



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la obtención
del título de Ingeniero en Automotriz.**

AUTORES:

**Sebastián Alexaner Castillo Galarza
&
Anthony Romero Valladares Froilán**

TUTOR:

ING. Diego Redin Quito

**Estudio comparativo de torque, potencia y emisiones mediante la
implementación de un dispositivo en el acelerador electrónico
(PEDAL COMANDER).**

Estudio comparativo de torque, potencia y emisiones mediante la implementación de un dispositivo en el acelerador electrónico (PEDAL COMMANDER).

Ing. Diego Rendín, Sebastián Castillo Galarza, Anthony Romero Valladares

*Ingeniería Mecánica Automotriz - Universidad Internacional del Ecuador,
secastilloga@uide.edu.ec, Quito – Ecuador.*

*Ingeniería Mecánica Automotriz - Universidad Internacional del Ecuador,
diredinqu@uide.edu.ec, Quito – Ecuador.*

*Ingeniería Mecánica Automotriz - Universidad Internacional del Ecuador,
anromerova@uide.edu.ec, Quito – Ecuador.*

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se lleva a cabo por motivos de estudio y el problema constante que se origina en el tiempo de reacción de aceleración en vehículos modernos con cuerpo de aceleración electrónico, esto genera ciertas inconformidades en su funcionamiento y molestia al usuario que busca una conducción deportiva y a la vez tener varios modos de manejo en su vehículo para esto utilizamos el dispositivo Pedal Commander que ayuda a obtener una pronta reacción enviando una señal rápida a la ECU del automotor este nos permite que podamos utilizar nuestro auto con diferentes maneras de manejo que influyen en la reacción que este tiene al acelerar, con el cual se realizaron varias pruebas bajo el método experimental de investigación con herramientas estadísticas como un dinamómetro para analizar torque y potencia del motor así como un analizador de gases para medir la emisiones estos dispositivos que utilizamos nos brindaron información exacta del comportamiento de los tres diferentes vehículos utilizados en cada una de las fases de prueba lo cual nos indica que se obtiene una mejora en potencia considerable en ciertos casos y emisiones contaminantes más bajas, todo esto dependiendo del modo de ejecución que nosotros coloquemos en nuestro dispositivo de pruebas.

Palabras clave: Acelerador electrónico, ECU, Torque, Potencia, Emisiones.

ABSTRACT

In the present research project, it is carried out for study reasons and the constant problem that originates in the acceleration reaction time in modern vehicles with electronic throttle body, this generates certain nonconformities in its operation and annoyance to the user who is looking for a sports driving and at the same time have several driving modes in your vehicle for this we use the Pedal Commander device that helps to obtain a prompt reaction by sending a fast signal to the automotive ECU this allows us to use our car with different ways of driving that influence the reaction that this has when accelerating, with which several tests were carried out under the experimental method of investigation with statistical tools such as a dynamometer to analyze torque and engine power as well as a gas analyzer to measure emissions. These devices that we use They gave us exact information on the behavior of the tr It is different vehicles used in each of the test phases, which indicates that a considerable improvement in power is obtained in certain cases and lower polluting emissions, all this depending on the execution mode that we place in our test device.

Keywords: Electronic throttle, ECM, Torque, Power Emissions.

CERTIFICACION

Nosotros, **Sebastian Castillo** y **Anthony Romero**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sebastian Castillo', with a horizontal line underneath.

Sebastian Castillo, 1722587258

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Anthony Romero', with a horizontal line underneath.

Anthony Romero, 1753915147

Yo, **Diego Redin**, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diego Redin', with the text 'Firma profesor' printed below it.

DEDICATORIA

Yo, Sebastian Castillo dedico este artículo científico:

Primero quiero agradecer a Dios por darme vida y fortaleza para cumplir mis metas; por haberme dado el apoyo incondicional de mi familia pero sobre todo por permitirme compartir con ellos mis logros.

A mi madre Jazmín Galarza, quien ha sido la persona a la que mas amo y el pilar fundamental en mi vida, para hoy poder cumplir este; que es un sueño más. Por enseñarme a siempre ser mejor persona y a hacer las cosas bien y correctas, este logro es para ti y por ti.

Además dedico este logro a mi abuela que sobre todo ella ha sido y es el eje central de mi vida y la vida de mi familia, ha sido como una madre más y sin su ayuda esto no habría sido posible.

También quiero dedicar esta tesis a mis tías, tíos, primas y primos que han sido como hermanos y además siempre hemos estado juntos como la gran familia que somos, siempre apoyándonos, motivándonos, animándonos, aconsejándonos y sobre todo siempre siendo incondicionales.

A mis amigos que los pocos que tengo y a los que los considero como tal, por su apoyo y su compañía en momentos difíciles y de alegría.

Yo Anthony Romero dedico este artículo científico a:

Mis padres Froilán y Paulina quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han ayudado a cumplir hoy un sueño más que me he propuesto, gracias por inculcarme y darme el ejemplo de esfuerzo, perseverancia y responsabilidad además de no temer las adversidades de la vida.

A mis hermanos Lizbeth y Jean Pablo por su cariño y apoyo incondicional, y por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia por todos sus consejos y ánimos que fueron para mí de gran inspiración para ser una mejor persona y ayudarme siempre a cumplir mis sueños y metas.

Quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, por apoyarme cuando más los necesito, por estar pendientes a cada momento de mí y darme su ayuda las veces que he necesitado en todo el proceso universitario.

Finalmente quiero agradecer a Dios quien ha sido mi guía ha cada momento y en cada decisión buena o mala que he tomado para lograr todo lo que me he propuesto en la vida.

AGRADECIMIENTO

Yo, Sebastian Castillo

Quiero agradecer en primer lugar a mi madre, por brindarme apoyo, comprensión y paciencia durante todo mi proceso de titulación y el transcurso de mi vida universitaria, ayudándome a ser el ser humano que soy y enseñándome a diario a ser mejor persona.

Quiero agradecer también a mi abuela, por ser un apoyo importante en mi vida y por su presencia constante en cada paso que he dado, a mi familia, por ser un apoyo incondicional incluso en esos días en los que me sentía solo, quiero agradecer a mis amigos de la carrera, aquellos que me han demostrado una amistad sincera y una compañía leal.

Quiero brindar un agradecimiento especial a mi compañero, Anthony Valladares, por pasar todo este tiempo realizando un esfuerzo para terminar nuestro proyecto de titulación, demostrándome que podemos salir adelante a pesar de las frustraciones experimentadas y por ayudarnos mutuamente a lograr este objetivo.

Quiero extender un agradecimiento muy importante al Ingeniero Diego Redin, nuestro tutor, por su paciencia, apoyo y enseñanzas durante todo este proceso realizado.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mi propia persona, por ser capaz de seguir y cumplir cada meta que me he propuesto, por ser mejor persona que antes y por mi proceso de cambio constante.

Yo, Anthony Romero

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la oportunidad de disfrutar cada momento de mi vida y guiarme por el camino correcto en cada ocasión.

También deseo expresar mi agradecimiento a mi tutor, el Ing. Diego Redin, por la ayuda incondicional, paciencia, tiempo y la dedicación que ha prestado al presente proyecto durante todo su trayecto de construcción.

También agradezco a mi compañero Sebastián Castillo, ya que fue uno de los pilares más importantes a lo largo de todo este proceso de elaboración. Gracias por su paciencia y todo su arduo trabajo, sin su ayuda no se hubiese podido concluir de forma idónea.

Agradezco a mis padres que me dieron la vida, me han mostrado apoyo en todas las metas que me he propuesto. A mi familia por todo el soporte brindado durante mi educación universitaria, por ser mi ejemplo para seguir aprendiendo todos los días sin importar la situación o circunstancia que se presente.

A mis amigos que han sido parte de mi vida compartiendo tantos momentos tristes como también felices y siempre apoyándome, a quienes nunca me defraudaron y siempre estuvieron ahí cuando los necesite, A Bryan y Mario gracias por todo su apoyo.

Agradezco a todos mis maestros que compartieron todos sus conocimientos profesionales, tiempo, dedicación y pasión por la enseñanza.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como finalidad estudiar el comportamiento de diferentes vehículos con el dispositivo PEDAL COMMANDER, tanto en aspecto de cambios en la conducción de los vehículos, como en cómo afecta esto a su rendimiento. Este dispositivo a usar ha tenido un gran impacto en el mercado automotriz dado a que las personas buscan darle un aspecto más deportivo a su vehículo así como también tener una reducción de consumo por los elevados precios del combustible, todo esto en un mismo vehículo y sin ser una inversión significativa. Se analizó la manera de trabajar de este dispositivo en tres diferentes vehículos de diferentes segmentos del mercado todos con aceleración electrónica tanto a gasolina, diésel, turbo cargados y atmosféricos. Los cuales son ZOTYE, GREAT WALL y FORD. En este estudio se utilizara una herramienta precisa el cual es un Dinamómetro para obtener resultados no tan solo de la sensación de manejo del usuario si no también datos reales obtenidos mediante un método de medición automotriz de potencia y torque. Los resultados obtenidos fueron favorables hacia el PEDAL COMMANDER dado que las pruebas realizadas nos dieron como resultado mayor potencia, torque y emisiones más bajas, de igual manera la respuesta de los vehículos en los diferentes modos de manejo del dispositivo con los cuales se realizaron las pruebas fueron bastante notorias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
CERTIFICACION	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INTRODUCCIÓN	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	10
Aceleración Electrónica.....	10
Pedal del Acelerador.....	10
Cuerpo de Aceleración.	10
E.C.U. (Engine Control Unit).	10
Torque.....	10
Potencia.....	11
Emisiones contaminantes.....	12
Materiales y Métodos	12
Pedal Commander	13
Dinamómetro	14
Ford F-150 4.6 V8.....	14
Zotye T600 2.0 Turbo.....	15
Densidad = Masa / Volumen ($d=m/v$).....	16
Great Wall Wingle 5 TDI	16
Normativa.....	17
Normativa Nacional de Emisiones Contaminantes (INEN2204)	17
Resultados Y Discusión	18
Primera Fase.....	18
Resultados de Dinamómetro.....	18
Modos funcionamiento del dispositivo:	18
Segunda Fase.....	19
Tercera Fase	20
Análisis de Resultados	21

Wingle 5 2.8 Turbo Diesel	21
Zotye T600 2.0 Turbo.....	22
Ford F-150 4.6 V8.....	23
CONCLUSIONES	24
REFERENCIAS	25

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA # 1. APLICACIÓN DE TORQUE	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURA # 2. MEDICIÓN DE UN CABALLO DE FUERZA MEDIANTE FORMULAS.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURA # 3. UBICACIÓN Y MODELO DEL PEDAL COMMANDER EN EL VEHICULO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURA # 4. FUNCIONAMIENTO DE UN DINAMOMETRO	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURA # 5. FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR TURBO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURA # 6. MOTOR DIESEL Y SUS PARTES	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURA # 7. RESULTADO POR DINAMÓMETRO EN CABALLO DE FUERZA.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURA # 8. RESULTADO DINÁMETRO ZOTVE TURBO ...	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURA # 9. RESULTADO DE POTENCIA.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ÍNDICE DE FIGURAS

TABLA 1. FICHA TÉCNICA FORD F- 150	14
TABLA 2. FICHA TECNICA ZOTVE T600.....	15
TABLA 3. FICHA TECNICA WINGLE 5 2.8 TDI.....	16
TABLA 4. NORMATIVA DE LIMITE DE EMISIONES INEN.....	17
TABLA 5. RESULTADO MEDICIÓN DE EMISIONES WINGLE 5.....	19
TABLA 6. RESULTADO PRUEBA DE EMISIONES	20
TABLA 7. RESULTADO EMISIONES VEHÍCULO V8	21
TABLA 8. EMISIONES COMPARATIVAS WINGLE	21
TABLA 9. COMPARACIÓN DE POTENCIA WINGLE	22
TABLA 10. EMISIONES COMPARATIVAS ZOTYE.....	22
TABLA 11. COMPARACIÓN DE POTENCIA ZOTYE	22
TABLA 12. EMISIONES COMPARATIVAS FORD F-150	23
TABLA 13. COMPARACIÓN DE POTENCIA FORD	23

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACION [1.1].....	11
ECUACION [1.2].....	11

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Aceleración Electrónica.

Para generar un mayor trabajo en el motor de combustión interna es necesario que se genere un mayor paso de aire. Tiempo atrás esto se generaba a través de un cable, el cual era accionado por el conductor el cual movía la aleta de aceleración y permitía un mayor flujo de aire básicamente todo funcionaba de forma mecánica y el conductor del vehículo era el único capaz de controlar el régimen de funcionamiento del motor. En la actualidad todo el sistema ha sido sustituido por un circuito electrónico cerrado el cual envía una señal eléctrica que llega a la ECU del vehículo y este envía otra señal al cuerpo de aceleración indicando cuanto debe abrir la aleta.

El sistema de aceleración electrónica está conformado por:

Pedal del Acelerador.

El pedal del acelerador está conformado por 2 o más sensores dependiendo del fabricante llamados APP (Accelerator Pedal Position) estos sensores están conformados por una resistencia variable como un potenciómetro estos se encargan de enviar una señal al computador con la información exacta de en qué posición se encuentra ubicado el pedal del acelerador.

Cuerpo de Aceleración.

El cuerpo de aceleración básicamente es una válvula que regula el paso del aire hacia el motor, esta válvula es dirigida electrónicamente con una señal que es enviada desde la ECU del vehículo la cual le informa cuantos grados de apertura debe tener esta misma.

La Aleta de aceleración es controlada a través de un motor eléctrico que mediante un eje mueve esta misma.

El cuerpo de aceleración utilizando un sensor llamado TPS (Throttle Position Sensor) todo el tiempo mantiene comunicación con la computadora para poder tener datos en tiempo real de la posición de la Aleta.

E.C.U. (Engine Control Unit).

La Ecu es un dispositivo que básicamente es una computadora que maneja toda la información del vehículo en tiempo real gracias a que está conectada a todos los sensores del vehículo los cuales mediante señales eléctricas envían datos del comportamiento del motor e indica las condiciones de trabajo a las que se encuentra la ECU al recibir esta información esta envía órdenes a los actuadores que son inyectores, bobinas, aleta de aceleración para obtener el mejor funcionamiento posible. La Ecu controla casi todos los aspectos del motor en los vehículos modernos tales como:

Inyección de combustible, tiempo de encendido, tiempo valvular, aceleración del motor, etc.

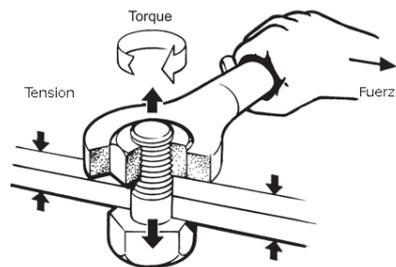
Torque

Torque o Momento significa fuerza por distancia ($M = F \cdot D$), es una magnitud vectorial que se obtiene desde un punto específico donde se aplica una fuerza nos podemos referir con varias unidades métricas, en el mundo automotriz la más utilizada es Newton Metro (Nm). El torque del motor hace referencia a la Fuerza con que se puede realizar un trabajo. Normalmente se determina en un vehículo el torque máximo a una cierta cantidad de revoluciones por minuto del motor (RPM) por ejemplo, si decimos que un vehículo tiene

150Nm a 5500RPM, nos estamos refiriendo a que cuando el motor este girando a 5500 revoluciones por minuto entregara su torque máximo que son 150 Newton Metro.

Figura 1.

Aplicación de torque



Nota: Se observa como a través de una llave y una determinada fuerza se genera un momento en el perno tomado de: <https://como-funciona.co/torque/>

Potencia

La potencia de un vehículo hace referencia a la velocidad con la cual el motor puede realizar un trabajo en un tiempo determinado, esta se mide en diferentes unidades métricas de medición, la más común es Caballos de Fuerza (Horse Power, HP). La potencia máxima de un motor es el mayor resultado obtenido de la multiplicación entre el torque del motor por la velocidad de giro generada.

La potencia es igual a:

Formula de obtención de potencia

$$P_{med} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{Tiempo}} = \frac{\text{Fuerza} \times \text{distancia}}{\text{tiempo}}$$

Ec. [1.1]

Nota: Se observa que para tomar la formula se determina el tiempo y el trabajo a realizar

Tomado de: <https://como-funciona.co/torque/>

$$1 \text{ HP} = (330 \text{ lb}) \times (100 \text{ pie}) / 1 \text{ min} = 33000 \text{ lb} \times \text{pie}/\text{min}$$

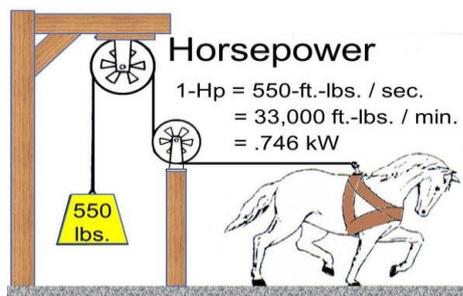
$$1 \text{ HP} = 550 \text{ lb} \times \text{pie}/\text{s}$$

Ec. [1.1]

Nota: Podemos observar la manera adecuada de calcular la potencia.

Figura 2.

Medición de un caballo de fuerza mediante formulas



Nota: Generación de la unidad de medición de caballo de fuerza a través de fórmulas exactas tomado de <https://www.areaciencias.com/fisica/caballos-de-fuerza/>

Emisiones contaminantes

Las emisiones generadas por el tubo de escape del vehículo son residuos de la combustión del combustible tanto Diésel como Gasolina. Las emisiones dependen de las características del auto y su sistema de control de emisiones; mientras más pesado y potente sea suele generar mayores emisiones contaminantes para controlar estos mismo se utilizan sistemas como los convertidores catalíticos, y monitoreo constante de la ECU para generar un trabajo adecuado. Un buen mantenimiento al motor, una combustión eficaz y los factores de trabajo del vehículo tanto como las características del combustible son puntos importantes para intervenir en las emisiones contaminantes.

Los valores que se miden en un vehículo de gasolina son:

Monóxido de Carbono (CO)
Dióxido de Carbono (CO2)
Factor Lambda (AFR)
Hidrocarburos (HC)
Oxígeno (O2)
Óxidos de Nitrógeno (NOX)

Los valores que se miden en un vehículo a Diésel son:

K
Opacidad
Revoluciones por minuto (RPM)
Temperatura del aceite

Materiales y Métodos

Nuestra evaluación tiene como fin analizar el efecto que genera el Pedal Commander en los vehículos se utilizó tres tipos diferentes de autos diferentes ya que estos poseen los motores más comunes del mercado nacional, el método investigativo que utilizamos es el

experimental teniendo como variable independiente a los diferentes vehículos diésel, atmosférico, turbo en los cuales se realizan las pruebas y nuestra variable dependiente es el pedal Commnader con sus respectivos tipos de funcionamiento que generan varios cambios en el vehículo.

Pedal Commander

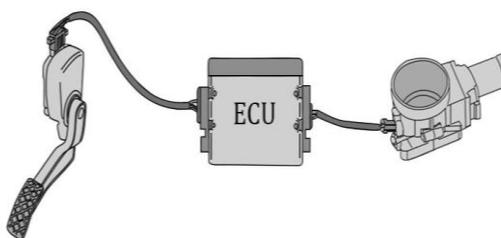
Es un controlador de respuesta del acelerador el cual nos brinda varios modos de manejo de acuerdo a la necesidad del usuario al momento de conducir, este se puede controlar a través de Bluetooth con una aplicación en el celular. El Pedal Commander se conecta en línea con la ECU, con los sensores de posición del pedal de acelerador (APP) este dispositivo está diseñado para tomar esa información y compilarla rápidamente en un circuito de control de alta velocidad y posterior a ello envía la señal de manera directa a la ECU. Al enviar la información a la computadora de esta manera, se pueden omitir controles que se realizan sobre el estado del motor y condiciones de trabajo antes de enviar la señal al cuerpo de aceleración para permitir un mayor ingreso de aire al motor. Esto le brinda la capacidad de eliminar la demora ocasionada por un sistema de aceleración electrónica lo que permite que su vehículo mejore su manera de conducción. Este tiene 4 modos de manejo los cuales se puede aplicar mediante una aplicación que conecta al dispositivo mediante Bluetooth.

Los modos de conducción son:

- a. ECO (Ahorro de Combustible)
- b. CITY (Conducción diaria)
- c. SPORT (Conducción deportiva)
- d. SPORT+(Rendimiento de carrera)

Figura 3.

Ubicación y modelo del pedal Commander en el vehiculo



Nota: Se observa que el pedal comander va conectado entre el acelerador y la computadora tomado de: <https://pedalcommander.com/>

Dinamómetro

Un dinamómetro es un equipo de pruebas creado para medir el torque y la potencia de un automotor y poder conocer el estado de funcionamiento del motor y tener datos reales de operación, esto se utiliza para el desarrollo de nuevas tecnologías. Un dinamómetro está anclado al piso mediante los soportes siguiendo las instrucciones del fabricante, a través de rodillos en donde se encuentra un motor eléctrico que genera una resistencia al movimiento el vehículo posa sus ruedas encima de estos y al generar aceleración se mueven los rodillos generando información sobre a cuantas RPM gira el motor así como potencia y torque la cual es enviada a la computadora y esta nos representa en una pantalla mediante un gráfico que nos indicara los valores recibidos por el dinamómetro.

Figura 4.

Funcionamiento de un dinamometro



Nota: Se observa un vehículo de producción siendo testeado en un dinamómetro en donde las ruedas son las que envían la información tomado de:

https://hmn.wiki/es/Chassis_dynamometer

Ford F-150 4.6 V8

La Ford F-150 es una pick up estado anídense equipada con un motor V8 atmosférico de 4.6 litros tracción 4x2 cuenta con la siguiente ficha técnica.

Tabla 1.

Ficha Técnica Ford F-150

Motor 4.6 V8	
Combustible	Gasolina
Cilindrada real	4606 cm ³
Modificación motor	4.7 V8
Par máximo	399 Nm a 4000 Rpm
Potencia máxima	248 hp a 6500 Rpm
Admisión	Atmosférico
Tracción	Tracción posterior

Turbina	No aplica
---------	-----------

Nota: se muestra la ficha técnica de la Ford f-150 emitida por el fabricante

Un motor atmosférico a gasolina trabaja bajo la aspiración natural del aire del medioambiente generada por el vacío que existe en la cámara después de la combustión del combustible, para que exista dicha combustión es necesario que se genere una chispa provocada y controlada la cual es generada por una bujía.

Cabe recalcar que mientras más alto estemos existe menor presión atmosférica esto significa una menor densidad en el aire lo cual baja el rendimiento del motor aproximadamente un 10% cada 1000 msnm, por ejemplo en Quito nos encontramos aproximadamente a 2800 msnm lo cual significa que existe una pérdida de 28% del rendimiento del vehículo.

Zotye T600 2.0 Turbo

El crossover Zotye T-600 con motor Turbo Gasolina 2.0L, 4X2 y 4 cilindros cuenta con las siguientes especificaciones.

Tabla 2.

Ficha Técnica Zotye T600

Motor 4g63t	
Combustible	Gasolina
Cilindrada real	1997 c.c
Modificación motor	2.0 (177 Cv)
Par máximo	250 Nm a 2400-4400 Rpm
Potencia máxima	177 Caballos a 5500 Rpm
Admisión	Inyección indirecta multipunto
Tracción	Delantera
Turbina	Turbocompresor

Nota: ficha técnica de un Zotye T600 emitida por el fabricante

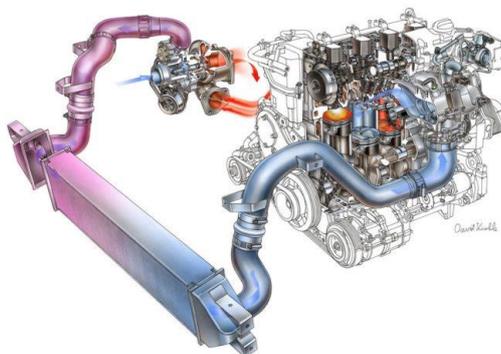
Un motor turbo trabaja utilizando un compresor de aire el cual gira gracias a los gases generados por el escape al momento que el aire ingrese y se comprima en el turbo este se dirige al intercooler el cual es el encargado de enfriar el aire comprimido para que tenga una mejor densidad, luego de pasar por el intercooler el aire comprimido ingresa al motor a través del cuerpo de aceleración, al momento que aumentan las revoluciones del motor el turbo gira a mas revoluciones lo cual permite que sea mayor la cantidad de aire comprimido que ingrese al motor, esto genera una mejor combustión dado a que existen más partículas de oxígeno en la mezcla aire combustible y el automotor tengas más potencia que un vehículo atmosférico.

Densidad = Masa / Volumen ($d=m/v$)

Una mejor densidad del aire se refiere a mayor cantidad de partículas de oxígeno en un determinado volumen

Figura 5.

Funcionamiento de un motor turbo



Nota: en la imagen se observa el funcionamiento de un motor turbo y sus componentes así como la temperatura del air en diferentes partes del sistema tomado de:

<https://noticias.coches.com/consejos/intercooler-que-es-y-como-funciona/160303>

Great Wall Wingle 5 TDI

La camioneta Great Wall Wingle 5 con motor Turbo Diésel 2.8L, 4x2 y 4 cilindros, cuenta con las siguientes especificaciones.

Tabla 3.

Ficha Tecnica Wingle 5 2.8 TDI

Motor 2.8 turbo Diesel	
Combustible	Diesel
Cilindrada real	2771 c.c
Modificación motor	2.8 TDI
Par máximo	225 Nm a 2000 Rpm
Potencia máxima	95 hp a 3600 Rpm
Admisión	Diesel - inyección estándar
Tracción	Tracción posterior
Turbina	Turbocompresor

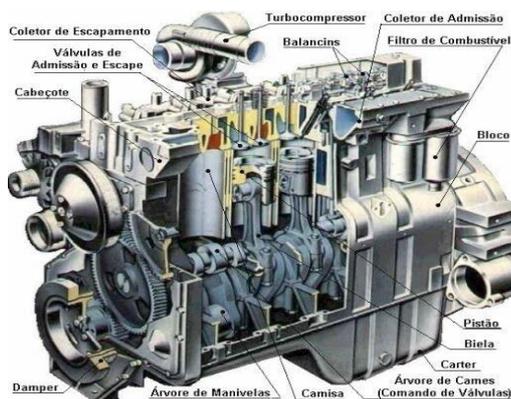
Nota: ficha técnica emitida por el fabricante Grat Wall.

Un motor a diésel trabaja con un sistema de inyección completamente diferente al de gasolina, en un motor a diésel tenemos una bomba de transferencia que envía combustible a la bomba de alta presión esta se encarga de enviar combustible a los inyectores con una

presión aproximada de 1500 a 2000 bar los inyectores al abrirse envían combustible a la cámara de combustión lo que provoca la ignición del combustible, también debemos tomar en cuenta que el aire de este motor es turbo comprimido para obtener una mayor temperatura y una combustión eficiente

Figura 6.

Motor Diesel y sus partes



Nota: Motor turbo diésel y sus componentes tomado de: <https://sites.google.com/site/todomotoresdiesel/definició>

Normativa

Normativa Nacional de Emisiones Contaminantes (INEN2204)

La Revisión Técnica de Vehículos (RTV) tiene por objeto primordial garantizar las condiciones mínimas en lo que concierne a la seguridad de los vehículos basadas en los criterios de diseño. Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1. (INEN2204)

Tabla 4.

Normativa de limite de emisiones INEN

Año Modelo	% CO		ppm HC	
	0 - 1500b	1500 - 3000b	0 - 1500b	1500 - 3000b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

Nota: Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)

Resultados Y Discusión

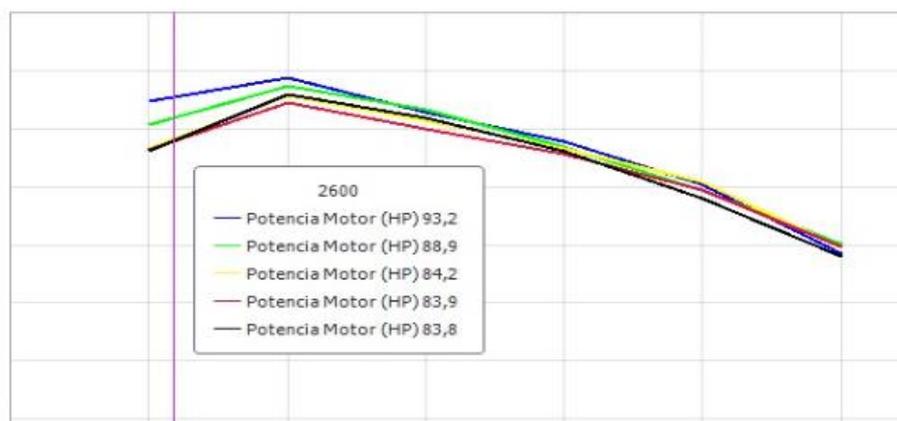
Primera Fase

Antes de realizar las pruebas en el dinamómetro se realizó una inspección de funcionamiento a los componentes de seguridad como: arneses, tope enganchado al piso, gafas y cubre oídos. La primera prueba en el dinamómetro fue con la camioneta Great Wall Wingle 5 4X2 Turbo Diésel, para ello se procedió a colocar el vehículo en la posición correcta alineando las llantas con los rodillos de prueba luego se procedió a colocar los dispositivos de seguridad como lo fueron el enganchar los arneses en los puntos de seguridad anclados al suelo y sujetarlos al vehículo para evitar que el mismo pueda descarrilarse, se colocó un ventilador en la parte frontal del vehículo para que este pueda ayudar a la refrigeración además para estar presente en las pruebas también se tendrá que tener en cuenta márgenes de seguridad como: tapones para oídos y estar a una distancia adecuada. Cabe recalcar que a todos los vehículos utilizados se les realizó un mantenimiento completo al motor para que estos puedan trabajar en óptimas condiciones.

Resultados de Dinamómetro

Figura 7.

Resultado por dinamómetro en caballo de fuerza



Nota: Se muestran los resultados obtenidos por el dinamómetro en caballos de fuerza

Modos funcionamiento del dispositivo:

- **DISPOSITIVO APAGADO** línea (color verde) resultado **88.9 HP**
- **ECO** línea (color rojo) resultado **83.9 HP**
- **CITY** (línea amarilla) resultado **84.2 HP**
- **SPORT** (línea negra) resultado **83.8 HP**
- **SPORT+** (línea azul) nos dio como resultado **93.2 HP**

Para la realizar la medición de los gases de escape se lo hizo una vez terminadas las pruebas en el dinamómetro ya que para ello el vehículo debe estar en la temperatura óptima de funcionamiento.

Tabla 5.

Resultado medición de emisiones Wingle 5

Medicion Estandar		Medicion Modo City		Medicion Modo Sport	
k	0.39	k	0.19	k	0.4
Opacidad	15.70%	Opacidad	8.20%	Opacidad	16.00%
Rpm	1500rpm	Rpm	1500rpm	Rpm	1500rpm
Temperatura de aceite	90°C	Temperatura de aceite	90°C	Temperatura de aceite	90°C
Medicion Modo Sport +		Medicion Modo Eco			
k	0.6	k	0.1		
Opacidad	22.80%	Opacidad	4.50%		
Rpm	1500rpm	Rpm	1500rpm		
Temperatura de aceite	90°C	Temperatura de aceite	90°C		

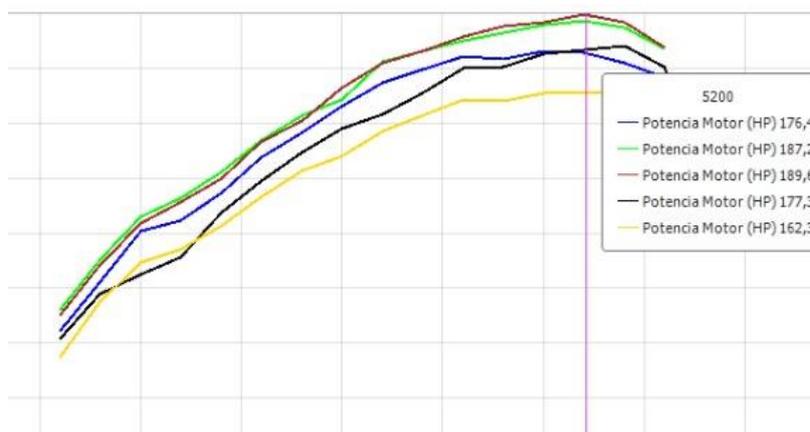
Nota: Resultados de la medición de emisiones tomados de la camioneta Wingle 5.

Segunda Fase

Para las sucesivas pruebas el procedimiento fue el mismo, con la diferencia de que esta vez se utilizó el vehículo Zotye T600

Figura 8.

Resultado dinámetro Zotye Turbo



Nota: Se diferencia la potencia de un auto turbo a gasolina es mayor a la de un motor diésel

Modos funcionamiento del dispositivo:

- **DISPOSITIVO APAGADO** (línea azul) resultado 176.4 HP
- **ECO** (línea amarilla) resultado 162.3 HP
- **CITY** (línea negra) resultado 177.3 HP
- **SPORT** (línea roja) resultado 189.6 HP

- **SPORT+** (línea verde) nos dio como resultado 187.2 HP

La información obtenida de la prueba de emisiones fue:

Tabla 6.

Resultado prueba de emisiones

Medicion Estandar		Medicion Modo Sport		Medicion Modo Eco	
Co	2.02	Co	0.86	Co	2.02
Co2	15	Co2	14.4	Co2	15
Lambda	0.959	Lambda	0.99	Lambda	0.959
HC	61	HC	70	HC	61
O2	0.38	O2	0.4	O2	0.38
AFR Nox	A14,1	AFR Nox	A14,5	AFR Nox	A14,1
Medicion Modo Sport+		Medicion Modo City			
Co	0.18	Co	2.02		
Co2	15.1	Co2	15		
Lambda	1.012	Lambda	0.959		
HC	20	HC	61		
O2	0.41	O2	0.38		
AFR Nox	A14,8	AFR Nox	A14,1		

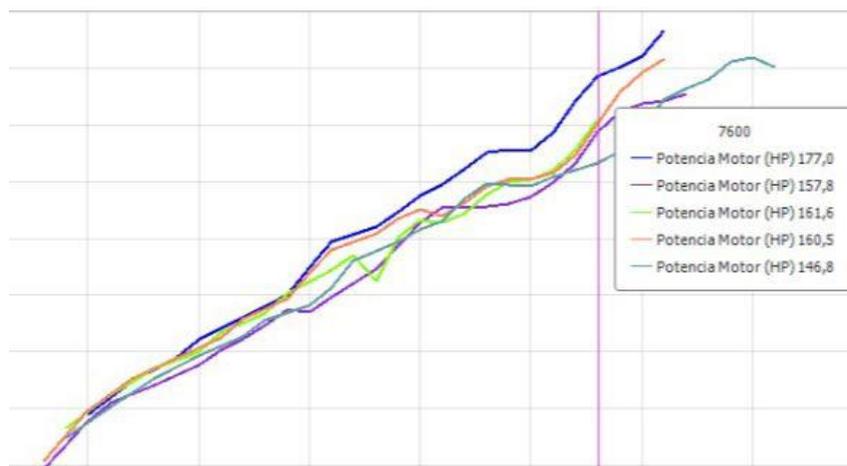
Nota: Resultados de las emisiones tomadas al auto turbo como se ve las emisiones contaminantes son bajas

Tercera Fase

Para las sucesivas pruebas el procedimiento fue el mismo, con la diferencia de que esta vez se utilizó el vehículo Ford F-150

Figura 9.

Resultado de Potencia



Nota: se observa que al ser un motor atmosférico la potencia es más lineal que los demás

Modos funcionamiento del dispositivo:

- **DISPOSITIVO APAGADO** (línea roja) resultado **160.5 HP**
- **ECO** (línea morada) resultado **157.8 HP**
- **CITY** (línea negra) resultado **146.8 HP**
- **SPORT** (línea azul) resultado **177 HP**
- **SPORT+** (línea verde) nos dio como resultado **161.6 HP**

Tabla 7.

Resultado emisiones vehículo V8

Medicion Estandar		Medicion Modo Sport		Medicion Modo Eco	
Co	0.61	Co	2.38	Co	0.99
Co2	15	Co2	10.9	Co2	12.5
Lambda	1.06	Lambda	1.15	Lambda	1.018
HC	608	HC	466	HC	572
O2	1.26	O2	4.57	O2	0.26
AFR Nox	A14,9	AFR Nox	A16,9	AFR Nox	A14,9
Medicion Modo Sport+		Medicion Modo City			
Co	2.27	Co	3.08		
Co2	9.9	Co2	10.1		
Lambda	1.32	Lambda	1.03		
HC	458	HC	590		
O2	7.23	O2	4.01		
AFR Nox	A20,5	AFR Nox	A16,1		

Análisis de Resultados

Wingle 5 2.8 Turbo Diesel

Para poder analizar los resultados de emisión y potencia de la camioneta Wingle 5 equipada con un motor 2.8 turbo diésel analizaremos la siguiente tabla

Tabla 8.

Emisiones comparativas Wingle

EMISIONES	NORMAL	ECO	MEJORA
K	0.39	0.1	25.64%
Opacidad	15.70%	4.50%	28.66%
Rpm	1500rpm	1500rpm	constante
Temperatura de aceite	90°C	90°C	constante

Nota: se analiza el resultado estándar con el mejor resultado del Pedal Commander

La tabla arroja los resultados de emisiones en modo normal del vehículo y los comparamos con los mejores resultados de emisiones que fue en modo ECO como podemos observar en K coeficiente de absorción de luz éxito una mejora de **25.64%** y en Opacidad existe una mejora del **28.66%**, tanto las RPM como la temperatura del aceite son constantes de la medición. Se observa una mejora considerable en emisiones contaminantes.

Tabla 9.*Comparación de potencia Wingle*

POTENCIA	
NORMAL	89 HP
SPORT +	93.2 HP
MEJORA	4.71%

Nota: comparación de potencia estándar con la potencia máxima

Por un lado, se observa que en la potencia del vehículo estándar es de 89 caballos de fuerza mientras que con el Pedal Commander en modo SPORT + incremento la potencia a 93.2 caballos de fuerza lo que nos indica que existe una mejor del 4,71%.

Zotye T600 2.0 Turbo

Los resultados obtenidos en el vehículo turbo fueron mucho mayores a comparación de la camioneta diésel para observar sus resultados analizaremos la siguiente tabla.

Tabla 10.*Emisiones comparativas Zotye*

Medición Estándar	NORMAL	SPORT+	PORCENTAJE	MEJORA
Co	2.02	0.18	8.91%	NEGATIVO
Co2	15	15.1	0.66%	POSITIVO
Lambda	0.959	1.012	5.52%	NEGATIVO
HC	61	20	32,7%	POSITIVO
O2	0.38	0.41	7.89%	NEGATIVO
AFR Nox	A14,1	A14,8	4.96%	NEGATIVO

Nota: Comparación de las emisiones.

En el caso de este vehículo a comparar las mediciones estándar y las mediciones en Sport+ la cual fue el modo que mejores resultados brindó podemos ver que en el caso del Dióxido de Carbono Co hubo una mejora de **8.91%**, en el caso del Dióxido de carbono Co2 aumento un **0.66%** en el factor Lambda aumentó un **5,62%** en los Hidrocarburos HC existió una reducción considerable del **32,7%** y en el caso de los Nox aumentaron un 4,96%, estos resultados nos dan a entender que el Pedal Commander no ayuda significativamente a la reducción de emisiones.

Tabla 11.*Comparación de potencia Zotye*

POTENCIA	
NORMAL	176 HP
SPORT	189.6 HP
MEJORA	7.95%

Nota: Mejora de potencia en los diferentes modos.

En esta ocasión en el auto turbo tubo una mejora de potencia del 7.95% en modo SPORT, tomando en cuenta que el vehículo nos dio como resultado 176 HP normal y 189.6 HP con el dispositivo.

Ford F-150 4.6 V8

En comparación con el vehículo turbo en este auto tubo un mejor desempeño en

Tabla 12.

Emissiones comparativas Ford F-150

Medición Estándar	NORMAL	ECO	PORCENTAJE	MEJORAS
Co	0.61	0.99	62.30%	NEGATIVO
Co2	15	12.5	17%	POSITIVO
Lambda	1.06	1.018	4.30%	POSITIVO
HC	608	572	6.29%	POSITIVO
O2	1.26	0.26	79%	POSITIVO
AFR Nox	A14,9	A14,9	0%	

Nota: Comparación de emisiones.

En la Ford las reducción de emisiones contaminantes fue positiva en la mayoría de sus partes a excepción del Oxido de carbono Co el cual aumento considerablemente en un 62.3%, pero también podemos ver que otros valores bajaron, como es el Co2 que disminuyó un 17% o el Factor Lambda que también bajo en un 4,30% así como los hidrocarburos que bajaron en un 6.29% el nivel de oxigeno bajo drásticamente un 79% y en los Nox el valor se mantuvo.

Tabla 13.

Comparación de potencia Ford

POTENCIA	
NORMAL	160.5
SPORT	177
MEJORA	10.00%

Nota: Mejora de la potencia.

En la camioneta F-150 podemos ver que se logró una mejora bastante significativa utilizando el modo SPORT del Pedal Commander lo cual nos ayudó a incrementar la potencia de nuestro vehículo en un 10% más. Lo cual para un vehículo atmosférico es bastante.

CONCLUSIONES

Después de haber aplicado las pruebas pertinentes para el estudio, se concluyó que en los sistemas actuales de aceleración electrónica están enfocados en mantener la vida útil del motor, ya que obtienen mucha información de los sensores y estos no permiten que el usuario genere un mal funcionamiento que comprometa el estado del mismo. Sin embargo, existen usuarios que buscan deportivismo en su vehículo y necesitan una respuesta inmediata para cumplir con ese objetivo. En este caso, el "Pedal Commander" cumple con su objetivo de manera contundente ya que a pesar de que los resultados generados por el dinamómetro o las emisiones de gases muestran mejoras. Las diferencias que percibe el usuario en cuanto a la experiencia de manejos son de carácter abismal debido a que entre sus modos de manejo las personas que lo prueban logren sentirse satisfechas.

Se comprendió que la ECU del vehículo antes de actuar y generar una pronta aceleración primero revisa todos los datos enviados por los sensores para comprobar las condiciones de trabajo que tiene el motor y después de crear este análisis de datos ayuda al usuario a generar una aceleración acorde a lo que la computadora cree conveniente en muchos casos esto crea una molestia en los usuarios ya que estos son los que quieren tener un control permanente sobre el automóvil. En estos casos, el "Pedal Commander" agiliza la gestión de la computadora y ayuda a que la respuesta sea mucho más instantánea.

El torque en un motor es uno de los datos más importantes ya que el mismo es el que ayuda a que el vehículo funcione y responda mejor ante varias situaciones, si no se tuviera un buen nivel de torque el auto no podría arrancar de una manera fácil y ágil como lo hace con el "Pedal Commander". De igual manera, el torque del motor contribuye directamente con la potencia del mismo.

Se determinó que, en todos los casos la potencia del motor mejoró en un porcentaje considerable gracias a la actuación del "Pedal Commander". Ya que la potencia es la velocidad en la cual se puede realizar un trabajo y al momento en que se mejora la aceleración del vehículo la potencia va a ser mayor, esto es lo que genera al usuario una sensación de deportividad y de respuesta más eficiente ante las exigencias del conductor.

También se pudo concluir que las emisiones son el factor más difícil de controlar ya que al momento de elevar la potencia en el automotor es muy común que las emisiones aumenten drásticamente ya que normalmente para llegar a este objetivo lo que se hace es intentar enviar mayor cantidad de combustible. El "Pedal Comander" aumenta la potencia del motor sin variar la cantidad de combustible ingresada al motor únicamente trabaja con la respuesta de apertura de la mariposa de aceleración lo cual genera que se tenga una mejor turbulencia en la mezcla aire-combustible así como una combustión más rápida. Aunque en los diferentes vehículos los datos de las emisiones comparativas fueron cambios mínimos. El hecho de que el "Pedal Commander" genere una mayor potencia sin afectar de manera negativa al medio ambiente es un gran paso para el desarrollo de nuevas tecnologías.

REFERENCIAS

ISO, «ISO,» [En línea]. Available: <https://www.iso.org/standard/44771.html>

Pedal Commander, What is pedal coammader.pp
<https://pedalcommander.com/pages/product-information>. 19 de diciembre de 2021

Física LAB. Potencia física pp. <https://www.fisicalab.com/apartado/potencia-fisica> 21 de agosto de 2018

ASTM, «ASTM,» [En línea]. Available: <https://www.astm.org/Standards/D4294-SP.htm>.

E. y. Potencia, «Energia y Potencia,» [En línea]. Available:
<https://energiaypotencia.com/wp-content/uploads/2018/06/KM186FAPK-1.pdf>.

O'DONNELL, 2006. [En línea]. Available: <http://manuals.hobbico.com/odo/odop9000-manual.pdf>. [Último acceso: 2020].