

**PLAN DE MANTENIMIENTO ORIENTADO A INCREMENTAR LA VIDA
ÚTIL DEL CATALIZADOR EN VEHÍCULOS DE ENCENDIDO
PROVOCADO**

Holman Marin Castrillon

holman.marin996@pascuabravo.edu.co

Juan Alejandro Saldarriaga Cañas

j.saldarriaga1248@pascualbravo.edu.co

Ingeniería mecánica



Asesor:

Ph.D. Yuhan Arley Lenis

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
JUNIO DE 2023**

Tabla de contenido

Resumen	4
1. Introducción	5
1.1. Marco teórico.....	5
1.1.1. El motor de 4T.....	5
1.1.2. El catalizador.....	7
1.1.3. Ciclos de funcionamiento de un motor de combustión interna.	9
1.2. La camioneta captiva de 2.4L.....	10
1.3. Estado del arte	12
2. Objetivos	15
3. Metodología	16
4. Resultados	19
4.1. Principales causantes de fallas de acuerdo a reportes de centros de centros de servicio	19
4.2. Determinación experimental del efecto de la holgura y del combustible sobre el desempeño del motor	21
4.2.1. Pruebas en estado estable	21
4.2.2. Pruebas en dinámico.....	23
4.3. Plan de mantenimiento.	26
4.3.1. Matriz de mantenimiento	26
5. CONCLUSIONES	27
Bibliografía.....	28

Lista de Figuras

Figura 1. Componentes de un catalizador. Tomado de (Amaya, 2021).....	8
Figura 2. Funcionamiento del catalizador. Fuente: (Amaya, 2021).....	9
Figura 3. Tiempos de un Ciclo Otto, a) Admisión, b) Compresión, c) Expansión, d) Escape.	10
Figura 4. Esquema de la instalación experimental.....	17
Figura 5. Vehículo en dinamómetro.....	17
Figura 6. Equipo de control, visualización y almacenamiento de datos del dinamómetro.	18
Figura 7. Grafica velocidad vs tiempo, del WLTC	18
Figura 8. Requisitos del combustible Gasolina en Colombia.	20
Figura 9. Requisitos del combustible E10 en Colombia.	20
Figura 10. Emisión de monóxido de carbono en estado estable	22
Figura 11. Emisiones de hidrocarburos en estado estable.....	22
Figura 12. Consumo de combustible bajo estado estable.....	23
Figura 13. Consumo de combustible en el tiempo en prueba dinámica.....	23
Figura 14. Rendimiento mecánico del vehículo en dinámico	24
Figura 15. Emisiones de Hidrocarburos en dinámico	25
Figura 16 Grafica de Monóxido de Carbono en dinámico.....	25

Resumen

En el presente proyecto se analizan las principales causas del deterioro prematuro de catalizadores en motores de encendido provocado. Lo anterior al considerar el efecto que tiene este sobre el medio ambiente y el desempeño de los vehículos. Para definir las principales causas, primero, se analiza información proveniente de centros de servicio, de personal técnico y de experiencias reportadas en foros especializados al respecto de esta problemática. Entre los principales causantes de las fallas tempranas, se identificaron: deterioro del motor, al punto que se encuentre quemando aceite, operación del vehículo a bajas condiciones de velocidad y baja carga, sensores de oxígeno en mal estado, Uso de gasolinas de mala calidad y bujías por fuera de la holgura correspondiente. Las dos últimas fueron analizadas en una instalación experimental bajo pruebas en estado estable y en dinámico, empleando un vehículo logan montado en un dinamómetro.

A partir de la información de centros de servicio y de las pruebas experimentales, se define un plan de mantenimiento por confiabilidad, orientado a incrementar la vida útil del catalizador. Del plan se destaca las recomendaciones de verificación de sensores de oxígeno, calibración de bujías, múltiple de admisión y cuerpo de aceleración

Palabras clave. Motores de combustión, gasolina, contaminación, catalizador, mantenimiento

1. Introducción

En el presente, la industria automotriz, trabaja para desarrollar nuevas tecnologías con el propósito de mejorar los vehículos con respecto a sus emisiones contaminantes, su objetivo general es mejorar la calidad del aire y evitar la producción de gases perjudiciales para el medio ambiente.

Hoy en día, gran parte de la contaminación atmosférica es originada por los motores a combustión interna que operan a partir de combustibles fósiles. Estos producen monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC), partículas, entre otros, los cuales tienen graves repercusiones sobre el planeta y la salud humana. Entre los problemas asociados a los contaminantes, está el calentamiento global, los problemas respiratorios asociados a las partículas carbonosas, y que el CO se mezcla con la hemoglobina de la sangre disminuyendo la capacidad de oxigenación que tiene el organismo y por tanto dificultando la respiración.

La contaminación ambiental se asocia principalmente a los combustibles de origen fósil y a su uso en motores. Es por esto que, previendo que estos seguirán siendo la tecnología de automoción dominante al menos en la próxima década, se vienen implementando estrategias para reducir su impacto ambiental. En este sentido, se vienen usando sistemas de control de emisiones en los cuales ha habido avances significativos; la tecnología ha evolucionado desde sistemas de inyección electrónica mono-punto, hasta inyección directa, catalizadores y filtros ubicados en los conductos de escape del motor. Uno de los sistemas principales usados actualmente, es el convertidor catalítico o catalizador, cuya función principal es oxidar en el múltiple de escape aquello no se logró al interior de la cámara de combustión. El presente trabajo, precisamente, hace énfasis sobre este dispositivo y el desempeño que ha tenido el mismo en varios vehículos, pues en algunos casos se reportan fallas tempranas.

Teniendo en cuenta el alto costo de los catalizadores, se busca determinar qué factores son los más afectan su desempeño y que podrían conducir el deterioro acelerado del componente. A partir de dicha información, sobre el final del trabajo, se propone un plan de mantenimiento preventivo, enfocado principalmente en alargar su vida útil. A manera de caso de estudio, se analiza el uso del catalizador y se propone el plan de mantenimiento para una camioneta Chevrolet Captiva 2.4L.

1.1. Marco teórico

En las siguientes secciones, se presenta el marco conceptual que facilita la lectura y comprensión de este trabajo, y de la misma manera, se analizan algunos trabajos reportados en los diferentes artículos, tesis, foros y páginas web que investigan el desempeño de sistemas de catalizador bajo diferentes condiciones operacionales del motor.

1.1.1. El motor de 4T

La energía mecánica es vital para el funcionamiento de diferentes máquinas y procesos. Por lo general, aparece como un eje en movimiento giratorio con torque, que se transmite a otras máquinas o dispositivos de conversión de energía. Aunque esta energía puede obtenerse del calor, del agua, de la energía solar y de las corrientes eólicas, una de las fuentes más habituales por su

facilidad de uso y densidad energética son los combustibles fósiles, cuya energía se convierte en trabajo mecánico mediante una máquina térmica, las cuales se clasifican según el ciclo termodinámico o combustible empleado.

Antes de profundizar sobre la clasificación, se describirá brevemente cómo funciona la conversión de energía. Como se mencionó, en un motor de combustión interna, la energía entregada al eje proviene de la oxidación del combustible y comburente (generalmente aire). Estos, se introducen en la cámara de combustión del motor, donde, ya sea por chispa o por altas temperaturas, se inicia el proceso de combustión. En los motores de encendido por chispa, la mezcla aire-combustible, era normalmente preparada en el carburador y se entregaba a los cilindros a través del múltiple de admisión. Hoy en día, con los sistemas de inyección electrónica, es posible ahorrar combustible y reducir significativamente las emisiones no quemadas, ya que estos pueden incluso inyectar el combustible directamente en el cilindro, a alta presión y de forma estratificada, lo que mejora considerablemente la mezcla, reduciendo además los tiempos de calentamiento. En los motores de encendido por compresión el proceso es similar, aunque en ellos solo se comprime aire, el cual estando a alta temperatura, recibe una inyección de combustible que se enciende espontáneamente.

En ambos tipos de motores, la mezcla aire-combustible se convierte en calor, vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos, nitrógeno (N₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), material particulado, entre otros, donde el único que no se considera contaminación es nitrógeno. La cantidad de oxígeno involucrada en el proceso se relaciona con la cantidad necesaria para una combustión completa, y en un motor de encendido por chispa, funciona muy cerca de la región estequiometría, donde se necesitan alrededor de 14,7 partes de aire por cada parte de combustible. Por su parte, los motores de encendido por compresión siempre operan con exceso de aire, es decir, con más aire que el requerido. De forma general, los motores de combustión interna se pueden clasificar como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los motores de combustión interna

Aplicación	Automóviles, vehículos pesados, aviones, vehículos marítimos y generación de energía
Diseños de motor	Motores en línea, en V, bóxer, rotatorios
Ciclos de funcionamiento	4 tiempos: Aspirado naturalmente, sobrealimentado, turbocargado 2 tiempos
Combustibles	Gasolina, Diésel, Gas natural
Encendido	Por chispa y por compresión
Enfriamiento	Por líquido y por aire (convección)

Fuente: construida a partir de información reportada en (Patiño, 2020)

1.1.2. El catalizador

El convertidor catalítico interno ralentiza una reacción química que oxida los hidrocarburos y el CO que se encuentran en los gases de escape. Los catalizadores también controlan las emisiones de NO_x y CO. Los hidrocarburos y el CO se transforman en vapor de agua y CO₂ en este proceso. Dado que el gobierno de los Estados Unidos exigió a través de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) que la contaminación emitida se redujera en un 75%, los fabricantes estadounidenses comenzaron a incluir convertidores catalíticos en sus diseños en 1975, a partir de lo cual, los convertidores catalíticos cobraron relevancia en la industria automotriz. Los catalizadores son un componente ampliamente utilizado en todo tipo de transporte, incluidos autobuses, trenes y automóviles particulares, como resultado del protagonismo mundial que se le otorga a los motores de los vehículos. Aunque este dispositivo es muy eficaz para reducir los contaminantes, no es más que un cilindro de acero inoxidable que se conecta al tubo de escape del motor muy cerca del colector de escape. Está construido internamente a partir de una amplia gama de componentes cuya función es oxidar los gases que no lo hacen en la cámara de combustión del motor. A continuación, se describe con más detalle la constitución de este dispositivo.

- **Componentes de un catalizador**

El catalizador consta de un sustrato monolítico cerámico, sostenido por un aislamiento y alojado dentro de una carcasa de chapa. Internamente tienen una cerámica en forma de panal con alrededor de 70 celdas por centímetro cuadrado, y que está impregnada de una resina en la que se pueden encontrar algunos elementos nobles metálicos. El sustrato puede estar enchapado en 3 metales nobles:

- Platino (Pt)
- Paladio (Pd)
- Rodio (Rh)

El Paladio (Pd), Platino (Pt) y Rodio (Rh), hacen que los catalizadores tengan un alto valor. La función de estos elementos nobles es iniciar y acelerar las reacciones químicas entre las diversas sustancias que llegan al catalizador, con las cuales entran en contacto (es importante tener claro que los metales nobles no participan en estas reacciones). Mientras los dos primeros permiten la función de oxidación, el Rodio interviene en la reducción de los gases nocivos. Debido a las altas temperaturas, el catalizador también está recubierto con un aislante térmico de metal que evita que el calor pase a otras zonas del vehículo. En la Figura 1, se presenta de forma simplificada la configuración de un catalizador.

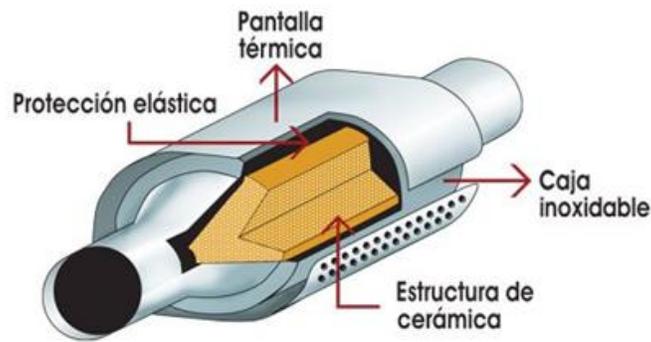
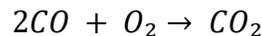


Figura 1. Componentes de un catalizador. Tomado de (Amaya, 2021)

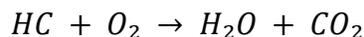
- **Funcionamiento del catalizador**

Dado que se utiliza tecnología catalítica para reducir las sustancias contaminantes que se encuentran en los gases de escape, la función del convertidor es quizá una de las más importantes jamás implementadas en un vehículo. El proceso acelera las reacciones químicas que convierten alrededor del 98 por ciento de los gases altamente contaminantes producidos durante la combustión, como el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos no quemados (HC) o los óxidos de nitrógeno (NOx), en sustancias menos dañinas, como el vapor de agua (H₂O) y el dióxido de carbono (CO₂). Inicialmente, las partículas de NOx se dividen en pares a temperaturas superiores a 500°C en nitrógeno (N₂) y oxígeno (O₂) - [2NO N₂O₂]. Estas moléculas de nitrógeno (N₂) y oxígeno (O₂) luego interactúan con la superficie activa del convertidor catalítico para reducir el impacto ambiental de las partículas de NOx (ver Figura 2). A continuación, se presentan las reacciones entre los elementos nitrógeno (N₂), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y oxígeno (O₂):

- El monóxido de carbono y el oxígeno se convierten en dióxido de carbono (CO₂), que es menos tóxico



- Los hidrocarburos y el oxígeno se asocian en vapores de agua (H₂O) y más dióxido de carbono (CO₂)



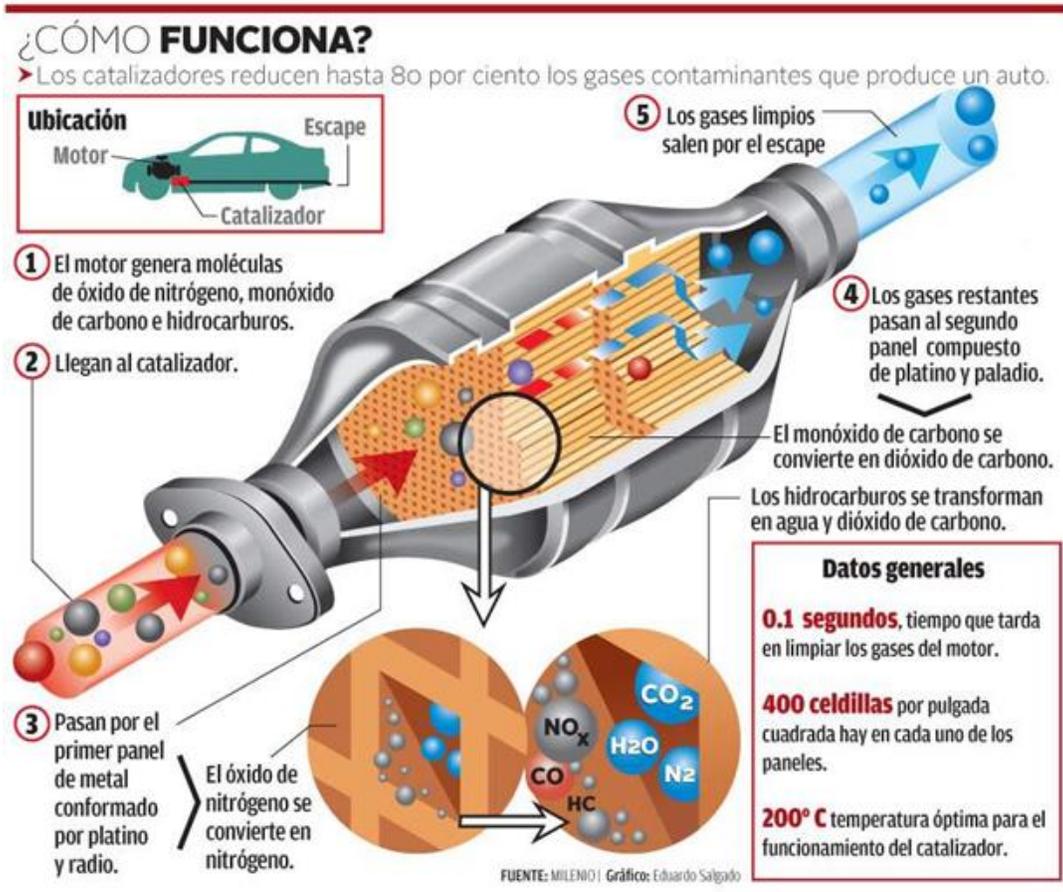


Figura 2. Funcionamiento del catalizador. Fuente: (Amaya, 2021)

1.1.3. Ciclos de funcionamiento de un motor de combustión interna.

Los ciclos utilizados en el funcionamiento de los motores de combustión interna son el ciclo Otto y el ciclo Diésel, principalmente. En este trabajo sólo especificaremos el ciclo Otto dado que el sistema seleccionado como caso de estudio, está compuesto por un vehículo de encendido por chispa.

- **Ciclo Otto**

Los ciclos térmicos, constituyen una serie de acciones en las que la energía recibida a partir del combustible se convierte en calor y trabajo, son la base del funcionamiento de los motores de acuerdo con la termodinámica. Los inventores alemanes Otto y Langen utilizaron un ciclo desarrollado por el francés Beau De Rochas en 1862 para motores de cuatro tiempos. El ciclo mecánico más común del motor Otto requiere cuatro carreras de pistón, dos revoluciones del cigüeñal y una revolución del árbol de levas para completarse. Una mezcla de aire y combustible se introduce en el cilindro durante el proceso de admisión. A medida que avanza la carrera de admisión, la válvula de admisión permanece abierta mientras el pistón se mueve desde su punto

muerto superior (TDC por sus siglas en inglés) hasta su punto muerto inferior (BDC por sus siglas en inglés). Una vez finalizado este procedimiento de llenado, la mezcla de aire comprimido y combustible impulsa el pistón de BDC a TDC. Tanto las válvulas de admisión como las de escape se cierran durante la carrera de compresión. La mezcla de aire y combustible es encendida por la bujía al final de este proceso, elevando la presión y la temperatura de la mezcla mientras mantiene su volumen aproximadamente constante y cerca de su valor mínimo. El pistón es lanzado desde su "TDC" hacia el BDC como resultado de esta combustión. Las válvulas de admisión y escape se cierran durante esta carrera de expansión. El proceso de golpeteo, en el que los productos de la combustión se liberan del cilindro a la atmósfera, comienza cuando el pistón alcanza su BDC. Esto es cuando se abre la válvula de escape., ver Figura 3.

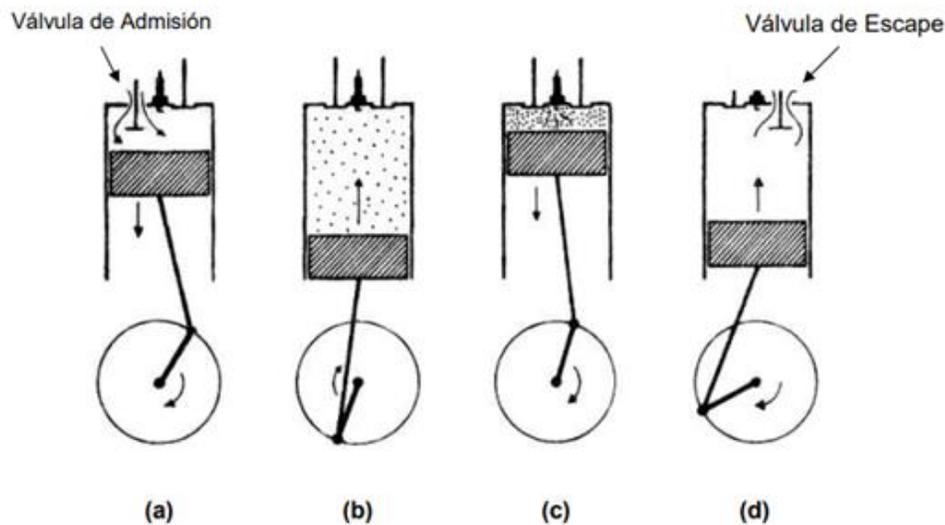


Figura 3. Tiempos de un Ciclo Otto, a) Admisión, b) Compresión, c) Expansión, d) Escape.

Fuente: (Mercedes, Morales, & Hernandez, 2014)

1.2. La camioneta captiva de 2.4L

Las Chevrolet Captivas son vehículos de gran presencia e interés en el mercado colombiano. El primer vehículo de esta línea traído al país llegó en el año 2007, y provino de Corea del Sur. En cuyo caso, se reportaron varios inconvenientes relacionados con su comercialización, debido a los altos costos de importación e impuestos, lo cual hizo que fuese difícil en ese momento competir en el mercado colombiano en la categoría SUV. Ya en el 2009 y gracias al convenio firmado en 1994 entre Colombia y Estados Unidos mexicanos (México) se logra una desgravación de impuestos para vehículos de esta categoría, en ese momento llega la nueva Chevrolet Captiva Sport 2.4 con diseños nuevos y más innovadores, lo que lleva a un total éxito debido a costos, confort y diseño, atrayendo aquellas personas que buscaban estas características en un vehículo. Ya van 15 años desde que el vehículo llegó a Colombia y ha surgido una incógnita sobre el costo-beneficio dado

que se ha podido evidenciar que un inconveniente común en los vehículos era el daño prematuro del catalizador, que consiste en el desprendimiento del material internamente, o en algunos casos presenta coloración morada evidenciando una mezcla deficiente, una pieza que al día de hoy en un concesionario Chevrolet tiene un costo aproximado de \$COP 7'381.929.

Esta camioneta posee un motor ciclo Otto, de 4 cilindros, inyección indirecta y 4 bobinas de encendido, donde su torque es transmitido por medio de una caja de velocidades automática. La tabla 2, presenta las principales características técnicas de dicho motor.

Tabla 2. Características técnicas. Construido a partir de (Km77, s.f.)

Variable	Característica Captiva 2.4L
Combustible	Gasolina
Potencia máxima	136 CV / 100 kW
Revoluciones potencia máxima	5.000 rpm
Par máximo	220 Nm
Revoluciones de par máximo	2.200 rpm
Posición	Delantero transversal
Número de cilindros	4
Disposición de los cilindros	En línea
Material del bloque	Hierro
Material de la culata	Hierro
Diámetro	87,5 mm
Carrera	100 mm
Cilindrada	2.405 cm ³
Relación de compresión	9,6 a 1
Válvulas por cilindro	4
Tipo de distribución	Dos árboles de levas en la culata
Alimentación	Inyección Indirecta.

Fuente: Construido a partir de información reportada en (Km77, s.f.)

1.3.Estado del arte

Es evidente que el uso de catalizadores disminuye el impacto ambiental asociado a la operación de motores de combustión interna, sin embargo, debido al costo de estos elementos, conviene diseñar estrategias que permitan aumentar su vida útil. Este tipo de investigaciones, aún no han sido abordadas en la literatura científica, sin embargo, si se han presentado estudios relacionados con el efecto sobre las emisiones causados por el estado de componentes del motor, los cuales podrían ser relacionados con el deterioro del catalizador. A continuación, se analizan algunos de estos estudios, detallando los principales hallazgos.

Serpa y Zumba en su tesis de maestría (Serpa & Zumba, 2016) evaluaron el efecto del material y calidad de la bujía sobre varios parámetros de funcionamiento del motor de un Chevrolet Grand Vitara de 2.0 L operando a 2.531 msnm, en la ciudad de Cuenca, Ecuador. De acuerdo con sus resultados, se evidencia que el tipo de bujía influencia significativamente en el rendimiento del motor. De forma tal que, según lo reportado, la bujía NGK BKR5E-11 aumenta el desempeño, así mismo se logra concluir que, en parámetros como: emisiones del vehículo, trabajo en frío y consumo de combustible, los resultados son favorables para esta bujía, en comparación a lo observado con la bujía de menor calidad (ACDELCO MFR3LS.).

Rojas en su trabajo de grado (Rojas, 2016), analizaron las emisiones de un vehículo sedan con un motor FS-ZM de 1.6 L de 4 cilindros, comparando el comportamiento del mismo con y sin el sistema catalizador, específicamente se buscaron establecer los niveles de emisiones de un vehículo sin catalizador. *A priori*, se sabe que, aunque el motor se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento, al no tener un convertidor catalítico, se tendrían mayores emisiones, y por tanto se podría afectar la salud de las personas. Como era de esperarse, los autores concluyen que, sin catalizador, las emisiones de CO presentan valores mucho mayores a los encontrados con el uso del sistema.

Valencia en su trabajo de grado, (valencia, 2015) analiza el comportamiento y deterioro del catalizador con dos diferentes mezclas de etanol-gasolina los cuales denominó E10 y E20. Este estudio lo realizó en la ciudad Pereira en el año 2015, tomando como prueba un vehículo Chevrolet Aveo, las pruebas y su posterior análisis dieron como resultado que, los catalizadores con combustible E10 son componentes con un mayor de deterioro en comparación que cuando se utiliza combustible E20. Esto para cuando los vehículos llegan a los 100.000 km.

Arizaga y Ordóñez en su tesis de grado, (Arizaga & Ordoñez, 2016) en la ciudad de cuenca, realizan un estudio de los sensores de oxígeno y su efecto sobre las emisiones y el catalizador. Como vehículo de prueba utilizaron un Hyundai Accent de 1.5L. Las diferentes pruebas fueron realizadas en estado estable a diferentes RPM. De sus resultados se destaca la gran importancia de tener un sensor de oxígeno de buena calidad, y comprobar periódicamente que no haya grietas ni fugas, ni sobre el cuerpo del sensor, ni sobre la rosca, lo anterior buscando que la lectura sea más precisa y no genere códigos de falla DTC (*Diagnostic Trouble Code*). Con el correcto funcionamiento del sensor de oxígeno el catalizador tendrá un mejor desempeño, es una de sus conclusiones.

Reyes, Aguilera y Becerra, en su tesis de grado en la ciudad de Bogotá, (Reyes, Aguilera , & Becerra, 2016) desarrollaron un reductor de emisiones que puede funcionar en otros vehículos que denominan catalizador selectivo -SCR, el cual se basa en una tecnología, que utiliza un líquido a base de Urea. Este líquido al estar compuesto por nitrógeno que posteriormente se convierte en amoníaco con ayuda del calor, permite controlar las partículas nocivas de óxido nitrógeno que emiten los motores. Adicionalmente, utilizan un convertidor catalítico convencional. Con sus experimentos determinan que, con la tecnología SCR tienen un ahorro significativo en consumo de combustible, mayor superior al 5%, alcanzando una eficiencia superior y optimizando la conversión de óxidos de nitrógeno, con lo que finalmente reducen el deterioro del filtro de partículas.

Utreras y Valencia en su trabajo de grado (Utreras & Valencia, 2021), también desarrollado en Ecuador, tomaron como caso de estudio una camioneta Mazda BT50 modelo 2011, y con ayuda de un escáner con puerto OBD2, un analizador de gases marca Brain Bee AGS 688, una pistola infra roja y una caldera de vapor tipo piro tubular, buscaron regenerar el catalizador sin que fuera necesario cambiar ningún componente dentro del mismo. Este método, consideraba el uso de vapor saturado a presiones entre 60 y 80 psi, con caudales entre 21.1 y 50.6 Kg/h. Adicionalmente utilizaron sustancias que se disuelven formando ácidos, los ácidos empleados fueron: el oxálico; el cual es muy eficaz para eliminar fósforo y cobre, y ácido cítrico; eficaz para eliminar Zinc y Níquel. Realizan una prueba con una pistola infra roja para determinar la temperatura antes y después de catalizador donde no puede haber una diferencia superior a 30 grados, posteriormente analizan valores con un escáner y un analizador de gases para determinar el impacto que tuvieron en la regeneración en el catalizador, establecen que algunos catalizadores se pueden regenerar dependiendo de su estado físico y la causa de su desactivación.

La anterior revisión de literatura, permite evidenciar que, en efecto, las condiciones operacionales y el deterioro o la calidad de componentes como bujías y sensores de oxígeno, acortan la vida útil del catalizador debido a incrementos en las emisiones contaminantes. En el caso de Colombia, es común encontrar deterioros prematuros en el catalizador de varios vehículos, en cuyo caso la solución es el reemplazo y las causas del deterioro son medianamente explicadas. Pese a que el indicio de que dicho problema podría estar relacionado con la falta de mantenimiento de componentes como las bujías y los sensores de oxígeno, y con el uso de combustibles de baja calidad, este tipo de hipótesis no han sido verificadas siguiendo el método científico, por lo que, de momento, la relación entre el estado y la calidad de estos componentes, y la vida útil del catalizador, sigue por verificar.

Considerando lo anterior, en este trabajo se pretenderá determinar el efecto que tiene el deterioro de las bujías y la calidad del combustible sobre las emisiones que finalmente afectan la vida útil del catalizador, con lo que se busca diseñar un plan de mantenimiento, orientado a incrementar la vida útil del catalizador, específicamente, se tomará como caso de estudio la camioneta CHEVROLET CAPTIVA 2.4 L. Esta información será de interés para centros de servicio automotriz, dado que podrían sugerir procedimientos de mantenimiento adicionales a los convencionales, buscando salvaguardar la calidad y el reconocimiento de las marcas. La importancia del catalizador es evidente y fundamental, dado que es una pieza que permite al vehículo tener un óptimo control de emisiones.

Este trabajo parte en una problemática que afecta tanto la confiabilidad de los vehículos como la imagen de las marcas. Dicha dificultad no ha sido abordada directamente de las casas matriz, probablemente al considerar que el deterioro prematuro del componente se debe al uso de combustibles de baja calidad y a las condiciones particulares del país. El presente proyecto busca contribuir a la solución de una problemática que lleva aproximadamente 12 años en el país.

2. Objetivos

La verificación de las causas del deterioro prematuro de catalizadores, exige rigor científico. A nivel de centros de servicio y talleres, ya se han esbozado algunos de los factores que podrían tener influencia sobre esta problemática, sin embargo, no se tiene certeza de qué tanto podrían estar afectando el desempeño del componente. Partiendo de la identificación de los causantes del problema, en este trabajo se busca definir un plan de mantenimiento preventivo que contribuya a alargar la vida útil del catalizador, de esta manera, se han planteado los siguientes objetivos.

Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento orientado a incrementar la vida útil del catalizador en vehículos de encendido provocado

Objetivos específicos

1. Establecer las principales causas de las fallas prematuras del catalizador en un vehículo de encendido provocado, analizando las experiencias reportadas en centros de servicio autorizados.
2. Determinar el efecto de la holgura de las bujías y de la calidad del combustible sobre las emisiones contaminantes del motor.
3. Plantear rutinas de mantenimiento que aseguren alargar la vida útil del catalizador, asegurando que se mantengan las emisiones dentro del rango permitido por ley y que el vehículo mantenga sus condiciones normales de operación

3. Metodología

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en este proyecto, la metodología se divide en tres fases, las cuales van desde la verificación de información disponible en centros de servicio y talleres autorizados, hasta el planteamiento de rutinas de mantenimiento orientadas a aumentar la vida útil del catalizador. De esta manera, a continuación, se presentan las tres fases:

Fase I. Principales causas de falla. En esta etapa, se procedió a consultar cuáles podían ser las fallas hipotéticas que afectarían el componente, se investigó con técnicos e ingenieros expertos con más 15 años de experiencia en centros de servicio. También se hace uso de información disponible en plataformas técnicas, al igual que se consultan foros, sitios web y se compara la información con la brindada por los centros de servicio autorizados.

Teniendo en cuenta, que para dicha falla no se dispone de un boletín de servicio o una campaña relacionada, la información recolectada sobre las hipótesis de falla, se dispone a manera de tabla.

Fase II. Efecto de la holgura y del combustible. Entre las causas más probables, están el deterioro de la bujía y el uso de combustible por fuera de especificaciones técnicas. Teniendo en cuenta lo anterior. Se desarrollaron una serie de pruebas experimentales en las que el deterioro de la bujía se emuló mediante la variación de la holgura de la misma y para el combustible, se probó gasolina extra y corriente.

Primero fueron desarrolladas pruebas con la holgura estándar, es decir, 0.8 mm según lo recomendado por el fabricante, luego de la primera prueba, se hizo desmonte de las bujías y se calibraron a 1.2 mm. Habiendo una diferencia de 0.4 mm que podía ser significativo a la hora del proceso de combustión. Con estas holguras se realizaron pruebas experimentales en un estado estable de funcionamiento y también bajo la primera etapa del ciclo WLTC, en el cual se simulaba el funcionamiento típico de un vehículo.

Por otro lado, bajo las mismas condiciones, se probaron dos combustibles, gasolina corriente el cual según el octanaje para el país debe ser de 87 octanos y extra, el cual debería tener 92 octanos. Vale la pena destacar, que siempre el fabricante recomienda el uso de extra, sin embargo, por economía, el usuario final termina haciendo uso de gasolina corriente, sin percatarse que podría estar llevando el vehículo a condiciones de falla prematuras.

Las pruebas experimentales se realizaron en un vehículo Logan montado sobre un dinamómetro de rodillos tal como se muestra en el esquema de la Figura 4.

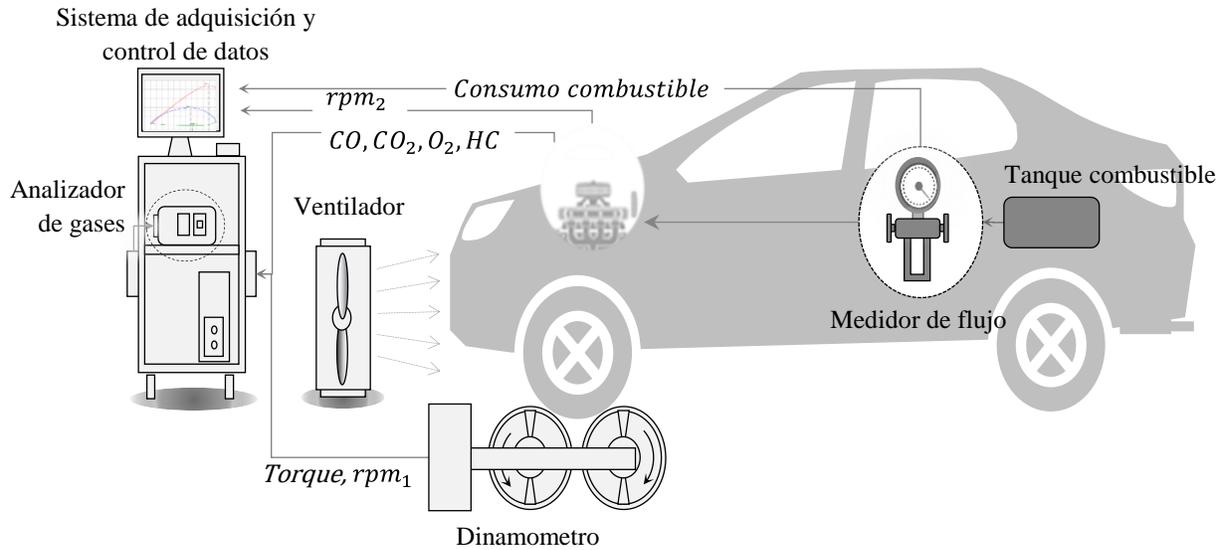


Figura 4. Esquema de la instalación experimental

Para el desarrollo de las pruebas se conectaron cada uno de los equipos al vehículo prueba, de manera que se pudiera realizar una lectura de los datos: velocidad, rpm, emisiones, par, potencia, entre otros. El vehículo se ubicó sobre un dinamómetro y se procedió con la realización de las pruebas. Las emisiones fueron medidas antes de catalizador, y como equipo adicional se usó un medidor de flujo tipo Coriolis que entregaba la señal a un equipo de adquisición adicional. El uso del medidor de combustible, también permite establecer las variaciones que podrían causar las condiciones probadas sobre el rendimiento del vehículo. El vehículo montado en el sistema de prueba, se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Vehículo en dinamómetro

El sistema de adquisición de datos y control del dinamómetro, se presenta en la Figura 6. En este equipo se obtenían los resultados sobre tiempos, distancia recorrida, velocidad del vehículo, potencia, torque y emisiones.



Figura 6. Equipo de control, visualización y almacenamiento de datos del dinamómetro.

Por otra parte, el ciclo usado para las condiciones dinámicas, fue el WLTC (ver Figura 7). Como se mencionó anteriormente, este ciclo se empleó para emular el uso del vehículo en la ciudad de Medellín en condiciones normales de operación. Este ciclo, se caracteriza por tener velocidades menores a 60 Km/h manteniendo un bajo régimen, muy similar a lo que un vehículo tendría en situaciones de calle.

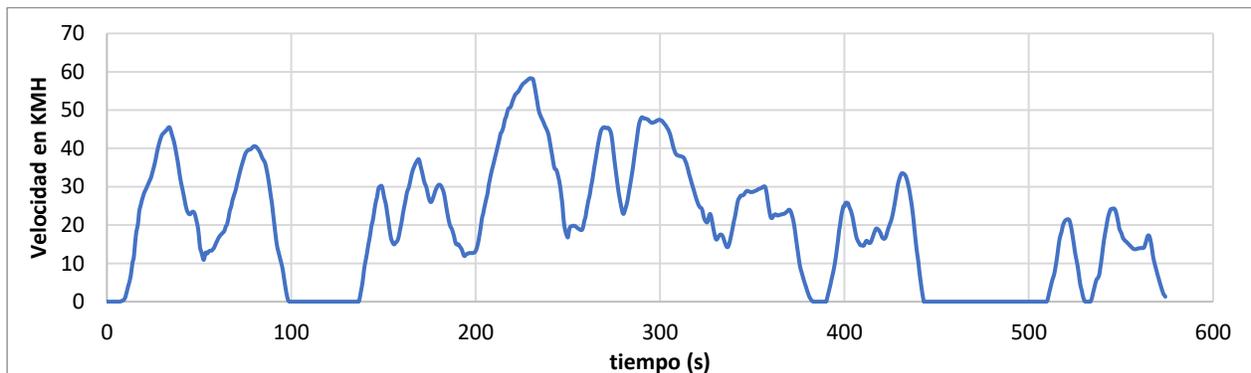


Figura 7. Grafica velocidad vs tiempo, del WLTC

Fase III. Rutinas de mantenimiento. Después de realizar las pruebas experimentales en el vehículo de prueba Renault Logan, y teniendo en cuenta los resultados de las dos primeras fases, se identifican las razones más probables de falla y se sugieren mantenimientos preventivos. Este mantenimiento incluye tabla de frecuencias y procedimiento de mantenimiento. Lo anterior tomando como caso de estudio la camioneta Chevrolet Captiva 2.4L. A futuro, se espera que el nuevo procedimiento sea incorporado por los centros de servicio.

4. Resultados

Los siguientes resultados fueron agrupados de acuerdo con los objetivos específicos planteados. De esta manera, primero se presentan los hallazgos de la literatura, luego los resultados de las pruebas experimentales y finalmente, se presenta el diseño de la estrategia de mantenimiento.

4.1. Principales causantes de fallas de acuerdo a reportes de centros de servicio

Como se mencionó previamente, en este proyecto se tomó como caso de estudio la Chevrolet Captiva 2.4L. De acuerdo con expertos y considerando información de sistemas técnicos, se identificó que, los convertidores con menos de 161 km o 100 millas podrían activar el código de error, DTC P0420, debido a la gasificación interna del recubrimiento del catalizador. Teniendo en cuenta el alto tráfico de la ciudad de Medellín, y las bajas velocidades promedio, para eliminar el código de falla y regenerar el catalizador, una posible solución sería llevar el vehículo a velocidades altas y constantes, preferiblemente a autopista y por periodos cercanos a una hora, esta práctica, permitiría evacuar los gases internos y solucionar el problema de gasificación. Es decir, para la marca el uso del vehículo a bajas velocidades y bajas cargas puede causar el deterioro del catalizador.

Un número elevado de averías o DTC, pueden causar daños en el catalizador, los DTC más comunes son P0301 y P0302 que pueden estar en los cilindros de 1 al 4. Si el ECM puede determinar que cilindro en específico presenta problemas, se ajusta el DTC para dicho cilindro a continuación se deshabilita la válvula de inyección de combustible tras 3 revoluciones de cigüeñal.

Ahora bien, de acuerdo con el personal técnico, otras posibles causas de falla son: las salidas de voltajes débiles o reducidas; que pueden generar ineficiencia en el motor, bobinas débiles, mala calibración o separación del electrodo de la bujía, un ralentí excesivo o la existencia de velocidades bajas en condiciones de poca carga, que ocasionarían bajas temperaturas e ineficiencias en la combustión.

Las bujías se vuelven resistivas ya que la holgura “*gap*” entre el electro negativo y positivo al ser más amplio genera resistencia para que la chispa salte, de esta manera hay deficiencia de la combustión pues se quemaría mal el combustible. El índice de combustión fallida (*misfire*) para holguras altas, puede ser alto que conduzca a la emisión de humos por el tubo de escape. Este hecho, evidentemente afectaría al catalizador, debido a que recibiría una cantidad mayor de emisiones, superior a la cual para la que fue diseñado. La pérdida de potencia del motor también debería ser evidente.

Ahora bien, al considerar el efecto que podría tener el combustible, lo primero es recordar que todo fabricante recomienda el uso de combustibles de buena calidad. Según el decreto 40103 del 7 de abril de 2021 del Ministerio de Minas y Energía, hay unos parámetros específicos para los octanajes mínimos y máximos del combustible en el país, pero en el mismo informe podemos observar que lo que se debería tener no es la misma cantidad de octanos que actualmente maneja el combustible en el territorio nacional, siendo inferior y de esta manera se vería afectado el proceso de combustión

en muchos vehículos. Pues al no tener un combustible que cumpla con las especificaciones técnicas se podría tener autoignición y otros fenómenos que conducen a un menor rendimiento y mayores emisiones. Las Figuras 8 y 9, presentan los requisitos de las gasolinas que se comercializan en el país.

Tabla 2A
Requisitos de calidad de las gasolinas básicas

#	PARÁMETRO		UNIDADES	LÍMITES		MÉTODOS DE ENSAYO
				Mínimo	Máximo	
1	Índice Antidetonante IAD (1)	Gasolina corriente		Adimensional	81	ASTM D2699 - 19 y ASTM D 2700 -19 (2)
		Gasolina extra		Adimensional	91	
	RON	Gasolina corriente	Hasta el 30 de diciembre de 2030	Adimensional	84	
			A partir del 31 de diciembre de 2030		88	
Gasolina extra		Adimensional	93			
2	Plomo (3)		g/L		0,013	ASTM D3237-17 ó ASTM D5059-20
3	Aromáticos	Gasolina corriente	Hasta el 30 de diciembre de 2030	% (V/V)	28	ASTM D5580-15 ó D1319-20 ó ASTM D 6729-20 ó ASTM D6730-19
			A partir del 31 de diciembre de 2030 (4)		35	
		Gasolina extra		% (V/V)	35	
	Gasolina corriente		% (V/V)		1	ASTM D5580-15

Figura 8. Requisitos del combustible Gasolina en Colombia.

Tabla 2B
Requisitos de calidad de las gasolinas oxigenadas con etanol anhidro combustible para uso en motores de encendido por chispa

#	PARÁMETRO		UNIDADES	LÍMITES		MÉTODOS DE ENSAYO
				Mínimo	Máximo	
1	Índice Antidetonante IAD (1)	Gasolina corriente		Adimensional	84	ASTM D2699-19 y ASTM D 2700-19 (2)
		Gasolina extra		Adimensional	94	
	RON	Gasolina corriente	Hasta el 30 de diciembre de 2030	Adimensional	89	
			A partir el 31 de diciembre de 2030		92	
Gasolina extra		Adimensional	97			
2	Plomo (3)		g/L		0,013	ASTM D3237-17 ó ASTM D5059-20
3	Presión de Vapor Reid, a 37,8 °C		kPa		65	ASTM D4953-20 ó ASTM D5191-20 ó ASTM D323-20

Figura 9. Requisitos del combustible E10 en Colombia.

A manera de resumen, de acuerdo con la información consultada, el deterioro temprano del catalizador se puede deber a las siguientes causas:

- Deterioro del motor, al punto que se encuentre quemando aceite
- Operación del vehículo a bajas condiciones de velocidad y baja carga
- *Bujías por fuera de la holgura correspondiente.*
- Sensores de oxígeno en mal estado
- Falta de mantenimientos periódicos en el vehículo.
- *Uso de gasolinas de mala calidad*

Buscando establecer el efecto de las gasolinas y de la holgura de la bujía se desarrollaron las siguientes pruebas experimentales.

4.2.Determinación experimental del efecto de la holgura y del combustible sobre el desempeño del motor

Los resultados de las pruebas se agruparon entre estado estable y pruebas dinámicas, tal como se presenta a continuación.

4.2.1. Pruebas en estado estable

Como se muestra en la Figura 10, a medida que aumenta el régimen de giro del motor, disminuye el % CO emitido por el mismo, aunque entre 2700 y 3200, los valores permanecen casi estables. Este resultado es coherente con la recomendación técnica de operar el vehículo a condiciones exigentes para eliminar fallas en el catalizador. Al respecto del uso de combustibles de diferentes calidades se puede observar que no hay una tendencia clara, toda vez que con holgura de 0.8 mm, con el combustible extra la emisión dio por encima de la de corriente, mientras que con holgura de 1.2, la medición con combustible extra, se mantiene por debajo.

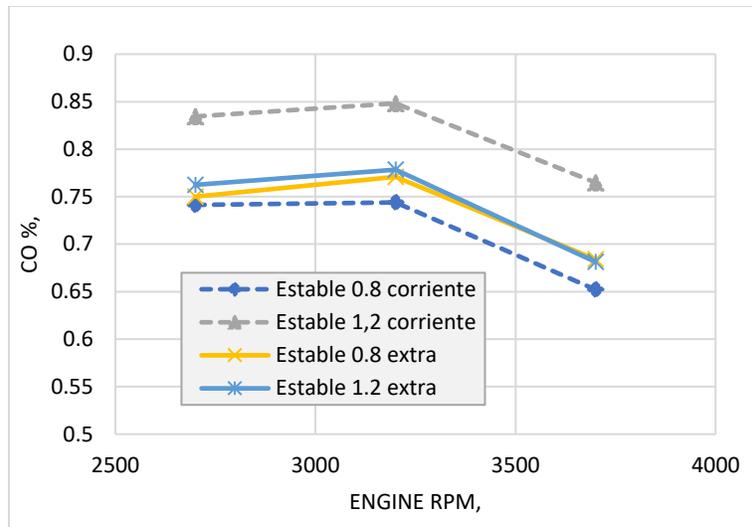


Figura 10. Emisión de monóxido de carbono en estado estable

En la Figura 11 no hay una variación significativa de los HCs, para cada una de los dos combustibles analizados, en cambio, al igual que la para el CO, se observa que estos disminuyen a medida que aumenta el régimen de revoluciones del motor. En este caso en particular la emisión poco depende de la holgura que tiene el motor. Vale la pena destacar que, aún con pocas variaciones, las mayores emisiones de inquemados se obtuvieron con combustible corriente y con holgura de 1.2 mm, es decir, bajo las condiciones más desfavorables que tiene el proceso de combustión.

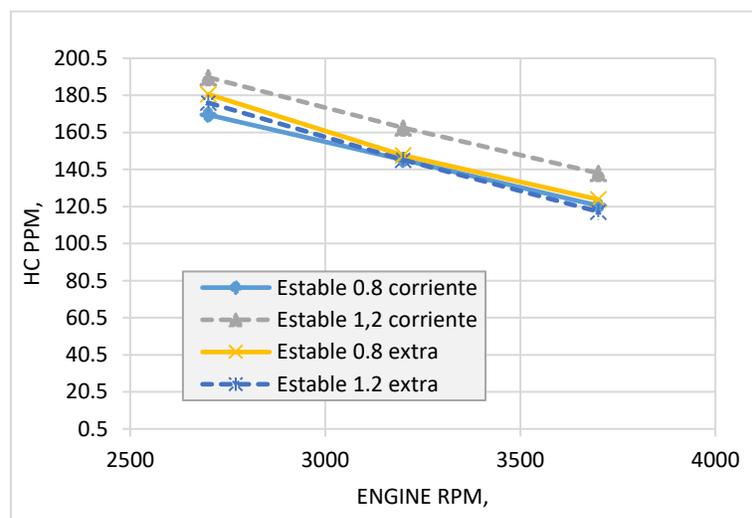


Figura 11. Emisiones de hidrocarburos en estado estable

En la Figura 12, como era de esperarse, a medida que incrementaban las revoluciones, el consumo de combustible fue cada vez mayor. Llama la atención que, aunque sutilmente, los mayores

consumos se lograron con combustible extra, lo que se puede deber a errores experimentales, pues el vehículo es de baja relación de compresión.

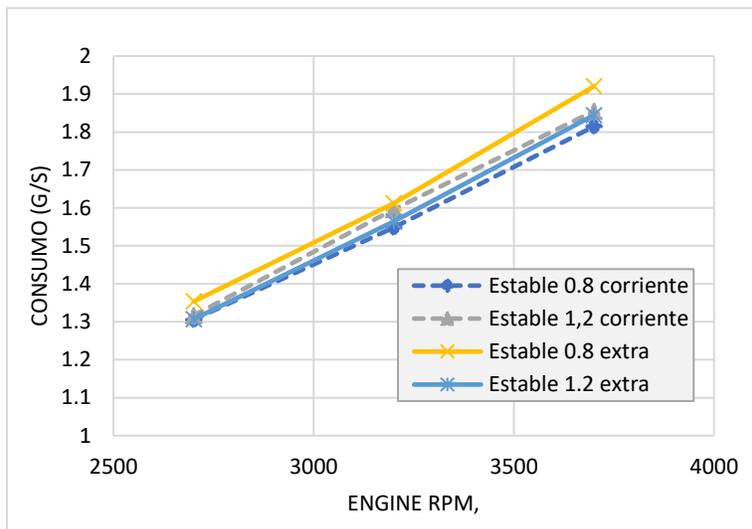


Figura 12. Consumo de combustible bajo estado estable

4.2.2. Pruebas en dinámico.

En la Figura 13 se presenta el rendimiento del vehículo operando en la primera fase del ciclo WLTC, denominado como bajo (low). Al respecto del consumo, es evidente que no hay una diferencia marcada entre las dos holguras probadas con el combustible corriente. No se presenta la gráfica de holguras para combustible Extra, debido a que esta luce de una forma muy similar, en cambio se analiza el rendimiento en km/gal, el cual resume la información de este tipo de gráficos.

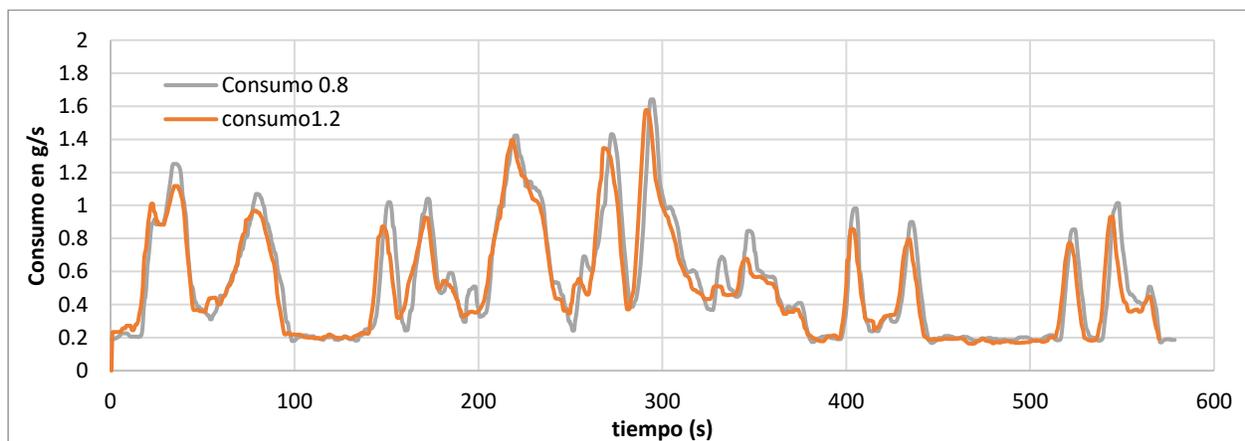


Figura 13. Consumo de combustible en el tiempo en prueba dinámica

Una gráfica que permite evidenciar de una mejor manera las diferencias entre combustibles y holguras, es la del rendimiento del vehículo (km/gal). En la gráfica es posible notar como el rendimiento con el combustible corriente fue sutilmente mayor al alcanzado con el combustible extra. Esto se puede deber a errores experimentales y a que el vehículo probado dispone poca tecnología y baja relación de compresión, por lo que no hace diferencia el tipo de combustible empleado (Ver Figura 14). En la gráfica también es evidente que la holgura no tiene un efecto considerable sobre este parámetro. Vale la pena notar que los rendimientos alcanzados son considerablemente bajos al compararse con las fichas técnicas, estos se deben a las condiciones de baja velocidad y altos periodos en ralentí evaluados en el ciclo.

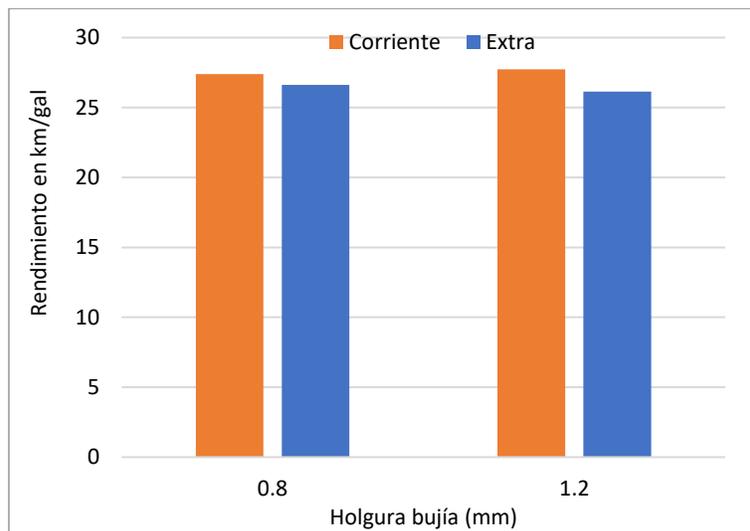


Figura 14. Rendimiento mecánico del vehículo en dinámico

En el caso de las emisiones contaminantes, para disponer de una variable de comparación, se procede a integrar la curva de emisión en el tiempo. Es decir, se comparan las áreas bajo las curvas de emisiones. De esta manera, en la Figura 15, se presenta la integral de los niveles de Hidrocarburos emitidos (en ppm*s). Allí es posible notar una diferencia considerable entre los combustibles evaluados, de manera que, con gasolina corriente, se presenta un mayor nivel de emisiones, las cuales llegan a ser aprox. 15% superiores a las alcanzadas con extra. Es de notar que, los mayores niveles de emisiones se alcanzaron con la holgura estándar de 0.8 mm. Este resultado, aunque atípico, se puede explicar por el buen estado de funcionamiento de las bobinas de alta, el cual hace que, a pesar de la holgura en 1.2 mm., salte la chispa y genere un arco de mayor magnitud. Las condiciones dinámicas favorecen este proceso, debido a un mejor mezclado entre el aire y el combustible. A pesar de que las emisiones son menores con la holgura de 1.2 mm, esta configuración se debe evitar ya una vez que las bobinas tengan mayor uso y reduzcan el voltaje de alta, la chispa ya no saltaría entre los electrodos y se tendrían mayores emisiones.

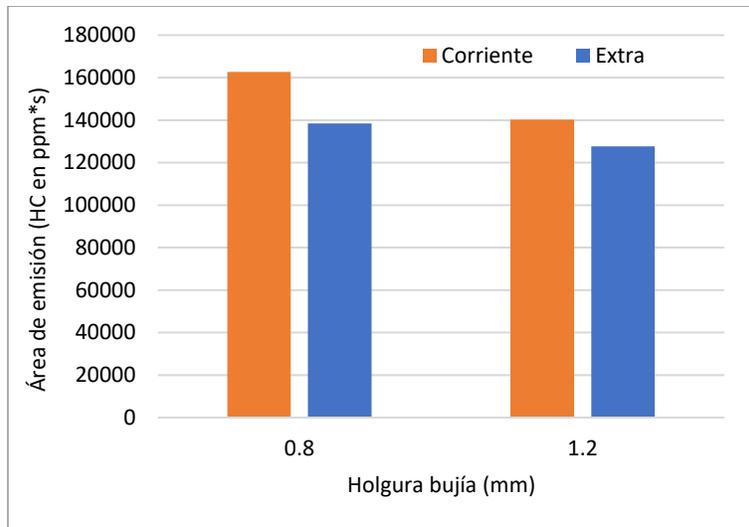


Figura 15. Emisiones de Hidrocarburos en dinámico

La Figura 16, presenta la emisión de CO, en ella se logra identificar que, las emisiones de este contaminante, tienden a ser muy similares con las dos holguras, mientras presentan una pequeña variación entre los dos combustibles. En este caso el uso de extra presenta una mejora de alrededor del 8%. Es de resaltar que, tanto las emisiones de HC como las de CO, fueron menores con el uso de combustible extra, lo que se no se pudo observar en las pruebas en estado estable.

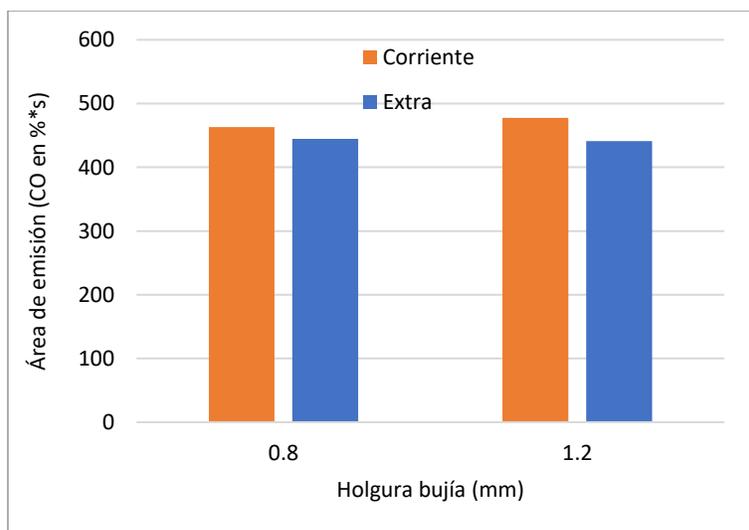


Figura 16 Grafica de Monóxido de Carbono en dinámico

4.3. Plan de mantenimiento.

Dados los resultados y el análisis se procedieron a dar recomendaciones y a diseñar el plan de mantenimiento buscando que se alargue la vida del catalizador y mejorara el desempeño de vehículos con motor de encendido por chispa. En esta sección se toma como caso de estudio la Chevrolet Captiva 2.4L.

4.3.1. Matriz de mantenimiento

Esta matriz está diseñada desde los 10.000 km hasta los 70.000 km, con el propósito de llevar una correcta inspección de los periféricos asociados al catalizador. Se usa la siguiente nomenclatura.

I: inspección, L: limpieza, C: cambio

Mantenimiento	Sensor oxígeno 1	Sensor oxígeno 2	Bujías	Múltiple admisión y cuerpo de aceleración
10.000 km			I	
20.000 km	I	I	I	L
30.000 km			C	
40.000 km			I	L
50.000 km	I	I	I	
60.000 km			C	L
70.000 km	I	I	I	

Nota: la presente matriz aplica para vehículos con bujías convencionales

Esta matriz fue presentada con una periodicidad rigurosa de modo de que se pueda detectar anomalías a tiempo en cualquiera de los componentes mencionados, se debe estar recalibrando el huelgo de la bujía con la intención de que no haya resistencia al momento de saltar la chispa, además se debe revisar que no haya restos de carbonilla en los sensores de oxígeno y no presente fugas por un mal ajuste en cualquiera de los componentes roscados.

En el ANEXO 2, se presentan los procedimientos para el desarrollo de cada una de las actividades planteadas en la tabla. Dicha secuencia de procedimientos se especifica para la Captiva Sport 2.4, sin embargo, puede ser aplicada a otro tipo de vehículos considerando las variaciones estructurales y de componentes de cada vehículo

RECOMENDACIONES GENERALES

- Antes de realizar cualquier diagnóstico o comprobación se debe verificar el voltaje de la batería que se encuentre en estado óptimo de operación, las baterías deben tener las características adecuadas para cada modelo
- Las bobinas, cables de alta se debe de revisar y verificar que no se está aislando la chispa o presentan mucha resistencia ya que van a afectar la combustión
- Las bujías deben ir calibradas según lo sugerido por el fabricante para cada modelo para evitar dificultad o resistencia en el salto de la chispa
- Los cuerpos de aceleración cumplen un papel importante ya que hacen la succión en el sistema (un múltiple de admisión sin mantenimiento puede generar contaminación en el motor)
- Los sensores de oxígeno deben ser verificados para observar que no estén agrietados internamente y no haya mucha carbonilla que dificulte su lectura
- Algunos vehículos debido a la gasificación al interior del catalizador se deben sacar a velocidades de auto pista por encima de los 90 km/h al menos duran 45 min, con esto se evitaría este suceso

CONCLUSIONES

Luego de desarrollado el presente proyecto, se llega a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo con el conocimiento de expertos la holgura de la bujía afecta las emisiones del vehículo y tiene efectos considerables sobre el catalizador, dicha información fue corroborada en el laboratorio mediante pruebas experimentales donde se evidenció que al aumentar la holgura de la bujía aumentaba las emisiones contaminantes
- Se pudo verificar que los únicos elementos que requieren mantenimientos detallados para el cuidado del catalizador son las bujías y los sensores de oxígeno
- Las pruebas experimentales se realizaron en un vehículo Renault Logan de bajo nivel de tecnología donde se puede evidenciar que el combustible no tiene ningún efecto sobre las emisiones contaminantes así que se puede usar indiferentemente gasolina extra o gasolina corriente
- Las emisiones contaminantes varían en gran medida de acuerdo a las rutinas de mantenimiento que se le apliquen al vehículo, de manera que si no se tiene una buena sincronización en el motor es necesario que se puedan seguir las recomendaciones del fabricante respecto al cambio y mantenimiento de las piezas necesarias para evitar ese aumento de emisiones.

BIBLIOGRAFÍA

- a. i., Galarza, O. H., & D. M. (septiembre de 2016). *Elaboración de una base de datos de un motor de encendido provocado Hyundai Accent Dohc 1.5L a través del procesamiento estadístico de la señal del sensor de oxígeno de banda corta*. Obtenido de Universidad pontificia salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12749>
- Amaya, P. A. (30 de junio de 2021). *autonocion*. Obtenido de <https://www.autonocion.com/el-catalizador-que-es-partes-componentes-y-funcionamiento/>
- Km77. (s.f.). *Km77*. Obtenido de <https://www.km77.com/coches/chevrolet/captiva/2006/estandar/ls/captiva-24-16v-ls2/datos>
- Mercedes yolanda, M. r. (2014). *CARACTERIZACIÓN DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CON DOS TIPOS DE COMBUSTIBLE*. Sanfadila. Obtenido de (<http://www.org.gob.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>)
- Patiño bravo, E. A. (04/03/2020). *Diseño de una formulación de refrigerantes para motores a gasolina y diésel aplicando técnicas de diseño experimental*. Cuenca - Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/34093/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- Patiño, B. E. (03 de 04 de 2020). *Diseño de una formulacion de refrigerantes para motores a gasolina y diesel*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/34093/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3>
- Reyes, S. H., Aguilera , R. R., & Becerra, G. S. (2016). *Reductor de emisiones de gases por medio del catalizador selectivo SCR*. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1985/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas, J. P. (2016). *Análisis del comportamiento de las emisiones de co y co2*.
- Serpa Andrade, G. f., & zumba tenezaca, x. a. (ABRIL de 2016). *DETERMINACION DE LA INFLUENCIA EN EMISIONES CONTAMINANTES, TORQUE, POTENCIA Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE UN VEHICULO CON MOTOR CICLO OTTO, DE INYECCION ELECTRONICA DE GASOLINA, MEDIANTE LA VARIACION DE 6 TIPOS DE BUJIAS*. Obtenido de BIBDIGITAL: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15362>

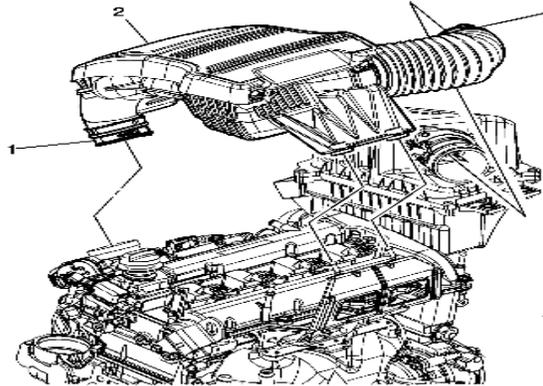
Utreras, G. E., & Valencia Chezza, J. d. (18 de junio de 2021). *REGENERACIÓN DE CATALIZADORES AUTOMOTRICES DE MOTORES A GASOLINA A PARTIR DE SUSTANCIAS POLARES*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11218>

Valencia, I. W. (2015). *MEDICIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES DE DETERIORO DE DOS CATALIZADORES*. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/02946fac-ecb1-40ed-8826-d1b39d2e31b4/content>

ANEXO 2.

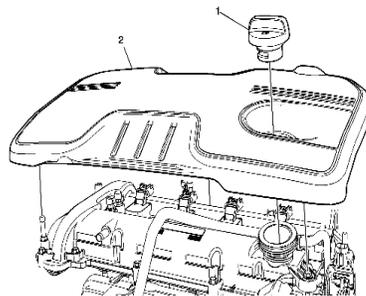
1) Secuencia del paso a paso para la correcta calibración de las bujías de la captiva sport 2.4

- Desmonte el conducto de salida del filtro de aire



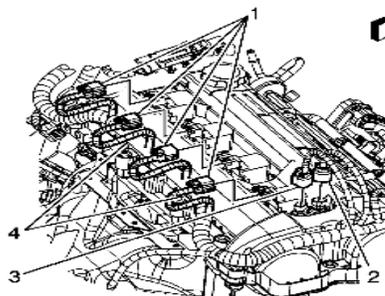
Quite la abrazadera de la figura, como se muestra en la imagen y empuje hacia afuera

- Sustitución de la tapa del colector de admisión

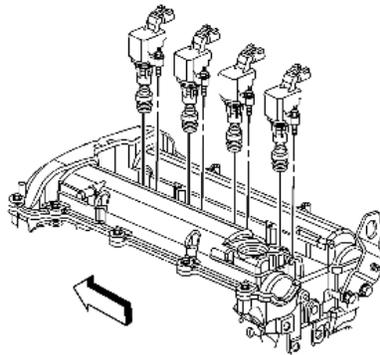


Quite la tapa de llenado que muestra la imagen 1, proceda a empujar hacia afuera la tapa del colector

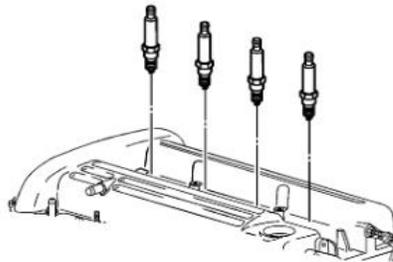
- Desenchufe los conectores de las bobinas que muestra la imagen 1



- Retire los pernos de las bobinas



Retire las bobinas con cuidado y extraiga las bujías

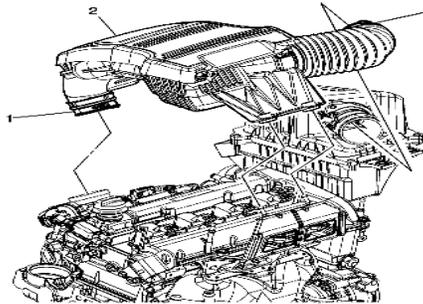


NOTA: No recubra las roscas con ningún compuesto anti-agarrotamiento si se excede el torque podría ocasionar daños en las roscas. Inspeccione las bujías y limpiar en una grata si no se van a cambiar, observe bien los electrodos que no estén muy desgastados, retire la carbonilla de ser necesario, observe la cerámica que no esté ni fisurada ni cuarteada, en caso de que no se vaya a cambiar la bujía calibre 1.0 mm o (0.040 pulg.), aprete las bujías con torque a 20 NM o (15 lb. Pie). Para el correcto funcionamiento y desempeño del vehículo debe comprobarse siempre que la batería se encuentre en buen estado, de no ser así el sistema puede ocasionar DTC generando mal desempeño del vehículo y averías en el futuro.

2) Inspección y limpieza del sensor de oxígeno

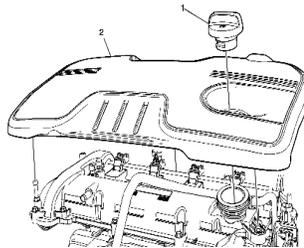
Los sensores de oxígeno o sondas lambda tiene como función analizar la cantidad de aire en los gases expulsados del motor, se encarga además enviarle información al ECM para que realice los ajustes necesarios, de esa manera se asegura que la mezcla sea optima en el sistema evitando que no se queme bien el combustible y por tanto no se genere contaminación en el catalizador.

- Desmonte del sensor 1 para la captiva sport 2.4, luego desmonte el conducto de salida del filtro de aire



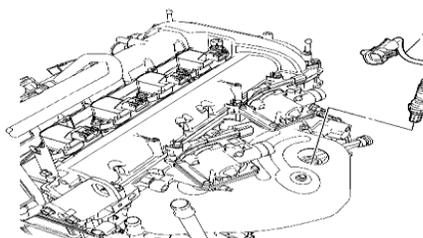
Quite la abrazadera de la figura 1, como se muestra en la imagen y empuje hacia afuera

- Sustitucion de la tapa del colector de admision



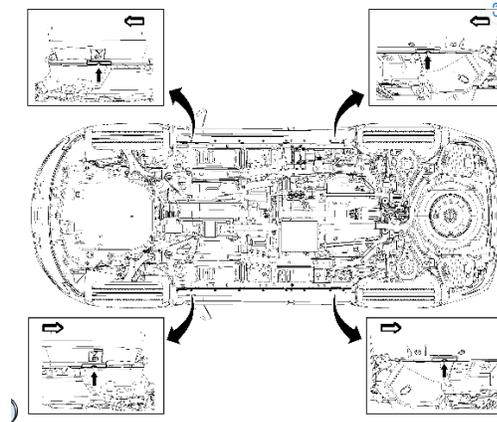
Quite la tapa de llenado que muestra la imagen 1, proceda a empujar hacia afuera la tapa del Colector

- Desmonte el sensor 1



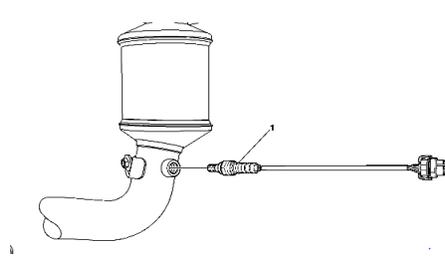
Desenchufe el conector sensor, con una copa especial extraiga el sensor, observe que no hallan rastros de desprendimiento del material, gratee la superficie roscada y limpie la sonda en caso de tener rastros de carbonilla que dificulten la lectura, monte el sensor nuevamente y apriételo a 42 N.M (31 lb. Pie)

- Desmonte el sensor 2 para la captiva sport 2.4, luego, eleve el vehículo como muestra la imagen de manera segura



Apoye los brazos en las láminas del chasis como muestra la imagen

- Desmonte el sensor 2

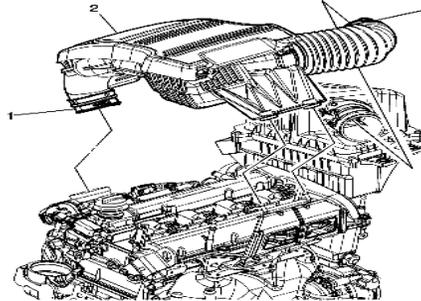


Desenchufe el conector sensor, con una copa especial extraiga el sensor, observe que no halla desprendimiento del material, gratee la superficie roscada y limpie la sonda en caso de tener rastros de carbonilla que dificulten la lectura, monte el sensor nuevamente y apriételo 42 N.M (31 lb. Pie)

Es fundamental, con el equipo de diagnóstico, verificar que no hallan códigos almacenados relacionados a los sensores de oxígeno, también se recomienda verificar en datos del motor el comportamiento de ambos sensores que estén fluctuando entre 50 y 1050 MV, el sensor uno fluctúa constantemente y el sensor número dos es más estático.

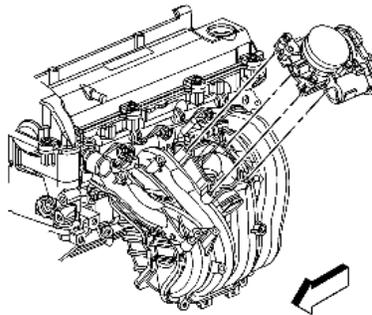
3) Inspección y limpieza en el múltiple de admisión y el cuerpo de aceleración para la captiva sport 2.4

- Desmonte el conducto de salida del filtro de aire



Retire la abrazadera como se muestra en la figura 1

- Desenchufe el conector eléctrico del cuerpo de aceleración



Retire los pernos del cuerpo de aceleración

Desmonte el cuerpo de aceleración, nota: observe bien el cuerpo de aceleración, que no haya atascamiento en la chapola de la mariposa, utilice limpiador de cuerpos de aceleración, retire la carbonilla, observe el empaque si encuentra deteriorado o estirado reemplazo para evitar fugas de vacío, compruebe que el orificio de la válvula PSB no se encuentra obstruido, de estar obstruido limpie y sople hasta asegurarse que está completamente libre el conducto.

Atención: monte el cuerpo de aceleración en el vehículo, inserte los pernos y dele el torque de apriete a 10 N.M

4) Inspección de filtros y recomendaciones de conducción para la captiva sport 2.4

Los filtros de aire no tienen una vida útil estipulada, en cada cambio de aceite se debe de revisar para verificar las condiciones, en caso de verse muy obstruido se recomienda reemplazarlo, es importante salir al menos 1 vez al mes a andar el vehículo a velocidades superiores de los 100 km/h al menos durante una hora para evitar la gasificación interna.