



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ESTUDIO DE LA GESTIÓN ELECTRÓNICA DE UN VEHÍCULO**  
**AUDI Q5 CON SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA**  
**ESTRATIFICADA DE GASOLINA CON TURBO ALIMENTACIÓN**  
**(TFSI), EN DIFERENTES CONDICIONES.**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR:**

**FREDY ALEXANDER CARRIÓN RAMOS**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ESTUDIO DE LA GESTIÓN ELECTRÓNICA DE UN VEHÍCULO  
AUDI Q5 CON SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA  
ESTRATIFICADA DE GASOLINA CON TURBO ALIMENTACIÓN  
(TFSI), EN DIFERENTES CONDICIONES.**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR:** FREDY ALEXANDER CARRIÓN RAMOS

**DIRECTOR:** ING. JUAN CARLOS CASTELO VALDIVIESO

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Fredy Alexander Carrión Ramos

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

Yo, Fredy Alexander Carrión Ramos, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 8 de diciembre de 2023





**Fredy Alexander Carrión Ramos**

**172331550-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **ESTUDIO DE LA GESTIÓN ELECTRÓNICA DE UN VEHÍCULO AUDI Q5 CON SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA ESTRATIFICADA DE GASOLINA CON TURBO ALIMENTACIÓN (TFSI), EN DIFERENTES CONDICIONES**, realizado por el señor: **FREDY ALEXANDER CARRIÓN RAMOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Milton Israel Quinga Morales <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-12-08
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-08
Ing. Ángel José Quevedo Ríos <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-08

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar el Trabajo de Integración Curricular, en primer lugar, a Dios y a la Virgen del Cisne porque me supieron dar conocimiento, fortaleza y salud; para salir adelante a pesar de las adversidades que se presentaron en el día a día durante la vida universitaria. De la misma manera agradecer a mi Padre Fredy Carrión Soto por ser el pilar fundamental dentro de mi crecimiento, que a pesar de los golpes que nos dio la vida supo enseñarme y guiarme por el camino de bien, así mismo a toda mi familia paterna como materna. A Katia Gaibor que supo llegar a mi vida para cumplir un papel muy fundamental como madre; a mis hermanos Daniel Carrión Ramos y Renata Carrión Gaibor, decirles que esto es por ustedes que son el motor que tengo en mi vida y que los amo con mi vida. A mi abuelita Gladys Soto por haberme acogido y amarme en los momentos más difíciles de mi vida. Finalmente, mi Señora Madre, Emma Ramos Zambrano que me enseñaste los valores de la vida a una corta edad y lastimosamente tuviste que partir de este mundo para guiar e iluminar mi camino desde el cielo.

Fredy Carrión Ramos

## **AGRADECIMIENTO**

A mi querida Alma Máter la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que me abrió las puertas para formarme como profesional y, sobre todo formarme para la vida. Así mismo a mi Padre Fredy Carrión Soto por esas palabras de apoyo a pesar de mis errores. Agradecer a mis tías y tíos Nelly, Blanca, Yeco, Pilar, Ceci, Adelita, Wellington; mis primos Carlos, Taty, Yajaira, Bryan, Xiomara; porque siempre tuvieron una palabra, consejo de aliento en el momento más indicado no me queda más que decirles que los llevo en mi corazón. Finalmente, a mi tío Carlos Romero que lamentablemente tuviste que partir hacia el cielo pero que hasta el último día hubo consejos y palabras diciéndome no te rindas sigue adelante a pesar de no llevar mi sangre.

Fredy Carrión Ramos

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
RESUMEN .....	xiv
SUMMARY .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Planteamiento del Problema. ....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Limitaciones y delimitaciones. ....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.1 Limitaciones. ....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2 Delimitaciones. ....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Problema General de Investigación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Problemas Específicos de Investigación. ....</b>	<b>5</b>
<b>1.5 Objetivos.....</b>	<b>5</b>
<b>1.5.1 Objetivo General. ....</b>	<b>5</b>
<b>1.5.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>6</b>
<b>1.6 Justificación.....</b>	<b>6</b>
<b>1.6.1 Justificación Teórica.....</b>	<b>6</b>
<b>1.6.2 Justificación Metodológica.....</b>	<b>7</b>
<b>1.6.3 Justificación Práctica. ....</b>	<b>7</b>
<b>1.7 Hipótesis. ....</b>	<b>8</b>
<b>1.7.1 Hipótesis de Investigación. ....</b>	<b>8</b>
<b>1.7.2 Hipótesis Nula.....</b>	<b>8</b>



## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Referencias Teóricas.....</b>	<b>9</b>
<i>2.1.1</i>	<i>Sistema de inyección directa.....</i>	<i>9</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Downsizing.....</i>	<i>10</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Sistema TFSI.....</i>	<i>11</i>
<i>2.1.4</i>	<i>Sensores principales del MCI.....</i>	<i>11</i>
<i>2.1.4.1</i>	<i>Sensor de Oxígeno – Convertidor Pre y Post Catalítico.....</i>	<i>12</i>
<i>2.1.4.2</i>	<i>Sensor MAF (Digital).....</i>	<i>12</i>
<i>2.1.4.3</i>	<i>Sensor CKP (Inductivo).....</i>	<i>13</i>
<i>2.1.4.4</i>	<i>Sensor CMP.....</i>	<i>14</i>
<i>2.1.4.5</i>	<i>Sensor ECT.....</i>	<i>14</i>
<i>2.1.4.6</i>	<i>Sensor APP.....</i>	<i>15</i>
<i>2.1.4.7</i>	<i>Sensor de Presión del Riel de Combustible.....</i>	<i>16</i>
<i>2.1.5</i>	<i>Actuadores principales del MCI.....</i>	<i>16</i>
<i>2.1.5.1</i>	<i>Inyector.....</i>	<i>17</i>
<i>2.1.5.2</i>	<i>Bobina COP.....</i>	<i>17</i>
<i>2.1.5.3</i>	<i>Válvula de control de distribución variable.....</i>	<i>18</i>
<i>2.1.5.4</i>	<i>Cuerpo de aceleración electrónico.....</i>	<i>18</i>
<i>2.1.6</i>	<i>Modos de trabajo del vehículo.....</i>	<i>19</i>
<i>2.1.6.1</i>	<i>Modo estratificado.....</i>	<i>19</i>
<i>2.1.6.2</i>	<i>Modo homogéneo.....</i>	<i>20</i>
<i>2.1.6.3</i>	<i>Pobre homogéneo.....</i>	<i>21</i>
<i>2.1.6.4</i>	<i>Estratificado homogéneo.....</i>	<i>22</i>
<i>2.1.6.5</i>	<i>Antidetonante homogéneo.....</i>	<i>22</i>
<b>2.2</b>	<b>Antecedentes de la Investigación.....</b>	<b>23</b>

## CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Enfoque de investigación.</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>Nivel de la investigación.</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3</b>	<b>Diseño de la investigación.</b> .....	<b>28</b>
<b>3.4</b>	<b>Tipo de estudio.</b> .....	<b>29</b>
<b>3.4.1</b>	<i>Estudio descriptivo.</i> .....	<b>30</b>
<b>3.5</b>	<b>Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra.</b> .....	<b>30</b>
<b>3.5.1</b>	<i>Población</i> .....	<b>30</b>
<b>3.5.2</b>	<i>Muestra.</i> .....	<b>31</b>
<b>3.6</b>	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación.</b> .....	<b>31</b>
<b>3.6.1</b>	<i>Transductor de presión Pico WPS500.</i> .....	<b>33</b>
<b>3.6.2</b>	<i>Osciloscopio MaxiScope MP408.</i> .....	<b>34</b>
<b>3.6.3</b>	<i>Scanner automotriz VCDS.</i> .....	<b>36</b>
<b>3.6.4</b>	<i>Pinza amperimétrica AUTEL SA253.</i> .....	<b>37</b>
<b>3.6.5</b>	<i>Condición estática.</i> .....	<b>38</b>
<b>3.6.6</b>	<i>Condición dinámica.</i> .....	<b>38</b>

#### **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>Comportamiento estático de sensores y actuadores principales del MCI</b> .....	<b>40</b>
<b>4.2</b>	<b>Comportamiento estático de sensores y actuadores principales del MCI</b> .....	<b>45</b>
<b>4.3</b>	<b>Comparativa de los oscilogramas de las pruebas estáticas y dinámicas.</b> .....	<b>52</b>

#### **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>MARCO PROPOSITIVO</b> .....	<b>54</b>
<b>5.1</b>	<b>Nuevas líneas de investigación.</b> .....	<b>54</b>

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b> Variables dependientes e independientes, para establecer la investigación. ....	29
<b>Tabla 3-2:</b> Especificaciones del vehículo Audi Q5. ....	33
<b>Tabla 3-3:</b> Especificaciones técnicas del Transductor de Presión WPS 500. ....	34
<b>Tabla 3-4:</b> Especificaciones técnicas del Osciloscopio Maxiscope MP408. ....	35
<b>Tabla 3-5:</b> Características del Scanner VCDS. ....	36
<b>Tabla 3-6:</b> Especificaciones técnicas de la Pinza Amperimétrica AUTEL SA253. ....	37
<b>Tabla 4-1:</b> Detalle del ciclo de trabajo que realiza el vehículo. ....	41
<b>Tabla 4-2:</b> Datos en vivo Scanner VCDS, con un rango del $\pm 20\%$ del sensor APP. ....	45
<b>Tabla 4-3:</b> Datos en vivo Scanner VCDS, con un rango del $\pm 40\%$ del sensor APP. ....	47
<b>Tabla 4-4:</b> Datos en vivo Scanner VCDS, con un rango del $\pm 60\%$ del sensor APP. ....	48
<b>Tabla 4-5:</b> Datos en vivo Scanner VCDS, con un rango del $\pm 80\%$ del sensor APP. ....	49
<b>Tabla 4-6:</b> Datos en vivo Scanner VCDS, al máximo porcentaje del sensor APP. ....	50
<b>Tabla 4-7:</b> Comparativa de las diferentes pruebas obtenidas tanto estática como dinámica. ....	52

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES


<b>Ilustración 2-1:</b> Inyección Directa. ....	9
<b>Ilustración 2-2:</b> Diagrama del sistema TFSI. ....	10
<b>Ilustración 2-3:</b> Diagrama del sistema TFSI. ....	11
<b>Ilustración 2-4:</b> Oscilograma del Sensor de Oxígeno.....	12
<b>Ilustración 2-5:</b> Oscilograma del Sensor CKP. ....	13
<b>Ilustración 2-6:</b> Oscilograma del Sensor CMP. ....	14
<b>Ilustración 2-7:</b> Oscilograma del Sensor ECT. ....	15
<b>Ilustración 2-8:</b> Oscilograma del Sensor APP.....	16
<b>Ilustración 2-9:</b> Bobina COP. ....	18
<b>Ilustración 2-10:</b> Modos de trabajo de un MCI a inyección directa. ....	19
<b>Ilustración 2-11:</b> Modo estratificado.....	20
<b>Ilustración 2-12:</b> Modo homogéneo.....	21
<b>Ilustración 2-13:</b> Modo pobre homogéneo.....	21
<b>Ilustración 2-14:</b> Modo estratificado homogéneo. ....	22
<b>Ilustración 2-15:</b> Modo antidetonante homogéneo.....	23
<b>Ilustración 3-1:</b> Proceso del enfoque cuantitativo. ....	27
<b>Ilustración 3-2:</b> Parque automotor en el Ecuador.....	30
<b>Ilustración 3-3:</b> Protocolo experimental para la presente investigación.....	32
<b>Ilustración 3-4:</b> Vehículo pruebas.....	32
<b>Ilustración 3-5:</b> Transductor de presión WPS 500. ....	34
<b>Ilustración 3-6:</b> Osciloscopio Maxiscope MP408.....	35
<b>Ilustración 3-7:</b> Scanner del Grupo VAG. ....	36
<b>Ilustración 3-8:</b> Pinza Amperimétrica AUTEL SA253. ....	37
<b>Ilustración 4-1:</b> Oscilograma del sensor CKP y CMP, con la señal del transductor de presión.....	40
<b>Ilustración 4-2:</b> Carrera de expansión.....	41
<b>Ilustración 4-3:</b> Carrera de escape. ....	42
<b>Ilustración 4-4:</b> Carrera de admisión. ....	42
<b>Ilustración 4-5:</b> Carrera de compresión.....	42
<b>Ilustración 4-6:</b> Señal del pedal de acelerador. ....	43
<b>Ilustración 4-7:</b> Oscilograma del sensor y actuador de la chapaleta.....	44
<b>Ilustración 4-8:</b> Análisis del modo de trabajo en el que opera cuando el vehículo está en una condición estática. ....	45
<b>Ilustración 4-9:</b> Oscilograma del sensor de la chapaleta, sensor CMP y la señal del inyector; cuando se encuentra a un $\pm 20$ el porcentaje del pedal del acelerador. ....	46

<b>Ilustración 4-10:</b> Oscilograma del sensor de la chapaleta, sensor CMP y la señal del inyector; cuando se encuentra a un $\pm 40$ el porcentaje del pedal del acelerador. ....	47
<b>Ilustración 4-11:</b> Oscilograma del sensor de la chapaleta, sensor CMP y la señal del inyector; cuando se encuentra a un $\pm 60$ el porcentaje del pedal del acelerador.. ....	49
<b>Ilustración 4-12:</b> Oscilograma del sensor de la chapaleta, sensor CMP y la señal del inyector; cuando se encuentra a un $\pm 80$ el porcentaje del pedal del acelerador. ....	50
<b>Ilustración 4-13:</b> Oscilograma del sensor de la chapaleta, sensor CMP y la señal del inyector; cuando se encuentra al máximo el porcentaje del pedal del acelerador. ....	51

## RESUMEN

El avance de la tecnología automotriz ha venido evolucionando para satisfacer diferentes requerimientos por parte de la sociedad como es aumentar par motor, mayor potencia y el ahorro de combustible; cumpliendo todas estas expectativas, pero respetando las normativas que regulan la emisión de gases contaminantes. Es así como se han introducido diferentes tecnologías como es el Downsizing, la cual trata de que los motores sean mucho más pequeños y ligeros pero que estos mismos brinden las mismas características de los motores robustos y grandes que había antiguamente. Entonces la tecnología ya mencionada ha hecho que los motores pequeños hagan uso de sistema de inyección directa y la combine con un turbocompresor, la misma tecnología que se denomina TFSI. Para realizar el estudio de la gestión de inyección del vehículo AUDI Q5 año 2012 para analizar los modos de trabajo cuando el vehículo es expuesto a mayor o menor carga, para la investigación se usó una metodología experimental en la que se analizó oscilogramas del Inyector, Chapaleta, APP y CMP; y estableciendo porcentajes de carga que irán entre  $\pm 20\%$ . Para determinar que modos de trabajo realiza el MCI ya sean: estratificada, estratificada homogénea, pobre homogénea, homogénea y antidetonante homogénea. En donde encontramos pulsos de inyección entre 0.908ms a 4.650ms dependiendo la carga que requería el MCI, por otro lado, se determinó que los modos de trabajo que existen son los siguientes: estratificada homogénea, pobre homogénea, homogénea y antidetonante homogénea. El modo estratificado no se lo pudo determinar porque este modo de trabajo entra en funcionamiento cuando entra en un estado de WOT y las diferentes pruebas que se realizaron fueron en ruta.

**Palabras clave:** <DOWNSIZING> <MODOS DE TRABAJO> <INYECCION DIRECTA>  
<MOTORES MEP> <GRUPO VAG>




15-12-2023  
2228-DBRA-UPT-2023

## SUMMARY

The progress of automotive technology has been evolving to meet various society requirements, such as increasing torque, greater power, and fuel efficiency. It fulfills all these expectations while adhering to regulations that govern the emission of pollutants. It has led to the introduction of various technologies, such as Downsizing, which aims to make engines much smaller and lighter while ensuring that they provide the same characteristics as the robust and large engines of the past. The mentioned technology has enabled small engines to incorporate a direct injection system combined with a turbocharger, the same technology known as TFSI. To conduct the study of the injection management of the 2012 AUDI Q5 vehicle and analyze its operating modes under varying loads, an experimental methodology was employed. The study involved the analysis of oscillograms for the Injector, Throttle, APP (Accelerator Pedal Position), and CMP (Camshaft Position), with load percentages ranging from  $\pm 20\%$  established for the investigation. To determine the operating modes executed by the MCI (Modular Combustion Injection), including stratified, homogeneous stratified, lean homogeneous, homogeneous, and homogeneous pre-detonation. It was found injection pulses ranging from 0.908ms to 4.650ms depending on the load required by the MCI. On the other hand, the existing operating modes are as follows: homogeneous stratified, lean homogeneous, homogeneous, and homogeneous pre-detonation. The stratified mode could not be determined because this operating mode comes into play when the engine is in a Wide Open Throttle (WOT) state, and the various tests conducted were performed under on-road conditions.

**Keywords:** <DOWNSIZING> <OPERATING MODES> <DIRECT INJECTION> <MEP ENGINES> <VAG GROUP>

  
Lic. Patricia Pilar Moyota Amaguaya. Mgs.  
060361101-3



## INTRODUCCIÓN

Los vehículos que cuentan con sistema de inyección directa de gasolina han venido desarrollando desde hace algunos años, pero no han tenido un gran auge en el mercado automotriz por las limitaciones de tecnología y por los altos costos que implica su construcción. Cabe recalcar, que con el pasar de los años los vehículos han sido fabricados con muchas exigencias que cumplan con una mayor potencia y un mejor par motor, pero que eso no implique una mayor contaminación hacia el medio ambiente, sino que a pesar de cumplir con esas mejores también cumpla con la normativa de contaminación.

Es esto por lo que el grupo el Grupo VAG ha sido uno de los pioneros que ha incluido en sus vehículos un sistema de inyección directa que combina con la tecnología TFSI y FSI. Gracias a estas tecnologías se ha notado mejora de la eficiencia del motor, el ahorro de combustible y mucho más la potencia del vehículo debido a que se consigue una evaporación del del combustible en la cámara de combustión, eliminando el calor que existe en el aire de la admisión. De esta manera se da que la compresión aumenta y como resultado una mejor eficiencia en el motor.

Con la investigación que se plantea, se quiere conocer sobre el funcionamiento del Motor De Combustión Interna (MCI) a inyección directa del comportamiento de los sensores y actuadores al exponer al MCI a distintas cargas, siendo el porcentaje del pedal de acelerador y en que carrera del MCI se encuentra actuando el inyector, estableciendo estos dos parámetros como variables principales, dado a que no hay literatura relevante del comportamiento de los sensores y actuadores del MCI al momento de entrar en una condición de ruta a diferentes cargas.

Por eso se plantea estudiar la gestión de inyección que puede llegar a tener el MCI cuando se expone al vehículo a diferentes porcentajes el pedal del acelerador, para determinar los siguientes modos de trabajo, que pueden ser los siguientes: estratificada, estratificada homogénea, pobre homogénea, homogénea y antidetonante homogénea.

En este contexto, a simple vista se a podido observar que el método para determinar los modos de trabajo se basa solo con la lectura que brinda un Scanner Automotriz, analizando los parámetros de sensores y actuadores que se requieren y aplicando a un diagrama del modo de trabajo que brinda el fabricante. A diferencia que ahora se plantea estudiar los modos de trabajo que opera el MCI, con la ayuda de instrumentos como: transductor de presión, osciloscopio, scanner automotriz y pinza amperimétrica.

Con los instrumentos mencionados se estudiará la gestión de inyección de los sensores y actuadores principales del MCI. Evaluando el comportamiento de la chapaleta, el porcentaje del pedal del acelerador y analizar el comportamiento del inyector para saber en qué carrera actúa el mismo.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del Problema.

El control electrónico se encarga del funcionamiento eléctrico del vehículo, para regular las emisiones de gases de escape y evitar exceso de gases nocivos para el ambiente. De tal manera, al pasar de los años se ha venido estudiando el proceso de la unidad de control la cual es alimentada con la información de los diferentes sensores montados en el motor. Hay que recalcar que toda la información que se puede obtener de la gestión electrónica del vehículo se lo realiza de una manera estática (con el vehículo en ralentí) mas no de una manera dinámica o en movimiento.

Por lo cual, no se sabe cómo es el correcto comportamiento de la gestión electrónica en un vehículo a inyección directa en movimiento. En el transcurso de este proceso existen ciertos cambios en los que es importante analizar en gestión electrónica del vehículo tanto de manera estática como de manera dinámica. Por ejemplo, cuando el motor de un vehículo con sistema TFSI, en estado de ralentí opera con una mezcla homogénea, al aumentar la carga en el motor su funcionamiento presenta un estado de transición hasta alcanzar una mezcla de 14.7 gramos de aire por cada gramo de combustible.

Como producto de pasar de un estado a otro; el inyector, bobina, sensor de presión pueden tener cierta variación en su funcionamiento, de la misma manera, los elementos que forman parte de la distribución tales como: el CKP, CMP, árbol de levas, cigüeñal. Se ajusten de cierta forma para que exista un correcto sincronismo y no existan desfases en la distribución. Que no son las mismas al evaluar un vehículo en ralentí a un vehículo que se encuentre en movimiento. Se cree que es necesario indagar a fondo sobre la tecnología TFSI, porque lo que se puede encontrar con respecto al tema es información es muy escasa y si se encuentra información se refiere a que el motor está sometido a condiciones normales, más no el funcionamiento de la gestión electrónica en distintos estados de carga en un motor TFSI.

## **1.2 Limitaciones y delimitaciones.**

### **1.2.1 Limitaciones.**

- El vehículo en el que se realizará las pruebas será un vehículo de laboratorio.
- La instrumentación del vehículo para registrar los oscilogramas de los sensores y actuadores no abarque todas las condiciones de operación del vehículo.
- Al momento de la recolección de oscilogramas no exista una precisión, debido a que se irá controlando dos equipos que serán el osciloscopio y el scanner; y al momento de hacer coincidir un oscilograma con los datos que arroja el scanner pueda existir un desfaz de tiempo.
- Cuando se instrumente el equipo posiblemente se creen falsos contactos que generen problemas al vehículo de realizar la recolección de oscilogramas, teniendo en cuenta que el osciloscopio que se usa posee una tierra común para todos los canales; y esto puede provocar códigos de avería hasta que se llegue a apagar el vehículo.

### **1.2.2 Delimitaciones.**

- El estudio básicamente se centrará en el análisis de los actuadores y sensores principales del motor de combustión interna de los vehículos a inyección directa con tecnología TFSI y FSI del Grupo VAG.
- Debido a que, las pruebas se la realizarán en un vehículo de laboratorio al mismo que se lo poner en condiciones de óptimo funcionamiento y condiciones de falla, las pruebas solo se realizarán con el vehículo en condiciones óptimas.
- El estudio será realizado a una altura de 2700 metros sobre el nivel del mar.
- Para analizar la gestión electrónica del vehículo Audi Q5 con sistema de inyección directa estratificada de gasolina con turbo alimentación, por medio de la instrumentación de los sensores y actuadores principales del motor de combustión interna (MCI). El estudio irá direccionado para determinar cuáles son los modos de trabajo que realiza el vehículo, teniendo en consideración los siguientes aspectos: modo estratificado, modo estratificado homogéneo, modo pobre homogénea, homogénea o antidetonante homogénea.

## **1.3 Problema General de Investigación.**

El parque automotor al pasar de los años ha venido teniendo su evolución, en la cual se puede plantear como base los sistemas a carburador, por el medio se encuentran los sistemas a inyección

indirecta y ahora en la actualidad los nuevos sistemas de inyección directa; este último con sus diferentes avances tecnológicos.

De esta manera el Grupo VAG, ha incorporado a sus sistemas de inyección directa (GDI) diferentes tecnologías y una de ellas es la tecnología TFSI. La misma que brinda muchas prestaciones, pero no se conoce a fondo como es el comportamiento de los sensores y actuadores principales del motor de combustión interna, al momento de pasar a sus distintos modos de trabajo evaluados en diferentes condiciones de operación.

¿Qué comportamiento tendrán los sensores y actuadores del motor de combustión interna de un vehículo con sistema de inyección directa de gasolina estratificada con turbo alimentado (TFSI), cuando se lo exponga a diferentes condiciones de conducción?

#### **1.4 Problemas Específicos de Investigación.**

Una vez determinado el problema general se buscó la manera de realizar la investigación de una manera adecuada y metodológica, en la que principalmente se basa en una instrumentación de los sensores y actuadores principales del motor de combustión interna. Posterior a la instrumentación se realizará el respectivo análisis de los sensores y actuadores, para determinar los modos de trabajo sometiendo a diferentes pruebas estáticas y dinámicas.

- ¿De qué manera se obtendrá información de los oscilogramas cuando el vehículo se encuentre en condición estática y en condición dinámica?
- ¿Cómo se comportarán los sensores principales del motor de combustión interna, cuando el vehículo pase de una condición estática a una condición dinámica?
- ¿Cómo se comportarán los actuadores principales del motor de combustión interna, cuando el vehículo pase de una condición estática a una condición dinámica?
- ¿Cuáles serán las diferencias de los sensores y actuadores principales del motor de combustión interna cuando el vehículo se someta a condiciones estáticas y dinámicas?

#### **1.5 Objetivos.**

##### ***1.5.1 Objetivo General.***

Analizar el sistema de gestión electrónica de un vehículo Audi Q5 con sistema de inyección directa estratificada de gasolina con turbo alimentación (TFSI), mediante la instrumentación del

vehículo con equipos de diagnóstico automotriz para establecer el comportamiento de los sensores y actuadores del motor de combustión interna en condiciones estáticas y dinámicas

### ***1.5.2 Objetivos Específicos.***

- Instrumentar el sistema de gestión electrónica, con la ayuda de equipos automotrices que ayude en la obtención de oscilogramas en condiciones estáticas y dinámicas de operación del vehículo para establecer el comportamiento de sensores y actuadores.
- Estudiar el comportamiento de los sensores principales de control del motor de combustión interna; con instrumentación que ayude a la recolección de oscilogramas en condiciones estáticas y dinámicas.
- Estudiar el comportamiento de los actuadores principales del motor de combustión interna; con instrumentación que ayude a la recolección de oscilogramas en condiciones estáticas y dinámicas.
- Comparar los resultados obtenidos, mediante un análisis de la diferencia que existe en condiciones estáticas y dinámicas que está sometido el vehículo para determinar los parámetros puntuales ofrecidos por la gestión electrónica.

## **1.6 Justificación.**

### ***1.6.1 Justificación Teórica.***

Para llevar en curso el trabajo de investigación en primer lugar hay que saber que los automotores de inyección directa son el futuro más cercano en lo que conlleva al parque automotor. Hay que recalcar que hay marcas que han incorporado la tecnología TFSI. Básicamente se trata de motores que combinan la inyección directa de gasolina y un turbocompresor, de tal manera llegar a tener grandes beneficios como la eficiencia en el motor y un ahorro de combustible, logrando que el vehículo tenga un aumento en su potencia.

Por este motivo, es necesario que sensores y actuadores tengan un correcto funcionamiento, para que en un estado de ralentí funcione lo que se llama mezcla estratificada. Ahora bien, al aumentar el funcionamiento presenta un estado de transición hasta alcanzar una mezcla de 14,7 gramos de aire por cada gramo de combustible, representando una mezcla homogénea.

### ***1.6.2 Justificación Metodológica.***

Por este motivo hay que analizar funcionamiento del vehículo cuando pasa de un estado de ralentí a un estado de movimiento y tenga variaciones de velocidades cuando se encuentre en ruta. Entonces se sabe que de una mezcla estequiométrica cuando el vehículo está en ralentí por medio de un estado de transición pasa a tener una mezcla homogénea cuando el vehículo se encuentre en ruta, pero cuando ocurre este proceso de transición los sensores y actuadores principales del motor de combustión interna tienen cierta variación en su funcionamiento y que en la actualidad la información que existe sobre el tema es muy escasa.

Por eso en el presente trabajo de investigación se indagará a fondo sobre el comportamiento de los sensores y actuadores principales del motor de combustión interna con la ayuda de equipos automotrices (osciloscopio y scanner) que faciliten la obtención de oscilogramas en vivo, y de esta manera conocer las diferencias que existen en los sensores y actuadores.

### ***1.6.3 Justificación Práctica.***

Para realizar la investigación es necesario instrumentar un vehículo a inyección directa con tecnología TFSI, con un osciloscopio y un scanner para obtener una recolección en vivo de los oscilogramas. De esta manera se analizará a fondo el comportamiento de la gestión electrónica del motor de combustión interna para aportar en conocimiento a la sociedad debido a que es una tecnología que ha ingresado al mercado, pero no existe la debida información de los sensores y actuadores principales que actúan en el motor de combustión interna ingrese en un estado dinámico, y puede de ser de gran ayuda a los técnicos que se desenvuelven en el ámbito automotriz tengan más información a la mano el funcionamiento dinámico de la gestión electrónica del motor y no solo de cuando el vehículo se encuentre en un estado de ralentí.

Vale la pena mencionar, que es una tecnología que está abriendo nuevos caminos y estudios, tales como, los vehículos híbridos que si al día de mañana si no se sabe cómo es el verdadero comportamiento no estaremos a la vanguardia y quedaremos relegados de las nuevas tecnologías que vendrán en el mercado.

## **1.7 Hipótesis.**

### ***1.7.1 Hipótesis de Investigación.***

Los motores MEP de inyección directa presentan cambios en la gestión de inyección durante el funcionamiento del motor cuando posee mayor o menor carga.

### ***1.7.2 Hipótesis Nula.***

Los motores MEP de inyección directa no presentan cambios en la gestión de inyección durante el funcionamiento del motor cuando posee mayor o menor carga.



## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

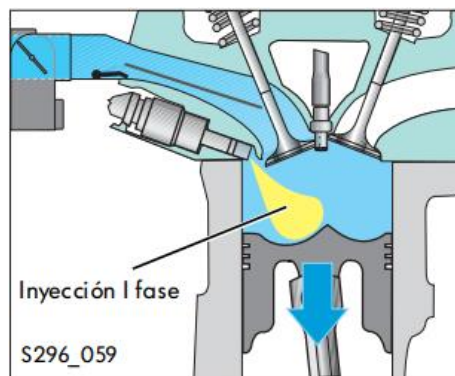
#### 2.1 Referencias Teóricas.

Los procesos de combustión se han venido estudiando a lo largo de los años en especial la evolución que se ha desarrollado en el cilindro. En el caso de los MEP, genera una combustión generando una mezcla de aire-combustible diseñado que sea una mezcla es homogénea. La cual inicia en la bujía, es en donde se genera el frente de llama y posterior a eso se propague por la cámara de combustión.

Dentro de los MEP se han introducido nuevas tecnologías a lo largo de los años de lo que fueron los motores a inyección indirecta con sus distintas configuraciones hasta llegar a implementar motores a inyección directa, cuyas mejoras se pueden llegar a notar en prestaciones, rendimiento y emisiones (Payri & Desantes, 2011, pp. 38).

##### 2.1.1 Sistema de inyección directa.

El sistema de inyección directa en sus inicios era implementado exclusivamente para los motores diésel, sin embargo, ciertos fabricantes comenzaron a fabricar motores con un sistema de inyección directa de gasolina. Este sistema funciona con la ayuda de una bomba de alta presión que almacena el combustible a 120 bares para suministrar el combustible necesario hacia los inyectores, los cuales introducen la gasolina directamente en la cámara de combustión. De esta manera, lo que permite tener un control mucho más preciso de la dosificación de combustible que se requiere, además, se puede llegar a mejorar la eficacia del motor (Alonso J, 2009, pp. 37).



**Ilustración 2-1:** Inyección Directa.

Fuente: VOLKSWAGEN AG, 2013

Para lograr tener una dosificación adecuada y mejorar la eficacia del motor, se puede presentar de dos tipos:

- Teniendo una carga parcial a lo que llamamos (carga estratificada), la cual entra en acción cuando el vehículo utiliza una mezcla pobre (40 gramos de aire por cada gramo de combustible). Inyectando el combustible en la carrera de compresión directamente.
- Alcanzando a inyectar el combustible en su totalidad en la carrera de admisión o inyectando parcialmente en la carrera de admisión, completando la inyección restante en la carrera de compresión; para llegar a obtener una máxima potencia o plena carga a lo que llamamos (mezcla homogénea).

### **2.1.2 Downsizing.**

Downsizing son las nuevas tecnologías que se aplican a los motores para reducir el tamaño y la cilindrada de estos. Con el fin de conseguir bloques más ligeros, menos contaminantes y un menor consumo de combustible; pero, sin renunciar a la potencia.



**Ilustración 2-2:** Diagrama del sistema TFSI.

**Fuente:** Plaza D, 2019

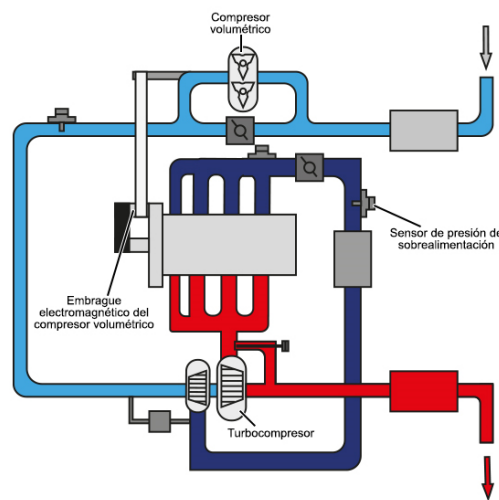
Una de las principales características de este tipo de tecnología es recurrir a alternativas o elementos que los motores posean tales como:

- Turbo.
- Inyección directa.
- Distribución variable.
- Lubricación dosificada.
- Refrigeración en el escape.

El turbo compresor ha sido un gran aliado a la hora de limitar el tamaño de los motores hoy en día, la misma que permite incrementar notablemente la potencia que requieren los motores, sin la necesidad de recurrir a un aumento de la cilindrada. En los motores downsizing, el régimen de giro del turbocompresor se incrementa aún más, llegando a ofrecer cifras cercanas al 250.000 rpm, muy por encima de las 210.000 de los motores de arquitectura tradicional (Plaza D, 2019).

### 2.1.3 Sistema TFSI.

El sistema TFSI, son motores que cuentan con un turbocompresor elevando la eficiencia del motor en conjunto con un ahorro de combustible, asimismo aumentando la potencia del vehículo.



**Ilustración 2-3:** Diagrama del sistema TFSI.

**Fuente:** Martínez A, 2019

La gasolina se inyecta directamente en la cámara de combustión y la cantidad de combustible se regula en milisegundos mediante los inyectores con una presión de 50 a 160 bares. De esta manera, se consigue una evaporación del combustible dentro de la cámara de combustión, ayudando a eliminar el calor existente en el aire de admisión. Teniendo como resultado un aumento de compresión y mejorando la potencia de salida del motor (Martínez A, 2019, pp.19).

### 2.1.4 Sensores principales del MCI.

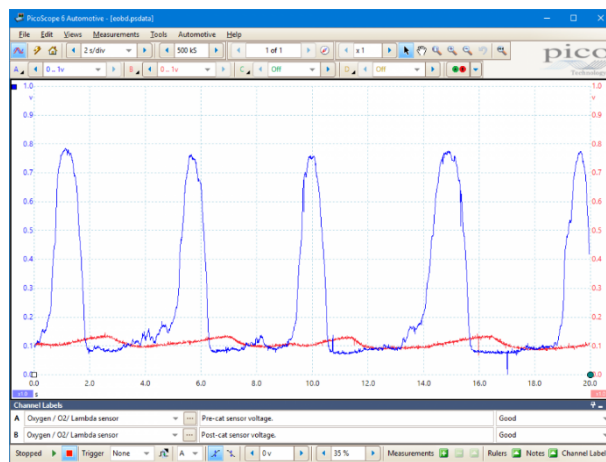
Los sensores en un vehículo tienen la finalidad de transmitir la información a la Unidad de Control (ECU) para monitorear todas las condiciones operativas y verificar si el principio de funcionamiento es el idóneo o está teniendo algún tipo de falla o avería. Cabe recalcar, que los

sensores envían la información a la Unidad de Control la cual se encarga de interpretarlas, y en acto seguido ordenar a los actuadores para que operen bajo los parámetros que requiera el motor de combustión (Pico Technology, s.f.).

#### 2.1.4.1 Sensor de Oxígeno – Convertidor Pre y Post Catalítico.

El Sensor de Oxígeno también se lo conoce como Sensor Lambda. Desempeña un rol significativo en el control de las emisiones de escape en los vehículos que poseen catalizador. El sensor se lo encuentra en el tubo de escape contando con un Pre-Cat y un Post-Cat.

Es un sensor que reacciona al contenido de oxígeno en el sistema de escape, el mismo que produce un pequeño voltaje dependiendo de la mezcla de aire/combustible. Contando con un rango de voltaje entre 0.2 y 0.8 voltios, indicando una mezcla pobre y una mezcla rica correspondientemente (Pico Technology, s.f.).



**Ilustración 2-4:** Oscilograma del Sensor de Oxígeno.

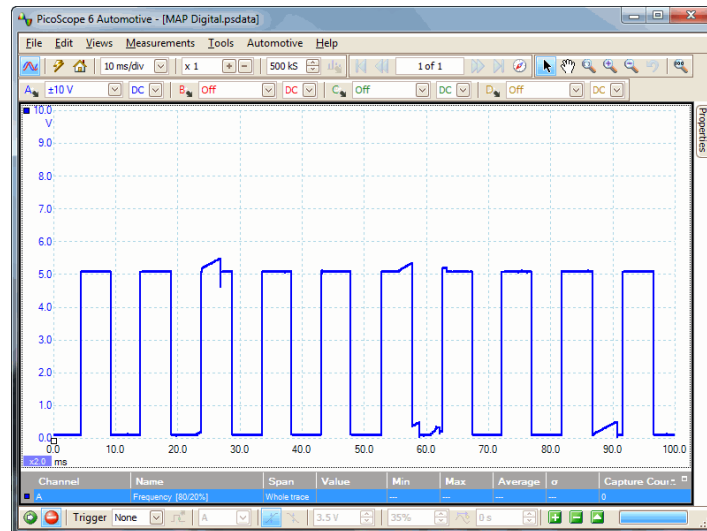
**Fuente:** Pico Technology, s.f.

#### 2.1.4.2 Sensor MAF (Digital).

Los medidores de flujo de aire miden la cantidad de aire filtrado que ingresa al motor. Por lo tanto, la Unidad de Control del motor (ECU) los utiliza como sensor principal de carga del motor, su principio de funcionamiento es muy similar al a los medidores de aire de cable caliente con la diferencia que posee una señal digital.

La señal digital es representada únicamente por niveles de voltaje que vienen dados entre 0 y 5v, por otro lado, el flujo de aire viene representado por una señal de onda modulada por ancho de

pulso PWM que hace referencia a la cantidad de flujo de aire que ingresa al sistema (Pico Technology, s.f.).

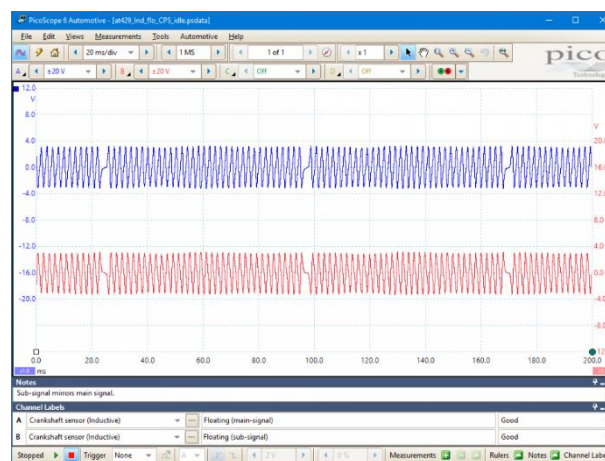


**Ilustración 5-2:** Oscilograma del Sensor MAF.

Fuente: Pico Technology, s.f.

#### 2.1.4.3 Sensor CKP (Inductivo).

El sensor CKP es el que proporciona a la Unidad de Control (ECU), una señal de referencia de sincronización del motor. La ECU lo usa para calcular la posición y velocidad del motor, de tal manera tener un control preciso de la inyección y del encendido. Es un sensor que se encarga de enviar las señales a la Unidad de Control del vehículo, indicando cual es la posición del cigüeñal (Pico Technology, s.f.).



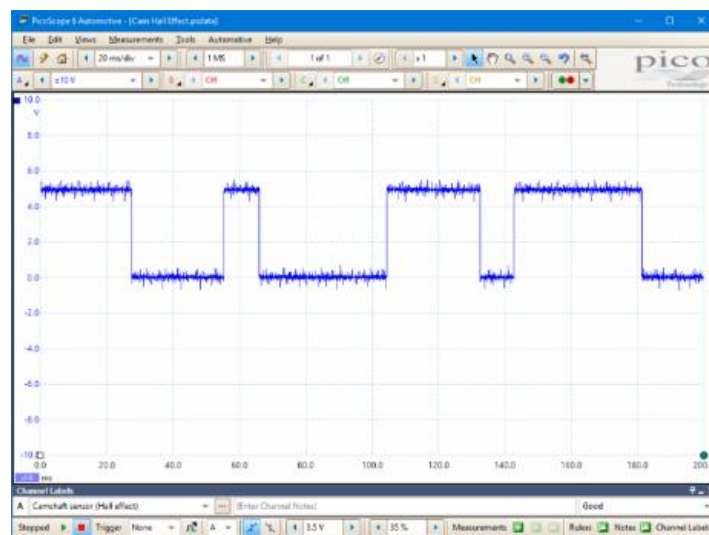
**Ilustración 2-5:** Oscilograma del Sensor CKP.

Fuente: Pico Technology, s.f.

#### 2.1.4.4 Sensor CMP.

Es un sensor que señala una o más posiciones de referencia fijas en el árbol de levas enviando sus respectivas señales a la Unidad de Control, un caso muy común de lo que realiza el sensor es hacerle un seguimiento a la carrera de admisión de cada cilindro. De esta manera, se tiene un control mucho más preciso de la sincronización del encendido.

El sensor tiene un circuito de acondicionamiento incorporado que convierte el voltaje de efecto Hall en una salida de señal digital estable que varía de 0 V a 5 V. Debido a que disipan la corriente, los sensores CMP de efecto Hall requieren bucles de corriente y tierra. El sensor está equipado con una rueda de impulsos. A medida que la rueda de pulsos gira, atraviesa y perturba el campo magnético del sensor para modular el voltaje Hall. En respuesta, la salida del sensor digital cambia de baja a alta de 0 a 5V o de alta a baja de 5 a 0V, según el circuito del sensor. La frecuencia general de la señal dependerá de la velocidad del árbol de levas (Pico Technology, s.f.).

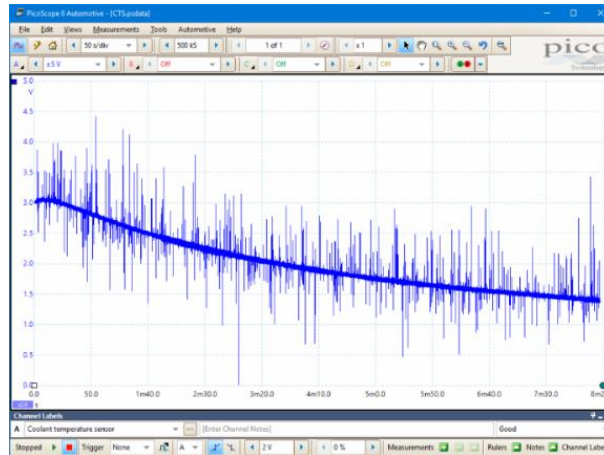


**Ilustración 2-6:** Oscilograma del Sensor CMP.

**Fuente:** Pico Technology, s.f.

#### 2.1.4.5 Sensor ECT.

El sensor ECT proporciona mediciones de la temperatura del refrigerante del motor a la Unidad de Control del motor (ECU) como parte de la unidad de detección de carga del motor. Como tal, es en parte responsable de determinar la velocidad del motor, la sincronización y los requisitos de combustible (Pico Technology, s.f.).



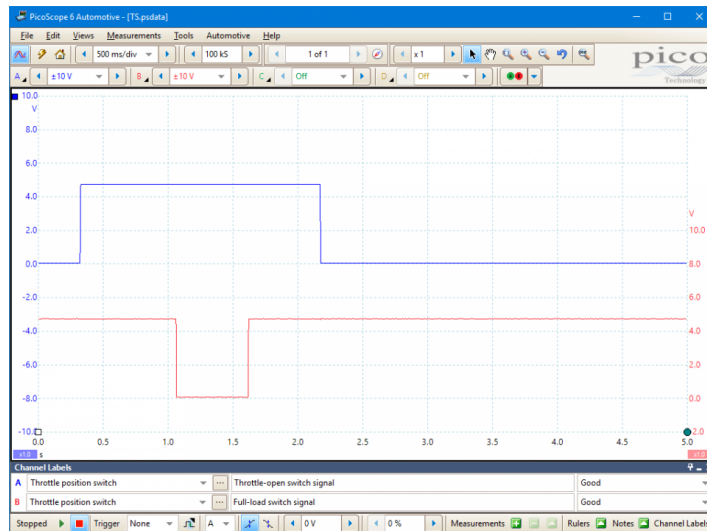
**Ilustración 2-7:** Oscilograma del Sensor ECT.

**Fuente:** Pico Technology, s.f.

La mayoría de los sensores ECT tienen una característica de coeficiente de temperatura negativo (NTC), lo que significa que su resistencia interna disminuye a medida que la temperatura del refrigerante aumenta. Por lo tanto, como se indica en la ilustración 2-8, el voltaje a través del sensor NTC ECT disminuye a medida que disminuye su resistencia. Un sensor de coeficiente de temperatura positivo (PTC) tendrá el comportamiento opuesto. El ECT generalmente estima la temperatura del motor utilizando varios parámetros, como la temperatura ambiente inicial cuando el vehículo está por arrancar, el tiempo de funcionamiento del motor y la carga del motor (Pico Technology, s.f.).

#### 2.1.4.6 *Sensor APP.*

El interruptor de posición del acelerador indica el movimiento y la posición del acelerador al módulo de control del motor (ECM). El conjunto del interruptor está montado en el cuerpo del acelerador y conectado al eje del acelerador. El interruptor de posición del acelerador se puede configurar de muchas maneras diferentes, por lo que es necesario verificar los datos del terminal del fabricante y las especificaciones del interruptor. Sin embargo, los principios generales de funcionamiento son los mismos (Pico Technology, s.f.).



**Ilustración 2-8:** Oscilograma del Sensor APP.

**Fuente:** Pico Technology, s.f.

Dentro de la unidad hay dos conjuntos de interruptores, cada uno con una posición abierta o cerrada. Esto permite señalar tres posibles estados de posición del acelerador, tales como:

- Acelerador cerrado.
- Parte del acelerador abierto.
- Acelerador completamente abierto.

#### 2.1.4.7 *Sensor de Presión del Riel de Combustible.*

El sensor de presión de riel de combustible es el designado a captar la presión de combustible que se encuentra en el riel de un vehículo. Se trata de un sensor pasivo, el mismo se trata de un dispositivo electrónico el cual posee un diafragma que ayuda a modificar la resistencia interna, es decir, la resistencia cambiará en función de las respuestas a los cambios de presión (Mechín E.,2020).

#### 2.1.5 *Actuadores principales del MCI.*

El actuador es un dispositivo mecánico muy esencial en el cual su función principal es de proporcionar una fuerza para hacer actuar o mover, otro dispositivo. De tal manera, un actuador posee tres formas distintas para que pueda ingresar en funcionamiento: presión neumática, presión hidráulica y fuerza motriz. Cabe recalcar que, en este caso el actuador es comandado por una Unidad de Control, la cual se encarga de realizar labores específicas que se ha indicado por



mediante de la unidad lógica. Con el fin de ejecutar tareas en sistemas del motor, tales como, sistemas de seguridad activa y pasiva del vehículo (Leguísamo J, 2016, pp. 53).

#### *2.1.5.1 Inyector.*

Los inyectores GDI pueden entregar combustible con patrones de rociado complejos y múltiples inyecciones por ciclo en la carrera de compresión. Además, el combustible se puede mantener fuera del volumen del cilindro muy cerca del punto de ignición, lo que reduce el riesgo de pre encendido o detonación y permite usar relaciones de compresión más altas mientras se mejora la eficiencia térmica y la producción de combustible.

Dado que la inyección de combustible coincide con la carrera de compresión, la presión de inyección GDI debe ser suficiente para superar la presión en el cilindro que se produce en todas las condiciones de carga del motor. Por lo tanto, el sistema GDI requiere un sistema de suministro de combustible de alta presión de hasta 200 bares, que consta de un riel de combustible común alimentado por una bomba de combustible de alta presión (Leguísamo J, 2016, pp. 64).

#### *2.1.5.2 Bobina COP.*

La Bobina COP es un tipo de bobina que dispone una configuración un tanto diferente a las demás, ya que cumple con la particularidad de que no dispone de cables de alta, es decir, se encuentran ubicadas en la parte superior de cada una de las bujías, con lo mejora la eficiencia de quemado y de la misma manera simplifica la resistencia a la alta tensión.

Por consiguiente, los sistemas de inyección directa (GDI) al igual que los motores que están evolucionando han ido incorporando bobinas que son especialmente diseñadas para extender su duración y aumentar la energía de la chispa. Debido a que, existen motores que se desarrollan en condiciones de mezcla pobre o demasiada recirculación de gas de escape por el EGR, es ahí donde es necesario tener este tipo de bobina (Augeri F, 2016).



**Ilustración 2-9:** Bobina COP.

**Fuente:** Augeri F, 2016

### *2.1.5.3 Válvula de control de distribución variable.*

El fin de las válvulas de control de distribución variable es controlar la distribución del vehículo dependiendo de la solicitud de este ya sea en potencia, par motor. En el caso de AUDI se utiliza el sistema AVS (Audi Valvelift System), el cual es un sistema de alzada de válvulas que mediante un movimiento horizontal o axial.

Para el funcionamiento del sistema variable es necesario que las válvulas de admisión actúen antes de lo establecido, al igual que las válvulas de escape lo realice antes del tiempo de escape. De esta manera, se limpiará residuos al ingresar el aire en cada uno de los cilindros. De tal manera que, la distribución variable proporciona a cada uno de los cilindros la cantidad de aire que requiere, variando mediante mecanismos el caudal de aire de entrada y el tiempo (Aliaga W et al, 2014, pp. 70-75).

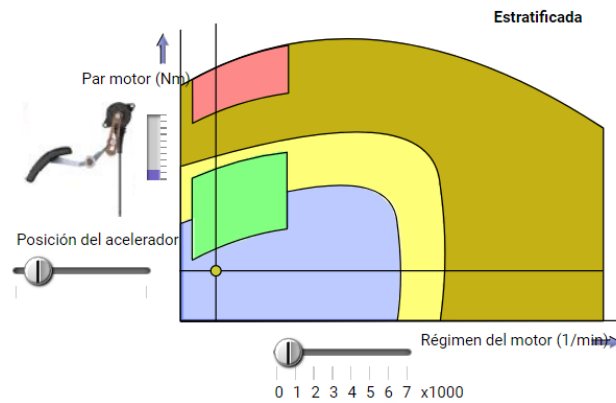
### *2.1.5.4 Cuerpo de aceleración electrónico.*

El cuerpo de aceleración electrónico es una válvula que regula la cantidad de aire que ingresa al motor de combustión interna. La mariposa de aceleración es el elemento que se encarga de la regulación de aire, la cual es accionada por un motor y para lo cual esta cuenta con una interfaz electrónica que tiene comunicación directa con la unidad de control.

El sistema cuenta con un sensor de demanda que genera el conductor conocido como pedal acelerador (sensor de la posición del acelerador APP), el componente cuenta con dos potenciómetros, los cuales emiten señales redundantes la unidad de control, para que determine



combustible, teniendo en consideración que el combustible deberá ser inyectado a una presión de 40-110 bares. (VOLKSWAGEN AG, 2010, pp. 10-18).



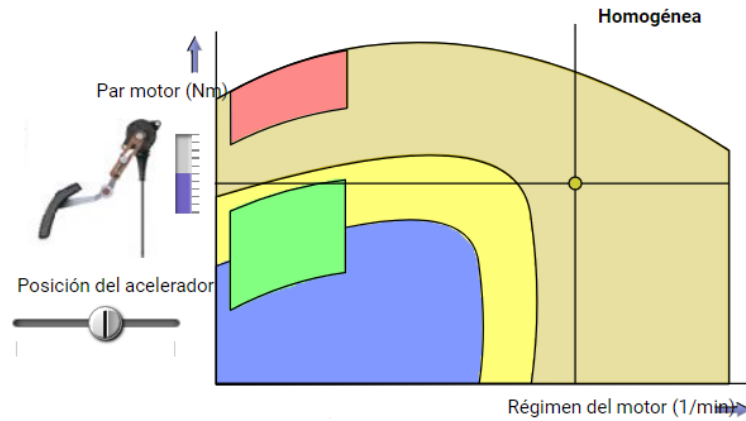
**Ilustración 2-11:** Modo estratificado.

**Fuente:** ELECTUDE BEHEER V, s.f.

#### 2.1.6.2 *Modo homogéneo.*

En el caso que el motor ingrese en un modo de trabajo homogéneo se requiere que la chapaleta en el colector de admisión no ingrese en funcionamiento, para que en la cámara de combustión se produzca el flujo de aire óptimo para garantizar bajos niveles de consumo de emisiones y combustible. Hay que destacar que, a diferencia del modo estratificado, la inyección de combustible se la realiza durante la carrera de admisión.

Dado que la inyección de combustible se la da en la carrera de admisión, permite que la mezcla de aire y combustible posee un tiempo más amplio para poder mezclarse de una manera óptima hasta que se lleve a cabo el proceso de ignición, el proceso de combustión que se lleva a cabo mientras se encuentra en un modo homogéneo tiene lugar en toda la cámara, sin masas de aire aislantes ni masas de aire recirculados (VOLKSWAGEN AG, 2010, pp. 10-18).

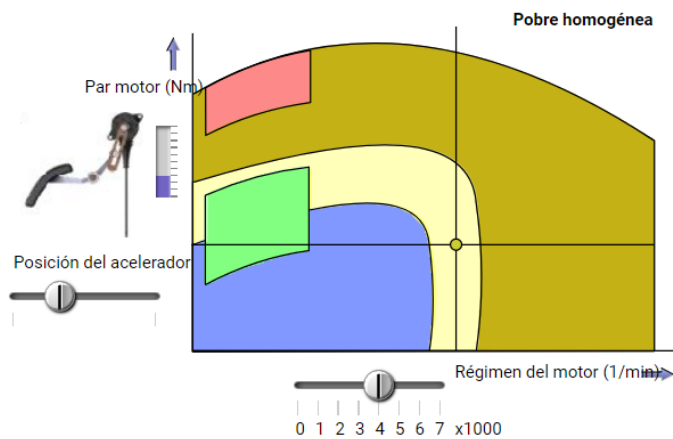


**Ilustración 2-12:** Modo homogéneo.

Fuente: ELECTUDE BEHEER V, s.f.

### 2.1.6.3 Pobre homogéneo.

Cuando se habla de pobre homogéneo se trata corresponde cuando el MCI pasa de una transición entre el modo estratificado a modo homogéneo. Donde la mezcla pobre se encuentra distribuida de una manera uniforme por toda la cámara de combustión. En donde el porcentaje del pedal de aceleración a un 50%, la chapaleta se encuentra accionada y el pulso de inyección se da en la carrera de admisión (Leguísamo J, 2016, pp. 83).

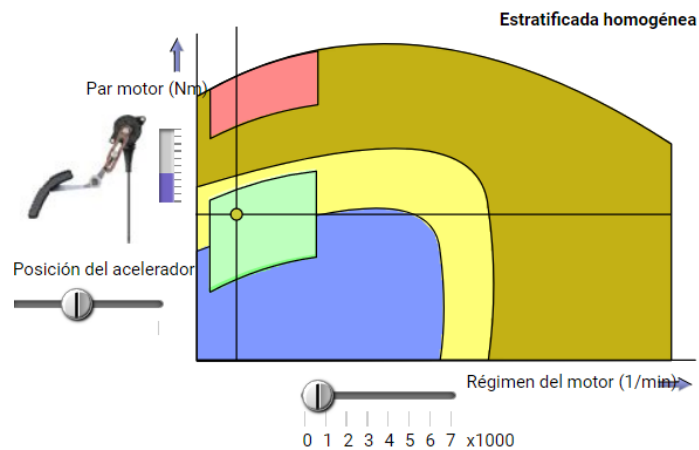


**Ilustración 2-13:** Modo pobre homogéneo.

Fuente: ELECTUDE BEHEER V, s.f.

#### 2.1.6.4 Estratificado homogéneo.

Al momento que el MCI ingrese a un modo de trabajo de estratificado homogéneo, se necesita que el pulso de inyección se dé tanto en carrera de admisión como en la carrera de compresión. Con el pedal de acelerador a un porcentaje del 30% al 50%, además que la chapaleta se encuentre accionada y genere la turbulencia al flujo de masa aire que ingrese a la cámara de combustión (ELECTUDE BEHEER V, s.f.).

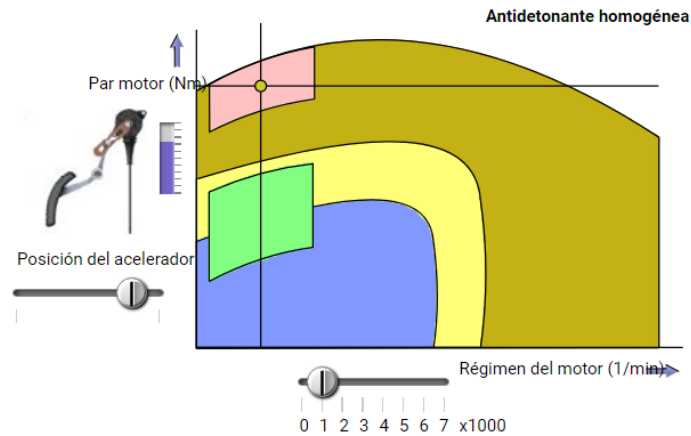


**Ilustración 2-14:** Modo estratificado homogéneo.

**Fuente:** ELECTUDE BEHEER V, s.f.

#### 2.1.6.5 Antidetonante homogéneo.

Para que se produzca un modo de trabajo antidetonante homogéneo por lo general opera cuando el MCI ingresa en una zona específica de carga y velocidad. El riesgo de explosión es mayor cuando el par es alto y la velocidad del motor es baja. En este rango, el motor cambia a combustión antidetonante homogénea para evitar detonaciones (ELECTUDE BEHEER V, s.f.).



**Ilustración 2-15:** Modo antidetonante homogéneo.

**Fuente:** ELECTUDE BEHEER V, 2023.

## 2.2 Antecedentes de la Investigación.

El motor de combustión interna está conformado por un conjunto de mecanismos los mismo que están destinados a recoger y aprovechar la energía que produce la combustión de una mezcla de aire- combustible. La cual es introducida a cada uno de los cilindros del motor para que sea comprimida e inflamada, la misma que generará una presión necesaria para dar movimiento al pistón por medio de una biela hacer girar el cigüeñal y de la misma forma el árbol de levas realice dos vueltas. Cabe recalcar que los motores a gasolina cumplen el principio termodinámico del Ciclo Otto.

De la misma manera el desarrollo de los motores ha ido teniendo su evolución a lo largo de los años de un motor que funcione por medio de un carburado a un motor que su funcionamiento dependa de una gestión electrónica, la misma que a lo largo de los años ha ido teniendo su propio desarrollo como pasar de una inyección indirecta a una inyección directa la cual ha evolucionado con sus diferentes tecnologías. En este caso se va a determinar como base los Sistemas de Inyección Directa de Gasolina (GDI), el cual es un caso de estudio muy amplio lo que ha permitido realizar distintos casos de investigación por los diferentes desarrollos tecnológicos que ha venido dando a lo largo de los años.

En base a la revisión bibliográfica se pudo establecer cuáles han sido los avances tecnológicos en base a los Sistemas GDI, por su parte, la Universidad del Azuay realizó un estudio sobre el análisis del sistema de inyección directa de gasolina FSI utilizando vehículos de marca Volkswagen, en el cual se analizó el funcionamiento y constitución del sistema de admisión, de encendido, de combustible, encendido y escape; por medio de los principios de funcionamiento de los sensores

y actuadores, sin embargo, es importante recalcar que pese que realizaron un estudio de los tipos de mezcla en los distintos modos de operación para enviar combustible a los diferentes cilindros y que aproveche la mayor parte de la mezcla que ingresa a la cámara de combustión, y reducir tanto el consumo de combustible como las emisiones contaminantes (Collaguazo H, 2013, pp. 15-31).

A pesar de que se analizaron los distintos modos de operación del vehículo, la investigación no se basó en el funcionamiento de los sensores y actuadores para determinar si es una mezcla homogénea o una mezcla estratificada. Debido a que, se basaron en definiciones de los modos de operación para determinar el comportamiento de los sensores y actuadores, para realizar un análisis de la cantidad de contaminantes que puede emitir el vehículo y así establecer métodos de regeneración de los gases contaminantes (Collaguazo H, 2013, pp. 15-31).

Por otra parte, en la Revista Ciencia UNEMI realizaron un estudio sobre la estratificación de un motor a inyección directa en el que desarrollaron una metodología experimental con el objetivo de determinar las condiciones de trabajo en las que se desarrolla el motor, las mismas que pueden ser homogénea, homogénea pobre y estratificada, con la peculiaridad que el análisis se lo realizó a diferentes alturas geográficas las mismas que variaron entre 0 a 4000 metros sobre el nivel del mar.

Para poder hacer el estudio tomaron valores por medio de un Scanner Automotriz el cual les permitió recolectar datos como: RPM, valores de carga, presión de combustible, tiempo de encendido, ingreso de aire y el valor lambda. Los mismos que ayudaron a establecer el modo de trabajo en el que opera el vehículo exponiéndolo a distintas condiciones, analizando el modo de trabajo por medio del diagrama de modos de operación que brinda el fabricante y teniendo como guía un pequeño ciclo de pruebas.

Posterior a la recolección de valores determinaron que las condiciones de trabajo si pueden variar dependiendo a la altura geográfica a la que se someta el vehículo e influyan directamente a la carga del motor. Dado que las pruebas dinámicas solo se produce modos de trabajo homogéneo pobre se produce cuando el vehículo está sometido a una altura de 0 a 3500 metros sobre el nivel del mar, mientras homogéneo se produce mientras el vehículo se encuentre a una altura de 3500 a 4000 metros sobre el nivel del mar. Por el contrario, la mezcla estratificada se produce en condiciones estáticas (Leguísamo J et al, 2019).

Así mismo en la Universidad Carlos III de Madrid realizaron la investigación técnica de carga estratificada, sabiendo que el vehículo funciona con una mezcla de aire/combustible, la cual tiene



una proporción aproximada de 14.7:1 en volumen y 15.18:1 en peso; comúnmente llamada mezcla estequiométrica.

Recalcando que la mezcla estratificada por lo general tiene una mezcla pobre, es decir, que la mezcla que ingresa al interior del cilindro no se encuentra repartida de manera homogénea. Por consiguiente, se desarrolló un diseño especial en los conductos de admisión del vehículo y en la cabeza de los pistones se consigue que la mezcla que ingresa sea rica entre la cabeza del pistón con cercanías a la bujía y pobre en el resto del volumen.

De la misma manera se analizar el sistema GDI de la Marca Audi, la cual hace uso de un riel común, donde una bomba de alta presión almacena el combustible a una presión de 120 bares y lo distribuye directamente a la cámara de combustión mediante los inyectores.

La cámara de combustión es completamente diferente, el pistón posee un nuevo diseño que ofrece una mayor relación de compresión y una combustión pobre, el verdadero secreto de la inyección directa. Cuando las condiciones son favorables, es decir, al ralentí o a bajas revoluciones, el motor puede funcionar con la llamada carga estratificada. Esto significa que la mezcla de aire y gasolina ya no necesita alcanzar la relación estequiométrica ideal de 14,7:1 para que explote cada uno. En este caso, las chapaletas provocan las turbulencias necesarias en el aire de admisión en la cámara de combustión, de manera que cuando se inyecta la gasolina en las últimas etapas de compresión, se logra una mezcla óptima cerca de la bujía, produciéndose una explosión, mientras que el resto de la habitación es solo aire.

Finalmente, los estudios realizados de los diferentes tipos de operación se enfocan principalmente en el desarrollo de una metodología que permita reducir la emisión de contaminantes y el consumo de combustible, pero cae en un vacío al momento que se hace el análisis con valores numéricos que brinda un Scanner Automotriz, mas no el análisis de los sensores y actuadores por medio de oscilogramas que ayudaría a determinar un comportamiento real de los mismos. De la misma manera ciertos investigadores quedan con la definición de lo que representa una mezcla homogénea, una mezcla estratificada o de los principios de funcionamiento teóricos de cada uno de los sensores y actuadores principales que forman parte del motor.

De tal manera, que hacer el análisis para producir una metodología que ayude al medio ambiente están en todo lo correcto y la función principal de los sistemas GDI desde un principio fue esa, pero no se le ha dado el debido cuidado de cómo es el comportamiento dentro de la cámara de

combustión, ya que solo se ha dicho que trabaja en cierto modo de operación, pero no el análisis respectivo (Tascón J, 2015, pp. 18).

Así mismo, en la Escuela Politécnica Nacional, en una Tesis para la obtención de grado de magister se realizó la investigación únicamente con un Scanner Automotriz y un GPS. Por lo que plantearon estudiar el comportamiento de distintas variables del MCI de un vehículo a inyección directa a diferentes alturas, para establecer los modos de trabajo que realizaron (Leguísamo J, 2016, pp. 94-103).

En el mismo establecieron que durante un conjunto de resultados experimentales que plantearon, determinaron los parámetros de funcionamiento de los actuadores y sensores, los mismos parámetros que fueron:

- MAF.
- Factor lambda.
- Sensor de oxígeno antes y después del catalizador.
- Ancho de pulso del inyector.
- Presión en el riel.
- Posición en la aleta del cuerpo de aceleración.

Estos parámetros fueron planteados para evaluar al vehículo en sus distintos modos de trabajo evaluándolos en un ciclo de pruebas establecido, por lo que realizaron tanto pruebas estacionarias como dinámicas para evaluar el modo de trabajo; analizando mediante los parámetros que brinda el Scanner Automotriz (Leguísamo J, 2016, pp. 94-103).

## CAPÍTULO III

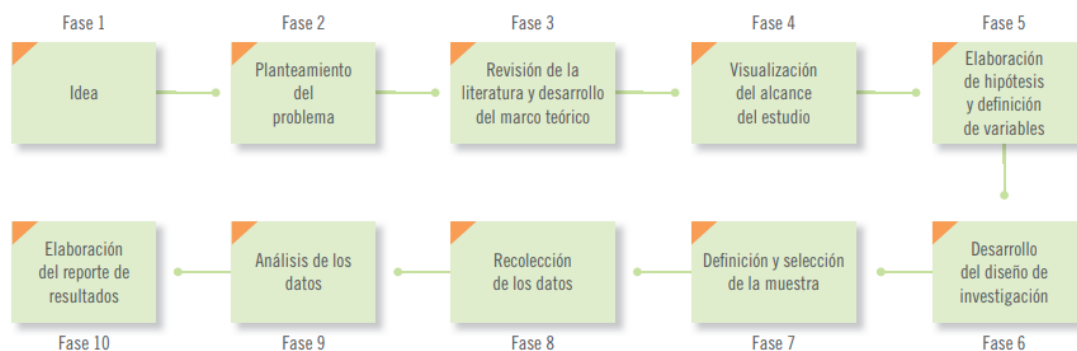
### 3. MARCO METODOLÓGICO

Es fundamental tener presente una metodología en la cual se estudie un conjunto de técnicas o métodos que ayuden a llevar un proceso secuencial de las actividades que se pueden realizar a lo largo de la investigación. En este capítulo, se planteará una metodología la cual facilite la toma de oscilogramas y de la misma manera el análisis de resultados para determinar los modos de trabajo a los que se desarrolle el vehículo.

Los datos experimentales se comenzaron a desarrollar desde noviembre 2022 hasta el mes de enero de 2023, los mismos que se realizaron en la ciudad de Riobamba dentro de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el vehículo de laboratorio (AUDI Q5, año 2012) que cuenta la Carrera de Ingeniería Automotriz.

#### 3.1 Enfoque de investigación.

Para el desarrollo de la investigación se tendrá un enfoque cuantitativo debido a que representa un conjunto de procesos el cual es necesario para el presente trabajo de investigación, ya que es importante no saltarse las etapas y no eludir ciertos pasos. De la misma manera, la investigación tiene su debido proceso tal como se muestra en la ilustración 1-3.



**Ilustración 3-1:** Proceso del enfoque cuantitativo.

**Fuente:** Hernández R, 1997

Dado que se quiere estudiar la gestión electrónica del vehículo para determinar las condiciones de trabajo en las que se va a desarrollar el vehículo, se lo quiere demostrar mediante oscilogramas con un osciloscopio, para esto se recurrirá a la experimentación, recolección de datos y a verificar si la hipótesis planteada cumple o no cumple (Hernández R, 1997).

### **3.2 Nivel de la investigación.**

Para el nivel de investigación se centrará en tres partes las cuales serán el nivel de experimental, descriptivo y explicativo (Arias, 2012, pp. 23-26).

- Nivel experimental: se planteó una idea de investigación en la cual deberá ser analizada, en función de la identificación del problema planteado. La cual seguirá un proceso de control con la presencia de variables para su posterior manipulación de estas y determinar los resultados cuantificables.
- Nivel descriptivo: la finalidad principal de del nivel descriptivo, se basará en la estimación de los parámetros de los distintos modos de operación. Los mismo que se establecerán a partir de la recolección de oscilogramas los que irán demostrando las relaciones y describirán que es lo que está ocurriendo en el funcionamiento.
- Nivel explicativo: se busca intervenir en el funcionamiento de la gestión electrónica del vehículo, de tal manera que haya una relación causal y no solo se dedique a describir un problema planteado, sino intentar encontrar las causa que producen dicha problemática.

### **3.3 Diseño de la investigación.**

Para describir la estrategia del diseño de investigación, se utilizará un estudio para alcanzar a desarrollar lo objetivos planteados, de tal manera que se llegue a confirmar o refutar la hipótesis planteada. De acuerdo con los objetivos planteados, se realizará un trabajo comparativo de los distintos modos de trabajo que realice el vehículo, la forma correcta de realizar esta comparación es mediante la toma de oscilogramas en tiempo real ya sea de una manera estática o dinámica, ya que se estudiarán varios parámetros.

En este caso usaremos el tipo de investigación documental ya que se trata de un proceso basado en la búsqueda, análisis, interpretación, recuperación y crítica de diferentes datos a medida que se va realizando la investigación. Lo mismo que es necesario en este tipo de investigación precisar que es dato, fuente y documento (Arias, 2012, pp. 27-32).

- Dato: es la información que se va obteniendo mediante la realización de la investigación, la misma que se divide según su procedencia, pueden ser primarios o secundarios. Los datos primarios son los que son obtenidos por la persona que está realizando la investigación, por otro lado, los datos secundarios son aquellos que son extraídos por personas externas.

- Fuente: es la parte fundamental ya que se tiene una base de donde se puede comenzar ya que suministra datos o información. Las cuales pueden ser de tipo documentales son aquellas que proporcionan datos secundarios, y pueden ser vivas las cuales son las que aportan con datos primarios.
- Documento: es soporte donde se va realizando el informe con un formato digital en el que se irá registrando y conservando la información.

De la misma manera se trata de un diseño de investigación experimental ya que al vehículo se lo someterá a determinadas condiciones, de tal manera, que se pueda observar los efectos o reacciones que lo producen. Por tal motivo, en la tabla 1-3 se resalta el tipo de variables que se deberán tener en cuenta para la investigación.

**Tabla 3-1:** Variables dependientes e independientes, para establecer la investigación.

Variables Independientes	Carrera de admisión
	Carrera de compresión.
	Carrera de expansión.
	Carrera de escape.
Variables Dependientes	Velocidad del vehículo
	RPM del motor
	Sensor CKP
	Sensor CMP
	Sensor APP
	Cuerpo de aceleración
	Inyector
	Chapaleta

Realizado por: Carrión F, 2023.

### 3.4 Tipo de estudio.

Para la realización de los diferentes trabajos de investigación es importante tener claro de cómo se va a realizar el estudio, esto dependerá de cada uno de los investigadores. Ya que verá cual será el estudio más adecuado para la investigación teniendo una concordancia entre el tipo de información que se espera obtener, de tal manera que se tenga en cuenta los objetivos planteados y determinar si la hipótesis planteada cumple o no cumple con lo que se quiere demostrar. Por tal motivo en el presente trabajo de investigación se planteará dos tipos de estudio: estudio descriptivo y estudio de campo (Arias, 2012, pp. 22-35).

### 3.4.1 Estudio descriptivo.

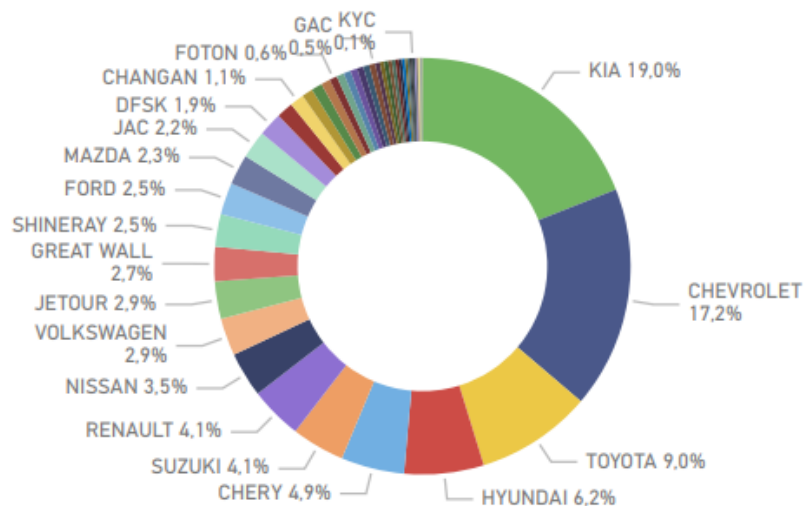
El estudio descriptivo sirve para analizar los diferentes comportamientos de cómo es y cómo se manifiestan sus componentes. De tal manera, que permite detallar el fenómeno que se quiere estudiar básicamente a través de mediciones de uno o varios parámetros (Vásquez I, 2012).

### 3.5 Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra.

Para la presente investigación es importante establecer con claridad la población que será afectada, de la misma manera instaurar la muestra que será expuesta para realizar el estudio que se requiere.

#### 3.5.1 Población.

En la presente investigación se tiene que es una población que se enfoca en el Grupo VAG, recalando de todas las marcas que conforman este grupo, en el Ecuador la mayor la mayor parte de los vehículos que ingresan corresponden a la familia Volkswagen y una pequeña cantidad de la familia Audi.



**Ilustración 3-2:** Parque automotor en el Ecuador.

**Fuente:** Asociación de Empleados Automotrices del Ecuador, s.f.

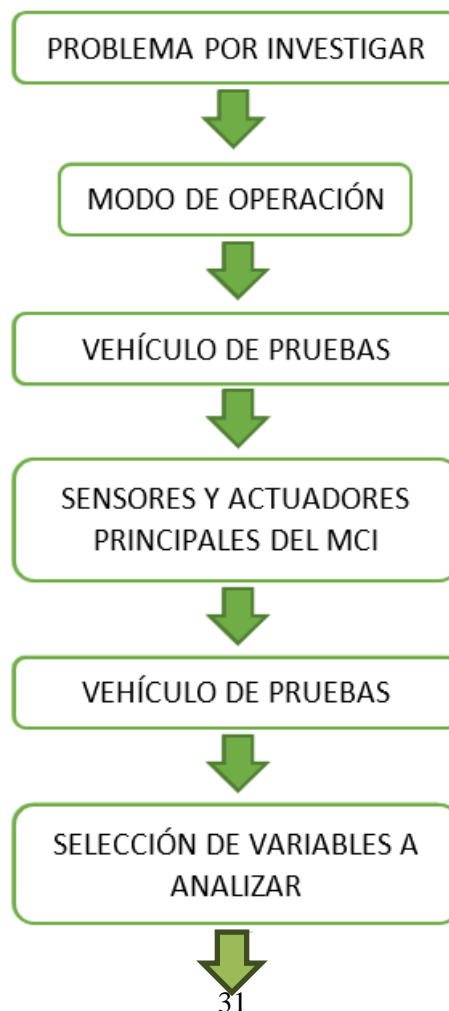
Tal como se muestra en la ilustración 2-3, la familia Volkswagen ingresa al país solo el 2.2% de todo el parque automotor que existe en el país.

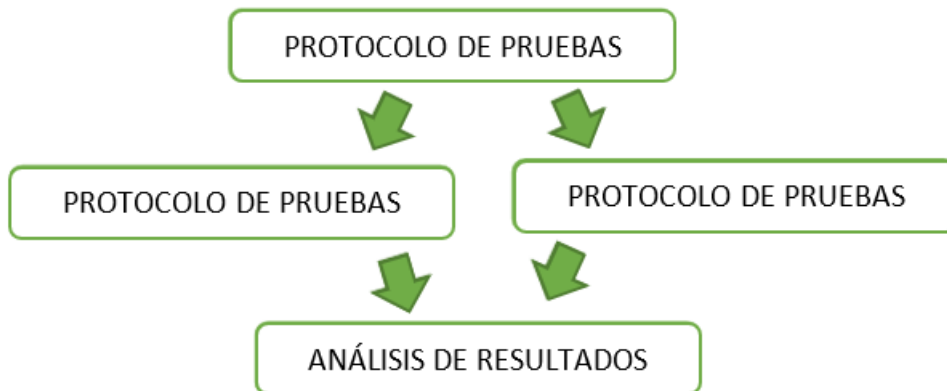
### 3.5.2 Muestra.

La muestra se trata de una muestra no probabilística debido a que se seleccionó el vehículo por criterios establecidos por el investigador. Por lo tanto, se escogió para realizar la investigación el vehículo Audi Q5 (TFSI) 2.0 año 2012, el mismo que es un auto didáctico perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicado en el Taller de Autotrónica de la Facultad de Mecánica.

### 3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación.

Para la realización de la presente investigación es importante detallar cual será el método idóneo para llegar a obtener los resultados que se requiere. Por lo que es importante tener en cuenta cual es el problema por investigar, cuáles serán los equipos que ayudarán con la instrumentación del vehículo, que tipos de pruebas se llevarán a cabo o algún protocolo que sirva de guía y a quienes se va a afectar al momento de presentar los resultados. De tal manera que se siguió el siguiente protocolo experimental, que se muestra en la ilustración 3-3.





**Ilustración 3-3:** Protocolo experimental para la presente investigación.

Fuente: Carrión F, 2023.

El principio fundamental de la investigación es determinar cuál será el tipo de mezcla o modo de trabajo que efectuará el vehículo en el desarrollo de las distintas condiciones de trabajo que se lo exponga al vehículo ya sea en una prueba estática o una prueba dinámica.

Si bien se llevará a cabo una metodología experimental en la que se desarrollarán innumerables pruebas, para posterior llevar a una metodología descriptiva la misma que servirá para ir detallando o analizando las tomas de oscilogramas que se irán obteniendo con el pasar de las pruebas.

De tal manera, se contará con un vehículo de laboratorio el mismo que es un Audi Q5 TFSI 2.0 como se puede visualizar en la ilustración 4-3.



**Ilustración 3-4:** Vehículo pruebas.

Fuente: Carrión F, 2023.



Dentro de este marco el vehículo cuenta con las siguientes características las cuales se pueden encontrar en la ficha técnica, las mismas que se detallarán en la Tabla 1-3, en la que se detallará los aspectos más fundamentales del vehículo.

**Tabla 3-2:** Especificaciones del vehículo Audi Q5.

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS AUDI Q5</b>	
Posición del motor	Delantero longitudinal
Número de cilindros	4
Cilindrada	2000 cc
Potencia Máxima	211 CV / 155 KW
Par Motor Máxima	350 Nm
Diámetro x Carrera (mm)	82.5 x 92.8 mm
Relación de compresión	9.6 a 1
Alimentación	Inyección directa
Combustible	Gasolina

Fuente: La Red KM77, s.f.

Realizado por: Carrión F, 2023

Al vehículo presentado se necesitan diferentes equipos los cuales permitirán instrumentar los sensores y actuadores principales del Motor de Combustión Interna (MCI), para la obtención de oscilogramas que ayudarán a hacer el análisis y determinar cuáles serán los distintos modos de trabajo, que desarrollará el vehículo en las distintas condiciones de operación. Los equipos por utilizar serán: osciloscopio, scanner automotriz y pinza amperimétrica.

Por tal motivo es importante saber cuál es el funcionamiento de cada uno de estos equipos de medida y así saber cuáles son los rangos o características fundamentales de cada uno de estos equipos que se utilizarán a lo largo de la investigación.

### **3.6.1 Transductor de presión Pico WPS500.**

El transductor de presión o comúnmente llamado transmisor de presión es un equipo que ayuda a convertir la presión en una señal eléctrica analógica, la conversión de dicha presión a una señal eléctrica. Se llega mediante la deformación física de los medidores de tensión que están unidos al diafragma del transductor de presión (MIAC, s.f.).



**Ilustración 3-5:** Transductor de presión WPS 500.

**Fuente:** MIAC, s.f.

El transductor de presión puede venir dado por diferentes rangos o gamas, el cual permitirá una medición y análisis mucho más preciso dependiendo de la gama que se utilice. La misma que se detallará en la tabla 2-3.

**Tabla 3-3:** Especificaciones técnicas del Transductor de Presión WPS 500.

GAMA	RANGO DE PRESIÓN	EXACTITUD	TIEMPO DE RESPUESTA	ESCALA DE SALIDA
1	-15 a 500 psi -1 a 34.47 bar	1% de escala	100 $\mu$ s	10 mV/1 psi (500 psi = 4 V)
2	-15 a 50 psi -1 a 3.45 bar	1% de escala	100 $\mu$ s	10 mV/1 psi (50 psi = 4 V)
3	-4 a 4 psi -0.34 a 0.34 bar	4% de escala	Filtrada	1 V/1 psi (4 psi = 4 V)

**Fuente:** MIAC, 2015

**Realizado por:** Carrión F, 2023.

### 3.6.2 *Osciloscopio MaxiScope MP408.*

El MaxiScope MP408 es un osciloscopio automotriz de 4 canales basado en PC. Cuando dicho instrumento se encuentra en uso, se convierte en una poderosa herramienta de diagnóstico que brinda información sobre el funcionamiento interno de los circuitos electrónicos de su vehículo.



**Ilustración 3-6:** Osciloscopio Maxiscope MP408.

**Fuente:** AUTEL MAXISCOPE MP408, s.f.

Cuenta con una interfaz de usuario fácil de usar y especificaciones de hardware inigualables, el sistema MP408 es capaz de medir y probar la mayoría de los componentes y circuitos eléctricos y electrónicos, en cualquier vehículo moderno. La energía para el módulo MaxiScope MP408 proviene directamente del puerto USB de la PC conectada, lo que hace que el sistema sea muy versátil y portátil.

De esta manera a continuación en la tabla 3-3, se detallarán algunas de especificaciones más importantes del osciloscopio mencionado.

**Tabla 3-4:** Especificaciones técnicas del Osciloscopio Maxiscope MP408.

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OSCILOSCOPIO MAXISCOPE MP408</b>	
Resolución vertical	12 bits
Canales	4
Precisión	1%
Sensibilidad	10mV/div a 20V/div
Ancho de banda	20 MHz
Interfaz de PC	USB 2.0 – Cable incluido
Requisitos de alimentación	Alimentación por el puerto USB
Resistencia de entrada	1 M $\Omega$ en paralelo con 22pF
Tipo de entrada	CA/CC seleccionable por software
Protección de sobrecarga	$\pm$ 200 V en entrada única
Memoria de búfer	Muestras de 32 MB compartidas entre los canales activos
Búfer de forma de onda	Hasta 1000 formas de onda
Intervalos de base temporal	100 ns/div a 1000 s/div

Intervalo de temperatura de funcionamiento	0°C a 50°C (15°C a 40°C para la precisión indicada).
Intervalo de temperatura de almacenamiento	-20 °C a +60 °C
Intervalo de humedad de almacenamiento	5% a 95% HR, sin condensación
Peso	< 0.5 kg
1 o 2 canales en uso	80 MS/s
3 o 4 canales en uso	20 MS/s

Fuente: AUTEL MAXISCOPE MP408, s.f.

Realizado por: Carrión F, 2023.

### 3.6.3 Scanner automotriz VCDS.

Es un equipo automotriz perteneciente al Grupo VAG con características que se podrán visualizar en la tabla 4-3. El mismo es un instrumento automotriz que permite leer y borrar códigos de falla que presenten los módulos del vehículo, en cualquier parte del vehículo, así como: motor, frenos ABS, cierre centralizado, etc. El cual brinda una lectura y monitoreo de actuadores y sensores en tiempo real.



**Ilustración 3-7:** Scanner del Grupo VAG.

Fuente: ABCPARTES, s.f.

**Tabla 3-5:** Características del Scanner VCDS.

CARACTERÍSTICAS DEL SCANNER VCDS	
Marca	Ross
Modelo	168
Número de parte	VAG-COM
Compatible	Grupo VAG (Volkswagen, Audi, Seat, Skoda)
Instalador compatible	Windows 32BITS y 64BITS

Interfaz	OBDII
----------	-------

Fuente: ABCPARTES, s.f.

Realizar por: Carrión F, 2023.

### 3.6.4 Pinza amperimétrica AUTEL SA253

Es un instrumento que ayuda con la medición tanto en corriente alterna como en corriente continua, la misma que se puede conectar a un multímetro o un osciloscopio para lectura directa del valor de corriente sin necesidad de hacer contacto físico con el conductor o desconectarlo para insertarlo a través de la sonda.



**Ilustración 3-8:** Pinza Amperimétrica AUTEL SA253.

Fuente: AUTEL SA256, s.f.

La pinza de amperimétrica mide con una corriente máxima de 650A, y hasta una frecuencia de 400Hz. Es un instrumento que funciona con mordazas que se abren para que permita la sujeción alrededor de un conductor eléctrico, después de esto con otro instrumento ya sea con un multímetro o un osciloscopio de la lectura de la cantidad de corriente que se está emitiendo en ese momento de la toma de muestra.

De esta manera a continuación en la tabla 5-3, se detallarán algunas de especificaciones más relevantes de la pinza Amperimétrica AUTEL SA253.

**Tabla 3-6:** Especificaciones técnicas de la Pinza Amperimétrica AUTEL SA253.

<b>PINZA AMPERIMÉTRICA AUTEL SA253</b>
Compatible con MSULTRA, MS919 y MP408
Incluye abrazadera CA/CC de 65 A
Abrazadera de Corrientes CA/CC de 650 A

Bobina en sonda de enchufe.
Cable de extensión HT (2pcs)
Clip de batería (2pcs)

**Fuente:** AUTEL SA256, s.f.

**Realizado por:** Carrión F, 2023

Una vez identificadas las variables y los instrumentos que se van a utilizar para a la investigación, es importante denotar como será la recolección de pruebas ya que se estableció que serán en distintas condiciones tanto estáticas como dinámicas. De esta manera la recolección de oscilogramas se basará en dos etapas.

### **3.6.5 Condición estática.**

En las pruebas estáticas se plantea estudiar los oscilogramas de cada uno de los sensores y actuadores principales del motor de combustión interna (MCI), tomando como referencia el cilindro número 1. Cabe recalcar que en la prueba estática la prueba principal la que ayuda a hacer todo el estudio es la identificación del ciclo de trabajo del motor de combustión interna (MCI), la cual permitirá hacer el análisis de toda la investigación.

A continuación, se detallará cual será la instrumentación que se tomará en cuenta en una condición estática para determinar el funcionamiento del motor de combustión interna (MCI), en dicha condición mencionada. Es importante denotar que ciertas pruebas serán de manera individual para determinar cuáles son los rangos en los que trabajan los sensores y actuadores. De tal manera, que al final de todo ese conjunto de pruebas llegue a un oscilograma final el cual se podrá dictaminar en qué modo de trabajo se encuentra el vehículo, cuando se encuentra en ralentí.

- Sensor CKP, ciclo de trabajo del motor de combustión interna.
- Sensor CKP, sensor CMP, ciclo de trabajo del motor de combustión interna.
- Sensor de la chapaleta, actuador de la chapaleta, sensores APP.
- Sensor CMP, sensor de la chapaleta, sensor APP, consumo del inyector.

### **3.6.6 Condición dinámica.**

La intención principal de realizar las pruebas dinámicas es determinar cuál es el modo de trabajo que realiza el motor de combustión interna por medio de su unidad de control en condiciones reales de funcionamiento. En este caso la instrumentación será la misma para todas las pruebas con la única diferencia que se variará el porcentaje de carga en la que se desarrollará el vehículo.

- Sensor CMP, sensor de la chapaleta, consumo del inyector, sensor APP a 20%.
- Sensor CMP, sensor de la chapaleta, consumo del inyector, sensor APP a 40%.
- Sensor CMP, sensor de la chapaleta, consumo del inyector, sensor APP a 60%.
- Sensor CMP, sensor de la chapaleta, consumo del inyector, sensor APP a 80%.
- Sensor CMP, sensor de la chapaleta, consumo del inyector, sensor APP al máximo porcentaje.

Una vez realizado cada uno cada una de las pruebas tanto estáticas como dinámica, se procederá a realizar el estudio del modo de trabajo en el que opera el MCI, los mismos que podrán ser: estratificada, estratificada homogénea, pobre homogénea, homogénea y antidetonante homogénea.

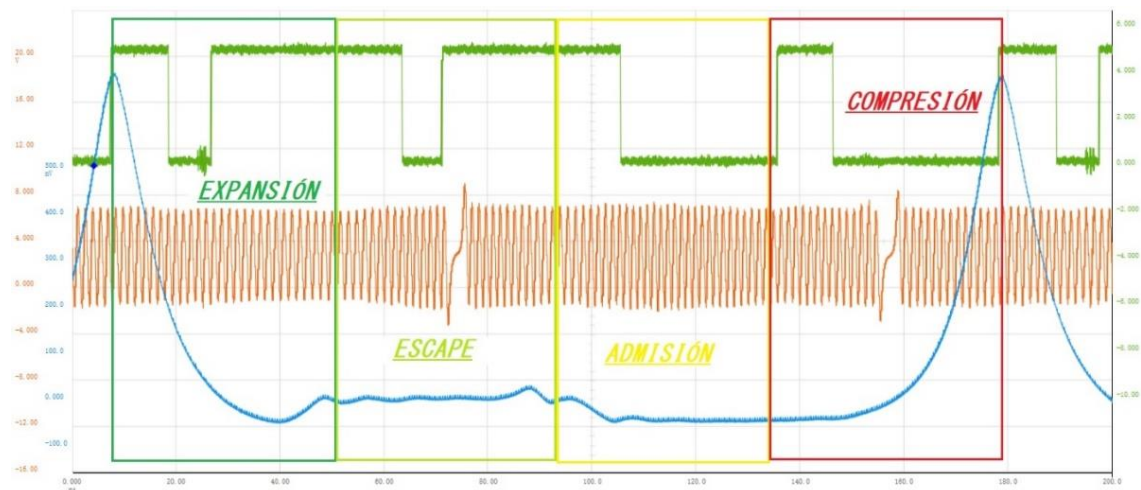
## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se detallarán las diferentes tomas de oscilogramas que se fueron recolectando durante el periodo de la investigación. Los mismos que gracias a la instrumentación, los oscilogramas obtenidos se los presentará en distintas condiciones tanto de manera estática como de manera dinámica, de tal manera que, en la etapa final se pueda hacer la comparación de los distintos modos de trabajo que tiene el vehículo por medio de los sensores y actuadores principales del motor de combustión interna.

#### 4.1 Comportamiento estático de sensores y actuadores principales del MCI.

Para el correcto funcionamiento del vehículo debe cumplir una adecuada sincronización, la misma que no debe tener ningún tipo de desfaz teniendo una correcta relación entre el cigüeñal y el árbol de levas. De tal manera que, para tener un punto de partida y tener un correcto análisis es importante establecer las carreras que realiza el motor de combustión interna (MCI), en conjunto con el sensor CKP y el sensor CMP, tal como se muestra en la ilustración 1-4.



**Ilustración 4-1:** Oscilograma del sensor CKP y CMP, con la señal del transductor de presión.

**Realizado por:** Carrión F, 2023.

Por medio del transductor de presión se logró obtener las diferentes carreras que realiza el MCI, por otro lado, con la instrumentación que se realizó al sensor CKP que corresponde al cigüeñal se determinó que está compuesto por 57 dientes más el diente perdido, pero para que el cigüeñal



complete el ciclo que realiza el MCI, el cigüeñal debe completar dos vueltas, esto quiere decir que un ciclo del cigüeñal estará compuesto por 114 dientes más los dientes perdidos.

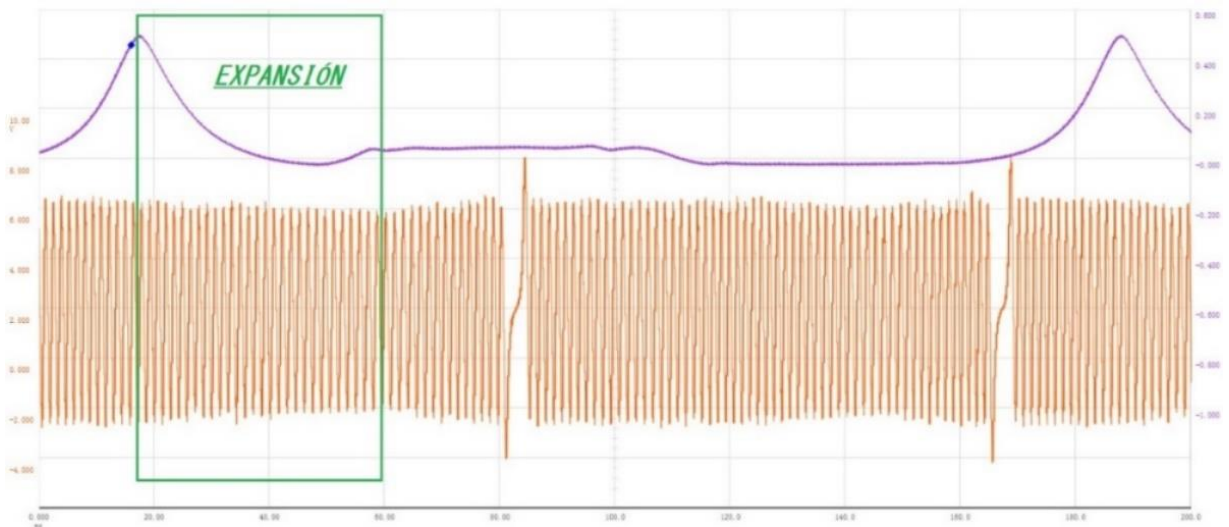
De la misma manera, por medio del sensor CMP que corresponde al árbol de levas está conformado por dos dientes grandes y dos pequeños, con la peculiaridad que con solo una vuelta del árbol de levas cumplirá el ciclo que realiza el MCI.

Una vez identificado como está compuesto el cigüeñal y el árbol de levas, por medio de la señal del transductor de presión se procedió a identificar cada una de las carreras que realiza el MCI. Es importante denotar esto, porque una vez establecidas cada una de las carreras se visualizará con mayor facilidad donde está actuando el inyector. Por lo tanto, las carreras se las pudo establecer teniendo en cuenta que el cigüeñal debe cumplir 2 vueltas quiere decir 720 grados y contabilizando los números de dientes que corresponde cada 180 grados, la misma que se podrá a observar a detalle en la siguiente tabla 1-4.

**Tabla 4-1:** Detalle del ciclo de trabajo que realiza el vehículo.

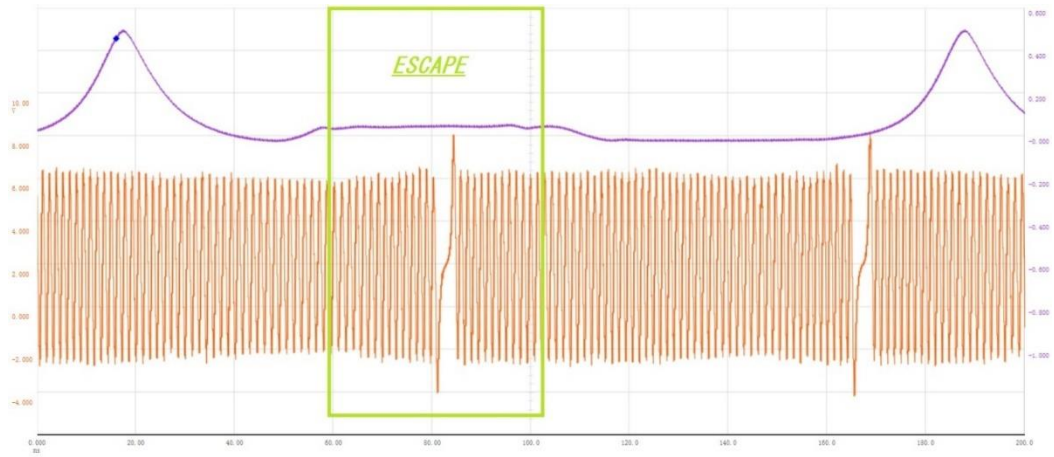
Carrera	Número de dientes	Ángulo	Ilustración.
Expansión	29 dientes	180 grados	Ilustración 2-3
Escape	28 dientes	360 grados	Ilustración 3-3
Admisión	39 dientes	540 grados	Ilustración 4-3
Compresión	28 dientes	720 grados	Ilustración 5-3

**Elaborado por:** Carrión F, 2023.



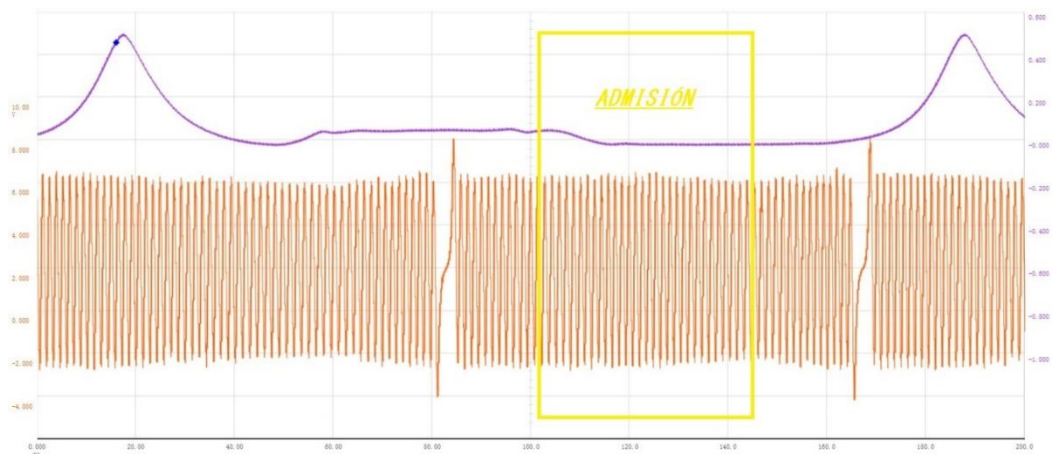
**Ilustración 4-2:** Carrera de expansión.

**Realizado por:** Carrión F, 2023.



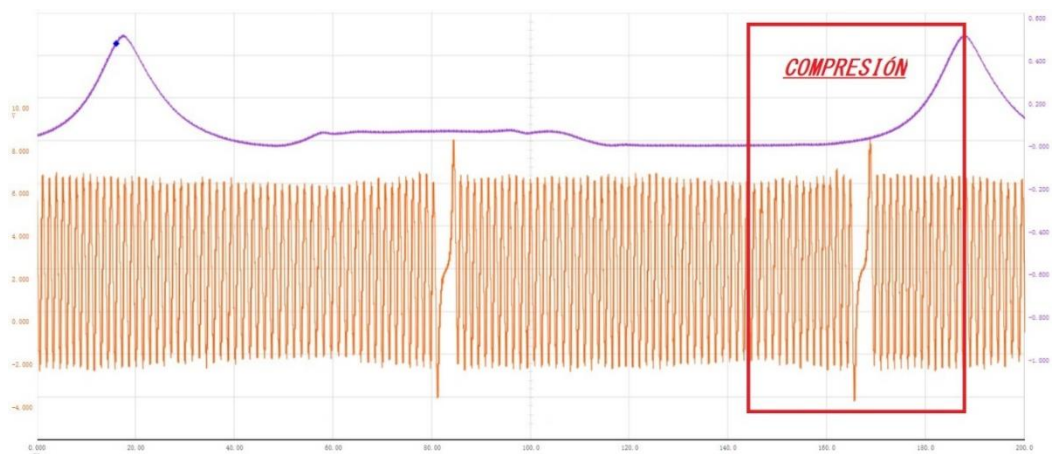
**Ilustración 4-3:** Carrera de escape.

Realizado por: Carrión F, 2023.



**Ilustración 4-4:** Carrera de admisión.

Realizado por: Carrión F, 2023.

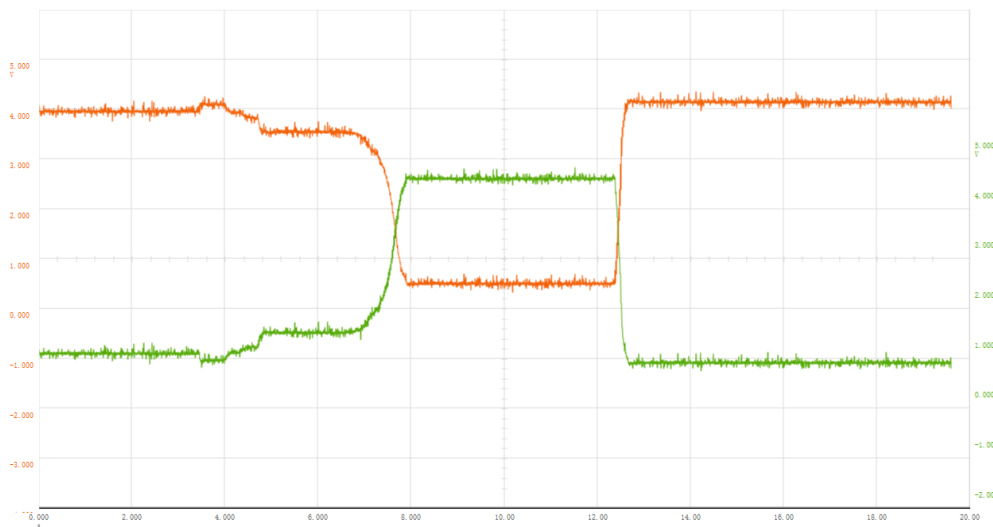


**Ilustración 4-5:** Carrera de compresión.

Fuente: Carrión F, 2023.

A continuación, en la ilustración 6-4 se presenta la señal del pedal del acelerador son de tipo potenciómetro las mismas que son de pendiente cruzada. El potenciómetro 1 u oscilograma de color verde genera una señal desde 0.6V, por el contrario, el potenciómetro 2 u oscilograma de color naranja genera una señal desde 4.3V; cuando el pedal del acelerador no está siendo accionado. Cuando el pedal del acelerador es accionado el oscilograma de color verde su señal tiende a ascender hasta 4.3V, por el contrario, el oscilograma de color naranja su señal tiende a descender hasta los 0.6V.

Estas señales dependen mucho de la información que este recibiendo el sensor con respecto al ángulo que este siendo accionado el pedal del acelerador.

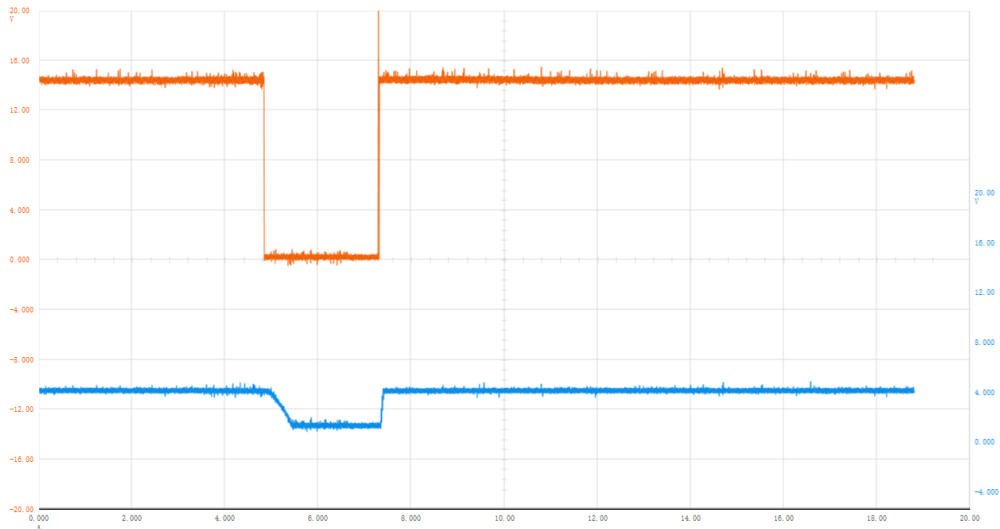


**Ilustración 4-6:** Señal del pedal de acelerador.

**Fuente:** Carrión F, 2023.

El oscilograma de la chapaleta del colector de admisión, tanto del sensor como del actuador se lo puede visualizar en la ilustración 7-4. En lo que respecta al sensor inicia con una señal de 4.15V y al momento que se le aterriza la tierra para activar la chapaleta, tiende a descender hasta 1.33V.

En el mismo sentido la chapaleta cuenta con un actuador en el que se puede observar el funcionamiento que tiene, la señal que tiene en el actuador es de 14.9V y al momento que se le aterriza la tierra para accionarla la señal desciende hasta los 0.25V.



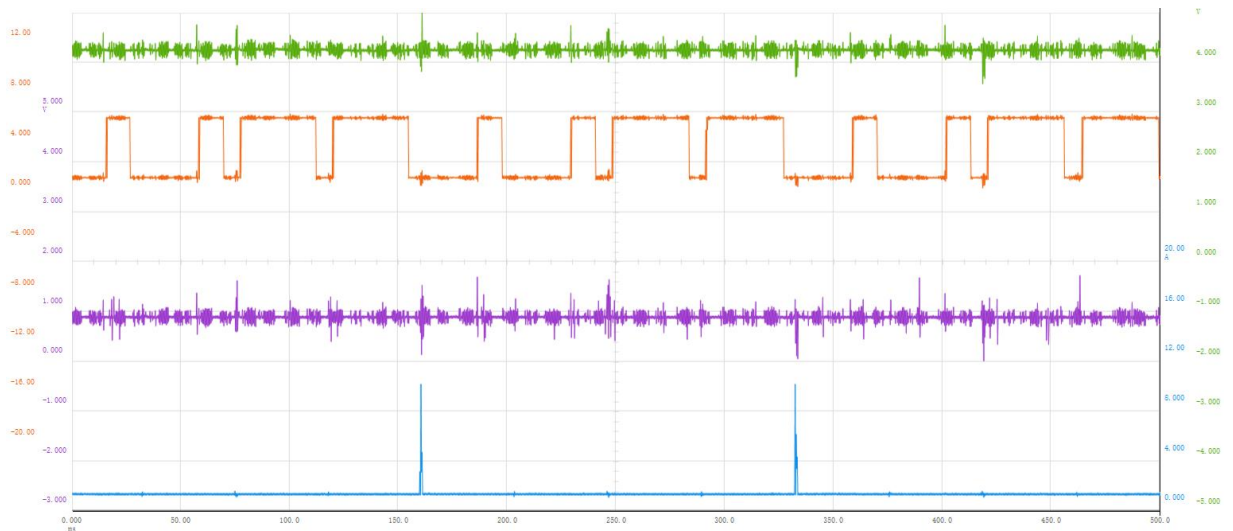
**Ilustración 4-7:** Oscilograma del sensor y actuador de la chapaleta.

**Fuente:** Carrión F, 2023.

Finalmente, una vez obtenidos los oscilogramas de los actuadores y sensores principales del MCI, se procedió a hacer un filtrado para evaluar cuales son los sensores y actuadores que ayudará a hacer un análisis más exacto, para llegar a determinar cuáles son los modos de trabajo en los que opera el vehículo. De tal manera que, para la presente investigación se llegó a la conclusión que se utilizará lo siguiente:

- Sensor de la chapaleta.
- Sensor CMP.
- Sensor APP.
- Señal del inyector.

Analizando cada uno de los oscilogramas de las diferentes señales mencionadas, se determinó que en la ilustración 8-4 el modo de trabajo en el que está operando es homogéneo. Porqué, el pulso de inyección se encuentra en la carrera de admisión, además la chapaleta no se está accionando en el momento que está en ralentí, por lo que no está generando turbulencia en el flujo de masa de aire que ingresa a la cámara de combustión y por último el sensor del pedal del acelerador tiene una leve abertura para que ingrese el flujo de masa de aire.



**Ilustración 4-8:** Análisis del modo de trabajo en el que opera cuando el vehículo está en una condición estática.

**Fuente:** Carrión F, 2023.

#### 4.2 Comportamiento estático de sensores y actuadores principales del MCI.

A diferencia del análisis que se realizó con el vehículo en una condición estática, ahora el vehículo será sometido a condición dinámica. Teniendo en cuenta que en el siguiente análisis se incluyó, el seguimiento por medio del Scanner VCDS de ciertos parámetros fundamentales para la determinación del modo en el que está operando el vehículo, además, se tomó como referencia cada una de las características de los diferentes oscilogramas de los siguientes:

- Sensor CMP.
- Sensor de la chapaleta.
- Señal del inyector.

En primer lugar, se realizó el estudio del comportamiento del MCI en una condición dinámica con la peculiaridad que la señal del pedal del acelerador debe estar en un rango de  $\pm 20\%$ , en el mismo que se logró visualizar los siguientes parámetros en el Scanner VCDS, los que se pueden visualizar en la siguiente tabla 2-4.

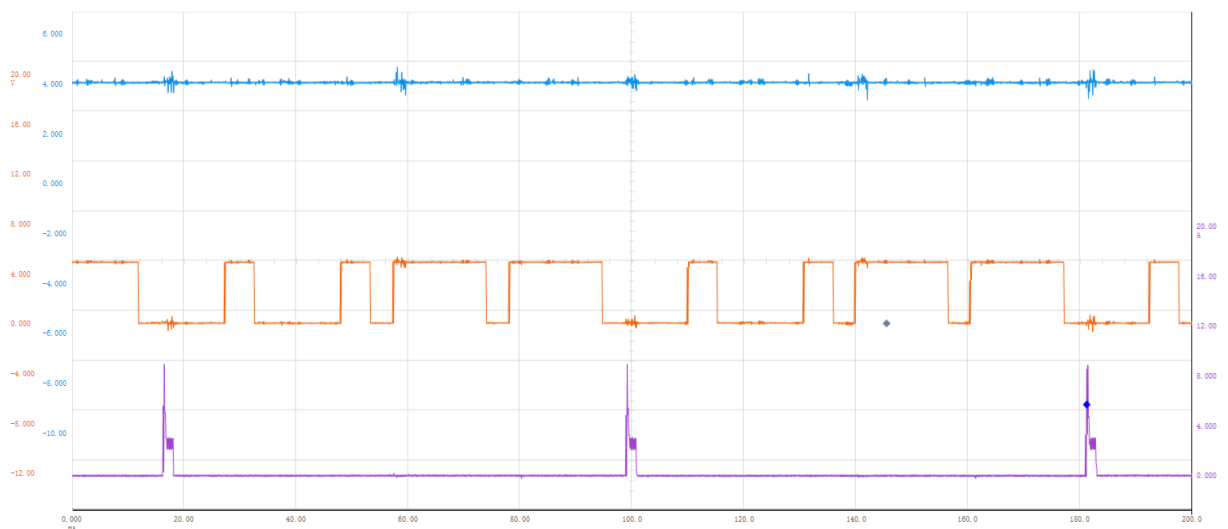
**Tabla 4-2:** Datos en vivo Scanner VCDS, con un rango del  $\pm 20\%$  del sensor APP.

VCDS	
DESCRIPTION	ACTUAL
Engine RPM	1455/min

Coolant temperature	99 °C
Vehicle speed	36 km/h
Accelerator pedal position	19.6 %
Mean injection time	1.838 ms
Adaptation of intake manifold runner flaps	3.667 V

Realizado por: Carrión F, 2023.

Una vez hecho el análisis entre lo obtenido en el Scanner VCDS en conjunto con los diferentes oscilogramas de las distintas señales que se pueden visualizar en la ilustración 9-4. Se pudo determinar que el vehículo se encuentra a 1455 revoluciones por minuto y con una velocidad de 36 km/h, está operando en un modo de trabajo homogéneo, debido a que el pulso de inyección se encuentra en la carrera de admisión con una abertura del inyector de 1.838 ms, además, que la chapaleta no está siendo accionada por lo que permite el flujo de masa de aire ingrese generar ningún tipo de turbulencia.



**Ilustración 4-9:** Oscilograma del sensor de la chapaleta, sensor CMP y la señal del inyector; cuando se encuentra a un  $\pm 20$  el porcentaje del pedal del acelerador.

Fuente: Carrión F, 2023.

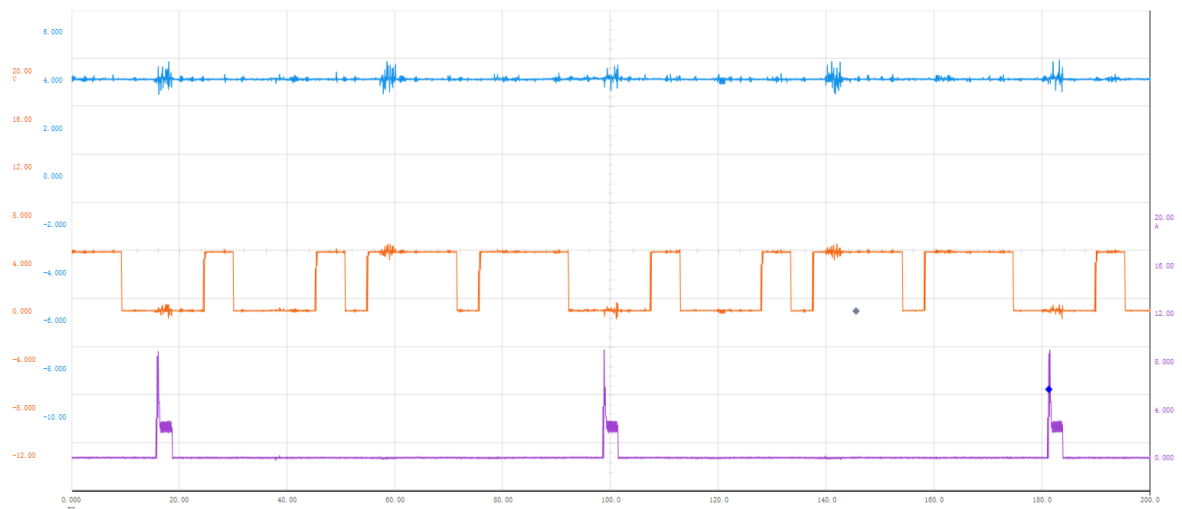
En cambio, cuando el pedal del acelerador es expuesto a  $\pm 40\%$  se pudo determinar que el vehículo opera en las siguientes condiciones, las mismas que se pueden visualizar en la tabla 3-4 que se muestra a continuación.

**Tabla 4-3:** Datos en vivo Scanner VCDS, con un rango del  $\pm 40\%$  del sensor APP.

VCDS	
DESCRIPTION	ACTUAL
Engine RPM	1518/min
Coolant temperature	101 °C
Vehicle speed	49 km/h
Accelerator pedal position	42 %
Mean injection time	3.210 ms
Adaptation of intake manifold runner flaps	3.667 V

Realizado por: Carrión F, 2023.

Hecho el análisis entre lo obtenido en el Scanner VCDS en conjunto con los diferentes oscilogramas de las distintas señales que se pueden visualizar en la ilustración 10-4. Se pudo determinar que el vehículo se encuentra a 1518 revoluciones por minuto y con una velocidad de 49 km/h, está operando en un modo de trabajo homogéneo, debido a que el pulso de inyección se encuentra en la carrera de admisión, con la característica que la abertura del inyector es más amplia llegando a 3.210 ms en relación cuando al pedal del acelerador del vehículo es expuesto al 20%, además, que la chapaleta no está siendo accionada por lo que permite el flujo de masa de aire ingrese generar ningún tipo de turbulencia.



**Ilustración 4-10:** Oscilograma del sensor de la chapaleta, sensor CMP y la señal del inyector; cuando se encuentra a un  $\pm 40\%$  el porcentaje del pedal del acelerador.

Fuente: Carrión F, 2023.

El comportamiento del MCI cuando se expone a  $\pm 60\%$  la posición del pedal del acelerador se pudo observar que el vehículo operó en las siguientes condiciones, las que fueron fundamentales

para determinar el modo de trabajo que opera el vehículo, las mismas que visualiza en la tabla 4-4 que se muestra a continuación.

**Tabla 4-4:** Datos en vivo Scanner VCDS, con un rango del  $\pm 60\%$  del sensor APP.

<b>VCDS</b>	
<b>DESCRIPTION</b>	<b>ACTUAL</b>
Engine RPM	<i>1717 /min</i>
Coolant temperature	<i>102 °C</i>
Vehicle speed	<i>55 km/h</i>
Accelerator pedal position	<i>62.5 %</i>
Mean injection time	<i>3.622 ms</i>
Adaptation of intake manifold runner flaps	<i>3.667 V</i>

**Realizado por:** Carrión F, 2023.

Realizado el análisis entre el Scanner VCDS en conjunto con los diferentes oscilogramas de las diferentes señales que se pueden visualizar en la ilustración 11-4. Se pudo establecer que el vehículo se encuentra a 1717 revoluciones por minuto y con una velocidad de 55 km/h, está operando en un modo de trabajo antidetonante homogéneo.

Debido a que el pulso de inyección se encuentra tanto en la carrera de admisión como en la carrera de compresión, con la característica que la abertura del inyector cuando se produce en la carrera de admisión es de 3.622 ms, en igual forma cuando se produce el pulso de inyección en la carrera de compresión, el inyector tiene una abertura de 1.415 ms; notablemente una abertura más pequeña. Además, que la chapaleta no está siendo accionada por lo que permite el flujo de masa de aire ingrese generar ningún tipo de turbulencia.





**Ilustración 4-11:** Oscilograma del sensor de la chapaleta, sensor CMP y la señal del inyector; cuando se encuentra a un  $\pm 60$  el porcentaje del pedal del acelerador.

**Fuente:** Carrión F, 2023.

El comportamiento del MCI cuando se expone a  $\pm 80\%$  la posición del pedal del acelerador se pudo analizar que el vehículo operó en las siguientes condiciones, las que fueron determinantes para detectar el modo de trabajo que opera el vehículo, las mismas que pueden visualizar en la tabla 5-4 que se muestra a continuación.

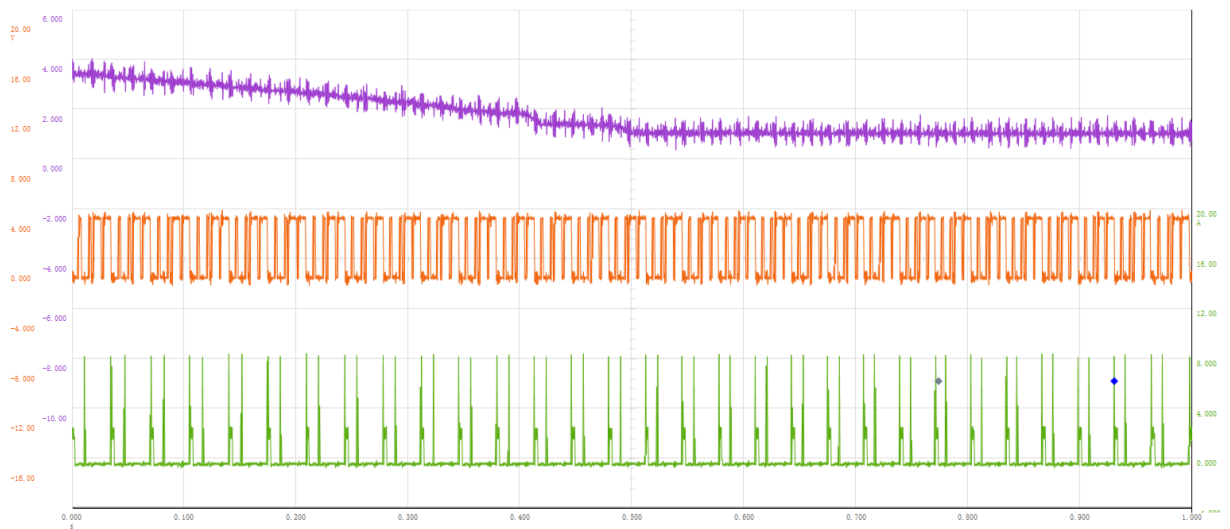
**Tabla 4-5:** Datos en vivo Scanner VCDS, con un rango del  $\pm 80\%$  del sensor APP.

VCDS	
DESCRIPTION	ACTUAL
Engine RPM	1506/min
Coolant temperature	102 °C
Vehicle speed	68 km/h
Accelerator pedal position	78.4 %
Mean injection time	2.965 ms
Adaptation of intake manifold runner flaps	3.667 V

**Realizado por:** Carrión F, 2023.

Analizando los parámetros obtenidos en el Scanner VCDS en conjunto con los diferentes oscilogramas de las diferentes señales que se pueden visualizar en la ilustración 12-4. Se pudo establecer que el vehículo se encuentra a 1506 revoluciones por minuto y con una velocidad de 68 km/h, la peculiaridad que se muestra en el oscilograma que el modo de trabajo en la que se desarrolla es estratificada homogénea.

Debido a que el pulso de inyección se encuentra tanto en la carrera de admisión como en la carrera de compresión, con la característica que la abertura del inyector cuando se produce en la carrera de admisión es de 2.965 ms, en igual forma cuando se produce el pulso de inyección en la carrera de compresión, el inyector tiene una abertura de 1.513 ms; notablemente una abertura más pequeña. Además, la señal de la chapaleta a simple vista se observa que decae de los 4V hasta 1.47V; lo que hace que se genere turbulencia al flujo de masa de aire.



**Ilustración 4-12:** Oscilograma del sensor de la chapaleta, sensor CMP y la señal del inyector; cuando se encuentra a un  $\pm 80$  el porcentaje del pedal del acelerador.

**Fuente:** Carrión F, 2023.

Finalmente, el comportamiento del MCI cuando se expone en su máximo porcentaje la posición del pedal del acelerador se observó que el vehículo operó en las siguientes condiciones, las misma que ayudó a determinar el modo de trabajo que opera el vehículo, por lo que se pueden visualizar en la tabla 6-4 que se muestra a continuación.

**Tabla 4-6:** Datos en vivo Scanner VCDS, al máximo porcentaje del sensor APP.

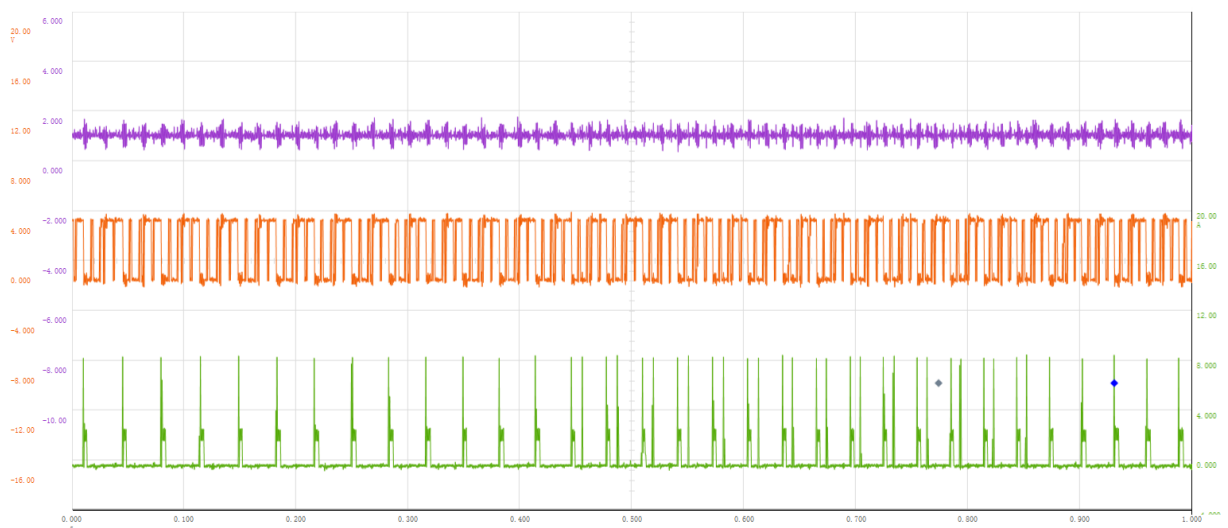
VCDS	
DESCRIPTION	ACTUAL
Engine RPM	2598/min
Coolant temperature	103 °C
Vehicle speed	101 km/h
Accelerator pedal position	87.8 %

Mean injection time	4.650 ms
Adaptation of intake manifold runner flaps	3.667 V

Realizado por: Carrión F, 2023

Analizando los parámetros obtenidos en el Scanner VCDS en conjunto con los diferentes oscilogramas de las diferentes señales que se pueden visualizar en la ilustración 13-4. Se pudo establecer que el vehículo se encuentra a 2598 revoluciones por minuto y con una velocidad de 101 km/h, teniendo en cuenta que el oscilograma que se presentó en esta prueba; llegó a tener dos modos de trabajo.

Inicia teniendo un modo de trabajo de pobre homogénea con una abertura del inyector de 4.650 ms en la carrera de admisión, posterior a eso llega a tener un periodo en el que el motor opera en un estratificada homogénea y es el momento donde aparecen los dos pulsos de inyección, uno se da en la carrera de admisión con una abertura de 4.650 ms, adicional a esto se agrega un pulso de inyección en la carrera de compresión con una abertura del inyector de 1.247 ms, finalmente vuelve a operar en un modo de trabajo pobre homogénea ya que desaparece el pulso de inyección en la carrera de compresión y el inyector solo actúa en la carrera de admisión con una abertura del inyector de 4.650 ms.



**Ilustración 4-13:** Oscilograma del sensor de la chapaleta, sensor CMP y la señal del inyector; cuando se encuentra al máximo el porcentaje del pedal del acelerador.

Fuente: Carrión F, 2023.

### 4.3 Comparativa de los oscilogramas de las pruebas estáticas y dinámicas.

Una vez analizado cada una de las pruebas que se realizó durante la investigación se determinó que si existe una notable diferencia y que depende mucho del porcentaje en el que este siendo aplicado el pedal del acelerador y a las revoluciones a las que se encuentra el MCI, así que se llegó al siguiente análisis que se muestra en la tabla 7-4.

**Tabla 4-7:** Comparativa de las diferentes pruebas obtenidas tanto estática como dinámica.

Porcentaje del pedal del acelerador	Modo de trabajo en el que opera	Abertura del inyector		Tipo de prueba
		Carrera de admisión	Carrera de Compresión	
11.8%	Homogéneo	0.0991 ms	-	<b>Dinámica</b>
± 20%	Homogéneo	1.838 ms	-	
± 40%	Homogéneo	3.210 ms	-	
± 60%	Antidetonante homogéneo	3.622 ms	1.415 ms	
± 80%	Estratificado homogéneo	3.965 ms	1.513 ms	
Máximo porcentaje al pedal del acelerador	Pobre homogéneo – estratificado homogéneo	4.650 ms	1.247 ms	

Elaborado por: Carrión F, 2023

Haciendo una comparación entre investigaciones antes realizadas con la presente, se puede deducir que todas llegan al mismo fin que es determinar el modo de trabajo en el que está operando el MCI, recalcando que cada uno tiene una forma distinta de analizarlo.

Así como se realizó la investigación en la Universidad Estatal de Milagro con el Artículo Científico denominado “Estratificación de un motor de inyección directa a gasolina al variar la altitud”, de la misma manera en la Escuela Politécnica Nacional con la Tesis de Grado de Magister denominada “Estudio del funcionamiento de un motor de inyección electrónica a gasolina en diferentes alturas con respecto al nivel del mar”.

Las cuales se analizan mediante un Scanner Automotriz, la cual es muy correcto analizando parámetros como el MAF, presión en riel, sensor de oxígeno y revoluciones del MCI.

Comparando en el diagrama de Modos de Trabajo que vienen dados en el manual del vehículo, en el que se compara la velocidad del motor en (RPM) y la carga de motor en porcentaje; la misma que se guían mediante un ciclo de conducción y evaluando cada uno de los parámetros mencionados para determinar el modo de trabajo en el que opera el MCI.

En cambio, en la presente investigación el aporte que se realiza es analizar el comportamiento del inyector, chapaleta y el porcentaje del pedal del acelerador; y así analizar en que carrera se está dando la inyección, en qué momento se acciona la chapaleta. Mas no guiándose solo en el diagrama de modos de trabajo, sino evaluando el funcionamiento en condiciones reales de las señales por medio de un Osciloscopio automotriz y por medio de un Scanner evaluar parámetros como la velocidad del motor, velocidad del vehículo, temperatura del motor y la abertura que tiene el inyector cuando al vehículo se lo expone a condiciones dinámicas con distintos porcentajes en el pedal del acelerador.

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO PROPOSITIVO

#### 5.1 Nuevas líneas de investigación.

A futuro lo que se sugiere realizar es analizar los modos de trabajo con la ayuda de un dinamómetro, la cual ayudará a exponer al motor a cargas establecidas a tal manera que se lo pueda exponer al vehículo durante periodos largos y los oscilogramas que se requiere tenga una mayor precisión al momento de la recolección de los mismos, para que no exista ningún tipo de desfaz de tiempo al momento de analizar los parámetros obtenidos por Scanner Automotriz en conjunto con las señales que nos brinda el Osciloscopio Automotriz.

De la misma manera analizar los modos de trabajo que realiza el MCI, pero ahora en ciudad o en carretera. Por lo que se podría observar cómo se aplican los modos de trabajo en las distintas circunstancias cuando los vehículos se desarrollan en el diario vivir, de tal manera, que se pueda hacer un análisis de reducción de consumo de combustible o emisiones lo mismo que favorecerá tanto a los usuarios como al medio ambiente.

Por último y no menos importante, aprovechando que el vehículo donde se realizó la investigación es un vehículo didáctico, en el que se le puede asignar fallas y posterior a eso analizar los modos de trabajo que realiza el MCI cuando el vehículo no se presenta en óptimas condiciones. A tal manera, que se pueda realizar una comparativa de cómo se desarrollan los modos de trabajo del vehículo cuando se encuentra en óptimas condiciones y cuando no se encuentra en óptimas condiciones.

## CONCLUSIONES

Durante la investigación realizada se planteó estudiar el comportamiento de la gestión electrónica cuando al vehículo se lo expone a distintas condiciones de operación. De tal manera que permitió estudiar los modos de trabajo en los que el vehículo puede llegar a operar, debido a la investigación realizada se permitió conocer que pueden llegar a tener hasta cinco modos de operación, los mismos que pueden llegar a ser: estratificada, estratificada homogénea, pobre homogénea, homogénea y antidetonante homogénea.

Una vez analizado y estudiado cada uno de los modos de trabajo que puede llegar a tener, se aplicó la metodología experimental planteada para analizar cada una de las pruebas que requería el estudio. Recalcando que las pruebas estáticas sirvieron para establecer los rangos en los que trabajan los sensores y actuadores que se necesitaba estudiar del MCI, a tal punto de llegar a una prueba final estática en ralentí que permita analizar en qué modo trabajo opera el MCI del vehículo.

Posterior al haber culminado con las pruebas estáticas, se procedió a la recolección de información que permita hacer el estudio del comportamiento del vehículo cuando se lo expone a condiciones dinámicas, teniendo presente los rangos de porcentaje del pedal del acelerador que se estableció. Concluyendo que cuando al vehículo se lo expone a  $\pm 20\%$  y  $\pm 40\%$ , se encuentra operando en un modo homogéneo con la diferencia que la abertura del inyector varía notablemente con los siguientes valores expresados en milisegundos 1.838 y 3.21 respectivamente.

Ahora bien, cuando al pedal del acelerador se lo expone a  $\pm 60\%$  y  $\pm 80\%$  se pudo observar que existen dos pulsos de inyección tanto en la carrera de admisión como en la de compresión. Cuando se expone al  $\pm 60\%$ , el inyector tiene una abertura de 3.622 milisegundos en la carrera de admisión y 1.415 milisegundos en la carrera de compresión, además la chapaleta no se encuentra accionada; por lo que se determinó que el modo de trabajo en el que trabaja es antidetonante homogéneo. Por otro lado, cuando el pedal de acelerador es expuesto al  $\pm 80\%$ , el inyector tiene una abertura de 2.965 milisegundos en la carrera de admisión y 1.513 milisegundos en la carrera de compresión, además la chapaleta se encuentra accionada; por lo que se determinó que el modo de trabajo en el que trabaja es estratificado homogéneo.

Por último, cuando el pedal del acelerador es expuesto a su máximo porcentaje se concluyó que operan dos modos de trabajo pasando primero por un modo de trabajo pobre homogéneo con una abertura del inyector de 4.650 milisegundos en la carrera de admisión, pasando por un modo de

trabajo estratificado homogéneo con dos pulsos de inyección uno en la carrera de admisión con una abertura de 4.650 y en la carrera de compresión con una abertura del inyector de 1.247 milisegundos, finalmente regresando a pobre homogéneo con un pulso de inyección en la carrera de admisión con una abertura del inyector de 4.650 milisegundos. Teniendo como característica que la chapaleta se encuentra accionada por lo generó una turbulencia al momento que ingresa el flujo de masa de aire a la cámara de combustión.

Finalmente, se llegó a la conclusión que la hipótesis de investigación se cumple al decir que los motores MEP de inyección directa si presenta cambios en la gestión de inyección durante el funcionamiento del motor cuando posee menor y mayor carga.



## **RECOMENDACIONES**

Al momento de realizar la investigación se recomienda fundamentalmente que, al instante de instrumentar el vehículo para la recolección de oscilogramas, se tenga mucho cuidado al no generar un falso contacto el cual puede crear códigos de avería y no permitan el correcto desenvolvimiento del MCI, por una mala lectura que esté emitiendo algún sensor o actuador.

Además, los equipos que se vayan a utilizar tengan tierras aisladas para no generar falsos contactos en los sensores y actuadores, los mismos que pueden provocar que el vehículo se apague y genere códigos de avería.

Así mismo invitar a que se siga investigando e indagando sobre el tema, ya que es un tema muy amplio y brindará un aporte al campo automotriz muy importante. Llegando a analizar las mismas variables, teniendo en cuenta una mayor precisión con instrumentos que faciliten el porcentaje del pedal del acelerador en un valor establecido por un largo periodo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ABC PARTES**, *Ficha técnica Scanner VCDS*. [blog]. [Consulta: 14 de febrero 2023]. Disponible en: <https://n9.cl/kuawr5>
2. **ASOCIACIÓN DE EMPLEADOS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR**. *Sector Automotor En Cifras* [en línea], 2023, (Ecuador). (No 87), pp 1-6. [Consulta: 09 de enero 2023]. Disponible en: Boletín Sector Automotor en Cifras – AEADE
3. **ALIAGA GARCÍA, Walter.; et al.** *Válvulas Inteligentes* [en línea]. Huancayo-Perú: Asociación del Perú Autotrónica, 2014. [Consulta: 04 de diciembre 2022]. Disponible en: Distribucion variable automotriz by Walter Aliaga Garcia - Issuu
4. **ALONSO PÉREZ, José.** *Técnicas del Automóvil Motores*. [en línea]. 11ª ed. Madrid-España: Ediciones Paraninfo, S.A, 2009. [Consulta: 08 de noviembre 2023]. Disponible en: <https://biblioteca.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=34353>
5. **ARIAS FIDIAS, G.** *El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica*. [en línea]. 6ª ed. Caracas-Venezuela: Episteme, CA., 2012. [Consulta: 15 de febrero 2023]. Disponible en: [El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf](#) (abacoenred.com)
6. **AUGERI, Fernando.** *Bobinas COP Multichispa*. [blog]. Argentina: CISE ELÉCTRONICA, 2016. [Consulta: 12 de noviembre 2022]. Disponible en: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/846-bobinas-cop-multichispa.html>.
7. **AUTEL MAXISCOPE MP408.** *Ficha Técnica Osciloscopio Maxiscope MP408*. [blog]. [Consulta: 02 de febrero 2023]. Disponible en: <https://www.autel.com/es/special/3288.jhtml>
8. **AUTEL SA256.** *Ficha Técnica Pinza Amperimétrica SA256*. [blog]. [Consulta: 15 de febrero 2023]. Disponible en: <https://manuals.plus/autel/sa256-650a-ac-and-dc-current-clamp-manual#axzz7tSCJGRpP>
9. **COLLAGUAZO TACURI, Henry Paul.** Análisis del Sistema de inyección directa de gasolina en motores FSI de Volkswagen. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería Mecánica. Azuay. Cuenca-

- Ecuador. 2013. págs. 2-47. [Consulta: 23 de enero 2023]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3273/1/10047.pdf>
10. **ELECTUDE BEHEER B.V.** *Modos de Operación: Estratificados y Homogéneos*. [blog]. [Consulta: 14 de febrero 2023]. Disponible en: [https://electudelatam.electude.com/sco2022.13.2.g5e29d9233/module\\_456\\_lesson\\_456\\_837](https://electudelatam.electude.com/sco2022.13.2.g5e29d9233/module_456_lesson_456_837)
  11. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO.; et al.** *Metodología de la Investigación*. [En línea]. Veracruz-México: McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. de C.V, 1997. [Consultado: 19 de diciembre 2022]. Disponible en: [Metodologia-de-la-InvestigaciÃ³n\\_Sampieri.pdf \(uv.mx\)](#)
  12. **LA RED KM77.** *Ficha Técnica Vehículo Audi Q5 TFSI 211 CV Quattro (2010-2012)*. [blog]. [Consultado: 18 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.km77.com/coches/audi/q5/2009/estandar/estandar/q5-20-tfsi-211-cv-quattro2/datos>
  13. **LEGUÍSAMO MILLA, Julio César.** Estudio del comportamiento de las variables de un motor de inyección electrónica respecto a la altura sobre el nivel del mar. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Pichincha. Quito-Ecuador. 2016. págs. 40-133. [Consulta: 16 de enero 2023]. Disponible en: Repositorio Digital - EPN: Estudio del funcionamiento de un motor de inyección directa a gasolina en diferentes alturas con respecto al nivel del mar
  14. **LEGUÍSAMO MILLA, Julio.; et al.** “Estratificación de un motor de inyección directa a gasolina al variar la altitud”. *Revista Ciencia UNEMI*. [En línea]. 2019, (Ecuador), vol 12, págs. 46-56. [Consulta: 09 de diciembre 2022]. Disponible en: [Estratificación de un motor de inyección directa a gasolina al variar la altitud \(redalyc.org\)](#)
  15. **MARTÍNEZ PRIETO, A.** *Audi Motor 1.4L TFSI con Sobrealimentación Doble*. [blog]. Audi Service Training, 2019. [Consulta: 14 de febrero 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/437403319/Audi-Motor-1-4l-TFSI-Con-Sobrealimentacion-Doble>.

16. **MECHÍN RODRIGUEZ, E.** *Sensor de Presión de Riel de Combustible*. [blog]. 2020. [Consulta: 16 de noviembre 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/467560760/Sensor-de-presion-de-riel-de-combustible>.
17. **MIAC.** *Ficha Técnica del Transductor de Presión WPS500X*. [blog]. [Consultado: 01 de diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.miac.es/tienda-producto-ver.php?p=445&c=82>.
18. **PAYRI GONZÁLEZ, Francisco.; & DESANTES FERNÁNDEZ, José.** *Motores de Combustión Interna Alternativos*. [En línea]. Barcelona-España: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, EDITORIAL REVERTÉ, 2011. [Consulta: 29 de noviembre 2023]. Disponible en: MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS (upv.es)
19. **PICO TECHNOLOGY.** *Principio de Funcionamiento de Sensores y Actuadores*. [blog]. [Consultado: 25 de octubre 2022]. Disponible en: <https://www.picoauto.com/library/automotive-guided-tests>.
20. **PLAZA, David.** *Downsizing: Qué es un y qué relación tiene con el ciclo WLTP*. [blog]. Colombia: motor.es, 2019. [Consultado: 14 de noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.motor.es/que-es/downsizing>
21. **TASCÓN GÁRATE, Jaime.** *Últimas Tendencias: Introducción a la Inyección Directa de Gasolina*. [En línea]. Madrid-España: Universidad Carlos III de Madrid, 2015. [Consultado: 14 de octubre de 2022]. Disponible en: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiYx4zbfWCAxVARjABHfmzCZAQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.todomecanica.com%2Fcomponent%2Fk2%2Fdownload%2F121\\_0c4f7e2111d0bd107291b2da0515d41f.html&usg=AOvVaw068\\_8-eIgA255zEGLU3jWj&opi=89978449](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiYx4zbfWCAxVARjABHfmzCZAQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.todomecanica.com%2Fcomponent%2Fk2%2Fdownload%2F121_0c4f7e2111d0bd107291b2da0515d41f.html&usg=AOvVaw068_8-eIgA255zEGLU3jWj&opi=89978449)
22. **RODRÍGUEZ, Miguel.** *Diagnóstico y Fallas en el Sistema de Aceleración Electrónico*. [En línea]. Quevedo-Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo – Ingeniería Mecánica, 2018. [Consultado: 16 de noviembre 2022]. Disponible en: Manual DE Cuerpo DE Aceleracion EN PDF - DIAGNÓSTICO y FALLAS EN EL SISTEMA DE ACELERACION - Studocu

23. **VÁSQUEZ HIDALGO, Isable.** *Tipos de Estudio y Métodos de Investigación.* [blog]. Chile: Gestiopolis, 2012. [Consultado: 13 de diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/tipos-estudio-metodos-investigacion/>.
24. **VOLKSWAGEN AG.** *El motor FSI de 2.0L con culata de 4 válvulas.* [blog]. Alemania: Service Training Volkswagen. 2010. [Consulta: 16 de noviembre 2022]. Disponible en: 322 motor 2.0 fsi | PDF (slideshare.net)
25. **VOLKSWAGEN AG.** *El motor 2.0L FSI con Turbo-Sobrealimentación.* [blog]. Alemania: Service Training Volkswagen. 2011. [Consulta: 22 de noviembre 2022]. Disponible en: 337-Motor 2.0 TFSI | PDF | Turbocompresor | Acelerador (scribd.com)