



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA
AUTOMOTRIZ**

**Análisis de las condiciones de operación de los taxis de la
ciudad de Cuenca para la implementación del sistema
Start-Stop.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autor:

ANDRÉS GUSTAVO CEDILLO MALDONADO.

Director:

DANIEL GUILLERMO CORDERO MORENO.

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA

A Dios, que es su voluntad el haber concluido esta etapa de mi vida.

A las personas más importantes en mi vida, mis padres **Gustavo** y **Rocio**, por su apoyo y comprensión, que han sido el pilar fundamental en el cumplimiento de mis metas, por su esfuerzo y su ayuda incondicional que sin ellos no habría alcanzado este objetivo.

Mis hermanos **Arturo** y **Pamela**, por tolerarme en los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por esta gran experiencia, a mi universidad por convertirme en un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de mi formación y de manera especial a mi director de tesis Ing. Daniel Cordero.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
 INTRODUCCIÓN	 1
 CAPITULO I: GENERALIDADES	 2
 1.1. Tecnologías utilizadas en vehículos para disminuir el consumo de combustible y emisiones contaminantes.....	 4
1.2. Sistema <i>Start-Stop</i>	10
1.3. Trabajos desarrollados para evaluar el Sistema <i>Start-Stop</i>	15
1.4. Problemática:	19
1.5. Objetivo general:.....	19
1.6. Objetivos específicos:	19
1.7. Pregunta de investigación:	20
1.8. Hipótesis:	20
1.9. Justificación:	20
1.10. Alcance:.....	20

CAPITULO II: DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES DE LAS PRUEBAS 21

2.1.	Introducción.....	21
2.2.	Elaboración de la base de datos de taxis que circulan en la ciudad de Cuenca.	21
2.3.	Taxis de la Ciudad de Cuenca.....	22
2.4.	Definición del vehículo más utilizado como taxi.	30
2.5.	Ciclo de conducción para los taxis de la ciudad de Cuenca.	33

CAPITULO III: PRUEBAS Y RECOLECCION DE DATOS..... 36

3.1.	Introducción.....	36
3.2.	Determinación de los coeficientes de carga A, B y C.	36
3.3.	Medición de consumo de combustible en dinamómetro de chasis.....	41
3.4.	Equipos.	42
3.5.	Realización de pruebas y recolección de datos.....	43
3.6.	Selección del ciclo de conducción de la ciudad de Cuenca para las pruebas en el dinamómetro de chasis.	50
3.7.	Procedimiento y obtención de datos de consumo de combustible.....	50
3.8.	Comparación entre tipos de conducción.....	57
3.9.	Análisis estadístico.	59

CONCLUSIONES..... 61

RECOMENDACIONES..... 62

BIBLIOGRAFÍA..... 63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Consumo global por fuente de energía.	2
Figura 1.2: Emisiones de NOx.	3
Figura 1.3: Principales consumidores de combustible en Ecuador.	4
Figura 1.4: Compresión Variable.	5
Figura 1.5: Desconexión selectiva de cilindros de Audi.	5
Figura 1.6: Relación de Transmisión.	6
Figura 1.7: Sistema VVT.	7
Figura 1.8: Inyección Directa.	7
Figura 1.9: Downsizing.	8
Figura 1.10: Neumáticos con baja resistencia de rodadura.	9
Figura 1.11: Indicador de cambio de marca de Mitsubishi.	9
Figura 1.12: Start-Stop, cero emisiones, ruido y consumo	10
Figura 1.13: Funcionamiento sistema Start-Stop.	11
Figura 1.14: Sistema Stars de Valeo.	12
Figura 1.15: Sistema Start-Stop Bosch.	13
Figura 1.16: Consumo promedio Land Rover Freelander.	16
Figura 1.17: Nuevo ciclo de conducción europeo.	19
Figura 2.1: Marcas más utilizadas como taxis.	23
Figura 2.2: Años de fabricación con mayor concentración de unidades.	24
Figura 2.3: Distribución por cilindrada de taxis en la Ciudad de Cuenca.	25
Figura 2.4: Cantidad de vehículos del modelo más utilizado como taxi.	28
Figura 2.5: Porcentaje del modelo más utilizado como taxi.	28
Figura 2.6: Cilindraje preferido en los Hyundai Accent.	29
Figura 2.7: Años de fabricación con mayor concentración de Accent 1400cc.	30
Figura 2.8: Porcentaje del año con mayor cantidad de Accent.	30
Figura 2.9: Años de fabricación con mayor concentración de Accent 1500cc.	31
Figura 2.10: Porcentaje del año con mayor cantidad de Accent.	31
Figura 2.11: Años de fabricación con mayor concentración de Accent 1600cc.	32
Figura 2.12: Porcentaje del año con mayor cantidad de Accent.	32
Figura 2.13: Hyundai Accent 2005 con 156 unidades.	33
Figura 2.14: Ciclo Conducción Cuenca – carreras cortas.	34
Figura 2.15: Ciclo Conducción Cuenca – carreras medianas.	35

Figura 2.16: Ciclo Conducción Cuenca – carreras largas.	35
Figura 3.1: Prueba coastdown pista.	37
Figura 3.2: Prueba coastdown laboratorio.	38
Figura 3.3: Cargas dinámicas en un vehículo.	39
Figura 3.4 Conexión del flujómetro a la línea de alimentación.	41
Figura 3.5: Ruta seleccionada para pruebas coastdown.....	44
Figura 3.6: Hyundai Accent 2005 preconditionado para la prueba de coastdown. .	44
Figura 3.7: Esquema Velocidad – Tiempo coastdown pista.	45
Figura 3.8: Hyundai Accent 2005 preconditionado para las pruebas coastdown. ...	46
Figura 3.9: Esquema Velocidad-Tiempo Prueba coastdown laboratorio.....	47
Figura 3.10: Obtención del área frontal Hyundai Accent 2005.	48
Figura 3.11: Esquema Fuerza-Velocidad de las pruebas coastdown.	48
Figura 3.12: Cuadro de diálogo para la selección de variables.....	49
Figura 3.13: Esquema F-V y generación de coeficientes de carga.	49
Figura 3.14: Ciclo de conducción de carreras medianas seleccionado.	50
Figura 3.15: Ubicación del vehículo en el banco dinamométrico.....	51
Figura 3.16: Sujeción del vehículo.....	52
Figura 3.17: Calibración Dinamómetro - Vehículo.	52
Figura 3.18: Conexión Flujómetro.	53
Figura 3.19: Flujómetro.	53
Figura 3.20: Software de generación de datos.	53
Figura 3.21: Válvula Reguladora de Presión.	54
Figura 3.22: Ciclo de Conducción Original - Corregido.....	54
Figura 3.23: Resultado consumo de combustible manejo normal.	55
Figura 3.24: Valores de medición de consumo de combustible.....	56
Figura 3.25: Resultado consumo de combustible simulando el sistema Start-Stop...	56
Figura 3.26: Valores de medición de consumo de combustible.....	57
Figura 3.27: Comparación entre tipos de conducción.....	58
Figura 3.28: Promedio consumo medio de combustible conducción normal – <i>Start-Stop</i>	58
Figura 3.29: Autonomía conducción normal – <i>Start-Stop</i>	59
Figura 3.30: Intervalo de confianza de 95%.	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Reservas de Petróleo Mundiales	3
Tabla 1.2: Vehículos que utilizan sistemas Start-Stop en serie.	14
Tabla 1.3: Características técnicas comunes de los vehículos ensayados.....	15
Tabla 1.4: Características particulares de los vehículos ensayados.	15
Tabla 1.5: Consumo promedio Land Rover Freelander.....	16
Tabla 1.6: Ahorro total de combustible.....	16
Tabla 1.7: Vehículos de prueba.....	17
Tabla 1.8: Precio de combustible (Euros).....	17
Tabla 1.9: Litros consumidos durante la prueba.	18
Tabla 1.10: Plan de ahorro al utilizar el sistema <i>Start-Stop</i>	18
Tabla 2.1 Distribución de taxis según fabricante que circulan en Cuenca.....	22
Tabla 2.2: Años de fabricación de los taxis existentes en la ciudad de Cuenca.	24
Tabla 2.3: Distribución de taxis por cilindraje.....	25
Tabla 2.4: Distribución de taxis por modelos.	26
Tabla 2.5: Clasificación del Hyundai Accent por cilindraje.	29
Tabla 3.1: Valores utilizados para cálculos de fuerzas.	47
Tabla 3.2: Porcentaje de reducción del consumo medio de combustible.	60

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LOS TAXIS DE LA CIUDAD DE CUENCA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA START-STOP

RESUMEN

En el presente estudio se evalúa la posibilidad de utilizar un sistema *Start-Stop* en los taxis de la ciudad de Cuenca. Para ello se realizaron pruebas de consumo de combustible en un dinamómetro de chasis. El vehículo utilizado se seleccionó de la base de datos de los taxis (3945 unidades) que conforman la “Unión de Taxistas del Azuay” (UTA). Se trabajó con un ciclo típico de conducción para taxis en la ciudad de Cuenca. Las pruebas se realizaron en dos escenarios: a) sin sistema *Start-Stop* y b) simulando el sistema *Start-Stop* (apagar el vehículo cada vez que la velocidad es cero). Los resultados obtenidos reflejan un ahorro de combustible del 13,41% al utilizar el sistema (*Start-Stop*).

Palabras Clave: *Start-Stop*, dinamómetro de chasis, taxi, ciclo de conducción, consumo de combustible



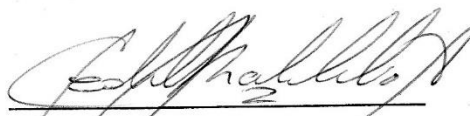
Daniel Guillermo Cordero Moreno.

Director del Trabajo de Titulación



Diego Francisco Torres Moscoso.

Director de la Escuela



Andrés Gustavo Cedillo Maldonado.

Autor

**ANALYSIS OF THE CONDITIONS REQUIRED FOR THE OPERATION OF
TAXIS IN CUENCA REGARDING THE IMPLEMENTATION OF THE
START-STOP SYSTEM**

ABSTRACT

This study evaluates the feasibility of using a Start-Stop system in the taxis of the city of Cuenca. For this, fuel consumption tests were performed on a chassis dynamometer. The vehicle used for the study was selected from the Union of Taxi Drivers of Azuay (UTA, as per its Spanish acronym) database (3945 units). The work was carried out considering a typical driving cycle for taxis in the city of Cuenca. The tests were performed in two scenarios: a) without Start-Stop system and b) simulating the Start-Stop system (turn off the vehicle whenever the speed is zero). The results obtained reflect a fuel saving of 13.41% when using the Start-Stop system.

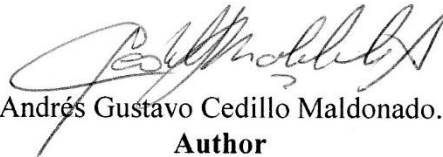
Keywords: Start-Stop, Chassis Dynamometer, Taxi, Driving Cycle, Fuel Consumption



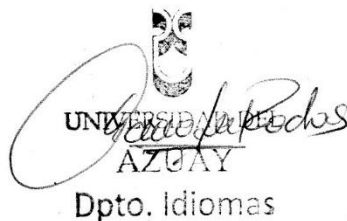
Daniel Guillermo Cordero Moreno.
Thesis Director



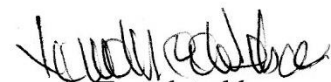
Diego Francisco Torres Moscoso.
School Director



Andrés Gustavo Cedillo Maldonado.
Author



UNIVERSIDAD DE
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Andrés Gustavo Cedillo Maldonado

Trabajo de Titulación

Ing. Daniel Guillermo Cordero Moreno. PhD

Enero, 2017

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LOS TAXIS DE LA CIUDAD DE CUENCA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA START-STOP

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a nivel mundial la principal fuente de energía es el petróleo, el cual tiene varios problemas que afectan su consumo, estos son: la escasez, los costos y la contaminación. Hoy en día existen varias tecnologías en el área automotriz, enfocadas en disminuir el impacto de este hidrocarburo de las cuales se destaca el sistema *Star-Stop*, este sistema apaga y enciende el vehículo automáticamente en situaciones tan frecuentes como paradas en semáforos o embotellamientos, evitando así la contaminación cuando el automotor se encuentra en ralentí y generando un ahorro de combustible. Este estudio evalúa la posibilidad de utilizar un sistema *Start-Stop* en los taxis de la ciudad de Cuenca, para ello se realizaron pruebas en un dinamómetro de chasis, trabajando con el ciclo de conducción típico para los taxis de la ciudad, definido por el Ing. Danilo Dávalos en su tesis de maestría en Sistemas Vehiculares, las pruebas se realizaron en dos escenarios: a) sin sistema *Start-Stop* y b) simulando el sistema *Start-Stop* (apagar el vehículo cada vez que la velocidad es cero). Para definir el vehículo con el que se trabajó, se realizó una base de datos detallada de las 3945 unidades que conforman la “Unión de Taxistas del Azuay”, de la cual se determinó que el Hyundai Accent 2005 es el auto más utilizado como taxi con el 3.95% del total de las unidades.

CAPITULO I

GENERALIDADES

Según un estudio de *British Petroleum* en 2014, afirma que el 55% del petróleo es destinado al transporte, teniendo en cuenta, que la demanda de este hidrocarburo representa el 34% del consumo global por fuente de energía, como indica la Figura 1.1 (Paladini, 2012).

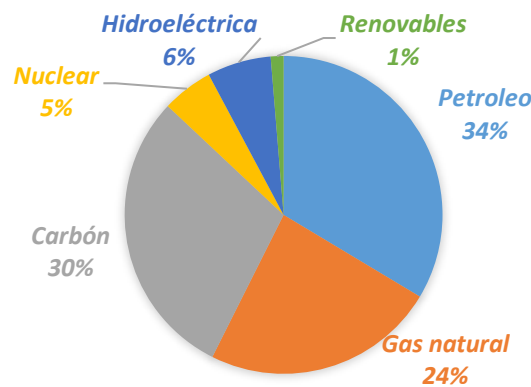


Figura 1.1: Consumo global por fuente de energía.

Fuente: (Paladini, 2012)

Según el Instituto Argentino del Petróleo y Gas en el 2001, denominan al petróleo como un líquido insoluble en agua y de menor densidad que ella. Dicha densidad está comprendida entre 0.75 y 0.95 g/ml. Sus colores varían del amarillo pardusco hasta el negro; puede estar en estado líquido o gaseoso, el primer caso es un aceite al que también se le dice crudo y el segundo se le conoce como gas natural.

Existen varios problemas que actualmente afectan al consumo del petróleo en los cuales se destacan:

- Escasez: las reservas de petróleo probadas del planeta suman 1,68 billones de barriles (Tabla 1.1), lo que abastecería durante 53 años la demanda del mismo (British Petroleum, 2014).

Tabla 1.1: Reservas de Petróleo Mundiales

Las reservas probadas de petróleo abastecerán 53 años.	
	Numero de barriles.
Reserva Mundial.	1,68 billones.
Reserva Latinoamérica.	350.000 millones.
Reserva Ecuador.	1.400 millones.

Fuente: (British Petroleum, 2014)

- Emisiones: en el caso de la Ciudad de Cuenca – Ecuador, el 53% de los contaminantes gaseosos y particulados son emitidos por el tráfico vehicular, de los cuales el 77% de los NOx es producido por esta fuente como indica la Figura 1.2 (Narvaez, 2011).

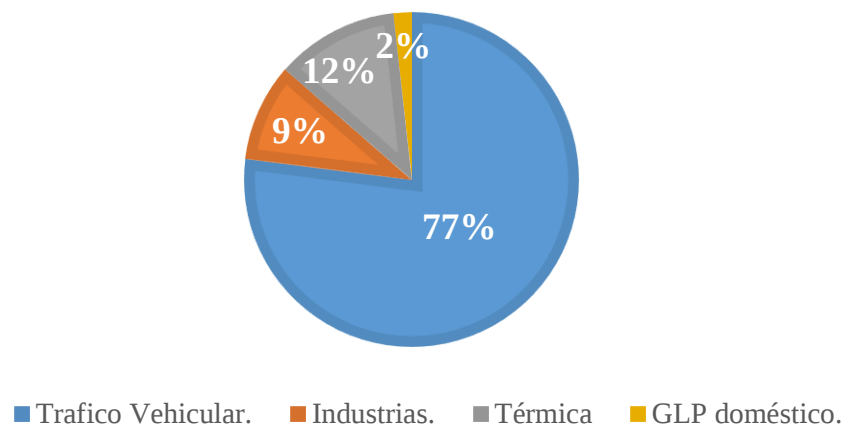


Figura 1.2: Emisiones de NOx.

Fuente: (Narvaez, 2011)

- Costos: los principales consumidores de combustible Súper y Extra en el Ecuador son los vehículos livianos (autos y suv's), como indica la Figura 1.3, los mismos que representan el 43% del consumo total del carburante despachado a nivel nacional, de donde el 3% es consumido por vehículos de alquiler (taxis), es decir alrededor de 23000 vehículos dedicados al transporte, mismos que, según la agencia metropolitana de tránsito de Quito recorren alrededor de 200 kilómetros diarios (EPPetroecuador, 2013).

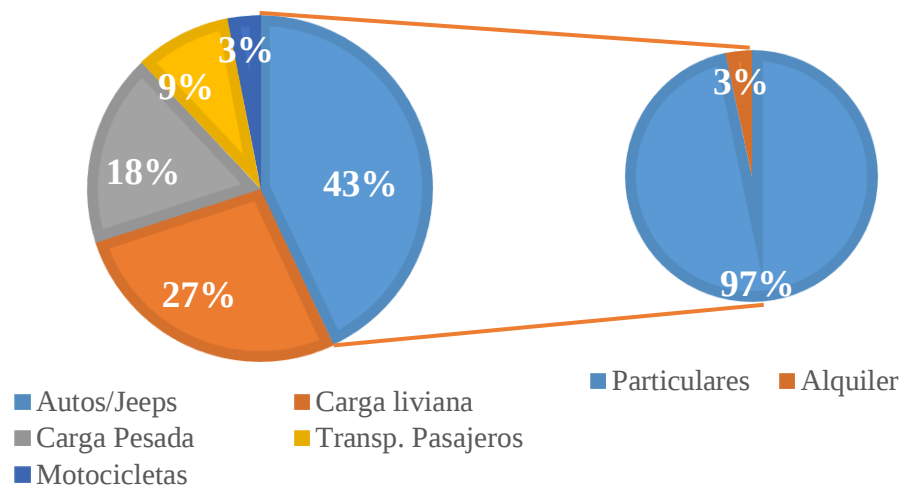


Figura 1.3: Principales consumidores de combustible en Ecuador.

Fuente: (EPPetroecuador, 2013)

1.1. Tecnologías utilizadas en vehículos para disminuir el consumo de combustible y emisiones contaminantes.

A lo largo de la historia el vehículo y sus sistemas han ido evolucionando, siendo cada vez más eficientes y siempre tomando en cuenta la conservación del medio ambiente, se han enfocado en diferentes aspectos del vehículo para conseguir este fin, algunos de estos sistemas son:

- **Compresión Variable:** La relación de compresión determina la eficiencia del motor, de manera que a mayor relación de compresión menos energía necesitará un vehículo para funcionar. Si este factor tiene cierta flexibilidad, el vehículo podrá utilizar el valor más alto cuando necesite más combustible y un valor más bajo cuando no tenga tanta necesidad de potencia, por el momento es un apuesta teórica debido a que el desarrollo de esta tecnología significa altos costos, Porsche ha patentado un sistema el cual rediseña la biela tradicional que une el pistón y el cigüeñal (Figura 1.4). La pieza queda configurada para permitir modificar la alzada del pistón en el interior del cilindro, aminorando también el retraso del turbo (Bejerano, 2013).

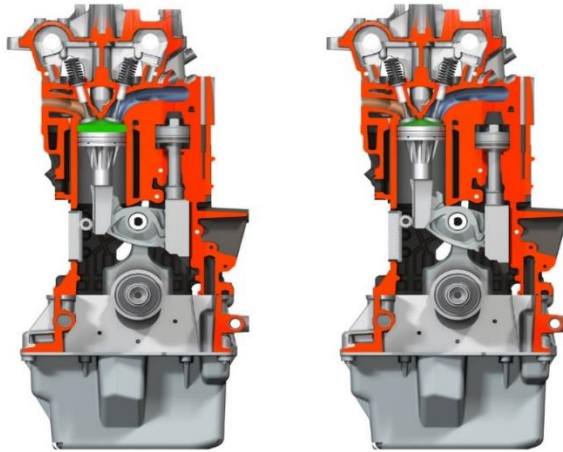


Figura 1.4: Compresión Variable.

Fuente: (Vega, 2015)

- Desconexión selectiva de cilindros: La tecnología Audi *Cylinder on Demand* (COD) desactiva la mitad de los cilindros (Figura 1.5) a cargas bajas y de inmediato activa todos cuando se necesita mayor potencia, en el instante que el conductor acelera con fuerza. En el Audi A3 consume un promedio de sólo 4,7 litros de combustible cada 100 kilómetros; aquí, la desactivación de cilindros ahorra aproximadamente 0,4 litros por cada 100 kilómetros según el nuevo ciclo de conducción europeo (NCCE). Con un estilo de conducción moderado, se puede llegar a reducir el consumo hasta en un 20% (Roncero, 2013).

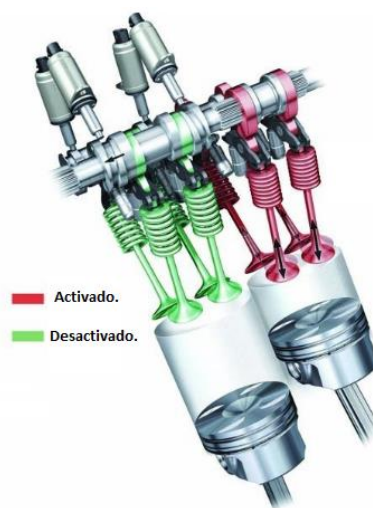


Figura 1.5: Desconexión selectiva de cilindros de Audi.

Fuente: (Audi, 2013)

- Transmisión continuamente variable (CVT): La transmisión continuamente variable es controlada electrónicamente, su funcionamiento se basa en transmitir el movimiento entre dos poleas a través de una correa articulada. Una de estas poleas transmite la fuerza del motor (impulsora), mientras la otra traspasa a las ruedas (impulsada), como se muestra en la Figura 1.6. Estas poleas tienen la particularidad de variar la relación de cambio a medida que cambia su diámetro, permitiendo de esta manera movernos en la curva de potencia máxima (Jimenez, 2007)

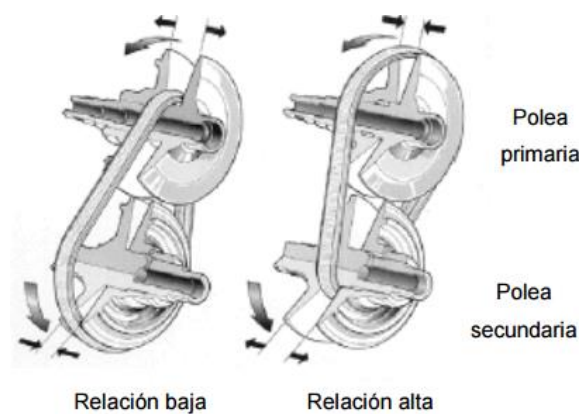


Figura 1.6: Relación de Transmisión.

Fuente: (Jimenez, 2007)

- Apertura de válvulas variable: Esta tecnología se la conoce como VVT-i (*Variable Valve Timing & Lift – Intelligent de Toyota*), VVT (*Variable valve timing*) o *Camtronic Valve Timing* de Mercedes Benz, este sistema varía el tiempo de apertura de las válvulas de admisión o escape, en función del número de revoluciones al que gira el motor. Al modificarse este tiempo de apertura (Figura 1.7), varía el comportamiento del motor siendo optima la combustión, aprovechando al máximo el combustible, disminuyendo las emisiones contaminantes y ganando el máximo par motor (Carley, 2014).

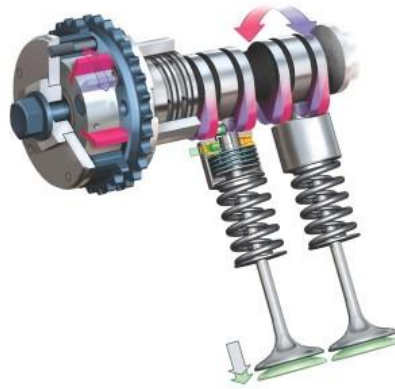


Figura 1.7: Sistema VVT.

Fuente: (Carley, 2014)

- Inyección Directa: Este sistema se lo utiliza independientemente de si se trata de un motor de gasolina o diésel, esta tecnología inyecta directamente el combustible dentro de la cámara de combustión (Figura 1.8), formada por el pistón y el cabezote, a diferencia de llegar el combustible al múltiple para que se distribuya, esto permite un rango mayor de compresión, aprovechando mejor el combustible, y logra un mejor desempeño del motor (Marimán, 2013).



Figura 1.8: Inyección Directa.

Fuente: (Agudo, 2013).

- *Downsizing*: La tendencia *downsizing* o reducción, se basa en la utilización de turbocargadores y supecargadores que son compresores que impulsan aire comprimido a los cilindros. El compresor del supercargador es impulsado por una banda que mueve al motor y el compresor del turbocargador es impulsado por los gases de escape, lo cual mejora la eficiencia del motor, permitiendo que los fabricantes ofrezcan motores más pequeños (Figura 1.9) dotados con un turbo que alcanzan una mayor potencia (Marimán, 2013).

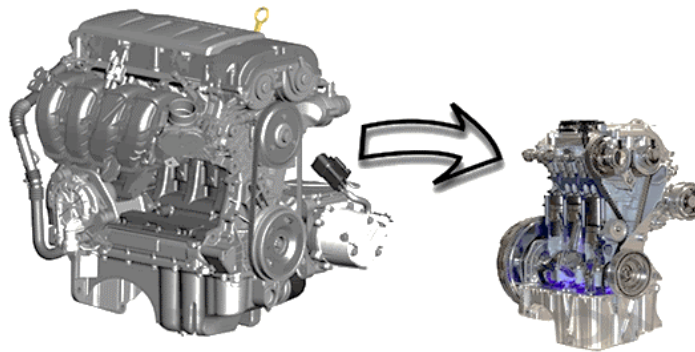


Figura 1.9: Downsizing.

Fuente: (Marimán, 2013)

- **Neumáticos con baja resistencia a la rodadura:** Lo importante es mantener la temperatura controlada, la aparición del calor se denomina histéresis, que no es más que el consumo de energía en forma de calor. En cada giro, la rueda se aplasta contra el asfalto, deformándose y calentándose. Este fenómeno es el responsable del 90% de la resistencia de rodadura de los neumáticos por lo que si se consigue disminuir esta resistencia, el vehículo gastara menos energía para moverse y consumirá menos. Los fabricantes de neumáticos (Figura 1.10) lo consiguen gracias a estructuras y procesos de fabricaciones diferentes a los neumáticos convencionales, además del uso masivo del sílice en el compuesto de la goma. Todo ello para conseguir que el neumático mantenga la temperatura en la banda de rodadura y no la transmita al resto de la carcasa, los neumáticos comunes consumen alrededor del 20% de combustible notando así una diferencia inmediata (Toyota, 2012).

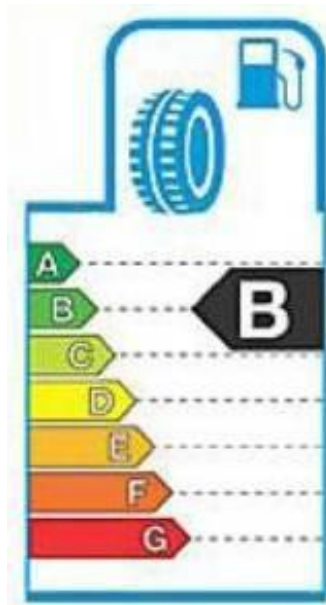


Figura 1.10: Neumáticos con baja resistencia de rodadura.

Fuente: (Toyota, 2012)

- Indicador de cambio de marcha: El indicador de cambio de marcha, sugiere cuándo cambiar (Figura 1.11), para mantener el mínimo consumo de combustible posible (Mitsubishi, 2016).



Figura 1.11: Indicador de cambio de marca de Mitsubishi.

Fuente: (Mitsubishi, 2016)

1.2. Sistema *Start-Stop*.

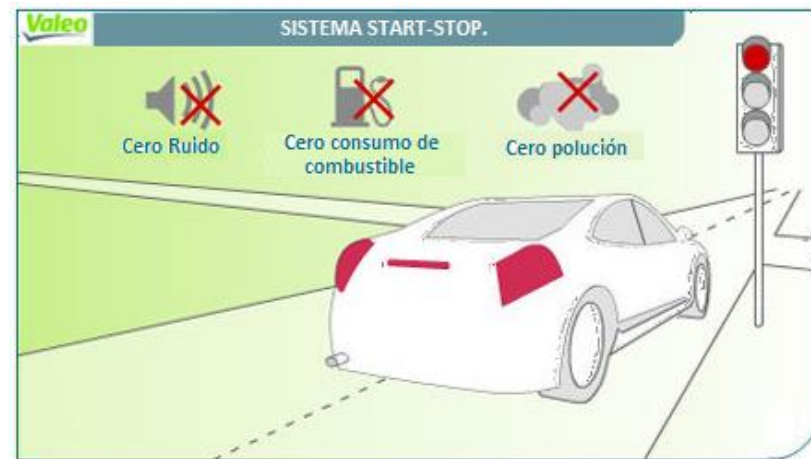


Figura 1.12: *Start-Stop*, cero emisiones, ruido y consumo

Fuente: (Valeo, 2005).

Start-Stop en la actualidad tiende a ser un sistema en serie para vehículos europeos y americanos de distintas marcas; interrumpe el funcionamiento del motor térmico al detectar una parada y lo vuelve a poner en funcionamiento automáticamente cuando detecta que se quiere continuar la marcha como indica la Figura 1.13. El Sistema *Start-Stop* tiene como ventajas la disminución de emisiones contaminantes, cero ruidos y ahorro de combustible (Figura 1.12), este ahorro lo genera al parar el motor en situaciones tan frecuentes, por ejemplo, detenerse en un semáforo o el habitual tráfico en horas pico. Este funcionamiento no afecta a las costumbres de conducción y por consiguiente es más fácil su aceptación por parte de los conductores, por lo que se produce una disminución en el gasto de combustible sin necesidad de variar la forma de conducir (Zapateria, 2010).

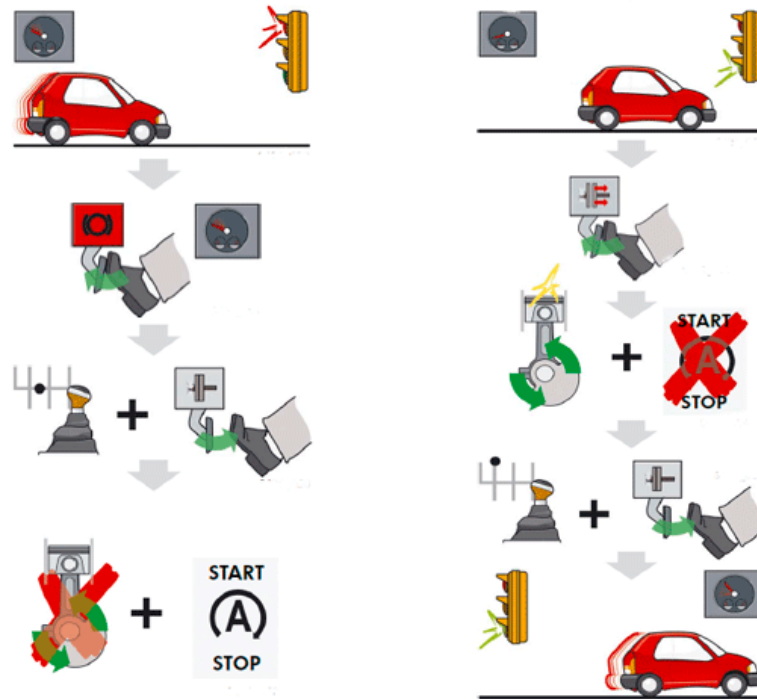


Figura 1.13: Funcionamiento sistema *Start-Stop*.

Fuente: (Infante, 2013).

Actualmente, en el mercado se pueden encontrar dos fabricantes de estos sistemas:

1. Valeo: Se lo conoce como "*Stars*". Este basa su funcionamiento en un único motor eléctrico, el cual cumple dos funciones, como alternador, generando corriente para cargar la batería y como motor de arranque; cumpliendo estas funciones específicas, debido a la transmisión de movimiento al cigüeñal al momento de arrancar a través de una correa. Además este motor transmite movimiento a otros elementos como la bomba de agua, compresor de aire acondicionado y la bomba de dirección; una de las ventajas de este sistema es ser muy silencioso, ya que a diferencia de un sistema convencional este no tiene que engranar piñones.

No obstante la duración de la batería, está calculada para un elevado número de cargas y descargas, debido al constante arranque y parada del motor térmico. Este sistema requiere un nivel óptimo de energía en la batería, por lo cual cuenta con un sensor que determina el estado de carga de la batería, si esta no tiene carga suficiente el sistema automáticamente dejara de funcionar, en la

Figura 1.14 se describen los elementos que conforman el sistema. (Zapateria, 2010).

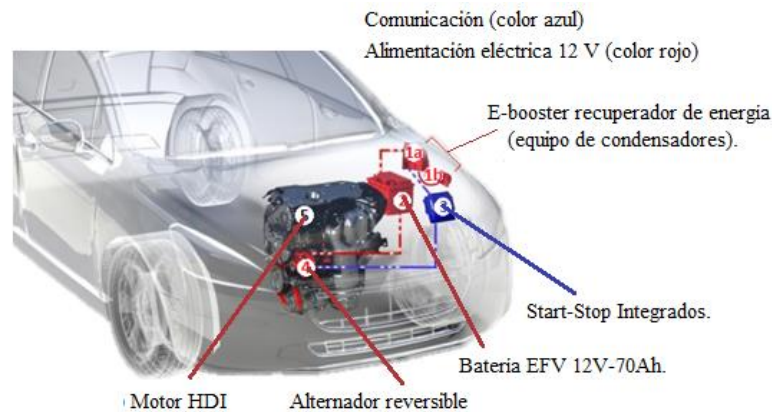


Figura 1.14: Sistema Stars de Valeo.

Fuente: (Garrido, 2010)

2. Bosch: Es diseñado para eliminar el consumo de combustible en las paradas del vehículo, conocido como *Start-Stop*. Este sistema utiliza el sistema de arranque convencional, pero con un motor de arranque especial para poder soportar los continuos esfuerzos realizados.

Al igual que el sistema de Valeo, posee una batería capaz de soportar un número elevado de cargas y descargas; y sensores para informar a la unidad electrónica del estado de la misma. Por otro lado, cuando la unidad electrónica de control interpreta, por medio de los sensores, que el próximo arranque no se puede efectuar con éxito, desconectará el sistema, para disponer en todo momento de la máxima carga de la batería, en la Figura 1.15 se muestran las partes que lo conforman (Zapateria, 2010).

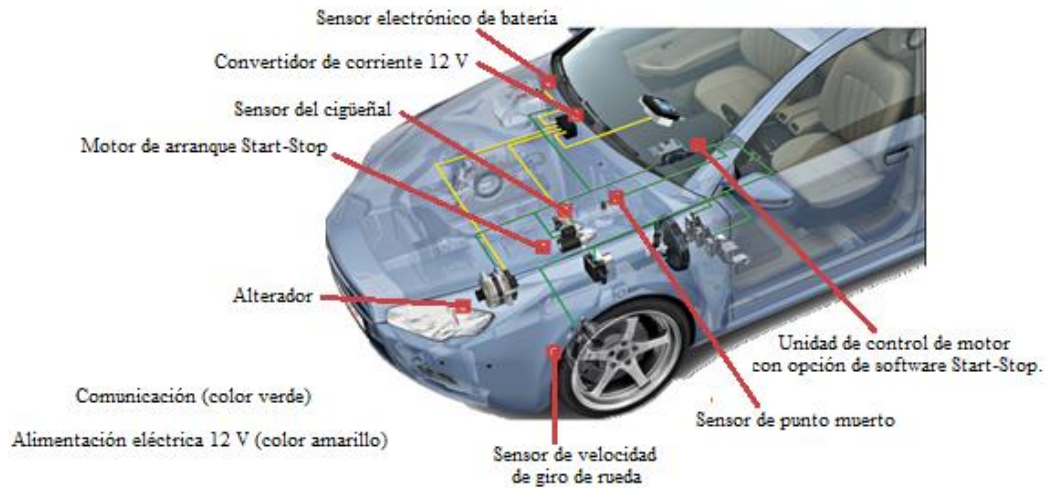


Figura 1.15: Sistema *Start-Stop* Bosch.

Fuente: (Zapateria, 2010)

Vehículos que utilizan sistemas *Start-Stop*.

En la tabla 1.2 se puede observar algunos modelos de vehículos que en la actualidad viene incorporado el sistema *Start-Stop* en serie.

Tabla 1.2: Vehículos que utilizan sistemas *Start-Stop* en serie.

			Sistema <i>Start-Stop</i>.	
Marca/Modelo	Diesel e-HDI	Gasolina	Bosch	Valeo
Citroën C2		✓		✓
Citroën C3		✓		✓
Mercedes Benz Clase A		✓		✓
Mercedes Benz Clase C		✓		✓
Mercedes Benz Smart		✓		✓
Ford Grand C-Max 1.0		✓	✓	
Ford Focus Berlina		✓	✓	
Ford Gamma EcoBoost		✓	✓	
Freelander2 TD4 2,2S	✓		✓	
Citroën C5	✓			✓
Citroën C4	✓			✓
Citroën Picasso	✓			✓
Peugeot 308	✓			✓
Peugeot 508	✓			✓
Audi A3 1.6 TDIe	✓		✓	
Audi A1			✓	
BMW Serie 1 – 116i 1.6		✓	✓	
Fiat 500L 1.3 16v	✓		✓	
Opel Corsa 1.4		✓	✓	
Opel Insignia 1.4		✓	✓	

1.3. Trabajos desarrollados para evaluar el Sistema *Start-Stop*.

Ensayo 1.

En la ciudad de Madrid, España, se realizó un estudio donde se observó el comportamiento de dos vehículos todo terreno (a diésel), de versiones diferentes (tabla 1.3), de los cuales uno contaba con el sistema *Start-Stop* y el otro no lo incluía (tabla 1.4); el vehículo que poseía el sistema *Start-Stop*, demostró la notable reducción en el consumo de combustible y emisiones de CO₂ ligado al incremento del número de paradas y al tiempo de duración de las mismas. (Fonseca Gonzales, Casanova Kindelán, & Espinosa Zapata, 2010)

Tabla 1.3: Características técnicas comunes de los vehículos ensayados.

Clase de vehículo	Todo terreno	Marca motor	Land Rover
Marca	Land Rover	Tipo de motor	Diesel TA,PE.
Peso (kg)	1.835	Normativa	LDV Euro 4
PTMA/PMA (kgf)	2.505	N° de cilindros	4
N° de asientos	.	Cilindrada (cm³)	2.179
Caja /N° marchas	Manual / 5	Potencia (KW)	118

Fuente: (Fonseca Gonzales, Casanova Kindelán, & Espinosa Zapata, 2010).

Tabla 1.4: Características particulares de los vehículos ensayados.

Vehiculo	9MY	10MY
Denominacion comercial	Freelander2 TD4 2.2 s	Freelander2 TD4-e 2.2 S
Año de matriculación	2009	2009
Km al comienzo de ensayos	Aprox. 5000 km	Aprox. 8000 km
Sistema <i>Start-Stop</i>	X	✓

Fuente: (Fonseca Gonzales, Casanova Kindelán, & Espinosa Zapata, 2010)

Los resultados de la reducción del consumo de combustible (Figura 1.16) con el vehículo equipado con el sistema *Start-Stop* en tráfico urbano congestionado

(velocidad media promedio de 15km/h) es del 20%, con respecto al que no posee este sistema. Se puede atribuir un 12% al sistema *Start-Stop* en sí mismo y el resto a mejoras en la calibración del motor, necesarios para asegurar un arranque del motor efectivo y eficaz como indican las tablas 1.5 y 1.6 (Fonseca Gonzales, Casanova Kindelán, & Espinosa Zapata, 2010).

Tabla 1.5: Consumo promedio Land Rover Freelander.

Porcentaje de reducción media de consumo. Tráfico en Madrid, Velocidad media 15,5km/h	
9MY & 10MY-on	20,2%
9MY & 10MY-off	8,0%
10MY-on & 10MY-off	12,2%

Fuente: (Fonseca Gonzales, Casanova Kindelán, & Espinosa Zapata, 2010)

Tabla 1.6: Ahorro total de combustible.

Freelander 10MY	Ahorro total de combustible.	Sistema <i>Start-Stop</i>	Afinamiento del motor.
	20%	12%	8%

Fuente: (Fonseca Gonzales, Casanova Kindelán, & Espinosa Zapata, 2010)

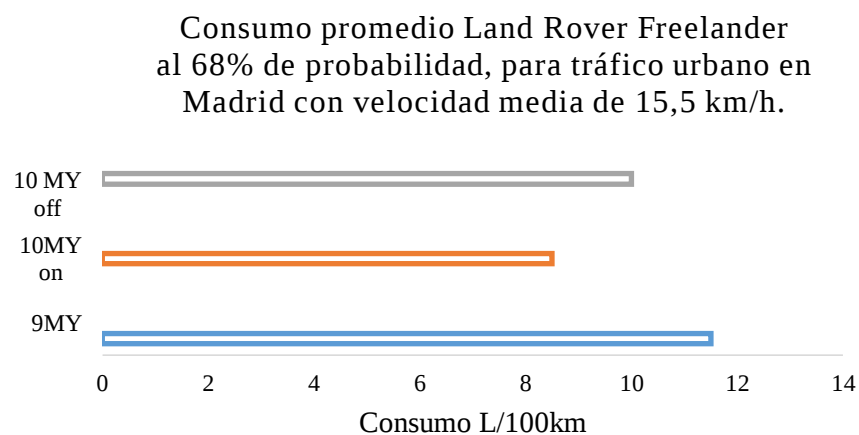


Figura 1.16: Consumo promedio LAND ROVER Freelander.

Fuente: (Fonseca Gonzales, Casanova Kindelán, & Espinosa Zapata, 2010)

Ensayo 2.

En otro de los ensayos realizado en la misma ciudad de Madrid, se comparó el uso del sistema *Start-Stop* entre tres vehículos, ratificando los resultados obtenidos en el ensayo 1, estos vehículos se describen en la tabla 7.

Tabla 1.7: Vehículos de prueba.

Vehículo	Luxury	10my	
Denominación comercial	Mazda 3	Freelander2 td4-e 2.2	Toyota iq
Sistema <i>Start-Stop</i>/i-Stop	✓	✓	✓
Distancia del circuito	53,3 km		

Fuente: (Viñuela, 2011)

Según el ensayo de Viñuela en el 2011, donde describe que las condiciones durante la prueba deben mantenerse iguales, como por ejemplo si se lleva el climatizador a 22 grados, debe ser así durante todo recorrido.

En la tabla 1.8 se muestra el valor del combustible durante la prueba, para así en la tabla 1.9 plasmar el ahorro generado al utilizar el sistema *Start-Stop* tanto en litros, así como también en Euros.

Tabla 1.8: Precio de combustible (Euros).

PVP del combustible (durante la prueba) litros.	
Diesel	0,946 €
Gasolina sin plomo 95	1,045 €

Fuente: (Viñuela, 2011)

Tabla 1.9: Litros consumidos durante la prueba.

Litros consumidos		
Modelo	Litros (con/sin)	Gasto (con/sin)
Land Rover Freelander.	5,49l / 5,67l	5,19€ / 5,37€
Mazda 3.	4,80L / 5,18L	5,02€ / 5,41€
Toyota iq.	3,43L / 3,80L	3,58€ / 3,97€

Fuente: (Viñuela, 2011)

En la tabla 1.10 se plasmó un plan de ahorro que generaría al utilizarse el sistema, partiendo desde un día hasta cinco años.

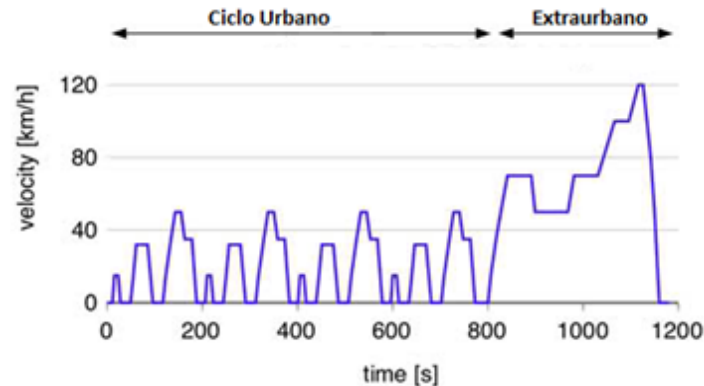
Tabla 1.10: Plan de ahorro al utilizar el sistema *Start-Stop*.

Plan de ahorro			
Tiempo	<i>Land Rover Freelander</i>	Mazda 3	Toyota iq
Un día	0,17€	0,39€	0,39€
Una semana	1,21€	2,73€	2,73€
Un mes	5,19€	11,70€	11,70€
Un año	63,10€	140,4€	140,4€
Dos años	126,20€	284,62€	284,62€
Tres años	189,30€	426,93€	426,93€
Cuatro años	252,40€	569,24€	569,24€
Cinco años	315,50€	711,55€	711,55€

Fuente: (Viñuela, 2011)

Si la práctica se corresponde con la teoría, la respuesta debería ser sí. “Según el nuevo ciclo de conducción europeo (NCCE) (Figura 1.17), el ahorro medio de combustible con este sistema es del 5%; si bien dentro de cada vehículo se puede llegar hasta a un 8%. Según este ciclo, en trayectos de unos 7 km se van a producir 12 paradas de más de 15 segundos de duración. El 5% de ahorro es el medio; en un vehículo grande, como

un todoterreno, el ahorro será mayor. Si realizamos una conducción exclusiva por ciudad, el ahorro también es mayor. Aquí estaría entre un 8% a un 15%, dependiendo del vehículo”, explica Lorenzo Jiménez, jefe de Marketing de Ventas de Equipo Original de Bosch.



El ciclo NCCE se compone de dos partes: el ciclo urbano plasmado de 0s a 780s; y el ciclo extraurbano de 780s a 1180s.

Figura 1.17: Nuevo ciclo de conducción europeo.

Fuente: (DieselNet, 2014)

1.4. Problemática:

En el Ecuador existe un parque automotor de 2'186.035 vehículos de los cuales el 99.53% no cuentan con el sistema *Start-Stop*, siendo necesario realizar un análisis de factibilidad y ver si se podría implementar el sistema.

1.5. Objetivo general:

Determinar la reducción en consumo de combustible en los taxis de la ciudad de Cuenca, simulando un sistema *Start-Stop* de acuerdo a un ciclo típico de conducción.

1.6. Objetivos específicos:

- Conocer el funcionamiento del sistema *Start-Stop*.
- Elaborar una base de datos de modelos de taxis de la ciudad de Cuenca.

- Definir el vehículo más utilizado como taxi.
- Determinar los tiempos de parada (ralentí) que tienen los taxis en la ciudad de Cuenca de acuerdo al ciclo típico de conducción.
- Seguir el ciclo de conducción en el dinamómetro de chasis, de manera normal y simulando el sistema *Start-Stop*.
- Medición de consumo de combustible sin *Start-Stop* y con *Start-Stop*.

1.7. Pregunta de investigación:

¿Cuánto sería la reducción en el consumo de combustible al simular el uso del sistema *Start-Stop* en los taxis de la ciudad de Cuenca?

1.8. Hipótesis:

Con la simulación de un sistema de apagado y encendido automático (*Start-Stop*) en los taxis de la ciudad de Cuenca, se reducirá el consumo de combustible en un 15%

1.9. Justificación:

- Alto tráfico.
- Consumo de combustible en ralentí.

1.10. Alcance:

- Observar en la simulación del sistema *Start-Stop*, el ahorro de combustible que presentan los automóviles (taxis), de acuerdo al ciclo típico de conducción para la ciudad de Cuenca.
- Generar una base de datos de características de los taxis de la ciudad de Cuenca, desarrollándolo conjuntamente con el Ing. Danilo Dávalos.
- Se pretende investigar la posibilidad de instalar el sistema *Start-Stop* en el vehículo que se utiliza con más frecuencia como taxi en la ciudad de Cuenca.
- El estudio se va a orientar hacia los taxis debido a que son vehículos de alto rodaje, según la agencia metropolitana de tránsito de Quito, un taxi recorre alrededor de 200 kilómetros al día.

CAPITULO II

DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES DE LAS PRUEBAS.

2.1. Introducción.

Este capítulo abarca la definición de las condiciones de las pruebas, que se realizaran en la simulación del sistema *Start-Stop*, se iniciará una recolección de datos para determinar el vehículo más utilizado como taxi en la ciudad de Cuenca. Para ello, se generará una base de datos, que incluya información sobre todos los taxis. Una vez seleccionado el vehículo, se utilizará el ciclo de conducción típico de la ciudad que se determinó mediante un estudio de curvas, velocidad- tiempo, de las distintas carreras que realizan los transportistas (taxistas) relacionándolo con el estilo de conducción más frecuente del cantón, con el cual se podrá realizar ensayos de consumo de combustible, para la definición de este ciclo se tomará como referencia la tesis de la Maestría en Sistemas Vehiculares del Ing. Danilo Dávalos.

2.2. Elaboración de la base de datos de taxis que circulan en la ciudad de Cuenca.

En Cuenca existe una cantidad considerable de vehículos circulando por la calles, según el departamento de Movilidad del Municipio (EMOV), en la capital azuaya transitan unos 90 mil carros de los cuales 3.495 forman la flota de taxis de la ciudad, divididos en 109 cooperativas encargadas de brindar el servicio de transporte al cantón según la “Unión de Taxistas del Azuay” (UTA).

Estos datos se obtuvieron a través de un registro municipal que manejaba la EMOV, teniendo en cuenta que este registro es muy limitado al contar únicamente con el listado placas y los datos de propietarios, siendo desconocido los detalles de cada vehículo.

Para generar esta base de datos detallada, se introducirá cada una de estas placas en el Sistema de Matriculación del sitio web del Servicio de Rentas Internas (SRI), para así obtener el cilindraje, marca, modelo y año de fabricación de cada taxi que conforma la UTA. Con esta base de datos, se podrá depurar la información a gusto, mediante la utilización de filtros para así realizar cualquier tipo de conteo o verificación de vehículos específicos.

2.3. Taxis de la Ciudad de Cuenca.

Con la generación de la base de datos se podrán clasificar a las 3.495 unidades por marca, modelo y año como se muestra en la tabla 2.1:

Distribución de taxis según fabricante que circulan en Cuenca.

Tabla 2.1: Distribución de taxis según fabricante que circulan en Cuenca

Marca	Unidades	Porcentaje
Hyundai	1664	47,6%
Chevrolet	716	20,5%
Nissan	543	15,5%
Toyota	159	4,5%
Kia	166	4,7%
Lada	7	0,2%
Jac	3	0,1%
Skoda	4	0,1%
Mazda	95	2,7%
Daewoo	102	2,9%
Renault	28	0,8%
Citroen	3	0,1%
Volkswagen	3	0,1%
Mitsubishi	2	0,1%
Total	3495	100,0%

De acuerdo a la Figura 2.1, se nota que existe una gran superioridad de la marca Hyundai donde podemos destacar que:

- El 47,6% del total de taxis, son de marca Hyundai.
- El 20,5% del total de taxis, son de marca Chevrolet.
- El 15,5% del total de taxis, son de marca Nissan.
- El 16,4% del total de taxis, son de OTRAS MARCAS de vehículos.

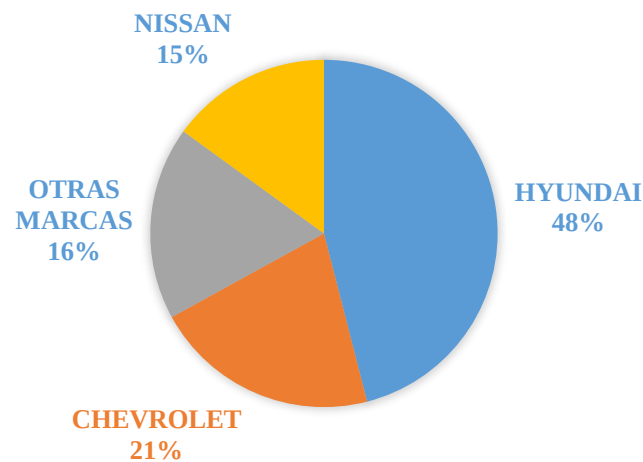


Figura 2.1: Marcas más utilizadas como taxis.

Distribución de taxis de acuerdo al año de fabricación.

El objetivo en este punto es obtener el año en donde existió una mayor adquisición de unidades por parte de los transportistas, pudiendo obtener los resultados que se ilustran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2: Años de fabricación de los taxis existentes en la ciudad de Cuenca.

Año de fabricación	Unidades	Porcentaje	Año de fabricación	Unidades	Porcentaje
1992	2	0,1%	2004	132	3,7%
1993	1	0,0%	2005	345	9,8%
1994	2	0,1%	2006	273	7,7%
1995	1	0,0%	2007	267	7,6%
1996	1	0,0%	2008	222	6,3%
1997	1	0,0%	2009	329	9,3%
1998	13	0,4%	2010	308	8,7%
1999	20	0,6%	2011	347	9,8%
2000	2	0,1%	2012	225	6,4%
2001	161	4,6%	2013	280	7,9%
2002	250	7,1%	2014	121	3,4%

La Figura 2.2 resume el porcentaje de taxis que se encuentran desde el año 2000 en adelante, donde se observa claramente como la mayor concentración de unidades se dan en aquellas que tienen fabricación en el año 2005, 2009 y 2011 con un 9,8%; 9,3% y 9,8% respectivamente.

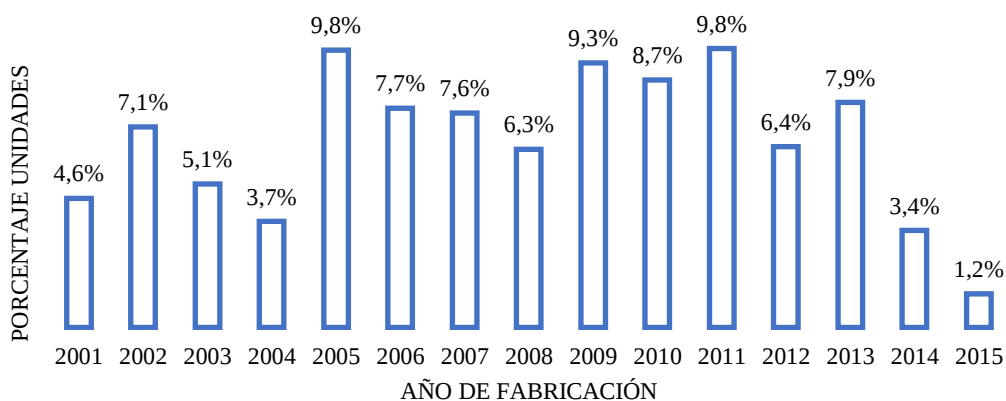


Figura 2.2: Años de fabricación con mayor concentración de unidades.

Cilindraje más utilizado para taxi.

Es importante reconocer que el atractivo principal para realizar la compra de un vehículo destinado para el transporte, es el ahorro de combustible, teniendo en cuenta que mientras mayor sea el cilindraje de estos, mayor será el consumo, de acuerdo a la tabla 2.3 el cilindraje más utilizado se encuentra entre los 1501-1800cc con un 56,9% (Figura 2.3) del total de la flota de taxis.

Tabla 2.3: Distribución de taxis por cilindraje.

Cilindraje [cm ³]	Unidades	Porcentaje
1000 a 1300	22	0,6%
1301 a 1500	1327	38,2%
1501 a 1800	1974	56,9%
1801 a 2000	6	0,2%
No registrado	166	4,7%
Total	3495	100,0%

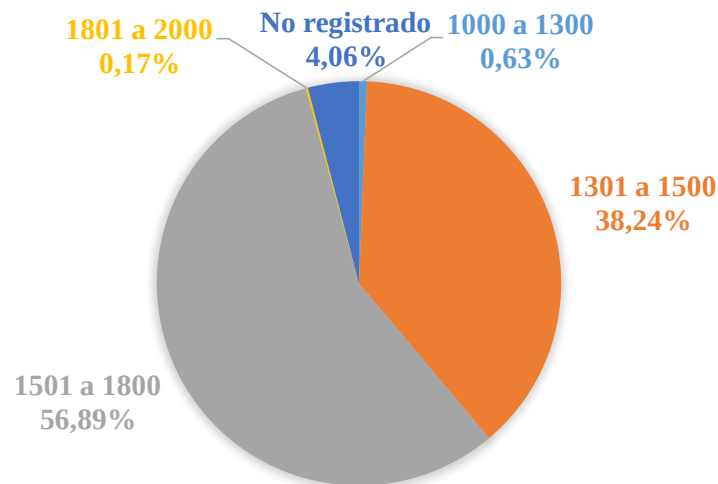


Figura 2.3: Distribución por cilindrada de taxis en la Ciudad de Cuenca.

Distribución de taxis por modelos.

Es esencial para el desarrollo del tema obtener cada uno de los modelos existentes como muestra la tabla 14, para de esta manera, como se observa en las Figuras 2.4 y 2.5, determinar los modelos más cotizados como taxis, para finalmente poder definir el vehículo más utilizado como transporte en la ciudad de Cuenca.

Tabla 2.4: Distribución de taxis por modelos.

Modelo	Unidades	Porcentaje
Hyundai		
Accent	1239	74%
Matrix	362	22%
Atos	1	0,1%
Elantra	24	1,4%
Excel	1	0,1%
Getz	37	2,2%
Chevrolet		
Aveo	220	31%
Corsa	61	9%
Esteem	13	2%
Optra	4	1%
Sail	20	3%
Chevytaxi	392	55%
Spark	1	0%
Vivant	4	1%
San remo	1	0%
Citroen		
C-elysee	3	100%
Volkswagen		
Parati	3	100%
Daewoo		
Lanoss	89	87%

Cielo	11	11%
Nubira	1	1%
Racer	1	1%
Toyota		
Corolla	51	32%
Yaris	107	67%
Tercel	1	1%
Jac		
Hfc7150b	3	100%
Kia		
Carens	2	1%
Cerato	8	5%
Rio	155	93%
Spectra	1	1%
Lada		
Serie 100	7	100%
Mazda		
323	19	20%
Allegro	76	80%
Mitsubishi		
Lancer	2	100%
Nissan		
Ad wagon	17	3%
Tida	83	15%
Sentra	408	75%
Almera	30	6%
Versa	5	1%
Renault		
Logan	24	86%
Megane	1	4%
Sandero	1	4%
Symbol	2	7%
Skoda		

Felicia	2	50%
Octavia	2	50%

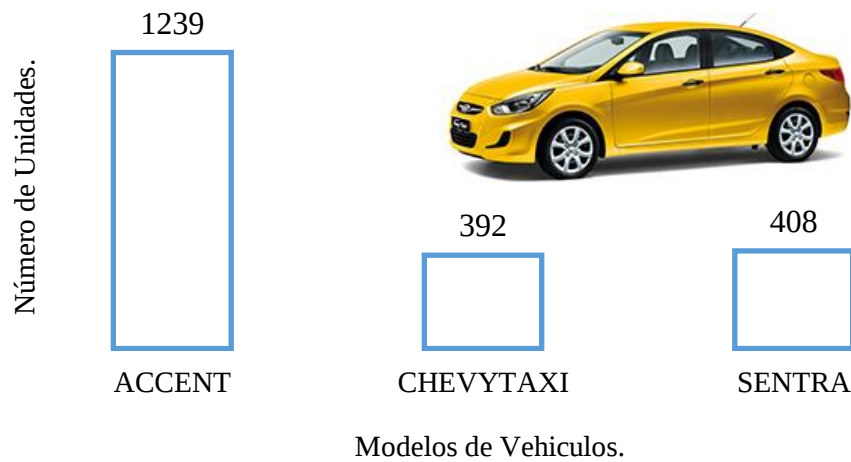


Figura 2.4: Cantidad de vehículos del modelo más utilizado como taxi.

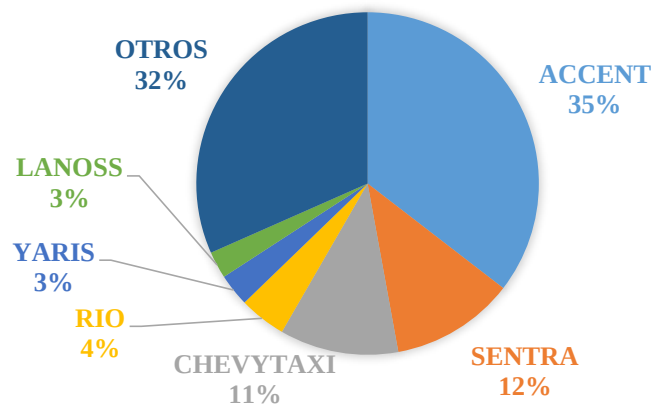


Figura 2.5: Porcentaje del modelo más utilizado como taxi.

Como se puede destacar en la Figura 2.5, existe una gran diferencia, el modelo más utilizado como taxi es el Hyundai Accent, donde se puede observar también que:

- El 35% del total de taxis, son de modelo Accent de la marca Hyundai.
- El 12% del total de taxis, son de modelo Sentra de la marca Nissan.
- El 11% del total de taxis, son de modelo Chevytaxi de la marca Chevrolet.
- El 4% del total de taxis, son de modelo Rio de la marca KIA.
- El 38% del total de taxis, son de OTROS MODELOS de vehículos.

Clasificación del HYUNDAI ACCENT.

El modelo Hyundai Accent es el más apetecido por los conductores, teniendo en cuenta que este modelo cuenta con varias versiones, las cuales varían por su cilindraje principalmente, y por la concentración de unidades en los diferentes años de fabricación, como indica la tabla 2.5, estos dos factores son determinantes para la elección del vehículo con el cual realizaremos las pruebas.

Clasificación del Hyundai Accent por cilindraje.

Tabla 2.5: Clasificación del Hyundai Accent por cilindraje.

Hyundai Accent							
Año	1400cc	1500cc	1600cc	Año	1400cc	1500cc	1600cc
1998	0	2	2	2008	0	10	30
2001	0	107	6	2009	69	16	43
2002	0	91	28	2010	63	0	26
2003	0	3	64	2011	44	1	124
2004	0	15	20	2012	24	1	39
2005	0	25	156	2013	6	1	44
2006	13	4	25	2014	4	0	46
2007	24	6	19	2015	5	0	23
				Total	252	282	695

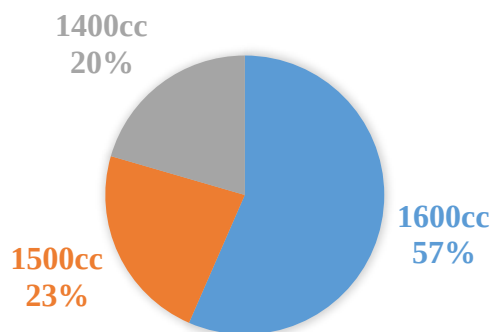


Figura 2.6: Cilindraje preferido en los Hyundai Accent.

Como se observa en la Figura 2.6 el 57% de taxis Accent vienen con motor 1600cc, el 23% y 20% con motores 1500cc y 1400cc respectivamente.

2.4. Definición del vehículo más utilizado como taxi.

Hyundai Accent 1400cc.

Las Figuras 2.7 y 2.8 resumen el porcentaje de taxis Hyundai Accent con motor 1400cc que se encuentran desde el año 2006 en adelante, donde se observa claramente como la mayor concentración de unidades se dan en aquellas que tienen fabricación en el año 2009, 2010 y 2011 con un 27%; 25% y 17% respectivamente.

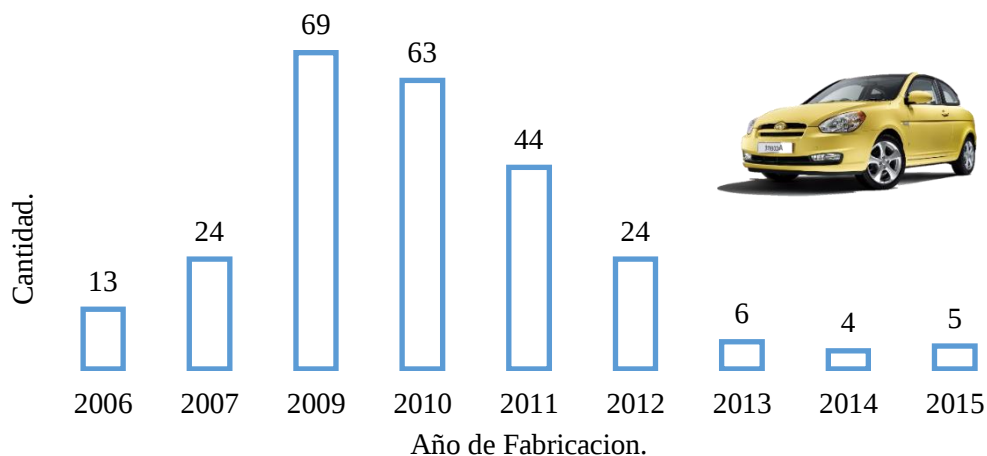


Figura 2.7: Años de fabricación con mayor concentración de Accent 1400cc.

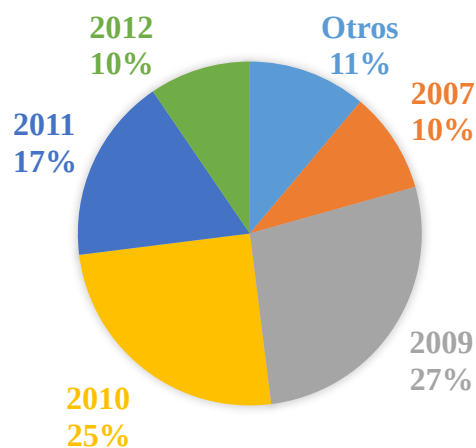


Figura 2.8: Porcentaje del año con mayor cantidad de Accent.

Hyundai Accent 1500cc.

Otra de las versiones del Hyundai Accent viene equipado con motor 1500cc que se ilustra en las Figuras 2.9 y 2.10, en donde, se observa que en los años 2001 y 2002 son los años con mayor concentración de unidades con 107 y 91 vehículos respectivamente.

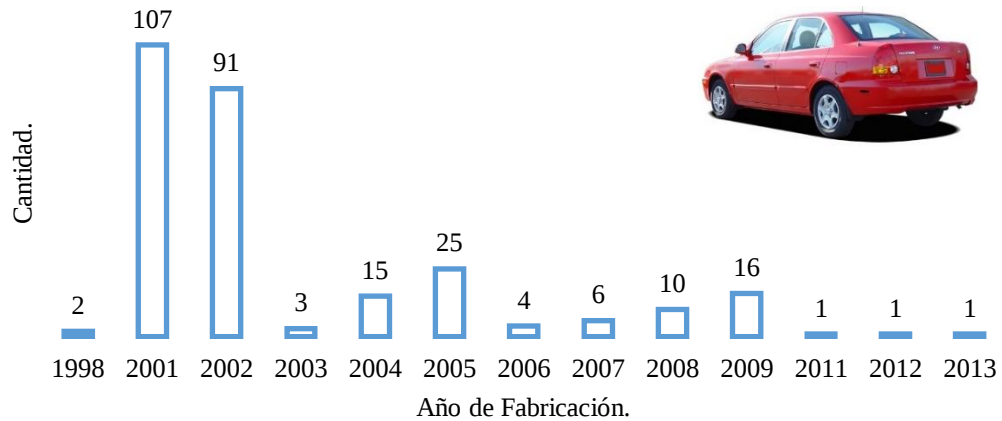


Figura 2.9: Años de fabricación con mayor concentración de Accent 1500cc.

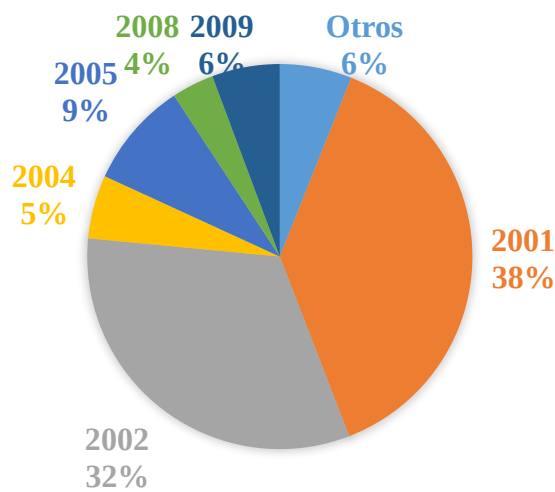


Figura 2.10: Porcentaje del año con mayor cantidad de Accent.

Hyundai Accent 1600cc.

La versión de Hyundai Accent equipada con motor 1600cc cuya estadística se plasma en las Figura 2.11 y 2.12, donde, podemos observar que en los años 2005 y 2011 existe una mayor saturación de unidades teniendo un 27% y 22% respectivamente.

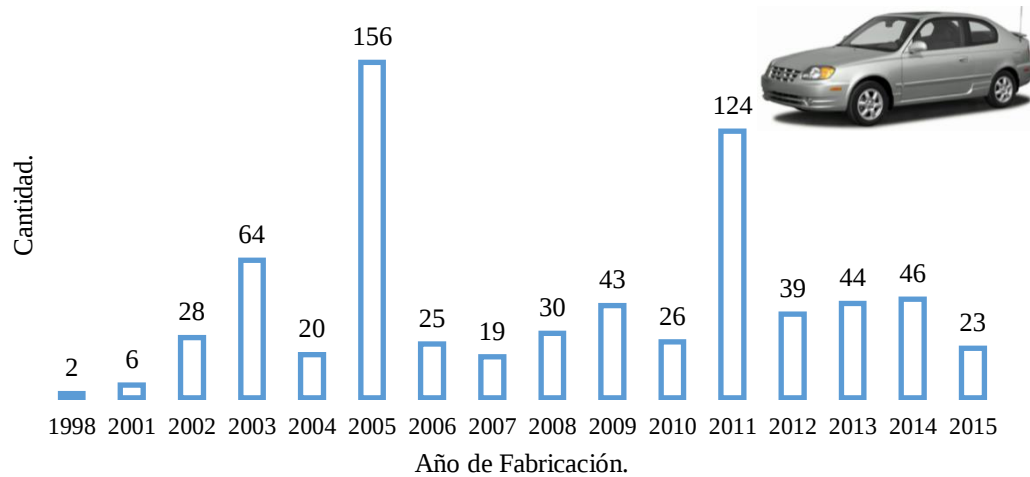


Figura 2.11: Años de fabricación con mayor concentración de Accent 1600cc.

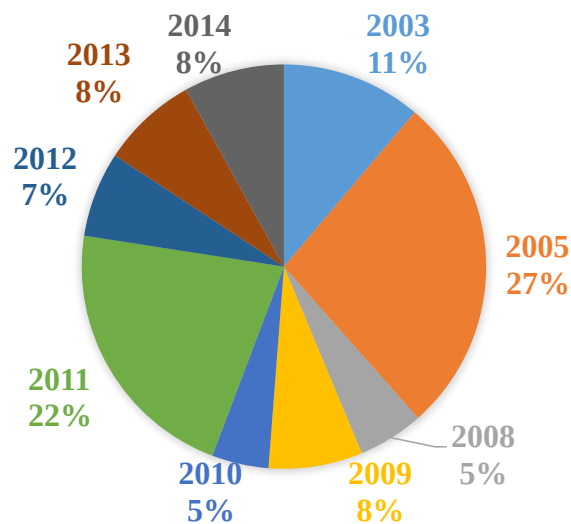


Figura 2.12: Porcentaje del año con mayor cantidad de Accent.

En conclusión se determinó que el vehículo con mayor cantidad de unidades es el modelo Accent del fabricante Hyundai del año 2005 (Figura 2.13) con 156 unidades.



Figura 2.13: Hyundai Accent 2005 con 156 unidades.

2.5. Ciclo de conducción para los taxis de la ciudad de Cuenca.

En la actualidad los fabricantes de automóviles diseñan vehículos cada vez más eficientes y amigables con el medio ambiente, con la disminución tanto de emisiones contaminantes como también del consumo de combustible, debido a estas razones los fabricantes someten sus vehículos a pruebas normalizadas reportando el consumo energético y de emisiones.

El consumo y las emisiones que generan un vehículo, depende también del estilo de conducción del automovilista, para la obtención de estos datos se realizan pruebas de laboratorio capaces de emular la conducción sobre el volante, generando patrones de manejo típicos de un sector, conocidos como ciclos de conducción, este ciclo se genera a partir de información en terreno recolectando curvas velocidad-tiempo, con esta información real se construyen ciclos más cortos que representan los patrones típicos al volante. (Secundaria, 2013)

Para determinar la fiabilidad del sistema *Start-Stop*, el vehículo será sometido a un ciclo de conducción típico de la ciudad de Cuenca, en donde fue necesario recolectar curvas velocidad-tiempo de las distintas carreras que realizan los transportistas en la ciudad para posteriormente determinar el ciclo que abarque el estilo de conducción de la Cantón tomando en cuenta la topografía y la ruta más recorrida por los usuarios, logrando así determinar el consumo de combustible (Dávalos, 2016)

Existen tres ciclos de conducción que representan a la ciudad de Cuenca, diferenciados por carreras (cortas, medianas y largas), los mismos que fueron clasificados tomando en cuenta las distancias de las carreras recorridas, a continuación se describen estos ciclos (Dávalos, 2016):

Ciclo de conducción carreras cortas.

Este ciclo de conducción que clasifica las carreras cortas (Figura 2.14), tiene una duración de 348 segundos (5 minutos con 48 segundos), distancia de 2,02 km, velocidad promedio de 19,7 km/h y una velocidad máxima de 55 km/h. (Dávalos, 2016)

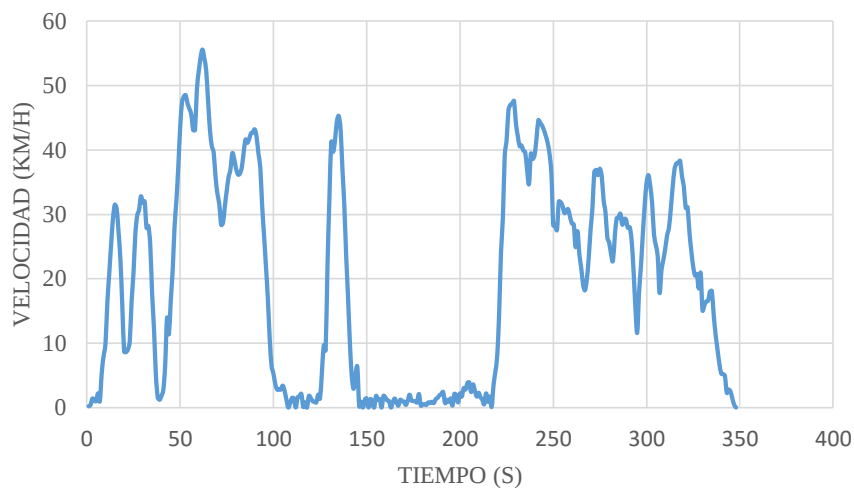


Figura 2.14: Ciclo Conducción Cuenca – carreras cortas.

Fuente: (Dávalos, 2016)

Ciclo de conducción carreras medianas.

El ciclo de conducción de carreras medianas (Figura 2.15), tiene una duración de 600 segundos (10 minutos), una distancia de 4,05 km, una velocidad promedio de 24,2 km/h y una velocidad máxima de 60 km/h. (Dávalos, 2016)

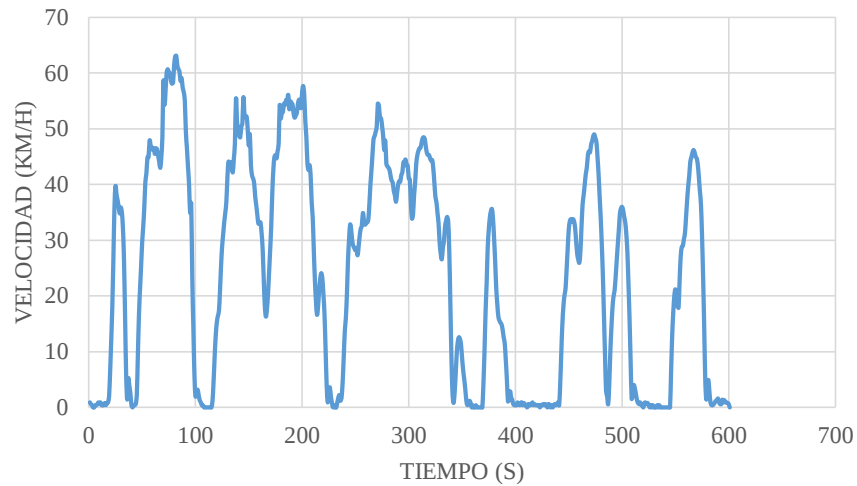


Figura 2.15: Ciclo Conducción Cuenca – carreras medianas.

Fuente: (Dávalos, 2016)

Ciclo de conducción carreras largas.

Este ciclo de conducción (Figura 2.16), tiene una duración de 960 segundos (16 minutos), una distancia de 6,10 km, una velocidad promedio de 25,5 km/h y una velocidad máxima de 72 km/h (Dávalos, 2016).

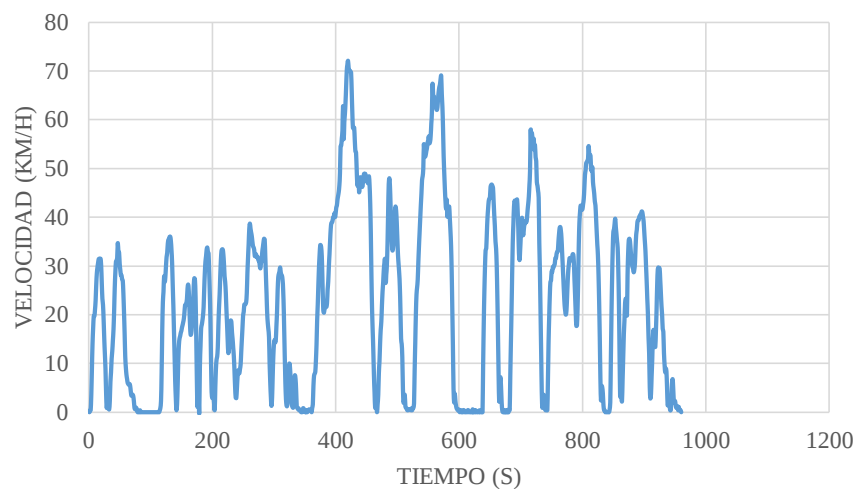


Figura 2.16: Ciclo Conducción Cuenca – carreras largas.

Fuente: (Dávalos, 2016)

CAPITULO III

PRUEBAS Y RECOLECCION DE DATOS.

3.1. Introducción.

Este capítulo se enfoca en la realización de pruebas y recolección de datos para determinar la efectividad del sistema *Start-Stop* en un ciclo de conducción típico de la ciudad de Cuenca en el vehículo Hyundai Accent 2005 con motor 1600cc (seleccionado en el capítulo anterior), cuantificando el consumo de combustible que este genera. Un requisito necesario para poder seguir dicho ciclo de conducción es la definición de los coeficientes de carga (dyno target coeficientes) A, B y C, que describen la fuerza total (neumáticos, tren motriz y la resistencia aerodinámica) que actúa sobre un vehículo, los cuales generaran la carga en los rodillos del banco dinamométrico, simulando las condiciones del terreno donde se levantó la información para el ciclo de conducción.

3.2. Determinación de los coeficientes de carga A, B y C.

Según la norma de simulación de carga en carretera usando técnicas de desaceleración (*coastdown*) en el dinamómetro de chasis (SAE J2264) y la norma de resistencia al avance y determinación bajo referencias de condiciones atmosféricas (ISO 10521-1), se debe realizar pruebas de desaceleración libre para así determinar datos de velocidad y tiempo, los mismos que se utilizaran para la obtención de los coeficientes de carga. Los ensayos se desarrollan tanto en pista como en el dinamómetro de chasis, descritas a continuación:

- Prueba *coastdown* pista. Para la obtención de datos en este punto las pruebas se cumplirán mediante la norma ISO 10521-1, donde se realiza un test de desaceleración a 115km/h, dejando que el vehículo desacelere de manera natural colocando la caja de cambios en punto muerto y soltando el acelerador, hasta que la velocidad de este llegue a cero como se observa en la Figura 3.1. Se describen a continuación los datos que se consideran más relevantes:

- El piloto del automóvil debe estar familiarizado con la prueba.
- Labrado de los neumáticos mínimo del 5%.
- Mantenimiento bajo condiciones especificadas por el fabricante:
 - Presión de neumáticos.
 - Alineación.
 - Altura del vehículo.
 - Lubricantes.
 - Frenos.
- Durante la prueba el capot y las ventanas deben estar completamente cerradas.
- Sistema de aire acondicionado y calefacción apagados.
- Masa total del vehículo debe incluir la masa del conductor e instrumentos.
- Temperatura del refrigerante del motor 80°C.
- Conducir el vehículo durante 30 minutos antes de las pruebas.

La ruta seleccionada para el *coastdown* debe tener superficie de concreto en buenas condiciones, debe estar limpia y lisa, y ser lo más plana posible (pendiente ≈ 0).

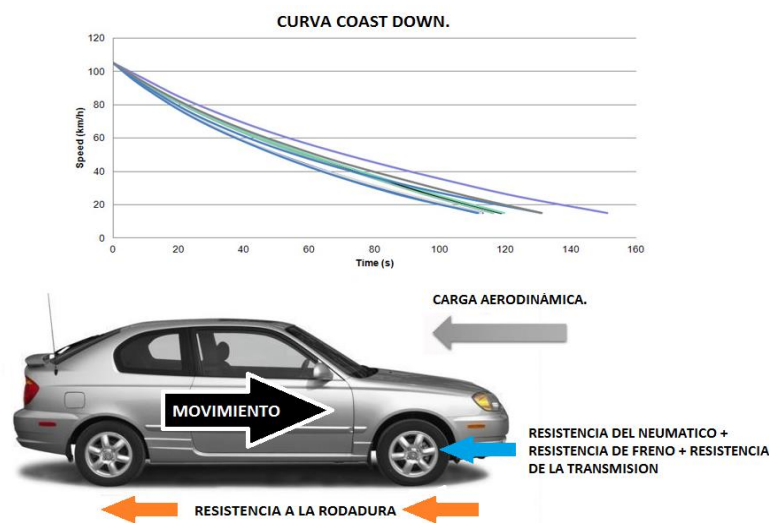


Figura 3.1: Prueba *coastdown* pista.

- Prueba *coastdown* laboratorio. Al igual que en el *coastdown* en carretera se deberá realizar una prueba de desaceleración a 115 km/h, dejando que el vehículo desacelere de manera natural colocando la caja de cambios en punto muerto y soltando el acelerador (Figura 3.2), hasta que la velocidad llegue a cero, bajo la norma ISO 10521-1, los datos a tener en consideración son los siguientes:
 - El piloto del automóvil debe estar familiarizado con la prueba.
 - Labrado de los neumáticos mínimo del 5%.
 - Mantenimiento bajo condiciones especificadas por el fabricante:
 - Presión de neumáticos.
 - Alineación.
 - Altura del vehículo.
 - Lubricantes.
 - Frenos.
 - Sistema de aire acondicionado y calefacción apagados.
 - Masa total del vehículo debe incluir la masa del conductor e instrumentos.
 - Temperatura del refrigerante del motor 80°C.
 - Conducir el vehículo durante 30 minutos antes de las pruebas.

Para la obtención de los datos de velocidad y tiempo es necesario el empleo de un escáner automotriz capaz de entregar datos a tiempo real generando el diagrama requerido v/t.

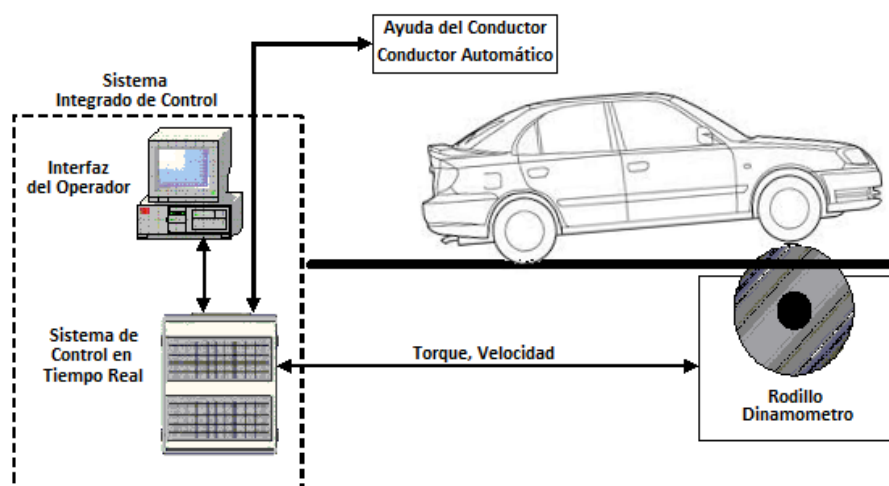


Figura 3.2: Prueba *coastdown* laboratorio.

Una vez obtenidos los datos experimentales de velocidad y tiempo se podrán realizar los cálculos de las fuerzas que influyen en la dinámica del vehículo (Figura 3.3), se conoce:

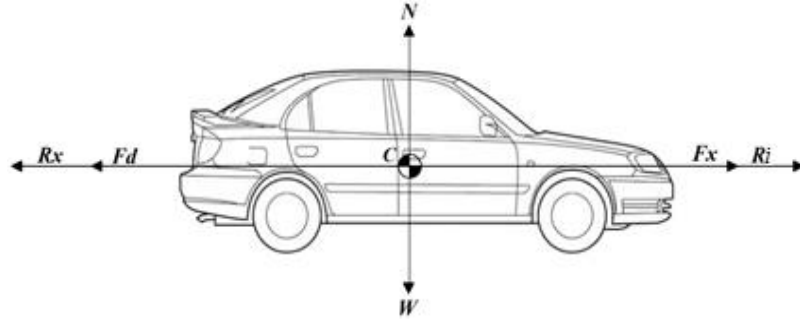


Figura 3.3: Cargas dinámicas en un vehículo.

$$\Sigma F_x = ma \quad (Ec. 1)$$

$$ma \rightarrow R_i$$

$$F_x = F_d + R_x + R_i + R_g \quad (Ec. 2)$$

Donde F_x (N) es la fuerza en la rueda, F_d (N) la fuerza de arrastre, R_x (N) la resistencia de rodadura, R_i (N) la resistencia debida a la inercia y R_g (N) la resistencia debida a la pendiente.

$$F_d = \frac{1}{2} \rho C_d A V^2 \quad (Ec. 3)$$

Donde ρ (kg/m³) la densidad del aire, C_d (-) es el coeficiente de arrastre, A (m²) el área frontal del vehículo y V (m/s) la velocidad del vehículo.

$$R_x = f_r m g \cos \theta \quad (Ec. 4)$$

Donde f_r (-) el coeficiente de resistencia a la rodadura, m (kg) es la masa, g (m/s²) es la gravedad, y θ (rad) pendiente de inclinación de la vía.

$$R_i = ma \quad (Ec. 5)$$

$$R_g = m g \sin \theta \quad (Ec. 6)$$

Donde a (m/s²) aceleración.

Al realizar una prueba en desaceleración en punto muerto, no se tiene transmisión del torque del motor a las ruedas ($F_x=0$) ni tampoco pendiente ($\theta=0$), por lo que tomando las ecuaciones tenemos:

$$\cancel{F_x} = Fd + Rx + Ri + \cancel{Rg}$$

$$Ri = -Fd - Rx \quad (Ec. 7)$$

Donde:

$$Ri = \frac{1}{2} \rho C_d A V^2 + f_r m g \quad (Ec. 8)$$

A partir de la ecuación 8 se obtiene un valor de fuerza respecto a cada valor de velocidad generando un esquema fuerza-velocidad el cual será tabulado en el software capaz de generar los coeficientes de carga mediante el método de regresión lineal, donde obtendremos:

$$F = A + BV + CV^2 \quad (Ec. 9)$$

$$A \rightarrow xxx, xx (N)$$

$$B \rightarrow x, xxx \left[N / (km/h) \right]$$

$$C \rightarrow 0, xxx \left[N / (km/h)^2 \right]$$

Definidos los coeficientes de carga es necesario aplicar los factores de corrección de acuerdo a la norma ISO 10521-1:

$$F = \{(A - W_1) + BV\} \{1 + K_0(T - 293)\} + K_2 CV^2 \quad (Ec. 10)$$

Donde A (N) constante, W1 (N) corrección resistencia del viento, B (N/(km/h)) constante, V (km/h) velocidad vehículo, Ko factor corrección resistencia a la rodadura, T (°K) temperatura ambiente, C (N/(km/h)²) constante.

$$K_2 = (T/293)^{(100/P)} \quad (Ec. 11)$$

Donde P (Kpa) presión atmosférica.

$$W_1 = 3,6^2 C V_w^2 \quad (Ec. 12)$$

Donde Vw (m/s) velocidad del viento durante el ensayo.

$$K_0 = 8,1E^{-3} K^{-1} \quad (Ec. 13)$$

Donde K (-) coeficiente resistencia a la rodadura.

3.3. Medición de consumo de combustible en dinamómetro de chasis.

Para cumplir con estas pruebas es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Cargar el ciclo de conducción en el dinamómetro de chasis, este punto se lo describe mas adelante.
- Calibrar el dinamómetro de chasis con el vehículo utilizado en las pruebas manteniéndolo en cuarta marcha a 2000 rpm, de esta manera la medición será exacta al sincronizar el torque de salida del motor con la caja de cambios y las ruedas.
- Introducir la velocidad máxima del ciclo de conducción como parámetro fijo.
- Conectar el flujómetro en el circuito de alimentación del vehículo para obtener los datos de consumo en el riel de inyectores como muestra la Figura 3.4.

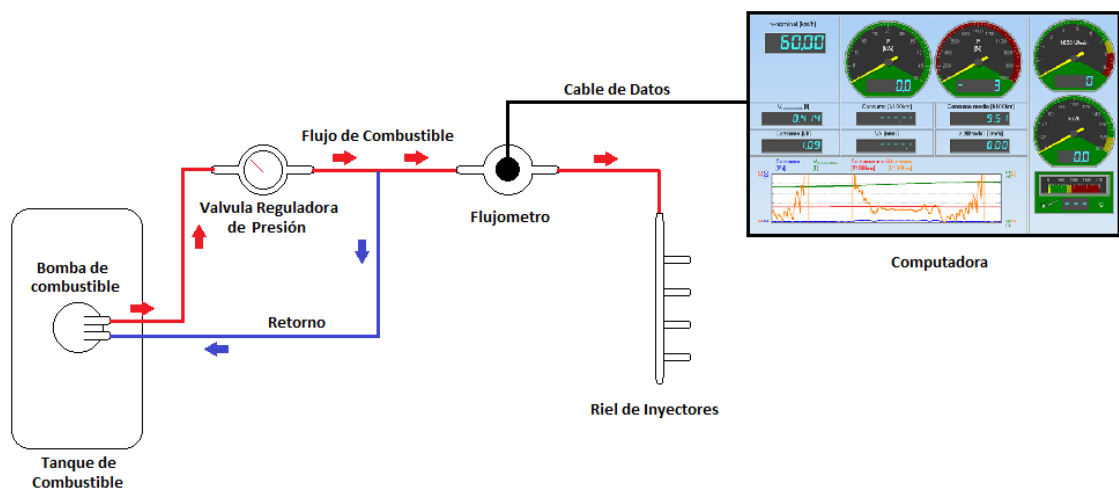


Figura 3.4 Conexión del flujómetro a la línea de alimentación.

Al cumplir estos parámetros es posible comenzar la prueba, teniendo en cuenta el preacondicionamiento del vehículo como describe la norma ISO 10521-1 para así obtener datos precisos.

Al seguir el ciclo de conducción, obtendremos, el volumen de consumo de combustible total en litros (l) durante la prueba y el consumo medio de combustible en litros por cada 100 kilómetros (l/100km), para así, poder comparar el consumo de combustible al seguir el ciclo de manera normal y simulando el sistema *Start-Stop*, la idea es apagar el vehículo cada vez que la velocidad sea cero.

3.4. Equipos.

Para lograr cumplir con las pruebas planteadas y así recolectar los resultados usaremos los siguientes equipos:

Flujómetro AIC FUEL Flow Master 5004.

Para este experimento se cuenta con un medidor de flujo de combustible *AIC FUEL Flow Master 5004* que produce 200 pulsos/litro y la calibración esta dictada bajo la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 que se titula “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. Este elemento se lo conecta directamente en el sistema de alimentación del vehículo, generando así datos de consumo combustible en tiempo real, enviados directamente a una computadora a través de un cable de datos, decodificando la información.

GPSmap® 64st Garmin.

Es un sistema que permite determinar la posición de una persona o de un vehículo, con una precisión de hasta centímetros, fijando parámetros de velocidad, tiempo y rutas. El GPS utilizado para las pruebas tiene una frecuencia de adquisición de datos de 1Hz, una precisión de $\pm 3,65\text{m}$, equipado con un receptor de sensibilidad (WASS/EGNOS), y mide la pendiente en un 5% si sube 3m y recorre 30m.

Dinamómetro de chasis *Maschinenbau Halderwang Maha*.

Un dinamómetro para la automoción, también conocido como banco de pruebas, es una máquina especializada que calcula la cantidad de caballos de fuerza que el motor de un automóvil puede generar (motores, 2012), el dinamómetro Maha tiene la ventaja de tener el software capaz de generar datos de consumo de combustible, además de la función para seguir ciclos de conducción normalizados precargados en el sistema.

Escáner Automotriz MaxiDas, Maxisys.

Algunas funciones de un escáner automotriz MaxiDas, Maxisys son las siguientes:

- Conexión OBD II.
- Lectura de la ECU y análisis de códigos de falla.
- Medición de valores reales.
- Borrado de códigos de falla.
- Autodiagnóstico en tiempo real.
- Programación y adaptación de parámetros.
- Graficas Velocidad – Tiempo, en tiempo real.

3.5. Realización de pruebas y recolección de datos.

Definición de los coeficientes de carga:

- **Prueba *coastdown* pista.**

Siguiendo la metodología antes descrita tenemos que:

- La ruta seleccionada para la prueba empieza en el km 19 de la Carretera Panamericana, hasta el Puente Sixto Durán, en sentido Azogues-Cuenca, con una distancia de 1,2 km (Figura 3.5).

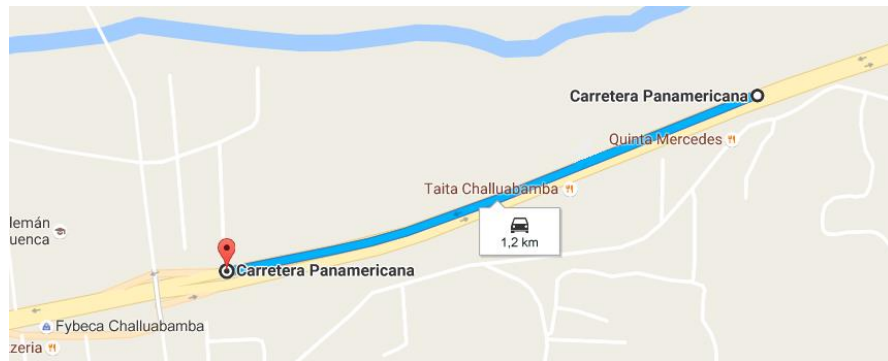


Figura 3.5: Ruta seleccionada para pruebas *coastdown*

Fuente: (GoogleMaps, 2016)

- Generar un archivo GPS al comenzar la prueba.
- Igualar la presión de los neumáticos motrices con 30PSI como indica el fabricante.
- Encender el vehículo y dejar que la temperatura del motor alcance su nivel óptimo de funcionamiento (80°C) (Figura 3.6).



Figura 3.6: Hyundai Accent 2005 preacondicionado para la prueba de *Coastdown*.

- Arrancar hasta llegar a una velocidad máxima de 100km/h, ya que, debido a límites de velocidad no se pudo alcanzar los 115 km/h.
- Colocar la palanca de cambios en punto muerto y dejar que el vehículo desacelere de manera natural hasta que la velocidad llegue a 0km/h.
- Guardar el archivo del GPS.
- Descargar los datos de las pruebas en el ordenador.
- Depurar la información y generar las tablas de datos (Figura 3.7).

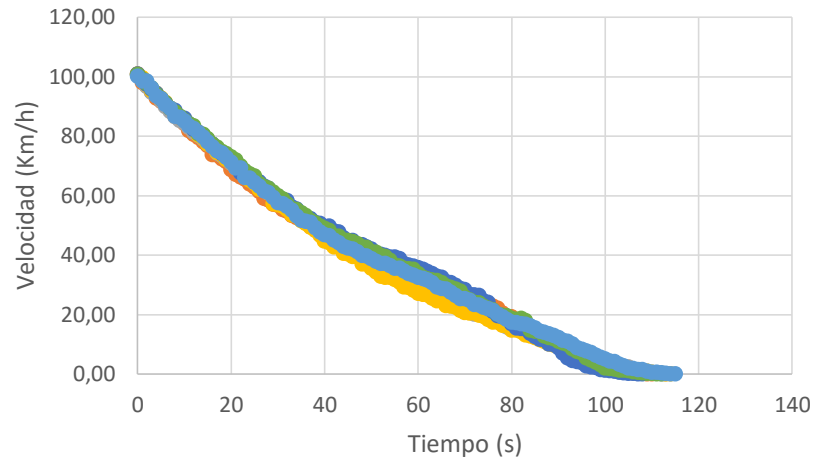


Figura 3.7: Esquema Velocidad – Tiempo *coastdown* pista.

- **Prueba *coastdown* laboratorio.**

Para la realización de la prueba de *coastdown* en laboratorio fue necesario utilizar el banco dinamométrico y el escáner automotriz, tomando en cuenta los siguientes pasos:

- Verificar que los rodamientos del dinamómetro no se encuentren precargados para evitar errores.
- Ubicación del vehículo seleccionado en el dinamómetro, colocando las ruedas motrices del mismo en los rodamientos del banco, para luego sujetarlo con correas ajustables e igualar la presión de los neumáticos motrices con 30PSI como indica el fabricante (Figura 3.8).



Figura 3.8: Hyundai Accent 2005 preacondicionado para las pruebas *coastdown*.

- Encender el vehículo y dejar que la temperatura del motor alcance su nivel óptimo de funcionamiento (80°C).
- Conectar el escáner automotriz MaxiDas seleccionar el vehículo y entrar en la viñeta de datos a tiempo real para así obtener graficas de velocidad-tiempo.
- Arrancar el auto hasta llegar a la velocidad máxima de 100km/h (igual que en la prueba en pista), luego poner la caja de cambios en punto muerto y dejar que el vehículo desacelere de manera natural hasta que la velocidad que nos indica el escáner automotriz llegue a 0Km/h.
- Recolectar datos.
- Depurar la información y generar las tablas de datos (Figura 3.9).

Nota: no presionar el pedal de freno durante la realización de las pruebas en el dinamómetro.

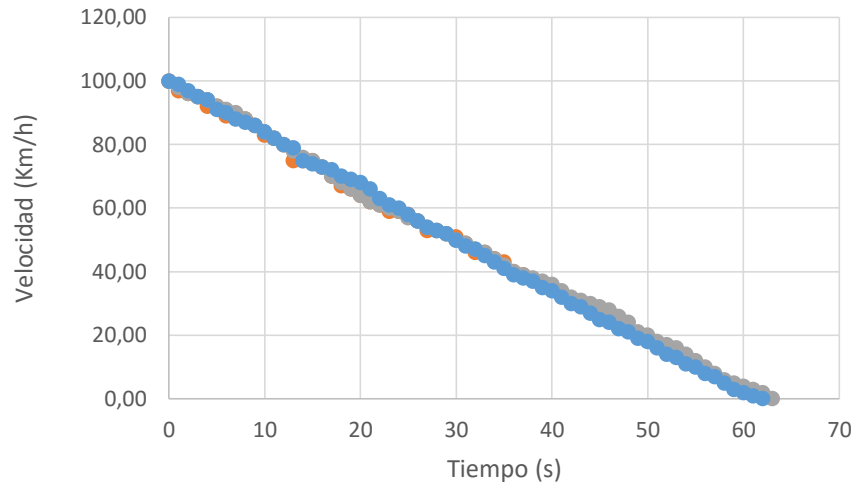


Figura 3.9: Esquema Velocidad-Tiempo Prueba *coastdown* laboratorio.

Una vez depurados y tabulados los datos de velocidad y tiempo de las pruebas de *coastdown* de laboratorio y pista, realizar los cálculos de la fuerza de inercia que se genera al desacelerar el vehículo, ingresando los valores de la tabla 3.1 en la ecuación 8 determinada anteriormente:

Tabla 3.1: Valores utilizados para cálculos de fuerzas.

Parámetro.	Símbolo.	Obtención.	Valor.	Unidades.
Área Frontal.	A	Foto, Software VectorWorks 2010	1.83	m^2
Densidad del aire.	ρ	(Argentino, 2014)	0.9643	kg/m^3
Gravedad.	g		9.81	m/s^2
Masa.	m	Bacula	1124	kg
Velocidad Experimental.	V	GPS		m/s
Coefficiente de Arrastre.	fr	(Xiaoyan Zhu, 2014)	0.013	(-)
Coefficiente de resistencia a la rodadura.	Cd	(Gonzales, 2014)	0.35	(-)

Área frontal: Se utilizó el programa VectorWorks 2010, para determinar el área frontal y esta fue de 1.83 m^2 como se indica en la Figura 3.10.

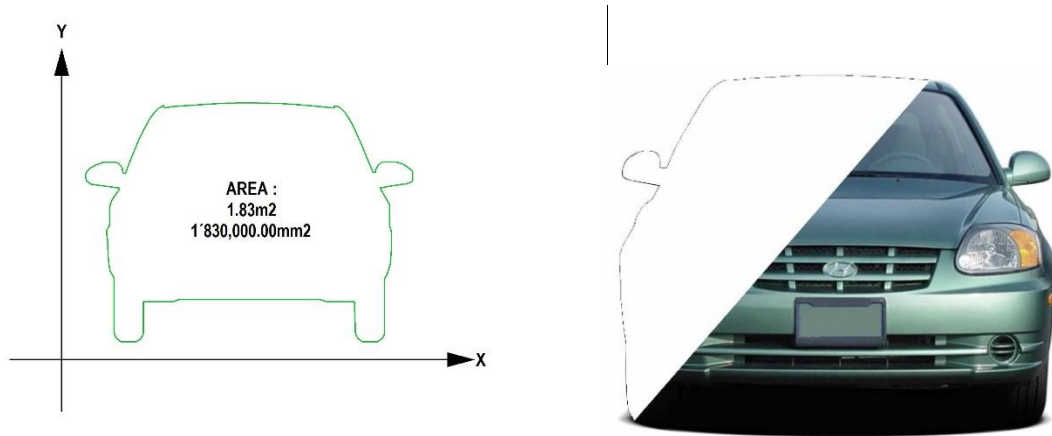


Figura 3.10: Obtención del área frontal Hyundai Accent 2005.

Al tabular los distintos datos, el resultado de la fuerza varía según cambia la velocidad, los resultados de todas las pruebas *coastdown* se representa en la Figura 3.11.

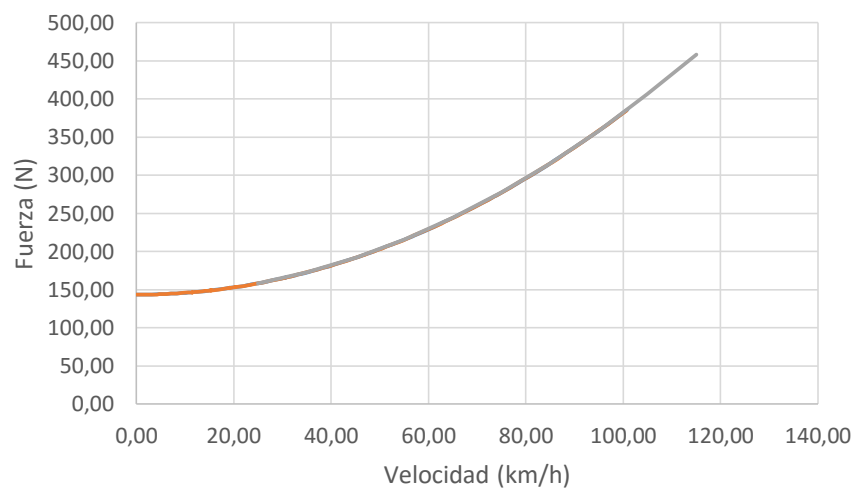


Figura 3.11: Esquema Fuerza-Velocidad de las pruebas *coastdown*.

Una vez calculados las fuerzas de todas las pruebas, se tabulan en el software Minitab17 para la obtención de los coeficientes de carga, de la siguiente manera:

- Generar dos columnas de datos con los títulos “F” y “V”.
- Colocar los datos de fuerzas en “F” y de velocidades en “V”.
- Ir a la barra de herramientas del programa y seleccionar regresión lineal.
- Seleccionar a “F” como variable dependiente y a “V” como variable independiente (Figura 3.12)

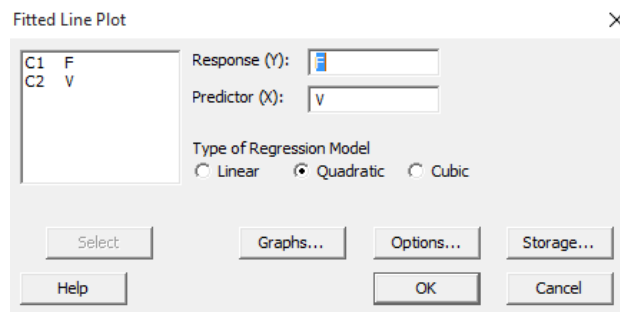


Figura 3.12: Cuadro de diálogo para la selección de variables.

- Seleccionar el modelo de regresión cuadrático y pulsar OK, generando el esquema de la Figura 3.13.

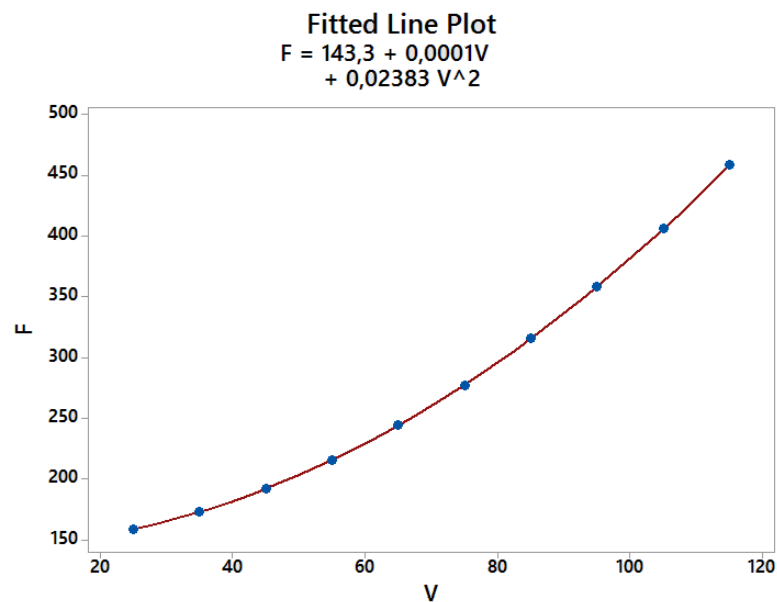


Figura 3.13: Esquema F-V y generación de coeficientes de carga.

- El coeficiente de carga generado es:

$$F = 143,3 + 0,0001V + 0,02383V^2$$

- Basándonos en la norma ISO 10521-1, es necesario aplicar los factores de corrección utilizando la ecuación 10.
- El coeficiente de carga corregido es:

$$F = 143.115 + 1.00004 \times 10^{-4}V + 0.03121V^2$$

3.6. Selección del ciclo de conducción de la ciudad de Cuenca para las pruebas en el dinamómetro de chasis.

El Ciclo de conducción seleccionado para las pruebas fue el que abarca las carreras medianas, debido a que es el más representativo para la ciudad, en la Figura 3.14 se indica este ciclo:

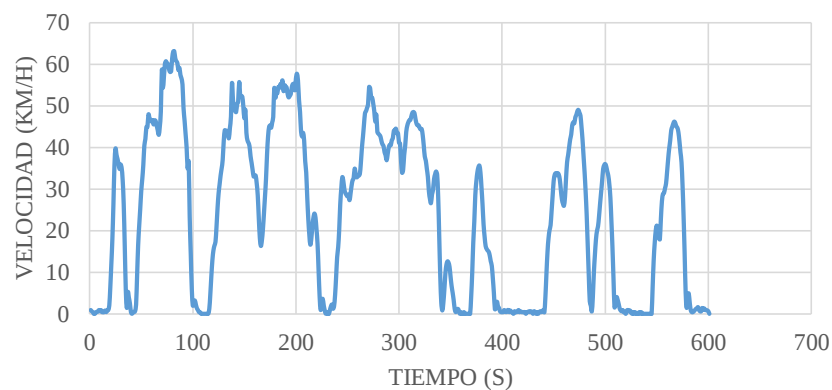


Figura 3.14: Ciclo de conducción de carreras medianas seleccionado.

Fuente: (Dávalos, 2016)

De acuerdo a la Figura 3.14, este ciclo de conducción tiene una duración de 600 segundos y un recorrido de 4,05 km, donde se puede destacar que, con ocho paradas, el tiempo total en ralentí (velocidad=0) es de 155s, en este tiempo de parada del ciclo de conducción se simulara el sistema *Start-Stop*, apagando el vehículo cada vez que la velocidad llegue a cero.

3.7. Procedimiento y obtención de datos de consumo de combustible.

La razón por la que se utilizó el banco dinamométrico MAHA es la ventaja de incluir el medidor de consumo de combustible o flujómetro, el cual genera datos a tiempo real del combustible combustionado.

El proceso que se tuvo en cuenta fue el siguiente:

- Colocar el vehículo en el dinamómetro de manera uniforme respetando la metodología de la norma ISO 10521-1 (Figura 3.15).

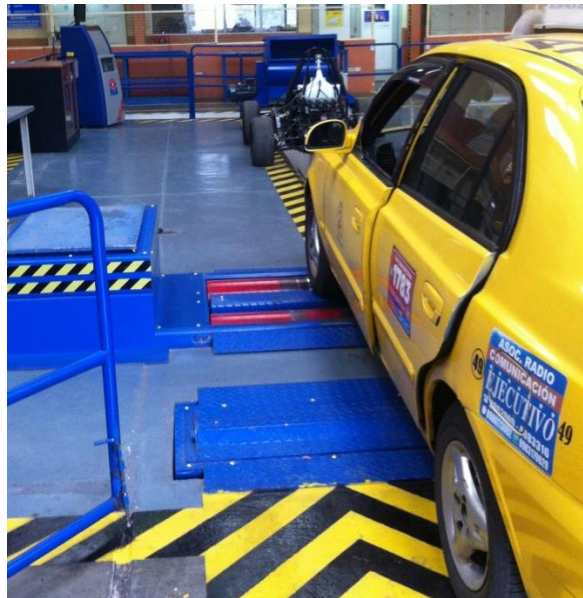


Figura 3.15: Ubicación del vehículo en el banco dinamométrico.

- Sujetamos el vehículo con correas en los apoyos anclados al suelo, ganando de esta forma estabilidad para las pruebas (Figura 3.16).



Figura 3.16: Sujeción del vehículo.

- Calibrar el dinamómetro de acuerdo a las condiciones del auto, manteniéndolo en cuarta marcha a 2000 rpm por 30 segundos, tendiendo así una medición de torque exacta (Figura 3.17).



Figura 3.17: Calibración Dinamómetro - Vehículo.

- Se instaló el flujómetro al circuito de alimentación como se muestra en las Figuras 3.18, 3.19 y 3.20.



Figura 3.18: Conexión Flujómetro.



Figura 3.19: Flujómetro.



Figura 3.20: Software de generación de datos.

- Calibrar la válvula reguladora de presión a 50psi manteniendo el funcionamiento del motor de manera normal y estable (Figura 3.21).



Figura 3.21: Válvula Reguladora de Presión.

- Establecer la velocidad máxima del ciclo de conducción que en este caso fue de 60km/h.
- El seguimiento del ciclo de conducción se lo realizó de forma manual, debido a que el banco de pruebas no permitía cargar ciclos de conducción diferentes, a los que vienen cargados de manera predeterminada por motivos de licencia, este ciclo se lo siguió teniendo en cuenta lo siguiente:
 1. Se corrigió los excesivos picos generados en el ciclo de conducción, teniendo así un ciclo más estable y fácil de seguir, como indica la Figura 3.22.

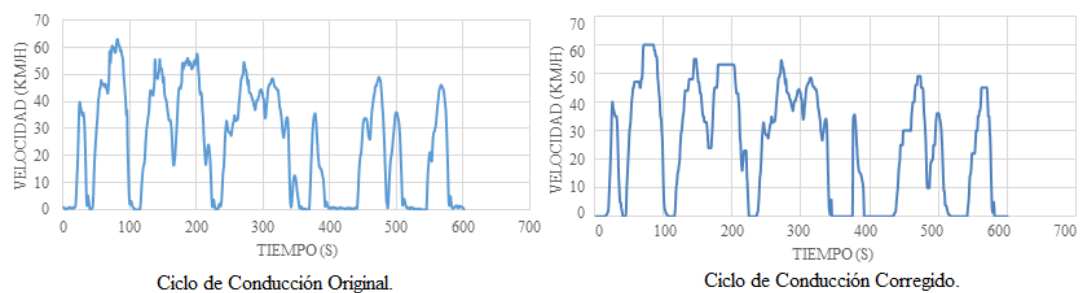


Figura 3.22: Ciclo de Conducción Original - Corregido.

2. Se dividió el ciclo por etapas teniendo en cuenta los siguientes parámetros.
 - a. Lapsos de tiempo en el cual el ciclo de conducción se mantiene con velocidad cero.
 - b. Cuando comienza a subir la velocidad.

- c. Momentos cuando la velocidad es constante.
- d. Lapsos cuando la velocidad desciende.

Teniendo en cuenta este procedimiento realizamos el seguimiento del ciclo de conducción de manera normal y simulando el sistema *Start-Stop*.

Ciclo típico de la ciudad de Cuenca seguimiento normal (sin *Start-Stop*).

Se reprodujo segundo a segundo el ciclo de conducción obteniendo los siguientes resultados:

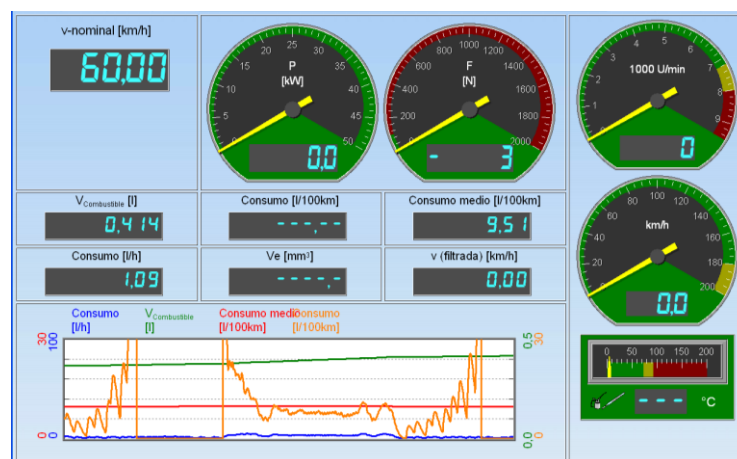


Figura 3.23: Resultado consumo de combustible manejo normal.

Como se observa en la Figura 3.23 la prueba dio como resultado un consumo de combustible medio de 9,51 litros por cada 100 kilómetros (l/100km), y un volumen de consumo total en toda la prueba de 0.414 litros, la misma que tuvo una duración de 10 minutos como indica el ciclo.

Los valores de medición de consumo de combustible durante el ciclo se muestra en la Figura 3.24 donde el eje X está representado por el tiempo (s), la línea verde representa el volumen de combustible (l) durante el ciclo el cual se mantiene en constante crecimiento, la línea roja el consumo medio (l/100km), la línea azul el consumo respecto a la velocidad (l/h) y la línea naranja el consumo total (l/100km).

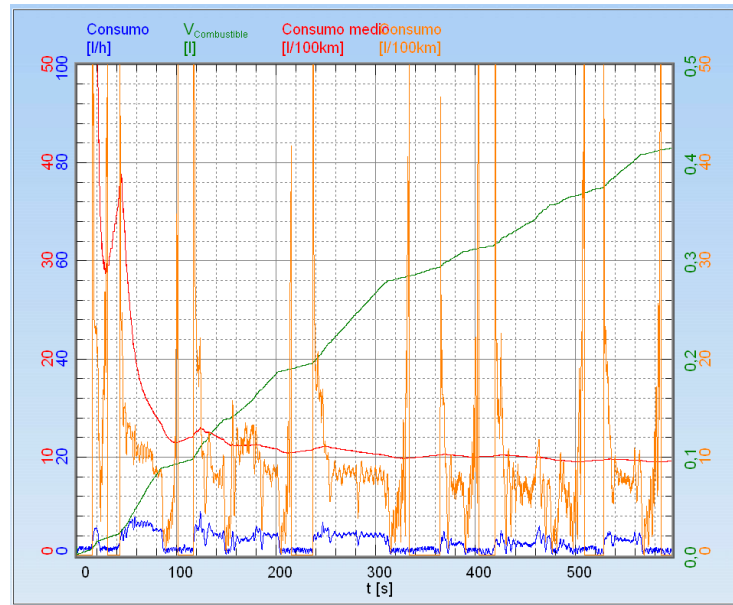


Figura 3.24: Valores de medición de consumo de combustible.

Ciclo típico de la ciudad de Cuenca simulando el sistema *Start-Stop*.

Utilizando el mismo ciclo de conducción de la prueba anterior, con la única diferencia de que, en el momento en que este ciclo llegue a tener una velocidad igual a cero se apagará el vehículo simulando así el funcionamiento del sistema *Start-Stop*, obteniendo la siguiente medición de consumo (Figura 3.25).

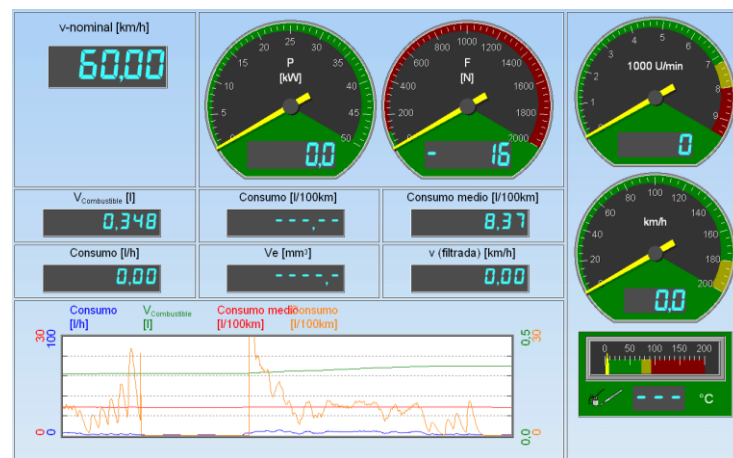


Figura 3.25: Resultado consumo de combustible simulando el sistema *Start-Stop*.

Como se puede apreciar en la Figura 3.25 el consumo de combustible disminuyó, esta vez se generó un consumo medio de 8,37 (l/100km) y un volumen total de consumo en toda la prueba de 0,348 litros, la misma que tuvo una duración de 10 minutos.

En la Figura 3.26 se ilustran los valores de medición, donde, se puede observar que al apagar el vehículo el consumo respecto a la velocidad (línea azul) fue a cero, generando un consumo de 0 litros durante esos lapsos de tiempo.

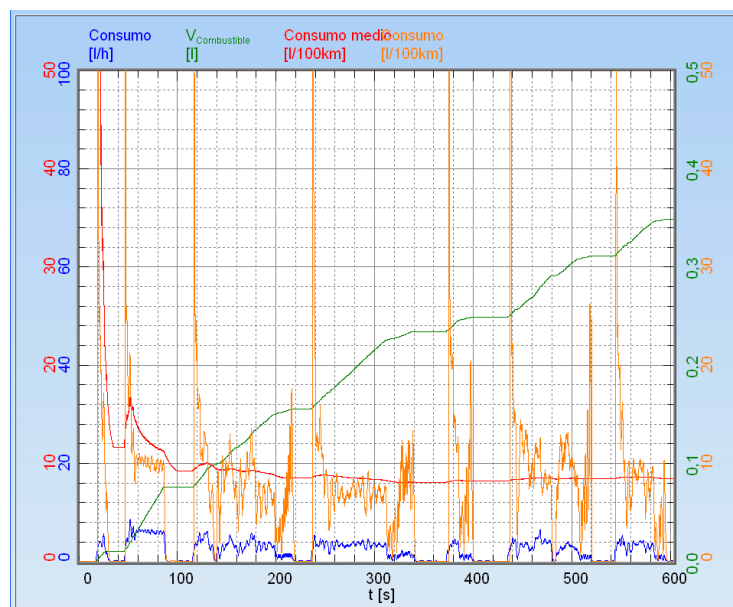


Figura 3.26: Valores de medición de consumo de combustible.

3.8. Comparación entre tipos de conducción.

Los datos obtenidos en las pruebas, siguiendo el ciclo de conducción de forma normal y simulando el sistema *Start-Stop*, muestran, un ahorro de combustible notable al emplear el modo *Start-Stop* como se observa en la Figura 3.27.

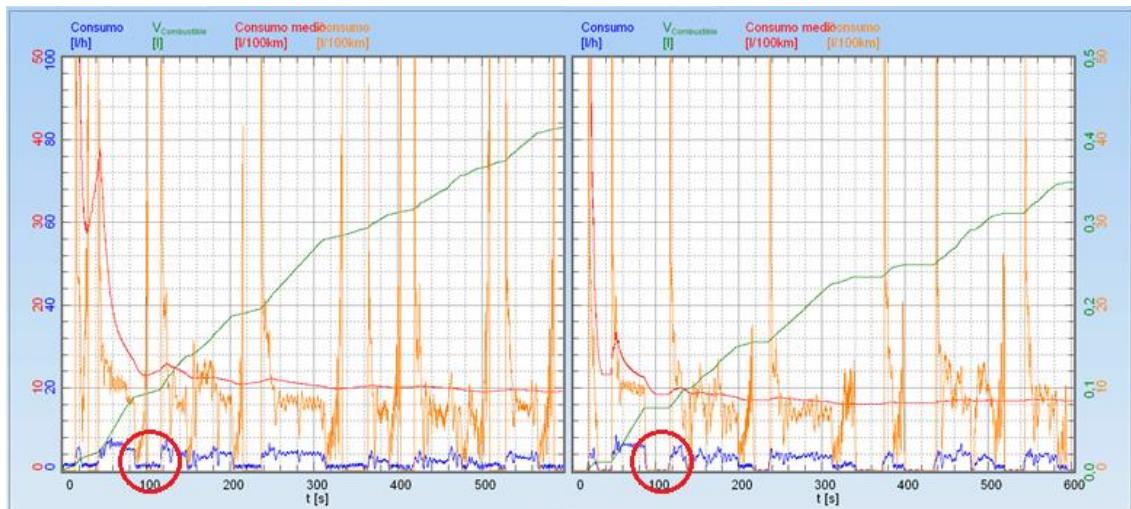
Sin Start-Stop.**Con Start-Stop.**

Figura 3.27: Comparación entre tipos de conducción.

Durante los lapsos en donde la velocidad fue 0 y el vehículo estuvo apagado se ve que el consumo bajo a 0 litros, es decir durante el ciclo de conducción no hubo consumo de combustible en ralentí, el resultado del consumo fue el siguiente:

En promedio el consumo medio de combustible durante las pruebas de manejo normal fue de 9.36 l/100km versus un consumo de 8.04 l/100km simulando el sistema *Start-Stop*, lo que reflejado en galones da un consumo de 2.01 gal/100km simulando el sistema *Start-Stop* y un consumo de 2.34 gal/100km con un manejo convencional, como muestra la Figura 3.28.

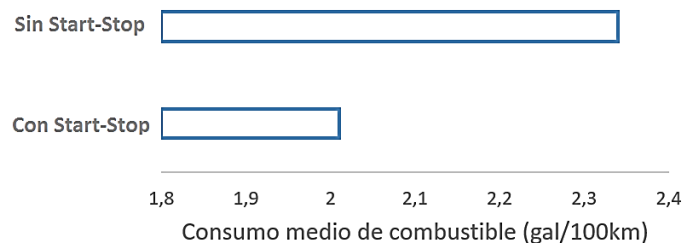


Figura 3.28: Promedio consumo medio de combustible conducción normal – *Start-Stop*.

La autonomía que genera la conducción simulando el sistema *Start-Stop* es de 49.76 km/gal, versus los 42.74 km/gal que llega el manejo normal, esta autonomía se muestra en la Figura 3.29.

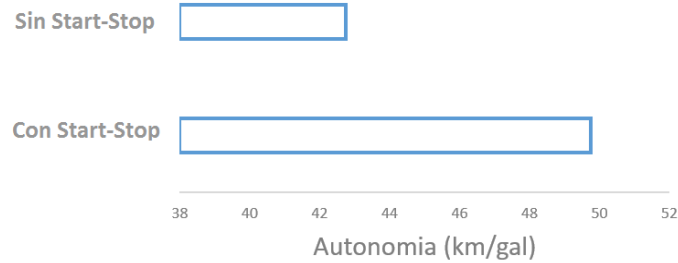


Figura 3.29: Autonomía conducción normal – *Start-Stop*.

3.9. Análisis estadístico.

Al realizar el análisis estadístico de las mediciones obtenidas, utilizando la ecuación 14 de intervalos de confianza se determinara el consumo máximo y mínimo, al comparar el modo de manejo con *Start-Stop* y sin *Start-Stop*.

$$IC = \bar{X} \pm \frac{T\sigma}{\sqrt{n}} \quad (\text{Ec.14})$$

Donde $\bar{X}$ (gal) promedio de consumo de combustible, T muestra (Webster, 2000), σ varianza, n número de muestras, la varianza se determina de acuerdo a la ecuación 15.

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n} \quad (\text{Ec.15})$$

Con un intervalo de confianza de 95% basándose en el consumo promedio de combustible, se puede determinar que el consumo simulando el sistema *Start-Stop* fue de $2,01 \pm 0,12$ gal/100km, mientras, el consumo generado sin *Start-Stop* fue de $2,34 \pm 0,12$ gal/100.

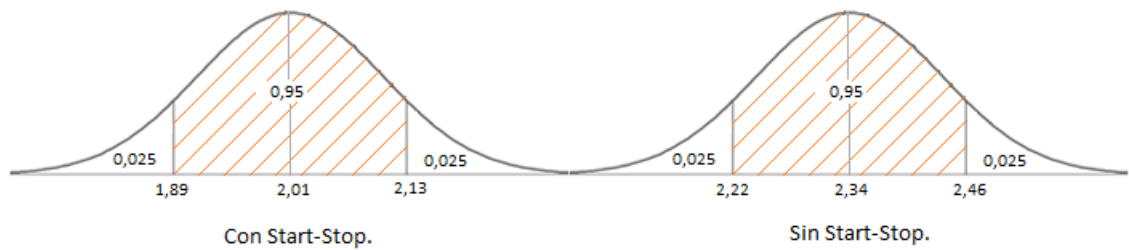


Figura 3.30: Intervalo de confianza de 95%.

De acuerdo a la Figura 3.30, en base al promedio de consumo de combustible, el consumo máximo generado con *Start-Stop* fue de 2,13 gal/100km, mientras tanto, el consumo máximo sin el sistema fue de 2,46 gal/100km, notándose así un ahorro al simular el sistema, el porcentaje de reducción del consumo de combustible se ilustra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Porcentaje de reducción del consumo medio de combustible.

Porcentaje de reducción del consumo medio de combustible.	
Manejo con <i>Start-Stop</i> /sin <i>Start-Stop</i> .	13.41%

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- En esta tesis se determinó la reducción en consumo de combustible en los taxis de la ciudad de Cuenca, simulando un sistema *Start-Stop* de acuerdo a un ciclo típico de conducción.
- Se investigó el sistema *Start-Stop* sabiendo que, éste interrumpe el funcionamiento del motor térmico al detectar una parada y lo vuelve a poner en funcionamiento automáticamente cuando se quiere continuar la marcha.
- Se elaboró una base de datos de los taxis (3945 unidades) que conforman la “Unión de Taxistas del Azuay” de la cual se determinó que el modelo Accent de la marca Hyundai, es el más utilizado con un 35% del total de unidades.
- Se utilizó el ciclo de conducción típico de la ciudad de Cuenca – carreras medianas, capaz de emular las condiciones sobre el volante de los taxistas. Este ciclo cuenta con un tiempo de parada (velocidad cero) de 155 segundos, una velocidad máxima de 60km/h y una duración de 600 segundos.
- Utilizando este ciclo se realizó pruebas en dos escenarios: a) sin sistema *Start-Stop* y b) simulando el sistema *Start-Stop* (se apagó el vehículo cada vez que la velocidad llegó a cero), así se midió el consumo de combustible, comparando los resultados obtenidos sin *Start-Stop* y con *Start-Stop*, teniendo un 13,41% de ahorro de combustible simulando el sistema.
- El resultado obtenido, es muy cercano a los resultados arrojados en los ensayos de *Start-Stop* realizados en España, teniendo en cuenta que en el ensayo 1 se generó un ahorro de combustible de 12% y en el ensayo 2, según el nuevo ciclo de conducción europeo, este ahorro se encuentra entre el 8% y 15%.
- La utilización de un sistema *Start-Stop* además de ahorrar combustible, disminuye las emisiones contaminantes al apagar el motor cuando el vehículo se encuentra detenido, generando así 0% de emisiones.

Recomendaciones

Al finalizar esta investigación se obtuvieron datos positivos de ahorro de combustible que se generaría en los taxis de la ciudad de Cuenca al utilizar un sistema Start-Stop, por lo cual se puede continuar con este tema desarrollando las siguientes temáticas:

- Implementar el sistema *Start-Stop*.
- Realizar pruebas de emisiones contaminantes durante el ciclo de conducción de la ciudad de Cuenca con un sistema *Start-Stop*.
- Efectuar pruebas de consumo de combustible en distintos tipos de vehículos, que utilizarían un sistema *Start-Stop*.
- Establecer un estudio de costos del impacto que generaría al implementar el sistema *Start-Stop* en los taxis de la ciudad de Cuenca.

BIBLIOGRAFÍA

- Agudo, D. (2013). LA IMPORTANCIA DEL CRUCE DE VÁLVULAS Y LA INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA. *Revistamotor*, 1-2.
- Argentino, R. (2014). *Valores de la densidad del aire para alturas varias*. Obtenido de Reglamento Argentino de accion del viento sobre las construcciones.: <http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/102/comentarios/tablasC102.pdf>
- Audi. (13 de Diciembre de 2013). *Audi S6*. Obtenido de Cylinder on demand.
- Bejerano, P. G. (26 de Abril de 2013). *Blogthinkbig.com* . Obtenido de Motores de compresión variable, el futuro del ahorro de combustible: <http://blogthinkbig.com/motores-compresion-variable/>
- BOSCH Innovación para tu vida. (01 de junio de 2015). *Sistema Start/Stop*. Obtenido de Piezas de Automoviles Bosch: http://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories/motor_and_sytems/start_stop_system/overview_start_stop_sytem_1.html
- British Petroleum. (Junio de 2014). *BP Statistical Review*. Obtenido de bp.com/statisticalreview: <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>
- Carley, L. (24 de Enero de 2014). *Engine Builder*. Obtenido de The Inner Workings of Variable Valve Timing.
- Cevallos, J. (15 de Abril de 2015). *Estimacion del consumo de combustibles en el transporte terrestre en Ecuador*. Obtenido de CEPROEC Documento de trabajo 2015_05.
- Dani, M. (2014). *Cajas de cambio de variador continuo CVT*. Obtenido de Aficionados a la mecanica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios9.htm>
- Dávalos, D. (2016). *Ciclo de conduccion tipico para taxis de la ciudad de Cuenca*. Cuenca.

DieselNet. (1 de Julio de 2014). *ECE 15 + EUDC/NEDC*. Obtenido de Emission test cycles.

Dirección de Comunicación Social, Z. (13 de Agosto de 2014). *TRANSPORTE SEGURO CON RESULTADOS POSITIVOS EN AZUAY*. Obtenido de Agencia Nacional de Transito: http://www.ant.gob.ec/index.php/component/content/article/65-noticias-2/boletines-azuay/849-transporte-seguro-con-resultados-positivos-en-azuay#.VEmwW_mG-So

Distrito21. (08 de Noviembre de 2013). *Distrito 21*. Obtenido de Audi Cylinder on Demand: <http://www.distrito-21.com/2013/11/08/la-tecnologia-cylinder-on-demand-de-audi-ya-disponible/>

Economia, E. R. (5 de Julio de 2014). *Según British Petroleum el petróleo se acabará en 2067*. Obtenido de ESPECTADOR.COM: <http://www.espectador.com/economia/294891/segun-british-petroleum-el-petroleo-se-acabara-en-2067>

EMOV-EP. (2007). *Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca*. Obtenido de Red de monitoreo de calidad de aire.

EMOV-EP. (2009). *Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca*. Obtenido de Red de monitoreo de calidad de aire.

EPPetroecuador. (2013). *Anual Report 2012*. Obtenido de <http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/archivo/ep002688.pdf>

Fonseca Gonzales, N., Casanova Kindelán, J., & Espinosa Zapata, F. (2010). *Estudio de la influencia de los sistemas Stop/Start*.

Garrido, A. (22 de Junio de 2010). *e-HDi, o como PSA reduce aun mas sus consumos*. Obtenido de motor.es: <http://www.motor.es/noticias/e-hdi-o-como-psa-reduce-aun-mas-sus-consumos-y-emisiones.php>

Gonzales. (25 de Enero de 2014). *Ingenieria mecanica aerodinamica en camiones, un ferrari de los pesos pesados*. Obtenido de Motor en marcha: <http://motorenmarcha.com/aerodinamica-en-camiones/>

- INEN. (10 de diciembre de 2014). *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*. Obtenido de Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17 025:2006.
- INEN, I. E. (2009). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204:2002*. Obtenido de Gestion Ambiental, Aire, Vehiculos Automotores.: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2204.2002.pdf>
- Infante, J. A. (2013). *Sistema Strat&Stop - Stop&Start*. Obtenido de Tecnologia del automovil:
file:///C:/Users/Toshiba/Desktop/TESIS/paginas%20web/JAIcar.com%20-%20Sistema%20Start%20%26%20Stop%20-%20Stop%20%26%20Start;%20que%20es%20y%20como%20funciona.html
- Jimenez, I. (4 de Junio de 2007). *Transferencia tecnológica sobre las nuevas tecnologías aplicadas en las cajas de velocidades utilizadas en vehiculos livianos*. Obtenido de Instituto nacional de aprendizaje.: http://www.ina.ac.cr/mecanica_de_vehiculos.pdf
- Marimán, A. (12 de Julio de 2013). *Tecnologías que mejoran el consumo de combustible*. Obtenido de TOP10: www.autocosmos.com
- Mitsubishi. (17 de Marzo de 2016). *Mitsubishi Motors*. Obtenido de Indicador de cambio de marcha: <http://www.mitsubishi-motors.es/medio-ambiente/cleartec/indicador-cambio-marcha/#!>
- motores, M. y. (20 de Septiembre de 2012). *Mecanica Y motores*. Obtenido de Uso de los Dinamómetro.: <http://www.mecanicaymotores.com/el-uso-de-los-dinamometros.html>
- Narvaez, D. R. (2011). *Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca*. Cuenca-Ecuador. Obtenido de Red de monitoreo de calidad de aire.
- Paladini, B. (25 de Octubre de 2012). *Recursos, energía, crecimiento económico y deuda*. Obtenido de Movilidad sostenible, ecológica y decrecimiento: <http://menospetroleo.blogspot.com/2012/10/recursos-energia-crecimiento-economico.html>

- Practice, S. V. (abril de 1995). *Chasis Dynamometer Simulation of Road Load Using Coastdown Techniques*. Obtenido de SAE J2264.
- Practice, S. V. (enero de 2014). *Drive Quality Evaluation for Chassis Dinamometer*. Obtenido de SAE J2951.
- Roncero, A. (08 de Noviembre de 2013). *El sistema de desconexión de cilindros de Audi, también el A8 y W12*. Obtenido de Comparación de coches.: <http://www.auto10.com/actualidad/el-sistema-de-desconexion-de-cilindros-de-audi-tambien-en-el-a8-w12/4583>
- Secundaria, I. (12 de Agosto de 2013). *Blog de divulgación científica, tecnológica y de ideas no principales*. Obtenido de Que son y que demuestran los ciclos de conducción?:
file:///C:/Users/Toshiba/Desktop/TESIS/paginas%20web/%BFQu%E9%20son%20y%20qu%E9%20demuestran%20los%20ciclos%20de%20conducci%F3n%20%20(Parte%20I)%20~%20Idea%20secundaria.html
- SRI. (11 de Octubre de 2015). *Matriculación Vehicular*. Obtenido de Servicio de Rentas Internas: <https://declaraciones.sri.gob.ec/mat-vehicular-internet/reportes/general/valoresAPagar.jsp>
- Standard, I. (01 de octubre de 2006). *Road Vehicles-Road Load-Part 1: Determination under reference atmospheric conditions*. Obtenido de Norma ISO 10521-1.
- Toyota, E. (29 de Febrero de 2012). *motorpasion*. Obtenido de ¿Por qué elegir neumáticos de baja resistencia a la rodadura?: <http://www.motorpasion.com/espaciotoyota/por-que-elegir-neumaticos-de-baja-resistencia-a-la-rodadura>
- Universidad de Cuenca. (25 de Julio de 2014). Estudio técnico para la determinación de los factores que inciden para el cálculo y fijación de la tarifa básica para los taxis convencionales que circulan en la ciudad de Cuenca y sus tarifas referenciales. *Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Valeo. (13 de Septiembre de 2005). *Start-Stop: innovating for driving pleasure*., Obtenido de <http://www.valeo.com/en/journalists/press-releases/archives.html>

- Valeo Service España S.A. (2012). *Manual Tecnico - Stars Valeo*. Obtenido de Boletín Tecnico: www.valeoservice.com/html/spain/es
- Vega, J. (06 de Mayo de 2015). *cochesgt.com*. Obtenido de Porsche patentará el fin del retraso del turbo.: <http://www.cochesgt.com/2015/05/06/porsche-patenta-fin-del-retraso-del-turbo/>
- Viñuela, S. (29 de Octubre de 2011). *Sistema Start-Stop, prueba real de ahorro de combustible*. Obtenido de AutoBild: www.autobild.com
- Webster, A. L. (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Santa Fe: Mc Graw Hill.
- Xiaoyan Zhu, A. G.-D. (15 de Diciembre de 2014). *Vehicle fuel consumption minimization in routing over dimensioned and overweight truck in capacitated*. Obtenido de Journal of Cleaner Production.
- Zapateria, O. (Enero-Marzo de 2010). *Sistema start-stop*. Obtenido de Centro-Zaragoza: http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R43_A6.pdf