



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Campus San Juan del Río

Diseño y construcción de módulo de pruebas para análisis de gases contaminantes en motores a gasolina.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el título de:

Ingeniero Electromecánico

Línea terminal en Diseño y Manufactura

Presenta:

Julio Mancilla Lira

Dirigido por:

Dr. Miguel Trejo Hernández

San Juan del Río, Qro. Febrero de 2015

DEDICATORIAS

Dedico este proyecto de tesis a mi familia ya que en todo momento se han encontrado a mi lado, brindando todo lo necesario para llegar hasta donde estoy, en especial se los dedico a mis padres, que a pesar de todo los obstáculos que se presentaron siempre han estado ahí para brindarme todo su apoyo, gracias por todos esos sacrificios y esfuerzos que realizaron para yo poder cumplir con mis metas. Siendo pieza fundamental para el logro de todos lo que me proponga en la vida, espero en dios y me sigan brindando su comprensión, cariño y amor.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada quiero agradecer a dios por haber permitido el concluir una meta más en el camino de mi preparación profesional.

Así también agradecer a mis padres Julio Mancilla Orozco y Leticia Lira González quienes me han brindado su apoyo incondicional, no solo en mi preparación si no en toda mi vida, quienes con sus consejos y sacrificios me han enseñado a ser una mejor persona, a mi hermana Fabiola Mancilla Lira quien siempre me ha enseñado a ser una persona de fortaleza y carácter, a mi novia Magdalena Ordaz Ugalde quien en situaciones de nervios y desesperación me hacía sentir mejor, en pocas palabras les agradezco por haber confiado en mí y estar con migo a lo largo de esto que hoy es una meta cumplida.

Agradezco a todos mis amigos y compañeros, quienes estuvieron compartiendo conmigo experiencias inolvidables tanto en las aulas, como en situaciones en donde solo un amigo puede estar a tu lado.

Así también agradezco a todos mis maestros, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, quienes nos dieron una buena formación atreves de sus conocimientos, también gracias por la paciencia de explicar en momentos en los cuales no teníamos ni ideas de lo que hablaban, así también quiero agradecer a mi asesor Dr. Miguel Trejo Hernández quien me apoyo en todo momento con este proyecto, también a cada uno de mis sinodales que me fueron orientando y dando sus observaciones con sus asesorías.

Y por último quiero agradecer a FOMIX-QRO-2012-C01-193454 que gracias a este programa tuve la oportunidad de participar en este proyecto en el cual se tuvo complicaciones como todo, pero la mejor parte, es que me llevo un aprendizaje extenso de todo lo que implicó esta tesis.

ÍNDICE

	Página
1 Introducción.....	10
1.3 Antecedentes.....	11
1.4 Objetivos	14
1.4.1 Objetivo General.....	14
1.4.2 Objetivos Particulares.....	14
1.5 Descripción del Problema.....	15
1.6 Justificación	15
1.7 Planteamiento General	16
2 Fundamentación Teórica.....	18
2.1 El motor de combustión Interna.....	18
2.2 Uso del motor de combustión Interna.....	22
2.3 Carburador.....	23
2.4 Convertidor Catalítico.....	26
2.5 Combustibles Alternativos.....	28
2.6 Conversión de un motor de Gasolina a Gas	31
2.7 Emisión de gases de motores de combustión interna.....	36
2.8 Rangos permitidos de contaminantes	38
2.9 Equipos de medición de gases contaminantes.....	42
3 Metodología	46
3.1 Diseño del modulo de pruebas.....	47
3.1.1 Justificación del diseño.....	53
3.2 Fabricación del módulo de pruebas.....	53
3.3 Equipos/ dispositivos auxiliares.....	64
3.4 Matriz de pruebas experimentales.....	65
3.5 Uso de equipo de medición.....	67
3.6 Realización de las pruebas	73
4 Resultados y análisis.....	75

5	Conclusiones.....	89
6	Referencias.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Fig.1. 1 Esquema representativo	16
Fig.1. 2 Esquema representativo de los componentes del módulo.	17
Fig.2. 1 Cilindros en línea.....	19
Fig.2. 2 Cilindros inclinados.....	19
Fig.2. 3 Cilindros Horizontales.....	19
Fig.2. 4 Cilindros Verticales.....	20
Fig.2. 5 Posición del embolo.....	20
Fig.2. 6 Ciclo de trabajo de motor de cuatro tiempos (Otto)	22
Fig.2. 7 Aplicaciones de motor de 2T.	22
Fig.2. 8 Aplicaciones de motor de 4 T.	23
Fig.2. 9 Carburador de dos gargantas.....	24
Fig.2. 10 Carburador de venturi fijo.	24
Fig.2. 11 Carburador de venturi variable (VV).	25
Fig.2. 12 Circuito de Ralentí.	26
Fig.2. 13 Circuito de alta velocidad.....	26
Fig.2. 14 Componentes Principales de la cámara del catalizador.	27
Fig.2. 15 Reacciones químicas en el catalizador.....	28
Fig.2. 16 Estructura interna del Reductor Gasificador.	32
Fig.2. 17 Esquema de alimentación de Gas LP.....	33
Fig.2. 18 Esquema de alimentación de Gas Natural.	35
Fig.2. 19 Equipo portátil Gasbox Autopower.	42
Fig.2. 20 Equipo portátil OmiScan Gas.	43
Fig.2. 21 Equipo medidor de gases Convencional.	44
Fig.2. 22 Equipo medidor de gases marca Bosch.	45
Fig.3. 1 Diagrama esquemático del proyecto.	46
Fig.3. 2 Motor VW Golf 1.8.	47

Fig.3. 3 Vista frontal del soporte para el motor.....	47
Fig.3. 4 Vista lateral del soporte para el motor.....	48
Fig.3. 5 Vista en 3D del soporte para el motor.....	48
Fig.3. 6 Pantalla principal de Workbench.....	49
Fig.3. 7 Modificación del Modulo de elasticidad.....	50
Fig.3. 8 Mayado de la estructura.....	50
Fig.3. 9 Asignación de Fuerzas en la estructura.....	51
Fig.3. 10 Análisis de esfuerzos.....	51
Fig.3. 11 Análisis de deformación.....	52
Fig.3. 12 Análisis en Workbench con PTR cal 16.....	53
Fig.3. 13 Motores para bancos de pruebas.....	54
Fig.3. 14 Sujeción y adaptación de gomas.....	54
Fig.3. 15 Colocación del motor en su ángulo apropiado.....	55
Fig.3. 16 Construcción del soporte y sujeción de gomas.....	56
Fig.3. 17 Adaptación del soporte para motor.....	56
Fig.3. 18 Colocación de quipos auxiliares.....	57
Fig.3. 19 Acoplamiento y asignación de espacio para equipos auxiliares.....	58
Fig.3. 20 Construcción y acoplamiento de tablero de control.....	58
Fig.3. 21 Carburación y puesta a tiempo.....	60
Fig.3. 22 Equipo de Gas LP.....	61
Fig.3. 23 Ubicación del vaporizador.....	62
Fig.3. 24 Construcción de base para mezclador.....	62
Fig.3. 25 Conexión de mangueras del equipo de Gas LP.....	63
Fig.3. 26 llave para el suministro de gasolina.....	64
Fig.3. 27 Equipo portátil OmiScan Gas.....	64
Fig.3. 28 Equipo convencional marca Bosch.....	65
Fig.3. 29 Equipo marca Bosch.....	68
Fig.3. 30 Ubicación de Filtros de equipo Bosch.....	69
Fig.3. 31 Equipo portátil Omitec.....	70
Fig.3. 32 Diagrama de realización de Pruebas.....	73
Fig.3. 33 Pruebas a realizar.....	74

Fig.4. 1 Diseño final en 3D del módulo de pruebas.....	75
Fig.4. 2 Módulo y tablero de control terminado.....	76
Fig.4. 3 Pruebas primera parte.....	77
Fig.4. 4 Pruebas segunda parte.....	77
Fig.4. 5 Pruebas tercera parte.....	78
Fig.4. 6 Pruebas cuarta parte.....	80
Fig.4. 7 Gráfica lambda de gasolina como combustible.....	83
Fig.4. 8 Gráfica CO de gasolina como combustible.....	84
Fig.4. 9 Gráfica CO ₂ de gasolina como combustible.....	84
Fig.4. 10 Gráfica HC de gasolina como combustible.....	85
Fig.4. 11 Gráfica O ₂ de gasolina como combustible.....	85
Fig.4. 12 Gráfica lambda de Gas LP como combustible.....	86
Fig.4. 13 Gráfica CO de Gas LP como combustible.....	87
Fig.4. 14 Gráfica CO ₂ de Gas LP como combustible.....	87
Fig.4. 15 Gráfica HC de Gas LP como combustible.....	88
Fig.4. 16 Gráfica O ₂ de Gas LP como combustible.....	88

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Para vehículos de pasajeros.	40
Tabla 2. 2 Para vehículos de usos múltiples o utilitarios, camiones ligeros CL.1, CL.2, CL.3, CL.4, camiones medianos y pesados.	41
Tabla 2. 3 Para vehículos automotores que usan gas natural, gas licuado de petróleo, como combustible.....	41
Tabla 3. 1 Especificaciones del Perfil Tubular Reforzado (Aceromex)	49
Tabla 3. 2 Matriz de pruebas en modo ralentí.	66
Tabla 3. 3 Matriz de pruebas en modo ralentí-incrementado.	67
Tabla 4. 1 Comparación de esfuerzos y costos.....	76
Tabla 4. 2 Matriz de prueba final en ralentí sin catalizador.	81
Tabla 4. 3 Matriz de prueba final en ralentí incrementado sin catalizador.....	81
Tabla 4. 4 Matriz de prueba final en ralentí con catalizador.	82
Tabla 4. 5 Matriz de prueba final en ralentí incrementado con catalizador.....	82
Tabla 4. 6 Promedio de pruebas finales de gasolina.....	83
Tabla 4. 7 Promedio de pruebas finales de Gas LP.	86

1 Introducción

La contaminación se ha generado desde que el hombre descubrió el fuego. Cuando se empezó a utilizar el carbón como combustible en el siglo XIX esto se convirtió en un problema y comenzó a ser una preocupación debido a la demanda de combustible. Durante la segunda guerra mundial surgieron los autobuses y automóviles y con ellos la aparición del motor de gasolina.

Desde hace algunos años a la fecha, a aumentado la preocupación de las enfermedades, cambios climáticos y destrucciones naturales que han sido causa de la contaminación del medio ambiente, una de las principales causa de la contaminación atmosférica es producida por los motores de combustión interna.

Debido al crecimiento de la población y al ritmo de vida actual, los automóviles se han convertido no solo en un artículo de lujo, si no en una necesidad, como el trasladarse al trabajo y otras series de actividades que en este contexto histórico, económico, político y social son fundamentales para su desarrollo. Causando contradictoriamente contaminación ambiental, la cual es una de las más grandes preocupaciones de hoy en día.

Este trabajo de investigación desarrolla un estudio de emisiones contaminantes emitidas por motores de combustión interna , cuyo objetivo es verificar que un motor de combustión interna contamine la menor parte posible, realizando pruebas de emisiones con gasolina, gas lp y probablemente gas natural, con y sin catalizador.

Este trabajo consta de cinco capítulos, de los cuales, en el capítulo I, se retoman investigaciones similares que se han venido realizando a lo largo del

tiempo, los objetivos a los cuales se desea llegar y muestra el por qué se tiene que realizar dicha investigación.

En el capítulo II, se retoma la información teórica, la cual servirá para entender el funcionamiento de un motor de combustión interna carburado, como realizar la conversión del motor para trabajar con gas lp como combustible, así también como el uso adecuado de los equipos para realizar el análisis de contaminantes y sus Normas.

En el capítulo III, Se describe el procedimiento que se llevo a cabo para el análisis del diseño, su fabricación y el ensamble de sus dispositivos auxiliares del motor para su funcionamiento correcto, así como la adaptación de equipos para realizar su conversión del motor para que funciones con gasolina, gas lp y posiblemente con gas natural.

En el capítulo IV, Se mostrarán los resultados y análisis obtenidos de la estructura que se realizó así como también de las emisiones contaminantes que se compararon con los distintos combustibles, además conclusiones de esta investigación.

En el capitulo V, se mostrarán las referencias que se fueron utilizando a lo largo de esta investigación.

1.3 Antecedentes.

Combustibles: Gasolina

La gasolina es un derivado del petróleo, que lo componen varios hidrocarburos, moléculas de hidrogeno y carbono, al paso de los años fue evolucionando la gasolina de manera que fuera reduciéndose el plomo contenido, ya que el plomo es un veneno para el catalizador llegándolo a estropear hasta dar paso a la gasolina que ahora conocemos. En México existen tres tipos de gasolina, Pemex Magna, Pemex Premium y una tercera denominada Magna Oxigenada, que se vende en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey; lugares que

por su congestamiento vehicular, requiere de una gasolina con un mayor número de oxidantes, para que al quemarse genere la menor cantidad de contaminantes.

La gasolina, derivado del petróleo es el más demandado como combustible para vehículos automotores (PROFECO).

Gas LP

El gas LP es el nombre genérico para el gas butano y propano de uso comercial, tiene la propiedad de volverse líquido cuando está sometido a una compresión y regresa a su estado gaseoso cuando disminuye la presión, de esta forma es como se realiza su transportación o almacenamientos en tanques, es uno de los combustibles más utilizados en el hogar, también se utiliza en la industria, como en los automóviles automotores. En nuestro país el uso de gas LP llega a más de 90 millones de mexicanos, México ocupa el primer lugar en consumo doméstico.

Puede reducirse las emisiones de gases contaminantes tales como hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y las emisiones de óxidos de nitrógeno son reducidos a su vez con un convertidor catalítico de 3 vías. (CONAE)

Gas Natural

También conocido como gas metano, este gas es uno de los más seguros y más económicos, solo que su distribución es por medio de tubería subterránea, este combustible es inodoro e incoloro, por esa razón se le agregan químicos como el mercaptano para identificarlo en casos de fugas, además este se dispersa rápidamente si este fuera el caso. El gas natural tiene una combustión completa y limpia que emite bajas cantidades de monóxido de carbono, hidrocarburos reactivos, óxido de nitrógeno, bióxido de carbono y, prácticamente, ninguna de bióxido de azufre que provoca la lluvia ácida. Además de ser un combustible utilizado en la industria y en el hogar puede ser empleado en los vehículos automotores disminuyendo así las emisiones contaminantes de dióxido de carbono entre un 20 a 25% en comparación con vehículos que utilizan gasolina. En la actualidad existen 21 zonas geográficas de distribución en México, en la ciudad de

Querétaro es distribuido el gas natural por Tractebel Digaqro, S.A. de C.V. (PROFECO)

A nivel nacional se han realizado investigaciones referentes a los gases contaminantes emitidos por motores a gasolina en automóviles particulares, por mencionar una reciente la cual se realizó en el taller de la facultad de ingeniería de la UNAM analizándolo directamente en el tubo de escape de un auto Toyota Prius y un Nissan Sentra, ambos de modelo 2002. Este trabajo es el resultado de un proyecto de investigación desarrollado para medir y analizar las emisiones vehiculares en el tubo de escape mediante la técnica de extracción por espectroscopia FTIR(Fourier Transform Infrared Spectrometer), Teniendo el automóvil en una cámara con el ambiente controlado donde la temperatura y otras condiciones pueden estar dentro de los límites FTP-75, con esta técnica obtuvieron datos con exactitud, en tiempo real, en forma continua y simultánea (Reyes, 2007) .

A nivel Internacional, se han realizado investigaciones desde hace años acerca de la eficiencia de la combustión y análisis de los gases contaminantes que son emitidos por vehículos automotores, una de ellas es por medio de espectro radiometría en las cuales se miden un poco número de ondas para obtener los datos de los gases contaminantes (Briz,2001)

En la universidad del Norte de Colombia Bogotá realizaron un análisis comparativo en motores a gasolina, convertidos a gas lp y Gas Natural, utilizando 12 automóviles, 4 de gasolina, 4 de gas lp y 4 de gas natural. Las pruebas se realizaron a una altura de 2625 metros sobre el nivel del mar, con los vehículos en marcha y las mediciones se tomaron con un equipo portátil adaptado en cada automóvil, teniendo como resultados una disminución de gases contaminantes utilizando el gas como combustible pero con una gran dificultad para el arranque. (A.Corredor,2000)

En la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, realizaron un análisis de emisiones de CO₂ para los combustibles de gas Natural y una mezcla de gasolina-Etanol dirigido en la población de taxis en Pereira y Dosquebradas, realizando 348 encuestas, teniendo un 58.9% que utilizan gasolina y un 40.8% Gas Natural, realizando pruebas con el etanol en porcentajes del 10% hasta llegar al 100% de etanol, concluyendo que el uso de GNV es ecológicamente más rentable que la mezcla gasolina-etanol. (Mosquera A, 2010).

Por todo lo anterior es importante hacer un estudio con los combustibles usados en México como alternativos a la gasolina.

1.4 Objetivos

Se presentan los objetivos generales y particulares, los cuales se pretenden cumplir al término del proyecto.

1.4.1 Objetivo General

Diseñar, construir y poner en marcha un módulo de un motor de combustión interna para la realización de pruebas experimentales con el fin de analizar gases producto de la combustión de gasolina, gas lp, y si es posible gas natural.

1.4.2 Objetivos Particulares

1. Diseñar, construir y poner en marcha un módulo para un motor de combustión interna.
2. Diseñar y construir un pequeño tablero de control para el módulo.
3. Diseñar una matriz de pruebas experimentales para evaluar los gases contaminantes emitidos.

4. Elaborar las pruebas experimentales con gasolina, gas licuado de petróleo (lp), y si es posible con gas natural, antes y después del catalizador.
5. Analizar los resultados de las pruebas experimentales para conocer qué combustible es el más adecuado en cuanto a la menor emisión de contaminantes.

1.5 Descripción del Problema

Desde hace mucho tiempo el motor de combustión interna es uno de los más utilizados no solo en automóviles sino también en motocicletas, motores marinos, aviación deportiva, sierras, etc. Por eso mismo, es uno de los motores que más contribuye a la contaminación atmosférica, razón por la cual es importante conocer las cantidades de los gases contaminantes que estos emiten, para tomar medidas adecuadas y tratar de minimizarlos.

1.6 Justificación

El proyecto se enmarca dentro del desarrollo de un midibús ecológico de cama baja dirigido al transporte público en base a la convocatoria FOMIX-QRO 2012, donde se requiere evidenciar de alguna forma los porcentajes de emisión de gases contaminantes.

En la universidad Autónoma de Querétaro campus San Juan del Río facultad de ingeniería se ha aprobado la línea terminal en mecánica automotriz en Ingeniería Electromecánica, y más recientemente se ha creado la carrera de Ingeniería Mecánica y Automotriz en la cual se tiene la necesidad de equipar los laboratorios para poder realizar prácticas afines. Así mismo, el módulo servirá como base para satisfacer las necesidades de investigaciones posteriores, por lo que se pretende que dicho modulo de pruebas cuente con los elementos necesarios para hacer el estudio del comportamiento de un motor de automóvil

común, pudiendo realizar en él cualquier investigación acorde, como puede ser el referente al desarrollo de un midibús en el cuál incursiona la misma Facultad.

En base a lo anterior, el desarrollo de este proyecto, es para obtener datos actualizados e información relacionada con los contaminantes atmosféricos que emiten los motores de combustión interna, así como estudiar los gases contaminantes que producen los vehículos, con la finalidad de disminuir la contaminación debido al combustible a utilizar.

1.7 Planteamiento General

Para Realizar el modulo de pruebas fue necesario conocer el material adecuado para su construcción así como también sus elementos auxiliares para su funcionamiento del motor, también es necesario conocer su modo de operar de los equipos de medición y para llevar a cabo un control de estas pruebas a realizar, se necesita una matriz de pruebas en la cual se capturaran las pruebas con los diferentes combustibles a utilizar, después de tener todo esto en función se analizan los resultados obtenidos.

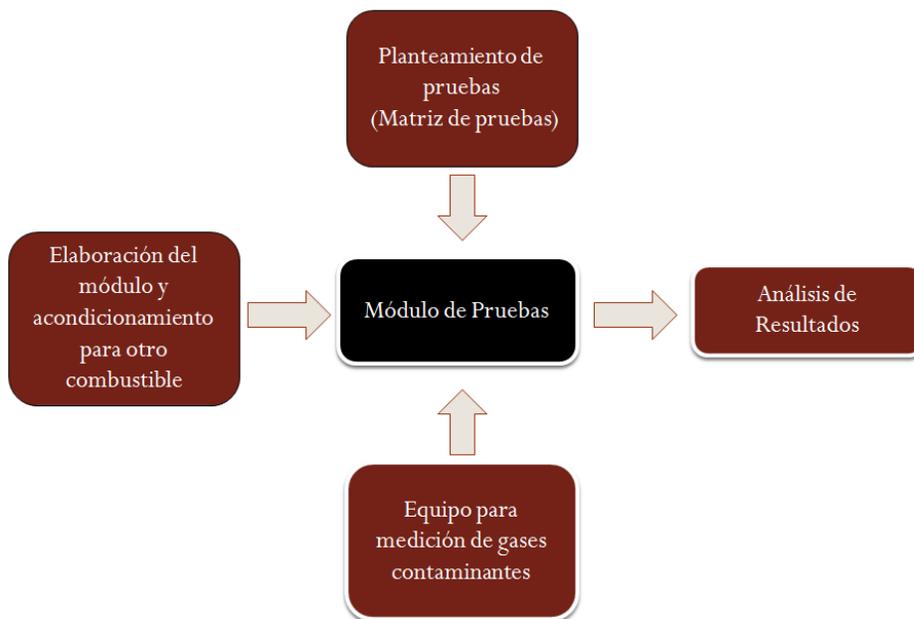


Fig.1. 1 Esquema representativo

Para llevar a cabo el diseño del módulo de pruebas, es necesario conocer sus principales componentes para así saber el espacio asignado para cada uno de estos. Es de esta forma que en la fig.1.2 se muestran los componentes principales para el funcionamiento del motor de gasolina, se realizaran las conexiones de cada uno de los elementos para así, en un paso subsecuente, poder realizar una matriz de pruebas experimentales con los tres combustibles a analizar, gasolina, gas lp y posiblemente con gas natural.

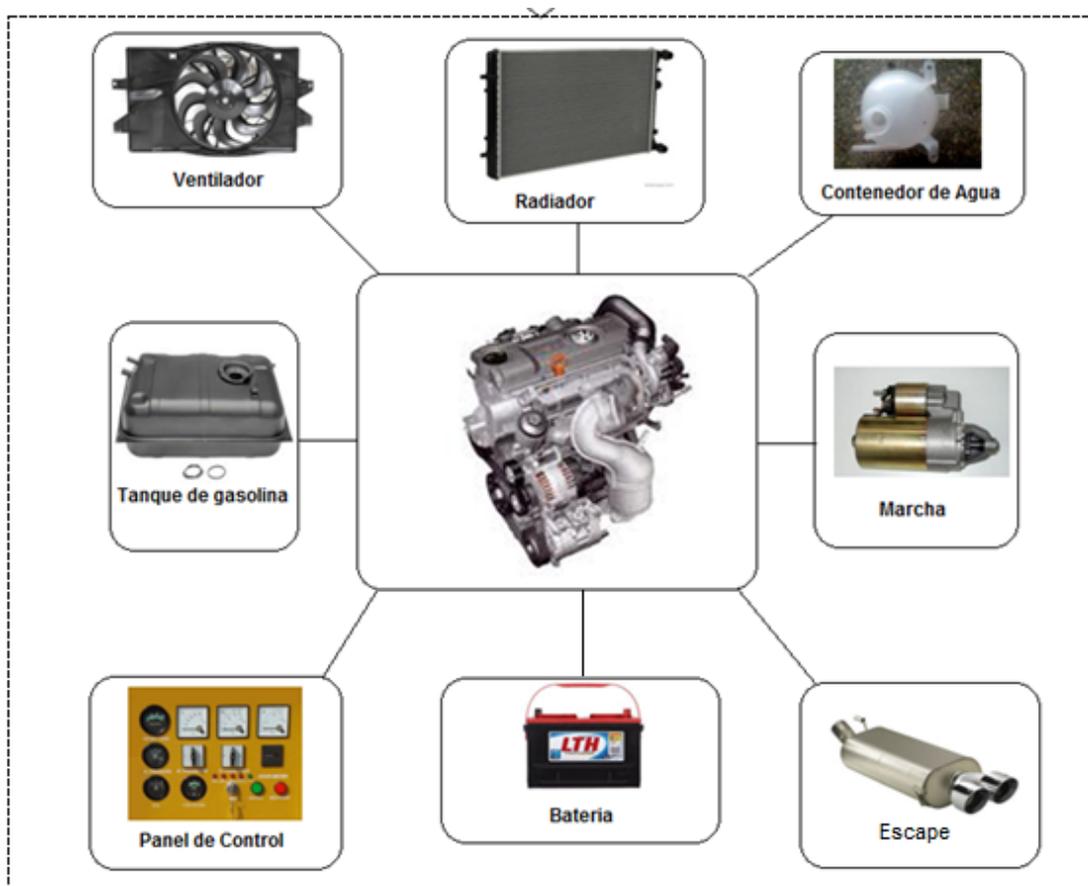


Fig.1. 2 Esquema representativo de los componentes del módulo.

2 Fundamentación Teórica

2.1 El motor de combustión Interna

Un motor de combustión interna es un motor endotérmico basado en el mecanismo pistón-biela-manivela, conocido también como tren alternativo, nace a finales del siglo XIX, como alternativas a las máquinas de vapor para propulsar vehículos ligeros de transporte terrestre, sustituyendo a los carruajes y, en definitiva a la tracción animal.

Es un motor el cual su encendido es por medio de chispa en el que se quema una mezcla de aire-combustible, durante una combustión se transforma en energía calorífica que produce un movimiento mecánico que permite el desplazamiento del automóvil. (Domínguez, 2008).

El motor a gasolina que realiza su trabajo por medio de explosión se clasifica de las siguientes maneras. (Nueva enciclopedia del automóvil, 2000)

1. Número de carreras (subidas y bajadas) del embolo que dan en un ciclo de trabajo.

Dos tiempos, baja y sube el embolo una sola vez por ciclo.

Cuatro tiempos, baja y sube el embolo dos veces por cada ciclo.

2. Número de cilindros

Mono cilíndricos, tiene un solo cilindro en el que se produce la combustión

Poli cilíndricos, tienen 2 o más cilindros en el que se produce la combustión

3. Según la posición de los cilindros

En línea (Verticales), cuando los cilindros están ubicados en una forma paralela y uno tras otro.

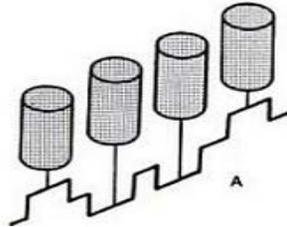


Fig.2. 1 Cilindros en línea.

En V (inclinados). Como su nombre lo dice los cilindros están ubicados en forma de V.

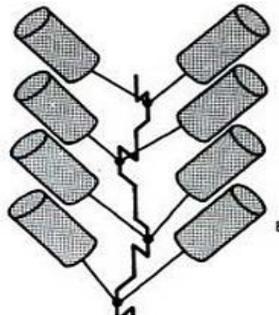


Fig.2. 2 Cilindros inclinados.

Opuestos (Horizontales), los cilindros están en posición horizontal y distribuidos de forma opuesta.

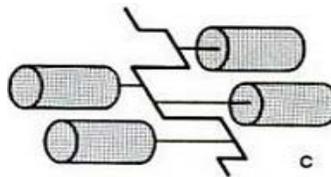


Fig.2. 3 Cilindros Horizontales.

En estrella (Vertical), los cilindros están distribuidos de una forma de estrella colocados verticalmente.

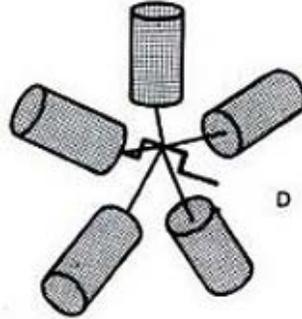


Fig.2. 4 Cilindros Verticales.

De manera que el motor que se va a analizar en este presente proyecto es de cuatro tiempos, poli cilíndrico y en línea (vertical), solo se mencionara el ciclo de trabajo de dicho motor.

Cuando el embolo se encuentra en la posición más baja se dice que está en el punto muerto inferior (PMI), de lo contrario el embolo se encuentra en la posición más alta y se dice que está en el punto muerto superior (PMS)

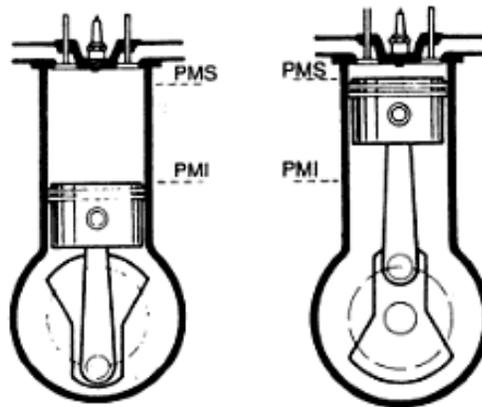


Fig.2. 5 Posición del embolo.

a) Primer tiempo (Admisión):

El pistón se encuentra en el punto muerto superior (PMS) y tiene un desplazamiento hasta el punto muerto inferior (PMI), la válvula de admisión permanece abierta y la de escape cerrada, permitiendo la entrada a la mezcla aire combustible.

b) Segundo tiempo(Compresión):

El pistón se encuentra en el punto muerto inferior (PMI), el volumen del cilindro se encuentra lleno de la mezcla aire-combustible, la válvula de admisión se cierra y la de escape sigue cerrada.

El pistón se desplaza al punto muerto superior (PMS) y debido a que la válvula de admisión y de escape se encuentran cerradas, la mezcla de aire-combustible se comprime.

c) Tercer tiempo(Explosión):

El pistón se encuentra en el punto muerto superior (PMS) con la mezcla comprimida, la bujía provoca una chispa generando una explosión la cual eleva la presión y la temperatura, los gases a presión empujan al pistón hacia el punto muerto inferior con las dos válvulas cerradas.

d) Cuarto tiempo(Escape):

El pistón se encuentra en el punto muerto inferior con todo el volumen lleno de gases quemados desplazándolo hasta el punto muerto superior, abriéndose la válvula de escape para así expulsar los gases y comenzar un nuevo ciclo.

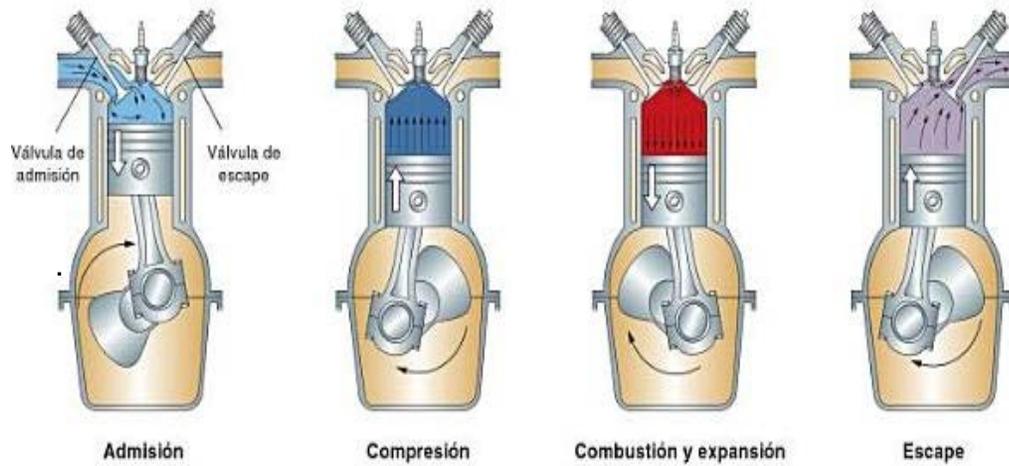


Fig.2. 6 Ciclo de trabajo de motor de cuatro tiempos (Otto)

2.2 Uso del motor de combustión Interna

El motor de combustión interna es actualmente uno de los más utilizados para realizar algún trabajo específico o para un traslado, existen motores de 2 tiempos y 4 tiempos los cuales sus aplicaciones se describen a continuación.

2T gasolina: tuvo gran aplicación en las motocicletas, motores de ultraligeros (ULM) y motores marinos fuera-borda hasta una cierta cilindrada, habiendo perdido mucho terreno en este campo por las normas anticontaminación. Además de en las cilindradas mínimas de ciclomotores y scooters (50 cc), sólo motores muy pequeños como moto sierras y pequeños grupos electrógenos siguen llevándolo.



Fig.2. 7 Aplicaciones de motor de 2T.

4T gasolina: domina en las aplicaciones en motocicletas de todas las cilindradas, automóviles, aviación deportiva y fuera borda.



Fig.2. 8 Aplicaciones de motor de 4 T.

2.3 Carburador

El carburador es el dispositivo que se encarga de realizar la mezcla de aire-combustible en los motores de combustión interna con el fin de que el motor funcione correctamente obteniendo así el consumo adecuado del combustible y obtener la mayor potencia de salida, de modo que la mezcla sea la optima, las proporciones para obtener una mezcla estequiométrica son de 14,7 partes de aire en peso, por cada 1 parte de gasolina , pero en ocasiones se necesitan otras dosificaciones, lo que se llama mezcla rica (factor lambda menor de 1) o bien mezcla pobre, es decir factor lambda mayor de 1 en volumen.

Existen carburadores con diferentes características aumentando el número de componentes correspondientes a un cilindro, a esto se le denomina cierto número de garganta, como se muestra en la figura 2.14 siendo esta de dos gargantas, que es la que se utilizara en el presente proyecto.

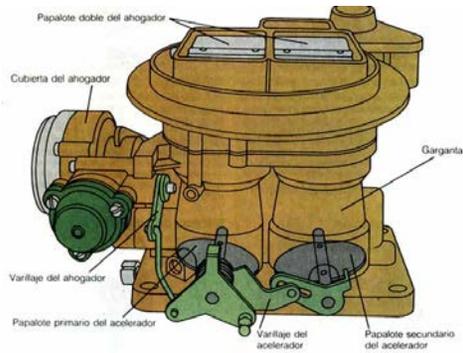


Fig.2. 9 Carburador de dos gargantas.

Tipos de Carburador

Existen dos tipos de carburador, el de venturi fijo y el de venturi variable (VV), El venturi o difusor es el lugar restringido en el paso del aire del carburador.

Un carburador de venturi fijo podría ser obtenido de un cilindro de revolución con una sección estrechada, una boquilla o surtidor de combustible y una válvula. El cilindro es denominado tubo de admisión de aire, la sección estrecha venturi o difusor y la válvula es la mariposa, en la posición horizontal cierra o estrangula totalmente el flujo del aire a través del tubo de admisión.

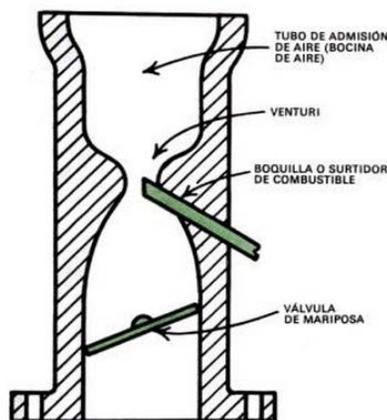


Fig.2. 10 Carburador de venturi fijo.

Un carburador de venturi variable (VV), como su nombre lo dice el tamaño del venturi puede cambiar, este venturi varía cuando cambian las condiciones de funcionamiento, existen dos tipos de carburadores de venturi variable los cuales son de pistón redondo y el de válvula venturi rectangular.

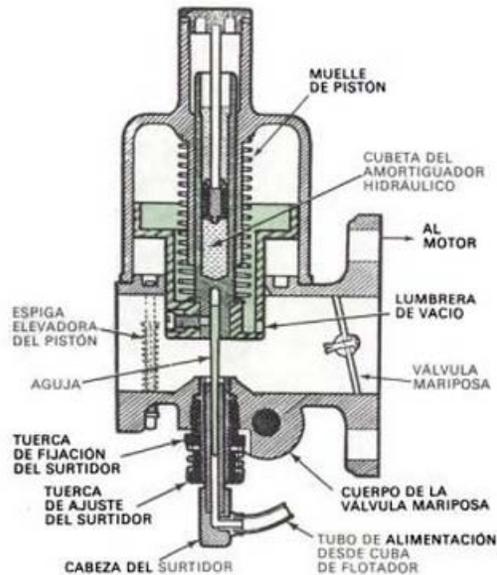


Fig.2. 11 Carburador de venturi variable (VV).

En el carburador existen los diferentes circuitos o sistemas los cuales son:

1. Circuito de flotador
2. Circuito de ralentí y de baja velocidad.
3. Circuito de calibración principal o de alta velocidad y de carga parcial.
4. Circuito de alta velocidad y plena potencia.
5. Circuito de bomba de aceleración.
6. Circuito del estrangulador del aire.

Para fines de esta investigación sólo se hará referencia al circuito de ralentí, de baja velocidad y al circuito de alta velocidad. De esta forma se conocerá el comportamiento y funcionamiento del carburador, cuando se realicen las pruebas deseadas. Los circuitos son:

Circuito de ralentí y de baja velocidad.

Cuando la mariposas de los gases está cerrada o ligeramente abierta, solamente puede pasar una pequeña cantidad de aire por el tubo de admisión,

esto significa que por la boquilla del surtidor no habrá combustible es por eso que debe de tener otro circuito para el suministro de gasolina cuando la mariposa este cerrada y el motor funcione a bajo régimen de revoluciones (800 a 900 rpm) sin pararse.



Fig.2. 12 Circuito de Ralentí.

Circuito de alta velocidad y plena potencia.

Para funcionamiento de alta velocidad con plena potencia y mariposa ampliamente abierta, la mezcla aire-combustible debe de ser enriquecida. En el carburador están incorporados dispositivos especiales para proporcionar esta mezcla enriquecida durante el funcionamiento a alta velocidad, dichos dispositivos son accionados mecánicamente. (William, 1993).



Fig.2. 13 Circuito de alta velocidad.

2.4 Convertidor Catalítico

El convertidor catalítico, es un accesorio que se ha incorporado al automóvil a partir de los años noventas, eso con el fin de reducir los gases contaminantes

productos de la combustión de aire-combustible. Sus principales elementos que lo caracterizan son materiales cerámicos de alta tecnología a los cuales se les ha incorporado pequeñas cantidades de metales como platino, paladio y rodio que actúan como catalizadores, éstos son sustancias que aceleran o facilitan una reacción química.

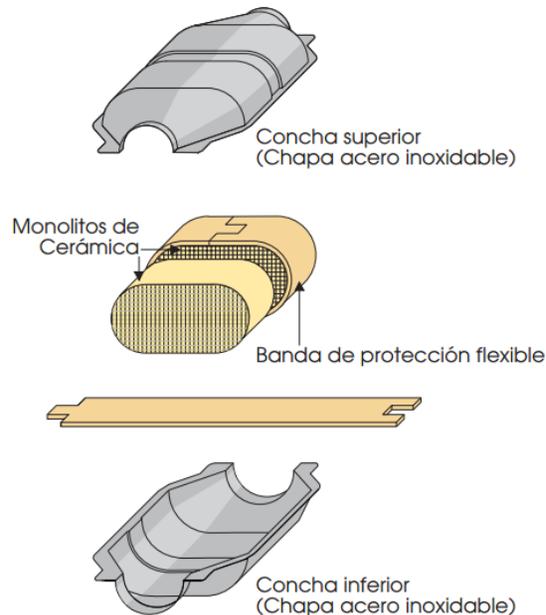


Fig.2. 14 Componentes Principales de la cámara del catalizador.

El convertidor catalítico capaz de reducir simultáneamente emisiones de hidrocarburos, CO y NOx, se empleó en México por primera vez en 1991. El platino y el rodio, por medio de reacciones de reducción abastecidas por el calor que portan los gases de combustión eliminan los átomos de oxígeno de las moléculas de NOx para formar nitrógeno y oxígeno; el platino y el paladio, con reacciones de oxidación (al convertidor catalítico se le inyecta aire con este fin) contribuyen a que los hidrocarburos y CO de los gases de escape se transformen en CO₂ y H₂O. Para que los convertidores catalíticos funcionen correctamente deben cumplir requisitos como:

- Un control preciso de la cantidad de mezcla aire-combustible.

- Evitar los aditivos con plomo pues causan daños irreversibles al convertidor catalítico.

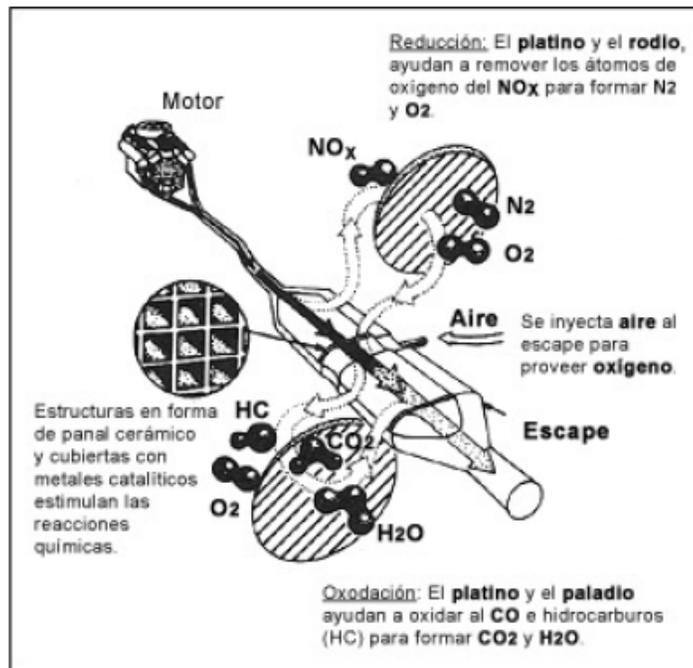


Fig.2. 15 Reacciones químicas en el catalizador.

Para que el catalizador tenga su óptimo rendimiento tiene que estar su temperatura entre los 400 y 700 grados centígrados, por este motivo al paso del tiempo se fueron colocando lo más cerca del motor para así aprovechar la temperatura de este. Teniendo así unos minutos para llegar a esta temperatura, ya que al estar frío el catalizador su función es nula.

2.5 Combustibles Alternativos

El cambio climático es uno de los factores que ha afectado la contaminación del medio ambiente, a medida que el tiempo pasa la temperatura se ha ido incrementado, sabiendo que hoy en día la mayor contaminación es provocada por los automóviles motorizados, existe al menos un 90 % de posibilidades que la quema de los combustibles fósiles sean los culpables de las

altas temperaturas, motivo por el cual tenemos que buscar alternativas existentes para así mejorar el entorno donde habitamos.

Desde hace más de cien años el petróleo es la fuente principal de los combustibles que se emplean en los motores de combustión interna, ahora bien la seguridad de que esta fuente de energía natural se agotará algún día y la necesidad de un ambiente menos contaminado han derivado hacia la búsqueda de otras fuentes.

Eléctrico

Los automóviles eléctricos almacenan la energía en bancos de baterías pero su capacidad está limitada, necesitando de una reposición de energía que puede ser la conexión a un suministro de energía eléctrica o simplemente aprovechando las fuentes tradicionales como lo son la energía solar y eólica. Los primeros experimentos con el primer automóvil eléctrico fueron realizados en Europa en 1830 por R. Davison (CONAE)

Etanol

El etanol se ha utilizado como combustible desde el nacimiento de los automóviles en 1894. Este combustible emite bajas emisiones contaminantes y se obtiene por destilación de productos de la fermentación de azúcares simples (maíz, caña), el etanol se puede emplear al 100% o como es el caso típico mezclar el 10% de etanol y un 90% de gasolina.

Bioetanol

Surge a partir del forraje y estructura de las plantas, este combustible puede producirse del resto de la biomasa cuando se crea biodiesel.

Hidrógeno

Básicamente como combustible para motor de combustión interna se utiliza de dos maneras. La primera consiste en mezclar hidrógeno puro con gas

natural y la segunda consiste en emplearlo como alimentación a una celda de combustible, para su producción es necesario tecnología sofisticada y este emplea recursos renovables.

Metanol

Se ha empleado en vehículos prototipos en mezclas de 85% de metanol y 15% de gasolina, la producción del metanol es muy baja de manera su contenido para su producción es utilizado preferentemente en aplicaciones industriales.

Gas Natural

un gas de origen fósil, se encuentra normalmente en el subsuelo continental o marino, está compuesto por una mezcla de hidrocarburos livianos donde el principal es el metano (CH_4). Se le llama Gas natural porque en su constitución química no interviene ningún proceso

Es un combustible de quemado limpio que al usarse en el motor de combustión interna ha demostrado la reducción de las emisiones contaminantes siendo así uno de los combustibles más práctico y menos contaminante.

Gas LP

Es una mezcla de propano y butano, se obtiene como subproducto de los procesos de refinación o como recuperado de los procesos del tratamiento del gas natural. Los sistemas de gas lp se utilizan en grandes partes del mundo principalmente para el transporte de carga y pasajeros.

Biodiesel

Combustible renovable que se obtiene de los aceites vegetales, grasas animales, el biodiesel es seguro y biodegradable con el impacto de la mejoría del desempeño ambiental.

2.6 Conversión de un motor de Gasolina a Gas

La conversión de un motor a gasolina es un sistema dual de manera que se puede utilizar ambos combustibles tan solo con accionar un conmutador para elegir el combustible, Para un motor de carburación e inyección, las conversiones son muy distintas de manera que el motor a convertir es de carburación solo se hará mención de la conversión correspondiente.

Según el estudio de consultoría de gas dice que al modificar el tipo de combustible de gasolina a gas, este tendrá que modificarse el avance inicial del encendido, ya que se toma más tiempo para quemar la mezcla aire-gasolina, entonces se debe de atrasar la chispa para la explosión en la cámara de combustión.

Conversión del motor de gasolina a gas lp.

La conversión de un motor Al utilizar el motor de gasolina a gas lp no es complicada ya que para instalar el equipo de gas lp no se modifica nada en la estructura interna del motor, solo se le añade nuevos equipos auxiliares para su funcionamiento con el nuevo combustible a utilizar.

Elementos que forman una instalación de gas lp para un motor de carburador:

Reductor Gasificador: El gas lp llega en estado líquido el cual el cual pasa al reductor Gasificador, convirtiéndolo de estado líquido a gaseoso, como se puede observar en la figura se tiene la entrada de gas lp en estado liquido, dos tomas de agua caliente para evitar que se congele y por último la salida del gas.

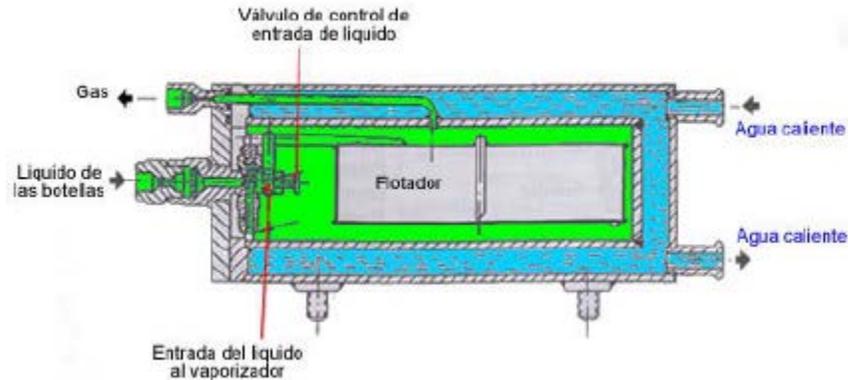


Fig.2. 16 Estructura interna del Reductor Gasificador.

Electroválvula: Es la encargada a dar paso al combustible controlado por una corriente eléctrica.

Mezclador: Es el encargado de realizar una mezcla de aire- gas que debe de entrar a la cámara de combustión, este mezclador se coloca sobre el carburador.

Aplicación del equipo de gas lp.

La figura inferior nos muestra un equipo para alimentar un motor con GLP. El gas pasa de la botella al filtro -electroválvula de paso- y de este lo lleva al reductor Gasificador (que comprende en este caso el Gasificador y los dos reductores) y por fin el GLP pasa a la espita en el colector de admisión donde se carbura la mezcla. Se cuenta también con una derivación del GLP que va después de la mariposa para mantener el ralentí del motor. El reductor Gasificador es calentado por medio de las tuberías de refrigeración del motor.

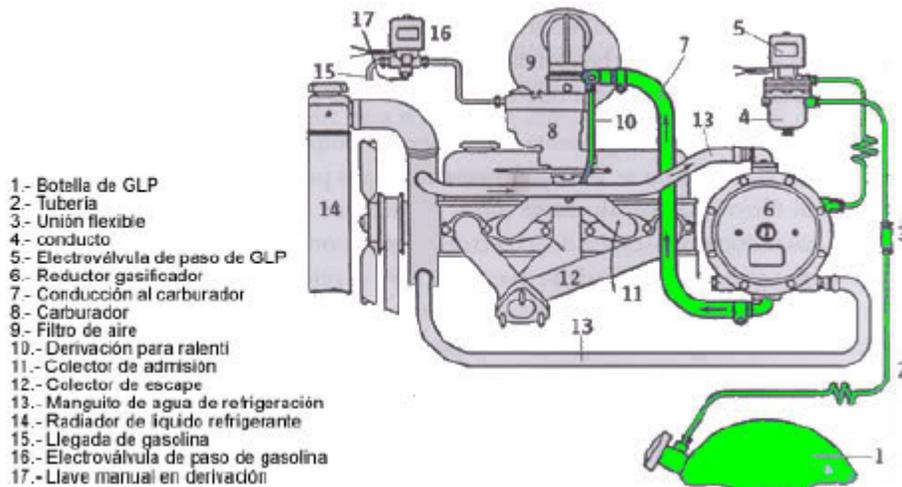


Fig.2. 17 Esquema de alimentación de Gas LP.

Conversión del motor de gasolina a gas Natural.

Al realizar la conversión a GNC existe una pérdida de potencia entre un 5 y 10%, el Gas no es corrosivo por lo tanto la vida útil del motor es exactamente la misma que si usara gasolina como combustible.

Para Realizar la conversión es necesario hacer algunas modificaciones al motor y colocar algunos de los siguientes componentes para tener un funcionamiento dual de combustible a continuación de describirán dichos componentes.

Válvula de llenado: es una válvula de retención que permite el paso de gas hasta a 3000 psi mediante una conexión positiva.

Cilindros de almacenamiento: Son cilindros sin costura, destinados a almacenar el gas a una presión de 3000

Válvulas para los cilindros: Permiten el paso de gas desde y hacia los cilindros. Estas válvulas poseen discos de ruptura que operan como mecanismo de seguridad para aliviar la presión en caso de emergencia. Si el flujo es excesivo, se bloquean.

Tubería de alta presión: Generalmente está fabricada en acero al carbono o acero Inoxidable. Su función es comunicar los cilindros entre sí.

Regulador de presión: Es el encargado de reducir la presión desde los 3000 psi que se tienen en los cilindros hasta un máximo de 5 pulgadas de columna de agua, que es la presión empleada en vehículos de cilindradas superiores a los 5.0 litros, o tan poco como 2 pulgadas de agua, usada en automóviles pequeños. Esta regulación de presión se hace mediante al menos 2 etapas de reducción de presión. Cuenta con un circuito de calefacción con refrigerante del motor para evitar el congelamiento del gas debido a la caída de presión que tiene.

Mezclador: Al salir el gas a baja presión del regulador se encuentra con el mezclador que es el encargado de dosificar la mezcla aire-gas que debe entrar a la cámara de combustión del motor el mezclador va montado directamente sobre el carburador

Electro válvula de gasolina: Es un componente electromecánico ubicado entre la bomba de gasolina y el carburador que impide el paso de combustible líquido mientras el automóvil trabaja con gas.

Electro válvula de gas: Es un componente electromecánico el cual su función es permitir un adecuado paso de gas tanto en el momento del encendido, cuando se necesita una cantidad extra de combustible, como durante la marcha normal del vehículo.

Conmutador gas - gasolina: Es un interruptor, sirve para seleccionar el tipo de combustible a utilizar para la operación.

Dispositivo electrónico de avance de chispa: Como el gas opera con un punto de encendido más avanzado que la gasolina, requiere de un dispositivo que adelante el momento de encendido de las bujías cuando se utilice gas y que lo atrase automáticamente cuando se utiliza gasolina.

Sensor de oxígeno: Es un elemento que percibe la cantidad de oxígeno en los gases de escape y envía una señal al conjunto de dosificación cuando es necesario regular la mezcla aire-gas.

1. Cilindro de presión (2400 - 3000 psi)
2. Válvula del cilindro de GNV
3. Línea de alta presión de GNV
4. Válvula de corte principal
5. Válvula de llenado
6. Interruptor de seguro de encendido
7. Regulador de presión primario (Reduce la presión de 3000 a 100 psi)
8. Conexiones de refrigeración
9. Medidor de presión
10. Medidor combustible y presión. (Opc.)
11. Bloqueo por vacío / filtro
12. Tubo de vacío de la válvula de aire
13. Solenoide de control de vacío
14. Tubo de vacío de la válvula de aire
15. Regulador secundario ajustable (Reduce presión de 100 psi a 2" de agua)
16. Manguera de vapor de GNV
17. Mezclador
18. Mezclador de elevación de vacío (Opción para vehículos pequeños)
19. Adaptador al motor
20. Adaptador (para motores pequeños)
21. Carburador de gasolina
22. Bloqueo de gasolina
23. Línea de gasolina
24. Panel de control
25. Interruptor de selección de combustible
26. Interruptor de suministro de 12 V
27. Solenoide de control de vacío
28. Vacío al múltiple de admisión
29. Vacío al diafragma del carburador
30. Vacío a la válvula de aire del venturi

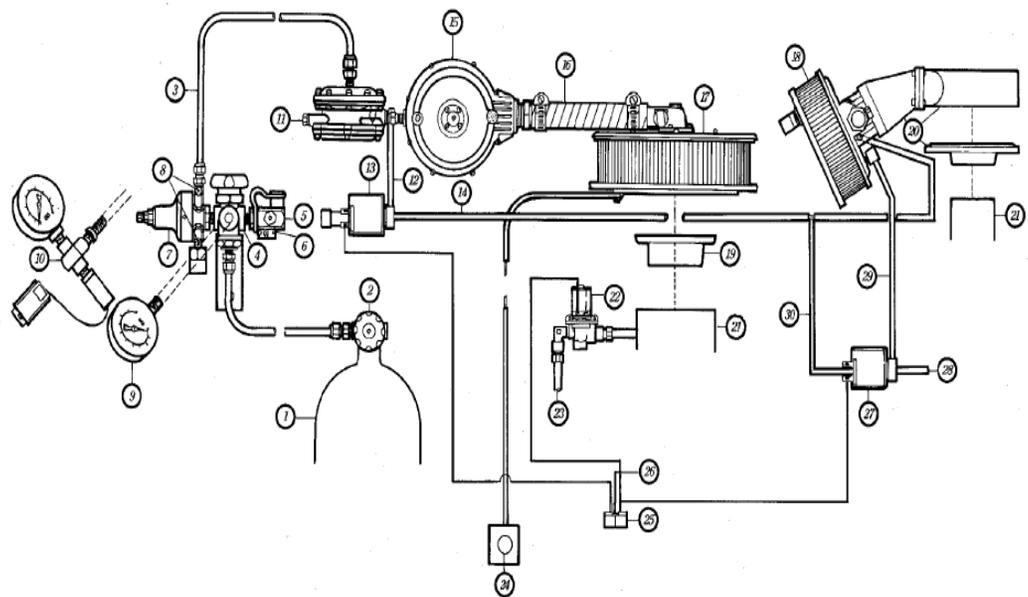


Fig.2. 18 Esquema de alimentación de Gas Natural.

2.7 Emisión de gases de motores de combustión interna

Para realizar las pruebas correspondientes a la investigación solo se hará referencia a los parámetros que nuestro equipo pueden medir ya que existen algunos otros como son S_2O (dióxido de azufre), compuestos de plomo, hollín tales que estos gases tampoco se encuentran en las tablas de las normas para los centros de verificación.

COMPUESTOS DE PLOMO

Los compuestos de plomo aparecen como consecuencia de la inclusión de estos aditivos en el carburante; se emplean como tales aditivos por su carácter antidetonante. Aproximadamente un 30% del plomo introducido en la gasolina no aparece en los gases, depositándose en la culata, en la cabeza del pistón, en las válvulas,...

(SO₂). DIOXIDO DE AZUFRE

Proviene de la oxidación del Azufre que contiene el combustible. Dado que esta proporción de Azufre en la gasolina es muy escasa, también es poco relevante la emisión a la atmósfera de estos Óxidos de Azufre.

HOLLIN. SUSTANCIAS SOLIDAS

El Hollín se forma en condiciones extremas de ausencia de Oxígeno, como consecuencia de la rotura de la cadena de hidrocarburos que produce una des hidrogenación, quedando los citados hidrocarburos convertidos en carbón.

Del proceso de la combustión del motor de gasolina, surgen gases en la salida del escape, los cuales se originan debido a la mezcla aire combustible que se introduce en el motor, al no tener una combustión completa de dicha mezcla se le da lugar a la formación de los siguientes gases, los cuales nos aparecen en las Normas que indican los niveles de gases contaminantes.

CO (monóxido de carbono):

Es el resultado del proceso de una combustión incompleta, es uno de los gases más tóxicos que emite los motores, es inodoro e incoloro, una concentración de 0,5% de CO en el aire puede poner a una persona inconsciente y matarla en un lapso de 10 a 15 minutos. Generalmente se causa por falta de oxígeno o por exceso de combustible. los problemas más comunes cuando el monóxido de carbono es elevado son: un filtro de aire tapado, falta de sensor de oxígeno, presión excesiva de combustible, entre otros.

CO₂ (dióxido de carbono):

Resultado de la combustión, este gas no es toxico en bajas cantidades, funciona también como un indicador de eficiencia de la combustión, lecturas altas indican un proceso de combustión bueno.

HC (Hidrocarburos no quemados):

Hidrocarburos que arroja el motor sin quemar, su unidad de medida son partes por millón (ppm) debido a que la concentración de HC es muy pequeña, se generan por una mala ignición (una bujía o un cable de bujía en mal estado), un pobre encendido (un incorrecto ajuste al carburador o fugas en el vacío que crean una mezcla pobre al momento del encendido), pérdida de compresión (por fuga o una válvula de escape quemada) o por un motor desgastado lo que causa que este quemase aceite (guías de válvulas, anillos o cilindros usados). cuando la concentración sobrepasa los niveles permitidos por default el CO es un valor elevado e indica que el escape o el aceite se encuentra contaminado.

O₂(Oxígeno):

Oxígeno tomado del aire pero el cual no tubo función en la combustión del motor, es decir es el oxígeno sobrante del proceso de la combustión.

NO_x (Óxido de Nitrógeno):

La "x" de su símbolo representa el coeficiente correspondiente a la cantidad de átomos de Nitrógeno, estos gases surgen entre el oxígeno y el nitrógeno del aire

formándose a altas temperaturas de combustión por arriba de los 1370 °C y bajo presión, es decir el óxido de nitrógeno indica altas temperaturas de combustión.

λ (Lambda)

Lambda, representado por la letra griega λ , señala la relación que existe entre la cantidad de aire suministrada y la que se requiere para una combustión completa (14,7 kg de aire por 1 kg de combustible). En caso de contar con una mezcla muy pobre (aire en exceso, λ será mayor a 1. Asimismo, al contar con demasiado combustible (mezcla rica), λ será un número menor a 1. $\lambda=1$ señala una combustión perfecta. En el funcionamiento normal del vehículo, el valor de lambda oscila entre 0,9 y 1,1.

CO_{corr}

Cuando la concentración de Oxígeno (O₂) es mayor que la debida, existe dilución en el escape. Entonces, la concentración de Monóxido de Carbono (CO) se reduce, ya que esta cantidad de O₂ es suficiente para que, unida al Carbono, dé lugar a CO₂.

Por lo tanto, según el CO va disminuyendo, el CO corregido (que responde a una fórmula) va en aumento, y nos indica cuál sería el valor real de CO si no existiera dicha dilución. (Erjavec Jack, 2010.)

2.8 Rangos permitidos de contaminantes

Los límites máximos permisibles de emisiones de gases contaminantes que provienen del escape de los vehículos automotores que usan como combustible gasolina, gas lp y gas natural se rigen por la normas NOM-041-SEMARNAT-2006 que es para vehículos a gasolina y la NOM-050-SEMARNAT-1993 que es para vehículos a Gas. Los rangos permitidos dependiendo del peso y modelo del vehículo para cada norma, se describen a continuación.

1. NOM-041-SEMARNAT-2006, esta norma establece los límites máximos permisibles de la emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y óxido de nitrógeno, niveles máximos y mínimos de la suma de monóxido y bióxido de carbono para vehículos automotores que usan gasolina como combustible.

Para el cumplimiento de esta norma los vehículos automotores se clasifican de la siguiente manera:

1. Camiones Ligeros (CL1).

El peso bruto del vehículo es de hasta 2,722 kg y peso prueba (PP) de hasta 1,701 kg.

2. Camiones Ligeros (CL2).

El peso bruto del vehículo es de hasta 2,722 kg y peso prueba (PP) de hasta 1,701 kg y hasta 2,608 kg.

3. Camiones Ligeros (CL3).

El peso bruto del vehículo es de hasta 2,722 kg y hasta 3,856 kg y peso prueba (PP1) de hasta 2,608 kg.

4. Camiones Ligeros (CL4).

El peso bruto del vehículo es de hasta 2,722 kg y hasta 3,856 kg y peso prueba (PP1) de hasta 2,608 kg.

5. Camión Mediano

El peso bruto del vehículo es mayor de 3,856 kg y hasta 8,864 kg.

6. Camión Pesado

El peso bruto del vehículo es más de 8,864 kg.

7. Vehículos de Pasajeros

Automóvil diseñado para el transporte de hasta 10 personas.

8. Vehículo de uso múltiple o Utilitario.

Vehículo utilizado para el transporte público o privado de personas y/o productos, Para efectos de prueba se clasifican igual que los camiones ligeros.

Año-Modelo del vehículo	Hidrocarburos	Monóxido de Carbono	Oxígeno	Dilución	
				Min.	Máx
	(HC) (ppm)	(CO) (%Vol)	(O2) (%Vol)	(CO + CO2) (%Vol)	
1979 y anteriores	450	4	3	13	16.5
1980 a 1986	350	3.5	3	13	16.5
1987 a 1993	300	2.5	3	13	16.5
1994 y posteriores	100	1	3	13	16.5

Tabla 2. 1 Para vehículos de pasajeros.

Para el motor que se utilizará en el banco de pruebas mencionado anteriormente, utilizaremos la tabla 2.3 que se rigen de la misma norma, donde se puede encontrar específicamente para qué tipo de vehículo, Se hará la referencia a un vehículo de usos múltiples.

Año-Modelo del vehículo	Hidrocarburos	Monóxido de Carbono	Oxígeno	Dilución	
				Min.	Máx
	(HC) (ppm)	(CO) (%Vol)	(O2) (%Vol)	(CO + CO2) (%Vol)	
1979 y anteriores	600	5	3	13	16.5
1980 a 1985	500	4	3	13	16.5
1986 a 1991	400	3.5	3	13	16.5
1992 a 1993	350	3	3	13	16.5
1994 y posteriores	200	2	3	13	16.5

Tabla 2. 2 Para vehículos de usos múltiples o utilitarios, camiones ligeros CL.1, CL.2, CL.3, CL.4, camiones medianos y pesados.

- NOM-050-SEMARNAT-1993, esta norma establece los límites máximos permisibles de las emisiones de gases contaminantes que provienen del escape del de los vehículos que usan gas licuado de petróleo, gas natural y combustibles alternos.

Año-Modelo del vehículo	Hidrocarburos	Monóxido de Carbono	Oxígeno	Dilución	
				Min.	Máx
	(HC) (ppm)	(CO) (%Vol)	(O2) (%Vol)	(CO + CO2) (%Vol)	
Todos	200	1	3	7	18

Tabla 2. 3 Para vehículos automotores que usan gas natural, gas licuado de petróleo, como combustible.

Aun cuando existen más parámetros para medir en las emisiones de un motor de combustión interna como se menciona en la sección 2.4, la norma solo señala en sus tablas el Hidrocarburos(HC), Monóxido de Carbono(CO), Oxígeno(O2), Dilución (CO+CO2) como también menciona el NO(Oxido de nitrógeno) y la relación aire combustible (lambda), pero para medir los últimos parámetros es necesario realizar la prueba dinámica la cual es solo para la

verificación cero"0" y doble cero "00" la cual es para vehículos modelo 2005 y posteriores que circulen en la Zona Metropolitana del Valle de México.

2.9 Equipos de medición de gases contaminantes

Para realizar una medición de gases contaminantes mediante un equipo de los que se muestran a continuación es necesario realizar dos tipos de pruebas según los centros de verificación, la prueba ralentí que es el régimen mínimo de revoluciones por minuto de un motor de combustión interna para permanecer en forma estable sin necesidad de accionar una aceleración, su régimen normal de funcionamiento es entre las 700 y 1,100 rpm. Posterior a esta, se realiza la prueba de ralentí-incrementado la cual consta de acelerar el motor y mantenerlo entre unas 2000 y 3000 rpm para realizar las pruebas.

El GASBOX Autopower es el nuevo módulo para el análisis de los gases en los motores de gasolina, que permite efectuar pruebas de las emisiones para su diagnóstico (un mal funcionamiento del motor, consumos elevados, encendido de testigos de averías, prueba catalizador, etc.) y para comprobar que los valores definidos por ley, son respetados.



Fig.2. 19 Equipo portátil Gasbox Autopower.

El sistema OmiScan Gas permite la medición de cuatro o cinco de los gases de escape principales que emiten los motores de explosión. Los gases medidos son: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), oxígeno (O₂) y óxido nítrico (NO_x) (opcional). La precisión de medición cumple o supera los requisitos de OIML Clase 0 y de BAR97:

- CO: Rango: de 0% a 15%; precisión típica 3% relativa
- CO₂: Rango: de 0% a 20%; precisión típica 3% relativa
- O₂: Rango: de 0% a 25%; precisión típica 1% relativa
- HC n-hexano: de 0 a 2.000 ppm; precisión típica 3%
- HC n-propano: de 0 a 30.000 ppm; precisión típica 5%
- NO_x: Rango: de 0 a 5.000 ppm, precisión típica 3% relativa (opcional)



Fig.2. 20 Equipo portátil OmiScan Gas.

Analizador de 4 ó 5 gases con precisión BAR-97 empleando banca óptica, medición de HC,CO y CO₂ por electroluminiscencia infrarroja no dispersiva, las mediciones de O₂ y Nox es realizada por medio de celdas electroquímicas



Fig.2. 21 Equipo medidor de gases Convencional.

- BEA250: Para análisis de gases de escape en vehículos de GASOLINA. El equipo de medición de gases de escape de cinco componentes se caracteriza por:

- Función OBD.
- Alta precisión de medición según OIML R99 Clase 0.
- Calibrado solamente una vez al año.
- Mantenimiento rápido: filtro accesible en la parte posterior de los equipos.
- Estabilidad a largo plazo gracias al procedimiento de medición por infrarrojos con detectores de gas como receptores.
- Opción de reequipamiento de células de medición de NO.
- Módulo opacímetro RTM 430 actualizable para estación completa de análisis de gases de escape (BOS-BEA350).
- Disposición de medición rápida después de conectar.



Fig.2. 22 Equipo medidor de gases marca Bosch.

3 Metodología

En el siguiente diagrama se puede apreciar la metodología que se llevara a cabo para poder obtener los objetivos a los que se pretenden cumplir como en la elaboración del módulo, conocer el funcionamiento del equipo para medir los gases contaminantes, el planteamiento de pruebas y por último la presentación de los resultados.

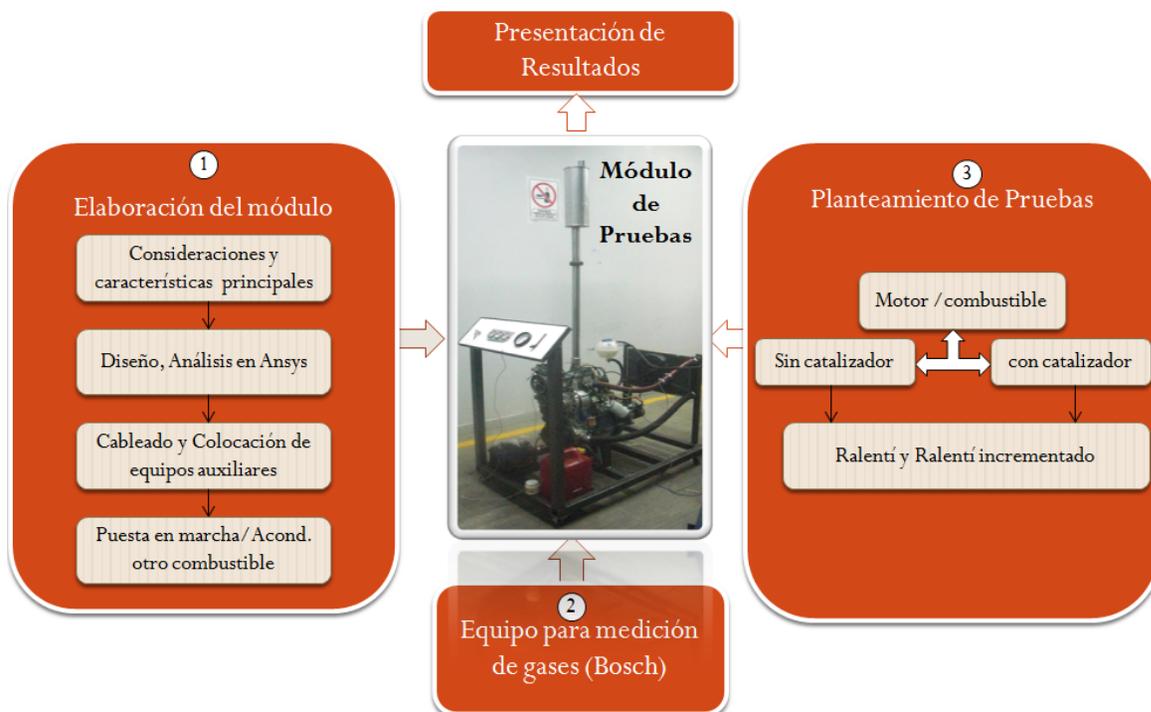


Fig.3. 1 Diagrama esquemático del proyecto.

Características Principales del motor a utilizar.

Para el desarrollo del proyecto, se tiene contemplado utilizar un motor de combustión interna de un VW Golf 1.8 de cuatro cilindros y dos válvulas por cilindro, con una potencia 56 Kw (kilovatios) / 77 hp (caballos de fuerza-métricos), mismo que se muestra en la fig. 3.2



Fig.3. 2 Motor VW Golf 1.8.

3.1 Diseño del modulo de pruebas

Se muestra el diseño del modulo de pruebas para soportar el motor de combustión interna, las medidas mostradas en el siguiente diseño fueron consideradas para dos motores, uno de VW Golf 1.8 carburador y uno de VW Sedán, teniendo tres soportes del motor, en la parte trasera la ubicación del radiador y en la parte frontal el tablero de control con sus respectivos huecos para los aparatos de medición.

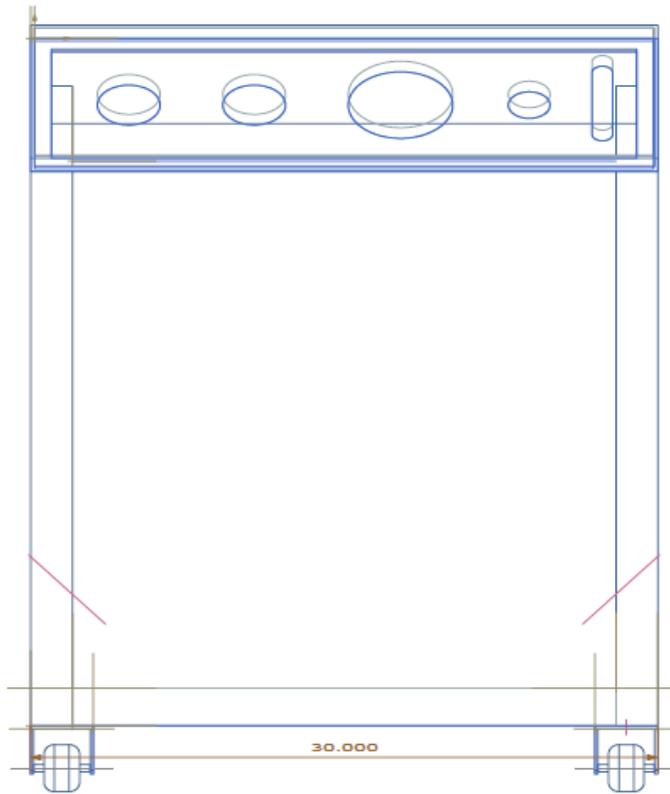


Fig.3. 3 Vista frontal del soporte para el motor.

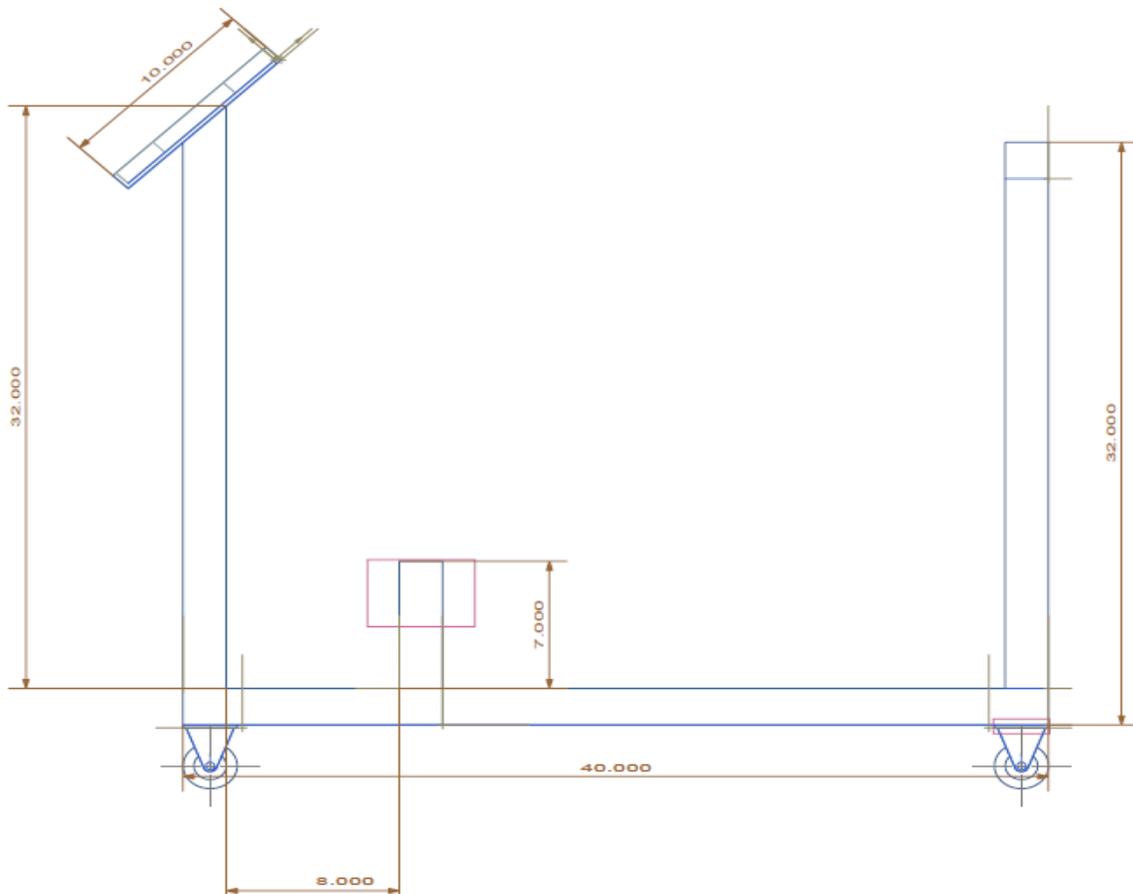


Fig.3. 4 Vista lateral del soporte para el motor.

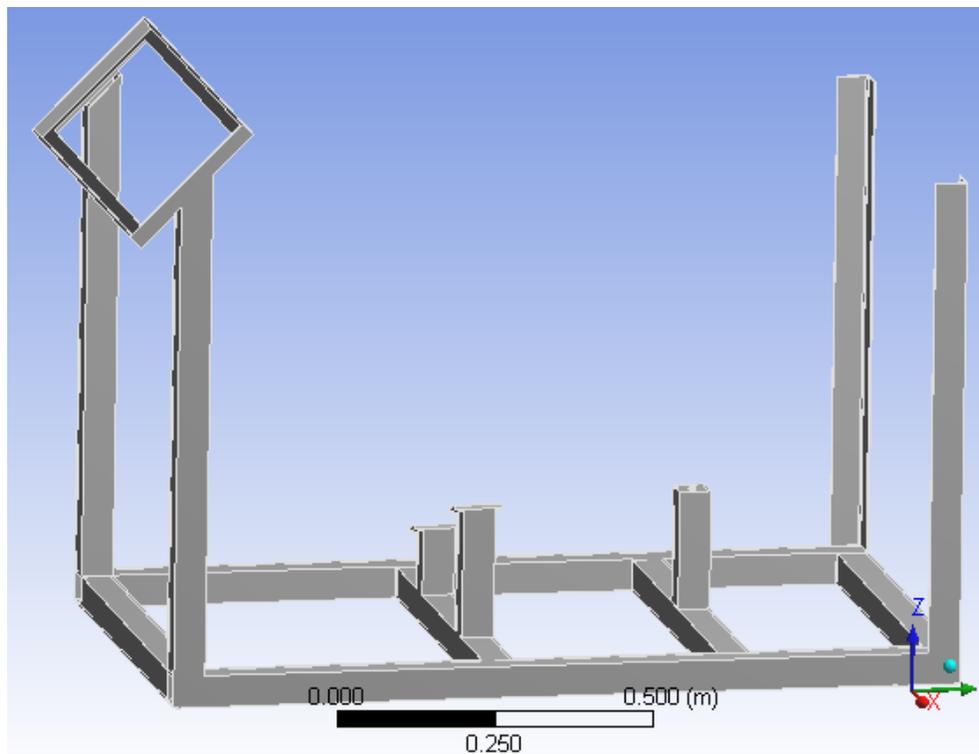


Fig.3. 5 Vista en 3D del soporte para el motor.

Para realizar el diseño en condiciones reales del material, se tomaron las dimensiones y espesor del PTR que se utilizaran para su construcción tomando en cuenta la siguiente tabla.

Cuadrados [PTR]

Medidas		Calibre	Espesor		Longitud	Peso
Pulg.	mm.		Pulg.	mm.		
2 x 2	50.8 x 50.8	14	0.075	1.90	6	3.03
		12	0.105	2.67	6	4.17
		11	0.120	3.04	6	4.38
		10	0.135	3.42	6	4.86
		3/16"	0.188	4.76	6	6.43
		1/4"	0.250	6.35	6	8.04

Tabla 3. 1 Especificaciones del Perfil Tubular Reforzado (Aceromex)

Teniendo las especificaciones del material a utilizar, lo siguiente a realizar es el análisis de la estructura, para conocer si el material es el adecuado o considerarlo a las construcciones futuras.

Análisis Estructural con Workbench Ansys

Para realizar el análisis de esta estructura se eligió el tipo de análisis deseado, en este caso se realizó el análisis estructural estático.

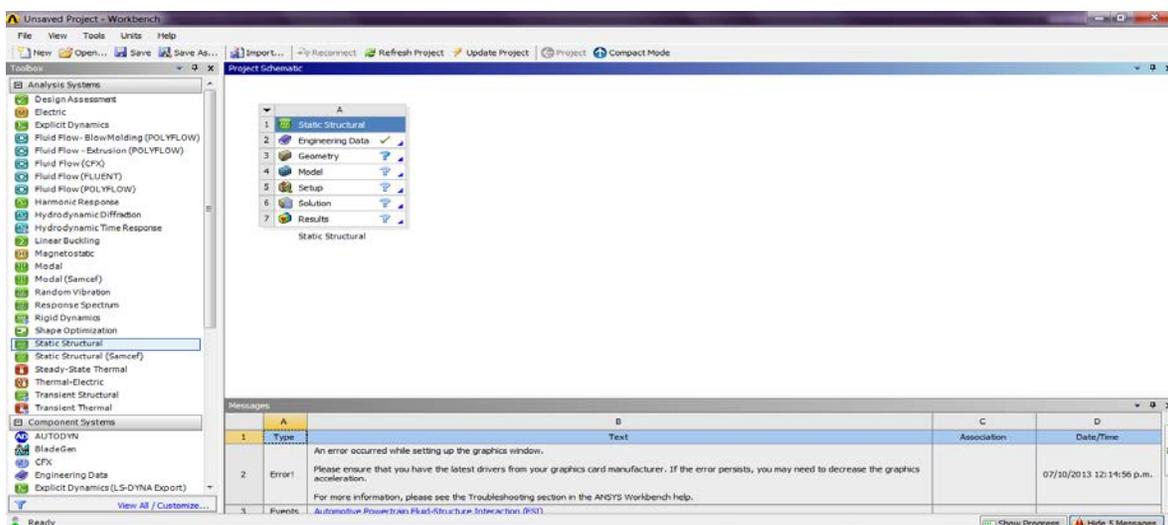


Fig.3. 6 Pantalla principal de Workbench.

Importamos nuestro diseño a Workbench y Agregamos el modulo de elasticidad según el tipo de material, en este caso utilizamos un modulo de Young de 209 GPa para acero.

Properties of Outline Row 3: Structural Steel				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	 
12	  Alternating Stress Mean Stress	 Tabular		
16	  Strain-Life Parameters			
24	 Tensile Yield Strength	2.09E+11	Pa	
25	 Compressive Yield Strength	2.09E+11	Pa	
26	 Tensile Ultimate Strength	4.6E+08	Pa	
27	 Compressive Ultimate Strength	0	Pa	

Fig.3. 7 Modificación del Modulo de elasticidad.

Se realizó un mayado tipo refinado para obtener el mayor número de nodos y así tener más exactitud en el análisis.

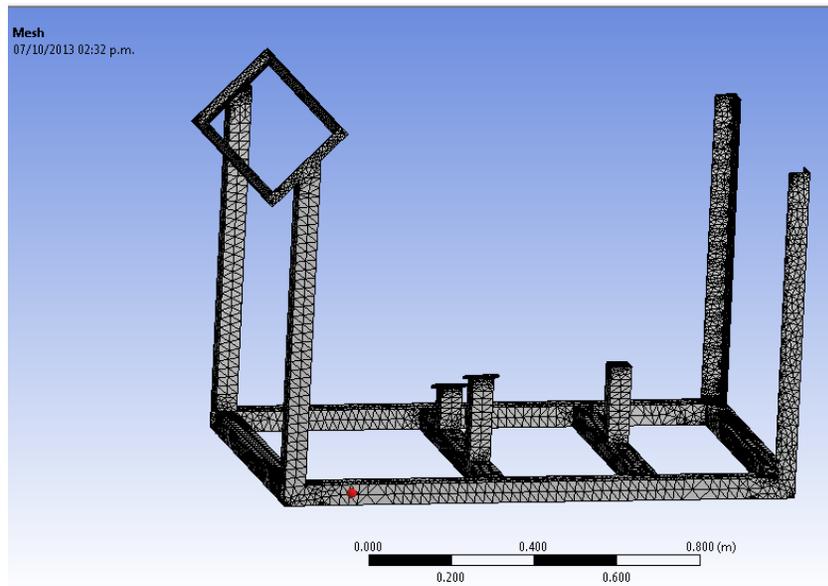


Fig.3. 8 Mayado de la estructura.

Se colocaron las fuerzas en los 3 soportes de manera que se distribuyera el peso del motor, así que se considero un peso aproximado de 120 kg las fuerzas fueron las siguientes:

$$F = ma$$

$$F = (120 * 9.81)/3$$

$$F = 392.4\text{N}$$

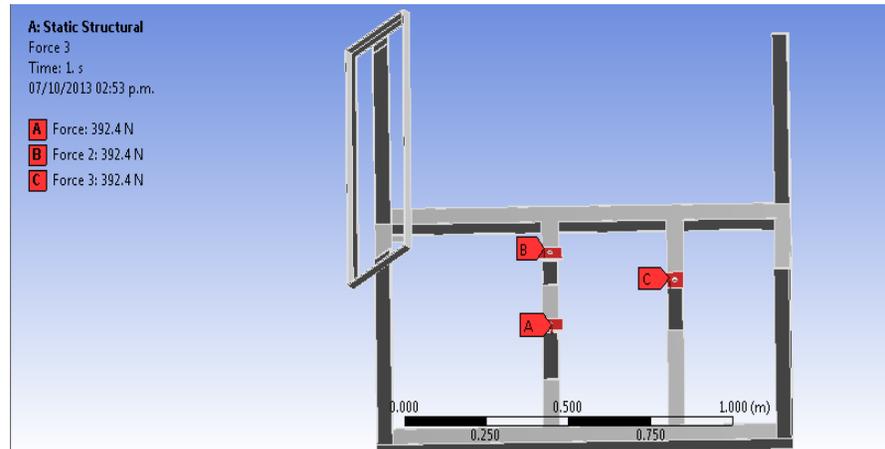


Fig.3. 9 Asignación de Fuerzas en la estructura.

Al realizar el análisis se obtuvo el resultado de von-Mises y se puede observar que la estructura se encuentra sometida a un esfuerzo mínimo de manera que el material no sedera a ningún esfuerzo.

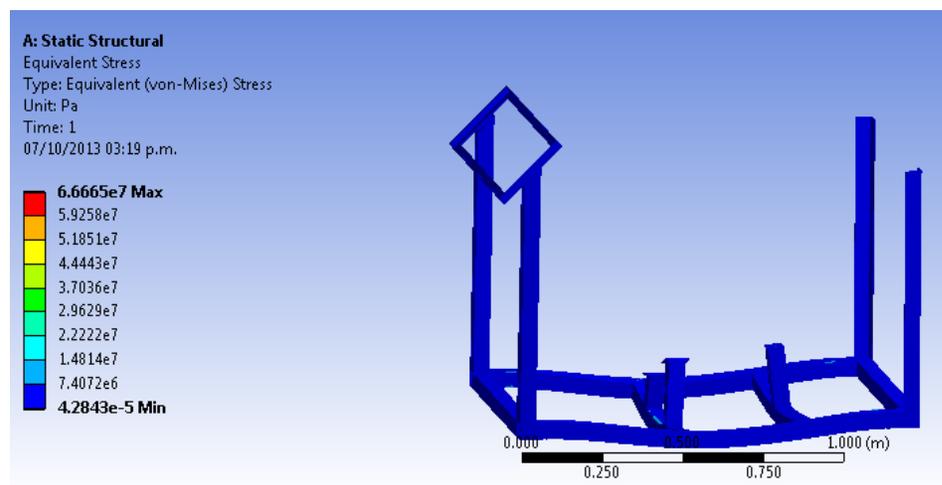


Fig.3. 10 Análisis de esfuerzos.

Despues de haber obtenido los resultados del analisis podemos observar que en la estructura la deformación del material es despreciable, así que es confiable el soporte diseñado.

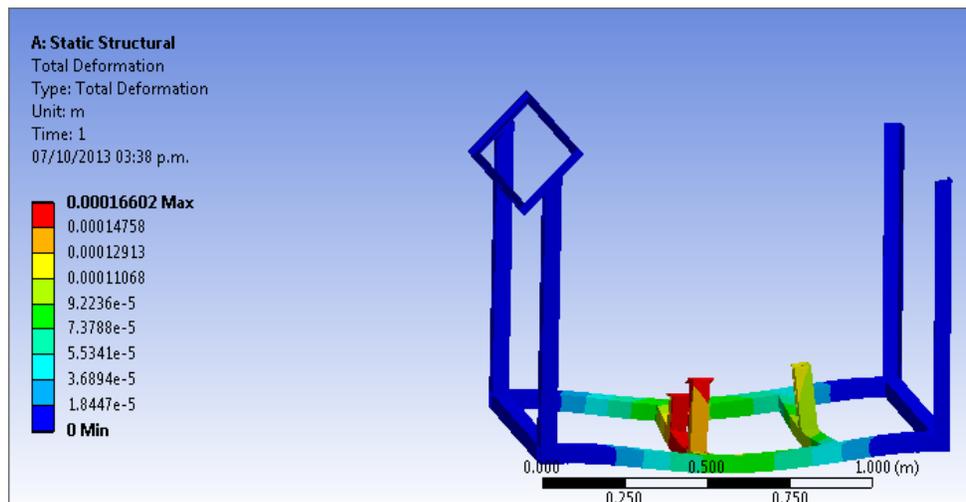


Fig.3. 11 Análisis de deformación.

Tomando en cuenta que el costo aproximado del PTR es de \$17.5 por kg y sabiendo que utilizamos un PTR calibre 14 debido que se contaba con el material en la Universidad pero haciendo la comparativa de costo según el material utilizado y el conveniente es el siguiente, de acuerdo a la tabla 3.1.

$$\text{Costo PTR cal 14} = 6\text{m} * 4.17\text{kg/m} * 17.5\text{pesos/kg}$$

$$\text{PTR} = \$438 \text{ aprox.}$$

$$\text{Costo PTR cal 14} = 6\text{m} * 2.68\text{kg/m} * 17.5\text{pesos/kg}$$

$$\text{PTR} = \$280 \text{ aprox.}$$

3.1.1 Justificación del diseño

Se realizó otro análisis cambiando el calibre 12 de PTR por un perfil calibre 16 y se obtuvieron resultados satisfactorio, lo cual indica que se pueden reducir gastos en la construcción del modulo utilizando un calibre menor y que sea resistente.

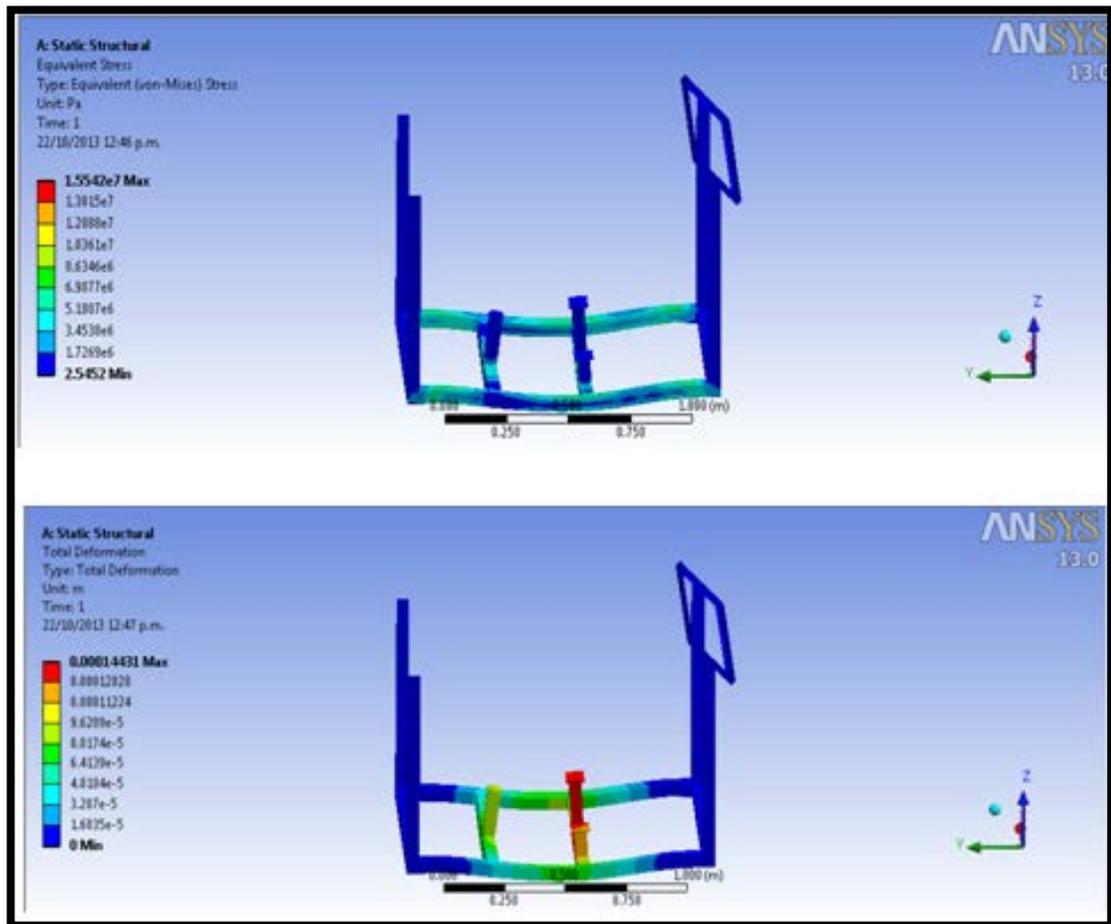


Fig.3. 12 Análisis en Workbench con PTR cal 16.

3.2 Fabricación del módulo de pruebas

Como se menciona anteriormente en el diseño se consideraron las medidas de los ambos motores que se pueden apreciar en la siguiente figura.

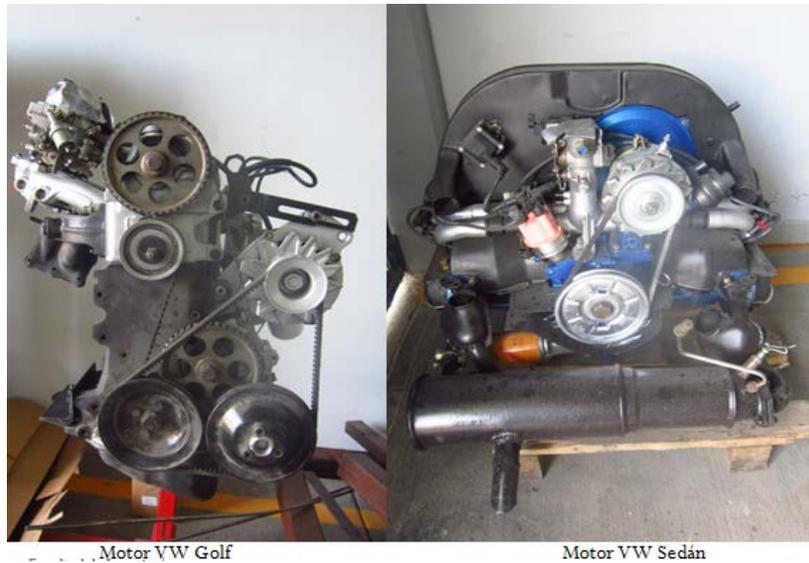


Fig.3. 13 Motores para bancos de pruebas.

Construcción del modulo de pruebas

Como primer paso se deseaba sujetar el motor en el soporte y para eso se tuvo que desprender el volante de inercia y el clutch para así poder colocarlo en el soporte para motores.

Se sustituyeron los tacones por gomas tipo sándwich de modo que se hizo la adaptación para que estas hicieran el funcionamiento correcto de los tacones automotrices.



Fig.3. 14 Sujeción y adaptación de gomas.

Al tener el motor en el soporte se sostuvo con una grúa de taller para así poder tomar medidas como ancho, largo, altura y los ángulos de los tacones, debido a que este tipo de motor tiene que tener un ángulo de inclinación para su correcta función.



Fig.3. 15 Colocación del motor en su ángulo apropiado.

Se cortó el PTR y ángulo de 2in, a las medidas que nos indica en diseño mostrado anteriormente, 2 PTR largos de 40in y 3ptr de 26in, se soldó la estructura y los ángulos se barrenaron de manera de que se pudieran sostener del cuerpo del motor por medio de tornillos tipo automotriz de 10mm y 8 mm de diámetro.

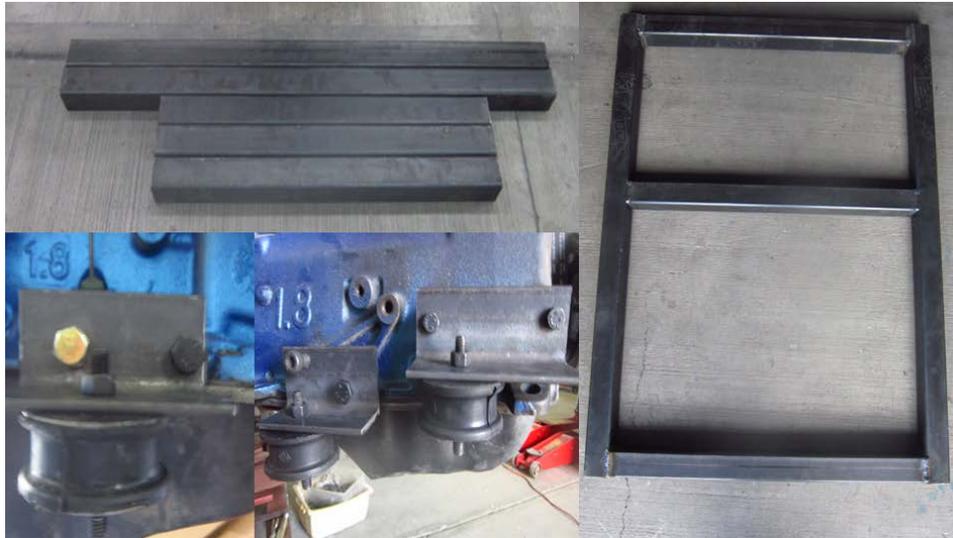


Fig.3. 16 Construcción del soporte y sujeción de gomas.

Al tener el ángulo de inclinación se corto unos tramos de PTR con dicho ángulo para así poder sentar el motor.

Se soldó un tramo de placa con un barreno en medio colocándole una tuerca por dentro para que así las gomas se pudieran sostener con las rosca en la placa. Se unió la placa con un soporte de PTR, teniendo así el soporte con las gomas tales cual se podrán remplazar en caso de desgaste.



Fig.3. 17 Adaptación del soporte para motor.

Ubicación y adaptación de equipos auxiliares

De manera que algunos equipos auxiliares del motor no se encontraban en las condiciones apropiadas, se remplazaron algunos de los componentes

fundamentales para su funcionamiento como la reparación interna del motor así también como algunos equipos auxiliares tales como: distribuidor, alternador, carburador, cables de bujías, los cuales son fundamentales para el buen funcionamiento del motor y por lo tanto para la realización de las pruebas.



Fig.3. 18 Colocación de quipos auxiliares.

Teniendo el motor fijo en la base, se dio el paso a asignarles el espacio a los diferentes equipos auxiliares los cuales formaron parte del diseño y mencionados en la Fig. 1.2, dándole lugar a la construcción de dicho espacio destinado como es, soportes para: batería, contenedor de combustible, contenedor de refrigerante, radiado, tablero de control, bobina, modulo de encendido, también como la adaptación de la moto ventilador, tubería del escape para el silenciador, palanca de aceleración y mangueras de refrigeración.



Fig.3. 19 Acoplamiento y asignación de espacio para equipos auxiliares.

Tablero de Control

Para la construcción del tablero de control, se realizó un marco de echo de ángulo de 1in, con las medidas de 30x10in para soportar un tramo de madera en el cual se le realizaron huecos específicos para nuestros elementos de medición y arranque, los cuales son switch de encendido y algunos medidores de caratula los cuales servirán para la temperatura, para el voltaje, presión de aceite y RPM, estos equipos ayudaran para realizar las pruebas de esta investigación y para prevenir algún problema con el funcionamiento del motor.



Fig.3. 20 Construcción y acoplamiento de tablero de control.

Puesta en marcha

Después de haber colocado todos los elementos auxiliares fundamentales para el arranque del motor y llenado los contenedores de anticongelante y gasolina, se comenzó a dar marcha con el switch y bombeando gasolina por medio del acelerador, ambos ubicados en el tablero de control, al no tener respuesta se comenzó a ponerle gasolina al carburador para llenar el circuito de gasolina, hasta obtener respuesta.

Carburación y puesta a tiempo

Para realizar las pruebas de las mediciones de gases, se llevaron a cabo distintos procedimientos, uno de los cuales fue el ajuste de tiempo ya que cuando se comenzó a hacer las pruebas se obtuvieron resultados, los cuales nos indicaron que estaba mal en tiempo y mal carburado, así que se llevo a cabo el ajuste del tiempo por medio de una pistola de tiempo, apuntando la luz estroboscópica en el volante de inercia hasta ver alineadas las dos marcas, una de la concha y la otra del volante de inercia, teniendo el resultado de puesta a tiempo.

También se trato carburar para así tener una mezcla estequiométrica, realizando la carburación por medio de una esprea de aire que se encuentra ubicada por encima del carburador, se ajustaba un tornillo el cual abría y cerraba la esprea del aire, hasta aproximar lo más cercano posible a uno el factor lambda, para obtener la riqueza de la mezcla se utilizó la máquina para mediciones de emisiones marca BOSCH

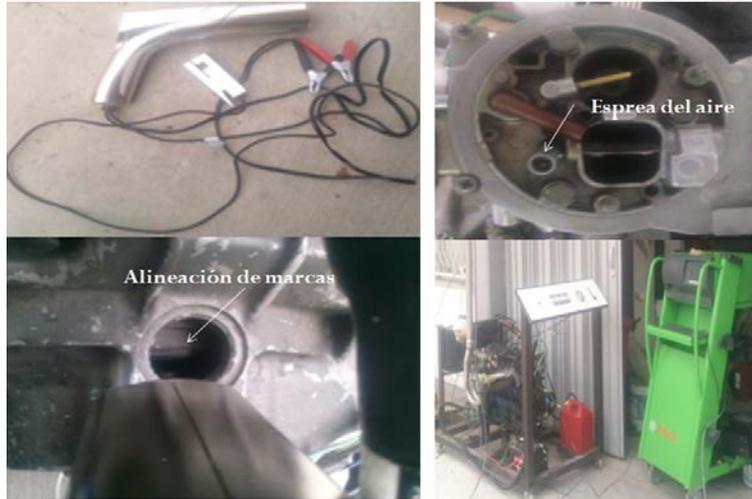


Fig.3. 21 Carburación y puesta a tiempo.

Instalación de Equipo de gas lp.

Elementos Necesarios para la instalación del equipo de gas LP.

- 1 Porta fusible c/fusible de 15 A.
- 1 Electroválvula(12V DC, max 312Psi)
- 1 Mezclador marca IMPCO
- 1 Vaporizador IMPCO COBRA
- 1 Filtro de gas (Presión max.18kgf/cm2)
- 3m de manguera 15.9mm
- 10 abrazaderas de 1/2 in
- 1 ½ de manguera de alta presión (2400kpa,350psi)
- 1 Tanque de gas lp.
- 1 base con 3 opresores para mezclador.

- 4 Coples para manguera.
- 1 llave de paso (Bloqueo de gasolina)

Como se indica en la fundamentación teórica que el vaporizador debe de ir conectado a la salida de la calefacción por lo que se identificaron las tomas de agua para así darle ubicación al vaporizador y de ahí partir la ubicación de los demás elementos del equipo.



Fig.3. 22 Equipo de Gas LP.

Al tener la ubicación del vaporizador, teniendo el acceso a su regulación. Se dio paso a la elaboración de su soporte, así como tomar las medidas de mangueras a utilizar.



Fig.3. 23 Ubicación del vaporizador.

Como se muestra en la figura 3.24, se elabora una base para el mezclador que se coloca sobre el carburador, teniendo una barra de aluminio con las medidas de 4in de diámetro y 2 ½ de largo para su construcción, tomando en cuenta el diámetro del carburador y la boquilla del mezclador se realizó su construcción, con el uso de torno y taladro de banco.



Fig.3. 24 Construcción de base para mezclador.

Se comenzaron a realizar las conexiones colocándole teflón en cada una de las roscas encontradas en el sistema. Posteriormente, se conectó la electroválvula sobre el vaporizador continuando con el filtro de gas, a la vez conectándolo en la electroválvula, la electroválvula se aterrizo a tierra y la otra terminal se conecto a corriente del switch colocándole un fusible de 15 A para su protección, por último se colocó el vaporizador en la base que se construyó, sobre el carburador, fijándolo y poniéndole silicón para evitar fugas de gas.

Al tener las medidas de las mangueras y fijo el equipo de gas, se comenzó a realizar las conexiones de las mangueras, teniendo dos mangueras para el ingreso del refrigerante, una de alta presión la cual dirige el gas en estado liquido a altas presiones hacia el filtro de gas que está conectado al vaporizador, y por último una manguera de salida del vaporizador hacia el mezclador ubicado en el carburador.



Fig.3. 25 Conexión de mangueras del equipo de Gas LP.

Puesta en marcha del motor con Gas LP.

Al querer poner en funcionamiento el motor con gas lp como combustible, se tuvo que cortar el suministro de gasolina, colocando una llave de paso la cual se tendrá que abrir y cerrar manualmente según el combustible a utilizar.

Al usar gas lp se tiene que vaciar la gasolina del circuito del motor hasta apagarse, para así poner a trabajar la electroválvula del gas ya que esta también se conectara manualmente por medio de un switch cola de rata y así funcione todo el equipo de gas para el arranque del motor.



Fig.3. 26 Llave para el suministro de gasolina.

3.3 Equipos/ dispositivos auxiliares

Equipo portátil OmiScan Gas

Este equipo nos servirá para la medición de los gases contaminantes que son emitidos por el vehículo automotor y a la vez realizar el analisis con el software de OmiScan Gas.

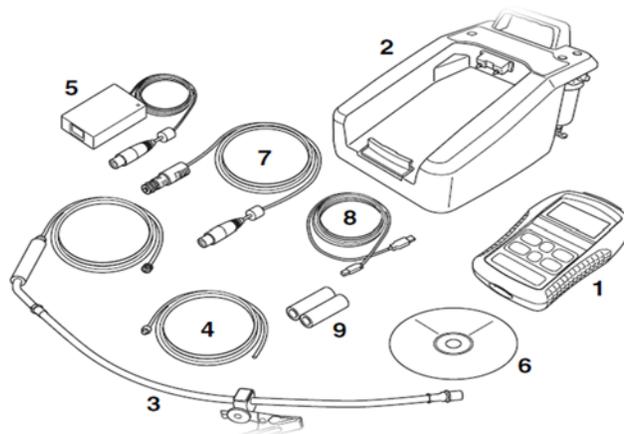


Fig.3. 27 Equipo portátil OmiScan Gas.

1. Dispositivo de mano
2. Unidad base
3. Accesorio de sonda de escape
4. Extensión de tubo de escape para unidad base
5. Convertidor de alimentación principal
6. CD ROM con software para PC
7. Cable de alimentación eléctrica para vehículo (opcional)
8. Cable USB de dispositivo de mano a portátil
9. Filtros

Equipo de inspección de gases marca Bosch.

Este equipo nos servirá para la medición de los gases contaminantes que son emitidos por el vehículo automotor.

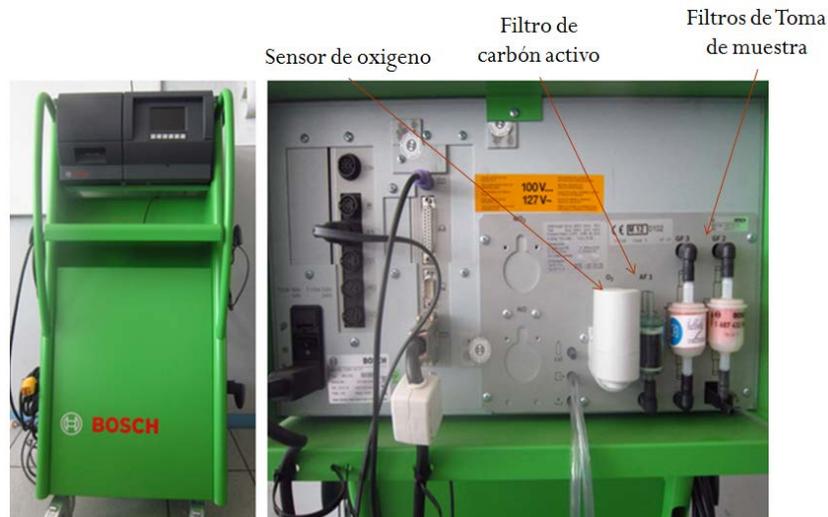


Fig.3. 28 Equipo convencional marca Bosch.

3.4 Matriz de pruebas experimentales

Una vez desarrollado el modulo de pruebas y a su vez puesto en marcha satisfactoriamente, este se utilizará para realizar las siguientes pruebas experimentales, considerando los índices máximos permisibles como no lo indica las normas NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-050-SEMARNAT-1993, a si

como también el valor de lambda que este indica que tan pobre o rica es la mezcla combustible-oxígeno, teniendo en cuenta que para una combustión buena es necesario 14.7 kg de aire para 1kg de gasolina.

$$\lambda = \frac{\text{Peso real de aire consumido por kg de gasolina}}{\text{Peso teorico del aire que se deberia consumir por kg de gasolina}} = \frac{X}{14.7}$$

$\lambda = 1 =$ Mezcla Estequiometrica (Conducción normal)

$\lambda > 1 =$ Mezcla Pobre(aumento de consumo con perdida de potencia)

$\lambda < 1 =$ Mezcla Rica (en uso instantaneo proporciona incrementos de potencia)

Medición Ralentí

Prueba	Combustible	Equipo	Variables a Medir						
			Rpm	Lambda	CO	CO2	HC	O2	COcor
			700-1100	$\lambda=1$	3.5%Vol	13.5%Vol	400ppm	3%Vol	
1	Gasolina	BOSCH							
2									
3									
4									
5									
			700-1100	$\lambda=1$	1%Vol	17%Vol	200ppm	3%Vol	
1	Gas LP	BOSCH							
2									
3									
4									
5									

Tabla 3. 2 Matriz de pruebas en modo ralentí.

Medición Ralentí-Incrementado

Prueba	Combustible	Equipo	Variables a Medir						
			Rpm	Lambda	CO	CO2	HC	O2	COcor
			2500-3000	$\lambda=1$	3.5%Vol	13.5%Vol	400ppm	3%Vol	
1	Gasolina	BOSCH							
2									
3									
4									
5									
			2500-3000	$\lambda=1$	1%Vol	17%Vol	200ppm	3%Vol	
1	Gas LP	BOSCH							
2									
3									
4									
5									

Tabla 3. 3 Matriz de pruebas en modo ralenti-incrementado.

3.5 Uso de equipo de medición

Equipo marca Bosch para la inspección de gases, versión BEA V3 70-EURO-W, versión AMM, con este equipo podemos ingresar los datos de identidad del vehículo como:

- Matricula
- Cuenta kilómetros
- Fabricante Vehículo
- Tipo de vehículo
- Modelo

Además cuenta con los accesorios necesarios para hacer una muy buena medición acerca de los gases, las mediciones que arroja este equipo son:

- Revoluciones por minuto (RPM),
- Lambda

- dióxido de carbono (CO₂)
- monóxido de carbono (CO)
- hidrocarburos (HC)
- oxígeno (O₂).

Además el equipo automáticamente indica en el resultado si la prueba es superada o fallida



Fig.3. 29 Equipo marca Bosch.

En la parte trasera del equipo podemos identificar las respectivas conexiones y filtros para su buen funcionamiento. las conexiones que tenemos habilitadas en el equipo son, cable de alimentación de corriente, sensor inductivo para rpm, teclado de computadora y cable de comunicación del opacímetro.

En cuanto a los filtros y sensores comenzado de izquierda a derecha, tenemos el sensor de oxígeno el cual mide O₂ del aire este sensor tiene un

periodo de vida de 1 año a partir del día de su colocación, AF1 filtro de carbón activo, GF2 y GF3 son filtros de la toma de muestra.



Fig.3. 30 Ubicación de Filtros de equipo Bosch.

Procedimiento para realizar pruebas con el equipo Bosch.

1. Conectar las mordazas (rojo, negro) en la batería, estas mandan la señal de las revoluciones por minuto del motor rpm.
2. Indicarle al equipo si el vehículo a analizar es con o sin convertidor catalítico
3. Realizar el ajuste cero en el equipo
4. Conectar la sonda en el escape del vehículo
5. Dejar encendido el vehículo hasta obtener una temperatura promedio de 70°C para una medición más apropiada.
6. Acelerar el vehículo a 2500-300 rpm cuando le indiquen al equipo que debe comenzar con la prueba.
7. Mantener alrededor de 2 minutos las rpm indicadas anteriormente para estabilizar el catalizador.

8. Interpretar datos obtenidos.

Equipo portátil Omitec

Con este equipo portátil se realizarán mediciones precisas que cumplen los requisitos de OIML clase 0 y de BAR97, se podrán tomar mediciones de los siguientes gases:

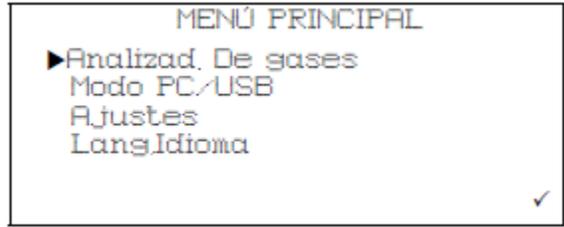
- dióxido de carbono (CO₂)
- monóxido de carbono (CO)
- hidrocarburos (HC)
- oxígeno (O₂)
- óxido nítrico (NO_x) (opcional).



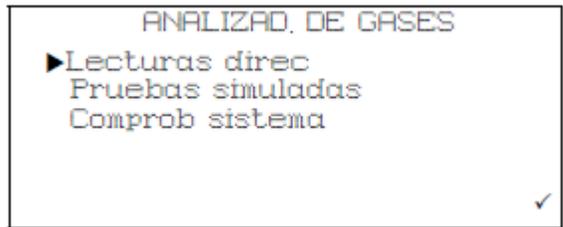
Fig.3. 31 Equipo portátil Omitec.

Procedimiento para realizar pruebas con el equipo

1. al encender el equipo muestra un menú principal, elegir analizador de gases.



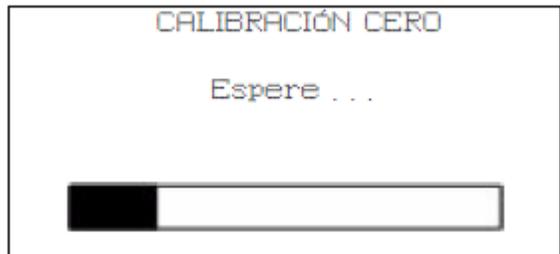
2. Realizar las lecturas



3. Seleccionamos el tipo de combustible que se desea analizar

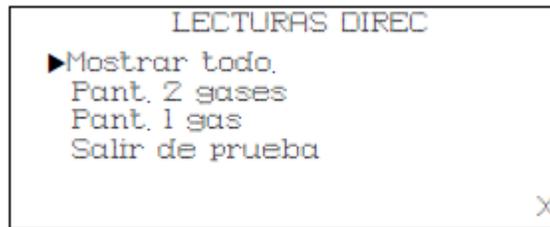


4. Realizar la calibración cero antes de colocar la sonda

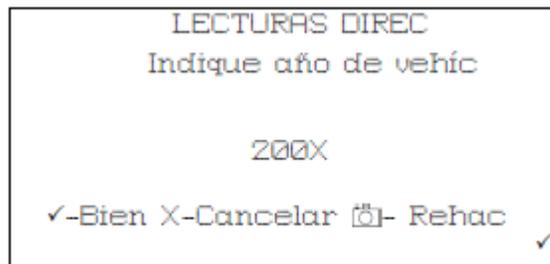


5. El equipo te indicara cuando tienes que ingresar la sonda para iniciar el análisis.

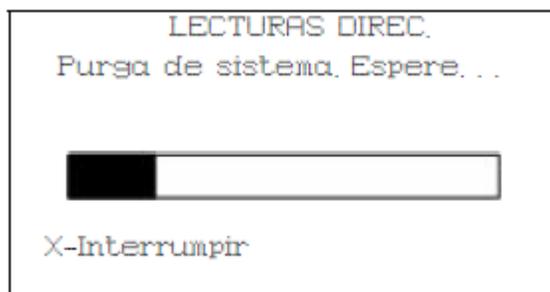
6. Al termino del análisis el equipo te preguntara el número de gases que deseas obtener



7. El equipo nuevamente pregunta si deseas guardar , después te pedirá los datos del vehículo que se analizo



8. Por último se retira la sonda y se purga el sistema para eliminar cualquier resto que pueda haber en la sonda y conducciones de escape.



3.6 Realización de las pruebas

Para realizar las pruebas de medición de los gases contaminantes emitidos por el motor de combustión interna es necesario seguir una serie de pasos representados esquemáticamente en la siguiente figura.

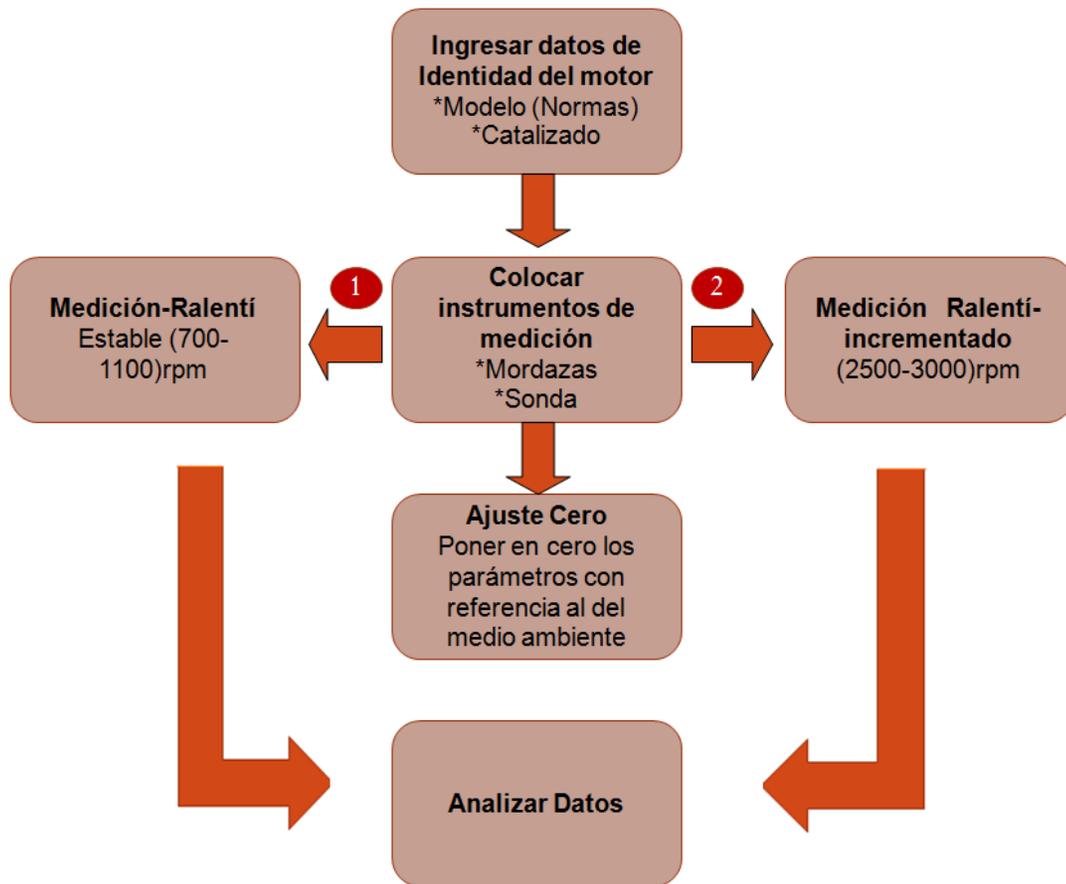


Fig.3. 32 Diagrama de realización de Pruebas.

Para poder llevar a cabo el análisis deseado es necesario, tener nuestro modulo de pruebas funcionando correctamente para posteriormente, realizar nuestras pruebas sin y con catalizador, así también como realizar las pruebas en modo ralentí y ralentí incrementado, para así obtener los resultados de los gases emitidos y las reducciones realizadas.

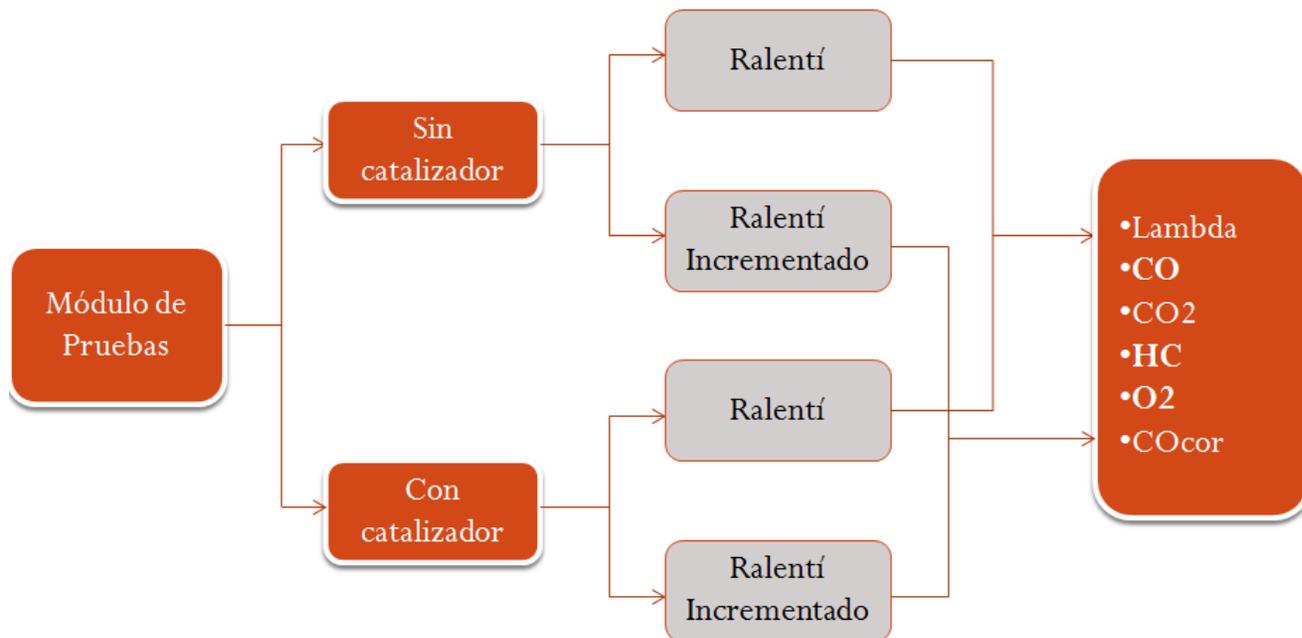


Fig.3. 33 Pruebas a realizar.

4 Resultados y análisis

Diseño

Como primer resultado a mostrar, se tiene el diseño final del módulo a construir, así también como el tablero de control, mostrándolo en una figura en 3D.

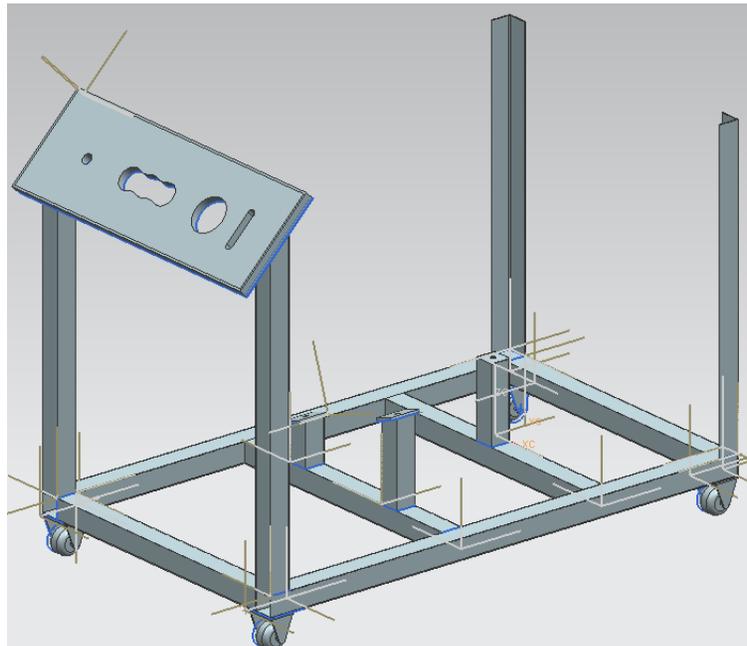


Fig.4. 1 Diseño final en 3D del módulo de pruebas.

Análisis de ANSYS

Teniendo los datos obtenidos de Ansys y los cálculos obtenidos anteriormente, se realizó la siguiente tabla la cual arroja los esfuerzos máximos, deformaciones y los costos de cada uno de los perfiles, teniendo así claramente que un perfil menor es lo bastante resistente para el soporte de este motor.

Calibre	Faplicada(N)	σ_{max} (MPa)	$\sigma_{cedencia}$ (MPa)	ϵ_{max} (mm)	Costo(M.N.)
12	392.4	4.28	66.66	0.166	\$438
16	392.4	5.18	15.54	0.144	\$280

Tabla 4. 1 Comparación de esfuerzos y costos.

Construcción del módulo.

Como se puede apreciar en la Figura 4.2 se tiene el motor montado y terminado el módulo de pruebas, funcionando correctamente con todos sus componentes que se le colocaron, así como también su funcionamiento de gasolina y gas lp como combustible.



Fig.4. 2 Módulo y tablero de control terminado.

Se comenzó a realizar varias pruebas para medir los diferentes parámetros que nos indican la norma NOM-041-SEMARNAT-2006, realizando las Primeras pruebas sin haberle modificado nada al motor después de haberse puesto en marcha, obteniendo los siguientes resultados.

RALENTÍ SIN CATALIZADOR (DÍA 4/jun/2014)							
prueba	Rpm	Lambda L=1	CO 3.5	CO2 13	HC 400	O2 3	COcor
1	1330	1.043	1.254	12.47	731	2.5	1.371
2	1310	0.99	1.813	12.81	623	1.64	1.86
3	1290	1.012	1.689	12.36	630	2.03	1.811
4	1460	1.099	0.641	12.21	762	3.16	0.748
5	1390	1.036	1.248	11.96	863	2.49	1.423
6	1180	1.17	0.972	10.86	971	4.76	1.232
7	1130	1.095	1.045	11.42	847	3.39	1.258
8	1090	1.114	0.842	11.65	859	3.64	1.011
9	1330	1.257	0.466	10.56	1171	6	0.634
10	1220	0.978	2.455	11.94	637	1.84	2.558
RALENTÍ INCREMENTADO SIN CATALIZADOR							
1	2560	0.89	4.15	12.17	265	0.41	4.15
2	2530	0.89	4.022	12.29	291	0.35	4.022
3	2560	0.9	3.763	12.4	259	0.4	3.763
4	2560	0.895	3.7657	12.42	253	0.28	3.757
5	2610	0.902	3.695	12.5	260	0.4	3.95
6	2600	0.897	3.723	12.54	232	0.27	3.723

Fig.4. 3 Pruebas primera parte.

De manera que las pruebas obtenidas anteriormente estaban fuera del rango de algunos parámetros se ajusto el tiempo de manera que cumpliera con el rango de las revoluciones de un margen de 700-1100 rpm, obteniendo así los siguientes resultados.

RALENTÍ SIN CATALIZADOR (DIA 12/jun/2014)							
prueba	Rpm	Lambda L=1	CO 3.5	CO2 13	HC 400	O2 3	COcor
1	990	1.112	0.578	10.9	716	3.27	0.755
2	980	1.277	0.324	10.82	613	5.48	0.436
3	1060	1.172	0.398	11.58	579	3.95	0.498
4	1130	1.176	0.588	11.55	587	4.19	0.616
5	1000	1.119	0.677	12.19	511	3.26	0.789
6	1060	1.192	0.483	11.44	644	4.43	0.608
7	1070	1.098	0.734	12.1	599	3	0.858
RALENTÍ INCREMENTADO SIN CATALIZADOR							
1	2560	0.896	3.76	12.56	187	0.22	3.76
2	2480	0.885	4.219	12.37	163	0.19	4.219
3	2540	0.895	3.774	12.38	161	0.2	3.774
4	2570	0.893	3.893	12.51	159	0.19	3.893

Fig.4. 4 Pruebas segunda parte.

Nuevamente se movió el tiempo según su comportamiento del motor y se colocaron tapones a tubos que tenían fugas de aire, también se colocó una manguera de un tubo del carburador hacia el avance de vacío del distribuidor, teniendo nuevos resultados.

RALENTÍ SIN CATALIZADOR (DIA 18/jun/2014)							
prueba	Rpm	Lambda L=1	CO 3.5	CO2 13	HC 400	O2 3	COcor
1	790	0.975	2.431	12.91	211	1.24	2.431
2	820	0.931	2.696	12.9	212	0.42	2.696
3	840	0.93	2.653	12.95	201	0.36	2.922
4	820	0.93	2.693	13.01	194	0.36	2.693
5	840	0.93	2.653	12.95	201	0.36	2.922
6	820	0.93	2.693	13.01	194	0.36	2.693
7	880	0.917	3.08	12.83	181	0.29	3.08
8	850	0.918	3.096	12.83	181	0.33	3.096
9	880	0.918	3.107	12.84	182	0.32	3.107
RALENTÍ CON CATALIZADOR							
1	920	1.103	1.948	13.35	231	3.78	1.948
2	930	0.92	2.721	13.33	256	0.18	2.721
3	910	0.911	2.811	13.22	256	0.05	2.811
4	970	0.913	2.743	13.21	253	0.04	2.743
5	970	0.918	2.567	13.33	235	0.03	2.567
6	990	0.92	2.43	13.35	251	0.02	2.43
7	960	0.916	2.633	13.33	240	0.02	2.633
8	1000	0.916	2.631	13.31	239	0.02	2.631
9	980	0.913	2.732	13.23	237	0.02	2.732
10	990	0.906	3.019	13.23	239	0.01	3.019
RALENTÍ INCREMENTADO SIN CATALIZADOR							
1	2610	0.906	3.498	12.52	178	0.31	3.498
2	2580	0.898	3.731	12.44	154	0.23	3.723
3	2600	0.898	3.724	12.45	151	0.23	3.724
4	2550	0.899	3.711	12.46	147	0.22	3.711
5	2610	0.899	3.714	12.47	144	0.23	3.714
6	2590	0.895	3.847	12.47	141	0.21	3.847
7	2560	0.895	3.878	12.46	124	0.19	3.878
RALENTÍ INCREMENTADO CON CATALIZADOR							
1	2270	0.926	2.416	13.34	226	0.13	2.416
2	2590	0.912	3.024	13.24	166	0.07	3.024
3	2470	1.517	0.575	9.06	70	7.57	0.895

Fig.4. 5 Pruebas tercera parte.

Se reguló el tiempo del motor teniendo como herramienta una pistola de tiempo la cual se apunto con la luz estroboscópica en el volante de inercia hasta que coincidiera la marca lo cual dio el siguiente resultado en cuanto emisiones

Al terminar la prueba número 5 se colocó el catalizador así que para realizar sin catalizador nuevamente, se tardo alrededor de 1hr continuando nuevamente con la prueba número 6. Al realizar las pruebas con catalizador se hicieron en dos secciones para dejar enfriar un momento el motor, así que a partir de la prueba número 21 se realizó después de un tiempo considerable para bajar la temperatura, sin sufrir ninguna modificación el motor.

RALENTÍ SIN CATALIZADOR (DIA 20/jun/2014)							
prueba	Rpm	Lambda L=1	CO 3.5	CO2 13	HC 400	O2 3	COcor
1	760	1.516	2.259	7.61	140	8.95	3.433
2	800	1.37	2.815	7.86	139	7.67	3.955
3	790	1.346	2.517	8.3	147	7.18	3.49
4	780	1.347	2.511	8.31	148	7.2	3.481
5	830	1.151	3.378	9.12	201	5.16	4.06
6	740	1.505	1.852	7.65	133	8.24	2.924
7	760	1.435	2.481	7.74	133	8.15	3.641
8	880	1.409	2.544	7.71	133	7.83	3.721
9	770	1.426	2.442	7.71	133	7.95	3.608
							3.566
10	790	1.424	2.405	7.71	133	7.88	
RALENTÍ CON CATALIZADOR							
11	730	2.007	0.255	6.51	191	10.29	0.56
12	760	1.431	2.676	7.47	160	8.23	3.956
13	770	1.352	3.166	7.46	163	7.65	4.469
14	850	1.322	3.031	7.72	165	7.16	4.229
15	820	1.27	3.2	8.66	166	6.88	4.047
16	820	1.233	2.853	8.86	171	5.98	3.654
17	850	1.237	2.957	8.75	194	6.15	3.789
18	750	1.574	1.279	7.98	154	8.65	2.072
19	810	1.438	2.157	7.93	157	7.93	3.208
20	870	1.253	3.332	8.06	175	6.54	4.387
21	750	1.45	2.426	7.37	145	8.09	3.715
22	720	1.505	2.165	7.37	146	8.5	3.406
23	790	1.414	2.968	7.07	147	8.1	4.435
24	790	1.407	2.975	7.08	147	8.01	4.438
25	760	1.399	3	7.09	148	7.93	4.46

26	750	1.393	3.009	7.1	149	7.86	4.465
27	780	1.395	2.987	7.11	150	7.87	4.437
28	750	1.403	2.706	7.26	153	7.73	4.073
29	790	1.423	2.588	7.39	157	7.95	3.89
RALENTÍ INCREMENTADO SIN CATALIZADOR							
30	2480	1.029	2.958	12.25	128	2.67	2.958
31	2560	0.782	8.792	9.61	177	0.5	7.792
32	2570	0.779	8.723	9.6	176	0.38	8.723
33	2550	0.797	7.854	10.15	167	0.3	7.854
34	2740	0.82	6.808	10.62	163	0.27	6.808
35	2760	0.832	6.425	11.06	160	0.26	6.425
36	2770	0.84	6.068	11.24	152	0.25	6.068
37	2630	0.845	5.83	11.27	148	0.24	5.83
38	2370	0.848	5.693	11.32	145	0.23	5.693
RALENTÍ INCREMENTADO CON CATALIZADOR							
39	2520	0.784	8.701	9.73	239	0.52	8.701
40	2490	0.781	8.31	9.92	216	0.2	8.31
41	2590	0.806	7.172	10.56	187	0.1	7.172
42	2590	0.832	6.093	11.24	163	0.06	6.093
43	2630	0.843	5.519	11.34	161	0.05	5.519
44	2660	0.849	5.26	11.41	160	0.05	5.26
45	2680	0.856	5.008	11.54	158	0.05	5.008
46	2680	0.864	4.831	12.06	157	0.05	4.831
47	2700	0.867	4.744	12.22	154	0.04	4.744
48	2690	0.867	4.666	12.1	151	0.04	4.666
49	2720	0.869	4.617	12.12	149	0.04	6.17

Fig.4. 6 Pruebas cuarta parte.

Al haber realizado la carburación y la instalación del equipo de Gas LP. Adecuadamente y funcionando el motor con ambos combustibles se realizaron las pruebas decisivas obteniendo los resultados de acuerdo a la matriz de experimentos planteada.

En las tablas 4.2 a 4.5 se muestran los resultados obtenidos para las diversas pruebas, dichas tablas se observan a continuación:

Medición Ralentí sin catalizador

Prueba	Combustible	Equipo	Variables a Medir						
			Rpm	Lambda	CO	CO2	HC	O2	COcor
			700-1100	$\lambda=1$	3.5%Vol	13.5%Vol	400ppm	3%Vol	
1	Gasolina	BOSCH	990	1.363	2.155	8.97	364	7.69	2.906
2			920	1.368	1.622	8.68	447	7.13	2.362
3			900	1.446	1.298	8.53	487	7.86	1.981
4			930	1.465	1.235	8.35	571	8.08	1.933
5			900	1.488	1.225	8.25	645	8.45	1.939
			700-1100	$\lambda=1$	1%Vol	17%Vol	200ppm	3%Vol	
1	Gas LP	BOSCH	960	1.001	3.454	9.54	436	2.76	3.987
2			930	0.99	3.524	9.66	440	2.6	4.009
3			950	1.002	3.464	9.54	460	2.82	3.996
4			1020	1.004	3.442	9.52	442	2.82	3.983
5			980	1.008	3.444	9.55	480	2.95	3.976

Tabla 4. 2 Matriz de prueba final en ralentí sin catalizador.

Medición Ralentí-Incrementado sin catalizador.

Prueba	Combustible	Equipo	Variables a Medir						
			Rpm	Lambda	CO	CO2	HC	O2	COcor
			2500-3000	$\lambda=1$	3.5%Vol	13.5%Vol	400ppm	3%Vol	
1	Gasolina	BOSCH	2520	1	1.07	13.5	286	0.99	1.101
2			2490	1.082	0.199	13.29	180	1.92	0.22
3			2540	1.083	0.195	13.36	150	1.9	0.216
4			2530	1.079	0.196	13.34	185	1.86	0.217
5			2520	1.095	0.194	13.18	259	2.25	0.217
			2500-3000	$\lambda=1$	1%Vol	17%Vol	200ppm	3%Vol	
1	Gas LP	BOSCH	2570	0.947	1.872	12.6	150	0.27	1.94
2			2580	0.933	2.268	12.15	135	0.21	2.36
3			2560	0.934	2.228	12.22	131	0.2	2.313
4			2500	0.937	2.118	12.23	129	0.21	2.214
5			2530	0.945	1.898	12.42	126	0.22	1.988

Tabla 4. 3 Matriz de prueba final en ralentí incrementado sin catalizador.

Medición Ralentí con catalizador

Prueba	Combustible	Equipo	Variables a Medir						
			Rpm	Lambda	CO	CO2	HC	O2	COcor
			700-1100	$\lambda=1$	3.5%Vol	13.5%Vol	400ppm	3%Vol	
1	Gasolina	BOSCH	830	1.323	0.367	9.93	1051	6.54	0.535
2			980	1.25	0.448	10.95	933	5.65	0.59
3			820	1.204	0.675	10.87	895	5	0.877
4			920	1.261	0.422	10.59	1020	5.81	0.575
5			860	1.258	0.471	10.51	1106	5.9	0.643
			700-1100	$\lambda=1$	1%Vol	17%Vol	200ppm	3%Vol	
1	Gas LP	BOSCH	930	1.033	3.78	9.11	435	3.6	4.399
2			910	1.036	3.726	8.94	501	3.69	4.413
3			940	1.041	3.594	8.98	505	3.69	4.287
4			890	0.987	3.689	9.25	442	2.67	4.277
5			960	0.979	3.685	9.34	444	2.52	4.244

Tabla 4. 4 Matriz de prueba final en ralentí con catalizador.

Medición Ralentí-Incrementado con catalizador.

Prueba	Combustible	Equipo	Variables a Medir						
			Rpm	Lambda	CO	CO2	HC	O2	COcor
			2500-3000	$\lambda=1$	3.5%Vol	13.5%Vol	400ppm	3%Vol	
1	Gasolina	BOSCH	2520	1.13	0.205	12.85	314	2.95	0.235
2			2520	1.109	0.193	13.09	233	2.47	0.219
3			2500	1.08	0.033	13.89	130	1.77	0.035
4			2510	1.079	0.017	13.74	108	1.68	0.018
5			2490	1.091	0.008	13.76	64	1.87	0.009
			2500-3000	$\lambda=1$	1%Vol	17%Vol	200ppm	3%Vol	
1	Gas LP	BOSCH	2490	0.929	2.145	12.33	133	0.05	2.223
2			2560	0.929	2.127	12.39	130	0.03	2.198
3			2550	0.927	2.17	12.38	127	0.01	2.237
4			2570	0.927	2.141	12.36	126	0	2.215
5			2560	0.932	2.007	12.42	119	0.01	2.087

Tabla 4. 5 Matriz de prueba final en ralentí incrementado con catalizador.

Para obtener las gráficas de los datos obtenidos, se realizó un promedio de cada uno de los parámetros que se midieron a través de la máquina de emisiones marca Bosch, realizando 2 tablas, las cuales son de las pruebas en ralentí y ralentí incrementado, sin y con catalizador, comparándolas también con su

respectiva norma vigente, la primera tabla da referencia a las pruebas de gasolina y la segunda a Gas LP.

GASES EMITIDOS POR GASOLINA.

	Gasolina				
	Normas	Ralentí		Ralentí-Incrementado	
		Sin Cat.	Con Cat.	Sin Cat.	Con Cat.
RPM		928	882	2520	2508
Lambda	1	1.426	1.259	1.0678	1.097
CO	3.5	1.507	0.476	0.37	0.091
CO2	13	8.556	10.57	13.33	13.46
HC	400	502.8	1000	212	169.8
O2	3	7.842	5.78	1.784	2.148

Tabla 4. 6 Promedio de pruebas finales de gasolina.

En esta gráfica (Figura 4.7) se puede apreciar que al realizar las pruebas en modo ralentí existe una mezcla pobre, teniendo un exceso de oxígeno no aprovechado en la combustión.

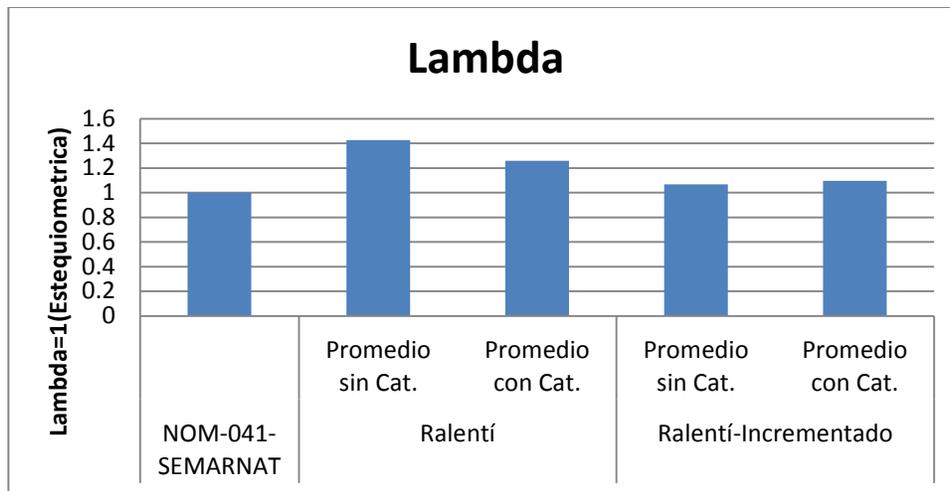


Fig.4. 7 Gráfica lambda de gasolina como combustible.

Se observa (Figura 4.8) que existe una disminución de CO bastante considerable con el catalizador y más en estado ralentí incrementado.

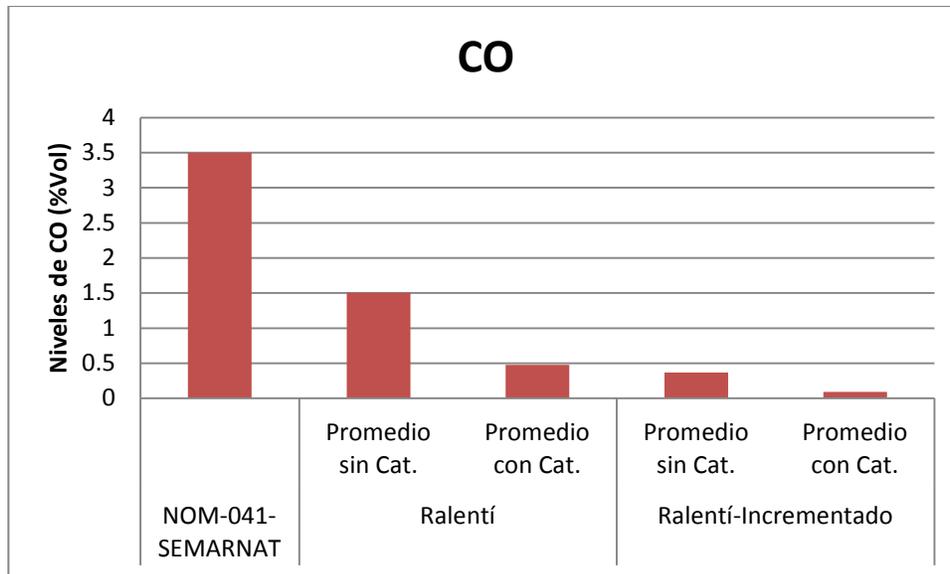


Fig.4. 8 Gráfica CO de gasolina como combustible.

Como se puede observar, (Figura 4.9), el índice del CO₂ en ralentí incrementado es mayor debido a la oxidación del monóxido de carbono.

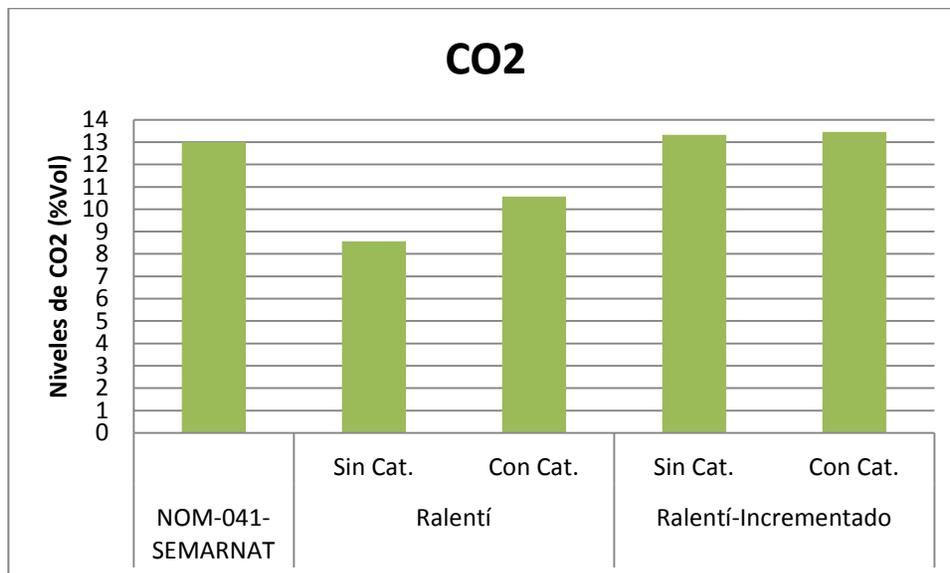


Fig.4. 9 Gráfica CO₂ de gasolina como combustible.

Como se puede apreciar en la gráfica de la Figura 4.10 los HC en ralentí son demasiados elevados mayores a los de la norma, teniendo en ralentí incrementado niveles aceptables.

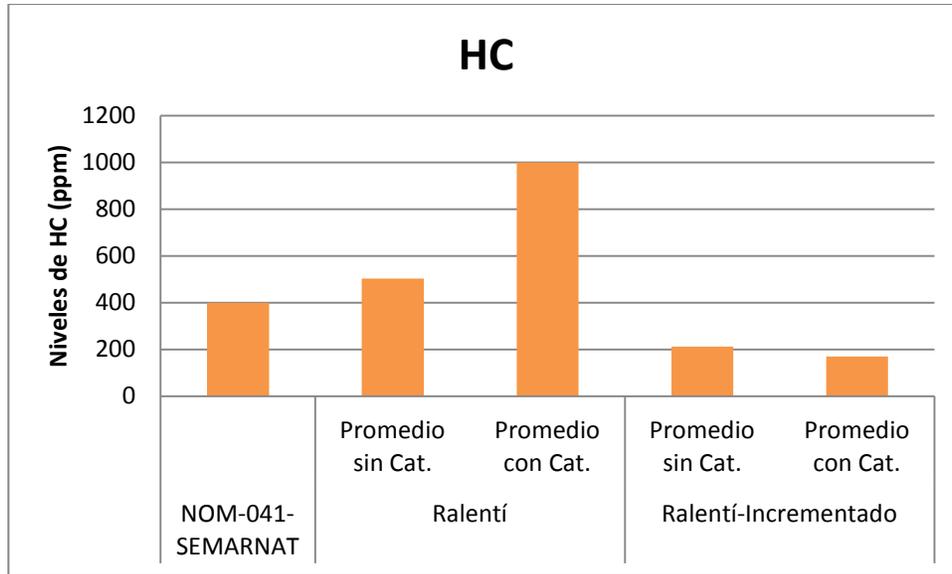


Fig.4. 10 Gráfica HC de gasolina como combustible.

En esta grafica (Figura 4.11) se puede apreciar el oxígeno no aprovechado en la combustión y como en la primera grafica se pudo observar la relación aire combustible, se llego a apreciar que existía un exceso de oxígeno.

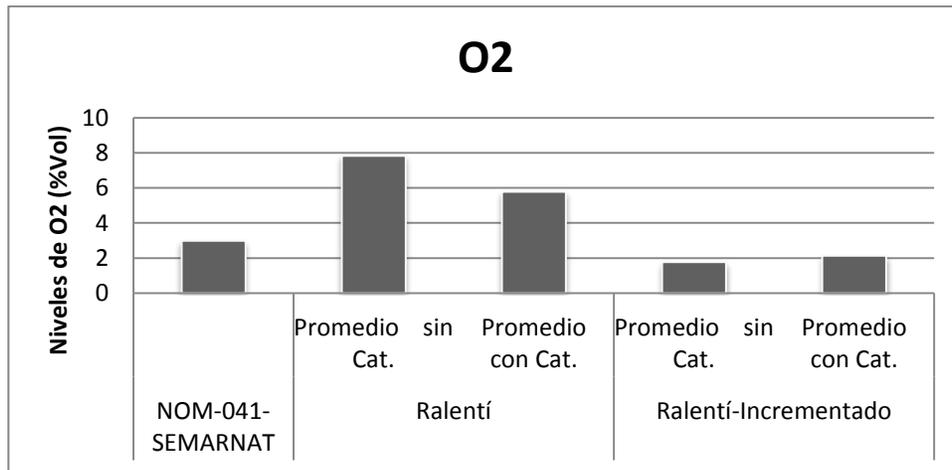


Fig.4. 11 Gráfica O2 de gasolina como combustible.

GASES EMITIDOS POR GAS LP.

	GAS LP				
	Normas	Ralentí		Ralentí-Incrementado	
		Sin Cat.	Con Cat.	Sin Cat.	Con Cat.
RPM		968	926	2548	2546
Lambda	1	1.001	1.015	0.939	0.928
CO	1	3.465	3.694	2.076	2.118
CO2	17	9.562	9.124	12.32	12.376
HC	200	451.6	465.4	134.2	127
O2	3	2.79	3.234	0.222	0.02

Tabla 4. 7 Promedio de pruebas finales de Gas LP.

En la gráfica de la Figura 4.12 se puede observar que el motor en modo ralentí, la mezcla es la adecuada y en ralentí incrementado tiene un exceso de combustible.

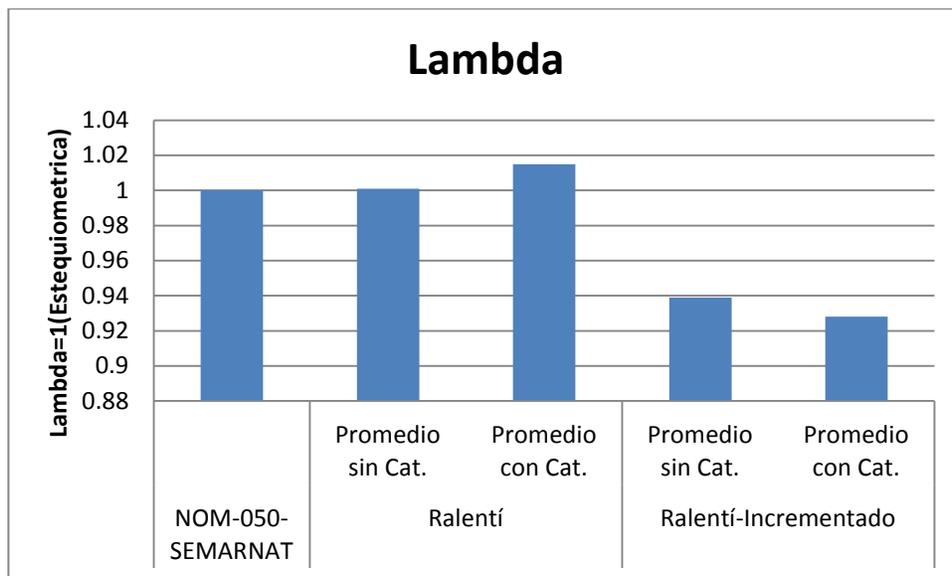


Fig.4. 12 Gráfica lambda de Gas LP como combustible.

Se puede observar que el CO sobrepasa los niveles normados debido a que la mezcla no es la adecuada, obteniendo reducción en ralentí incrementado pero ni aun así se consigue estar debajo de los niveles.

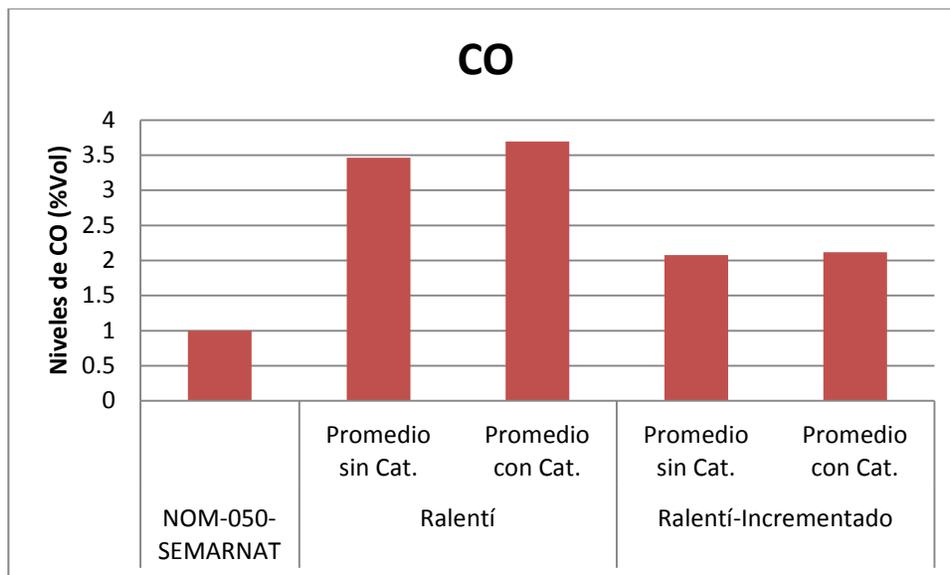


Fig.4. 13 Gráfica CO de Gas LP como combustible.

Se puede observar en la Figura 4.14 en dónde ocurrió una mayor oxidación de CO, teniendo niveles debajo de la norma.

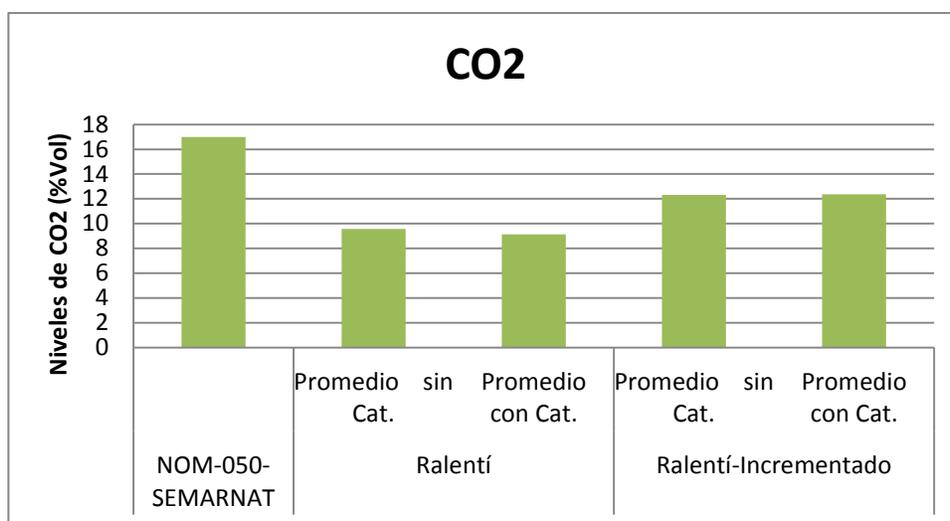


Fig.4. 14 Gráfica CO2 de Gas LP como combustible.

Los niveles de HC son muchos menores que en gasolina pero a su vez en modo ralentí no están por debajo de los niveles normados,

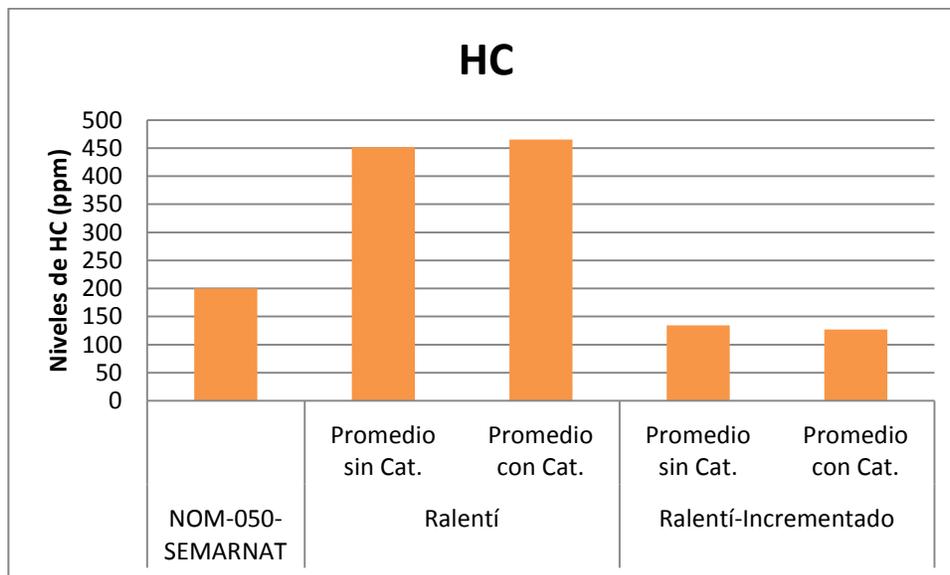


Fig.4. 15 Gráfica HC de Gas LP como combustible.

En la Figura 4.16 se ve que en medida que se acelera el motor el O2 disminuye y aun más con el catalizador.

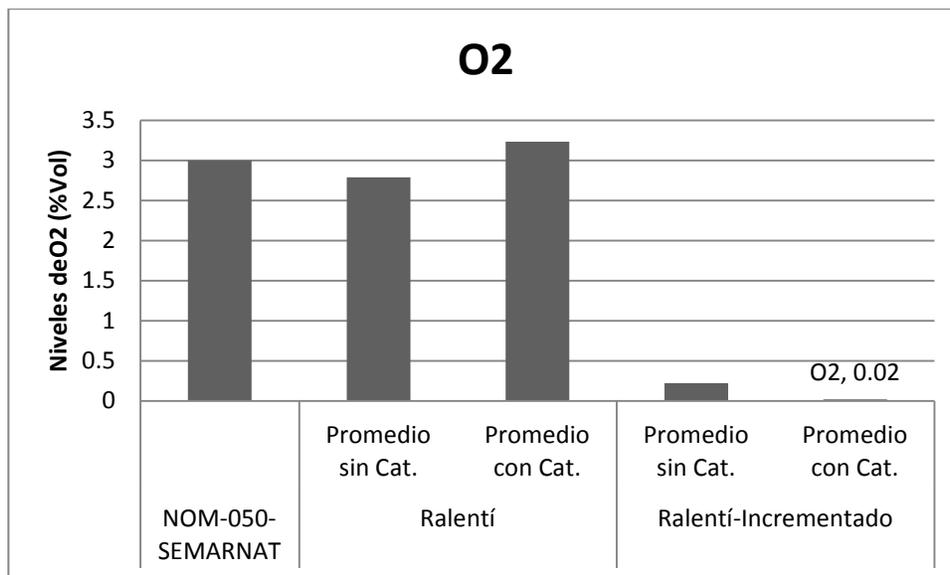


Fig.4. 16 Gráfica O2 de Gas LP como combustible.

5 Conclusiones

Se ha logrado construir el módulo de forma satisfactoria. Con el análisis en ANSYS se sabe que puede construirse en un futuro otro módulo con un calibre 16.

Se logró poner en marcha el módulo de pruebas después de resolver varios inconvenientes.

Se plantearon las pruebas experimentales y se llevaron a cabo para verificar el funcionamiento del módulo de pruebas.

Se realizaron las pruebas con gasolina con catalizador y sin catalizador, hallando una reducción en los componentes (CO y HC), pero según los resultados del análisis de las pruebas obtenidas, no ha sido del todo el esperado pues presenta irregularidades en cuanto a exceso de combustible y oxígeno, aún cuando se ha tratado de ajustar cada vez a través de la espesa del aire o poniendo a tiempo el motor usando la pistola de tiempo.

Se logró realizar la conversión de gasolina a gas lp, funcionando el motor con ambos combustibles.

Se realizaron pruebas con gas lp con y sin catalizador, teniendo una reducción de HC en comparación con la gasolina, esto debido a que la combustión del gas es más limpia.

Teniendo un motor en específico, las pruebas presentan ciertas irregularidades quizá debidas a la reconstrucción del motor, ya que en los resultados se arrojan mayores niveles de contaminantes, debido a que el gas requiere mayor demanda de oxígeno, sin embargo no es posible suministrarse más puesto que el motor tendería a apagarse.

6 Referencias

Aceromex, URL: http://aceromex.com/aceromx/catalogo/Completo/Aceromex_Catalogo_completo_Baja.pdf (Fecha de consulta: Agosto 2014).

AS.SL, URL: http://www.as-sl.com/pdf/info_catalizador.pdf (Fecha de consulta: Julio 2014)

Briz Pacheco, S. (2001) "Teledetección infrarroja de gases atmosféricos mediante espectro radiometría FTIR". Tesis de doctorado. Madrid España.

CARINF, Coche Información y especificaciones Técnicas

CONAE URL: <http://conae.gob.mx/wb/> (Fecha de consulta Julio 2014).

Domínguez Esteba José, Mecánica del vehículo, Editex, 2008.

Erjavec Jack, Automotive Technology (A system approach, 5th edition), Delmar, 2010.

Lesme A. Corredor, (2000) "Análisis comparativo de motores convencionales y convertidos a gas utilizados en transporte público funcionando a grandes alturas" Ingeniería y desarrollo, 8, 70-88. Colombia

Mosquera A, J.D. (2010) "Análisis de Emisiones de CO2 para diferentes combustibles en la población de taxis en Pereira y Dosquebradas", Scientia Et Technica, vol. XVI, núm 45, 141-146. Colombia.

NATGAS Gas Natural, URL: <http://www.natgas.com.mx/gas-natural> (Fecha de consulta Agosto 2014).

Nueva enciclopedia del automóvil, CEAC, Edición 2000.

PROFECO, Procuraduría Federal del Consumidor URL: <http://www.profeco.gob.mx/>
(Fecha de consulta Junio 2014).

Reyes Villegas F, (2007) "Análisis de Emisiones Vehiculares por Espectroscopia FTIR"
Tesis de doctorado. UNAM, México..

SCT, Secretaría de Comunicaciones y transportes URL: www.sct.gob.mx/ (Fecha de
consulta Mayo 2014).

William H. Crouse, Mecánica del Automóvil, 3ra edición , Marcombo, 1993