

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“INYECCIÓN DE AGUA EN EL MULTIPLE DE ADMISIÓN PARA LA
DISMINUCIÓN DE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE GASES Y
MEJORAR LOS FACTORES DE RENDIMIENTO EN EL CHEVROLET
OPTRA”.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO
AUTOMOTRIZ.**

DANIELA ALEXANDRA JEREZ MAYORGA.

SANTIAGO PAÚL LOPEZ SANDOVAL.

Latacunga, Febrero 2009.

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, JEREZ MAYORGA DANIELA ALEXANDRA,
LÓPEZ SANDOVAL SANTIAGO PAÚL

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la Biblioteca Virtual de la Institución del trabajo “INYECCIÓN DE AGUA EN EL MULTIPLE DE ADMISIÓN PARA LA DISMINUCION DE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE GASES Y MEJORAR LOS FACTORES DE RENDIMIENTO EN EL CHEVROLET OPTRA”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 10 de Febrero del 2009

JEREZ MAYORGA DANIELA ALEXANDRA
CI. N° 1803852159

LÓPEZ SANDOVAL SANTIAGO PAUL
CI. N° 0502377088

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, JEREZ MAYORGA DANIELA ALEXANDRA,
LÓPEZ SANDOVAL SANTIAGO PAÚL

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “INYECCIÓN DE AGUA EN EL MULTIPLE DE ADMISIÓN PARA LA DISMINUCION DE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE GASES Y MEJORAR LOS FACTORES DE RENDIMIENTO EN EL CHEVROLET OPTRA”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención

Latacunga, 10 de Febrero del 2009

JEREZ MAYORGA DANIELA ALEXANDRA

CI. N° 1803852159

LÓPEZ SANDOVAL SANTIAGO PAUL

CI. N° 0502377088

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. LUIS MENA (DIRECTOR)

ING. OSCAR ARTEAGA (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo “INYECCIÓN DE AGUA EN EL MULTIPLE DE ADMISIÓN PARA LA DISMINUCION DE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE GASES Y MEJORAR LOS FACTORES DE RENDIMIENTO EN EL CHEVROLET OPTRA”, realizado por la señorita JEREZ MAYORGA DANIELA ALEXANDRA y el señor LÓPEZ SANDOVAL SANTIAGO PAÚL ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimiento y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan a la señorita JEREZ MAYORGA DANIELA ALEXANDRA y el señor LÓPEZ SANDOVAL SANTIAGO PAÚL que lo entregue al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Coordinador de Carrera.

Latacunga, 10 de Febrero del 2009

Ing. Luis Mena
DIRECTOR

Ing. Oscar Arteaga
CODIRECTOR

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por Jerez Mayorga Daniela Alexandra y López Sandoval Santiago Paúl, bajo nuestra supervisión.

ING. LUIS MENA
DIRECTOR DE PROYECTO

ING. OSCAR ARTEAGA
CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Quiero en primer lugar darle gracias a Dios y a María Santísima, por ser la guía y luz en mi vida, por permitirme cumplir con este objetivo, ya que gracias a sus bendiciones, he podido llegar a este punto de mi vida.

Quiero dar gracias a mis padres, a usted papi por el ejemplo que me ha dado por la rectitud y responsabilidad que me enseñó, a usted mami por la paciencia y la tolerancia que siempre me ha tenido a pesar de mis errores, a ustedes, por todo su apoyo, por su comprensión, por el amor que me han brindado, por estar siempre a mi lado, porque gracias a su formación siento que he salido adelante, a mi hermano por ser ese ejemplo de dedicación y constancia, a mi cuñada y mi sobrina por mostrarme el amor y el cariño sincero, a toda mi familia porque siempre han estado pendientes de todo lo que he hecho de manera incondicional, por todo ese apoyo brindado, porque siempre hicieron suyos mis problemas y mis alegrías.

Quiero también agradecer a la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, Sede Latacunga, por permitirme ser parte de esta gran institución, por todo el apoyo recibido a lo largo de mi formación profesional y de manera especial en la realización de este trabajo, a mis maestros, por entregar su conocimiento acompañado de una amistad duradera, amistad que supimos compartir con mis compañeros, que más que compañeros supieron ser esos amigos incondicionales, amigos que siempre llevare en mi corazón, vaya también para ellos mi sincero agradecimiento.

A ti Danielita, por ser la amiga, la compañera, la confidente, porque durante este tiempo compartimos más que las aulas una linda amistad, porque pienso que me conoces y sé que con la consecución de este trabajo aprendimos más uno del otro, para ti mi más grande agradecimiento y mis mejores deseos en tu vida profesional y personal, te deseo todo lo mejor Dani.

Por último quiero agradecer a aquellas personas que me rodearon durante este tiempo porque de cada uno aprendí algo, gracias de corazón.

Santiago Paul

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, porque sin su sacrificio, sin su entrega, sin su amor no podría ser lo que hasta hoy soy, a ustedes papitos esta pequeña muestra de mi gran amor, gracias a ustedes estoy aquí.

Santiago Paul

AGRADECIMIENTO

Al culminar mis estudios universitarios, cumpliendo así una de mis más grandes metas, quiero agradecer primero a Dios ya que sin su bendición nada de esto sería posible.

Quiero agradecer también a mis padres por haberme enseñado el valor de la responsabilidad, quienes fueron mi palabra de aliento y no dejaron que decaiga en el duro camino de esta vida estudiantil, por estar siempre conmigo apoyándome en los buenos y duros momentos.

Gracias también a todos mis familiares, a mi hermana, tíos, tías, primos y primas por ser siempre un ejemplo a seguir. Y como olvidarme de mi abuelita Marianita por su infinita motivación, ella es mi orgullo, porque sola supo sacar adelante a toda mi familia

No quiero olvidarme de una persona muy importante para mí, a David Donoso, por su gran don de amigo y compañero con él cual compartí no sólo el aula de clases sino una amistad y cariño profundo y sincero, quien me ayudó a superarme cada día y quien me acogió en todos los malos momentos, gracias flaquito siempre te llevaré en mi corazón.

A todos mis compañeros que compartieron gratos momentos conmigo. Gracias a Santiago por toda la paciencia y amistad mostrada en este tiempo.

Y por último quiero agradecer a la Escuela Politécnica del Ejército, a todos mis maestros por haberme llenado de sus conocimientos, al Ing. Luis Mena y al Ing. Oscar Arteaga por su dedicación y colaboración para la culminación de esta tesis

Mil gracias a todos.

Dany J

DEDICATORIA

Este triunfo quiero dedicarlo primero a Dios, por su infinito amor hacia mí, a mis padres Juan y María quienes hicieron posible mi superación día a día, a mi hermana Johanna por su ternura y cariño, a David por estar siempre conmigo y ayudarme en la culminación de mi carrera. También quiero dedicarlo a mi abuelita porque ella fue mi ejemplo de lucha.

A todos ustedes les dedico mi esfuerzo y trabajo, por ayudarme a subir un escalón más en mi superación personal.

Mi triunfo es también suyo

Dany J

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
AUTORIZACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN.....	iii
CERTIFICADO.....	iv
CERTIFICACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
PRESENTACIÓN.....	xxiv

I.- MARCO TEÓRICO

1.1.- PRINCIPIO DE INYECCIÓN DE AGUA..... ¡Error! Marcador no definido.

1.2.- DISOCIACIÓN MOLECULAR DEL AGUA..... ¡Error! Marcador no definido.

1.2.1.- AGUA ¡Error! Marcador no definido.

1.2.2.- PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA ¡Error! Marcador no definido.

1.2.3.- PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA..... ¡Error! Marcador no definido.

1.2.4.- ESTRUCTURA MOLECULAR ¡Error! Marcador no definido.

1.2.6.- TERMÓLISIS ¡Error! Marcador no definido.

1.3.- BENEFICIOS Y FUNDAMENTACIÓN DE LA INYECCIÓN DE AGUA. ¡Error!
Marcador no definido.

1.4.- EMISIONES DE CO₂, NO_x, HC, ENTRE OTROS ¡Error! Marcador no definido.

1.4.1.- CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR LOS AUTOMÓVILES.¹ ¡Error!
Marcador no definido.

1.4.2.- GASES DE ESCAPE ¡Error! Marcador no definido.

- 1.4.2.1.- Monóxido de carbono (CO). ¡Error! Marcador no definido.
- 1.4.2.2.- Hidrocarburos (HC)..... ¡Error! Marcador no definido.
- 1.4.2.3.- Óxidos de nitrógeno (NO_x). ¡Error! Marcador no definido.
- 1.4.2.4.- Dióxido de carbono (CO₂)..... ¡Error! Marcador no definido.

1.5.- BOMBAS DE INYECCIÓN DE AGUA.....¡Error! Marcador no definido.

- 1.5.1.- ASPIRACIÓN..... ¡Error! Marcador no definido.
- 1.5.2.- DESCARGA..... ¡Error! Marcador no definido.
- 1.5.3.- CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS..... ¡Error! Marcador no definido.
 - 1.5.3.1.- Bombas por caudal..... ¡Error! Marcador no definido.
 - 1.5.3.2.- Bombas por su construcción. ¡Error! Marcador no definido.
- 1.5.4.- CILINDRADA..... ¡Error! Marcador no definido.
- 1.5.5.- CAUDAL TEÓRICO..... ¡Error! Marcador no definido.
- 1.5.6.- RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO..... ¡Error! Marcador no definido.
- 1.5.7.- BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.¡Error! Marcador no definido.

1.6.- SISTEMA DE INYECCIÓN DE GASOLINA DEL CHEVROLET OPTRA¡Error! Marcador no definido.

- 1.6.1.- INYECCIÓN ELECTRÓNICA MULTEC - M.P.F.I.....¡Error! Marcador no definido.
- 1.6.2.- COMPONENTES DEL MULTEC – MPFI ¡Error! Marcador no definido.

1.7.- CENTRALITAS DE VEHÍCULOS.....¡Error! Marcador no definido.

- 1.7.1.- MEMORIA DE LA UNIDAD DE CONTROL.. ¡Error! Marcador no definido.
- 1.7.2.- UNIDAD CENTRAL ARITMÉTICA LÓGICA. ¡Error! Marcador no definido.
- 1.7.3.- UNIDAD DE REGISTROS AUXILIARES ¡Error! Marcador no definido.

1.8.- SENSORES DE LA SEÑAL BASE¡Error! Marcador no definido.

- 1.8.1.- SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN TPS¡Error! Marcador no definido.

1.8.2. SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA EN EL COLECTOR DE ADMISIÓN
MAP..... ¡Error! Marcador no definido.

1.9.- GENERALIDADES DE LA COMBUSTIÓN ¡Error! Marcador no definido.

1.10.- POTENCIA EN LOS MOTORES ¡Error! Marcador no definido.

II.- PRUEBAS EN EL VEHÍCULO ESTANDAR

2.1.- INTRODUCCIÓN..... ¡Error! Marcador no definido.

2.2.- IDENTIFICACIÓN DEL CÓDIGO MOTOR..... ¡Error! Marcador no definido.

2.3.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ESTADO DEL MOTOR; ¡Error! Marcador no definido.

2.3.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA..... ¡Error! Marcador no definido.

2.3.2.- PARÁMETROS DE LA PRUEBA..... ¡Error! Marcador no definido.

2.4.- PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE..... ¡Error! Marcador no definido.

2.4.1.- DIAGRAMA DE POTENCIAS ¡Error! Marcador no definido.

2.5.- PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES (CO₂, NO_x, HC, ENTRE OTROS).
..... ¡Error! Marcador no definido.

2.5.1.- DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA ¡Error! Marcador no definido.

2.5.2.- RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANALIZADOR ¡Error! Marcador no definido.

III.- DISEÑO DEL SISTEMA

3.1.- DETERMINACIÓN DEL INICIO DE LA INYECCIÓN EN BASE AL SENSOR
TPS..... ¡Error! Marcador no definido.

- 3.1.1.- DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA ¡Error! Marcador no definido.
- 3.1.2.- IDENTIFICACIÓN DEL CABLEADO ¡Error! Marcador no definido.
- 3.1.3.- MEDICIONES EFECTUADAS ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.1.3.1.- Procedimiento para las mediciones ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.1.3.2.- Medición en ralentí ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.1.3.3.- Medición a 2000 RPM ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.1.3.4.- Medición a 3000 RPM ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.1.3.5.- Medición a 4000 RPM ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.1.3.6.- Medición a 5000 RPM ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.1.3.7.- Medición a ciclo completo..... ¡Error! Marcador no definido.
- 3.1.4.- CURVA CARACTERISTICA DEL TPS..... ¡Error! Marcador no definido.

3.2.- DISEÑO DEL SISTEMA MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS ¡Error! Marcador no definido.

- 3.2.1.- MODELACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ADMISIÓN ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.1.1.- Múltiple de admisión ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.1.2.- Toma de aire ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.1.3.- Válvulas de admisión y escape ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.1.4.- Mariposa de aceleración ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.1.5.- Inyectores de combustible ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.1.6.- Inyector de agua..... ¡Error! Marcador no definido.
- 3.2.2.- ENSAMBLAJE DE LOS ELEMENTOS ¡Error! Marcador no definido.
- 3.2.3.- SIMULACIÓN MEDIANTE COSMOS FLOWWORKS ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.3.1.- Simulaciones de trayectorias del aire. ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.3.1.1.- Trayectoria de presión del aire. ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.3.1.2.- Trayectoria de temperatura del aire. ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.3.1.3.- Trayectoria de velocidad del aire.. ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.3.2.- Simulaciones de trayectorias del agua. ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.3.2.1.- Trayectoria de presión del agua. .. ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.3.2.2.- Trayectoria de temperatura del agua. ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.3.2.3.- Trayectoria de velocidad del agua. ¡Error! Marcador no definido.
 - 3.2.3.3.- Simulaciones de trayectorias del combustible. ... ¡Error! Marcador no definido.

3.2.3.3.1.- Trayectoria de presión del combustible.**¡Error! Marcador no definido.**

3.2.3.3.2.- Trayectoria de temperatura del combustible. **¡Error! Marcador no definido.**

3.2.3.3.3.- Trayectoria de velocidad del combustible.**¡Error! Marcador no definido.**

IV.- SELECCIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AGUA

4.1.- INTRODUCCIÓN.....¡Error! Marcador no definido.

4.2.- SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE BOMBEO ...¡Error! Marcador no definido.

4.3.- SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL Y REGULACIÓN.....¡Error! Marcador no definido.

4.3.1.- TRABAJO CON PRESIÓN SOLAMENTE.... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.2.- TRABAJAR CON 0-5 V SOLAMENTE (TPS, MAF, MAP, ETC)..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.4.- SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE INYECCIÓN¡Error! Marcador no definido.

4.5.- SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE ALMACENAMIENTO ¡Error! Marcador no definido.

V.- CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

5.1.- MONTAJE Y ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE BOMBEO¡Error! Marcador no definido.

5.2.- MONTAJE Y ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE ALMACENAMIENTO ¡Error! Marcador no definido.

5.3.- MONTAJE Y ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE INYECCIÓN ¡Error! Marcador no definido.

5.4.- MONTAJE Y ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE REGULACIÓN Y CONTROL ¡Error! Marcador no definido.

5.5.- PROGRAMACIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL..... ¡Error! Marcador no definido.

5.5.1.- PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO ¡Error! Marcador no definido.

5.5.2.- SINCRONIZACIÓN DEL MÓDULO ¡Error! Marcador no definido.

5.6.- MONTAJE DEL EQUIPO EN EL VEHÍCULO..... ¡Error! Marcador no definido.

5.6.1.- MONTAJE DEL CONJUNTO BOMBA Y DEPÓSITO... ¡Error! Marcador no definido.

5.6.2.- MONTAJE DEL CABLEADO DEL EQUIPO. ¡Error! Marcador no definido.

5.6.2.1.- Conexión de los cables de la bomba y módulo... ¡Error! Marcador no definido.

5.6.2.2.- Tendido del cableado en el vehículo... ¡Error! Marcador no definido.

5.6.3.- CONEXIONES EN EL MOTOR..... ¡Error! Marcador no definido.

5.6.3.1.- Conexión al sensor TPS..... ¡Error! Marcador no definido.

5.6.3.2.- Conexión a la alimentación..... ¡Error! Marcador no definido.

5.6.4.- CONEXIÓN DE LA MANGUERA..... ¡Error! Marcador no definido.

VI.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO CON EL SISTEMA

6.1.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ESTADO DEL MOTOR CON EL SISTEMA INCORPORADO ¡Error! Marcador no definido.

6.1.1.- PARÁMETROS DE LA PRUEBA ¡Error! Marcador no definido.

6.2.- PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE CON EL SISTEMA INCORPORADO¡Error! Marcador no definido.
6.2.1.- DIAGRAMA DE POTENCIAS	¡Error! Marcador no definido.
6.3.- PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES (CO₂, NO_x, HC, ENTRE OTROS) CON EL SISTEMA INCORPORADO¡Error! Marcador no definido.
6.4.- COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE POTENCIA Y TORQUE	¡Error! Marcador no definido.
6.4.1.- CURVAS DE POTENCIA.....	¡Error! Marcador no definido.
6.4.1.1.- Potencia Normal.....	¡Error! Marcador no definido.
6.4.1.1.1.- Análisis de los resultados obtenidos	¡Error! Marcador no definido.
6.4.1.2.- Potencia a la rueda.....	¡Error! Marcador no definido.
6.4.1.2.1.- Análisis de los resultados obtenidos	¡Error! Marcador no definido.
6.4.1.3.- Potencia al arrastre	¡Error! Marcador no definido.
6.4.1.3.1.- Análisis de los resultados obtenidos	¡Error! Marcador no definido.
6.4.1.4.- Torque Normal	¡Error! Marcador no definido.
6.4.1.4.1.- Análisis de los resultados obtenidos	¡Error! Marcador no definido.
6.5.- COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE EMISIONES DE GASES	¡Error! Marcador no definido.
6.5.1.- EMISIONES DE NO _x	¡Error! Marcador no definido.
6.5.2.- EMISIONES DE HC	¡Error! Marcador no definido.
6.5.3.- EMISIONES DE CO	¡Error! Marcador no definido.
6.5.4.- EMISIONES DE CO ₂	¡Error! Marcador no definido.
6.6.- ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	¡Error! Marcador no definido.
6.6.1.- DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA	¡Error! Marcador no definido.
6.6.1.1.- Tanque de almacenamiento	¡Error! Marcador no definido.
6.6.1.2.- Bomba de suministro de agua	¡Error! Marcador no definido.

6.6.1.3.- Inyector	¡Error! Marcador no definido.
6.6.1.4.- Módulo controlador.....	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.- INSTRUCCIONES DEL SOFTWARE VARI-COOL.....	¡Error! Marcador no definido.
definido.	
6.6.2.1- Requisitos del sistema.....	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.2.- Descripción y detalles del software.....	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.3.- Instalación de vari-cool y conexión	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.4.- Comenzar el programa	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.5.- Lectura de la exhibición del sensor (SENSOR WATCH)	¡Error!
Marcador no definido.	
6.6.2.5.1.- Detalle del calibrador del sensor ..	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.5.2.- Calibrador del ciclo de trabajo	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.5.3.- Luz indicadora	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.5.4.- Perillas de MIN/MAX y del régimen de trabajo (TUNE)	¡Error!
Marcador no definido.	
6.6.2.6.- Sistema primario (PRIME SYSTEM) .	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.7.- Fijar la pantalla (SET).....	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.7.1.- Detalle del modo del regulador.....	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.8.- Página principal del gráfico.....	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.8.1.- Pantalla de datalog.....	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.9.- Pantalla de estado.....	¡Error! Marcador no definido.
6.6.2.10.- Mantenimiento del sistema	¡Error! Marcador no definido.

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.- CONCLUSIONES.....	¡Error! Marcador no definido.
7.2.- RECOMENDACIONES.....	¡Error! Marcador no definido.
BIBLIOGRAFIA.....	122
ANEXOS.....	123

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I

I.1 REACCIONES QUÍMICAS DE COMPUESTOS.....	5-6-7
--	-------

CAPITULO II

II.1 CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR.....	25
II.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	25
II.3 CARACTERÍSTICAS DE LA TRANSMISIÓN.....	26
II.4 PARÁMETROS DE LA PRUEBA.....	31
II.5 VALORES OBTENIDOS EN EL DINAMÓMETRO.....	32
II.6 VALORES DE GASES SIN EL SISTEMA.....	36

CAPITULO III

III.1 IDENTIFICACIÓN DE CABLEADO.....	38
III.2 VALORES TPS EN RALENTÍ.....	39
III.3 VALORES TPS A 2000 RPM.....	40
III.4 VALORES TPS A 3000 RPM.....	41
III.5 VALORES TPS A 4000 RPM.....	42
III.6 VALORES TPS A 5000 RPM.....	43
III.7 VALORES CAUDAL A DIFERENTES RPM.....	53

CAPITULO VI

VI.1 PARÁMETROS DE LA PRUEBA.....	91
VI.2 VALORES OBTENIDOS EN EL DINAMÓMETRO.....	92
VI.3 VALORES DE EMISIONES CON EL SISTEMA.....	93
VI.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE POTENCIA NORMAL.....	95
VI.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE POTENCIA A LA RUEDA.....	96
VI.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE POTENCIA AL ARRASTRE.....	96

VI.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS TORQUE NORMAL.....

97

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

1.1 PROCESO DE COMBUSTIÓN DEL MOTOR.....	10
1.2 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO.....	16
1.3 SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN (TPS).....	20
1.4 SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA EN EL COLECTOR DE ADMISIÓN (MAP).....	22

CAPITULO II

2.1 DIMENSIONES DEL CHEVROLET OPTRA.....	26
2.2 IDENTIFICACIÓN DEL CÓDIGO DE MOTOR.....	27
2.3 PERSONAL CORPAIRE.....	28
2.4 ANCLAJE DEL VEHÍCULO.....	28
2.5 SONDAS COLOCADAS EN EL MOTOR.....	29
2.6 VENTILADOR.....	29
2.7 SINCRONIZACIÓN DE RPM.....	30
2.8 INSTRUCCIONES EN LA PANTALLA PARA EL CONDUCTOR.....	30
2.9 DIAGRAMA DE POTENCIAS CON EL VEHÍCULO ESTÁNDAR.....	33
2.10 EQUIPO ANALIZADOR DE GASES.....	34
2.11 SONDAS DEL ANALIZADOR DE GASES.....	34
2.12 INSTRUCCIONES EN PANTALLA PARA EL CONDUCTOR.....	35
2.13 EQUIPO ANALIZADOR.....	35

CAPITULO III

3.1 TPS EN RALENTÍ.....	39
3.2 TPS A 2000 RPM.....	40
3.3 TPS A 3000 RPM.....	41

3.4. TPS A 4000 RPM.....	41
3.5 TPS A 5000 RPM.....	43
3.6 TPS CICLO COMPLETO.....	44
3.7 CURVA CARACTERÍSTICA DEL TPS.....	45
3.8 PANTALLA DE INICIO DE SOLIDWORKS.....	46
3.9 VISTA ISOMÉTRICA DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.....	47
3.10 MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.....	48
3.11 VISTA ISOMÉTRICA DE LA TOMA DE AIRE.....	48
3.12 TOMA DE AIRE.....	49
3.13 VÁLVULA DE ADMISIÓN.....	49
3.14 VÁLVULA DE ESCAPE.....	50
3.15 MARIPOSA DE ACELERACIÓN.....	50
3.16 INYECTOR DE COMBUSTIBLE.....	51
3.17 INYECTOR DE AGUA.....	51
3.18 ENSAMBLAJE.....	52
3.19 MODELO UTILIZADO PARA SIMULACIÓN.....	53
3.20 TRAYECTORIA DE PRESIÓN DE AIRE.....	54
3.21 TRAYECTORIA DE PRESIÓN DE AIRE.....	55
3.22 TRAYECTORIA DE TEMPERATURA DE AIRE.....	55
3.23 TRAYECTORIA DE TEMPERATURA DE AIRE.....	56
3.24 TRAYECTORIA DE VELOCIDAD DE AIRE.....	56
3.25 TRAYECTORIA DE VELOCIDAD DE AIRE.....	57
3.26 TRAYECTORIA DE PRESIÓN DE AGUA.....	58
3.27 TRAYECTORIA DE PRESIÓN DE AGUA.....	58
3.28 TRAYECTORIA DE TEMPERATURA DE AGUA.....	59
3.29 TRAYECTORIA DE TEMPERATURA DE AGUA.....	59
3.30 TRAYECTORIA DE VELOCIDAD DE AGUA.....	60
3.31 TRAYECTORIA DE VELOCIDAD DE AGUA.....	60
3.32 TRAYECTORIA DE PRESIÓN DE COMBUSTIBLE.....	61
3.33 TRAYECTORIA DE PRESIÓN DE COMBUSTIBLE.....	62

3.34 TRAYECTORIA DE TEMPERATURA DE COMBUSTIBLE.....	62
3.35 TRAYECTORIA DE TEMPERATURA DE COMBUSTIBLE.....	63
3.36 TRAYECTORIA DE VELOCIDAD DE COMBUSTIBLE.....	63
3.37 TRAYECTORIA DE VELOCIDAD DE COMBUSTIBLE.....	64

CAPITULO IV

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO DE BOMBEO.....	66
4.2 BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA.....	66
4.3 MODULO DE CONTROL Y REGULACIÓN.....	67
4.4 CABLEADO DEL ELEMENTO DE CONTROL.....	68
4.5 PERILLAS DEL MIN, MAX Y TUNE.....	69
4.6 TOMA DE VACÍO.....	69
4.7 INYECTOR.....	71
4.8 ELEMENTO DE ALMACENAMIENTO.....	72

CAPITULO V

5.1 BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA CON SUS PROTECCIONES.....	73
5.2 ENTRADA Y SALIDA DE FLUIDO DE LA BOMBA.....	74
5.3 CONJUNTO BOMBA Y ACOPLER DE SALIDA.....	74
5.4 ACOPLER INSTALADO EN LA SALIDA DE LA BOMBA.....	75
5.5 INSTALACIÓN DEL ACOPLER RÁPIDO.....	75
5.6 ELEMENTO DE UNIÓN PARA LA ENTRADA DE AGUA.....	76
5.7 ELEMENTO DE UNIÓN PARA EL INGRESO DE AGUA.....	76
5.8 CONJUNTO DEPÓSITO DE AGUA Y ACCESORIOS.....	77
5.9 FIJACIÓN DEL ACOPLER Y LA MANGUERA AL DEPÓSITO.....	77
5.10 INSTALACIÓN DE LA BOMBA SOBRE EL DEPÓSITO.....	78
5.11 CONJUNTO BOMBA Y DEPÓSITO.....	78
5.12 LOCALIZACIÓN DEL ELEMENTO DE INYECCIÓN.....	79
5.13 CUERPO DEL INYECTOR ATORNILLADO AL CONDUCTO DE LA	

TOMA DE AIRE.....	80
5.14 INYECTOR COMPLETO ATORNILLADO AL CONDUCTO DE LA TOMA DE AIRE.....	80
5.15 ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL AL DEPÓSITO.....	81
5.16 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO.....	82
5.17. POSICIÓN DE LA PERILLA MINIMO.....	82
5.18 POSICIÓN DE LA PERILLA MAXIMO.....	83
5.19 POSICIÓN DE LA PERILLA TUNE.....	83
5.20 MONTAJE DEL CONJUNTO BOMBA Y DEPÓSITO.....	84
5.21 CONEXIÓN DE LOS ELEMENTO DE BOMBEO Y CONTROL.....	85
5.22 MOLDURAS RETIRADAS PARA EL TENDIDO DEL CABLEADO.....	86
5.23 INICIO DEL TENDIDO DE CABLEADO.....	86
5.24 INGRESO DEL CABLEADO AL VEHÍCULO.....	87
5.25 UBICACIÓN DEL CABLEADO EN EL INTERIOR DEL VEHÍCULO.....	87
5.26 CABLES Y MANGUERA ANTES DE PASAR AL MOTOR.....	88
5.27 CABLES Y MANGUERA EN EL MOTOR.....	88
5.28 CONEXIÓN DE CABLES AL TPS.....	89
5.29 CONEXIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DEL EQUIPO A LA BATERÍA.....	89
5.30 CONJUNTO INYECTOR Y MANGUERA.....	90

CAPITULO VI

6.1 VALORES DE POTENCIA CON EL SISTEMA DE HIDROINYECCIÓN...	93
6.2 COMPARACIÓN DE LAS CURVAS DE POTENCIA NORMAL.....	94
6.3 COMPARACIÓN DE LAS CURVAS DE POTENCIA A LA RUEDA.....	95
6.4 COMPARACIÓN DE LAS CURVAS DE POTENCIA AL ARRASTRE.....	96
6.5 COMPARACIÓN DE LAS CURVAS DE TORQUE NORMAL.....	97
6.6 ANÁLISIS DE EMISIONES DE NO _x	98
6.7 ANÁLISIS DE EMISIONES DE HC.....	99
6.8 ANÁLISIS DE EMISIONES DE CO.....	99

6.9 ANÁLISIS DE EMISIONES DE CO ₂	100
6.10 TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	101
6.11 BOMBA DE SUMINISTRO DE AGUA.....	102
6.12 INYECTOR.....	102
6.13 MODULO CONTROLADOR.....	104
6.14 PANTALLA DE ESTADO DE CONEXIÓN.....	106
6.15 PANTALLA DEL SENSOR WATCH.....	107
6.16 PANTALLA DE CALIBRACIÓN DEL SENSOR.....	108
6.17 INDICADOR DE CICLO DE TRABAJO.....	109
6.18 LUZ INDICADORA.....	109
6.19 PERILLAS DE MIN Y MAX.....	110
6.20 PERILLA TUNE.....	110
6.21 PANTALLA PRIME SYSTEM.....	111
6.22 PANTALLA SET.....	113
6.23 OPCIÓN SOLO PRESIÓN.....	113
6.24 OPCIÓN VOLTAJE PROGRESIVO.....	114
6.25 OPCIÓN PRESIÓN PROGRESIVA.....	114
6.26 OPCIÓN EGT PROGRESIVO.....	115
6.27 PRESIÓN PROGRESIVA BASADA EN EGT.....	115
6.28 OPCIÓN SRT-4 HOM.....	116
6.29 OPCIÓN GRAPHS.....	116
6.30 OPCIONES DE GRAPHS.....	117
6.31 PANTALLA DATALOG.....	117

PRESENTACIÓN

En la actualidad el diseño de los motores para los vehículos buscan conseguir altas prestaciones en cuanto a la potencia a generar y el control de las emisiones de gases contaminantes, de acuerdo a las nuevas regulaciones a nivel mundial, así como también en cuanto al consumo de combustible que utilizan.

Gran cantidad de estas metas no se cumplen por diferentes motivos, por ejemplo en nuestro caso la baja calidad en el combustible que las comercializadoras ponen a disposición de los usuarios, desencadena en que todo el trabajo realizado por los constructores no se pueda cumplir con la satisfacción y los objetivos trazados.

En ciertas circunstancias el diseño de los motores busca conseguir una potencia elevada sin tener en cuenta el consumo de combustible que esta requiera, esto muchas veces repercute en el consumidor final, quien a su vez busca reducir costos quizá sin que este ideal sea conseguido sin disminuir la calidad de combustible que suministra a su vehículo.

La conjugación de estos y otros factores son los que han motivado a que se realicen diferentes estudios e investigaciones que mejoren los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna, una de las múltiples soluciones que en otras partes se manifiesta a dado buenos resultados es el que nosotros proponemos como proyecto.

Estudios anteriores han demostrado que el sistema de hidroinyección permite el ingreso de pequeñas dosis de agua a la cámara de combustión de los motores, mediante un proceso; logrando un aumento de la potencia y mejora de la combustión. El sistema de hidroinyección disminuye la contaminación ambiental generada por la combustión de los motores. Es decir la pérdida de los humos y

gases por salidas de caños de escapes. Además el sistema logra también un aumento de potencia.

Latacunga, 10 de Febrero de 2009

LOS AUTORES

JEREZ MAYORGA DANIELA ALEXANDRA

LÓPEZ SANDOVAL SANTIAGO PÁUL

EL DIRECTOR DE CARRERA

ING. JUAN CASTRO

UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

DR. RODRIGO VACA

I.- MARCO TEÓRICO

1.1.- PRINCIPIO DE INYECCIÓN DE AGUA

El principio de funcionamiento de un sistema de inyección de agua se remonta a las épocas de la II Guerra Mundial, donde los temibles cazas inyectaban dosificadas cantidades de agua en la combustión a fin de obtener cortas potenciaciones de sus motores y así contar con energía suficiente para maniobras evasivas o acrobáticas, los ejemplos más famosos fueron el Mustang P-51 de la Fuerza Aérea norteamericana, y el Focke-Wulf FW190 alemán.

Básicamente, el sistema de hidroinyección pulveriza una pequeñísima cantidad de agua en la cámara de combustión. Al mezclarse con el combustible, las altas temperaturas provocan la disociación de las moléculas de agua en sus dos componentes, esto normalmente se pierde a través del refrigerante del motor y del escape lo que contribuye a incrementar el octanaje de la mezcla y otorgarle más potencia al motor.

Las moléculas de oxígeno e hidrógeno se vuelven a combinar espontáneamente acelerando la reacción de combustión con gran violencia. Es decir que el sistema aprovecha la altísima temperatura de la combustión, que de otra manera se pierde por radiación a la atmósfera, para disociar la pequeña parte de agua agregada a la cámara del motor.

En el hidroinyector, en los motores, el agua pasa primero por un filtro y por una válvula reguladora, luego por una válvula electromagnética de corte que controla el circuito según esté funcionando el motor. Luego el agua pasa por otro filtro y por un dispositivo hidráulico que amortigua la demanda cambiante de los cilindros según la marcha del motor. Además para mayor seguridad el equipo cuenta con una válvula de drenaje que puede desviar el agua evitando que sea inyectada a la cámara de combustión si el motor eventualmente se detiene.

1.2.- DISOCIACIÓN MOLECULAR DEL AGUA

Es el término general empleado para ciertas reacciones químicas en las cuales el agua es dividida en sus componentes oxígeno e hidrógeno. Diversas técnicas están siendo activa y ampliamente investigadas debido a la fuerte demanda que tendría un suministro de hidrógeno barato en la futura economía del hidrógeno.

1.2.1.- AGUA

Nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno H_2O . Los antiguos filósofos consideraban el agua como un elemento básico que representaba a todas las sustancias líquidas. Los científicos no descartaron esta idea hasta la última mitad del siglo XVIII. En 1781 el químico británico Henry Cavendish sintetizó agua detonando una mezcla de hidrógeno y aire. Sin embargo, los resultados de este experimento no fueron interpretados claramente hasta dos años más tarde, cuando el químico francés Antoine Laurent de Lavoisier propuso que el agua no era un elemento sino un compuesto de oxígeno e hidrógeno. En un documento científico presentado en 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac y el naturalista alemán Alexander von Humboldt demostraron conjuntamente que el agua consistía en dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, tal como se expresa en la fórmula actual H_2O .

1.2.2.- PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA

Estado físico: sólida, líquida y gaseosa

Color: incolora

Sabor: insípida

Olor: inodora

Densidad: 1 g./c.c. a 4°C

Punto de congelación: 0°C

Punto de ebullición: 100°C

Presión crítica: 217,5 atm.

Temperatura crítica: 374°C

El agua químicamente pura es un líquido inodoro e insípido; incoloro y transparente en capas de poco espesor, toma color azul cuando se mira a través de espesores de seis y ocho metros, porque absorbe las radiaciones rojas. Sus constantes físicas sirvieron para marcar los puntos de referencia de la escala termométrica Centígrada. A la presión atmosférica de 760 milímetros el agua hierve a temperatura de 100°C y el punto de ebullición se eleva a 374°C, que es la temperatura crítica a que corresponde la presión de 217,5 atmósferas; en todo caso el calor de vaporización del agua asciende a 539 calorías/gramo a 100°.

1.2.3.- PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA

- Reacciona con los óxidos ácidos.
- Reacciona con los óxidos básicos.
- Reacciona con los metales.
- Reacciona con los no metales.
- Se une en las sales formando hidratos.
- Los anhídridos u óxidos ácidos reaccionan con el agua y forman ácidos oxácidos.
- Los óxidos de los metales u óxidos básicos reaccionan con el agua para formar hidróxidos. Muchos óxidos no se disuelven en el agua, pero los óxidos de los metales activos se combinan con gran facilidad.
- Algunos metales descomponen el agua en frío y otros lo hacían a temperatura elevada.
- El agua reacciona con los no metales, sobre todo con los halógenos, por ej: Haciendo pasar carbón al rojo sobre el agua se descompone y se forma una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno (gas de agua).
- El agua forma combinaciones complejas con algunas sales, denominándose hidratos.

- En algunos casos los hidratos pierden agua de cristalización cambiando de aspecto, y se dice que son fluorescentes, es decir, poseen la propiedad de una sustancia para emitir luz cuando es expuesta a radiaciones del tipo ultravioleta, rayos catódicos o rayos X, como le sucede al sulfato cúprico, que cuando está hidratado es de color azul, pero por pérdida de agua se transforma en sulfato cúprico anhidro de color blanco.

1.2.4.- ESTRUCTURA MOLECULAR

La estructura molecular del agua es un dipolo: su constante dieléctrica es muy alta, mayor que para cualquier otro líquido, lo que le confiere la propiedad de disolver cualquier sustancia aunque sea en cantidades extremadamente pequeñas. Ello hace que el agua no sea nunca químicamente pura, llevando siempre diversas sustancias, como gases, sales o grasas, disueltas. El agua es débilmente ionizable, conteniendo siempre algunos iones hidrógeno, dando un pH próximo a 6. La concentración de iones en el agua es muy importante para los organismos.

El agua es el componente principal de la materia viva. Constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos. El protoplasma, que es la materia básica de las células vivas, consiste en una disolución de grasas, carbohidratos, proteínas, sales y otros compuestos químicos similares en agua. El agua actúa como disolvente transportando, combinando y descomponiendo químicamente esas sustancias. La sangre de los animales y la savia de las plantas contienen una gran cantidad de agua, que sirve para transportar los alimentos y desechar el material de desperdicio. El agua desempeña también un papel importante en la descomposición metabólica de moléculas tan esenciales como las proteínas y los carbohidratos. Este proceso, llamado hidrólisis, se produce continuamente en las células vivas.

1.2.6.- TERMÓLISIS

En el desarrollo específico de nuestro proyecto nos vamos a referir concretamente a la termólisis o disociación térmica del agua, puesto que las condiciones de funcionamiento del motor dentro de la cámara de combustión de nuestro motor, están relacionadas con este fenómeno, a continuación procedemos a explicar que sucede en dicho proceso.

La termólisis es una reacción química en la que un compuesto se separa en al menos otros dos cuando se somete a un aumento de temperatura. Se trata de una reacción endotérmica, porque requiere un aporte de calor para romper los enlaces químicos. La temperatura de descomposición es la necesaria para que este proceso tenga lugar.

Además es un proceso químico en el cual se realiza un rompimiento de la unión de las moléculas orgánicas, generando gasificación de los compuestos fácilmente degradables a través de un calentamiento directo o indirecto. Es la descomposición térmica de productos complejos en ausencia de oxígeno, para generar unidades más simples, como el carbono excepto para el caso del vapor de agua en el cual está presente el oxígeno.

Por ejemplo el carbonato cálcico se descompone en óxido de calcio y dióxido de carbono. En otros compuestos se pueden llegar a separar sus átomos constitutivos, por ejemplo, el agua calentada a más de 2500°C rompe sus enlaces y se convierte en átomos de hidrógeno y oxígeno.

Tabla I.1 Reacciones químicas de compuestos.

Clase 1		T≤1000 K	
Proceso		Reacción endotérmica	T(K)
Ciclos termoquímicos de temperaturas “moderadas”	Ciclos de la familia del azufre	Descomposición del ácido sulfúrico	T≈1000

		$H_2SO_4(g) \rightarrow SO_2(g)$ $+ H_2O(g)$ $+ \frac{1}{2} O_2(g)$	
	Ciclos del tipo UT-3	Hidrólisis del bromuro de calcio y del bromuro de hierro $CaBr_2(s) + H_2O(g)$ $\rightarrow CaO(s)$ $+ 2HBr(g)$ $3FeBr_2(s) + 4H_2O(g)$ $\rightarrow Fe_3O_4(s)$ $+ 6HBr(g)$ $+ H_2(g)$	T≈900
Clase 2		1000K ≤ T ≤ 2500 K	
Proceso		Reacción endotérmica	T(K)
Ciclos termoquímicos de temperaturas elevadas	Reducción óxidos metálicos	Disociación del óxido metálico $M_xO_y \rightarrow xM + \frac{y}{2} O_2$	T≈2500
Descarbonización de combustibles fósiles	Pirólisis (cracking)	Descomposición térmica de hidrocarburos $C_xH_y \rightarrow xC(g) + \frac{y}{2} H_2$	T≈1000
	Reformado	Descarbonización de hidrocarburos ligeros $C_xH_y + xH_2O \rightarrow xCO$ $+ (\frac{y}{2} + x)H_2$	T≈1000
	Gasificación	Descarbonización de hidrocarburos pesados o carbón	T≈1100

		$C_xH_y + xH_2O \rightarrow xCO$ $+ (y/2$ $+ x)H_2$	
Clase 3			T > 2500 K
Proceso		Reacción endotérmica	T(K)
Termólisis del agua		Disociación del agua $H_2O \rightarrow H_2 + 1/2 O_2$	T > 2500

La termólisis a menudo se conoce también como pirolisis. Esto es únicamente una preferencia en el uso de la terminología, ya que la traducción directa del griego pyro es fuego (calentamiento directo por llama), mientras que thermo significa calor (calentamiento indirecto). Por lo tanto, es más adecuado hablar de termólisis para el proceso en cuestión.

1.3.- BENEFICIOS Y FUNDAMENTACIÓN DE LA INYECCIÓN DE AGUA.

Al disociarse el agua, las dos moléculas de hidrógeno aumentan la explosión y la molécula de oxígeno que se libera, transforma el monóxido de carbono de la combustión en bióxido de carbono (el gas usado en las gaseosas) con esto se produce una transformación química del agua. De esta manera el motor no contamina. Prácticamente los gases que entrega el motor se pueden respirar.

El agua le baja la temperatura al motor porque la llama de la combustión se apaga en mucho menos tiempo. Normalmente, cuando el pistón va bajando, la llama se estira como una lengua. Con agua eso no sucede. Se produce la explosión e inmediatamente la llama se apaga. Entonces el pistón baja libremente porque ya no existe el vacío que produce la llama. Y no quedan residuos carbonosos de la explosión porque el monóxido se transformó en bióxido. La

teoría es que además de enfriar un poco el motor, como los líquidos no se comprimen, aumenta la relación de compresión del motor también, esto ayuda en lo que respecta a la potencia.

Aplicando a un régimen constante de inyección, tabulado y calculado para cada disposición de motorización, el sistema brinda al motor un aumento de potencia. Esto le proporciona mayor aire al motor, lo que se traduce en un ahorro considerable de combustible ya sean motores Diesel, Gasolina o con GNC.

Al inyectar el agua a los cilindros aleja la detonación, suaviza las máximas presiones, reduce la temperatura de las bujías, válvulas y gases de escape, no dañando la lubricación de los cilindros.

Pero no solo el ahorro de combustible es significativo, ya que la presencia del agua en la cámara de combustión genera una explosión completa y pareja, brindando mayor suavidad al recorrido del motor y eliminando las nocivas formaciones de carbón en la cámara. Esto significa que las paredes de la cámara y camisa estarán más limpias, los aros ya no lucharán con las formaciones carbonosas en las paredes ni el pistón tendrá en su tope, disminuyendo el desgaste de las piezas móviles del motor y alargando la vida útil del aceite y el filtro, ya que no se verán afectados por los residuos de la combustión. Lo mismo ocurre con el circuito de escape, el catalizador y el silenciador.

Una de las más considerables ventajas, se refiere a la reducción de los niveles de emisión de gases contaminantes, especialmente en los NO_x , que en la actualidad son los causantes de un sin número de complicaciones en la salud de los seres humanos.

1.4.- EMISIONES DE CO₂, NO_x, HC, ENTRE OTROS

Además del argón y del dióxido de carbono, también hay muchas sustancias indeseables creadas por el hombre como monóxido de carbono (CO), gas hidrocarburo (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂), etcétera.

Estas sustancias indeseables son denominadas “contaminantes del aire”, esta contaminación no es solo causada por los automóviles, sino también por otras causas importantes que incluyen fuentes estacionarias como fábricas, plantas de poder termoeléctrico, calentadores de edificios e incineradores; y fuentes móviles como aviones y barcos.

1.4.1.- CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR LOS AUTOMÓVILES.¹

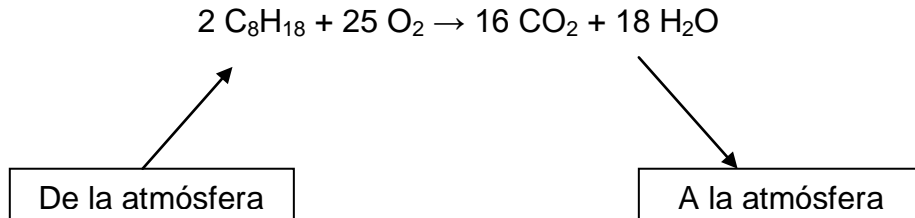
La contaminación producida por los automóviles es creada por la contaminación o evaporación del combustible del automóvil (gasolina o combustible diesel). Estos pueden ser divididos en tres sustancias básicas: CO, HC y NO_x. Estos gases son desagradables de respirar, y en muchos casos son peligrosos para los seres humanos, animales o plantas.

¹SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES

TOYOTA MOTOR CORPORATION – Japón: Toyota, 1990

1.4.2.- GASES DE ESCAPE.

Cuando la gasolina se quema, se combina (reacciona) con el oxígeno en el aire para formar dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O). Esta reacción puede ser expresada de la siguiente manera:



La ecuación química anterior asume que la gasolina es completamente quemada, lo cual no ocurre en la práctica, productos nocivos como los que se mencionan más abajo son producidos también pero solo en cantidades pequeñas.

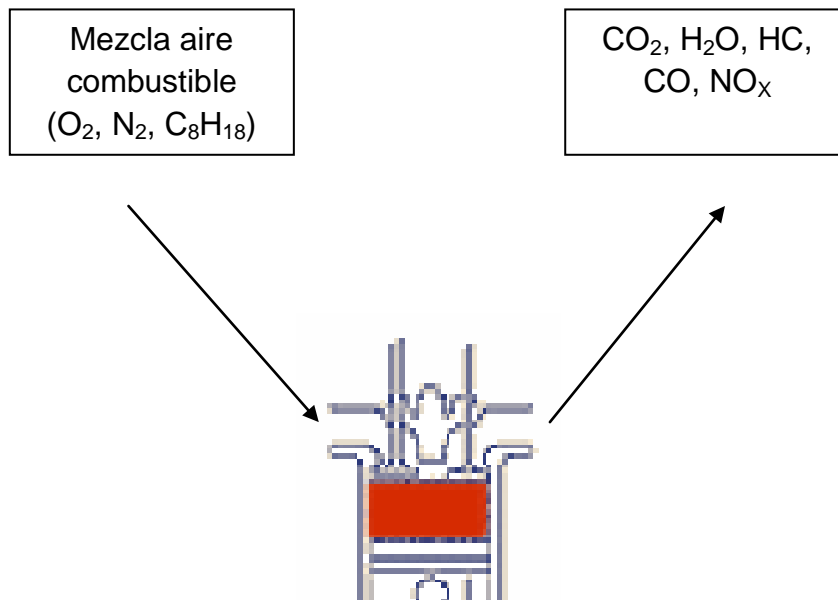


Figura 1.1 Proceso de combustión del motor

1.4.2.1.- Monóxido de carbono (CO).

El CO es producido por la combustión incompleta de la gasolina, que ocurre por la falta de oxígeno en el momento de la combustión.

Si se lo inhala, el monóxido de carbono reemplaza al oxígeno que las células necesitan para su funcionamiento. El monóxido de carbono del aire se acumula rápidamente en la sangre, causando síntomas similares a los de la gripe, tales como jaqueca, fatiga, náuseas, mareos, estado de confusión e irritabilidad. A medida que aumenta su concentración, el CO produce vómitos, pérdida del conocimiento y, finalmente, daño cerebral y muerte. Las personas que sufren de problemas cardíacos son particularmente sensibles al CO, pudiendo experimentar dolor en el pecho si lo inhalan al realizar ejercicio. Los niños, los ancianos y las personas con problemas respiratorios son también especialmente sensibles.

El monóxido de carbono produce trastornos en individuos sanos, afectando las funciones motoras, la vista, la destreza manual, la capacidad de aprendizaje y de realizar tareas complejas.

1.4.2.2.- Hidrocarburos (HC).

El HC es gasolina cruda como la del automóvil. Proviene de las siguientes fuentes:

- Gas crudo de escape de cilindro causado por el traslape del tiempo de admisión y el tiempo de la válvula de escape.
- Gas crudo que queda cerca de las paredes del cilindro después de la combustión y escapado durante el ciclo de escape.
- Gas no quemado que queda en la cámara de combustión después de que el vehículo falla cuando marcha a rueda libre o cuando se frena el motor.
- Gas crudo creado por la combustión incompleta debido al insuficiente tiempo de combustión o por una mezcla excesiva de aire combustible.

1.4.2.3.- Óxidos de nitrógeno (NO_x).

El NO_x es producido por el nitrógeno y el oxígeno en el aire de la mezcla aire combustible, que se combina si la temperatura dentro de la cámara de combustión llega a sobre 1800°C (3300 °F).

Hay diferentes compuestos moleculares formados por nitrógeno (N₂) y oxígeno (O₂) como NO, NO₂, N₂O, N₂O₃, etcétera. Estos son llamados “óxidos de nitrógeno” y son expresados por conveniencia como NO_x.

El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente; ninguno de los dos es inflamable.

1.4.2.4.- Dióxido de carbono (CO₂).

El dióxido de carbono, también denominado óxido de carbono y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO₂.

El dióxido de carbono es uno de los gases de efecto invernadero (G.E.I.) que contribuye a que la tierra tenga una temperatura habitable. Por otro lado, un exceso de dióxido de carbono se supone que acentuaría el fenómeno conocido como efecto invernadero, reduciendo la emisión de calor al espacio y provocando un mayor calentamiento del planeta; sin embargo, se sabe también que un aumento de la temperatura del mar por otras causas (como la intensificación de la radiación solar) provoca una mayor emisión del dióxido de carbono que permanece disuelto en los océanos (en cantidades colosales), de tal forma que la variación del contenido del gas en el aire podría ser causa o consecuencia de los cambios climáticos, cuestión que no ha sido dilucidada por la ciencia.

En los últimos años la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera ha presentado un aumento. Se ha pasado de unas 280 ppm en la era preindustrial a unas 379 ppm en 2005 (aún cuando su concentración global en la atmósfera es de apenas 0,03%).

1.5.- BOMBAS DE INYECCIÓN DE AGUA

Una bomba hidráulica es un dispositivo tal que recibiendo energía mecánica de una fuente exterior la transforma en una energía de presión transmisible de un lugar a otro de un sistema hidráulico a través de un líquido cuyas moléculas estén sometidas precisamente a esa presión. Las bombas hidráulicas son los elementos encargados de impulsar el aceite o líquido hidráulico, transformando la energía mecánica rotatoria en energía hidráulica.

El proceso de transformación de energía se efectúa en dos etapas: aspiración y descarga.

1.5.1.- ASPIRACIÓN

Al comunicarse energía mecánica a la bomba, ésta comienza a girar y con esto se genera una disminución de la presión en la entrada de la bomba, como el depósito de aceite se encuentra sometido a presión atmosférica, se genera entonces una diferencia de presiones lo que provoca la succión y con ello el impulso del aceite hacia la entrada de la bomba.

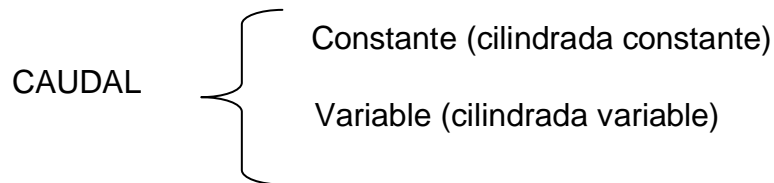
1.5.2.- DESCARGA

Al entrar el agua, la bomba lo toma y lo traslada hasta la salida y se asegura por la forma constructiva que el fluido no retroceda. Dado esto, el fluido no encontrará más alternativa que ingresar al sistema que es donde se encuentra espacio disponible, consiguiéndose así la descarga.

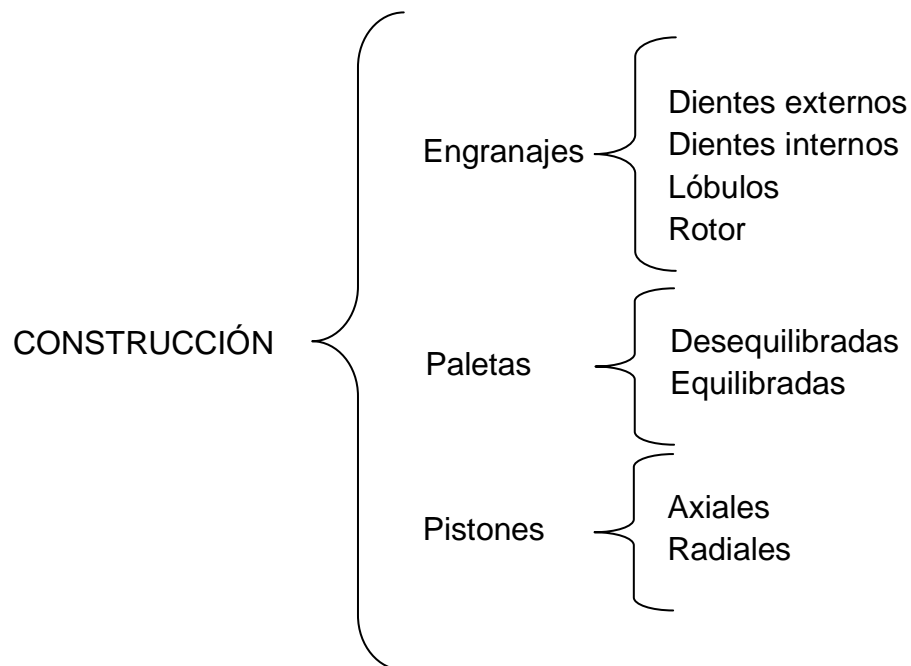
1.5.3.- CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS.

Dentro de la clasificación de las bombas podemos encontrar dos tipos por su caudal y por su construcción.

1.5.3.1.- Bombas por caudal.



1.5.3.2.- Bombas por su construcción.



1.5.4.- CILINDRADA.

Se refiere al volumen de agua que la bomba puede entregar en cada revolución.

$$C = \pi * \frac{(D^2 - d^2)}{4} * I$$

Donde:

- D = Diámetro mayor del engranaje
- d = Diámetro menor del engranaje
- l = Ancho del engranaje

Unidades: cm³/rev

1.5.5.- CAUDAL TEÓRICO.

Es el caudal que de acuerdo al diseño, debiera entregar la bomba (caudal Ideal)

$$Q_T = C * N$$

Donde:

- C = Cilindrada (cm³/rev)
- N = Rpm (1/rev)

1.5.6.- RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO.

$$n_v = \frac{Q_R}{Q_T} * 100$$

Donde:

- QR = Caudal Real
- QT = Caudal Teórico

1.5.7.- BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.

Gracias al movimiento cíclico constante de su parte móvil, una bomba de desplazamiento positivo es capaz de entregar un caudal constante de líquido y soportar (dentro de sus límites) cualquier presión que se requiera.

En otras palabras, una bomba de desplazamiento positivo genera caudal, pero a alta presión.

Una bomba de desplazamiento positivo consiste básicamente de una parte móvil alojada dentro de una carcasa. La bomba mostrada en la figura tiene un émbolo como parte móvil. El eje del émbolo está conectado a una máquina de potencia motriz capaz de producir un movimiento alternativo constante del émbolo. El puerto de entrada está conectado al depósito, en los puertos de entrada y salida, una bola permite que el líquido fluya en un solo sentido a través de la carcasa.

Estas bombas las constituyen las del tipo oleo hidráulico, es decir, bombas que además de generar el caudal, lo desplazan al sistema obligándolo a trabajar, este fenómeno se mantiene aún a elevadas presiones de funcionamiento.

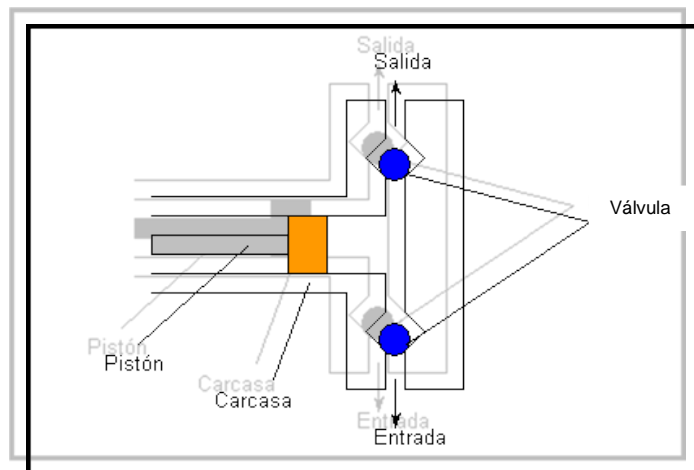


Figura 1.2 Esquema de funcionamiento.

Las bombas pueden clasificarse además dependiendo de la forma en que se desplaza la parte móvil de éstas; si el desplazamiento es rectilíneo y alternado, entonces se llamarán oscilantes, y si el elemento móvil gira se llamarán rotativas.

Se dice que una bomba es de desplazamiento No positivo cuando su órgano propulsor no contiene elementos móviles; es decir, que es de una sola pieza, o de varias ensambladas en una sola.

A este caso pertenecen las bombas centrífugas, cuyo elemento propulsor es el rodete giratorio. En este tipo de bombas, se transforma la energía mecánica recibida en energía hidro-cinética imprimiendo a las partículas cambios en la proyección de sus trayectorias y en la dirección de sus velocidades. Es muy importante en este tipo de bombas que la descarga de las mismas no tenga contrapresión pues si la hubiera, dado que la misma regula la descarga, en el caso límite que la descarga de la bomba estuviera totalmente cerrada, la misma seguiría en movimiento no generando caudal alguno trabajando no obstante a plena carga con el máximo consumo de fuerza motriz.

Por las características señaladas, en los sistemas hidráulicos de transmisión hidrostática de potencia hidráulica nunca se emplean bombas de desplazamiento no positivo.

Se dice que una bomba es de desplazamiento positivo, cuando su órgano propulsor contiene elementos móviles de modo tal que por cada revolución se genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, independientemente de la contrapresión a la salida. En este tipo de bombas la energía mecánica recibida se transforma directamente en energía de presión que se transmite hidrostáticamente en el sistema hidráulico.

En las bombas de desplazamiento positivo siempre debe permanecer la descarga abierta, pues a medida que la misma se obstruya, aumenta la presión en el circuito hasta alcanzar valores que pueden ocasionar la rotura de la bomba;

por tal causal siempre se debe colocar inmediatamente a la salida de la bomba una válvula de alivio o de seguridad con una descarga a tanque y con registro de presión.

1.6.- SISTEMA DE INYECCIÓN DE GASOLINA DEL CHEVROLET OPTRA

1.6.1.- INYECCIÓN ELECTRÓNICA MULTEC - M.P.F.I.

Este sistema utiliza un inyector para cada cilindro este es denominado MULTEC – MPFI y la forma de inyectar es semi-secuencial es decir 2 inyectores a la vez cada 180° de giro del árbol de levas. El sistema fue diseñado para proporcionar las siguientes características:

- Reducción de la emisión de gases.
- Combustión óptima de combustible.
- Tensión máxima en bajas revoluciones del motor.

1.6.2.- COMPONENTES DEL MULTEC – MPFI

Los distintos componentes del sistema de inyección MULTEC y MPFI son:

1. Luz de anomalía
2. Conector DLC
3. Módulo de control electrónico
4. Regulador de presión de combustible
5. Inyectores
6. Sensor de la posición de la mariposa
7. Sensor de posición del cigüeñal
8. Sensor de posición del árbol de levas
9. Sensor de golpeteo
10. Sensor de temperatura de aire
11. Sensor de temperatura del refrigerante

12. Sensor de la presión absoluta del múltiple
13. Sensor de oxígeno
14. Riel de combustible
15. Relé de la bomba de combustible
16. Bomba de combustible
17. Filtro de combustible
18. Cánister
19. Módulo de encendido - DIS
20. Sensor de velocidad del vehículo

1.7.- CENTRALITAS DE VEHÍCULOS

Una centralita electrónica, es un dispositivo electrónico normalmente conectado a una serie de sensores que le proporcionan información a los actuadores que ejecutan sus comandos. Las centralitas electrónicas cuentan con un software cuya lógica le permite tomar decisiones y operar a los actuadores según la información que proporcionan los sensores.

En la electrónica del automóvil una centralita electrónica (en inglés electronic control unit, ECU), es un circuito integrado que controla al menos un subsistema eléctrico en el vehículo.

1.7.1.- MEMORIA DE LA UNIDAD DE CONTROL

Se trata de una interfaz entre el procesador y todo en el chip o fuera del chip de memoria. Hay tres bloques de interfaces de memoria RAM interna, interfaz de ROM interna y externa de datos y la dirección autobuses.

1.7.2.- UNIDAD CENTRAL ARITMÉTICA LÓGICA

Dependencia Central Aritmética-Lógica. (CALU) lleva a cabo:

- Registrarse-amplió pasando

- 32-bit de operaciones aritméticas
- 32-bit de lógica de las operaciones

1.7.3.- UNIDAD DE REGISTROS AUXILIARES

Ocho registros auxiliares se utilizan para hacer frente a datos indirectos o temporales de almacenamiento de datos. La Unidad Aritmética de registros Auxiliares realiza operaciones después de cada toma indirecta de los datos de memoria de lectura / escritura.

1.8.- SENSORES DE LA SEÑAL BASE

1.8.1.- SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN TPS

El sensor de posición de mariposa del acelerador (TPS), contiene un potenciómetro sujetado al eje de la mariposa de aceleración y alimentada con una tensión de 5 voltios desde el ECM. Efectúa un control preciso de la posición angular de la mariposa.

El ECM toma esta información para poder efectuar distintas funciones de suma importancia para el correcto funcionamiento de un sistema de inyección electrónica de combustible.

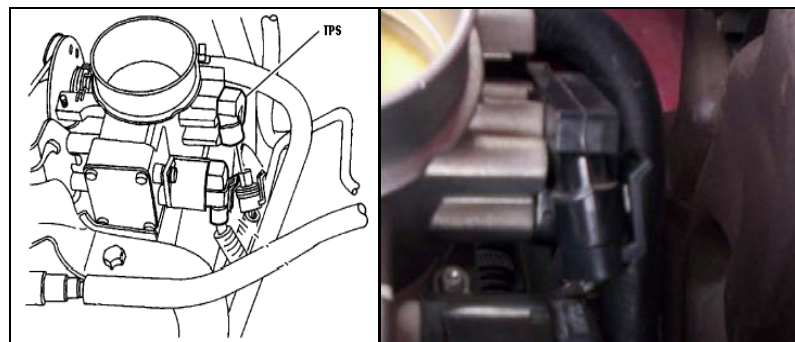


Figura 1.3 Sensor de posición de la mariposa de aceleración (TPS)

1.8.2. SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA EN EL COLECTOR DE ADMISIÓN MAP

El sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP), es un dispositivo de resistencia piezoeléctrico que cambia un voltaje de referencia de 5 voltios en respuesta a los cambios en la presión del múltiple. Al incrementarse la presión del múltiple, el voltaje del MAP también se incrementa.

El sensor MAP mide la presión en el colector de admisión resultante de la variación de carga de rotación del motor, y la convierte en salida de voltaje. La condición de la mariposa de aceleración cerrada, debido a la desaceleración del motor, generará una salida relativamente baja en el sensor MAP.

Al nivel del mar, un motor a velocidad de marcha mínima hará que la señal de voltaje del sensor MAP esté entre 1.2 y 1.9 voltios, normalmente con un promedio de 1.5. Mientras que el voltaje a velocidad de marcha mínima está en estos límites y el voltaje se incrementa a medida que aumenta la carga del motor (como cuando se pisa el acelerador), y baja a medida que disminuye la carga del motor, entonces el sensor MAP está funcionando normalmente.

El valor del sensor MAP es opuesto al valor medido en un medidor de vacío, cuando la presión en el colector es alta, el vacío es alto.

El ECM utiliza la información del sensor MAP para el control de dos sistemas principales. Primero, la señal del sensor MAP se utiliza para medir el flujo de aire que entra al motor y segundo, se utiliza para medir la carga del motor con el fin de retardar el tiempo de encendido cuando el motor empieza a funcionar bajo una carga.



Figura 1.4 Sensor de presión absoluta en el colector de admisión (MAP)

1.9.- GENERALIDADES DE LA COMBUSTIÓN

La combustión es una reacción química común, consistente en la combinación del gas oxígeno con otros elementos tales como el hidrógeno o carbono. Uno de los tipos de proceso de combustión tiene lugar en el motor del automóvil. En él, el aire combustible (vapor de gasolina) son mezclados, comprimidos y después se produce el encendido.

El aire (presente en la atmosfera) contiene oxígeno; alrededor del 20%, o sea, una quinta parte del aire es oxígeno. La gasolina está formada esencialmente por carbono e hidrógeno (por ello la gasolina es llamada hidrocarburo).

Cuando se enciende la mezcla aire-combustible el átomo de oxígeno que posee 8 protones y 8 neutrones en su núcleo y 8 electrones girando alrededor del mismo en dos trayectorias u órbitas distintas. En la órbita interior giran 2 electrones y en la exterior 6. Esta última órbita puede contener un máximo de 8 electrones; esto ocurrirá cuando capte 2 electrones libres adicionales que se muevan lo suficientemente cerca del átomo. El átomo de hidrogeno posee 1 electrón.

Cuando la gasolina se quema en el motor, esta se descompone en hidrógeno y carbono entonces estos dos elementos se combinan con el oxígeno

del aire. Por ejemplo cuando el hidrógeno se combina con el oxígeno 2 átomos de hidrógeno ceden sus electrones correspondientes a un átomo de oxígeno. Estos 2 electrones pasan a formar parte de la órbita exterior del átomo de oxígeno, es decir rellenan o completan esta órbita. Esto hace que el átomo de oxígeno quede cargado negativamente (ya que ha sumado 2 electrones procedentes de los 2 átomos de hidrógeno). Así mismo, los dos átomos de hidrógeno que han cedido sus electrones quedan con carga eléctrica positiva (por perder un electrón). El resultado de todo esto es que los dos átomos de hidrógeno son atraídos por el átomo de oxígeno. Los 3 átomos forman una molécula cuyo símbolo químico es H_2O y conocida con el nombre de agua.

Al mismo tiempo ocurre lo expuesto, los átomos de carbono procedentes de la disociación de la gasolina en hidrógeno y carbono, se combinan también con el oxígeno. Un átomo de carbono tiene 6 protones y 6 neutrones en su núcleo y 6 electrones repartidos en dos órbitas, que giran alrededor de aquel. En el proceso de combustión los 4 electrones de la órbita exterior son arrebatados por 2 átomos de oxígeno. Esto hace que los átomos de oxígeno adquieran una carga eléctrica negativa. En consecuencia, el átomo de carbono resulta ligado a dos átomos de oxígeno formando una molécula gaseosa de dióxido de carbono o CO_2 .

Resultados: El oxígeno del aire se ha unido con el hidrógeno y el carbono procedente de la gasolina para formar agua y dióxido de carbono. Puesto que la combustión viene acompañada de altas temperaturas (temperaturas que pueden ser superiores a los $4000^{\circ}F$ o $2204^{\circ}C$), el agua está en forma de vapor, por consiguiente este sale por el escape junto con el CO_2 . Es interesante el que forme más de un litro de agua por cada litro de gasolina que se quema (es decir, podría medirse más de un litro de agua si fuera suficientemente enfriado el vapor de agua producido, con lo cual lo pasaríamos a estado líquido). El hidrógeno de la gasolina se quema con el oxígeno recogido del aire. Esta es la razón por la cual obtenemos más de un litro de agua cuando quemamos un litro de gasolina.

Cuando el motor esta frío parte del agua se condensa en las partes más frías del motor. Esta agua se dirige entonces hacia el cárter del motor donde se mezcla con el aceite allí existente, con la consiguiente formación de impurezas y lodos.

1.10.- POTENCIA EN LOS MOTORES

La potencia es trabajo mecánico que incorpora en su valor el parámetro tiempo. Es decir, la potencia se expresa con un número que cuantifica el trabajo efectuado durante un lapso de tiempo. Mientras más rápido se realiza el trabajo la potencia que se desarrolla es mayor.

La medida original de potencia se expresa en caballos de fuerza o PS (Pferdestärke), y proviene del sistema métrico alemán. El valor de 1 PS equivale a levantar 75 kilogramos a 1 metro de altura en 1 segundo, (75 kg x metro/segundo). Su equivalencia en el sistema de medida inglés es el HP (Horsepower).

El valor de un PS se diferencia levemente del HP: $1 \text{ PS} = 0.9858\text{HP}$.

1 HP es igual a levantar 1 libra a 550 pies de altura en 1 segundo. La capacidad de ejercer torque y potencia en un motor es limitada. Depende de la fuerza de expansión que logran los gases en el cilindro. El torque máximo se consigue cuando el rendimiento volumétrico (% de llenado de los cilindros) es máximo.

La potencia en términos generales, expresa la capacidad para ejecutar un trabajo en el menor tiempo posible. Una fuente de energía que puede mover 1 kg de peso por una distancia de 1 metro en un sólo segundo es más 'potente' que otra capaz de desplazar el mismo peso en 2 segundos.

II.- PRUEBAS EN EL VEHÍCULO ESTANDAR

2.1.- INTRODUCCIÓN

Para tener un mayor conocimiento de las características del vehículo se creyó conveniente el mostrar varios datos que a continuación procedemos a presentar.

Tabla II.1 Características del motor

MODELO	1,8L
Tipo	H18D DOCH
Posición	Longitudinal
Desplazamiento (cc)	1799
Número de cilindros	4 en línea
Número de válvulas	16
Potencia (HP @ RPM)	121 @ 5800
Torque (Kg-m @ RPM)	16.8 @ 4000
Relación Compresión	9,8:1
Diámetro x Carrera (mm)	81,.6X86
Alimentación	MPFI
Material: Bloque/Culata	Hierro / aluminio
Ajuste Valvular	Automático / Hidráulico
Sensor de detonación	Si
Calidad de Gasolina	>87RON

Tabla II.2 Características del sistema eléctrico

MODELO	1,8L
Batería	12V – 80AH
Alternador	95 A

Tabla II.3 Características de la Transmisión

MODELO	1,8L	
Tipo	Mecánica 5 vel.	
Relaciones	1°	0.763
	2°	0.971
	3°	1.346
	4°	2.048
	5°	3.545
Reversa	3.333	



Figura 2.1 Dimensiones del Chevrolet Optra

2.2.- IDENTIFICACIÓN DEL CÓDIGO MOTOR

Para la identificación de los motores son utilizados códigos conformados por diferentes dígitos los cuales cada uno de estos describe las características más importantes del motor:

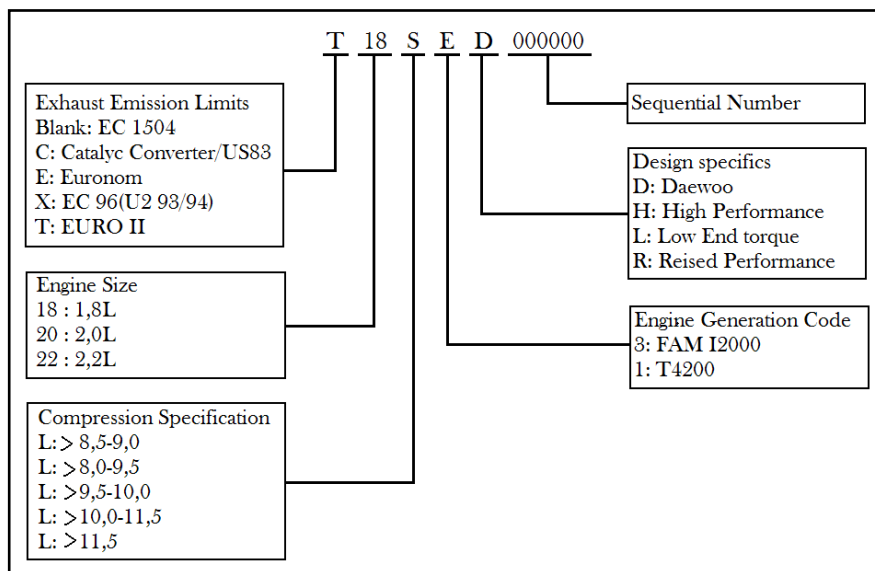


Figura 2.2 Identificación del código de motor

2.3.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ESTADO DEL MOTOR

El vehículo Chevrolet Optra con que cuenta los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Automotriz fue sometido a pruebas en el Centro de Investigaciones de la CORPAIRE, ubicado en la ciudad de Quito en el sector de Guamaní.

Para las pruebas efectuadas en esta oportunidad el vehículo se encontraba alimentado con gasolina extra.

El equipo utilizado para la determinación de los factores como son potencia normal, torque normal, potencia a la rueda y potencia de arrastre fue un dinamómetro de rodillos de procedencia alemana controlado por un software denominado LPS 3000 que se encarga de generar el diagrama de potencias, el mismo que en las pruebas fue operado por personal de la CORPAIRE.



Figura 2.3 Personal CORPAIRE

2.3.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA

Para la realización de la prueba en el dinamómetro, el cual nos entregó los diagramas de potencias se procedió de la siguiente manera:

1. Se aseguro al vehículo al dinamómetro por medio de correas y sus respectivos dispositivos de amarre.



Figura 2.4 Anclaje del vehículo.

2. El personal encargado de la manipulación del equipo luego de asegurar el vehículo procedió a colocar sondas al motor que contribuían al monitoreo del funcionamiento del mismo.



Figura 2.5 Sondas colocadas en el motor.

3. El dinamómetro cuenta como complemento con un ventilador de altas dimensiones, que se coloca frente al vehículo, el cual genera viento a gran velocidad y potencia que permite que la refrigeración sea la adecuada.



Figura 2.6 Ventilador.

4. Para empezar con la prueba en si se realizó una sincronización de las rpm del motor con el software utilizado por el equipo, esto para tener un valor real del giro del motor.



Figura 2.7 Sincronización de RPM.

5. En la figura anterior se visualiza una pantalla que se coloca a un costado del vehículo en una parte visible para el conductor, en la cual se indica las acciones que debe realizar a lo largo de la prueba. Se debe señalar que esta evaluación se realiza en la penúltima marcha de cada vehículo, en nuestro caso en cuarta marcha.



Figura 2.8 Instrucciones en la pantalla para el conductor.

2.3.2.- PARÁMETROS DE LA PRUEBA.

El sistema necesita ciertos parámetros bajo los cuales realizará los cálculos de comportamiento del motor de combustión interna entre ellos tenemos los siguientes.

Tabla II.4 Parámetros de la prueba.

Parámetro	Valor	Unidad
Carga	50.0	N
T-ambiente	81.1	F
T-aspiración	59.7	F
H-aire	29.6	%
p-aire	718.4	hPa
p-vapor	10.7	hPa

Es importante señalar que solamente el primer dato, carga, es ingresado por el operador del equipo, el resto es sometido a mediciones por medio de las sondas instaladas en el equipo y son determinadas por el software.

Entre otros requisitos que el equipo pide para la realización de la prueba se encuentran, por ejemplo, el seleccionar si es un motor de ciclo Otto, si posee sobrealimentación, si la transmisión es delantera o posterior, en si algunas características básicas del vehículo.

2.4.- PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE

El dinamómetro nos entrega los datos calculados por el software una vez que se ha cumplido con la prueba, estos datos son generados en un archivo de tipo hoja de cálculo, el mismo que una vez analizados los datos nos permitió realizar las graficas correspondientes. Es importante resaltar que los datos que se generan se distribuyen, para esta prueba, desde las 740 RPM hasta las 6530 RPM, con un intervalo de cada 5 RPM, es decir, existen alrededor de 1150 datos.

Para la prueba realizada sin el sistema de inyección de agua los resultados obtenidos son los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla II.5 Valores obtenidos en el dinamómetro.

P-Normal	89.4	HP	Corrección según ISO 1585
P-Mot	60.9	HP	
P-Rueda	36.2	HP	
P-Arrastre	24.7	HP	
en	5780	rpm	
	150.5	kph	
M-Normal	95.7	lbf.ft	Corrección según ISO 1585
en	4375	rpm	
	113.9	kph	

Para los parámetros como potencia normal y torque normal se utiliza factores de corrección proporcionados por la norma ISO 1585, que se encarga de aproximar los valores a los estándares originales de fabricación del vehículo.

A continuación se explica el significado de cada una de las potencias obtenidas durante la prueba:

- Potencia a la rueda, es la potencia que el vehículo transmite realmente al suelo y es la que el banco mide.
- Potencia de arrastre, son las pérdidas en la transmisión.
- Potencia normal, es la potencia del motor y es igual P rueda + P arrastre.

2.4.1.- DIAGRAMA DE POTENCIAS

Con el archivo obtenido en esta prueba, una vez analizado y comprendido se procedió a graficar las curvas características de esta prueba, bajo las condiciones y parámetros antes mencionados, este diagrama se muestra en la siguiente figura.

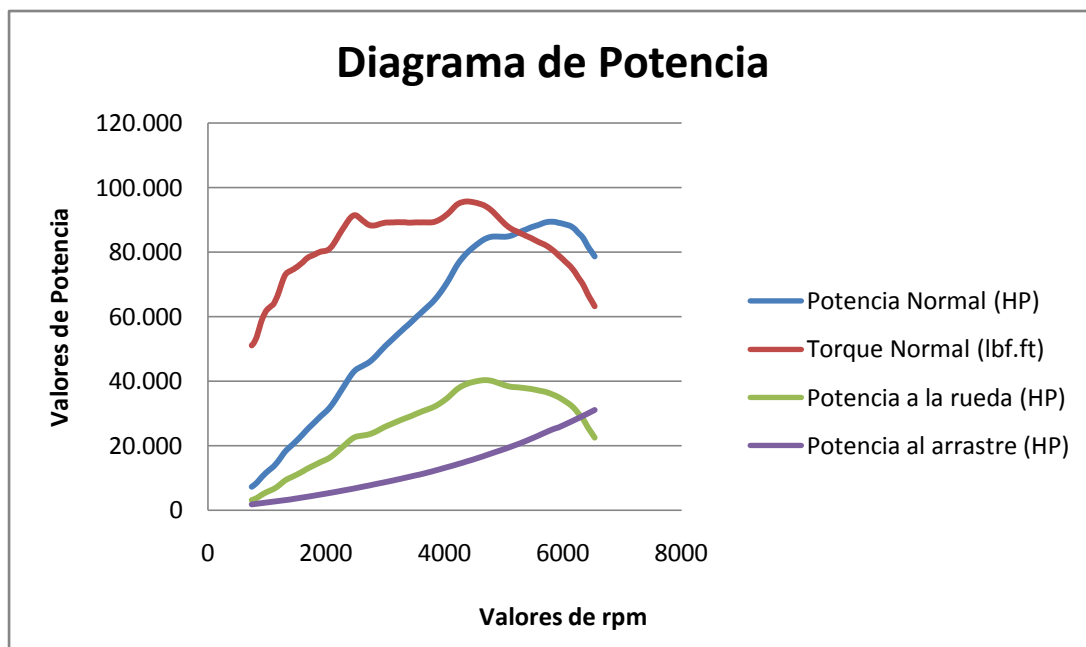


Figura 2.9 Diagrama de potencias con el vehículo estándar.

2.5.- PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES (CO₂, NO_x, HC, ENTRE OTROS).

Uno de los mayores problemas de contaminación ambiental en el mundo, se genera por la circulación de los vehículos, ya que los niveles de emisiones de gases provocan diversos efectos nocivos en los seres vivos.

El trabajo en cuanto a este inconveniente en nuestro país ha sido emprendido por la ciudad de Quito básicamente. En la CORPAIRE se cuenta con un equipo de diagnóstico y análisis de las emisiones que realizan los vehículos, siendo específicamente para nuestro caso el denominado MONTANA, que tiene una procedencia americana y cumple con normas establecidas para este tipo de analizadores.



Figura 2.10 Equipo analizador de gases.

2.5.1.- DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

1. En la misma ubicación donde se realizó la prueba de medición de potencias y torque se colocaron las sondas, en el tubo de escape del vehículo, que midieron los niveles de emisión de gases, las cuales a su vez estaban conectadas al equipo que se muestra en la figura anterior.



Figura 2.11 Sondas del analizador de gases.

2. La prueba también se realizó con el software LPS 3000, el cual mostraba en una pantalla, al igual que en la prueba anterior, las variaciones que debía realizar el conductor en su manejo. Esta prueba tiene una duración de cuatro minutos.



Figura 2.12 Instrucciones en pantalla para el conductor.

3. De la misma forma que la prueba de potencia y torque se necesito que se ingresen diferentes parámetros, los cuales se encuentran tabulados y a disposición del personal de CORPAIRE.



Figura 2.13 Equipo analizador.

2.5.2.- RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANALIZADOR

Al igual que en la prueba anterior el archivo emitido por el analizador de gases se obtuvo en un formato de hoja de cálculo, el cual requiere un conocimiento previo para la correcta interpretación de los resultados obtenidos.

Para la prueba de emisión de gases en el vehículo estándar y alimentado por gasolina los resultados obtenidos fueron los siguientes, tomando en cuenta que los factores analizados son determinados por el equipo.

Tabla II.6 Valores de gases sin el sistema

NO_x [g]	HC [g]	CO [g]	CO₂ [g]
0.077	0.398	10.11	1440

En el analizador de gases se obtienen alrededor de doscientos cincuenta datos, los valores que nos entrega el programa que controla el analizador son calculados por el mismo una vez que ha tomado las muestras a lo largo de los cuatro minutos que dura el test.

III.- DISEÑO DEL SISTEMA

3.1.- DETERMINACIÓN DEL INICIO DE LA INYECCIÓN EN BASE AL SENSOR TPS.

El sensor TPS (Sensor de posicionamiento de la mariposa de aceleración) transmite una señal de voltaje a la computadora indicando la posición del estrangulador. La señal de voltaje aumenta entre más se abre el estrangulador, dichos valores oscilan entre 0.47V cuando el vehículo está en marcha mínima hasta 4.32V cuando el estrangulador está completamente abierto.

3.1.1.- DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

Para la determinación del funcionamiento del TPS en el vehículo realizamos una prueba con ayuda del osciloscopio, variando las rpm del motor y por ende la apertura de la mariposa del acelerador.

3.1.2.- IDENTIFICACIÓN DEL CABLEADO

Fue necesario como primer paso determinar cuáles son los cables correspondientes, tanto para señal, referencia y masa, del sensor mediante el cual se va a trabajar a lo largo del proyecto.

Para esto se utilizó un multímetro, arrojando mediante la práctica y el análisis correspondientes, partiendo de que se encontró en el conector del TPS los tres cables mencionados en el párrafo anterior en los colores azul, gris y verde, los resultados obtenidos son los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla III. 1 Identificación de cableado.

Color	Función
Azul	Tierra
Verde	Referencia
Gris	Señal

3.1.3.- MEDICIONES EFECTUADAS

Con la finalidad de constatar el funcionamiento del sensor TPS, se realizaron diferentes mediciones a diferentes regímenes de giro del motor comprobando además el correcto funcionamiento del vehículo.

3.1.3.1.- Procedimiento para las mediciones

Para realizar la toma de mediciones se colocó los cables del osciloscopio de la siguiente manera:

- Primeramente seleccionamos en el scanner la opción de osciloscopio.
- Cuando seleccionamos esta opción nos pide que escojamos una configuración manual o automática, para nuestro caso se seleccionó la configuración manual.
- Por último, en cuanto a la preparación del equipo, se escogió el parámetro a ser medido, en esta oportunidad el sensor TPS, cuya indicación apareció en la pantalla del osciloscopio en la parte superior izquierda.
- En cuanto al cableado, la masa del osciloscopio se conectó al negativo de la batería.
- Una punta del osciloscopio al cable de señal del TPS.
- El cable de alimentación al conector DLC del vehículo, el mismo que se lo usa también para el diagnóstico con scanner.

3.1.3.2.- Medición en ralentí

Una vez realizado el procedimiento descrito anteriormente, se tomó la primera medición en una velocidad de ralentí para conocer el funcionamiento del TPS.

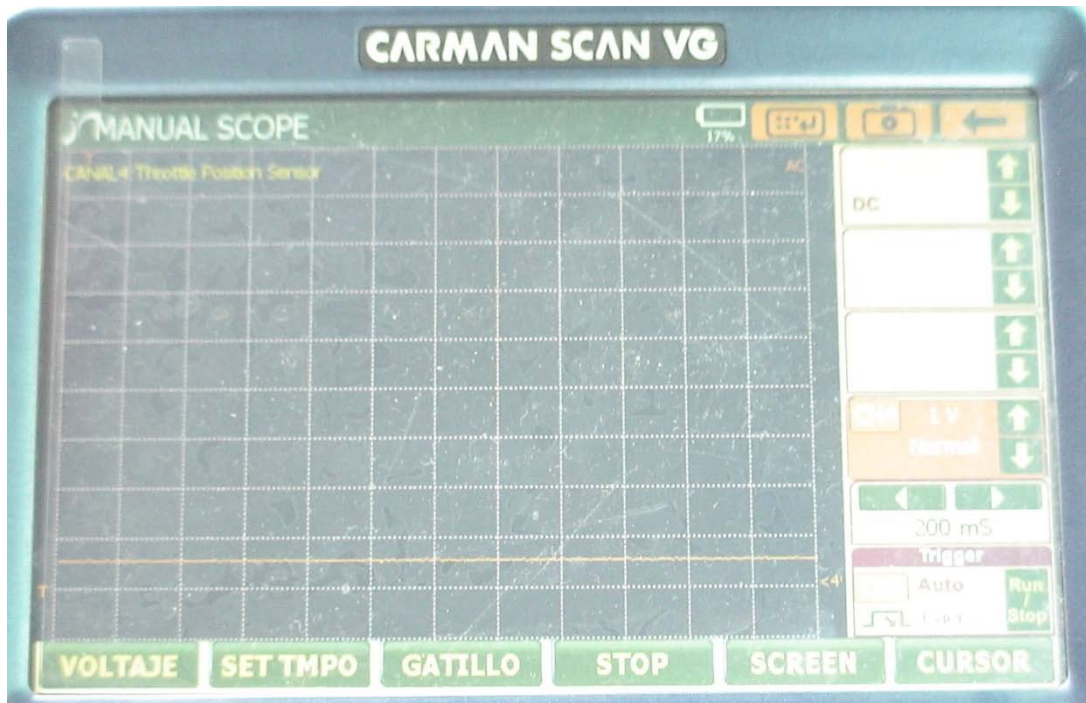


Figura 3.1 TPS en ralentí.

Los resultados obtenidos para este caso se enuncian en la tabla III.2 que a continuación se muestra.

Tabla III.2 Valores TPS en ralentí

Eje X	200 ms por división
Eje Y	1 voltio por división
Voltaje	0.46 V

3.1.3.3.- Medición a 2000 RPM

El comportamiento del sensor TPS es totalmente diferente a medida que se va aumentando de velocidad el giro del motor. En la figura 3.2, que se muestra a continuación se visualiza la curva que describe el mismo en 2000 RPM.

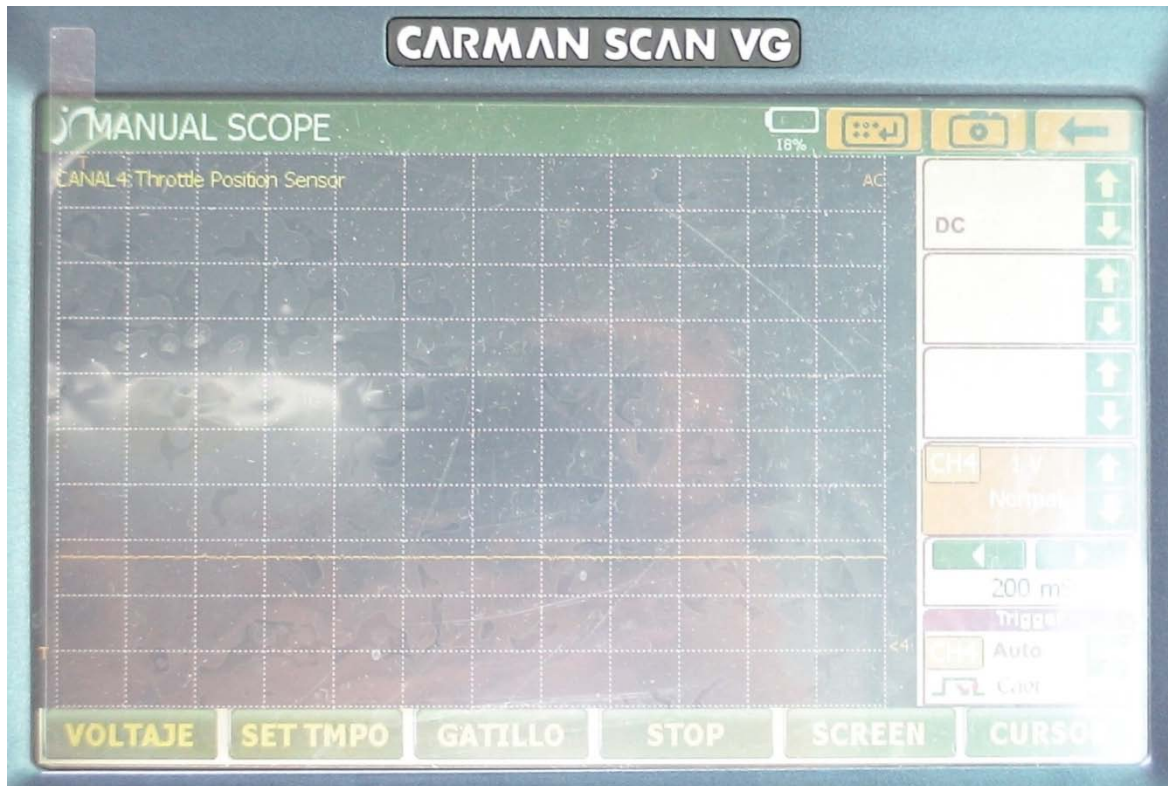


Figura 3.2 TPS a 2000 rpm.

Cuando se culmino con la medición del funcionamiento del sensor TPS a 2000 RPM se elaboró la tabla de datos que se muestra a continuación.

Tabla III.3 Valores TPS a 2000 RPM

Eje X	200 ms por división
Eje Y	1 voltio por división
Voltaje	1.7 V

3.1.3.4.- Medición a 3000 RPM

En el caso del giro del motor, a 3000 RPM, la figura 3.3 muestra la curva que describe el sensor bajo estas condiciones.

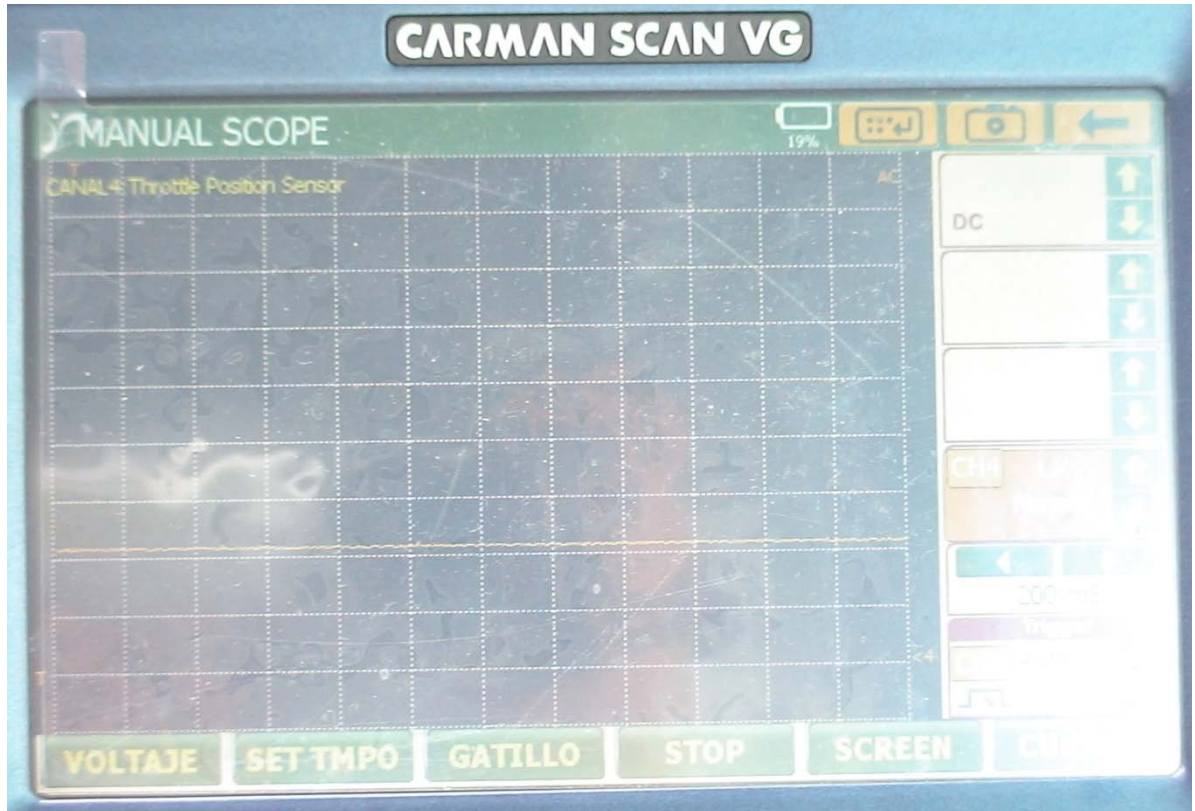


Figura 3.3 TPS a 3000 rpm.

Los valores obtenidos se presentan en la tabla III.4.

Tabla III.4 Valores TPS a 3000 RPM

Eje X	200 ms por división
Eje Y	1 voltio por división
Voltaje	2.2 V

3.1.3.5.- Medición a 4000 RPM

En la figura 3.4 se muestra la curva de funcionamiento del sensor TPS a 4000 RPM

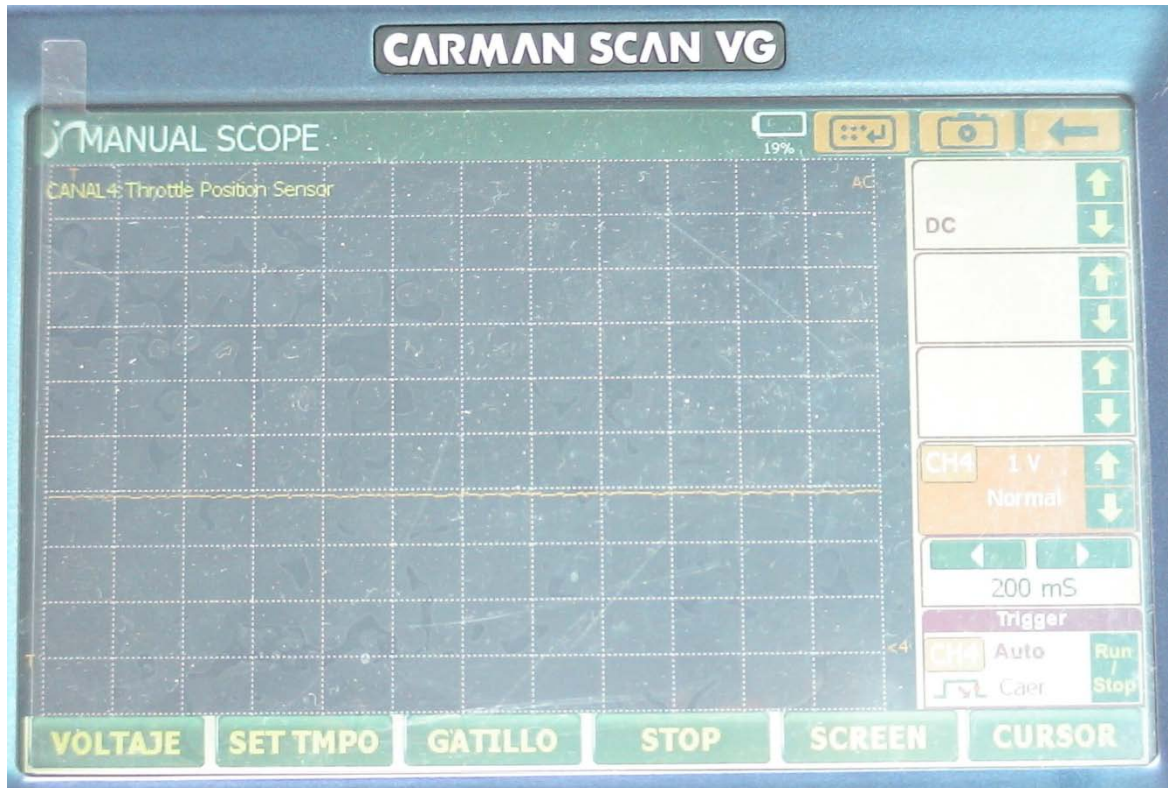


Figura 3.4. TPS a 4000 rpm.

Para este caso los valores se muestran en la tabla III.5

Tabla III.5 Valores TPS a 4000 RPM

Eje X	200 ms por división
Eje Y	1 voltio por división
Voltaje	2.9 V

3.1.3.6.- Medición a 5000 RPM

Por último tomamos los valores de funcionamiento del TPS a 5000 RPM, cuya curva se muestra en la figura 3.5



Figura 3.5 TPS a 5000 rpm.

Los valores obtenidos en la gráfica se muestran en la siguiente tabla.

Tabla III.6 Valores TPS a 5000 RPM

Eje X	200 ms por división
Eje Y	1 voltio por división
Voltaje	3.5V

3.1.3.7.- Medición a ciclo completo

Con la finalidad de entender cómo se comporta el TPS en un ciclo de trabajo se efectuó esta medición, la misma se muestra en la figura 3.6.

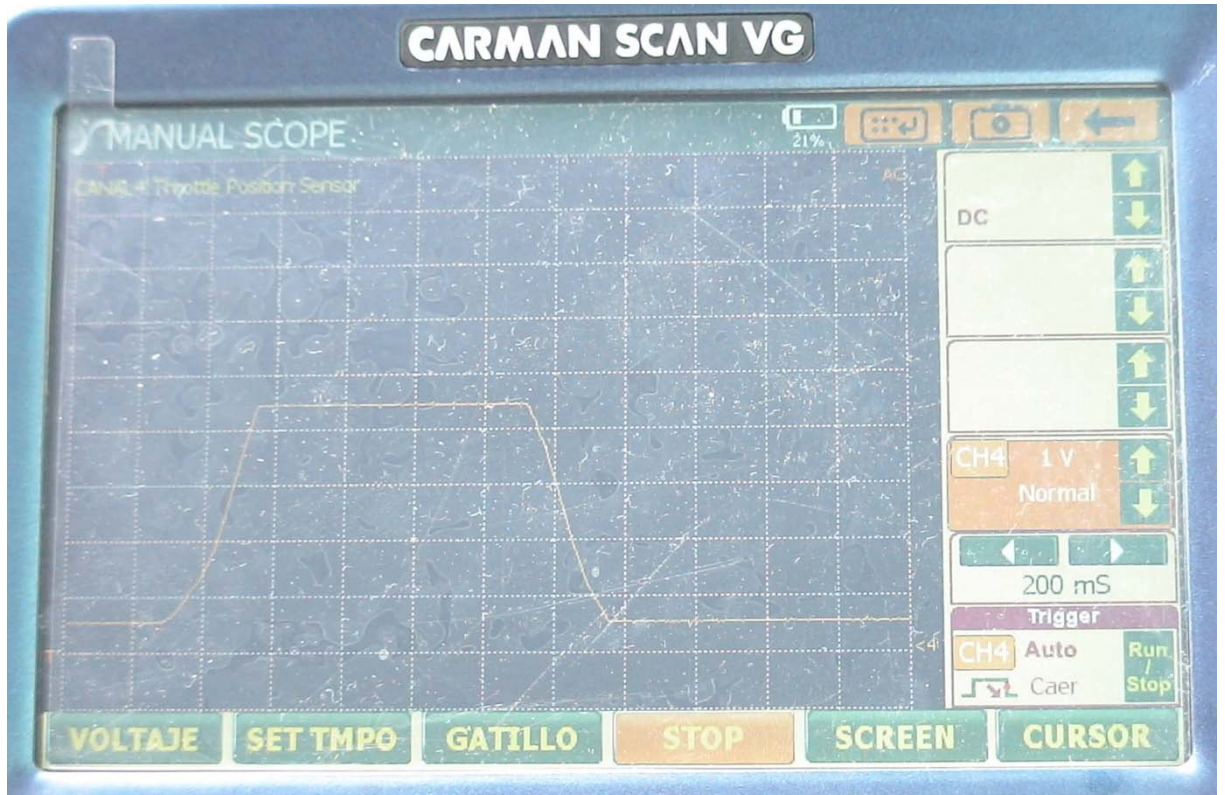


Figura 3.6 TPS ciclo completo.

3.1.4.- CURVA CARACTERISTICA DEL TPS

La obtención de esta curva de funcionamiento fue de suma importancia para el proyecto, ya que como se verá más adelante la base de la inyección de agua es el voltaje entregado por el TPS.

Con los valores obtenidos a lo largo de las mediciones se elaboró la curva de funcionamiento, la misma que se muestra en la figura 3.7 a continuación.

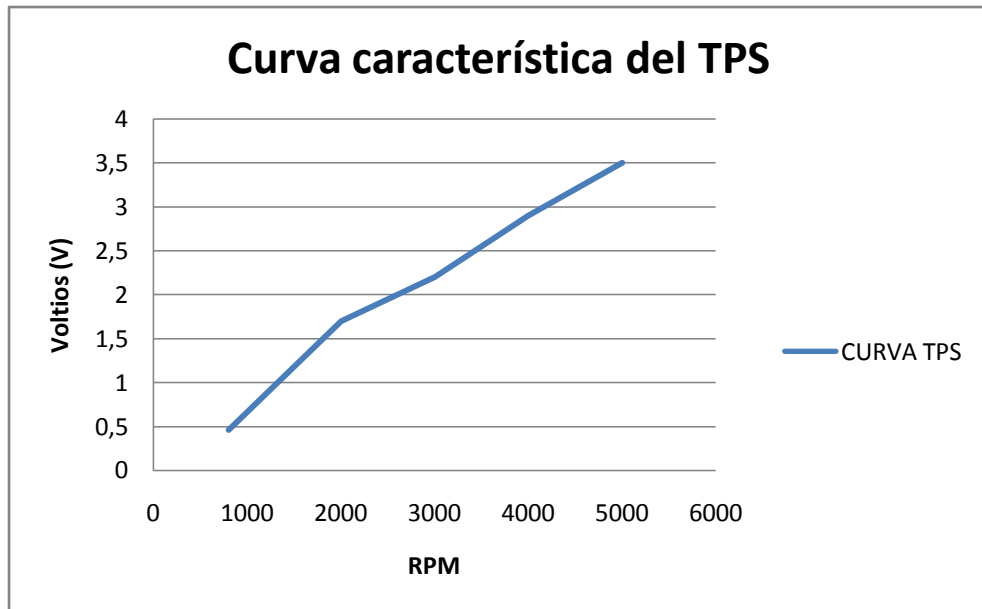


Figura 3.7 Curva característica del TPS.

Además con estos resultados se determinó que el estado de trabajo del TPS es normal ya que los parámetros de voltaje vs apertura de la mariposa son correctos.

3.2.- DISEÑO DEL SISTEMA MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS

Una de las herramientas utilizadas actualmente como ayuda en los diferentes tipos de diseño es sin duda alguna el diseño por elementos finitos. En esta oportunidad se consideró oportuno utilizar el paquete informático denominado SolidWorks 2008, la pantalla de iniciación del programa se visualiza en la figura 3.8.



Figura 3.8 Pantalla de inicio de SolidWorks.

Básicamente el uso de este software nos permite la modelación de diversos elementos, como por ejemplo, elementos mecánicos, piezas móviles, maquinaria, estructuras, entre otros. Además con el empleo de los componentes de este programa podemos proporcionar a nuestras modelaciones movimiento, cálculos y simulación de fuerzas aplicadas y ejercidas en los modelos, cálculos y simulaciones basadas en movimiento de fluidos, para nuestro caso se utilizó el complemento denominado CosmosFloWorks.

La importancia al realizar este tipo de diseño en nuestro proyecto radica en conocer cuál es el comportamiento de los fluidos en el interior del motor de combustión interna.

3.2.1.- MODELACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ADMISIÓN

Como primer paso para realizar el análisis del sistema, efectuamos la modelación de los elementos que intervienen principalmente en el desarrollo del proyecto.

Entre los elementos modelados podemos mencionar el múltiple de admisión, la toma de aire, las válvulas de admisión y escape, la mariposa del acelerador, los inyectores de combustible y el inyector de agua.

3.2.1.1.- Múltiple de admisión

Con el empleo de los diferentes comandos de SolidWorks y tomando en cuenta la forma y medidas reales del múltiple de admisión se completó la modelación del mismo, teniendo como resultado la figura 3.9 que se presenta a continuación.

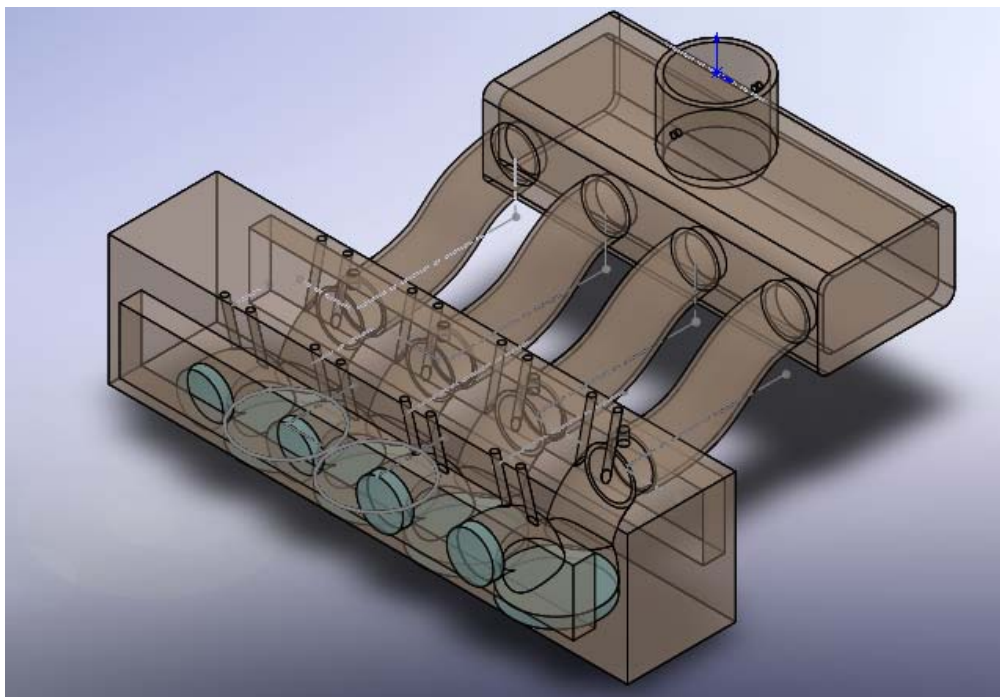


Figura 3.9 Vista isométrica del múltiple de admisión.

Además podemos también apreciar en la figura 3.10 otra de las vistas del múltiple de admisión.

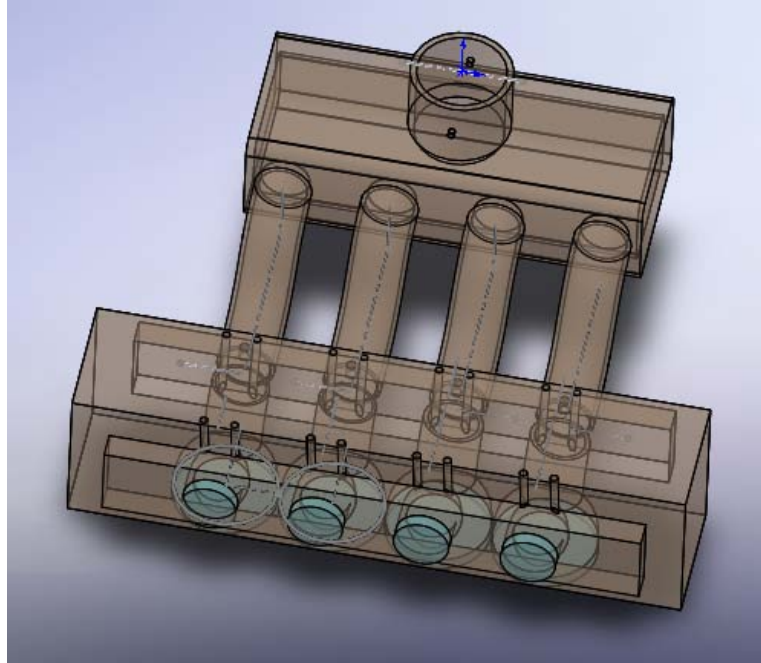


Figura 3.10 Múltiple de admisión.

3.2.1.2.- Toma de aire

La toma de aire es otro de los elementos necesarios para el estudio del proyecto, en la figura 3.11 se muestra el diseño de dicho elemento.

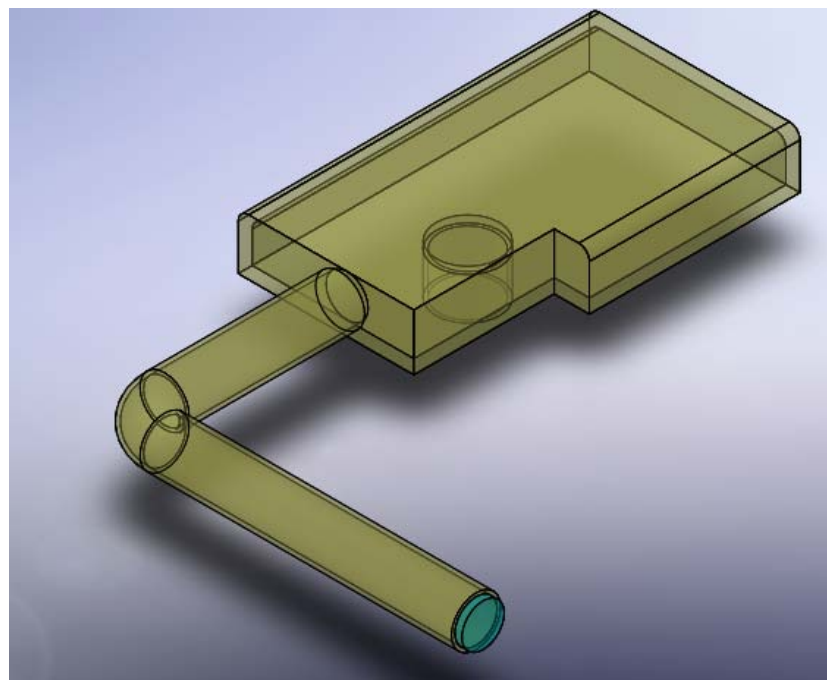


Figura 3.11 Vista Isométrica de la toma de aire.

De igual forma en la figura 3.12 se puede apreciar desde otro ángulo la toma de aire una vez finalizada.

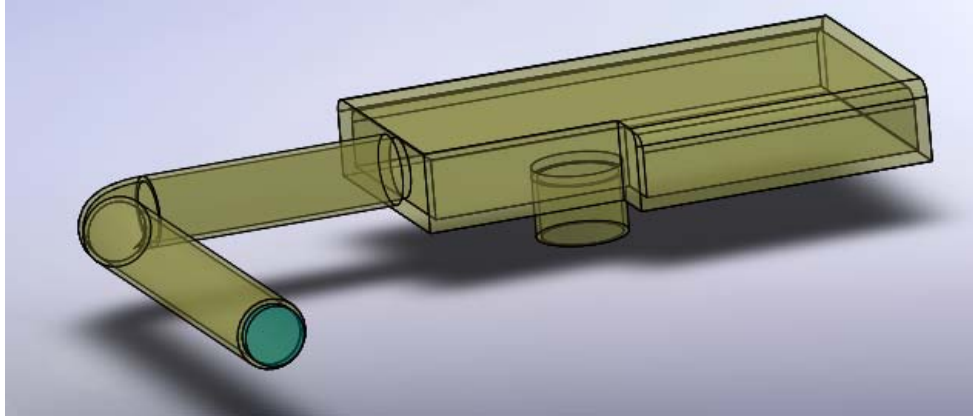


Figura 3.12 Toma de aire.

3.2.1.3.- Válvulas de admisión y escape

Para completar los elementos requeridos para el estudio, se requirió la elaboración de las válvulas de admisión y escape las que se muestran a continuación en las figuras 3.13 y 3.14 respectivamente.



Figura 3.13 Válvula de admisión.



Figura 3.14 Válvula de escape.

3.2.1.4.- Mariposa de aceleración

La mariposa de aceleración es uno de los complementos del múltiple de admisión, por lo tanto, la modelación de esta fue evidentemente necesaria.

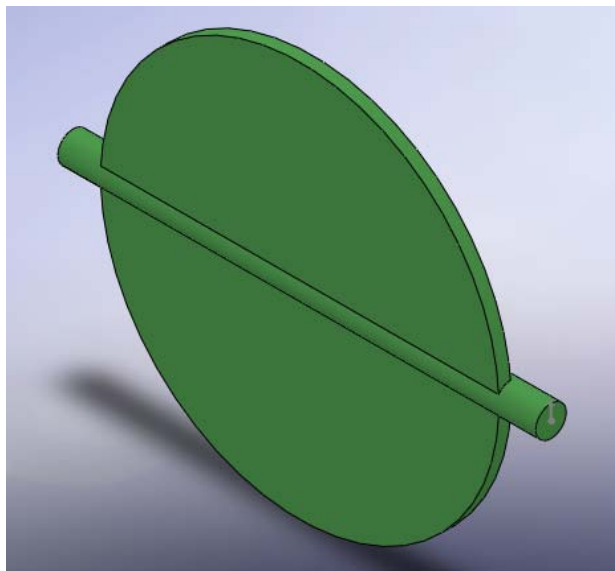


Figura 3.15 Mariposa de aceleración.

3.2.1.5.- Inyectores de combustible

Para que exista en el estudio mediante el software un análisis de los fluidos fue necesaria la modelación del inyector de combustible el mismo que se muestra a continuación.

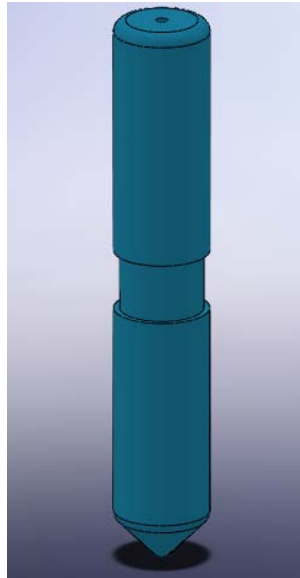


Figura 3.16 Inyector de combustible.

3.2.1.6.- Inyector de agua

Por último, de la misma forma que el elemento anterior, se hizo necesario realizar el inyector de agua.

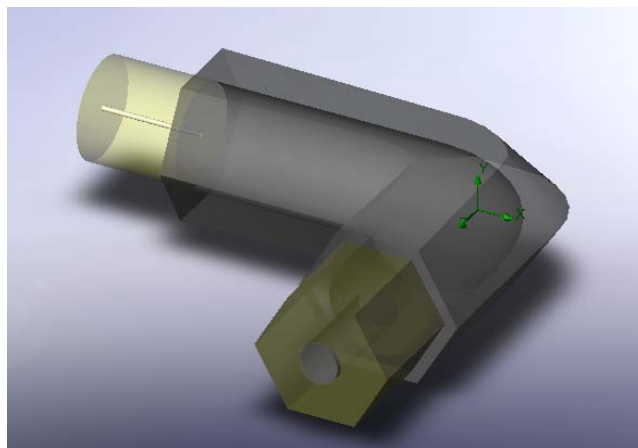


Figura 3.17 Inyector de agua.

3.2.2.- ENSAMBLAJE DE LOS ELEMENTOS

Una vez concluida la modelación de los componentes del sistema, se procedió al ensamblaje de los mismos para realizar la simulación con uno de los componentes del programa. El ensamblaje final se puede apreciar en la figura 3.18.

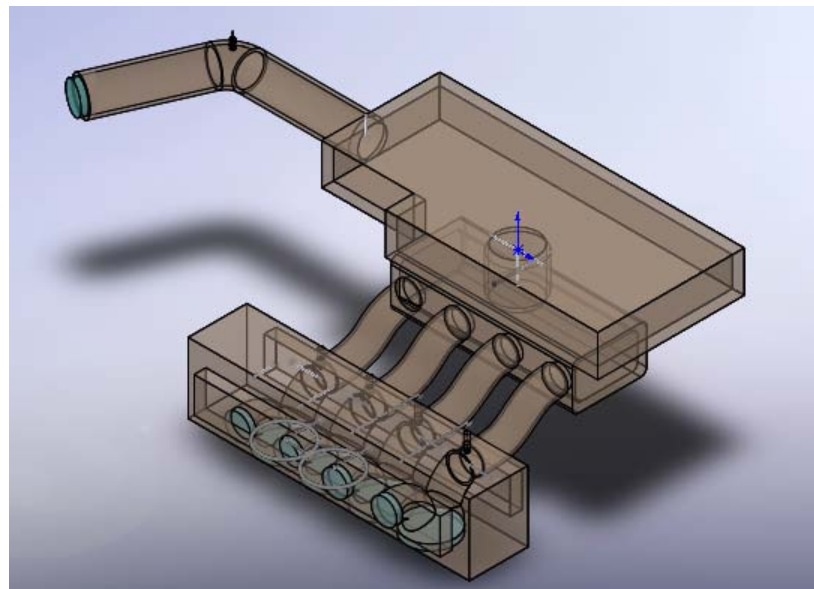


Figura 3.18 Ensamblaje.

3.2.3.- SIMULACIÓN MEDIANTE COSMOS FLOWWORKS

Para la simulación de las diferentes trayectorias de los fluidos es necesaria únicamente la utilización de uno solo de los tubos de admisión del múltiple, como se muestra en la figura 3.19, debido al principio de funcionamiento del motor de combustión interna.

Cuando se realiza un estudio con la ayuda de Floworks se obtiene diferentes análisis de lo que sucede con los fluidos, para nuestro caso, agua, aire y combustible, pudiendo visualizar el comportamiento de los mismos.

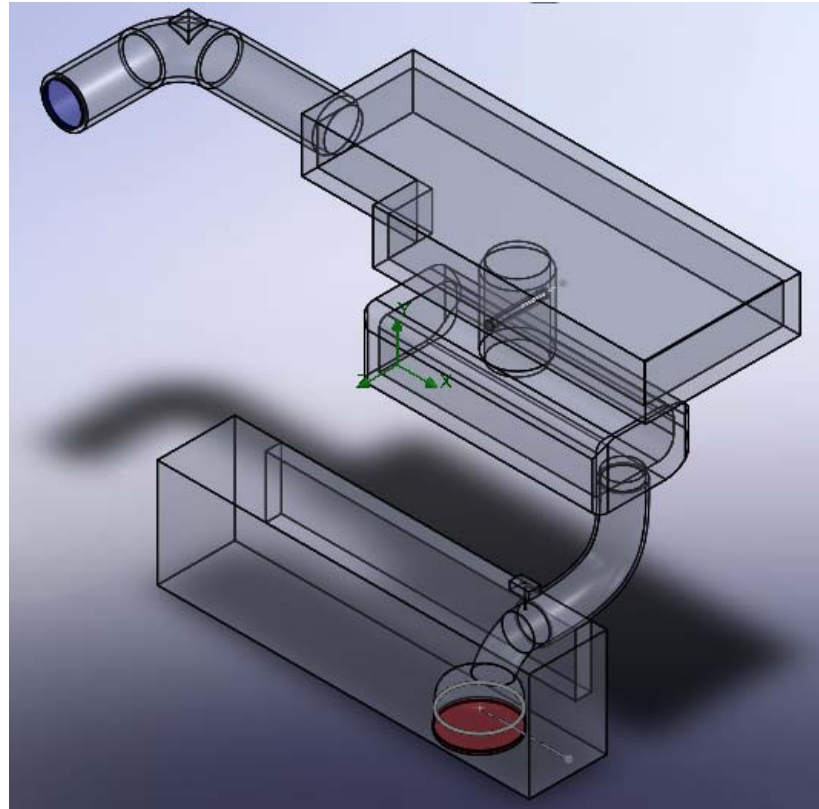


Figura 3.19 Modelo utilizado para simulación.

Entre los parámetros que se toma en cuenta se encuentran el caudal de inyección de agua y la posición de la mariposa de aceleración, estos parámetros tomados a las 3000 RPM.

En la tabla III.7 se muestran las mediciones de caudal de agua a diferentes regímenes de revoluciones.

Tabla III.7 Valores caudal a diferentes RPM

RPM	Voltaje (V)	Tiempo (s)	Caudal (cc/s)
3000	2.2	60	1.34333
4000	2.9	60	1.33666
5000	3.5	60	1.32333

3.2.3.1.- Simulaciones de trayectorias del aire.

Las condiciones que se aplica al estudio de la trayectoria del aire son presión atmosférica y temperatura ambiente.

3.2.3.1.1.- Trayectoria de presión del aire.

En las figuras 3.20 y 3.21, se muestra el comportamiento de la presión de ingreso del aire al sistema de admisión.

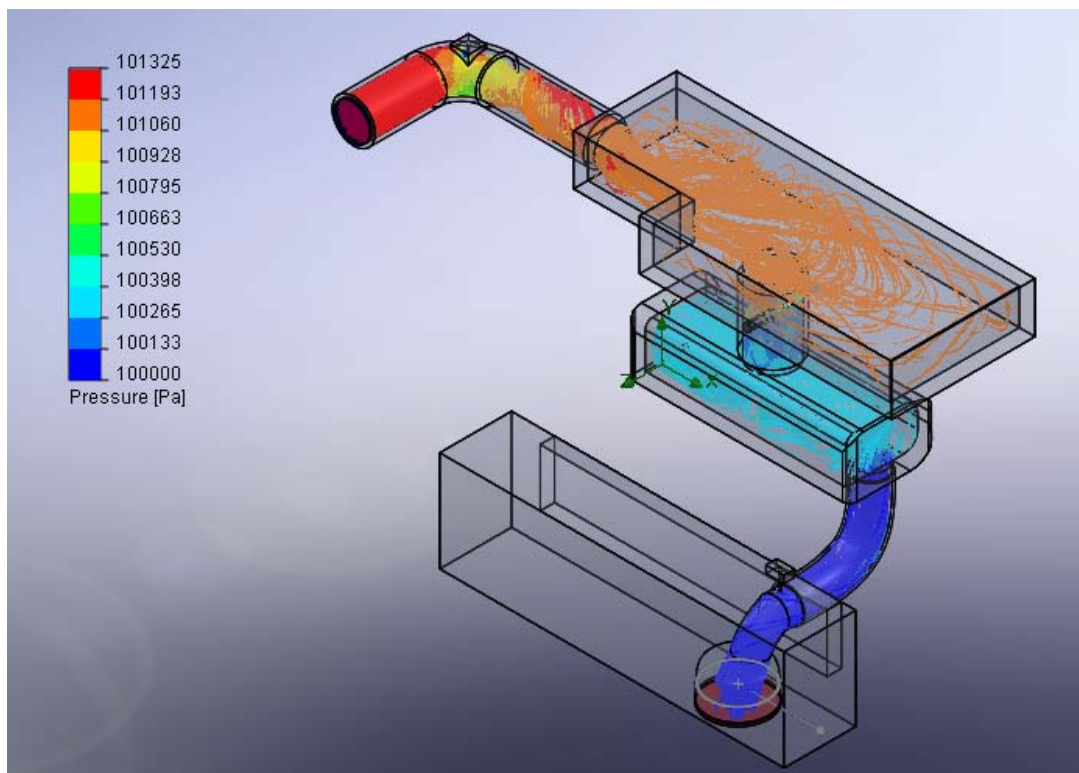


Figura 3.20 Trayectoria de presión de aire.

En estas figuras se visualiza como el aire ingresa a la presión atmosférica, como se indica en las tablas de valores, y al momento de ingresar a la cámara de combustión se produce el vacío en el tiempo de admisión del motor. Además en el momento de la inyección de agua se produce turbulencia, lo que mejora el proceso de combustión de la mezcla.

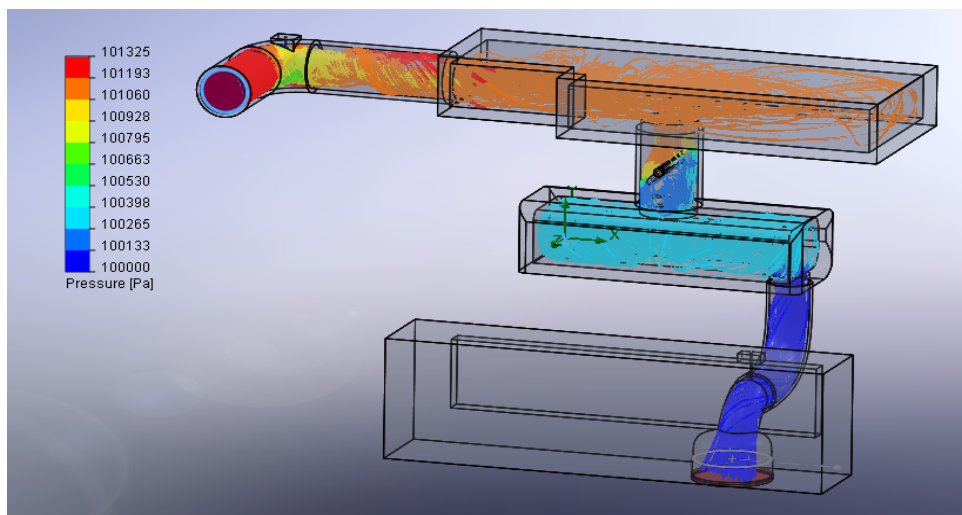


Figura 3.21 Trayectoria de presión de aire.

3.2.3.1.2.- Trayectoria de temperatura del aire.

De igual forma en las figuras 3.22 y 3.23, se describe el comportamiento de la temperatura del aire en el múltiple de admisión.

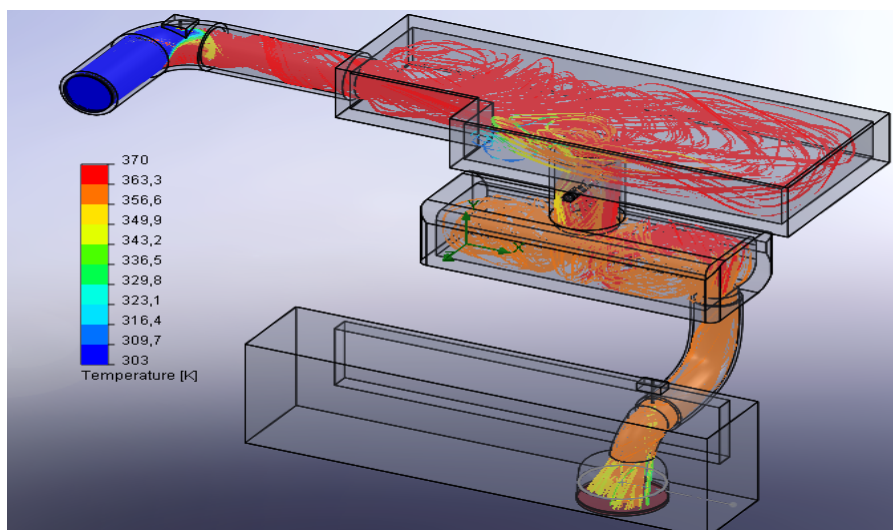


Figura 3.22 Trayectoria de temperatura de aire.

En lo que respecta a la trayectoria de temperatura, en las figuras 3.22 y 3.23 nos damos cuenta del fenómeno que ocurre en la inyección del agua al existir una transferencia de calor de estos fluidos, sus temperaturas varían a lo largo de su flujo.

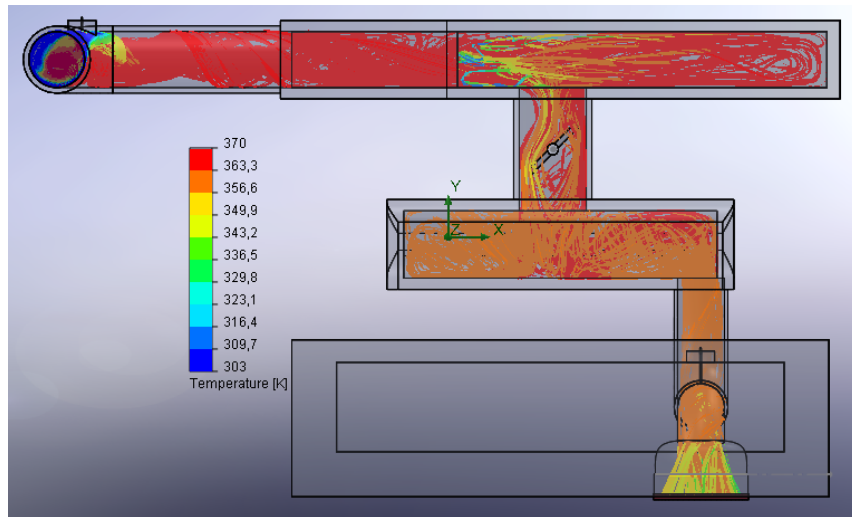


Figura 3.23 Trayectoria de temperatura de aire.

3.2.3.1.3.- Trayectoria de velocidad del aire.

Para visualizar el comportamiento de la velocidad del aire se pueden observar las figuras 3.24 y 3.25, en donde se ve un incremento el momento de la inyección de agua lo que beneficia en la mezcla entre el aire y el agua, y por ende la combinación con el combustible que se va a quemar en ese ciclo de trabajo.

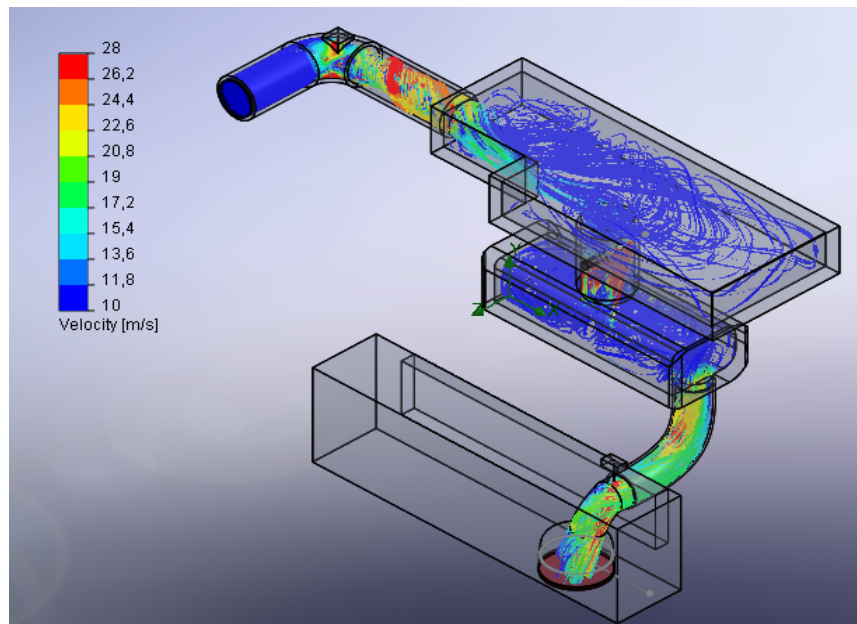


Figura 3.24 Trayectoria de velocidad de aire.

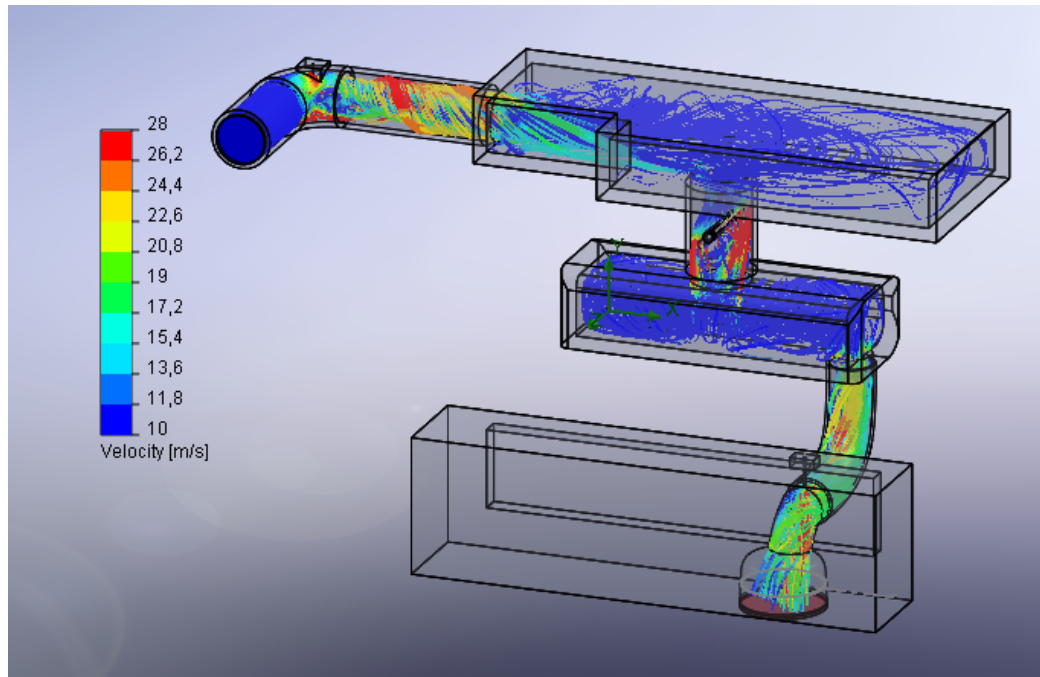


Figura 3.25 Trayectoria de velocidad de aire.

3.2.3.2.- Simulaciones de trayectorias del agua.

De la misma forma que para el aire las condiciones de simulación son las de presión atmosférica y temperatura ambiente.

3.2.3.2.1.- Trayectoria de presión del agua.

La inyección de agua, de acuerdo a la simulación realizada, presenta un comportamiento en su trayectoria de presiones el cual se observa en las figuras 3.26 y 3.27, en estas se ve como al mezclarse el agua y el aire toma la misma conducta que el segundo generando una presión atmosférica y un vacío al momento de ingresar a la cámara de combustión.

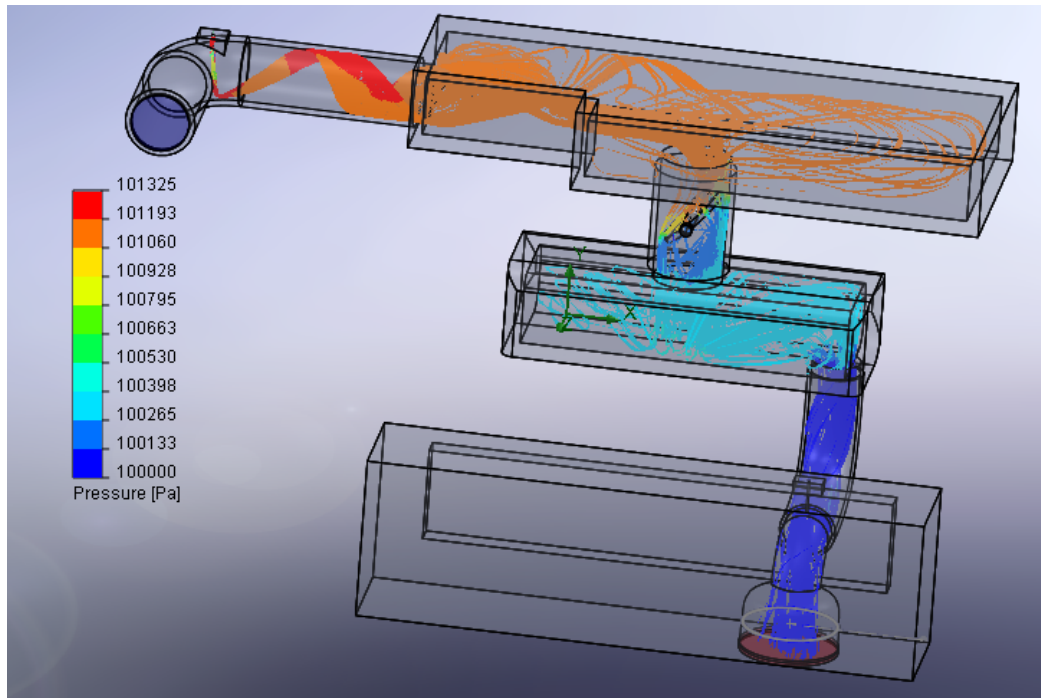


Figura 3.26 Trayectoria de presión de agua.

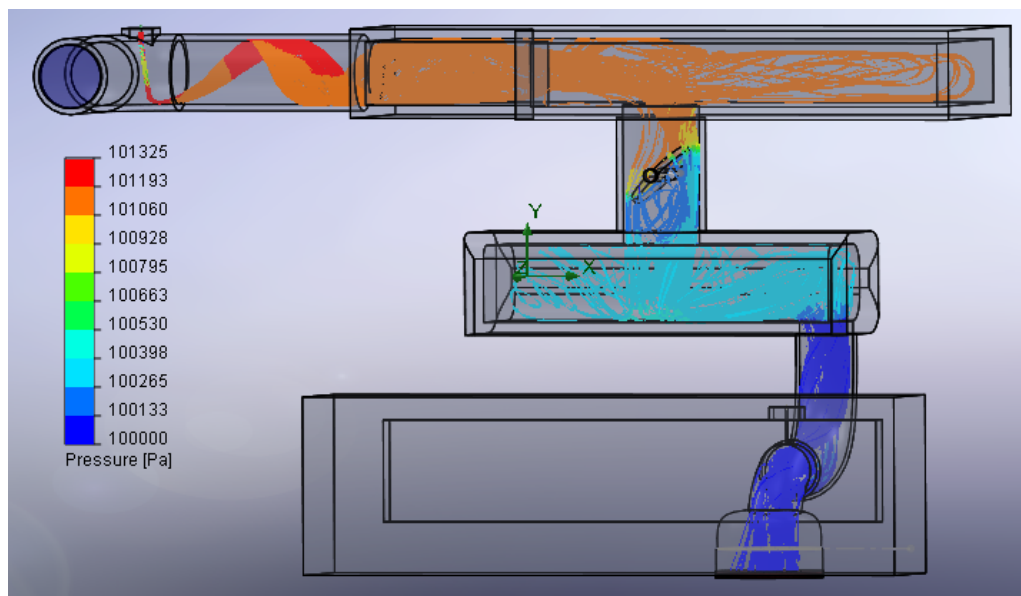


Figura 3.27 Trayectoria de presión de agua.

3.2.3.2.2.- Trayectoria de temperatura del agua.

El flujo de temperatura de agua tiene un comportamiento sumamente diferente al del aire, inclusive con una temperatura menor a la del aire, esto se debe a que la temperatura del aire se transfiere al agua, que ingresa fría, y

calienta la misma en el momento de la inyección, lo que provoca el calentamiento del agua la que cuando continua su mezcla y trayectoria vuelve a enfriarse, esto se muestra en las figuras 3.28 y 3.29.

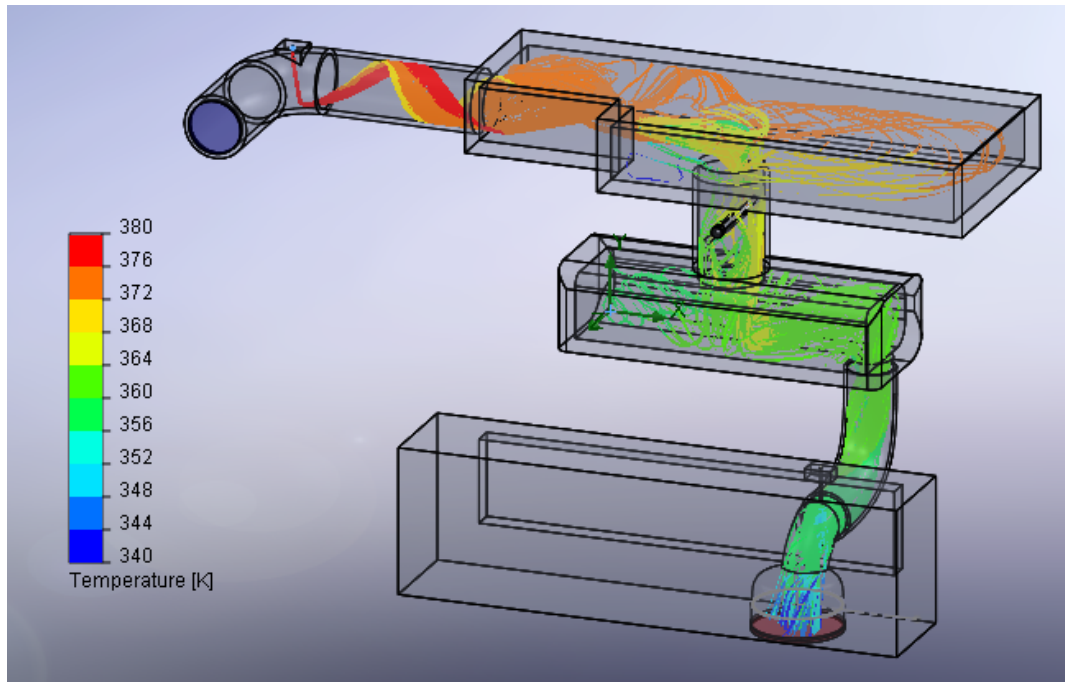


Figura 3.28 Trayectoria de temperatura de agua.

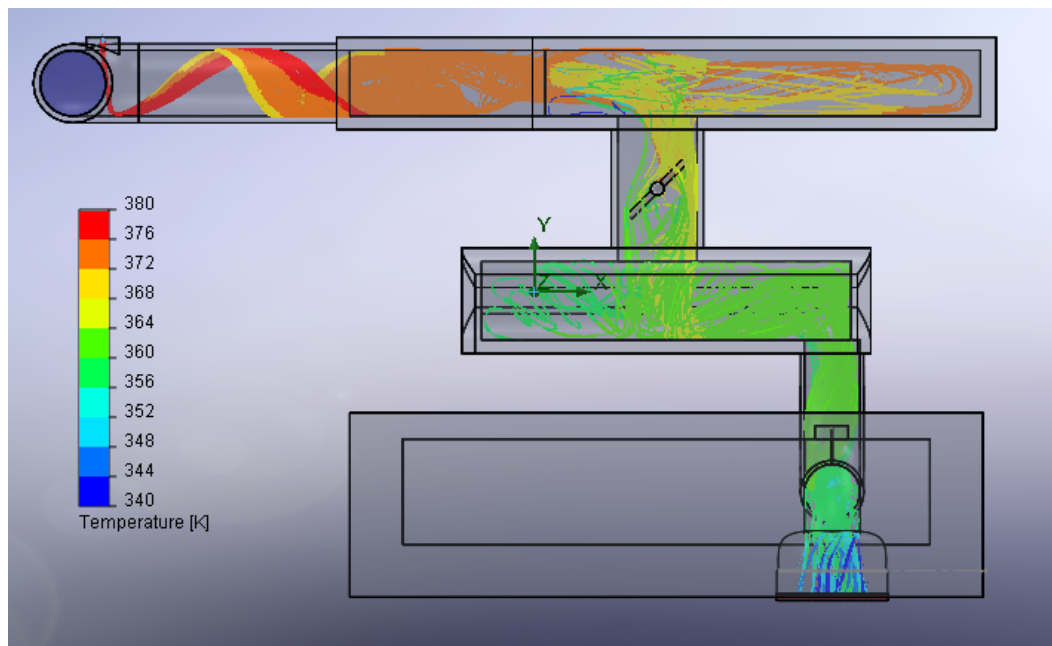


Figura 3.29 Trayectoria de temperatura de agua.

3.2.3.2.3.- Trayectoria de velocidad del agua.

El flujo de la velocidad del agua se muestra en las figuras 3.30 y 3.31, aquí se evidencia el incremento que se produce en la inyección de agua y que se transmite al aire.

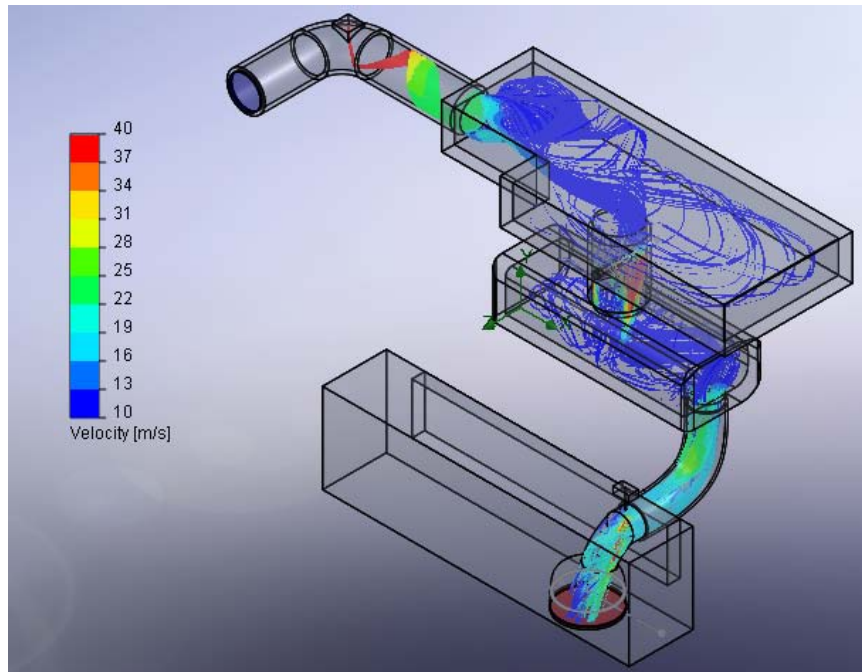


Figura 3.30 Trayectoria de velocidad de agua.

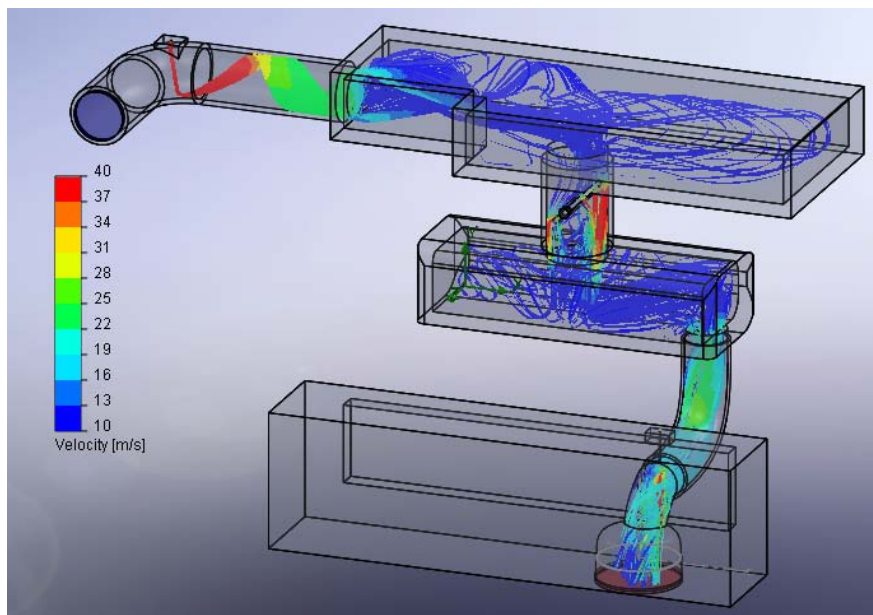


Figura 3.31 Trayectoria de velocidad de agua.

3.2.3.3.- Simulaciones de trayectorias del combustible.

Las condiciones de la inyección de combustible son las aproximadas al trabajo del motor a 3000 RPM, las diferentes trayectorias fueron determinadas mediante la simulación.

3.2.3.3.1.- Trayectoria de presión del combustible.

La trayectoria de presión del combustible se muestra en las figuras 3.32 y 3.33, el cual tiene un comportamiento sumamente sencillo al encontrarse próximo a ingresar en la cámara de combustión.

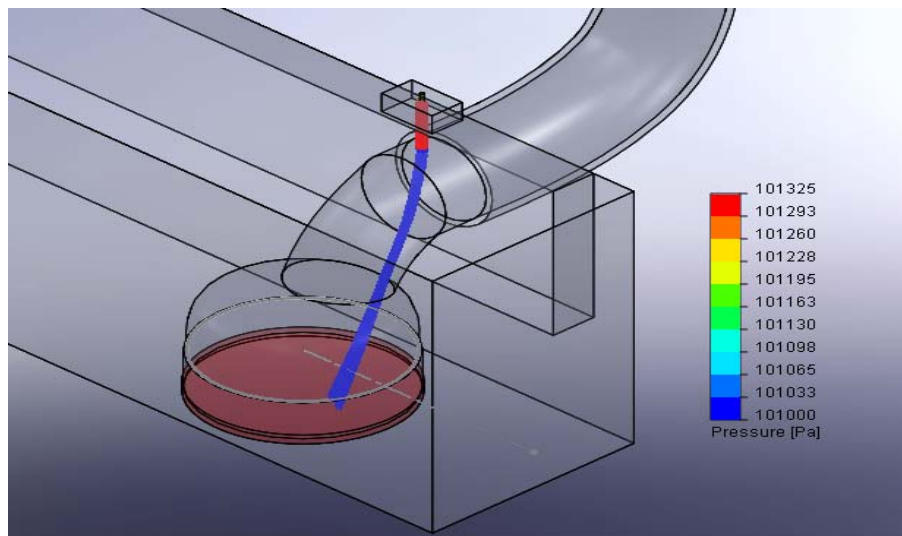


Figura 3.32 Trayectoria de presión de combustible.

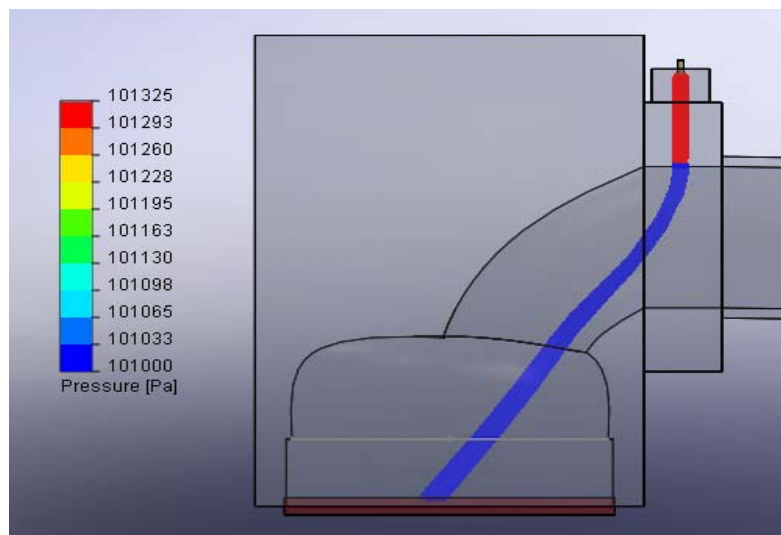


Figura 3.33 Trayectoria de presión de combustible.

3.2.3.3.2.- Trayectoria de temperatura del combustible.

En las figuras 3.34 y 3.35 se observa la variación de temperatura del combustible a lo largo de su trayectoria, esto se debe a la temperatura que posee el aire y el agua y que va a actuar sobre el mencionado combustible disminuyendo su temperatura.

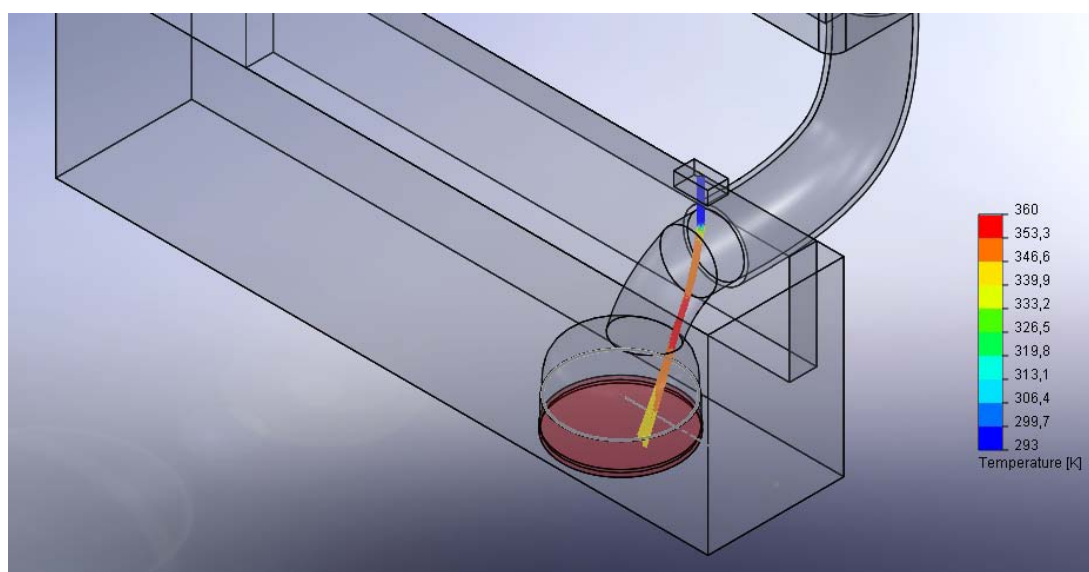


Figura 3.34 Trayectoria de temperatura del combustible.

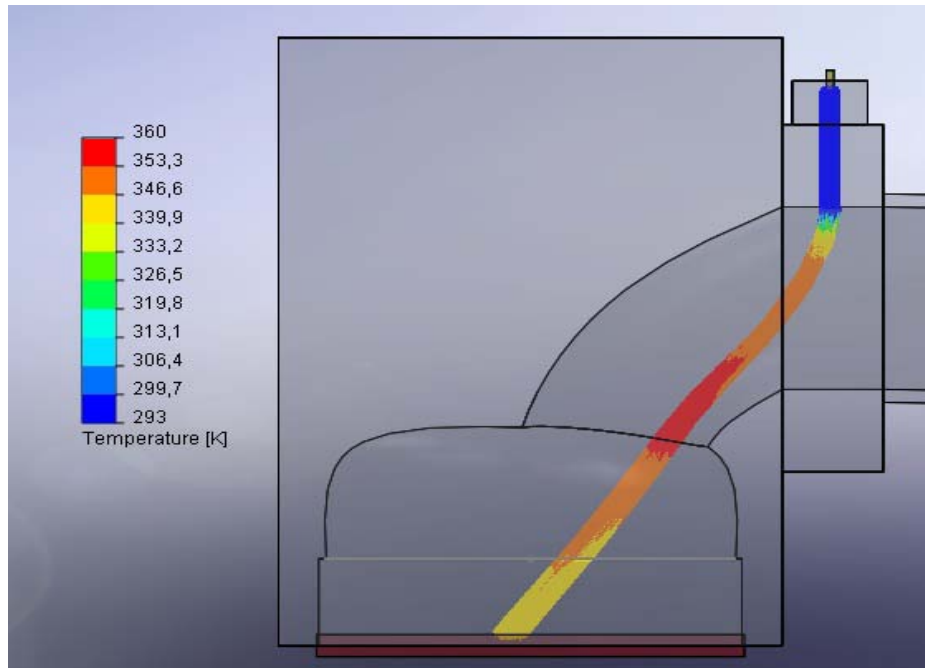


Figura 3.35 Trayectoria de temperatura del combustible.

3.2.3.3.3.- Trayectoria de velocidad del combustible.

Finalmente la trayectoria de velocidad del combustible se muestra en las figuras 3.36 y 3.37, la cual también beneficia a la mezcla, ya que a pesar de la velocidad del aire y agua, este también incrementa la velocidad al combinarse con los otros fluidos.

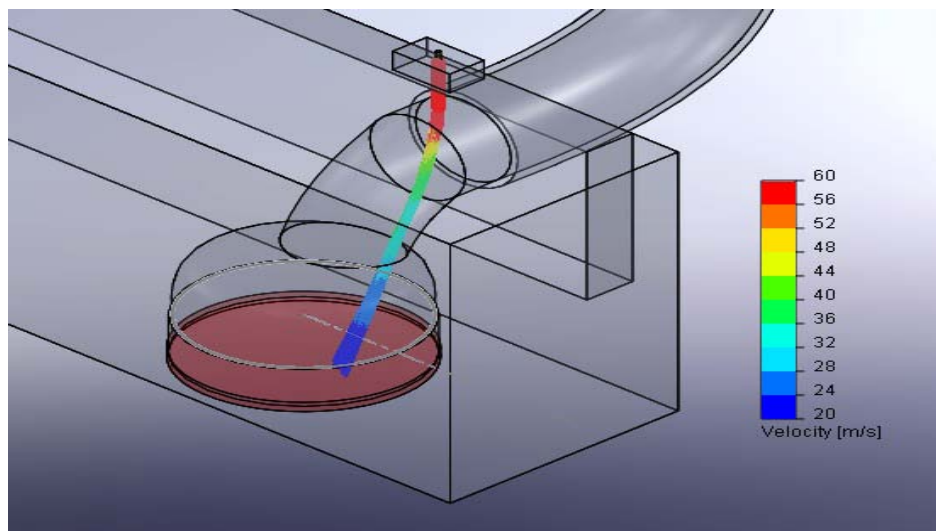


Figura 3.36 Trayectoria de velocidad de combustible.

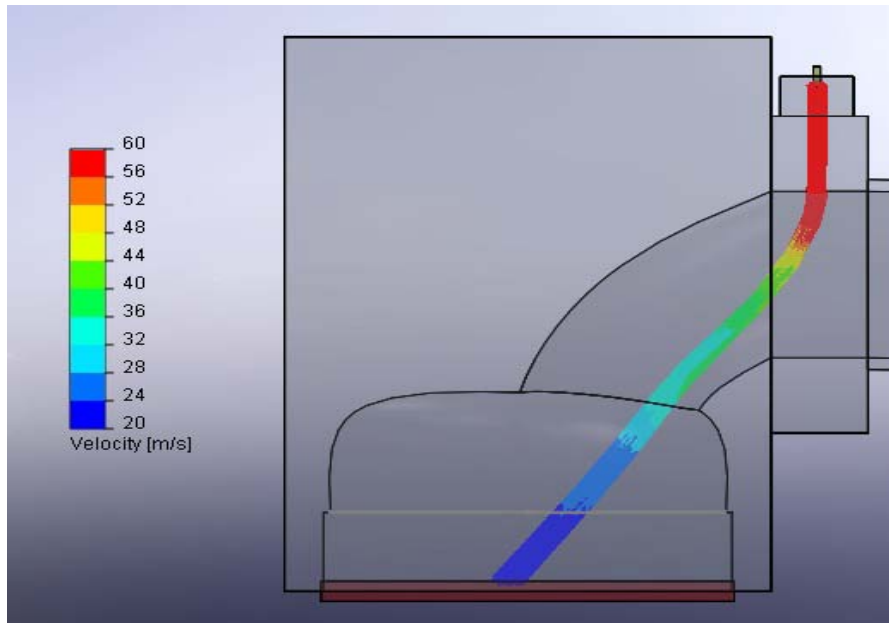


Figura 3.37 Trayectoria de velocidad de combustible.

IV.- SELECCIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AGUA

4.1.- INTRODUCCIÓN.

Las necesidades y características del vehículo, específicamente en este caso del motor, nos permiten tener opciones hasta cierto punto limitadas. Para el desarrollo del presente proyecto tomamos en cuenta las características señaladas en capítulos anteriores, de esta manera se determinó la utilización del sistema que vamos a describir en este capítulo.

Una de las principales razones por las que se optó en utilizar este equipo es por las características del vehículo Chevrolet Optra en el que se desea implantar el sistema, principalmente por ser un motor naturalmente aspirado, relativamente de bajo cilindraje y por el tipo de combustible, en nuestro caso gasolina.

Además el costo de este equipo en comparación con algunos similares es sumamente económico sin dejar de tener una excelente gama de beneficios.

El sistema es de procedencia Americana, su nombre comercial se encuentra descrito bajo la marca COOLINGMIST, para nuestro caso específico se denomina Vari Cool Trunkmount, que es un sistema para motores de aspiración natural. Además de esto este sistema nos permite controlar el tiempo de inicio de inyección mediante la señal del sensor TPS el cual si se encuentra en nuestro vehículo, además nos permite calibrar el flujo de agua a inyectarse, lo cual explicaremos más adelante.

4.2.- SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE BOMBEO

La bomba proporcionada para este equipo es una bomba eléctrica que funciona con una alimentación de 12V CC, se encuentra protegida por un fusible

de 10Amp, está fabricada por la marca Coolingmist, tiene una presión máxima de 150 PSI.

La bomba se encuentra diseñada para el uso en equipos de inyección de agua y metanol, además se debe señalar que no se pueden utilizar líquidos inflamables.

En la figura 4.1 se muestra la placa de características de la bomba de alimentación de agua seleccionada para el presente proyecto.



Figura 4.1 Características del elemento de bombeo.

En la figura 4.2 se visualiza de manera más amplia la forma de la bomba de agua.



Figura 4.2 Bomba de alimentación de agua.

4.3.- SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL Y REGULACIÓN

En el equipo seleccionado se nos presentan varias alternativas en cuanto al elemento de control y regulación, para el desarrollo del proyecto se selecciono un regulador y controlador que se denomina controlador progresivo Vari-cool.

Es el que nos permite tomar las señales tanto de vacío como de voltaje para poder realizar la inyección de agua en el momento preciso con la cantidad necesaria y bajo las condiciones de funcionamiento del motor.

En la figura 4.3 podemos encontrar el módulo Coolongmist Controller, elemento seleccionado para trabajar con la inyección de agua.



Figura 4.3 Modulo de control y regulación.

Como se puede apreciar en la parte izquierda de la figura 4.3, se nos indica una leyenda que dice textualmente VACCUM, esta impresión nos especifica cual es el modelo exacto del módulo y además confirma lo que señalamos anteriormente que es la ventaja de trabajar con vacío o con una de señal en base de voltaje.

El diagrama de la figura 4.4 se muestra cómo se encuentra estructurado el cableado de conexión del módulo, esto fue necesario conocer ya que de esta manera no se cometió errores en cuanto a las conexiones.

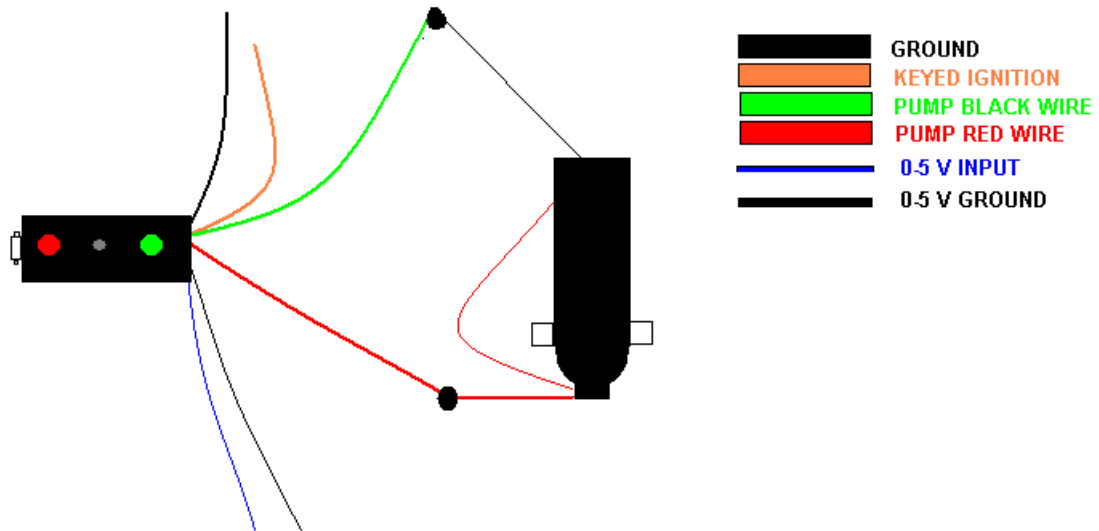


Figura 4.4 Cableado del elemento de control

Con el fin de conocer la correspondencia de los cables mencionamos a continuación como se encuentran distribuidos:

- El alambre negro de mayor diámetro va a tierra.
- El alambre anaranjado va al interruptor de energía de ignición.
- El alambre rojo va al alambre del rojo de la bomba.
- El alambre verde va a la tierra de la bomba.

Como se menciona anteriormente el equipo se puede activar de dos maneras diferentes. Una manera común es mediante presión, y de acuerdo a lo especificado nuestro equipo se puede activar con vacío.

Si el módulo trabajaría con presión sería etiquetado con un 1-30, en nuestro caso vacío. Para la selección tanto de vacío como de presión contamos para la activación de la inyección con dos perillas, la de color verde para la selección del

mínimo y la de color rojo para la selección del máximo, además encontramos una perilla denominada TUNE que se encarga de regular el rango de trabajo de la bomba de alimentación de agua, tal y como se muestra en la figura 4.5.



Figura 4.5 Perillas del MIN, MAX y Tune

4.3.1.- TRABAJO CON PRESIÓN SOLAMENTE

Para trabajar con el sistema únicamente con presión el procedimiento es simple. Debemos conectar la línea del vacío sobre el puerto de presión como se muestra en la figura 4.6.



Figura 4.6 Toma de vacío.

Para el funcionamiento basado en presión, el interruptor va a la posición izquierda, para el funcionamiento basado en un voltaje de 0-5V, el interruptor

necesita estar a la derecha. Este interruptor se encuentra ubicado en la parte inferior de la toma de vacío.

Es importante tener en cuenta que las escalas de las perillas MIN y MAX se encuentran en PSI, esta escala va de 1 a 30.

4.3.2.- TRABAJAR CON 0-5 V SOLAMENTE (TPS, MAF, MAP, ETC).

Se puede utilizar cualquier fuente que genere 0-5V pero las más aconsejables son los voltajes generados por sensores como el TPS, MAF O MAP para esto, se puede configurar fácilmente el módulo de control y regulación para su activación.

El interruptor antes mencionado debe estar a la derecha. En este caso el módulo no trabaja como fuente con presión y solamente su funcionamiento depende de la señal de voltaje de 0-5V.

Si tenemos activado el switch para trabajar con voltaje las escalas de las perillas MAX y MIN tendrán una equivalencia de 30 = 5V, 15=2.5V, etc.

4.4.- SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE INYECCIÓN

El equipo seleccionado cuenta con dos inyectores, un inyector grande y uno mediano. El inyector que tiene el orificio más grande proporciona un máximo de 12.2 galones por hora y el más pequeño entrega 6.2 galones por hora. La mayoría de los vehículos sobre los 450-500 HP utilizarán el inyector más grande.

Si las necesidades de flujo no se consiguen con el inyector pequeño, simplemente se deberá cambiar por el más grande.



Figura 4.7 Inyector

En su interior cuenta con un filtro tamiz para evitar que las impurezas que contenga el agua no ingresen a las cámaras de combustión o a los cilindros del motor.

Para el desarrollo de nuestro proyecto decidimos usar el inyector pequeño ya que el vehículo Chevrolet Optra no posee una potencia similar necesaria para utilizar el inyector más grande.

4.5.- SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE ALMACENAMIENTO

El equipo seleccionado en esta oportunidad nos proporcionó la opción de elegir un elemento de almacenamiento cuyas características se adaptaban a nuestro espacio.

El material del cual se encuentra fabricado es de plástico 5 milímetros de espesor y sus dimensiones son ancho: 300 mm, largo: 215 mm y alto 190 mm.

Se debe destacar que además de servir como depósito para el agua a utilizarse en la inyección, también nos facilita la posibilidad de fijar el módulo de control y regulación y el elemento de bombeo.

En la figura 4.8 se muestra cuál fue el elemento de almacenamiento seleccionado para el desarrollo del proyecto.



Figura 4.8 Elemento de almacenamiento.

Por último se debe mencionar que la capacidad de almacenamiento del depósito es de 1.5 galones.

V.- CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

5.1.- MONTAJE Y ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE BOMBEO

El primero de los elementos en ser preparado para su instalación fue el elemento de bombeo. Este elemento como se puede apreciar en la figura 5.1 contiene dos tapones que le proporcionan seguridad mientras no se instale el sistema, evitando de esta forma el posible ingreso de material no deseado al interior de la bomba.



Figura 5.1 Bomba de alimentación de agua con sus protecciones

Como todo elemento de bombeo este dispositivo cuenta con una entrada y una salida al mismo, esto se indica en la figura 5.2 en donde la entrada y salida se distinguen por las flechas grabadas en la estructura de la bomba.



Figura 5.2 Entrada y salida de fluido de la bomba

Para realizar el montaje de los elementos de la bomba se siguió el siguiente procedimiento:

1. Se retiró los tapones azules tanto de la entrada como de la salida de agua de la bomba.
2. Se identificó el acople necesario, suministrado en el equipo, para ser instalado en la salida del fluido de la bomba. Este conjunto de componentes se muestran en la figura 5.3.



Figura 5.3 Conjunto bomba y acople de salida

3. Se colocó teflón en el acople y se insertó en la salida de fluido, tal y como se muestra en la figura 5.4.



Figura 5.4 Acople instalado en la salida de la bomba.

4. Terminado este proceso se identificó el acople rápido que se debía conectar a la unión instalada en el paso anterior, a este acople se conectaría la manguera que uniría la bomba de alimentación y el elemento de inyección.



Figura 5.5 Instalación del acople rápido.

5. De la misma forma que para la salida de fluido de la bomba, se identificó la unión respectiva para la entrada del líquido, este es un elemento en forma de tapón que cuenta con una cañería que permite el ingreso del agua a la bomba, tal y como se muestra en la figura 5.6



Figura 5.6 Elemento de unión para la entrada de agua.

6. Se colocó teflón en la unión y se la fijó en la bomba con la posición que se visualiza en la figura 5.7.



Figura 5.7 Elemento de unión para el ingreso de agua.

Con este último paso se concluyó en lo que respecta al ensamblaje de la bomba, para su fijación nos referiremos al siguiente punto.

5.2.- MONTAJE Y ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE ALMACENAMIENTO

El elemento de almacenamiento, como se menciona en el capítulo anterior, nos brinda la posibilidad de fijar en él, los elementos de bombeo y de control y regulación.

Este procedimiento en primer lugar se realizo para acoplar la bomba al depósito con el siguiente procedimiento:

1. Se identificó los elementos necesarios para acoplar la bomba al depósito, se localizó el área del tanque donde se debía realizar un agujero. Se abrió un pequeño hoyuelo, perforándolo con una broca de 5/16 de pulgada, como se ve en la figura 5.8.

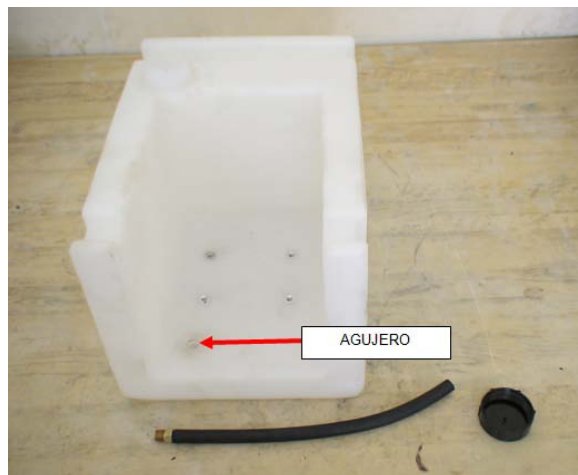


Figura 5.8 Conjunto depósito de agua y accesorios.

2. Se atornilló, por medio del acople, la manguera que unirá la entrada de agua de la bomba con el elemento de almacenamiento, recortando la manguera a la medida necesaria como se aprecia en la figura 5.9.

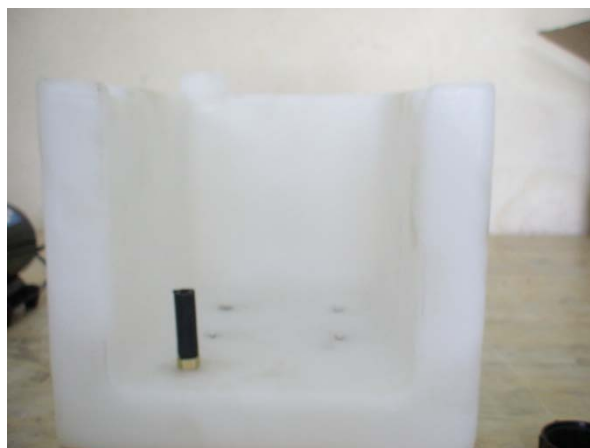


Figura 5.9 Fijación del acople y la manguera al depósito.

3. Una vez que se cumplió con este paso se procedió a la fijación de la bomba al depósito, como se había mencionado anteriormente, para esto se colocó la bomba sobre el depósito y se aseguró la misma con tornillos como se ve en la figura 5.10.

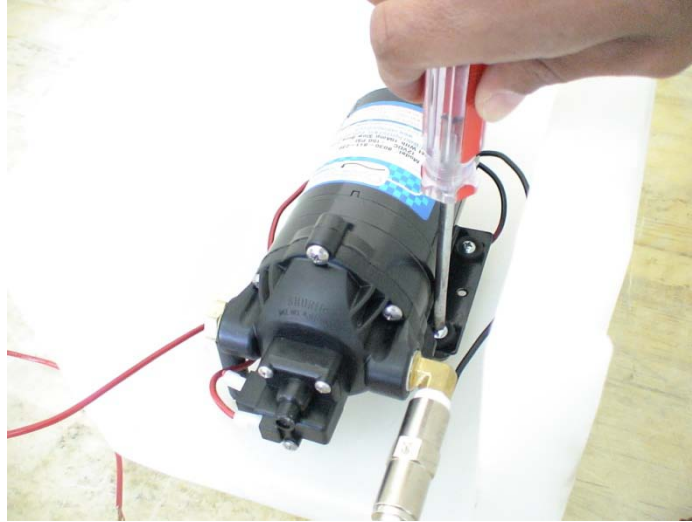


Figura 5.10 Instalación de la bomba sobre el depósito.

4. La ubicación final de este conjunto se aprecia en la figura 5.11.

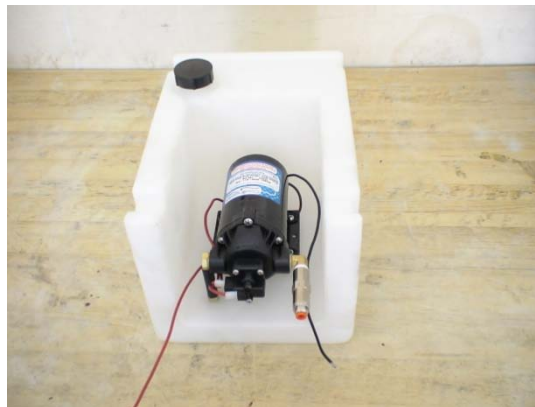


Figura 5.11 Conjunto bomba y depósito.

5.3.- MONTAJE Y ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE INYECCIÓN

La adaptación del elemento de inyección requiere un análisis en base a las recomendaciones del fabricante del equipo, generalmente las opciones manejadas para este proyecto concordaban en que el lugar adecuado se encontraba entre el filtro de aire de la admisión y el cuerpo de la mariposa de aceleración en conjunto con el múltiple de admisión.

Esto se visualiza de mejor forma en la figura 5.12 que a continuación se muestra.



Figura 5.12 Localización del elemento de inyección

Para la ubicación del inyector, previamente seleccionado el lugar donde se iba a colocar, se perforó el conducto de la toma de aire con una broca de medida 11/32 de pulgada, después de esto se hizo rosca ligeramente con un machuelo de 1/8 NPT (27 hilos de rosca por pulgada).

Luego de este corto proceso el cuerpo del inyector se atornilló al conducto de la toma de aire y luego el acople que unirá mediante una manguera a la bomba y el inyector tal como se muestra en las figuras 5.13 y 5.14 respetivamente.



Figura 5.13 Cuerpo del inyector atornillado al conducto de la toma de aire.



Figura 5.14 Inyector completo atornillado al conducto de la toma de aire.

5.4.- MONTAJE Y ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE REGULACIÓN Y CONTROL

Es importante tener en cuenta que no se puede ubicar el regulador en el habitáculo del motor debido a que las altas temperaturas y a las vibraciones del motor pueden causar daños en los componentes electrónicos que tiene el módulo en su interior.

Se debe tener en consideración que no podemos ubicar la tierra independiente de la bomba al regulador ya que esto causaría que la bomba se active en cualquier momento cuando se da vuelta la llave.

Para nuestro caso y para mayor comodidad decidimos colocar el elemento de control en el depósito de agua sujetándolo por tornillos tal como se indica en la figura 5.15.



Figura 5.15 Adaptación del elemento de control al depósito.

5.5.- PROGRAMACIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL

5.5.1.- PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO

Con el sistema conectado a 12 V y a masa de la batería. Después de 3 segundos aproximadamente la unidad empezará a destellar más rápido. Esto es un modo de diagnóstico. Cuando el sistema comienza a inyectar el led se quedará encendido.

Para apagar el sistema se puede dar la vuelta a la perilla MÍNIMA más alta que la perilla del MAXIMO, en ese instante el regulador se apagará. El led entonces también se apagará por algunos segundos, después de esta acción el proceso se repite pero el regulador no activará la inyección durante este tiempo.

Esta prueba se puede realizar conectando el módulo a una computadora y con la ayuda del software que se verá más adelante, esto se ve en la figura 5.16.



Figura 5.16 Prueba de funcionamiento del módulo.

5.5.2.- SINCRONIZACIÓN DEL MÓDULO

El módulo de control previamente seleccionado tiene muchas opciones de configuración, las mismas que son gobernadas por las tres perillas principales que se encuentran en el módulo, MIN, MAX y TUNE.

La perilla mínimo (MIN) son los PSI o voltaje con los que se quisiera que el sistema comience a inyectar, para nuestro caso será el voltaje dado por el sensor TPS el que dará la orden de activación del sistema para el inicio de la inyección a partir de las 3000 RPM con un voltaje de 2.2 V. Es decir que esta perilla estará colocada en la posición que se muestra en la figura 5.17.



Figura 5.17. Posición de la perilla MINIMO

La perilla máximo (MAX) son los PSI o voltaje con los que se desea que el sistema estuviera en flujo completo. Para nuestro caso de igual manera la perilla MAX se regulará a un voltaje de 4.5 V. Es decir que esta perilla estará colocada en la posición que se muestra en la figura 5.18.

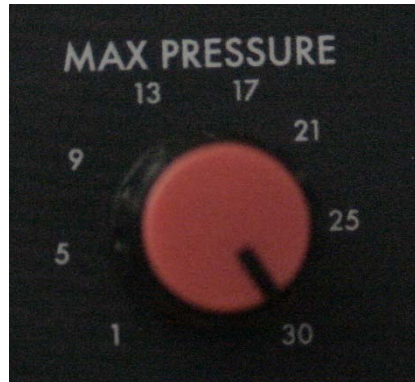


Figura 5.18 Posición de la perilla MAXIMO

La perilla TUNE es el rango de funcionamiento de la bomba. Por ejemplo, si tenemos el MINIMO fijado en 10 y el MAX en 15 y ajusta la perilla TUNE en 10, cuando se llegue a 15 PSI se estará en un ciclo de trabajo del 100%. Para nuestro caso colocaremos esta perilla en la posición 5, como se muestra en la figura 5.19.



Figura 5.19 Posición de la perilla TUNE

5.6.- MONTAJE DEL EQUIPO EN EL VEHÍCULO

De acuerdo a las condiciones y dimensiones de los elementos del sistema se colocará los mismos en el vehículo tal y como se va a describir a continuación.

5.6.1.- MONTAJE DEL CONJUNTO BOMBA Y DEPÓSITO

En el porta equipaje del vehículo Chevrolet Optra, se dispuso el montaje de los elementos de almacenamiento de bombeo. Para esta operación se realizó pequeñas perforaciones con la ayuda de un taladro y una broca de medida 5/16 de pulgada. Con la ayuda de una base realizada a la medida se fijo por medio de tornillos al conjunto de bomba y depósito al baúl del vehículo como se muestra en la figura 5.20.

Se debe mencionar que por las características del equipo el montaje del módulo se encuentra incluido en este paso, esto también se visualiza en la figura mencionada.



Figura 5.20 Montaje del conjunto bomba y depósito.

5.6.2.- MONTAJE DEL CABLEADO DEL EQUIPO

El montaje del cableado a utilizarse comprende dos partes fundamentales, en primer lugar la conexión de los cables que unen la bomba y el módulo de control y en segundo lugar el llevar al cableado desde la parte posterior del vehículo hasta el motor, esto incluye la manguera por donde se conducirá el agua.

5.6.2.1.- Conexión de los cables de la bomba y módulo

En el capítulo IV se indicó las características de cada uno de los elementos seleccionados, la conexión entre si de los elementos de bombeo y de control se la realizó siguiendo las indicaciones de la figura 4.4 donde se presenta un esquema completo de cómo se debe proceder.

Una vez cumplido con este proceso los resultados obtenidos se muestran en la figura 5.21.

Se debe destacar que además de las conexiones especificadas se colocó un switch de activación del equipo, buscando brindar mayor seguridad a la operación del vehículo, además también se visualiza en la figura mencionada la conexión de la manguera que conducirá el agua al acople rápido de la bomba.

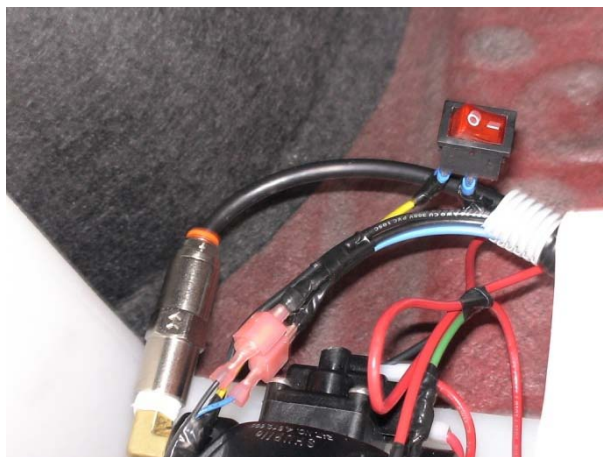


Figura 5.21 Conexión de los elemento de bombeo y control.

5.6.2.2.- Tendido del cableado en el vehículo

La idea principal, para llevar desde la parte posterior hasta el motor el cableado y la manguera, fue la de mantener la estética y formas del interior del vehículo.

Se determino que para atravesar el vehículo se podía seguir el interior de su estructura retirando momentáneamente las molduras del costado derecho del interior del vehículo y el asiento posterior, como se muestra en la figura 5.22.



Figura 5.22 Molduras retiradas para el tendido del cableado.

Se empezó localizando el punto de partida desde el baúl, para lo cual previamente se colocó a los cables de alimentación de 12V, masa de batería, señal de 0-5V, masa de 0-5V y a la manguera en el interior de una manguera corrugada como se muestra en la figura 5.23.

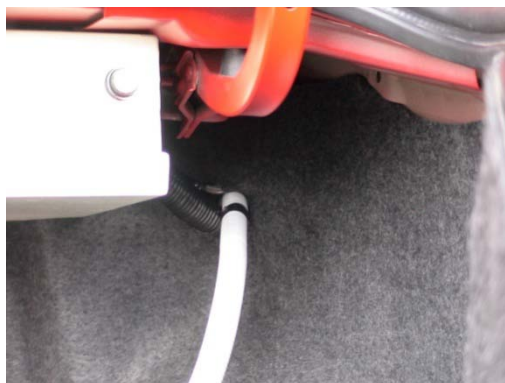


Figura 5.23 Inicio del tendido de cableado.

Ya en la parte de los ocupantes del vehículo se eligió llevar el cableado por la parte inferior del marco de la puerta, aprovechando el espacio entre las molduras y el tapizado, para esto se descendió la manguera corrugada desde la parte por donde ingreso, es decir desde el baúl porta equipaje, hasta la parte delantera del vehículo, esto se ve en las figuras 5.24 y 5.25.



Figura 5.24 Ingreso del cableado al vehículo.



Figura 5.25 Ubicación del cableado en el interior del vehículo.

Finalmente se condujo el cableado hasta el motor por medio de un orificio en la parte frontal del vehículo, esto facilitó las conexiones que se debían realizar, esto se ve en la figuras 5.26 y 5.27.



Figura 5.26 Cables y manguera antes de pasar al motor.



Figura 5.27 Cables y manguera en el motor.

5.6.3.- CONEXIONES EN EL MOTOR

En esta parte del desarrollo del proyecto se necesita realizar dos conexiones, la primera conectar los cables de señal a los cables del sensor TPS y los cables de alimentación de voltaje.

5.6.3.1.- Conexión al sensor TPS

Dos de los cables que se conectan al módulo de control y regulación necesitan estar conectados a los cables de señal del sensor TPS y al cable de masa del mismo sensor.

Este proceso se realizó identificando los cables del sensor TPS como se describió en capítulos anteriores, la conexión se visualiza en la figura 5.28.



Figura 5.28 Conexión de cables al TPS.

5.6.3.2.- Conexión a la alimentación

Para el funcionamiento del equipo se necesita una alimentación de 12V de la batería del vehículo al igual que de la masa, estos dos cables también se conectaron de acuerdo al esquema respectivo.

Este proceso se visualiza en la figura 5.29



Figura 5.29 Conexión de la alimentación del equipo a la batería.

5.6.4.- CONEXIÓN DE LA MANGUERA

Previamente se realizó la instalación necesaria del inyector a la toma de aire, en esta oportunidad la conexión de la manguera al inyector fue hecha mediante un acople rápido el mismo que nos permitió una fácil unión entre estos elementos, lo que se visualiza en la figura 5.30



Figura 5.30 Conjunto inyector y manguera.

VI.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO CON EL SISTEMA

6.1.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ESTADO DEL MOTOR CON EL SISTEMA INCORPORADO

Luego de haber colocado el sistema de hidroinyección en el vehículo se procede a realizar las pruebas para la determinación del diagrama de potencia y torque.

Esta prueba se realizará con el sistema ya encendido y ajustado sus parámetros en la posición adecuada para lograr una óptima inyección y obtener los resultados esperados de acuerdo al estudio realizado anteriormente.

6.1.1.- PARÁMETROS DE LA PRUEBA

El sistema necesita ciertos parámetros bajo los cuales realizará los cálculos de comportamiento del motor de combustión interna entre ellos tenemos los siguientes.

Tabla VI.1 Parámetros de la Prueba

Parámetro	Valor	Unidad
Carga	50	N
T-ambiente	80.2	F
T-aspiración	58.5	F
H-aire	28.8	%
p-aire	718.5	hPa
p-vapor	10.1	hPa

Al igual que en las pruebas realizadas con el vehículo estándar es importante señalar que solamente el primer dato, carga, es ingresado por el operador del equipo, el resto es sometido a mediciones por medio de las sondas instaladas en el equipo y son determinadas por el software.

Entre otros requisitos que el equipo pide para la realización de la prueba se encuentran por ejemplo el seleccionar si es un motor de ciclo Otto, si posee sobrealimentación, si la transmisión es delantera o posterior, en si algunas características básicas del vehículo.

6.2.- PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE CON EL SISTEMA INCORPORADO

En la prueba realizada con el sistema de inyección de agua se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla VI.2 Valores obtenidos en el dinamómetro

P-Normal	89.7	HP	Corrección según ISO 1585
P-Mot	61.3	HP	
P-Rueda	34.8	HP	
P-Arrastre	26.5	HP	
en	5595	rpm	
	149.1	kph	
M-Normal	99.6	lbf.ft	Corrección según ISO 1585
en	4255	rpm	
	113.4	kph	

Para los parámetros como potencia normal y torque normal se utiliza factores de corrección proporcionados por la norma ISO 1585, que se encarga de aproximar los valores a los estándares originales de fabricación del vehículo.

6.2.1.- DIAGRAMA DE POTENCIAS

Al igual que para la primera prueba se debe resaltar que los datos que se generan se distribuyen, desde las 725 RPM hasta las 6375 RPM, con un intervalo de cada 5 RPM, es decir, existen alrededor de 1150 datos.

Con el archivo obtenido en esta prueba, se procedió a graficar las curvas características, bajo las condiciones y parámetros antes mencionados, este diagrama se muestra en la siguiente figura.

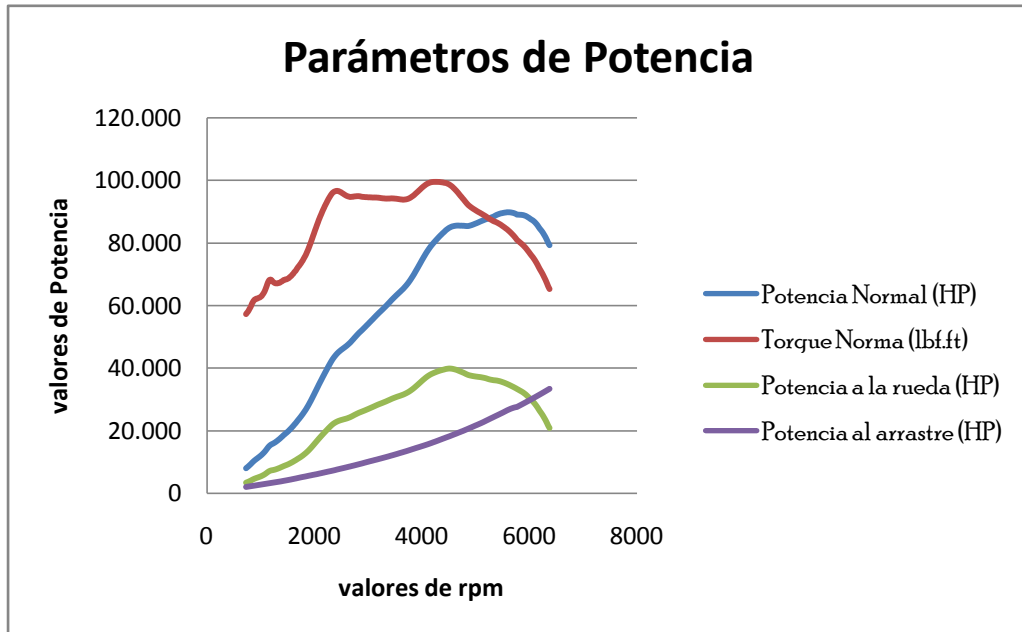


Figura 6.1 Valores de potencia con el sistema de hidroinyección

6.3.- PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES (CO₂, NO_x , HC, ENTRE OTROS) CON EL SISTEMA INCORPORADO

De la misma forma que en las pruebas anteriores el equipo y el software nos entregó los datos como se explicó en capítulos anteriores, de esta manera se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla VI.3 Valores de emisiones con el sistema

NO _x [g]	HC [g]	CO [g]	CO ₂ [g]
0.038	1.395	9.44	1235

6.4.- COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE POTENCIA Y TORQUE

6.4.1.- CURVAS DE POTENCIA

Para cada uno de los valores obtenidos mediante las pruebas realizadas en el dinamómetro, tanto antes como después, pudimos realizar una comparación gráfica en primer lugar y posteriormente analizamos que sucedió con estos valores.

6.4.1.1.- Potencia Normal

Como primer parámetro de comparación tenemos la potencia normal que se encuentra expresada en las curvas de la siguiente figura.

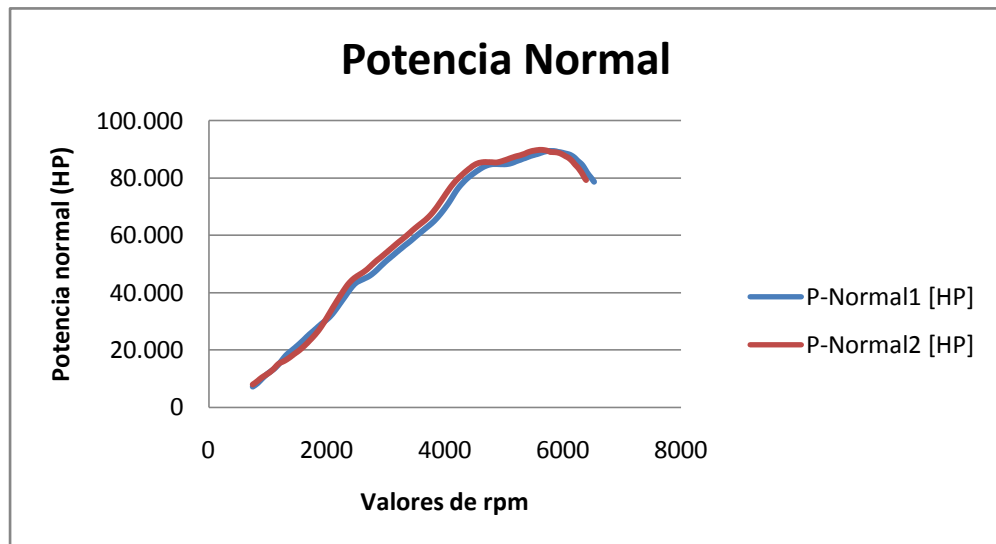


Figura 6.2 Comparación de las curvas de potencia normal

6.4.1.1.1.- Análisis de los resultados obtenidos

En la figura anterior observamos que la curva de potencia normal antes de instalar el sistema se encuentra por debajo de la curva una vez instalado el

mismo, esto se demostró mediante las pruebas realizadas, como se muestra en la tabla VI.4.

Tabla VI.4 Análisis de resultados de potencia normal

Prueba antes [HP]	Prueba después[HP]	Variación [%]
89.4 @ 5780RPM	89.7 @ 5595RPM	0.33444816

6.4.1.2.- Potencia a la rueda

Otro de los datos obtenidos en la prueba es la potencia a la rueda y la comparación de las curvas con y sin el sistema de hidroinyección se encuentra expresada en siguiente figura.

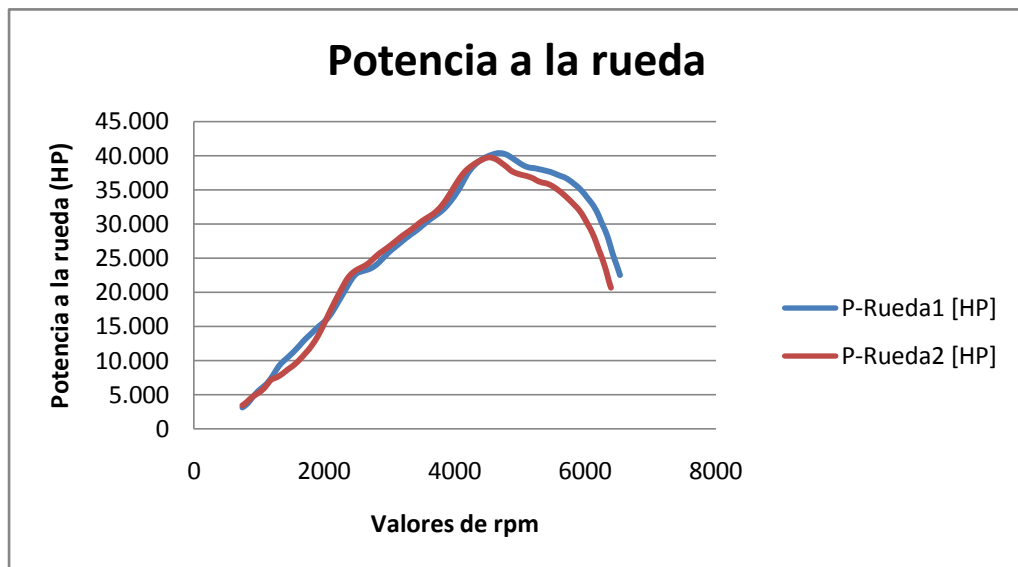


Figura 6.3 Comparación de las curvas de potencia a la rueda

6.4.1.2.1.- Análisis de los resultados obtenidos

Para este caso podemos visualizar que la potencia a la rueda se reduce, este es el valor más significativo determinado en las pruebas y que a continuación se detalla.

Tabla VI.5 Análisis de resultados de potencia a la rueda

Prueba antes [HP]	Prueba después[HP]	Variación [%]
36.2 @ 5780RPM	34.8 @ 5595RPM	-4.0229885

6.4.1.3.- Potencia al arrastre

La comparación de las curvas de la potencia al arrastre se encuentra en la siguiente figura.

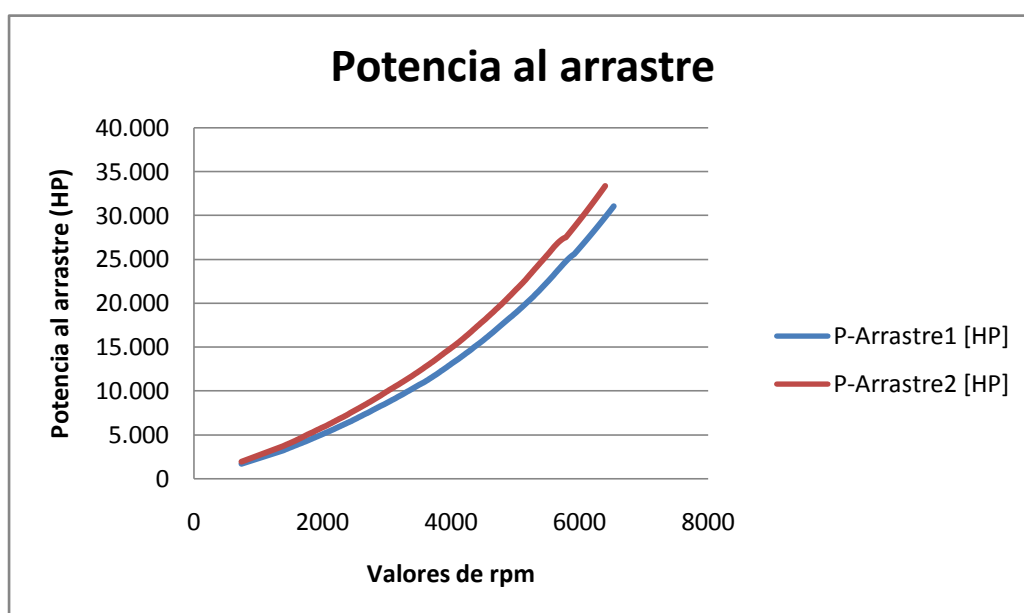


Figura 6.4 Comparación de las curvas de potencia al arrastre

6.4.1.3.1.- Análisis de los resultados obtenidos

Con la disminución de la potencia a la rueda aumenta también la potencia al arrastre, esto es lo que se presenta en la figura anterior en la cual visualizamos cual es el comportamiento de las curvas en las diferentes evaluaciones, a continuación se presenta los valores obtenidos.

Tabla VI.6 Análisis de los resultados de potencia al arrastre

Prueba antes [HP]	Prueba después[HP]	Variación [%]
24.7 @ 5780RPM	26.5 @ 5595RPM	6.79245283

6.4.1.4.- Torque Normal

En la siguiente figura se muestra la comparación entre las curvas de torque normal obtenidas en la prueba.

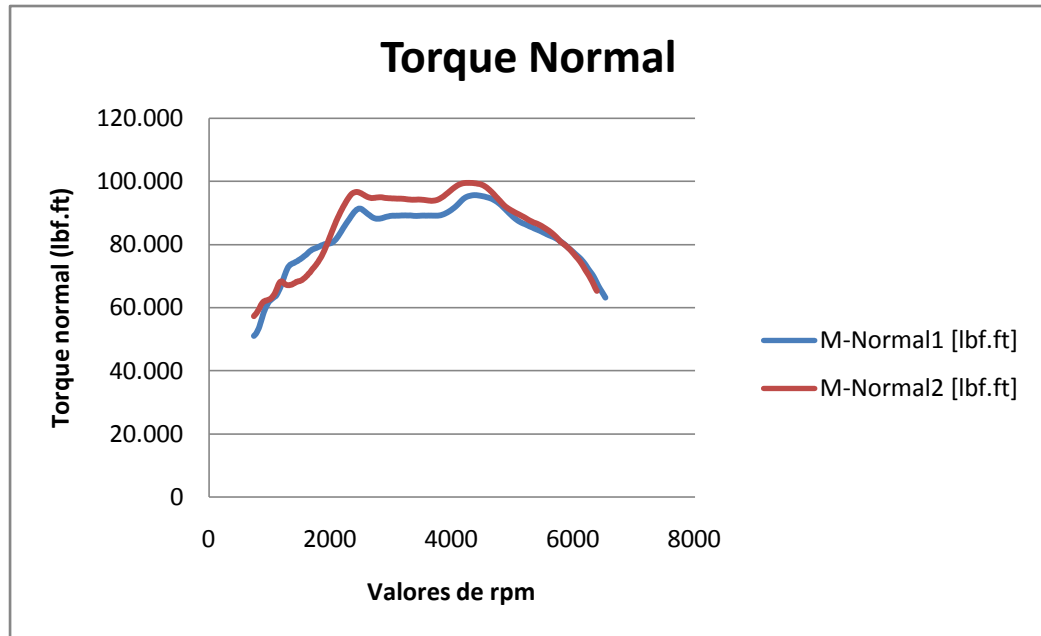


Figura 6.5 Comparación de las curvas de torque normal

6.4.1.4.1.- Análisis de los resultados obtenidos

En el caso del torque normal determinado por el dinamómetro en las pruebas este se eleva con el sistema de inyección de agua como se puede visualizar en la comparación de las curvas en la figura anterior, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla VI.7 Análisis de resultados torque normal

Prueba antes [lbf.ft]	Prueba después[lbf.ft]	Variación [%]
95.7 @ 4375 RPM	99.6 @ 4255 RPM	3.91566265

6.5.- COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE EMISIONES DE GASES

Los niveles de emisión de gases se redujeron en ciertos valores, para tener una idea más clara de cuáles fueron los resultados presentamos a continuación un análisis de cada uno de ellos.

6.5.1.- EMISIONES DE NO_x

En cifras podemos decir que las emisiones de NO_x se redujeron con la implementación del sistema, en un 50.64% de acuerdo a las pruebas realizadas en la CORPAIRE. Este análisis se muestra en la figura 6.6.

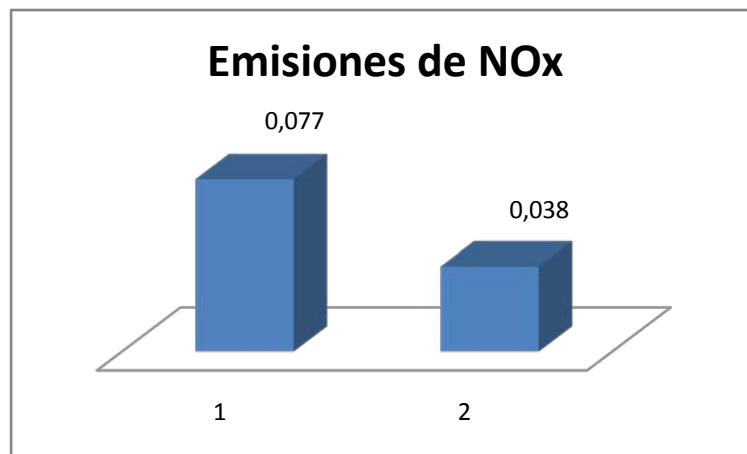


Figura 6.6 Análisis de emisiones de NOx.

- 1.- Pruebas antes.
- 2.- Pruebas despues.

6.5.2.- EMISIONES DE HC

Según las pruebas realizadas podemos determinar que las emisiones de HC tuvieron un incremento de 250.50%. Como se muestra en la figura 6.7.

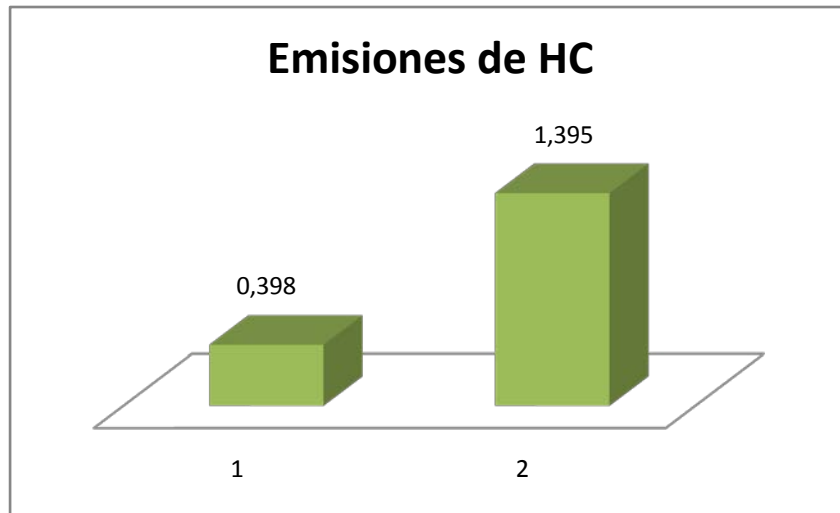


Figura 6.7 Análisis de emisiones de HC.

- 1.- Pruebas antes.
- 2.- Pruebas despues.

6.5.3.- EMISIONES DE CO

Para el caso de las emisiones de CO se produjo una reducción, como lo demostraron las pruebas realizadas del 6.62%. como se muestra en la figura 6.8.

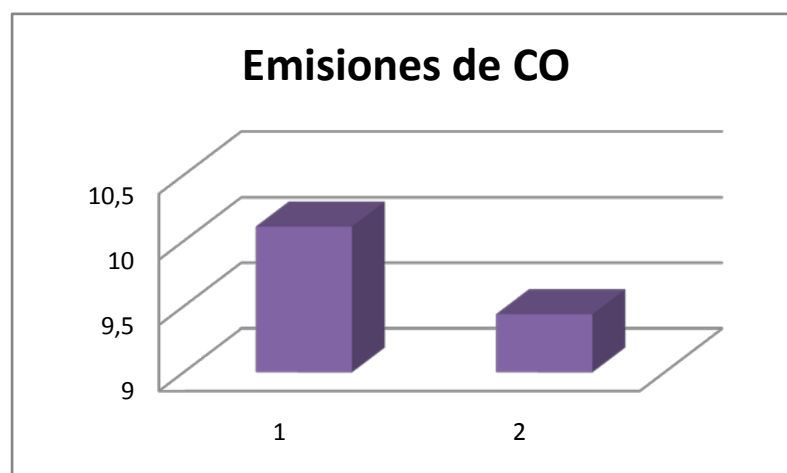


Figura 6.8 Análisis de emisiones de CO.

- 1.- Pruebas antes.
- 2.- Pruebas despues.

6.5.4.- EMISIONES DE CO₂

De la misma forma que la disminución del gas toxico CO en el caso de las emisiones del CO₂ tuvimos un aumento del 14.23%. Esto se ve en la figura 6.9.

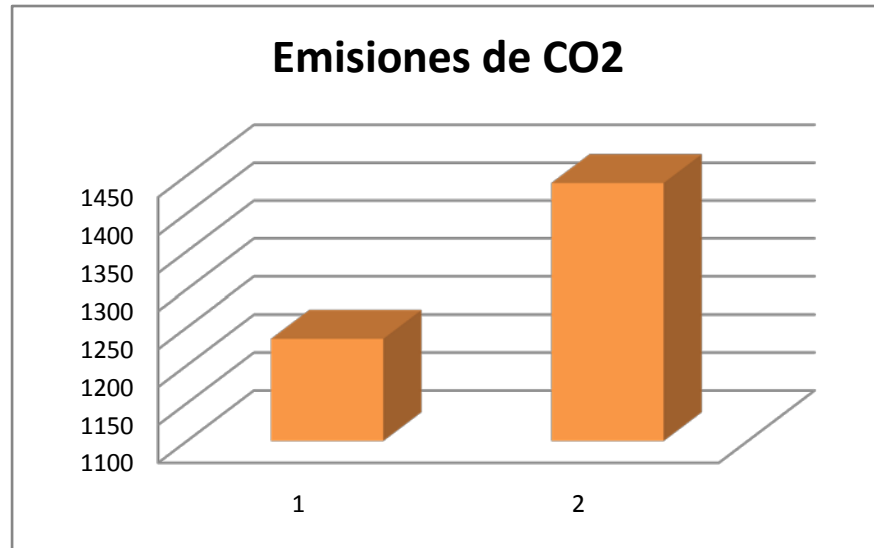


Figura 6.9 Análisis de emisiones de CO₂.

1.- Pruebas antes.

2.- Pruebas despues.

6.6.- ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

6.6.1.- DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

Para tener una idea más clara del funcionamiento del sistema de inyección de agua creímos conveniente enumerar y describir los elementos que componen el mismo, debido a que esto contribuirá a una mejor utilización y manipulación del sistema.

6.6.1.1.- Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento o depósito para el agua que se utilizará en la inyección está construido en plástico, tiene una capacidad de 1,5 galones, además de servir también como base o soporte para la bomba y para el controlador. Cuenta también con dos soportes que facilitan la fijación en el lugar destinado para la adaptación del sistema.



Figura 6.10 Tanque de almacenamiento.

6.6.1.2.- Bomba de suministro de agua

Esta es una bomba diseñada para trabajar con un voltaje de 12V CC, tiene también como característica una entrega dependiendo del inyector utilizado de entre 6.2 galones por hasta un máximo de 12.2 galones por hora, presenta además una presión máxima de 150 PSI. Como protección para este elemento se usa un fusible de 10 Amp. Este elemento va fijado al depósito de agua mediante tornillos.

Para las conexiones de la parte hidráulica posee un acople destinado para la succión de agua desde el depósito y este a su vez circula a través de la bomba continuando a la salida para ser dirigido por medio de un acople rápido que llevará el fluido por las mangueras hasta el inyector que previamente estará ya ubicado en el vehículo.



Figura 6.11 Bomba de suministro de agua.

6.6.1.3.- Inyector

Este es un elemento que permite una inyección de 6.2 galones por hora, siempre y cuando se trabaje con una inyección al 100%. Se encuentra fijado al múltiple de admisión del vehículo por medio de una rosca de 27 hilos por pulgada sellada por un empaque que permite el ajuste necesario del elemento, evitando de esta manera posibles fugas y goteos indeseados e innecesarios. Posee en su interior un tamiz que evita que las impurezas que se puedan encontrar en el agua ingresen en la inyección al interior del motor de combustión interna.



Figura 6.12 Inyector.

6.6.1.4.- Módulo controlador

Este elemento es un módulo que viene previamente cargado con ciertas especificaciones, utiliza una alimentación de 12 V CC mediante el cable de color naranja, una masa mediante el cable de color negro más grueso, un cable verde y un cable rojo que se conectan al cable negro y rojo de la bomba respectivamente y por último dos cables uno de color negro más delgado que recibe la señal de 0-5V y un azul que recibe masa de la misma señal de 0-5V.

Encontramos también un puerto serial de 9 pines que nos permite la conexión del módulo controlador a una computadora en la que se encuentre cargado el programa Coolingmist Vari-cool software suministrado en el equipo y el mismo que nos permite realizar modificaciones en la programación del controlador.

Tiene una toma de vacío con la cual podemos conectar una toma del mismo tipo del motor al controlador para realizar la inyección con variaciones de presión, en rangos de mínimo y máximo.

Sobre la toma de vacío y el cableado encontramos un switch de selección, mediante el cuál escogemos de acuerdo a la posición con que deseamos activar la inyección si se encuentra al lado derecho se activará con voltaje y si está al lado izquierdo lo realizará con vacío.

En la parte frontal del controlador, en la parte superior derecha encontramos un led que nos indica el funcionamiento del sistema, así como también nos permite realizar un diagnóstico del mismo.

De igual forma encontraremos tres perillas, la primera de color verde que se utiliza para seleccionar los mínimos de presión si se trabaja con vacío o voltaje si se trabaja con 0-5V a partir de los cuales se iniciará la inyección.

Una perilla gris que nos permitirá seleccionar el régimen de trabajo de la bomba de suministro es decir, por ejemplo si ubicamos la perilla en la posición 10 estará cumpliendo un ciclo de trabajo del 100%. Es importante señalar que por cada posición modificada se estará modificando un 7.5% el ciclo, es decir si ubicamos la perilla en 9 se estará cumpliendo un ciclo de trabajo al 92.5%

Y por último encontramos una perilla roja la cual se utiliza para seleccionar el máximo de presión si se trabaja con vacío o voltaje si se trabaja con 0-5V.



Figura 6.13 Módulo controlador

6.6.2.- INSTRUCCIONES DEL SOFTWARE VARI-COOL

6.6.2.1- Requisitos del sistema

- PC basada en Windows (NT, 2000, 2003, XP)
- 1 puerto serial disponible DB9 o marco portuario USB (con convertidor serial de USB).

6.6.2.2.- Descripción y detalles del software

Vari-cool es un regulador avanzado de la inyección de metanol y de agua manufacturado por Coolingmist, LLC.

Fue introducido en el año 2005 y es un regulador (controlador) progresivo existente en el mercado que tiene compatibilidad de software completa. Otros reguladores (controladores) que se encuentran en el mercado solo permiten un

“MIN” y un “MAX” restringiendo de esta manera la opción de modificar la curva de funcionamiento. Con Vari-cool esto es diferente, se tiene pleno control no sólo del MIN y del MAX, sino también de la regulación de régimen de trabajo de la bomba, la curva, el inicio del ciclo de inyección, el ciclo de trabajo máximo, la fijación de la perilla, datalogging, etc.

Es también importante observar que usar el software es totalmente opcional. No siempre se necesita una computadora, el regulador (controlador) es preprogramado.

Para utilizar las características avanzadas o la correcta regulación, será necesaria la utilización del software.

6.6.2.3.- Instalación de vari-cool y conexión

1. Colocar el CD en el CD-ROM. El programa de instalación puede comenzar por sí mismo. Si no lo hace, navegar a la carpeta del programa principal y dar click en “setup.exe”.
2. Seguir los pasos y dar click para la instalación completa (next to complete installation).

El sistema estará instalado en la ruta “archivos de programa/ Coolingmist/ datalogger.exe” (Program Files/Coolingmist/datalogger.exe)

6.6.2.4.- Comenzar el programa

Para iniciar el programa una vez instalado el mismo en la computadora se seguirá el siguiente procedimiento:

START>>>>PROGRAM FILES>>>COOLINGMIST>>>datalogger

Luego de iniciado el programa se debe conectar el cable serial entre la computadora y el módulo. Además el módulo debe tener alimentación y masa. Si el mismo está instalado en el vehículo se debe dar vuelta a la llave de ignición a encendido (ON).

También se puede alternativamente utilizar una batería de 12V y también se puede conectar el módulo a una computadora de escritorio.

La pantalla de abajo se puede encontrar dando click en “connect”. Esta ventana mostrará los puertos disponibles. Es posible que aparezca más de uno. De todos esos puertos uno debe ser el cable serial. Se debe intentar el primero, después se debe dar click en la primera pestaña que dice “sensor de reloj o (sensor watch)”.

Si aparecen los sensores activados quiere decir que se ha escogido correctamente el puerto. Si esto no es así se debe elegir el puerto siguiente e intentar otra vez. Cada vez que usted se conecte al programa este recordará su puerto. Si usted no se puede conectar más adelante, se debe volver a esta pantalla e intentar nuevamente con cada una de los otros puertos.

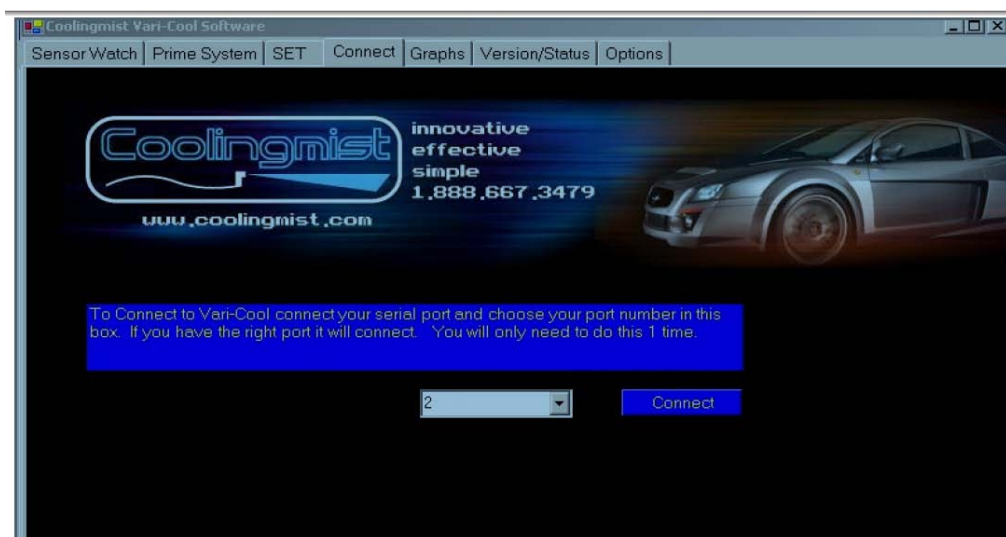


Figura 6.14 Pantalla de estado de conexión

6.6.2.5.- Lectura de la exhibición del sensor (SENSOR WATCH)

En esta pantalla principal del calibrador, se demuestra cómo el regulador se programa así como los datos en tiempo real y en formato gráfico. Los calibradores y las perillas en esta pantalla pueden tener diversas configuraciones dependiendo de cómo se programa el regulador (controlador) o también de las entradas que se están utilizando. Más adelante analizaremos cada calibrador y perilla individualmente y demostraremos diversos ejemplos de cómo pueden ser configuradas. Es importante observar que el módulo no necesita ser conectado nunca con la computadora a menos que se quiera cambiar los sensores de la programación o del datalog. El módulo se fija en la fábrica como un dispositivo listo para el uso y programación. Se recomienda que se utilice el software de vez en cuando como un diagnosticador del sistema, del Datalog, etc.

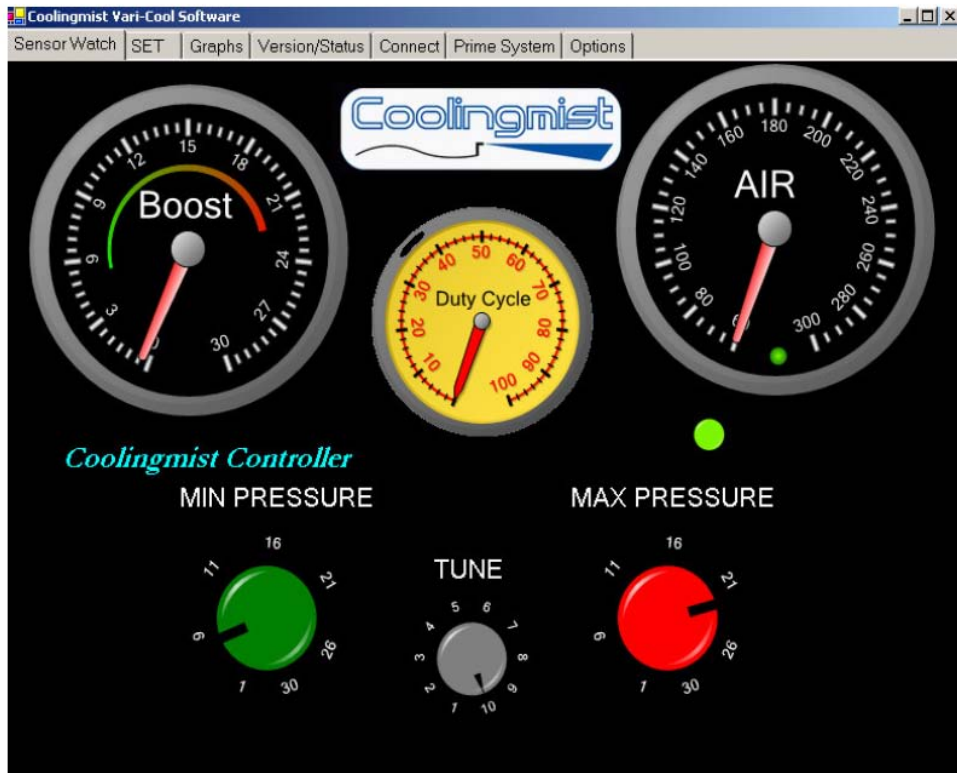


Figura 6.15 Pantalla del Sensor Watch

6.6.2.5.1.- Detalle del calibrador del sensor

El calibrador de presión se encuentra en el lado superior izquierdo. Será siempre un calibrador de presión y no puede ser cambiado a otra cosa. Si se tiene la versión de 4-120 PSI la escala ajustará automáticamente. El ajuste del MIN y del MAX es la curva del verde al rojo que se ve en el mismo calibrador. En otras palabras, si se fija el MIN a 5 y el MAX a 22 en el regulador (controlador) se verá la curva tal como se muestra en el figura 6.16. Si se está inyectando basándose en algo a excepción de la presión como voltaje, EGT, Temperatura del aire, etc, el calibrador de presión no tendrá la curva verde-roja, esta curva estará en otro calibrador tal como se ve en la figura 6.16.

NOTA: Nuestro modelo, naturalmente aspirado, mostrará "VACÍO" en vez de la presión.

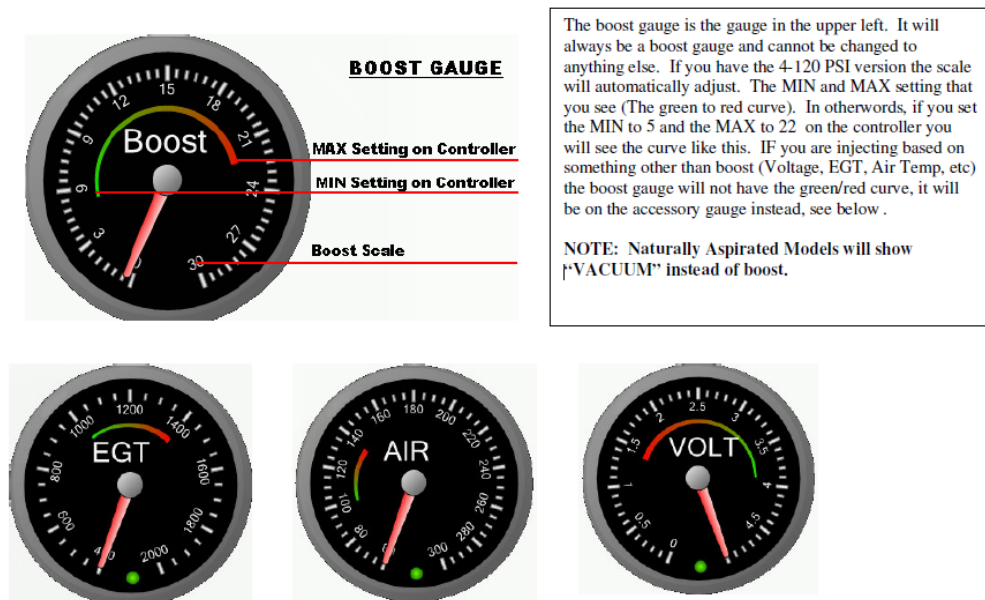


Figura 6.16 Pantalla de calibración del sensor

6.6.2.5.2.- Calibrador del ciclo de trabajo

El calibrador del ciclo de trabajo demostrará el tiempo de utilización del regulador (controlador). De esta manera usted se fija el MIN/MAX y el régimen de

trabajo de la bomba, todos estos parámetros tendrán un gran efecto en la utilización del tiempo de encendido. Como el tiempo de utilización aumenta la presión a la bomba, como resultado aumentará también más flujo.



Figura 6.17 Indicador de ciclo de trabajo.

6.6.2.5.3.- Luz indicadora

La luz indicadora nos dirá cuando el sistema está inyectando. Si se da vuelta a la perilla MÍNIMA más alta que la MAXIMA el sistema se desactivará y la luz se apagará.

Cuando el sistema está inyectando la luz permanecerá sólida, cuando está en marcha lenta centellará rápidamente.



Figura 6.18 Luz indicadora.

6.6.2.5.4.- Perillas de MIN/MAX y del régimen de trabajo (TUNE)

Cuando se elige la presión como activación primaria las perillas aparecerán como se ve en la figura 6.19. Si se trabaja con voltaje de 0-5 V, las perillas autoajustarán la escala a 5 voltios. Cuando se da vuelta a las perillas de MIN/MAX o régimen de trabajo en el regulador (controlador) se verá cambiar

estas perillas en tiempo real. Para fijar la activación debe verse el detalle en la pantalla de “FIJO (SET)”.

NOTA: Los modelos naturalmente aspirados serán etiquetados “inicio de vacío (Start Vaccum) y vacío completo (full Vacuum)”

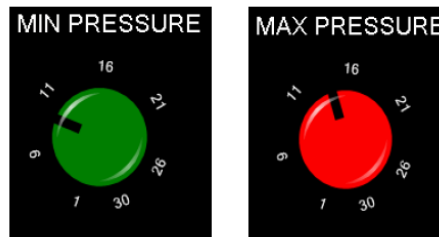


Figura 6.19 Perillas de Min y Max.

Mientras que el MIN es el punto a donde el sistema comienza a inyectar y el MAX es donde se está en el flujo completo, el régimen de funcionamiento permite que se baje el rango de flujo máximo. Una de las inquietudes es como se puede variar el rango de flujo máximo. Por ejemplo, si se desea menos flujo, cada vez que se de vuelta la perilla y baje un punto, el tiempo de utilización máximo de la bomba bajará por 7.5%. Esto sirve para entregar la cantidad exacta de flujo.



Figura 6.20 Perilla Tune

6.6.2.6.- Sistema primario (PRIME SYSTEM)

El sistema primario es una opción que los reguladores de la versión 1.3 y superiores pueden aprovecharse. Por ejemplo, se puede quitar los inyectores de

la tubería del vehículo y presionar “RUN” y hacer que inyecten, sin la necesidad de la presión o del voltaje. Es excelente para diagnosticar problemas.

Para nuestro módulo no se presenta el uso de esta aplicación.

En esta pantalla, figura 6.21, se presentan las siguientes características:

1. **Sistema primario.** Es para indicar que éste es el módulo del oscurecimiento.
2. **Caja de segundos.** Número de segundos para preparar el sistema.
3. **Tiempo de funcionamiento o utilización.** El tiempo de utilización a funcionar. Usted puede funcionar de 1 a 100% tiempos de utilización.
4. **Botón de Funcionamiento.** Si se da click en este botón girará la bomba y funcionará el sistema
5. **Cancelar.** Si se presiona esto, el sistema cancelará parando la bomba.
6. **Lectura de la barra del tiempo de utilización.** Le da una barra y una lectura digital del tiempo de utilización.
7. **Lectura del tiempo.** Le da una barra y una lectura digital del tiempo transcurrido.

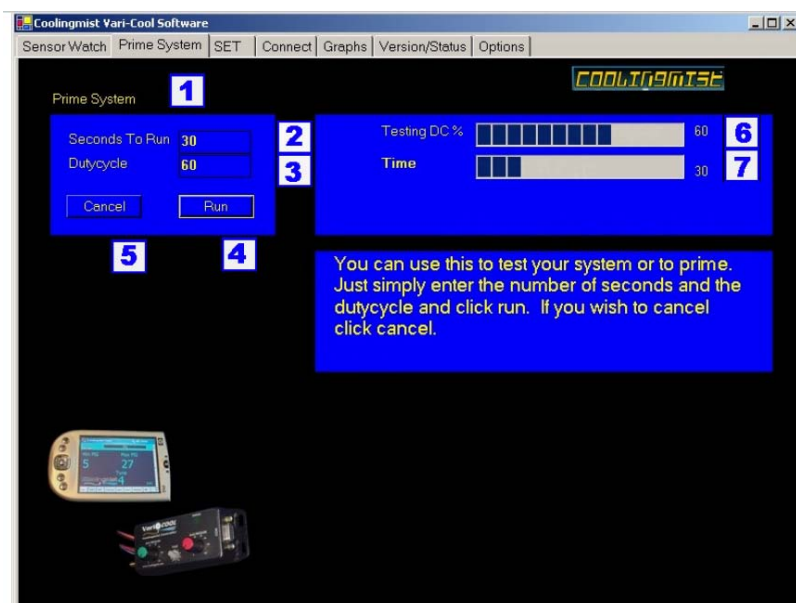


Figura 6.21 Pantalla Prime System.

6.6.2.7.- Fijar la pantalla (SET)

La pantalla del sistema es la pantalla donde se puede programar el regulador (controlador). Se tiene la capacidad de fijar la pantalla en el modo 2D, basado en presión y 0-5V, o solo basado en presión, o solo en 0-5 V. Además el tiempo de utilización MÍN, tiempo de utilización MAX, fijación, el factor de régimen, (curva), todos estos pueden ser fijados.

Las opciones que aparecen en esta pantalla, figura 6.22 se muestran a continuación:

1. **MIN DC.** Éste es el ajuste donde la bomba se prende. Mientras más alto sea este número, más alta la presión inicial será. Si se está utilizando un inyector muy grande se puede aumentar esto para una mejor atomización.
2. **MAX DC.** Permite que fijar el tiempo de utilización max. Se puede bajar el rango de flujo máximo bajando este valor.
3. **CURVA.** Éste es el valor de - 5.0 a +5.0 que cambia la forma de la curva. Valores de - 1.0 o 1.0 resultara en una curva lineal de la salida. Los valores entre - 1.0 y - 5.0 darán lugar a curvas sobre la línea (más agresivo). Los valores entre 1.0 y 5.0 darán lugar a curvas debajo de la línea (menos agresivo). Valores en medio - 1.0 y 1.0 no son generalmente de gran uso. Este parámetro es de importancia significativa y se puede utilizar para regular (régimen de trabajo de la bomba) finalmente para la ausencia de linealidad.
4. **MODO DE CONTROL.** Se puede fijar este modo basado en los valores en la caja.
5. **DISPARADOR.** Puede ser de presión o 0-5V.
6. **7.8 FIJACION (min, máx, régimen).** Se puede trabar estos valores de tal manera que las perillas no puedan cambiar los ajustes.
9. **BARRA DE ESTADO.** Nos da el estado en que se encuentra la operación.
10. **BOTON PARA CORREGIR.** Si se quiere poner al día uno o más ajustes, debemos dar click en este botón para hacerlo editable.

11. CARGAR DATOS. Dar click en este botón para concluir los cambios.

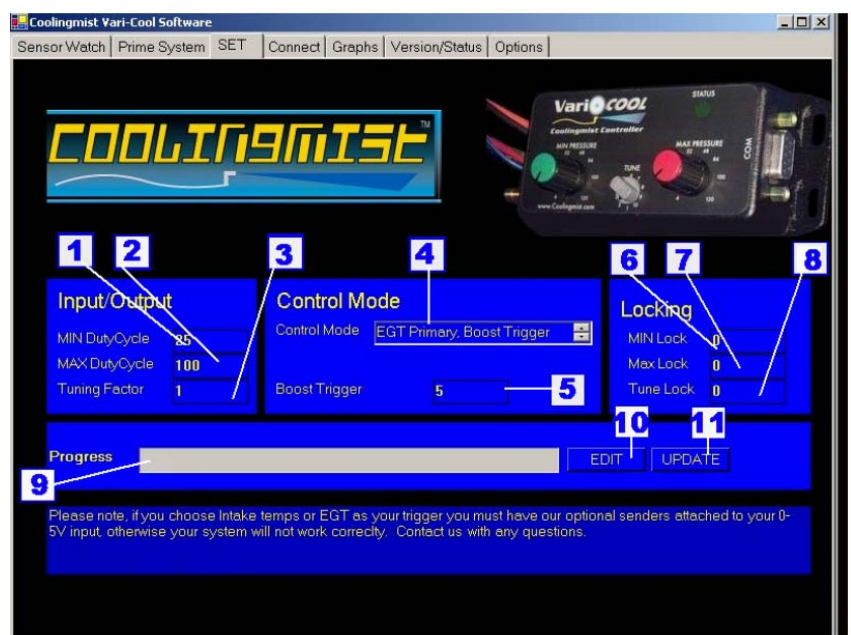


Figura 6.22 Pantalla SET

6.6.2.7.1.- Detalle del modo del regulador

Se puede utilizar esta configuración si se quiere funcionar con el sistema activado por presión solamente o por voltaje solamente. La línea de presión debe estar sobre el puerto de presión en el regulador y el interruptor sobre la toma de vacío debe estar en la posición izquierda si se quiere utilizar solo presión. Si se va a utilizar 0-5 V, se debe tener el pequeño alambre azul conectado a 0-5V y el interruptor debe estar a la derecha.

Nota: En nuestro caso se tiene un modelo basado en el vacío también dirá “PRESIÓN” pero funciona como vacío.



Figura 6.23 Opción solo Presión

Si se quiere trabajar con el sistema basado en voltaje progresivo, pero solamente cuando la presión está en o sobre un valor preestablecido, se puede escoger la opción que aparece en la figura 6.24.

El disparador de presión se pone en la caja. Al usar este modo, las perillas del MIN y del MAX escalarán a partir de 0-5 voltios. Para el ejemplo, si el MIN se fija en 15 y el MAX se fija en 30 y el disparador de presión es 12, el sistema comenzaría en 2.5 voltios y daría una salida progresiva hasta 5V, pero solamente cuando se esté sobre el nivel de presión que se ingreso en esta caja. La línea de presión debe estar sobre el puerto de presión para que esto trabaje.

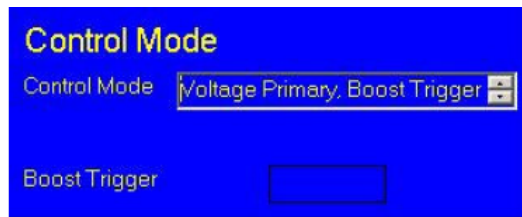


Figura 6.24 Opción Voltaje Progresivo

Una configuración diferente si se quiere hacer funcionar el sistema está basado en presión progresiva, pero solamente cuando el voltaje está en o sobre un voltaje preestablecido. El disparador del voltaje se pone en la caja destinada. Al usar este modo, las perillas del MIN y del MAX serán basadas en PSI. Para ejemplo, si el MIN se fija en 15 y el MAX se fija en 30 y el disparador del voltaje es 3.5, el sistema comenzaría en 15 PSI y daría una salida progresiva hasta 30 PSI (después de 30, estaría en flujo completo), pero solamente cuando se está sobre los 3.5 voltios que se ingreso en esta caja. La línea de presión debe estar sobre el puerto de presión para que esto trabaje y el pequeño alambre azul se debe conectar con su entrada a 0-5V.

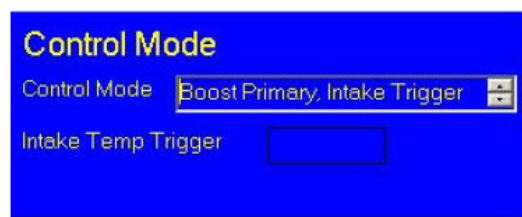


Figura 6.25 Opción Presión Progresiva

Si se desea utilizar el sistema basado en EGT progresivo, esto será solamente cuando la presión está en o sobre un voltaje preestablecido. Se crea el disparador de la presión y se pone en la caja. Al usar este modo, las perillas del MIN y del MAX serán basadas en el EGT. Se debe tener el módulo del EGT para este trabajo. El sistema inyectará basado en el EGT progresivo. Si se tiene un kit de este tipo, el regulador tendrá una etiqueta 80-2000F sobre él.

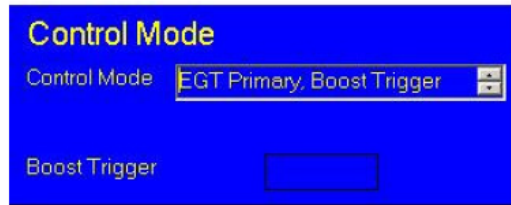


Figura 6.26 Opción EGT Progresivo

Una configuración diferente es también si se desea que el sistema funcione progresivamente basado en la presión, pero solamente cuando una EGT está a cierto nivel. Por ejemplo, se puede poner 1000 en la caja del disparador del Temp del EGT. El sistema inyectaría basado en la presión del MIN y del MAX mientras esté en o sobre la Temp del EGT en la caja. Se debe tener un amplificador del EGT y una serie estándar de sonda k para que esto trabaje. La línea de presión debe ser colocada sobre el puerto de la presión para que esto trabaje.

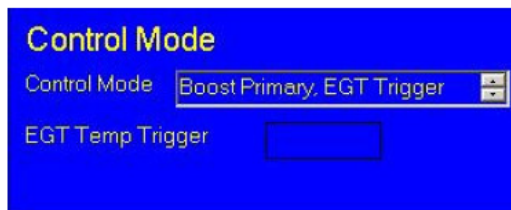


Figura 6.27 Presión progresiva basada en EGT

Otra de las configuraciones se utiliza para el kit del regate SRT-4 HOM.

Este kit particular requiere 2 inyectores M5. Inyecta basado en la presión y TPS. Tomando el TPS en consideración se tiene bastante flujo encima de la tapa, pero para no inundar el motor se mantiene la presión baja.

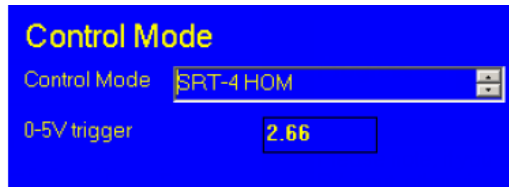


Figura 6.28 Opción SRT-4 HOM

6.6.2.8.- Página principal del gráfico

La ventana de gráficos tiene muchas opciones. Se debe notar que el “flujo” no está disponible en el gráfico. Entre las opciones tenemos:

1. Se debe dar click en la ventana para ver una lectura digital de la presión (o del vacío), el % de tiempo de utilización, su ajuste del régimen o para ver opciones de la exhibición.
2. Gráfico de barra que exhibe los diversos valores para la visión.
3. Un gráfico del tiempo para demostrarle sus entradas configuradas en una escala de X, Y en tiempo real.

NOTA: En esta ventana hay otras dos opciones de gráficos. En los cuales se muestran al EGT (para los kits del EGT) y a temps del producto contra tiempo de utilización/presión.

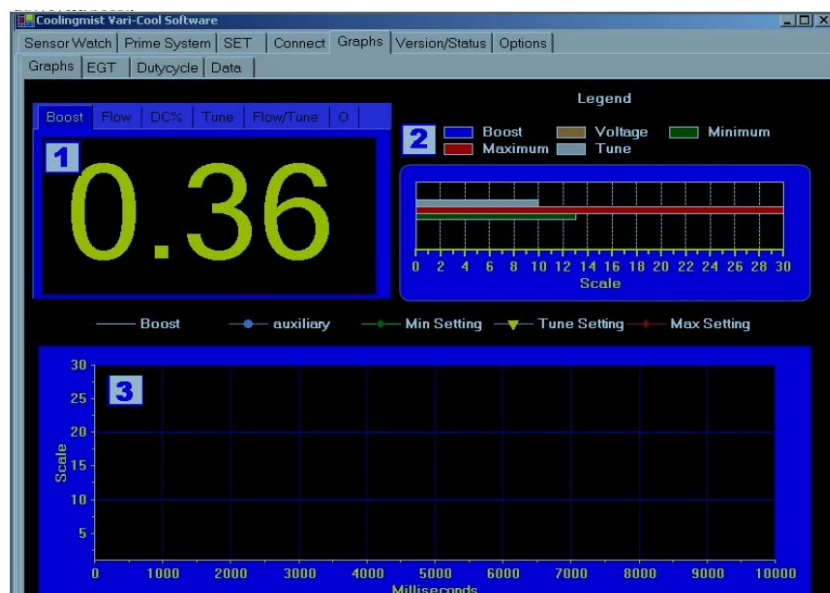


Figura 6.29 Opción Graphs

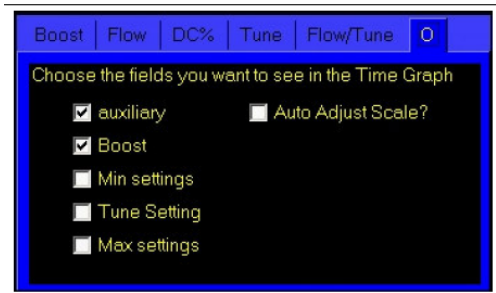


Figura 6.30 Opciones de Graphs

La segunda ventana, figura 6.30, tiene muchas pestañas, en la pestaña “O” estan las opciones, donde se puede elegir qué campos aparecerán en los gráficos así como escala de autoajuste para emparejar la entrada máxima.

NOTA: En nuestro caso cuando usted ve “PRESIÓN” en este software, significará VACÍO.

6.6.2.8.1.- Pantalla de datalog

En la figura 6.31 se muestra la pantalla del datalog. Aquí se puede detener la pantalla, despejarlo o guardarlo en un archivo. Se puede guardar los datos como formatos del tipo CSV, Excel o texto. Todos los elementos se incluyen en el datalog, en este cuadro solamente tenemos un sitio de demostración de tiempo, mínimo, máximo, régimen, voltaje, DC. y la presión. Se registrarán los datos aproximadamente 5 veces cada segundo.

Time Stamp	Time Stamp	Min	Max	Tune	Voltage	Dutycycle	Boost
12:59:28 PM-2	12:59:28 PM-90	13.41	29.98	10	0.022	0	0
12:59:29 PM-3	12:59:29 PM-62	13.41	29.98	10	0.022	0	0
12:59:29 PM-4	12:59:29 PM-21	13.41	29.98	10	0.022	0	0
12:59:29 PM-5	12:59:29 PM-37	13.42	29.98	10	0.022	0	0
12:59:29 PM-6	12:59:29 PM-53	13.42	29.98	10	0.020	0	0
12:59:29 PM-7	12:59:29 PM-68	13.41	29.98	10	0.022	0	0
12:59:29 PM-8	12:59:29 PM-84	13.42	29.98	10	0.020	0	0
12:59:30 PM-9	12:59:30 PM-0	13.42	29.98	10	0.022	0	0
12:59:30 PM-10	12:59:30 PM-15	13.42	29.98	10	0.022	0	0
12:59:30 PM-11	12:59:30 PM-31	13.42	29.98	10	0.022	0	0
12:59:30 PM-12	12:59:30 PM-46	13.41	29.98	10	0.020	0	0
12:59:30 PM-13	12:59:30 PM-62	13.42	29.98	10	0.020	0	0
12:59:30 PM-14	12:59:30 PM-78	13.42	29.98	10	0.022	0	0
12:59:30 PM-15	12:59:30 PM-93	13.42	29.98	10	0.022	0	0
12:59:31 PM-16	12:59:31 PM-93	13.42	29.98	10	0.022	0	0
12:59:31 PM-17	12:59:31 PM-25	13.41	29.98	10	0.020	0	0
12:59:31 PM-18	12:59:31 PM-40	13.41	29.98	10	0.020	0	0
12:59:31 PM-19	12:59:31 PM-56	13.41	29.98	10	0.020	0	0
12:59:31 PM-20	12:59:31 PM-71	13.41	29.98	10	0.022	0	0
12:59:31 PM-21	12:59:31 PM-87	13.42	29.98	10	0.020	0	0
12:59:32 PM-22	12:59:32 PM-31	13.42	29.98	10	0.025	0	0
12:59:32 PM-23	12:59:32 PM-18	13.41	29.98	10	0.022	0	0

Figura 6.31 Pantalla Datalog

6.6.2.9.- Pantalla de estado

Esta pantalla simplemente nos demostrará el número de versión del regulador (controlador), el estado de la conexión y la versión del programa. Nos dirá si se ha conectado o no. Si se tiene una conexión a internet el sistema mostrará un botón que permita que se compruebe con el servidor para saber si hay una nueva versión del programa. Si existe un nuevo, se puede dar click en “INSTALAR AHORA (INSTALL NOW)” e instalar la nueva versión.

6.6.2.10.- Mantenimiento del sistema

Este sistema en realidad es de fácil mantenimiento ya que no posee elementos que se dañen o corroan rápidamente.

Entre los parámetros que se deben tener en cuenta para alargar la vida del sistema de inyección de agua son:

- Asegurarse que el depósito esté lleno cada vez que vayamos a hacer uso del sistema de hidroinyección, para evitar daños en la bomba.
- Revisar el inyector para evitar que este se tapone y deje de trabajar con normalidad.
- No colocar en el tanque agua que contenga impurezas, ya que estas podrían provocar daños en el sistema.
- Realizar correctamente las conexiones eléctricas para evitar daños en el módulo de control.
- Una vez instalado el sistema y adaptado a las señales del sensor base no cambiar las disposiciones de las perillas del Mínimo, Máximo y del régimen de trabajo de la bomba para obtener una inyección continua cada vez que este sistema sea activado.
- No se debe mover el switch que se encuentra en la parte superior de la toma de vacío pues esto impedirá averías en el módulo del sistema.

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.- CONCLUSIONES

Al concluir con el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Con la inyección de pequeñas cantidades de agua se logró mejorar la potencia del vehículo, en un 0.33%, debido al efecto de disociación molecular de este fluido en la combustión interna del motor.
- De la misma forma el equipo instalado en el vehículo Chevrolet Optra, destinado para la inyección de agua, proporciona una mejora en el torque, en un 3.92%, por el mismo fenómeno de disociación molecular del agua.
- El efecto de enfriamiento que se produce en la combustión del motor del vehículo Chevrolet Optra, por la inyección de agua, permite una reducción considerable en uno de los mayores gases contaminantes, como son los NO_x , en comparación al funcionamiento sin el sistema se reduce un 50.64%.
- Con la implementación de este sistema se logra también la reducción de otro de los gases contaminantes como es el CO, en comparación con las pruebas sin el sistema se logra una disminución del 6.62%.
- Como consecuencia de la disminución del CO, se obtiene un aumento del gas no tóxico CO_2 , en un porcentaje del 14.23%.
- Al instalar el sistema de inyección de agua en el múltiple de admisión del Chevrolet Optra, no se afecta ninguno de los subsistemas del mismo por ende no afecta el normal funcionamiento de este vehículo.

- Con la elaboración del manual de mantenimiento y operación del sistema, se puede tener mayor conocimiento de la funcionalidad que este presenta, de esta forma se puede alargar la vida útil del presente trabajo.

7.2.- RECOMENDACIONES

Para el desarrollo del presente trabajo, se debe seguir las siguientes recomendaciones:

- Realizar pruebas del sistema utilizando como combustible gasolina súper, ya que el presente trabajo se desarrollo con gasolina extra.
- Estudiar la posibilidad de implantar un sistema similar en un vehículo que posea un motor de ciclo Diesel, para conocer los efectos en el mismo.
- Al momento de realizar las conexiones eléctricas al módulo y sus componentes, tomar la mayor precaución, leer las especificaciones del fabricante para evitar posibles daños en el equipo.
- Tener precaución en la toma y conexión de la señal del sensor base, ya que esto asegura un correcto funcionamiento del sistema.
- Para la manipulación del inyector de agua utilizar las herramientas apropiadas, para evitar que la rosca y el agujero sufran daños irreparables.
- Si se necesita retirar la toma de aire, donde se encuentra ubicado el inyector de agua, del múltiple de admisión, se debe hacer uso del acople rápido con que cuenta el inyector para que no se lo retire de la mencionada toma.

BIBLIOGRAFÍA:

- SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES, TOYOTA MOTOR CORPORATION – Japón: Toyota, 1990.
- INYECCIÓN ELECTRÓNICA EN MOTORES DE GASOLINA, Albert Marti Parera – Mexico D.F.: AlfaOmega/Marcombo, 1992.
- MECÁNICA DE FLUIDOS, James A. Fay – Mexico D.F.: Continental 1996.
- MECANICA DE FLUIDOS, Merle C. Potter y David C. Wiggert – 2ª Edición Mexico D.F.: Prentice Hall 1998.
- FUNDAMENTOS DE QUÍMICA, Morris Hein y Susan Arena – Mexico D.F.: International Thompson 1997.
- FUNDAMENTOS DE QUIMICA, Fernando Bucheli Ponce – 4ª Edición – Quito: Ministerio de Educación y Cultura, 2003.
- TERMODINÁMICA, Virgil Moring Fyres y Clifford Max Simmang – Mexico D.F.: Limusa, 1993.
- GENERAL MOTORS, Manual del Chevrolet OPTRA 2006.
- ERAZO GERMÁN, Folleto de inyección electrónica gasolina.