	265858.629320.96684117.14					
12	TD30/05/2018	18:33:4830/05/2018	13:33:480D	GPS-3.044749S-79.043771W	265852.277325.35241315.26					
13	TD30/05/2018	18:33:4930/05/2018	13:33:490D	GPS-3.044645S-79.043843W	265848.788323.77519113.99					
14	B30/05/2018	18:33:5030/05/2018	13:33:500D	GPS-3.044550S-79.043913W	265847.239324.60712713.14					
15	TD30/05/2018	18:33:5130/05/2018	13:33:510D	GPS-3.044459S-79.043977W	265843.846332.78012612.37					
16	TD30/05/2018	18:33:5230/05/2018	13:33:520D	GPS-3.044368S-79.044024W	265639.868328.61682811.39					
17	TD30/05/2018	18:33:5330/05/2018	13:33:530D	GPS-3.044293S-79.044070W	265633.928329.7516279.79					
18	TD30/05/2018	18:33:5430/05/2018	13:33:540D	GPS-3.044226S-79.044109W	265630.645328.6243468.58					
19	TD30/05/2018	18:33:5530/05/2018	13:33:550D	GPS-3.044167S-79.044145W	265527.218327.5493517.80					
20	TD30/05/2018	18:33:5630/05/2018	13:33:560D	GPS-3.044112S-79.044180W	265526.239330.3920317.23					
21	TD30/05/2018	18:33:5730/05/2018	13:33:570D	GPS-3.044059S-79.044211W	265425.218332.4604156.78					
22	TD30/05/2018	18:33:5830/05/2018	13:33:580D	GPS-3.044006S-79.044238W	265423.224329.4952806.63					

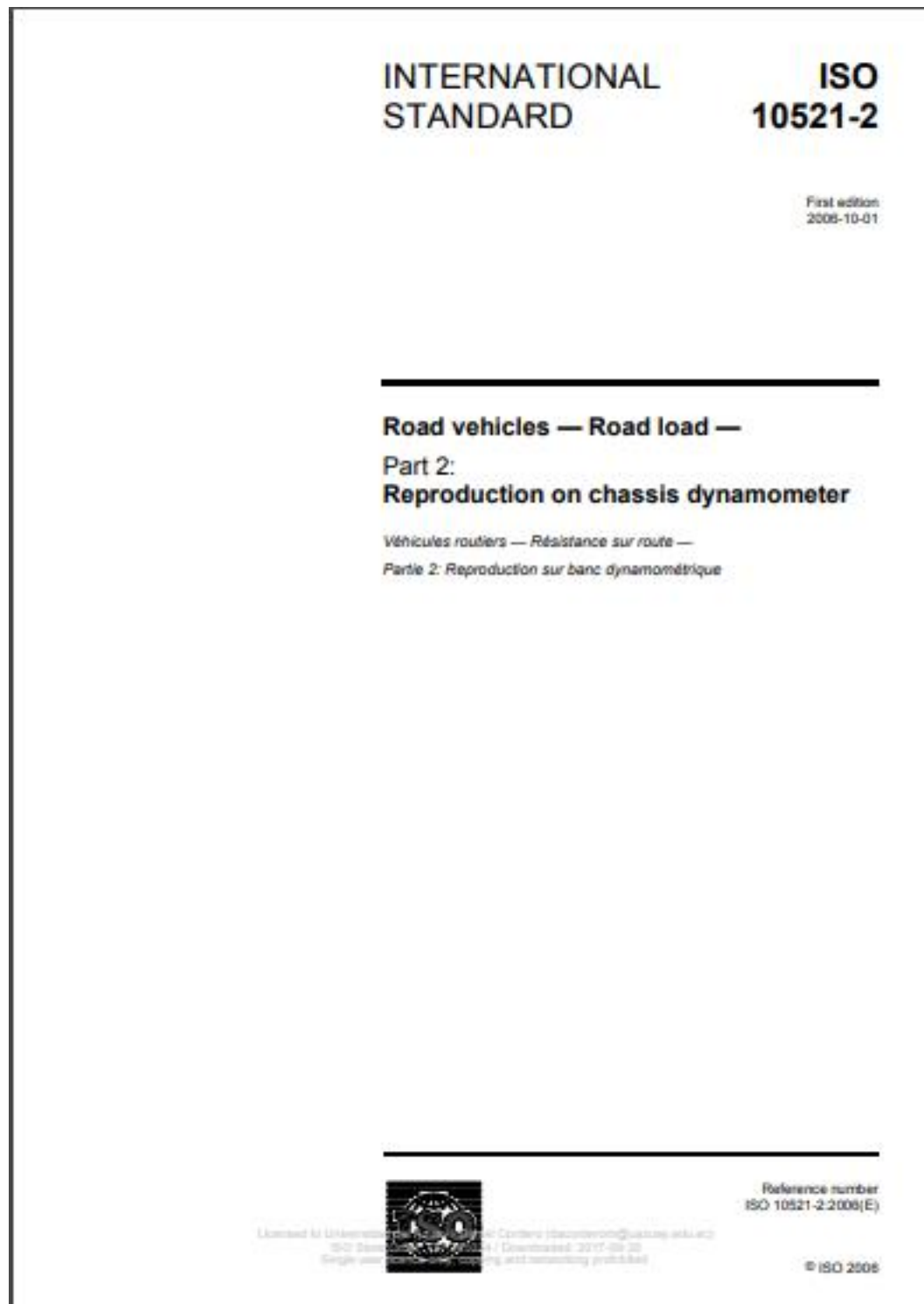
Anexo 8. Formato de datos grabados por GPS

ANEXO 9



Anexo 9. Portada norma ISO 10521-Parte 1

ANEXO 10



Anexo 10. Portada Norma ISO 10521-Parte 2

ANEXO 11 (Registro fotoFigura)



Anexo11a. Disposición de vehículo en dinamómetro



Anexo11b. Pantalla de mando y control de flujómetro



Anexo11c. Pesaje del combustible



Anexo11d. Flujómetro



Anexo11e. Dinamómetro



Anexo11f. Interfaz software AutoDyn



Anexo11g. Preparación de equipo para prueba



Anexo11h. Conexiones hacia el flujómetro