

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TEMA:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO QUE INYECTE
HIDRÓGENO A UN MOTOR A GASOLINA”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AUTOMOTRIZ**

ELABORADO POR:

**ALDÁS ACOSTA EDGAR DAMIÁN
ENCALADA TERÁN RUBÉN GENARO**

Latacunga, junio 2010.

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de investigación fue desarrollado por **Edgar Damián Aldás Acosta y Rubén Genaro Encalada Terán**, bajo nuestra supervisión.

ING. LUIS MENA
DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. GUIDO TORRES
CODIRECTOR DEL PROYECTO

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. LUIS MENA (DIRECTOR)

ING. GUIDO TORRES (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “**IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO QUE INYECTE HIDRÓGENO A UN MOTOR A GASOLINA**” realizado por los señores Edgar Damián Aldás Acosta, Rubén Genaro Encalada Terán 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 conocimientos 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 los señores Edgar Damián Aldás Acosta, Rubén Genaro Encalada Terán que lo entregue al Ing. Juan Castro, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, junio del 2010.

ING. LUIS MENA

DIRECTOR

ING. GUIDO TORRES

CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros Edgar Damián Aldás Acosta

Rubén Genaro Encalada Terán.

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “**IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO QUE INYECTE HIDRÓGENO A UN MOTOR A GASOLINA**” 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 mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, junio del 2010.

Edgar Damián Aldás Acosta.

C.I. 180358828-2

Rubén Genaro Encalada Terán.

C.I. 100253571-2

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros Edgar Damián Aldás Acosta
Rubén Genaro Encalada Terán

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del **proyecto “IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO QUE INYECTE HIDRÓGENO A UN MOTOR A GASOLINA”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad y autoría.

Latacunga, junio del 2010.

Edgar Damián Aldás Acosta.

C.I. 180358828-2

Rubén Genaro Encalada Terán.

C.I. 100253571-2

DEDICATORIA

Al finalizar mi carrera quiero rendir homenaje y agradecimiento a:

DIOS; por la vida

A MIS PADRES; por su ayuda constante y sabiduría que me ayudaron y apoyaron para cumplir mis sueños y metas..... **GRACIAS PAPÁ Y MAMÁ POR TODO**

A MI ESPOSA; por su apoyo y paciencia

A MI HIJA; por llegar a nuestras vidas a llenar de dicha y felicidad

A MIS HERMANOS; por su apoyo

Edgar D. Aldás A

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer de todo corazón a todas las personas que me ayudaron a la ejecución de este proyecto, a mi familia por su apoyo constante, amigos, profesionales, y de forma especial a mis tutores de este trabajo final, que gracias a ellos se logro el objetivo planteado al inicio de este proyecto **GRACIAS A TODOS**

Edgar D. Aldás A

DEDICATORIA

Dedico este proyecto y toda mi carrera universitaria a **Dios**, por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten.

Le agradezco a mi **Familia**, ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, fueron los que me dieron ese cariño y calor humano necesario, son los que han velado por mi salud, mis estudios, mi educación entre otros, son a ellos a quien les debo todo, horas de consejos , de regaños, de reprimendas; de tristezas y de alegrías de las cuales estoy muy seguro que las han hecho con todo el amor del mundo para formarme como un ser integral y de las cuales me siento extremadamente orgulloso.

A mi **novia**, por su apoyo incondicional, día a día junto a mí ayudo a lograr alcanzar mis éxitos.

Rubén G. Encalada T

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento:

A Dios, por enseñarme el camino correcto de la vida, guiándome y fortaleciéndome cada día.

A mis Padres, por creer y confiar siempre en mí, apoyándome en todas las decisiones que he tomado en la vida.

A los Ingenieros que coordinaron esta tesis y me guiaron durante toda mi carrera universitaria, por sus consejos y por compartir desinteresadamente sus amplios conocimientos y experiencia.

A mis compañeros de clases, por el apoyo y motivación que de ellos he recibido.

Rubén G. Encalada T

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	li
CERTIFICADO.....	iii
DECLARACIÓN.....	iv
AUTORIZACIÓN.....	v
DEDICATORIA I.....	vi
AGRADECIMIENTO I.....	vii
DEDICATORIA II.....	viii
AGRADECIMIENTO II.....	ix
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
RESUMEN.....	xxi

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	23
INFORMACIÓN GENERAL.....	23
EL SISTEMA DE INYECCIÓN.....	26
1.2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR.....	27
1.2.1 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	29
TANQUE DE COMBUSTIBLE	29
FILTRO DE COMBUSTIBLE.....	30
BOMBA DE COMBUSTIBLE ELÉCTRICA.....	30
INYECTORES	31
REGULADOR DE PRESIÓN	32

CONDUCTOS.....	33
1.2.2 UNIDAD ELECTRÓNICA DE CONTROL (ECU)	33
CONTROL DE LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE	34
CONTROL DEL TIEMPO DE INYECCIÓN.....	35
CONTROL DE LA DISTRIBUCIÓN DE VÁLVULAS	35
CONTROL DE ARRANQUE	36
1.2.3 COMBUSTIBLES	37
1.2.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS GASOLINAS	37
VOLATILIDAD	37
PODER CALORÍFICO.....	37
OCTANAJE	38
1.3 BENEFICIOS DE LA INYECCIÓN DE HIDRÓGENO	38
1.4 EMISIONES DE CO ₂ , NO _x , HC, ENTRE OTROS	39
1.4.1 RELACIÓN ESTEQUIOMÉTRICA Y RELACIÓN LAMBDA	40
1.4.2 GASES DE COMBUSTIÓN.....	42
1.4.3 COMPOSICIÓN DE LOS GASES Y EFECTOS EN EL ENTORNO	44
ANHÍDRIDO CARBÓNICO.....	44
OXÍGENO.....	45
MONÓXIDO DE CARBONO	45
ÓXIDOS DE NITRÓGENO	46
1.4.4 GASES DE ESCAPE Y RELACIÓN LAMBDA.....	47
MONÓXIDO DE CARBONO (CO) y ANHÍDRIDO CARBÓNICO CO ₂	48
HIDROCARBUROS (HC)	48
ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO _x)	49
1.5 SENSORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN	52
1.5.1 SENSOR DE POSICIÓN DE MARIPOSA (TPS).....	54
MEDICIONES	55
FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR TPS	56
1.5.2 PRESIÓN ABSOLUTA DE ADMISIÓN (MAP)	57
1.5.3 SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE (IAT)	61
1.5.4 VÁLVULA DE CONTROL DE VALENTÍ (RPM)	64
1.5.5 SENSOR DE OXÍGENO (SONDA LAMBDA).....	68

CATALIZADOR	72
1.6 RENDIMIENTO DE LOS MOTORES.....	74
1.7 CONSUMO DE COMBUSTIBLE	75
1.8 DIAGRAMAS DE COMBUSTIÓN.....	76
1.8.1 CURVA DE PAR MOTOR	77
1.8.2 CURVA DE POTENCIA	79
1.8.3 CURVA DE CONSUMO ESPECÍFICO	81
1.9 CONTAMINACIÓN. PRODUCTOS CONTAMINANTES	81
CAPÍTULO II	84
ESTUDIO DEL HIDRÓGENO Y SU OBTENCIÓN.....	84
2.1 ESTADO NATURAL Y SU OBTENCIÓN	84
2.1.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL HIDRÓGENO	85
VENTAJAS.....	86
DESVENTAJAS.....	87
2.1.3 COMPARACIÓN DEL HIDRÓGENO CON OTROS COMBUSTIBLES.....	88
DENSIDAD DE ENERGÍA DEL HIDRÓGENO Y OTROS COMBUSTIBLES.....	88
2.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS.....	90
OLOR, COLOR Y GUSTO.....	90
DENSIDAD Y MEDIDAS RELACIONADAS	91
DENSIDAD.....	91
VOLUMEN ESPECÍFICO	92
RELACIÓN DE EXPANSIÓN.....	92
2.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS.....	93
REACTIVIDAD.....	93
ENERGÍA	94
DENSIDAD DE ENERGÍA.....	95
INFLAMABILIDAD.....	96
PUNTO DE INFLAMACIÓN (O “FLASHPOINT”).....	97
RANGO DE INFLAMABILIDAD	98
TEMPERATURA DE AUTOENCENDIDO	99

NÚMERO DE OCTANO.....	100
ENERGÍA DE IGNICIÓN	101
VELOCIDAD DE QUEMADO.....	101
2.2 COMPUESTOS DEL HIDRÓGENO.....	102
2.2.1 OBTENCIÓN DEL HIDRÓGENO	102
2.3 APLICACIONES DEL HIDRÓGENO.....	103
2.4 LA ECONOMÍA DEL HIDRÓGENO	104
2.5 REACCIÓN QUÍMICA DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO CON ZINC METÁLICO PARA OBTENER HIDRÓGENO	106
FÓRMULAS DE COMBUSTIÓN DEL HIDRÓGENO.....	111
 CAPÍTULO III	 114
 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA LOS DISPOSITIVOS	 114
3. VEHÍCULO CHEVROLET CORSA 1.6	114
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	114
CHEVROLET CORSA 3 PUERTAS.....	115
MOTOR.....	115
COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN EL VEHÍCULO CORSA	116
UNIDAD DE COMANDO DEL MOTOR (ECU)	116
BOMBA DE COMBUSTIBLE.....	117
INYECTORES	118
BOBINA DE ENCENDIDO.....	119
SENSOR DE TEMPERATURA DE ENTRADA DE AIRE (IAT).....	120
SENSOR DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE (WTS).....	121
SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN (TPS)	122
SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP).....	125
VÁLVULA DE RALENTÍ (I.A.C)	127
SENSOR DE OXÍGENO (O2S)	128
3.1 SELECCIÓN DEL ELEMENTO PRODUCTOR DE HIDRÓGENO	129
3.1.2 ÁCIDO CLORHÍDRICO.....	130

PROPIEDADES FÍSICAS.....	130
3.1.3 PROPIEDADES QUÍMICAS.....	131
3.1.4 ZINC METÁLICO	131
CARACTERÍSTICAS.....	132
3.1.5 PROPIEDADES.....	132
3.2 SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE REGULACIÓN DEL DISPOSITIVO.....	133
3.2.1 ELECTROVÁLVULA.....	133
3.2. LLAVE DE PASO	135
3.1.2 VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN	135
3.1.3 SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL.....	136
CARACTERÍSTICAS DE LOS MANÓMETROS.....	136
3.4 SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE INYECCIÓN DE HIDRÓGENO	137
3.4.1 MATRAZ KITASATO	137
3.4.2 TANQUE DE RESERVA DE GAS HIDRÓGENO.....	138
3.5 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE ALIMENTACIÓN	140
CAPÍTULO IV.....	141
CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS	141
4.1 CONSTRUCCIÓN DE BASES Y SOPORTES DEL DISPOSITIVO	141
4.1.1 DISEÑO DE LOS SOPORTES DE PRESIÓN	141
4.2 MONTAJE Y ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE REGULACIÓN	144
4.3 MONTAJE Y ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL DE INYECCIÓN	145
CAPÍTULO V.....	147
PRUEBAS DEL VEHÍCULO.....	148
5.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ESTADO DEL MOTOR CON EL DISPOSITIVO.....	148
5.2 PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES (CO ₂ , NO _x , HC, ENTRE OTROS) .	150
DATOS OBTENIDOS.....	153

5.2.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS:	154
MONÓXIDO DE CARBONO	155
ANHÍDRIDO CARBÓNICO.....	156
OXÍGENO.....	156
5.3 PRUEBAS DE POTENCIA, TORQUE Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON EL DISPOSITIVO.....	158
CURVAS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	172
5.3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	177
5.4 ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.....	177
PRECAUCIONES DE SEGURIDAD.....	177
INSTALACIÓN.....	178
5.4 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	179
5.4.1 PERSONAL.....	179
5.4.2 MISCELÁNEOS.....	179
CONCLUSIONES	182
RECOMENDACIONES	184
BIBLIOGRAFÍA	185
BIBLIOGRAFÍA VIRTUAL.....	186
ANEXOS	187
ANEXO A.....	188
ANEXO B.....	192
ANEXO C	197
ANEXO D.....	199
ARTÍCULO.....	199
CONCLUSIONES	207
RECOMENDACIONES	208

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 ESQUEMA BÁSICO DEL SISTEMA GENERADOR DE HIDRÓGENO.....	3
FIGURA 1.2 SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA.....	4
FIGURA 1.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE.....	5
FIGURA 1.4 RIEL DE INYECCIÓN GASOLINA.....	6
FIGURA 1.5 ESQUEMA DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	6
FIGURA 1.6 TANQUE DE COMBUSTIBLE.....	7
FIGURA 1.7 FILTRO DE COMBUSTIBLE.....	8
FIGURA 1.8 BOMBA DE COMBUSTIBLE ELÉCTRICA.....	9
FIGURA 1.9 INYECTOR.....	10
FIGURA 1.10 REGULADOR DE PRESIÓN.....	10
FIGURA 1.11 SEÑALES DE ENTRADA DE LA ECU.....	12
FIGURA 1.12 SEÑALES DE SALIDA DE LA ECU.....	13
FIGURA 1.13 ECU.....	14
FIGURA 1.14 CICLO DE LA GENERACIÓN DE HIDRÓGENO.....	16
FIGURA 1.15 ESQUEMA DE LA COMBUSTIÓN DE GASOLINA.....	17
FIGURA 1.16 ESQUEMA DE LA RELACIÓN ESTEQUIOMÉTRICA.....	18
FIGURA 1.17 CURVA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	19
FIGURA 1.18 GASES CONTAMINANTES.....	20
FIGURA 1.19 PORCENTAJE DE GASES DE COMBUSTIÓN.....	21
FIGURA 1.20 GASES DE ESCAPE Y RELACIÓN LAMBDA.....	24
FIGURA 1.21 EMISIONES DE HIDROCARBUROS.....	26
FIGURA 1.22 ÓXIDOS DE NITRÓGENO.....	27
FIGURA 1.23 CURVA EMISIONES NOX.....	27
FIGURA 1.24 GASES DE ESCAPE DESPUÉS DEL CATALIZADOR.....	28
FIGURA 1.25 SEÑALES DE ENTRADA A LA ECU.....	29
FIGURA 1.26 DIVERSOS SENSORES EN EL VEHÍCULO.....	30
FIGURA 1.27 TIPOS DE SENSORES TPS.....	31
FIGURA 1.28 COMPROBACIÓN DEL SENSOR TPS.....	32
FIGURA 1.29 FUNCIONAMIENTO DEL TPS.....	33

FIGURA 1.30 SENSOR MAP.....	34
FIGURA 1.31 MEDICIONES EN EL SENSOR MAP.....	35
FIGURA 1.32 DIAGRAMA DEL SENSOR MAP.....	37
FIGURA 1.33 SENSOR IAT.....	38
FIGURAS 1.34 SENSOR IAT.....	39
FIGURA 1.35 DIAGRAMA SENSOR IAT.....	40
FIGURA 1.36 VÁLVULA IAC.....	42
FIGURA 1.37 SENSOR DE OXÍGENO.....	44
FIGURA 1.38 VISTA EN CORTE SENSOR DE OXIGENO.....	45
FIGURA 1.39 DIFERENTES TIPOS DE SENSOR DE OXIGENO.....	47
FIGURA 1.40 UBICACIÓN DEL CATALIZADOR EN EL VEHICULO.....	47
FIGURA 1.41 PÉRDIDAS DE ENERGÍA DURANTE LA COMBUSTIÓN.....	49
FIGURA 1.42 AHORRO DE COMBUSTIBLE.....	51
FIGURA 1.43 CURVA TORQUE POTENCIA CONSUMO.....	52
FIGURA 1.44 CURVA CARACTERÍSTICA DE TORQUE.....	53
FIGURA 1.45 CURVA CARACTERÍSTICA DE LA POTENCIA.....	54
FIGURA 1. 46 EJEMPLO APROXIMADO DE LA PRESIÓN MEDIA EFECTIVA.....	56
FIGURA 1.47 CURVA CARACTERÍSTICA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	57
FIGURA 1.48 TIPOS DE CONTAMINACIÓN.....	58
FIGURA 1.49 CONTAMINACIÓN VEHICULAR.....	58
FIGURA 2.1 DESIGNACIÓN DEL HIDRÓGENO.....	59
FIGURA 2.2 ESTRUCTURA MOLECULAR HIDRÓGENO.....	60
FIGURA 2.1 DENSIDADES DE LOS COMBUSTIBLES MAS UTILIZADOS..	63
FIGURA. 2.2 DIVERSOS PODERES CALORÍFICOS DETERMINADOS EN KCAL/KG.....	64
FIGURA 2.3 RELACIÓN DE EXPANSIÓN DEL HIDRÓGENO.....	67
FIGURA 2.4 ESTADOS DE LA ENERGÍA QUÍMICA.....	68
FIGURA 2.5 RANGOS DE INFLAMABILIDAD DE LOS COMBUSTIBLES....	73
FIGURA 2.6 INTEGRACIÓN DE SISTEMAS.....	79
FIGURA 2.7 REACCIÓN QUÍMICA.....	80

FIG. 3.1 VEHÍCULO CHEVROLET CORSA 1.6.....	88
FIGURA 3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CHEVROLET CORSA 1.6...	89
FIGURA 3.3 ECU.....	90
FIGURA 3.3 BOMBA DE COMBUSTIBLE.....	91
FIGURA 3.4 CIRCUITO DE ACTIVACIÓN BOMBA DE COMBUSTIBLE.....	91
FIGURA 3.5 INYECTORES.....	92
FIGURA 3.6 CIRCUITO DE ACTIVACIÓN DE INYECTORES POR MEDIO DE LA ECU	92
FIGURA 3.7 BOBINA DE ENCENDIDO.....	93
FIGURA 3.8 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOBINA.....	93
FIGURA. 3.9 SENSOR IAT.....	94
FIGURA 3.10 DIAGRAMA DEL SENSOR IAT.....	94
FIGURA 3.11 SENSOR WTS.....	95
FIGURA 3.12 DIAGRAMA DEL SENSOR WTS.....	95
FIGURA 3.13 SENSOR TPS.....	96
FIGURA 3.14 DIAGRAMA DEL SENSOR TPS.....	96
FIGURA 3.15 SENSOR MAP.....	97
FIGURA 3.16 DIAGRAMA DEL SENSOR MAP.....	97
FIGURA 3.17 ESQUEMA BÁSICO DEL SENSOR MAP.....	98
FIGURA 3.18 SENSOR CKP.....	98
FIGURA 3.19 SEÑAL DE REFERENCIA DEL SENSOR CKP.....	99
FIGURA 3.20 DIAGRAMA DEL SENSOR CKP.....	99
FIGURA 3.21 VÁLVULA IAC.....	100
FIGURA 3.22 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL IAC	100
FIGURA 3.23 SENSOR DE OXIGENO (O2S).....	101
FIGURA 3.24 SEÑAL DE REFERENCIA DEL SENSOR DE OXÍGENO.....	101
FIGURA 3.25 ZINC ESTADO SÓLIDO.....	104
FIGURA 3.26 ELECTROVÁLVULA.....	106
FIGURA 3.27 FUNCIONAMIENTO DE LA ELECTROVÁLVULA.....	106
FIGURA 3.28 LLAVE DE PASO.....	107
FIGURA 3.29 VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.....	107
FIGURA 3.30 MANÓMETROS DE CONTROL DE PRESIÓN.....	108

FIGURA 3.31 MATRAZ KITASATO.....	110
FIGURA 3.32 TANQUE DE RESERVA.....	111
FIGURA 3.32 VACÍO DE LA ADMISIÓN.....	112
FIGURA 4.1 SOPORTES DEL MATRAZ.....	114
FIGURA 4.2 EQUIPO ARMADO.....	114
FIGURA 4.3 CAJA DE PROTECCIÓN PARA EL MATRAZ.....	115
FIGURA. 4.4 EQUIPO DE CONTROL.....	116
FIGURA 4.5 EQUIPO DE GENERACIÓN DE HIDRÓGENO.....	118
FIGURA 5.1 VEHÍCULO EN EL DINAMÓMETRO.....	120
FIGURA 5.2 DISPOSICIÓN DEL VEHÍCULO Y LOS INSTRUMENTOS PARA LAS PRUEBAS.....	120
FIGURA 5.3 PANTALLA INDICANDO DATOS OBTENIDOS.....	121
FIGURA 5.4 LABORATORIO DE GASES.....	122
FIGURA 5.5 EQUIPO PARA LAS MEDICIONES DE GASES.....	122
FIGURA 5.6 ANALIZADOR CONECTADO.....	123
FIGURA 5.7 PANTALLA DE EMISIONES.....	123
FIGURA 5.8 IMPRESIÓN DE RESULTADOS.....	124
FIGURA 5.9 MUESTRA DE RESULTADOS.....	124
FIGURA 5.10 FIGURA COMPARATIVA DE RESULTADOS.....	125
FIGURA 5.11 FIGURA COMPARATIVA DE RESULTADOS.....	126
FIGURA 5.12 FIGURA COMPARATIVA DE RESULTADOS.....	127
FIGURA 5.13 FIGURA COMPARATIVA DE RESULTADOS DE EMISIONES DE LOS HC.....	128
FIGURA 5.14 UBICACIÓN DEL VEHICULO EN LOS RODILLOS DEL DINAMÓMETRO.....	129
FIGURA 5.15 CURVAS DE TORQUE Y POTENCIA.....	130
FIGURA 5.16 COMPARACIÓN DE CURVAS.....	131
FIGURA 5.17 POTENCIA DESARROLLADA CON HIDRÓGENO.....	133
FIGURA 5.18 POTENCIA VS TIEMPO CON HIDRÓGENO.....	134
FIGURA 5.19 POTENCIA DESARROLLADA SIN HIDRÓGENO.....	135
FIGURA 5.20 POTENCIA VS TIEMPO SIN HIDRÓGENO.....	136
FIGURA 5.21 COMPARACIÓN DE POTENCIAS.....	137

FIGURA 5.22 TORQUE CON HIDRÓGENO (KGM VS RPM).....	137
FIGURA 5.23 TORQUE CON HIDRÓGENO (KGM VS TIEMPO).....	138
FIGURA 5.24 TORQUE VS REVOLUCIONES SIN HIDRÓGENO.....	139
FIGURA 5.25 TORQUE VS TIEMPO SIN HIDRÓGENO.....	140
FIGURA 5.26 COMPARACIÓN DE TORQUES.....	141
FIGURA 5.27 CONSUMO DE COMBUSTIBLE SIN HIDRÓGENO.....	142
FIGURA 5.28 CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON HIDRÓGENO.....	144
FIGURA 5.29 CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON HIDRÓGENO.....	144
FIGURA 5.30 CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON HIDRÓGENO.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. 1 CARACTERÍSTICAS DEL ANHÍDRIDO CARBÓNICO.....	29
TABLA I.2 CARACTERÍSTICAS DEL OXÍGENO.....	29
TABLA I.3 CARACTERÍSTICAS DEL MONÓXIDO DE CARBONO.....	30
TABLA I.4 PROPIEDADES DEL NITRÓGENO.....	31
TABLA II.1 PODER CALORÍFICO COMBUSTIBLES MAS UTILIZADOS.....	
TABLA II.2 DENSIDAD DE LOS COMBUSTIBLES.....	79
TABLA II.3 PUNTO DE INFLACIÓN DE COMBUSTIBLES.....	80
TABLA II.4 TEMPERATURA DE AUTOENCENDIDO.....	83
TABLA II.5 NÚMERO DE OCTANO.....	84
TABLA II.6 PORCENTAJES DE MEZCLA.....	94
TABLA V.I TORQUE Y POTENCIA SIN EL DISPOSITIVO.....	132
TABLA V.II TORQUE Y POTENCIA CON EL DISPOSITIVO.....	132
TABLA V.III REVOLUCIONES VS POTENCIA CON HIDRÓGENO.....	133
TABLA V.IV TIEMPO VS POTENCIA CON HIDRÓGENO.....	134
TABLA V.V REVOLUCIONES VS POTENCIA SIN HIDRÓGENO.....	135
TABLA V.VI TIEMPO VS POTENCIA SIN HIDRÓGENO.....	136
TABLA V.VII COMPARACIÓN DE POTENCIAS.....	137
TABLA V.VIII REVOLUCIONES VS TORQUE CON HIDRÓGENO.....	138
TABLA V.IX TIEMPO VS TORQUE CON HIDRÓGENO.....	139
TABLA V.X REVOLUCIONES VS TORQUE SIN HIDRÓGENO.....	140
TABLA V.XI REVOLUCIONES VS TORQUE SIN HIDRÓGENO.....	141
TABLA V.XII COMPARACIÓN DE TORQUES.....	141
TABLA V.XIII REVOLUCIONES VS CONSUMO SIN HIDRÓGENO.....	142
TABLA V.XIV REVOLUCIONES VS CONSUMO CON HIDRÓGENO.....	143
TABLA V.XV TIEMPO VS CONSUMO CON HIDRÓGENO.....	144
TABLA V.XVI VELOCIDAD VS CONSUMO CON HIDRÓGENO.....	145
<i>TABLA V.XVII MISCELANEOS.....</i>	148
TABLA V.XVIII COSTOS DIRECTOS.....	148
TABLA V.XIX ADQUISICIÓN DE MATERIALES.....	149
TABLA V.XX COSTO DE ENSAYOS Y PRUEBAS.....	149
TABLA V.XXI COSTO TOTAL.....	150

RESUMEN

En el presente proyecto se presenta una de las mejores maneras para poder ayudar a nuestro planeta con el problema de la contaminación ambiental y a su vez una de las posibles opciones de combustibles alternativos que en un futuro reemplazaran al tan dañino petróleo

Esta investigación se la ha realizado en su totalidad en la Escuela Politécnica del Ejército extensión Latacunga y elaborada por los alumnos Aldás y Encalada, en el vehículo chevrolet corsa 1.6 sport con inyección electrónica, y se divide en cinco capítulos que detallamos a continuación

El Capítulo I, contiene toda la introducción y la descripción de todos los elementos que componen un sistema de inyección electrónica y el análisis de los diversos gases contaminantes que emite un vehículo con motor de combustión interna a gasolina.

El Capítulo II, da la descripción total del hidrogeno, detallando características principales como su estudio, propiedades, aplicaciones, y beneficios del mismo, así como su generación en el medio y su modo de obtención para el uso industrial.

El Capítulo III, detalla todos los elementos de control que llevara el equipo de generación de hidrogeno, así mismo los elementos químicos que serán los encargados de generar una reacción química que dará origen al nuevo combustible.

El Capítulo IV, detalla paso a paso el montaje y la adaptación del equipo generador de hidrógeno, la construcción de soportes y la manera correcta de poder realizar la reacción química de una manera correcta y segura.

El Capítulo V, indica todos los resultados obtenidos dentro de las pruebas estáticas y de carretera en relación al torque y la potencia del vehículo, así mismo las pruebas de emisiones de gases contaminantes y la elaboración de un manual del usuario para la correcta operación y mantenimiento del sistema.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

INFORMACIÓN GENERAL

En la presente investigación se realiza el estudio sobre los motores de combustión interna apoyados con hidrógeno y su viabilidad de introducción dentro del medio automotriz.

No se debe confundir los motores de combustión interna de hidrógeno con los de pila de combustible de hidrógeno.

En la combustión, el hidrógeno y la gasolina se queman de forma conjunta, mientras que en las pilas de combustible; el hidrógeno se convierte en electricidad y posteriormente se aprovecha para alimentar motores eléctricos, que serán los que proporcionarán movimiento al vehículo.

La energía mecánica, indispensable para poner en acción diferentes máquinas se puede obtener utilizando energía térmica, hidráulica, solar y eólica.

La que más se utiliza es la energía térmica obtenida de los combustibles de naturaleza orgánica.

Los equipos energéticos que más aceptación han tenido son los motores de combustión interna (MCI), a ellos corresponde más de un 80% de la totalidad de la energía producida en el mundo.

EL HIDRÓGENO es el más simple de los elementos químicos y el más abundante del universo, en la tierra existe combinado con otros elementos, como en el agua (H_2O), así también en reacciones químicas como la que realizaremos para la obtención de este gas.

Es más, muchos de los combustibles que actualmente utilizamos con fines energéticos; tienen en su composición al hidrógeno como por ejemplo la bencina, el gas natural, el propano, el etanol, entre otros.

El gas obtenido en este proceso es la combinación de dos componentes químicos que reaccionan y dan lugar al hidrógeno.

Los beneficios que se obtiene luego de la instalación de este dispositivo es el aumento del rendimiento en Km/Lt, en cualquier tipo de conducción y terreno y unos gases de escape más limpios y menos dañinos para el ambiente, ayudando a quemar todos esos depósitos de carbonilla acumulados en la cámara de combustión del motor.

Las propiedades inflamables del hidrógeno hacen que se consuma menos combustible en cada combustión.

Las emisiones por tanto, son menores y la potencia desarrollada mayor. Se alarga la vida útil del motor y sus componentes se mantienen más limpios.

Las ventajas pueden variar y ser mejores, entre algunas tenemos:

- La potencia del motor se incrementa.
- El consumo de combustible se reduce.
- Las emisiones de óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono se reducen.
- El funcionamiento del generador de hidrógeno en el vehículo es básicamente un tanque que contiene ácido clorhídrico más zinc metálico, que dan lugar al hidrógeno por medios de la reacción de estos dos elementos

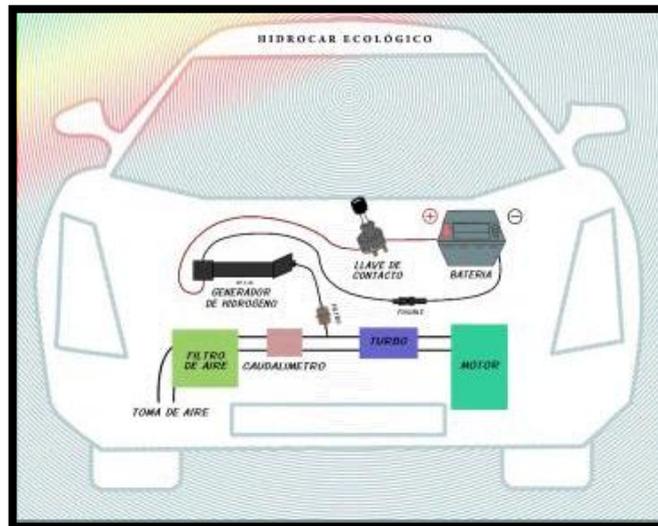


FIGURA 1.1 ESQUEMA BÁSICO DEL SISTEMA GENERADOR DE HIDRÓGENO

Una vez que el hidrógeno suplementario entra al motor, ayuda a aumentar la propagación de la llama durante el proceso de combustión. El hidrógeno hace que la llama de su motor quemé más rápido.

De esta manera, el hidrógeno se utiliza como catalizador de combustión aumentando el rendimiento en gasolina y bajando las emisiones de gases contaminantes.

El uso del hidrógeno en los motores de combustión interna “normales”, adaptados para consumir hidrógeno, su adaptación del combustible a los actuales motores es relativamente fácil.

La tecnología de estos motores está muy desarrollada, pues diversas marcas de coches ya han desarrollado prototipos de vehículos con motor térmico que consume hidrógeno.

EL SISTEMA DE INYECCIÓN

En un principio se usaba la pulverización de combustible por medio del carburador, pero actualmente la inyección electrónica es la más común en todo tipo de vehículo.

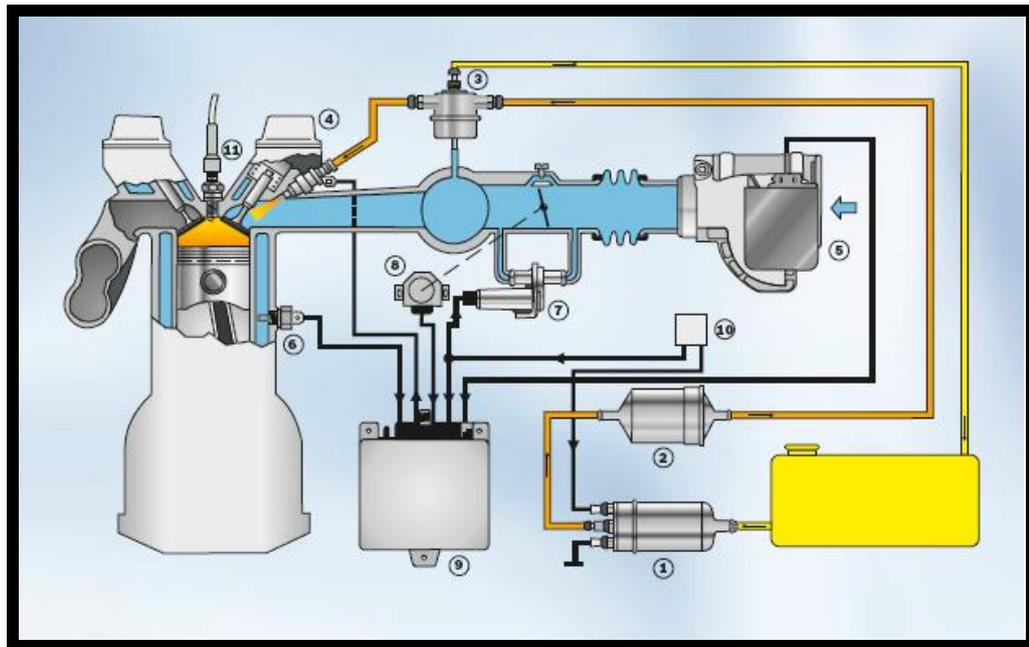


FIGURA 1.2 SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

Gracias a los avances tecnológicos (figura 1.2); son indiscutibles las ventajas de la inyección electrónica.

Es importante aclarar que hoy en día todos los calculadores electrónicos de inyección (mayormente conocidos como ECU ó ECM) también manejan la parte del encendido en el proceso de la combustión.

Aparte de tener un mapa de inyección para todas las circunstancias de carga y régimen del motor, este sistema permite algunas técnicas como el corte del encendido en aceleración (para evitar que el motor se revolucione excesivamente); y el corte de la inyección para evitar el gasto innecesario de combustible y principalmente evitar la contaminación.

1.2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR

La **inyección de combustible** es un sistema de alimentación de motores de combustión interna, alternativo al carburador, que es el que usan prácticamente en todos los automóviles europeos desde 1990, debido a la obligación de reducir las emisiones contaminantes y para que sea posible y duradero el uso del catalizador.

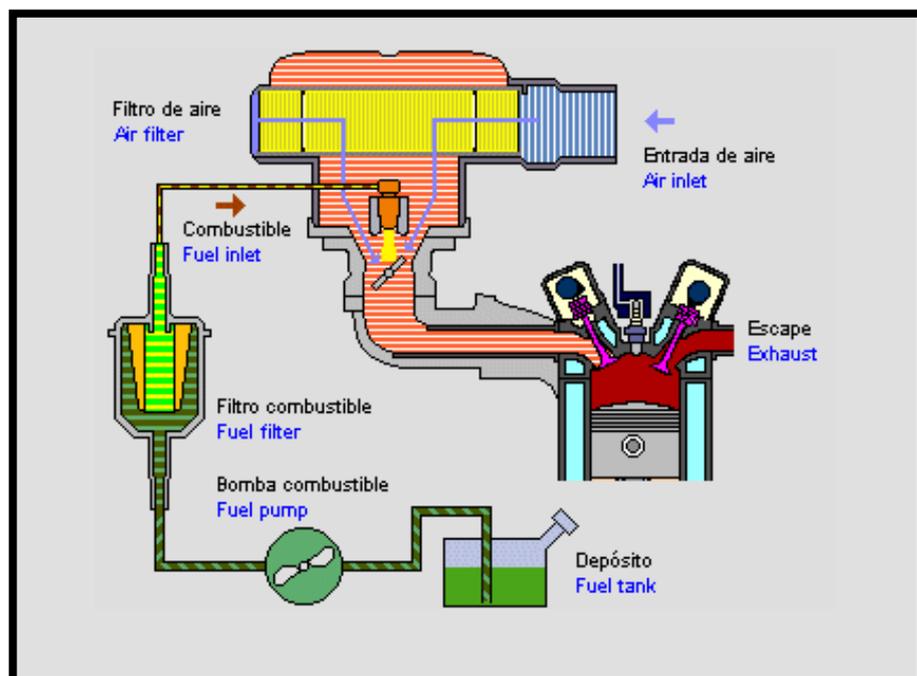


FIGURA 1.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

La misión del circuito de alimentación es preparar y hacer llegar al interior de los cilindros la cantidad de mezcla necesaria (aire – combustible), en la proporción adecuada y en los momentos en que se solicita, según sean las necesidades del motor.



FIGURA 1.4 RIEL DE INYECCIÓN GASOLINA

El sistema de suministro de combustible esta diseñado para surtir continua y adecuadamente combustible a la adecuada presión en todas las condiciones de operación.

En la figura 1.5; se muestra el diagrama esquemático del sistema de combustible.

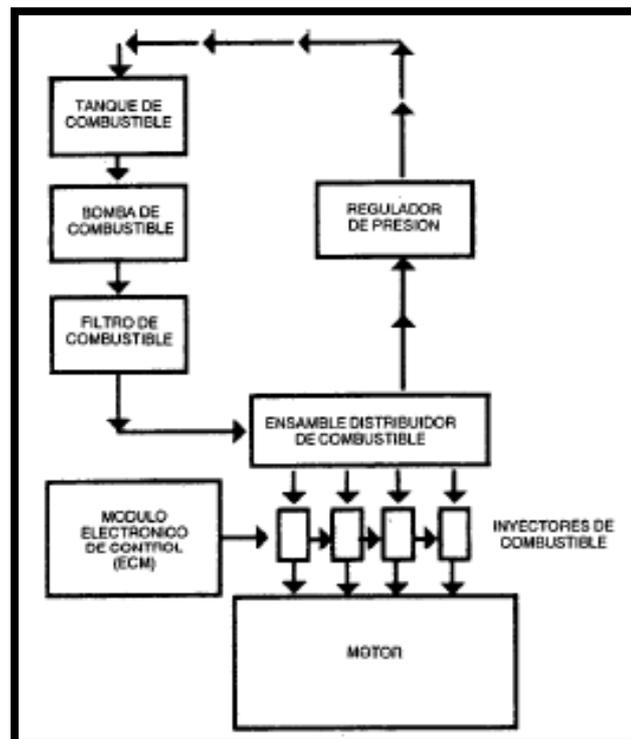


FIGURA 1.5 ESQUEMA DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

¹ Técnico en mecánica & electrónica automotriz (Rodrigo Paredes Guevara)

1.2.1 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El equipo de combustible es usado para suministrar gasolina al motor. Dicho equipo consiste en un tanque de combustible, la bomba de combustible (que aspira la gasolina desde el tanque de combustible y la envía al motor), el filtro de combustible (que remueve la suciedad del combustible), líneas de combustible que enlazan estos componentes, regulador de presión, módulo electrónico (ECU).

TANQUE DE COMBUSTIBLE

El tanque de combustible (Figura 1.6), es un contenedor para almacenar gasolina. Comúnmente, este es montado en la parte inferior del vehículo y tiene una capacidad de 45 litros (Vehículo chevrolet Corsa 1.6). Un sensor medidor de combustible o dispositivo similar para indicar la cantidad de combustible remanente es instalado en el tanque. Placas divisorias son también instaladas en el tanque de combustible para prevenir que el combustible produzca oleaje para atrás y para adelante cuando el vehículo para repentinamente o cuando acelera repentinamente.

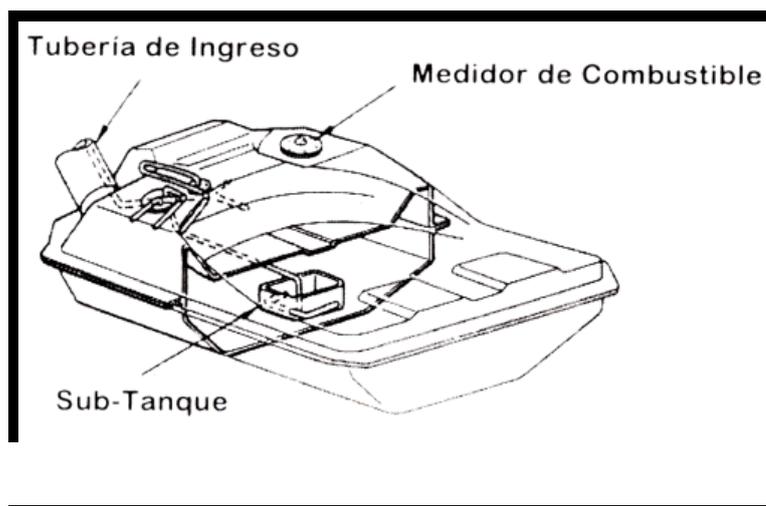


FIGURA 1.6 TANQUE DE COMBUSTIBLE ²

² http://www.automotriz.net/tecnica/images/conocimientos-basicos/config-filtro-combustible_1.gif

FILTRO DE COMBUSTIBLE

La gasolina puede contener suciedad o humedad. Si esto es entregado al motor y debido a que los conductos son pequeños en la inyección, puede obstruirse, originando que el motor se ponga fuera de punto. El filtro de gasolina retiene esta suciedad y humedad de la gasolina. Partículas de arena o gotas de agua, etc. tienden a fijarse en el filtro de combustible y ligeras impurezas son limpiadas por el elemento (filtro de papel).

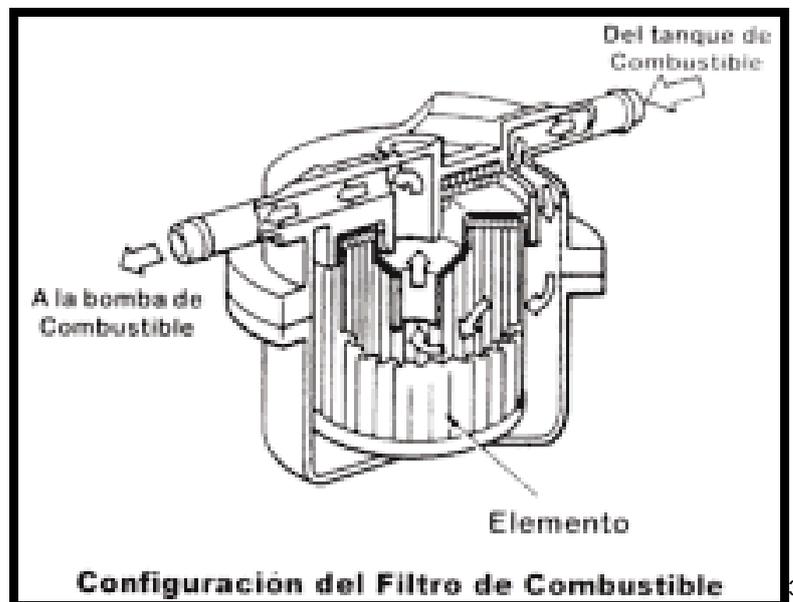


FIGURA 1.7 FILTRO DE COMBUSTIBLE

BOMBA DE COMBUSTIBLE ELÉCTRICA

La bomba eléctrica de combustible forma parte del sistema de alimentación del automóvil y puede encontrarse tanto dentro del tanque del combustible como fuera de él, denominándose según el caso **IN TANK** o **IN LINE** respectivamente.

³ http://www.automotriz.net/tecnic/images/conocimientos-basicos/config-filtro-combustible_2.gif

Su función consiste en suministrar el combustible necesario para el funcionamiento del motor. Dado que la presión de la alimentación de combustible debe permanecer constante cualquiera sea el régimen del motor el combustible es entonces suministrado en un caudal mayor de lo realmente necesario, volviendo el excedente nuevamente al tanque.

Este tipo de bomba carece de mantenimiento interno ya que se trata de una pieza sellada, en caso de fallo ésta debe ser reemplazada en su conjunto en caso de una avería.

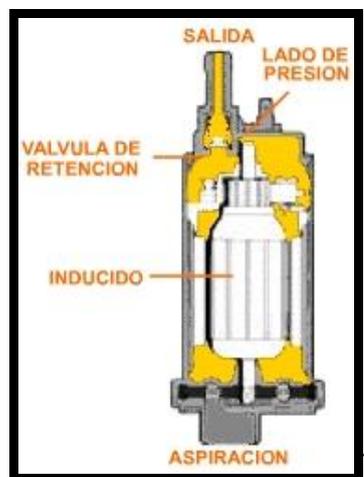


FIGURA 1.8 BOMBA DE COMBUSTIBLE ELÉCTRICA

INYECTORES

Un inyector (figura 1.9), es un dispositivo utilizado para bombear fluidos utilizando el efecto Vénturi. Utiliza un fluido a alta presión que sale por una boquilla a alta velocidad.

Este es excitado por medio de una bobina para que permita el paso de combustible desde la riel de inyectores hacia la cámara de combustión por medio de pulsos que son enviados por la ECU, este dispositivo por medio de su diseño

⁴ http://www.mecanicadeautos.info/index.php?id=Bomba_electrica_de_combustible

aumenta la presión de inyección economizando combustible, ya que suministra la cantidad requerida para las diversas condiciones del motor.⁵



FIGURA 1.9 INYECTOR

REGULADOR DE PRESIÓN

La función del regulador de presión es mantener constante la presión del combustible en todo el sistema de alimentación del vehículo, permitiendo así un funcionamiento óptimo del motor cualquiera sea el régimen de éste.

Este un regulador posee flujo de retorno, al sobrepasarse el límite de presión actúa entonces liberando el circuito de retorno hacia el tanque de combustible

Su ubicación puede variar, situándose en el tubo distribuidor o también en el circuito con la bomba.⁶



⁵ www.testengine.com.ar/pb/wp_0d26

⁶ <http://www.mecanicadeautos.info>

FIGURA 1.10 REGULADOR DE PRESIÓN

En la punta de los inyectores el regulador tiene una toma de depresión proveniente del colector de admisión para que la válvula se abra según del tarado y presión del colector, mientras que en sistemas de inyección monopunto la apertura solo realiza según el tarado del muelle ya que como el inyector esta situado arriba de la mariposa de los gases no existe toma de depresión.

CONDUCTOS

Son los ductos encargados de transportar el combustible desde el tanque hasta el motor del vehículo. Son de dos tipos:

- Rígidos: Cañerías de acero, cobre o teflón.
- Flexibles: Ductos de goma resistente a la acción química del combustible y capaces de absorber el movimiento entre chasis o carrocería y motor.

1.2.2 UNIDAD ELECTRÓNICA DE CONTROL (ECU)

La Unidad de Control de Motor o ECU es una unidad de control electrónico que controla varios aspectos de la operación de combustión interna del motor. Los ECUs más simples sólo controlan la cantidad de combustible que es inyectado en cada cilindro en cada ciclo de motor.

Antes de que las unidades de control de motor fuesen implantadas, la cantidad de combustible por ciclo en un cilindro estaba determinada por un carburador o por una bomba de inyección.

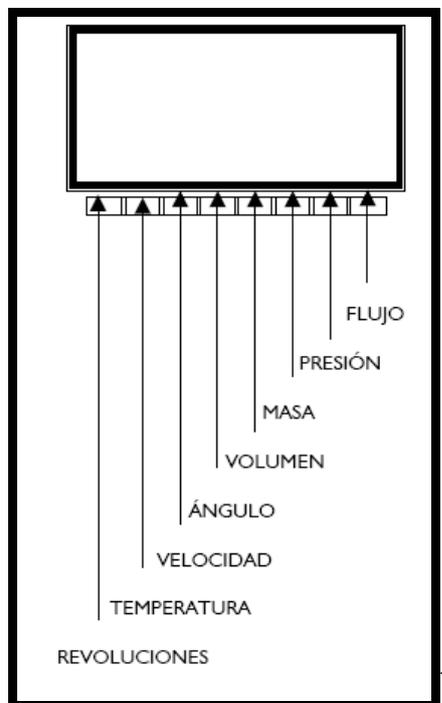
Las funciones de la ECU son las siguientes:

CONTROL DE LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

Para un motor con inyección de combustible, una ECU determinará la cantidad de combustible que se inyecta basándose en un cierto número de parámetros.

Si el acelerador está presionado a fondo, el ECU abrirá ciertas entradas que harán que la entrada de aire al motor sea mayor. El ECU inyectará más combustible según la cantidad de aire que esté pasando al motor.

Si el motor no ha alcanzado la temperatura suficiente, la cantidad de combustible inyectado será mayor (haciendo que la mezcla se más rica hasta que el motor esté caliente).



⁷ es.wikipedia.org/wiki/ECU

FIGURA 1.11 SEÑALES DE ENTRADA DE LA ECU

Como podemos observar en la figura 1.11, cada sensor o actuador presente en el vehículo, envía señales de referencia a la ECU, la cual por medio de complejos cálculos determina cual es el suministro necesario para el correcto funcionamiento del motor, por medio de lo cual economiza combustible y desarrolla mejor el motor del vehículo evitando la contaminación ambiental.

CONTROL DEL TIEMPO DE INYECCIÓN

Un motor de ignición de chispa necesita para iniciar la combustión una chispa en la cámara de combustión. Una ECU puede ajustar el tiempo exacto de la chispa (llamado tiempo de ignición) para proveer una mejor potencia y un menor gasto de combustible.

CONTROL DE LA DISTRIBUCIÓN DE VÁLVULAS

Algunos motores poseen distribución de válvulas. En estos motores la ECU controla el tiempo en el ciclo de motor en el que las válvulas se deben abrir.

Las válvulas se abren normalmente más tarde a mayores velocidades que a menores velocidades.

Esto puede optimizar el flujo de aire que entra en el cilindro, incrementando la potencia y evitando la mala combustión de combustible.

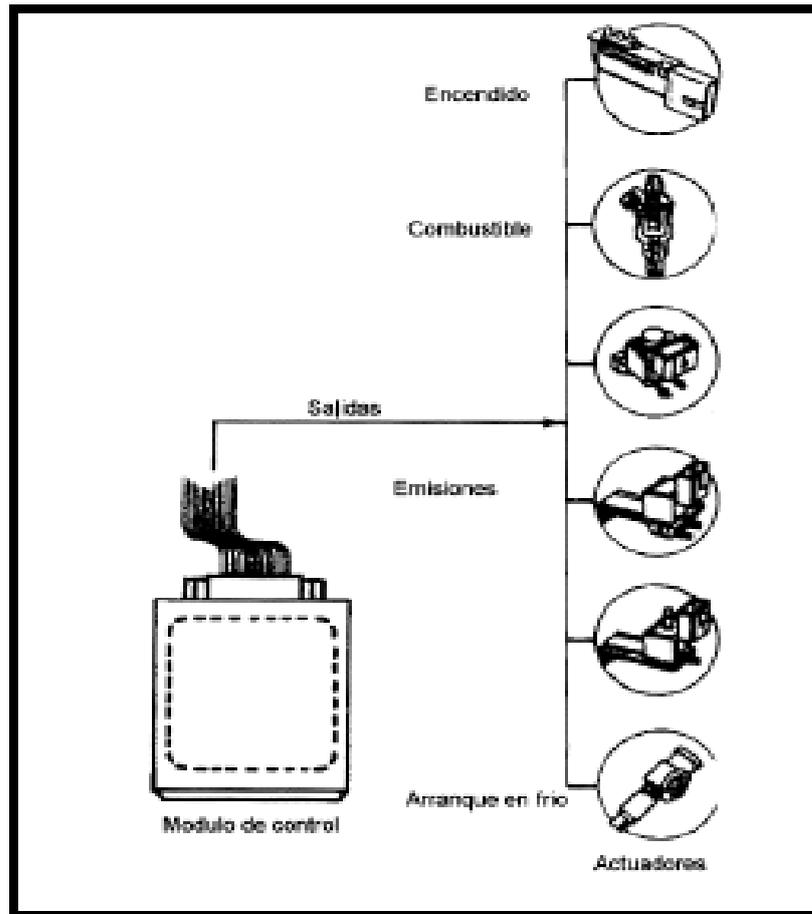


FIGURA 1.12 SEÑALES DE SALIDA DE LA ECU

CONTROL DE ARRANQUE

Una relativamente reciente aplicación de la Unidad de Control de Motor es el uso de un preciso instante de tiempo en el que se producen una inyección e ignición para arrancar el motor sin usar un motor de arranque (típicamente eléctrico conectado a la batería). Esta funcionalidad proveerá de una mayor eficiencia al motor, con su consecuente reducción de combustible consumido.



⁸ es.wikipedia.org/wiki/ECU

FIGURA 1.13 ECU

1.2.3 COMBUSTIBLES

El combustible empleado en los motores de explosión es la gasolina, obtenida del petróleo bruto a través de una serie de destilaciones.

En la actualidad se utiliza también, aunque en menor grado, el gas licuado del petróleo (GLP.).

Está formado por una mezcla de gas propano y butano. Su poder calorífico es inferior que el de las gasolinas.

En la actualidad son muy usadas las gasolinas sin plomo por su menor efecto contaminante, y es utilizada en vehículos con encendido electrónico, inyección electrónica y catalizador obligatoriamente para evitar averías importantes, sobre todo en el catalizador.⁹

1.2.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS GASOLINAS

VOLATILIDAD

La volatilidad de un líquido es la facilidad que tiene para convertirse en gas. Las gasolinas empleadas en automoción han de ser muy volátiles, para favorecer la unión íntima con el oxígeno del aire, obteniéndose una mezcla y posterior combustión.

PODER CALORÍFICO

⁹ <http://mecanicadepatio.com/ojuy/volatilidad.html>

El poder calorífico de un combustible es el número de kilocalorías que es capaz de proporcionar un kilogramo de dicho combustible. Las gasolinas han de tener un alto poder calorífico, superior a las 11.000 Kcal./kg.

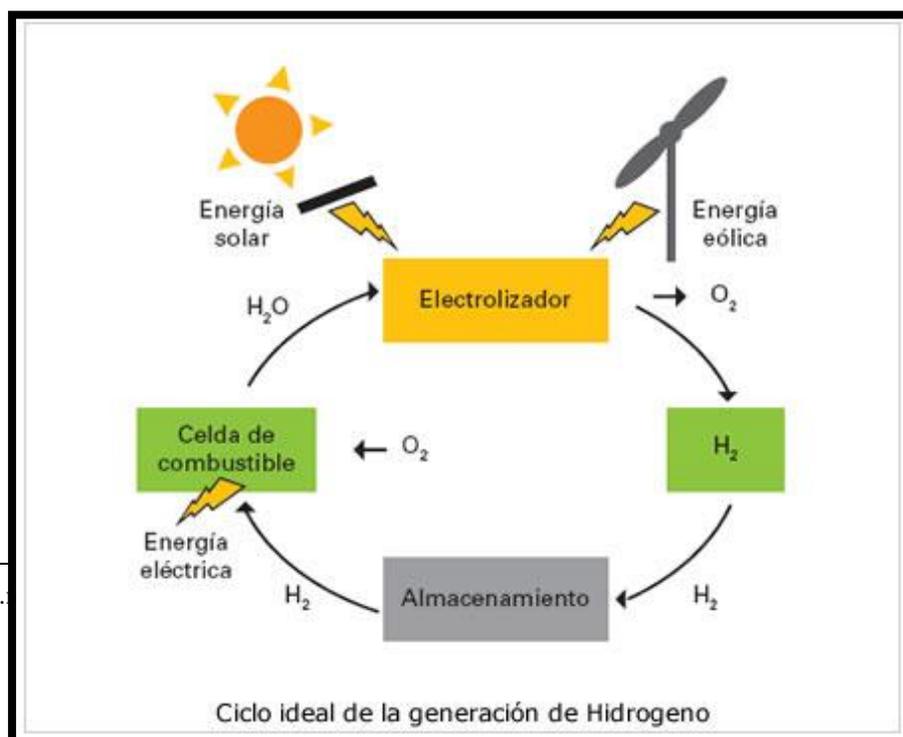
OCTANAJE

El octanaje o índice de octanos de las gasolinas indica su "poder antidetonante". Las gasolinas deben tener un octanaje alto, generalmente superior a 90 octanos. Cuanto más alto sea su octanaje, mayor compresión soportará sin llegar a producir detonación. Cuanta mayor compresión soporte, mayor será la potencia desarrollada por el motor.

1.3 BENEFICIOS DE LA INYECCIÓN DE HIDRÓGENO

El **Hidrógeno** es el elemento más abundante en el universo. Pero la mayoría de los átomos del hidrógeno (H_2) están unidos con otros átomos de carbono y/o oxígeno, si queremos tener solo átomos de hidrógeno tendremos que separarlos y para ello necesitaremos gran cantidad de energía

10



¹⁰ <http://www.>

FIGURA 1.14 CICLO DE LA GENERACIÓN DE HIDRÓGENO

En la Tierra el hidrógeno se encuentra mayormente como agua (líquida, vapor, hielo) o combinado con otros elementos formando compuestos como el metano o gas natural (CH₄), metanol (CH₃OH), etanol (CH₃CH₂OH) o hidrocarburos (C_nH_m) o resultan de reacciones químicas.

Las celdas de combustible prometen ser una forma más limpia de utilizar el hidrógeno para generar energía mecánica en un futuro quizás no muy lejano.

Es de fundamental importancia conocer que el hidrógeno no es una fuente de energía, sino un transmisor de energía.

De ahí la diferencia abismal de capacidad energética en comparación con la gasolina, que sí es una fuente de energía.

1.4 EMISIONES DE CO₂, NO_x, HC, ENTRE OTROS

La combustión se define como una reacción química producida entre un combustible (gasolina) y un comburente (aire) con desprendimiento de calor.

El desprendimiento de calor se realiza de forma tan rápida e intensamente que básicamente se considera como una combustión.

La ecuación de la combustión se define de la siguiente manera:

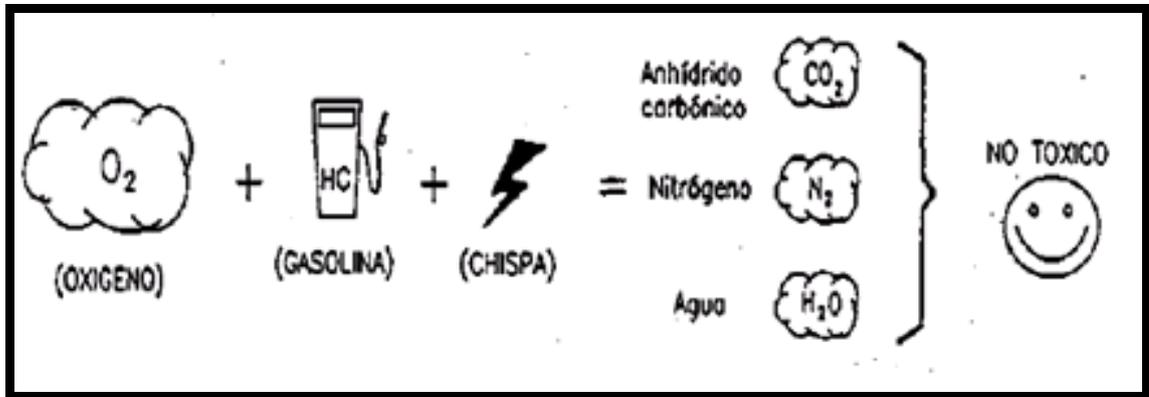
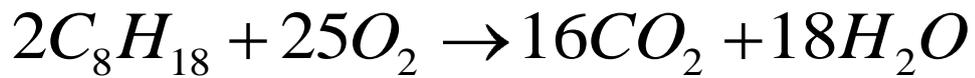


FIGURA 1.15 ESQUEMA DE LA COMBUSTIÓN DE GASOLINA

Si la combustión fuera perfecta (figura 1.15), y se quemase por completo el aire y la gasolina; se obtendría como producto de la combustión: vapor de agua (H_2O), anhídrido carbónico (CO_2) y nitrógeno (N_2), gases todos ellos inocuos (no contaminantes). Pero en la práctica no ocurre esto, puesto que la combustión se realiza de forma incompleta debido a dos causas:

- El diseño y la construcción mecánica del motor y
- El grado de llenado y naturaleza del aire.

1.4.1 RELACIÓN ESTEQUIOMÉTRICA Y RELACIÓN LAMBDA

La combustión requiere que el aire y el combustible se hallen mezclados en una proporción determinada, esta proporción entre el aire y el combustible es lo que se llama relación estequiométrica. En un motor de gasolina la relación ideal es de 15:1, es decir son necesarios 15 gramos de aire por cada gramo de combustible para realizar una combustión perfecta

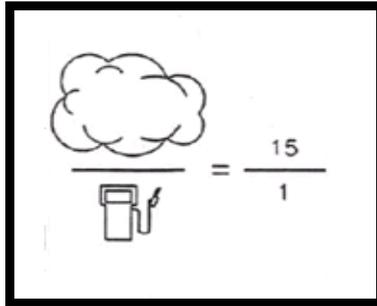


FIGURA 1.16 ESQUEMA DE LA RELACIÓN ESTEQUIOMÉTRICA

En la práctica esta proporción varía ligeramente, pudiendo alcanzar valores de 11 a 16, que serían los límites de funcionamiento. Con 11 gramos de aire por gramo de gasolina la mezcla que se obtiene es excesivamente rica en gasolina mientras que con una relación de 16, el motor no arrancaría por escasez de gasolina.

En automoción se habla de factor lambda o relación lambda (λ) cuando quiere definirse:

La relación entre la cantidad de aire necesaria para producir una combustión completa, en relación estequiométrica y la cantidad de aire real que aspira el motor.

$$\text{Lambda } (\lambda) = \frac{\text{Masa real de aire}}{\text{Masa teórica de aire}}$$

En definitiva, el factor lambda da una idea muy precisa de la riqueza o pobreza de una mezcla, así se dice que:

- Con una relación lambda $\lambda = 1$ se obtiene una combustión perfecta porque el aire aspirado coincide con el teórico (el aire aspirado es el 100 % del teórico necesario).

- Con una lambda (λ) inferior a 1, por ejemplo 0,8 indica escasez de aire por lo que la mezcla resulta rica de combustible (el aire aspirado es solo el 80 % del necesario).
- Con una lambda (λ) superior a 1, por ejemplo 1,20 indica exceso de aire, por consiguiente una mezcla pobre (el aire aspirado es un 120 % del teórico, es decir un 20 % mas del necesario).

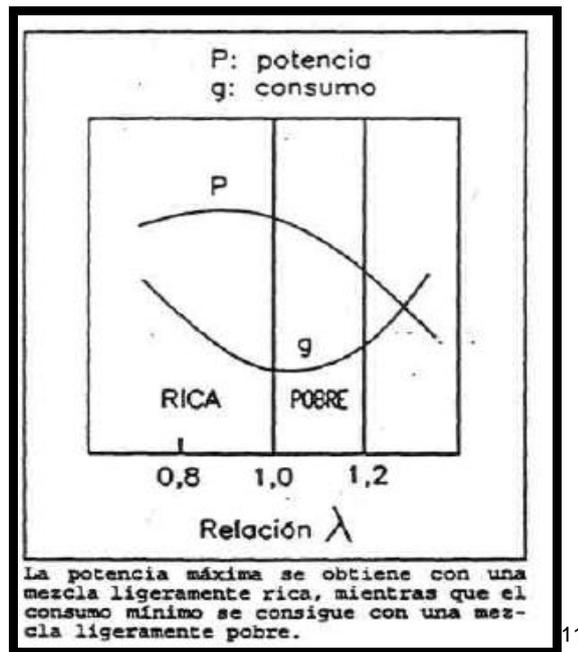


FIGURA 1.17 CURVA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Durante el funcionamiento del motor, el factor (λ) debe variar dentro de unos límites ya que el motor no puede estar alimentado constantemente con una mezcla en relación estequiométrica teórica (factor $\lambda = 1,00$) puesto que en estas condiciones el motor no proporcionaría ni su máxima potencia ni el máximo rendimiento térmico.

El factor lambda (λ) de un motor puede conocerse mediante una sonda de oxígeno colocada en la vía del escape (también llamada sonda lambda).

1.4.2 GASES DE COMBUSTIÓN

¹¹ Curva de potencia y consumo de combustible (Figura 1.17)

Veamos a continuación como se produce la combustión y cuales son los gases emitidos por el escape.

El aire está compuesto básicamente por dos gases: nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2). En un volumen determinado de aire se encuentra una proporción de nitrógeno (N_2) del 79 % mientras que el contenido de oxígeno es aproximadamente de un 21 %. El nitrógeno durante la combustión, en principio, no se combina con nada y tal como entra en el cilindro es expulsado al exterior sin modificación alguna, excepto en pequeñas cantidades, para formar óxidos de nitrógeno (NO_x). El oxígeno es el elemento indispensable para producir la combustión de la mezcla.

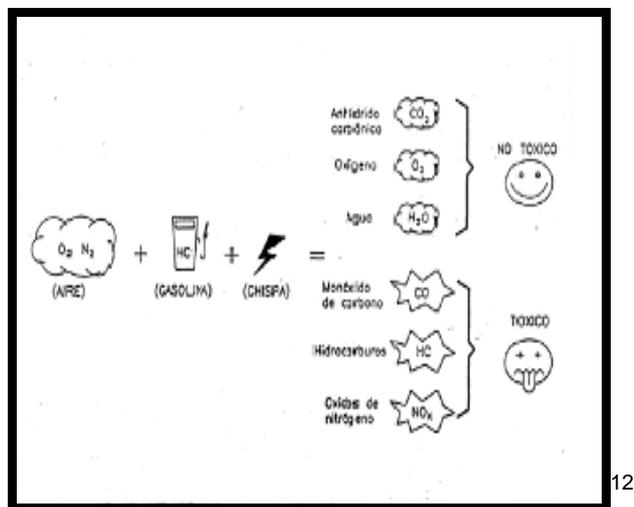


FIGURA 1.18 GASES CONTAMINANTES

La figura 1.18, muestra como se produce la combustión de una mezcla y la emisión de los gases por el escape. En primer lugar se observa como al mezclarse el aire (que contiene oxígeno y nitrógeno) con la gasolina y producirse la chispa se origina la combustión. La combustión forma gases, algunos de ellos son no tóxicos, mientras que otros son tóxicos.

El aire, aspirado, comprimido y combinado con el combustible forma una mezcla capaz de arder con gran rapidez.

El salto de una chispa eléctrica provocará la ignición (explosión) y la consiguiente presión sobre el pistón.

¹² Esquema de los gases obtenidos www.mecanicavirtual.org

La mezcla, una vez quemada (recordemos que de forma incompleta) da origen a la emisión de gases como: hidrocarburos (HC) que son restos de gasolina sin quemar, el monóxido de carbono (CO) y el oxígeno (O_2) gases que aparecen debido a la combustión defectuosa, los óxidos de nitrógeno (NO_x) que surgen con temperaturas altas y el anhídrido carbónico (CO_2) y vapor de agua como residuos de la combustión.

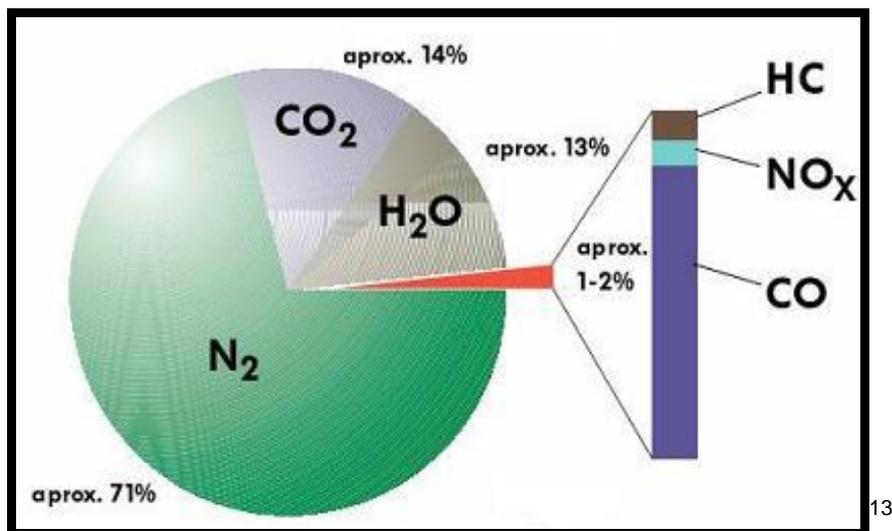


FIGURA 1.19 PORCENTAJE DE GASES DE COMBUSTIÓN

1.4.3 COMPOSICIÓN DE LOS GASES Y EFECTOS EN EL ENTORNO

ANHÍDRIDO CARBÓNICO

El anhídrido carbónico, también denominado dióxido de carbono (CO_2) no es tóxico, pero es causante de producir el efecto invernadero que hace aumentar la temperatura del planeta. Cualquier combustible que arde genera CO_2 y los seres vivos lo producen al respirar; las bebidas gaseosas contienen este gas. Se elimina de manera natural ya que las plantas lo absorben como alimento.

Las características de este gas son las siguientes:

¹³ www.ceinalon.com

Tabla I.2 CARACTERÍSTICAS DEL ANHÍDRIDO CARBÓNICO¹⁴

Peso molecular	44,0 uma
Punto de fusión	Se licúa bajo grandes presiones a 216 K (-57 °C)
Punto de ebullición	sublima a 195 K (-78 °C)
Punto crítico	31 °C y 72 atm
Densidad	1,98 Kg./m ³ (gas a 298 K)
Solubilidad	0,145 g en 100g de agua

OXÍGENO

El oxígeno (O₂) esta contenido es la atmósfera que respiramos en una concentración del 21 % al nivel del mar, y en menor proporción a mayor altitud. La densidad (el peso) del aire depende de la temperatura. Con temperaturas frías aumenta la densidad mientras que con temperaturas cálidas disminuye. No es tóxico.

Sus propiedades se detallan a continuación:

TABLA I.2 CARACTERÍSTICAS DEL OXÍGENO¹⁵

Densidad	1,429 Kg./m ³
Punto de fusión	50,35 K
Punto de ebullición	90,18 K
Entalpía de vaporización	3,4099 kJ/mol
Entalpía de fusión	0,22259 kJ/mol
Volumen molar	17,36×10 ⁻³ m ³ /mol

MONÓXIDO DE CARBONO

El monóxido de carbono, denominado también como óxido de carbono (CO), es un gas tóxico y peligroso para las personas y animales ya que envenena la

¹⁴ (Tabla 1) http://www.culturaapicola.com.ar/wiki/index.php/Dioxido_de_carbono

¹⁵ www.wikipedia.com

sangre de forma directa y acumulativa: es incoloro e inodoro y reduce la capacidad de absorción de oxígeno en la sangre. Una concentración de tan solo un 0,3 % en volumen de CO en el aire que respiramos, puede ser mortal en 30 minutos.

El monóxido de carbono tiene las siguientes características:

TABLA 1.3 CARACTERÍSTICAS DEL MONÓXIDO DE CARBONO ¹⁶

Peso molecular	28,0 uma
Punto de fusión	68 K (-205 °C)
Punto de ebullición	81 K (-192 °C)
Densidad	8,0 ×10 ³ Kg./m ³ (líquido) 1,145 Kg./m ³ (gas a 298K) - más liviano que el aire
Solubilidad	0,0026 g en 100g de agua

ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) se forman cuando la temperatura de la combustión se sitúa cercana a los 2.000 °C. Es incoloro e inodoro y en presencia de oxígeno se transforma en dióxido de nitrógeno (NO₂), de color pardo rojizo y de olor penetrante.

Provoca una fuerte irritación de los órganos respiratorios. En concentraciones elevadas puede destruir el tejido pulmonar.

Las propiedades de este gas son las siguientes:

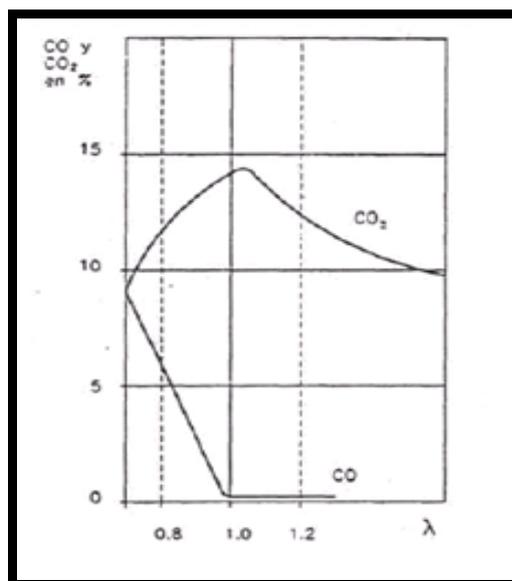
¹⁶ http://enciclopedia.us.es/index.php/Mon%C3%B3xido_de_carbono

TABLA I.4 PROPIEDADES DEL NITRÓGENO ¹⁷

Estado de agregación	Gas
Apariencia	Gas incoloro
Densidad	1.03 Kg./m ³ ; 0,00103 g/cm ³
Masa molar	30,01 g/mol
Punto de fusión	109,5 K (-163,65 °C)
Punto de ebullición	121 K (-152,15 °C)
Temperatura crítica	180 K (°C)

1.4.4 GASES DE ESCAPE Y RELACIÓN LAMBDA

La relación aire-gasolina (factor lambda) tiene una influencia decisiva sobre la emisión de los gases contaminantes.



¹⁷ es.wikipedia.org/wiki/Óxido_de_nitrógeno_(II)

FIGURA 1.20 GASES DE ESCAPE Y RELACIÓN LAMBDA
MONÓXIDO DE CARBONO (CO) y ANHÍDRIDO CARBÓNICO CO₂

La emisión de monóxido de carbono (CO) aumenta en:

- Mezclas ricas, o sea para mezclas con un factor lambda (λ) inferior a 1,00. El oxígeno existente no es suficiente para completar la combustión, por lo cual el contenido de CO en los gases de escape es elevado.

Por el contrario el monóxido de carbono (CO) disminuye con:

- Mezclas pobres, o sea para mezclas con un factor lambda (λ) superior a 1,00. El oxígeno presente es abundante y la combustión tiende a completarse, por lo cual el contenido de CO en los gases de escape alcanza valores mínimos.

La concentración de CO₂ alcanza el valor máximo para coeficientes λ cercanos al valor 1,00.

El valor de CO₂ puede dar una idea de la calidad de la combustión, obsérvese que el pico de valor máximo corresponde prácticamente con una mezcla con un factor λ ligeramente superior a 1,00.

Conviene recordar que hasta no hace mucho tiempo, los fabricantes de automóviles, hacían trabajar los motores con mezclas ricas, necesarias entre otras cosas para poder obtener potencias específicas elevadas.

En la actualidad, para conseguir una reducción de los consumos, la tendencia es a trabajar en el campo de las mezclas pobres.

HIDROCARBUROS (HC)

La concentración de hidrocarburos sin quemar se reduce a valores mínimos para relaciones aire-gasolina ligeramente superiores a la estequiométrica, es decir, para mezclas clasificadas como pobres ($\lambda = 1,2$).

Con mezclas ricas es imposible quemar por completo los hidrocarburos por falta de oxígeno. Por el contrario, con mezclas muy pobres ($\lambda > 1,2$) se pueden tener retrasos en la combustión, dificultad de propagación de la llama o fallos de encendido al haberse superado los límites de inflamabilidad.

En este caso la combustión resulta incompleta y se comprueba un aumento significativo de los HC emitidos en el escape (Figura 1.21).¹⁸

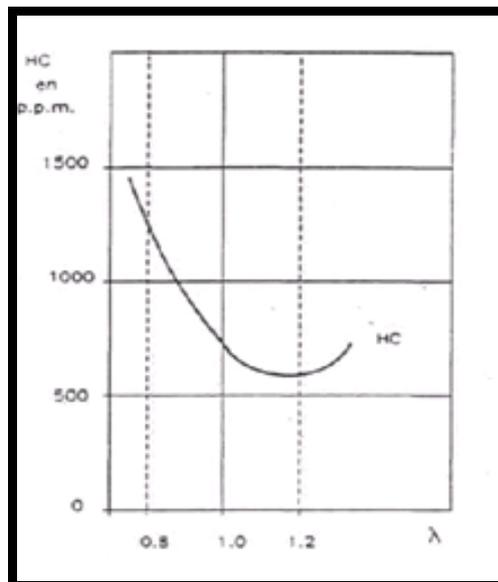


FIGURA 1.21 EMISIONES DE HIDROCARBUROS

ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x)

La dosificación influye también en la emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x).

¹⁸ Autor del proyecto: Marc Fàbrega Ramos HIDRÓGENO
APLICACIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Una mezcla pobre contiene una cantidad mayor de oxígeno que facilita la formación de NOx. Para valores $\lambda = 1,1$ (relación aire-gasolina de 16:1) ligeramente superior a la relación estequiométrica ($\lambda = 1,0$) se obtiene la concentración máxima de NOx (figura 1.22).¹⁹

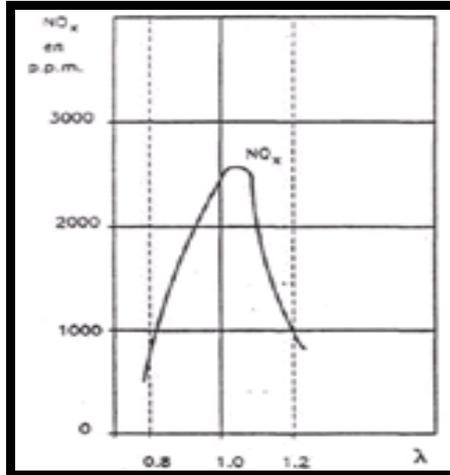
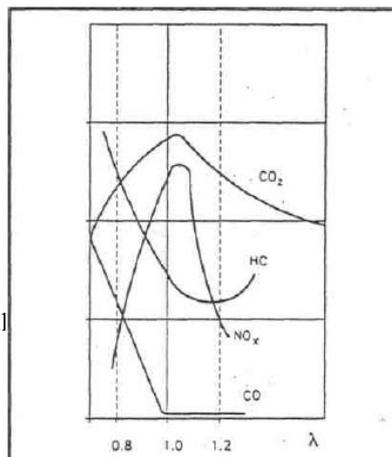


FIGURA 1.22 ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Si aumenta aún más la dosificación, disminuye la temperatura de combustión y por consiguiente se reduce la cantidad de óxidos de nitrógeno aunque exista exceso de oxígeno.

La cuestión que se plantea ahora, una vez de analizados los datos expuestos más arriba sobre la formación de los gases, consiste en la imposibilidad de limitar al mismo tiempo los tres gases contaminantes principales: CO, HC y NOx (Figura 1.23), actuando únicamente sobre la dosificación de la mezcla.

En efecto, en la zona de utilización del motor ($\lambda = 0,8$ a $1,1$), ocurre que a los valores mínimos de la emisiones de CO y HC corresponde el valor máximo de NOx.



¹⁹ <http://monografias.com/Nox/oxidos.l>

FIGURA 1.23 CURVA EMISIONES NOX

Para conseguir al mismo tiempo una reducción drástica de CO y de NOx y obtener un buen comportamiento de los HC, sería preciso garantizar una combustión completa con un factor lambda (λ) superior a 1,05.

Existe no obstante una zona llamada "ventana lambda" (puede verse en la gráfica inferior) donde la proporción de gases es mínima y si puede conseguirse que el motor trabaje en esta zona, se garantizará una reducción de los gases contaminantes.

Esta condición impone en la práctica buscar soluciones técnicas que garanticen el funcionamiento correcto en todas las condiciones de servicio del motor. Y la solución ha venido de diversas fuentes: la implementación de sistemas de inyección de gasolina con mando electrónico, la regulación de la mezcla para que trabaje cercana a la "ventana lambda" y el uso del catalizador.

De este modo se ha conseguido reducir la emisión de gases contaminantes mediante la optimización de la combustión y la depuración posterior de los gases.

La Figura 1.24 muestra las gráficas de los distintos gases de escape después de atravesar el catalizador. Obsérvese como en la zona marcada como "ventana λ " es donde coinciden los tres gases en la mínima concentración.

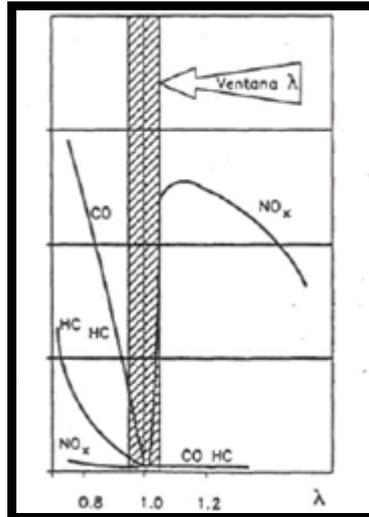


FIGURA 1.24 GASES DE ESCAPE DESPUÉS DEL CATALIZADOR

1.5 SENSORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

Hay diversos diseños de sistemas de inyección de gasolina que utilizan diferentes juegos de sensores para medir factores que influyen el proceso de inyección y enviar su señal a la ECU, podemos poner como más comunes los siguientes:

1. Posición de la mariposa
2. Presión absoluta en el múltiple de admisión
3. Temperatura del aire de entrada
4. Temperatura del refrigerante del motor
5. Velocidad de rotación del motor
6. Posición del distribuidor
7. Cantidad de oxígeno en los gases de escape

Las señales de estos sensores modifican el programa básico de la ECU a fin de perfeccionar el tiempo de apertura del inyector y con ello ajustar exactamente la preparación de la mezcla aire - gasolina. Esquemáticamente se representase de la siguiente manera:

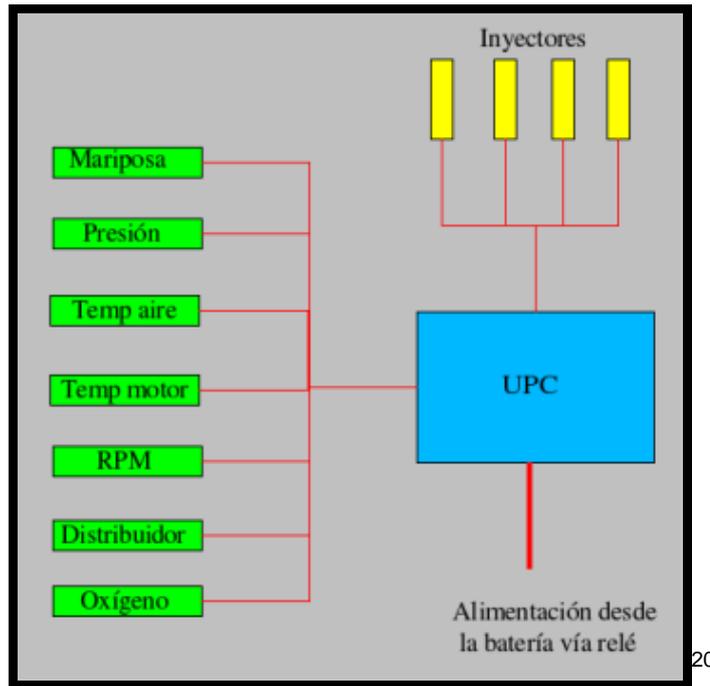


FIGURA 1.25 SEÑALES DE ENTRADA A LA ECU

Están representados los sensores más generales que aparecen en los sistemas de inyección de gasolina.

Los sensores primarios son: el de la posición de la mariposa y el de la posición del distribuidor, estos son los que van a indicarle a la ECU el tiempo de apertura por defecto del inyector y el momento en que esta apertura debe hacerse.

Los otros corrigen el programa básico para ajustar con exactitud la mezcla.

Una vista real de como pueden lucir estos sensores es la que siguiente (Figura 1.26):



²⁰ Figura 25 Esquema d

FIGURA 1.26 DIVERSOS SENSORES EN EL VEHÍCULO ²¹

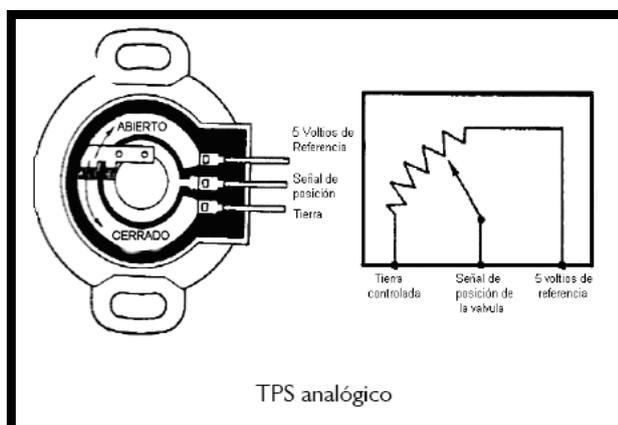
1.5.1 SENSOR DE POSICIÓN DE MARIPOSA (TPS)

El piloto de un automóvil, controla la aceleración del motor por medio del pedal del acelerador.

El sensor de posición del acelerador TPS, es el dispositivo que convierte el ángulo de apertura de la mariposa del obturador en una señal eléctrica.

La ECU utiliza dicha señal para informarse del ángulo de apertura de la mariposa del obturador.

El sensor de carga TPS, viene en dos versiones: Analógico y Digital. El analógico es un potenciómetro (resistencia variable por movimiento) y es análogo porque varía un voltaje ascendente o descendente en forma progresiva, al momento de oprimir el pedal del acelerador del motor. El digital es un interruptor, ya que solamente como cualquier interruptor, tiene dos posiciones: abierto y cerrado, encendido y apagado, On y Off.



²¹ autoxuga.com

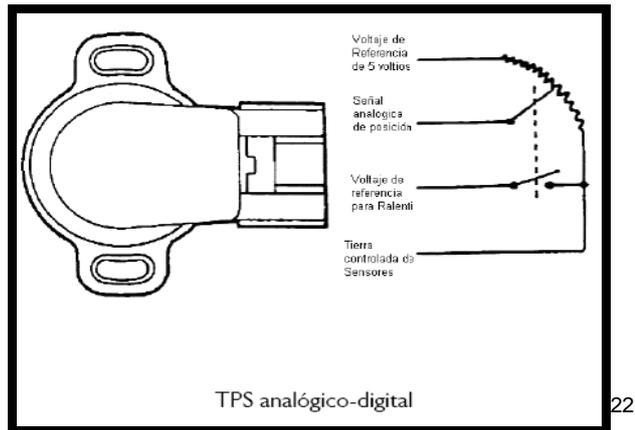


FIGURA 1.27 TIPOS DE SENSORES TPS

MEDICIONES

Par efectuar la comprobación de este componente utilizaremos un multímetro dispuesto en la opción de voltímetro de C.C. (DC Volts) y elegiremos la escala de 20 Volts.

El primer paso a seguir consiste en poner el auto en contacto y conectar la punta negativa del instrumento utilizado a masa. Con la punta positiva debemos ir midiendo, paso a paso, sobre cada uno de los tres contactos de la ficha de conexión, o en su defecto pinchando cada uno de los cables, tal como se indica en la Figura 1.28.

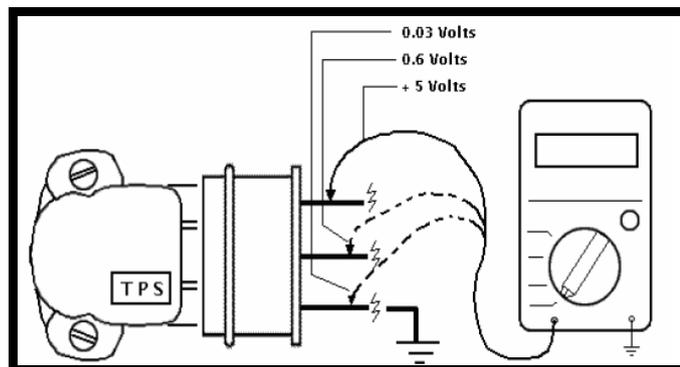


FIGURA 1.28 COMPROBACIÓN DEL SENSOR TPS

²² www.cise.com

²³ www.cise.com

Los valores del sensor son:

- Alimentación 5 Volt
- Masa
- Señal: 0.5 V a 4-5 V

FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR TPS

Cuando el piloto del automóvil presiona el pedal del acelerador, el mecanismo que mueve la mariposa del obturador hace girar el eje del sensor. Cuando el eje del sensor gira, dependiendo del tipo de sensor, abre o cierra los contactos de ralentí y de la WOT (para el sensor digital) y desliza los contactos del potenciómetro (sensor analógico). Puesto que el eje del sensor gira junto con la mariposa, este se desplaza en la misma proporción angular. En la terminal de salida del sensor se mide el valor del nivel de voltaje, según la posición de la mariposa del obturador.

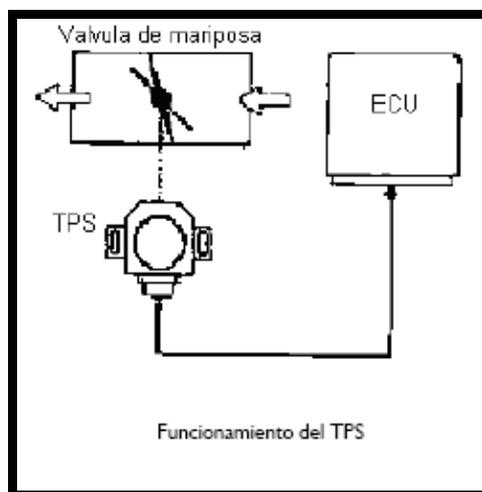


FIGURA 1.29 FUNCIONAMIENTO DEL TPS²⁴

EFFECTOS DE FALLA

²⁴ <http://www.cise.com>

- Motor no es estable en Ralentí
- Mala respuesta al acelerar
- Tarda en arrancar
- Alto consumo de gasolina
- Baja potencia a ciertas RPM

CAUSAS DE FALLA

- Malas conexiones
- Corto circuito interno, circuito abierto
- Daño mecánico
- Contactos sucios
- Pistas sucias o rotas

DIAGNÓSTICO

- Revisar que no existan daños externos
- Comprobar un buen contacto eléctrico
- Medir el voltaje enviado de la computadora, aproximadamente 5V
- Revisar con un óhmetro la resistencia cuando la mariposa está cerrada y abriéndola lentamente la resistencia debe variar de igual manera
- Verificar la resistencia cuando la mariposa está completamente abierta

1.5.2 PRESIÓN ABSOLUTA DE ADMISIÓN (MAP)

El sensor MAP (Figura 1.30), se encarga de medir la presión absoluta del múltiple de admisión convirtiendo el vacío a una señal de voltaje la cuál interpreta la ECU como presión absoluta en el múltiple.

Este sensor le indica también a la ECU la presión barométrica o sea la altura sobre el nivel del mar.

Dependiendo de la presión barométrica la ECU controla:

- Tiempo de encendido.
- Inyección del combustible.

Dependiendo del vacío del motor la ECU controla:

- Tiempo de encendido.
- Inyección de combustible.
- Corte momentáneo de la inyección de combustible en desaceleración.



FIGURA 1.30 SENSOR MAP²⁵

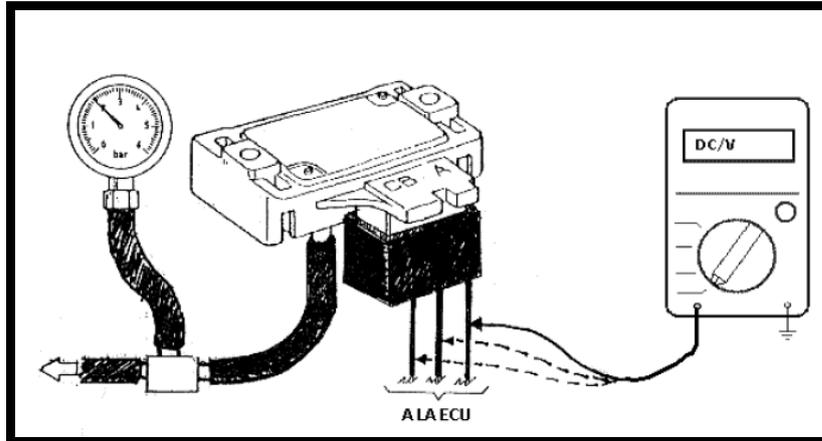
Funciona por el vacío generado por la admisión de los cilindros hace actuar una resistencia variable que a su vez manda información a la unidad de mando del motor, de la carga que lleva el motor.

La señal que recibe la unidad de mando del sensor de presión absoluta junto con la que recibe del sensor de posición del cigüeñal (régimen del motor) le permite elaborar la señal que mandará a los inyectores.

MEDICIONES

Los procedimientos de medición para este sensor, valen prácticamente para todos los Sensores MAP por Tensión de cualquier marca y modelo

²⁵ testengineargentina.blogspot.com/2007/02/sens...



26

FIGURA 1.31 MEDICIONES EN EL SENSOR MAP

Para la comprobación de este componente utilizar un multímetro digital dispuesto para medir tensiones (voltaje) de corriente continua (DC/VOLTS).

Si no es un instrumento autorango, seleccionar la escala de 20 volts.

- Conectar un vacuómetro al múltiple de admisión como se indica en la figura.
- Conectar la punta negativa del multímetro a masa (chasis).
- Poner el auto en contacto.
- Con la punta positiva del multímetro, medir la tensión presente en el “Pin A” de la ficha de conexión del MAP.
- En este punto debe medirse una tensión de + 5 volts, esta tensión es la de alimentación del MAP, tensión que es generada por el circuito regulador de tensión del computador y que utiliza este como tensión de referencia para distintos sensores.

Una vez comprobada la existencia de la alimentación de + 5 volts, pasar la punta positiva del multímetro al “Pin C” de la ficha. Este punto es masa, pero es tomada en un Pin del computador, punto que es denominado “Masa de Sensores”, o

²⁶ www.cise.com

también puede figurar en algunos diagramas de circuito eléctrico como “Masa Electrónica”.

- En este punto debe medirse una tensión no mayor que 0,08 volts (80 milivolts).
- Pasar ahora la punta positiva del multímetro al “Pin B” de la ficha del MAP, por este Pin el sensor entrega la información de la presión existente en el múltiple de admisión (vacío producido por el motor en la fase de admisión de los cilindros).
- Como todavía no fue puesto en funcionamiento el motor, la presión en el múltiple será igual a la atmosférica.
- La tensión de información entregada por el MAP en estas condiciones, será de alrededor de 4 volts.
- Poner en funcionamiento el motor, dejarlo estabilizar.
- Mantener la punta positiva del multímetro en el “Pin C” del MAP (salida de información).
- Para un vacío de motor de 18 pulgadas Hg. (460 mm Hg.), la tensión a medir estará alrededor de 1,1 a 1,2 volts.

El circuito del sensor se detalla a continuación:

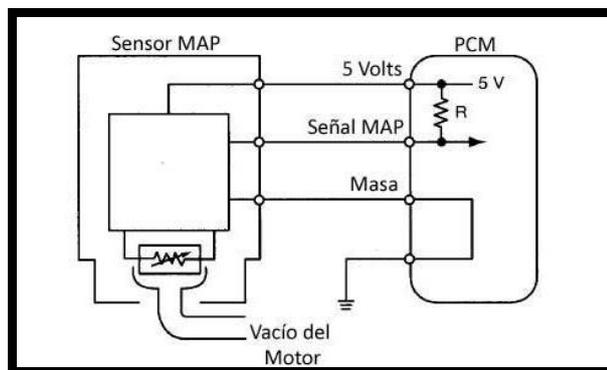


FIGURA 1.32 DIAGRAMA DEL SENSOR MAP²⁷

²⁷ <http://www.monografias.com/trabajos-pdf3/curso-sensores-map/curso-sensores-map.pdf>

Posee 3 cables uno de referencia, otro de señal y uno de masa, además tienen una entrada de vacío el cual va conectado al múltiple de admisión para recibir la información requerida en el sistema.

1.5.3 SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE (IAT)

Cuando un motor está en operación, genera calor por la combustión en sus cámaras y la fricción de los componentes mecánicos, durante su funcionamiento. Este calor no debe sobrepasar los límites de funcionamiento del motor y por ello, utiliza un sistema de enfriamiento. La temperatura del refrigerante del motor es proporcional a su temperatura, en cualquier momento. La mezcla de aire / combustible necesaria para cada rango de operación, depende de la temperatura de trabajo.

Para un valor de temperatura bajo (motor frío), la mezcla aire / combustible debe ser más rica, en comparación con la mezcla para una temperatura mayor (mezcla más pobre) cuando el motor está en operación.

Los sensores de temperatura son **termistores**: que varían sus características de resistencia con la temperatura del medio en el que está dispuesta su carcasa. La carcasa del sensor de temperatura del refrigerante está inmersa en el refrigerante del motor. La carcasa del sensor de temperatura del aire de admisión, está inmersa en el caudal del aire del múltiple de admisión.

El sensor de temperatura del refrigerante se identifica con las siglas CTS en los diagramas de conexiones, que son siglas en inglés de Coolant Temperatura Sensor y como se mencionó anteriormente, es un sensor denominado "Termistor", de resistencia variable en función de la temperatura".

En un circuito de registro de temperatura, (Figura 32); normalmente se utiliza un termistor de "coeficiente negativo de temperatura" (NTC). La resistencia de un

termistor NTC disminuye cuando se calienta y aumenta cuando se va enfriando. La información de un sensor de temperatura proporciona una señal analógica.

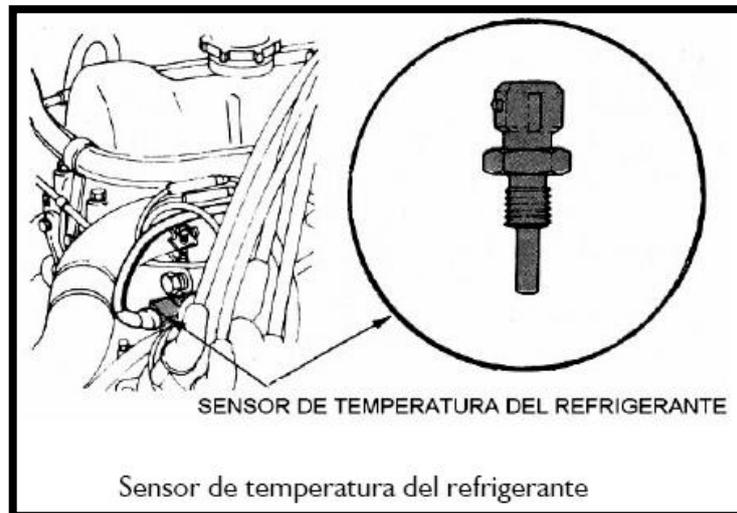


FIGURA 1.33 SENSOR WTS²⁸

El sensor de temperatura de aire es fabricado a base de un termistor (Figura 1.33), su funcionamiento es similar al sensor de temperatura del refrigerante. La principal diferencia entre el sensor de temperatura del refrigerante y el de temperatura del aire, es el tipo de envoltura que protege al termistor.

En el sensor de temperatura de refrigerante, el termistor está cubierto con la carcasa del sensor.

En el sensor de temperatura de aire se puede observar el termistor.

Al igual que el sensor de temperatura del refrigerante, el termistor puede ser de coeficiente de temperatura positivo PTC o negativo NTC, según el diseño del fabricante. Su resistencia varía con la temperatura del aire que entra al múltiple de admisión por la aspiración del motor, durante su funcionamiento.

²⁸ www.mecanicavirtual.org/sistema_de_refrigeración



FIGURAS 1.34 SENSOR IAT

SÍNTOMA DE FALLO:

- Encendido pobre
- Se enciende la luz de Check Engine
- Titubeo en el motor
- Fuerte olor de gasolina en el escape y bajo rendimiento
Incremento en emisiones contaminantes

MANTENIMIENTO Y SERVICIO

- Revisar en cada afinación o 40,000 Km. los daños causados por corrosión (óxido) en las terminales
- Comprobar cuando existan códigos que indiquen problemas en este circuito

El circuito del sensor IAT se detalla a continuación:

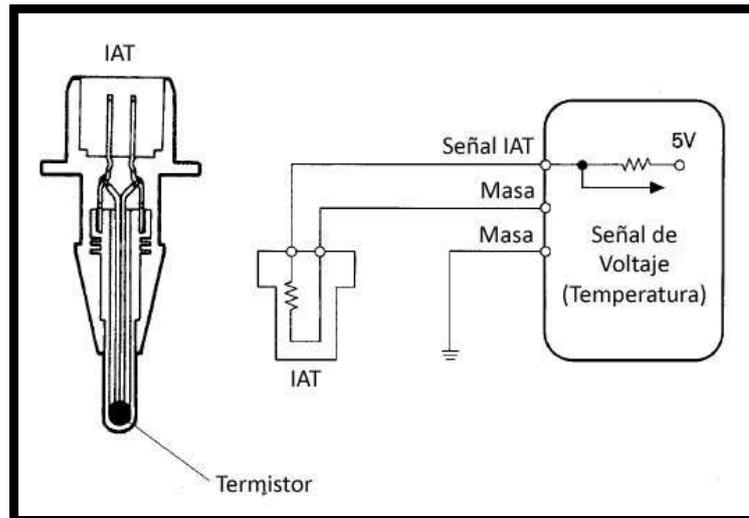


FIGURA 1.35 DIAGRAMA SENSOR IAT ²⁹

Este sensor posee dos cables de señal y una línea de masa en el exterior del sensor con el block.

1.5.4 VÁLVULA DE CONTROL DE VALENTÍ (RPM)

La válvula de control de ralentí, (figura 34); es un dispositivo electromecánico que tiene una tensión de alimentación del ECU o de un relé de control.

La función de la válvula de control de la velocidad de ralentí (IAC) es, como su nombre implica, para controlar la velocidad de ralentí del motor de acuerdo con su temperatura y las diferentes condiciones de carga.

Cuando el motor se arranca en frío, el módulo de control electrónico (ECU) de gestión del motor dará al arranque en frío del motor un mayor nivel de combustible y aumentará la velocidad de ralentí del motor en aproximadamente 1.200 rpm: la IAC es la responsable de dicho incremento.

Cuando el motor alcanza la temperatura de funcionamiento, se elimina el enriquecimiento de combustible y la velocidad de ralentí se reduce a un régimen

²⁹ <http://www.monografias.com/trabajos-pdf3/cursos-sensores-temperatura/cursos-sensores-temperatura.pdf>

predeterminado, este régimen se mantendrá sea cual sea la carga eléctrica en el alternador y hasta ciertas cargas mecánicas.

El componente tendrá 2 ó 3 conexiones eléctricas, con la tensión de alimentación mencionada anteriormente y una ruta a toma de tierra activada, simple o doble.

La velocidad a la que se activa la ruta de toma de tierra está determinada por el módulo de control electrónico (ECU) para mantener una velocidad de prerrequisito según su programación.

Una IAC puede ser un dispositivo giratorio o un dispositivo electromagnético, ambos habituales, aunque el giratorio es el más común.

La válvula formará una derivación de aire a través de la mariposa del acelerador, hasta formar una purga de aire dentro del conducto de inducción y que por lo tanto es susceptible a los depósitos de suciedad y carbonilla, impidiendo su mejor rendimiento.

Se recomienda que se limpien en los intervalos de servicio indicados por el fabricante con un disolvente pulverizado para mantener su eficacia.

Si el motor tiene una derivación de aire y una IAC, puede que requiere una rutina específica para equilibrar las dos rutas de aire.

La activación de la ruta de toma de tierra puede controlarse en un osciloscopio con el giro, produciendo una onda cuadrada, y una forma de onda de "dientes de sierra" en el dispositivo electromagnético.



FIGURA 1.36 VÁLVULA IAC

CONSECUENCIAS EN CASO DE AVERÍA ³⁰

Un defecto de la válvula de control de aire se manifiesta de la siguiente manera:

- Número de revoluciones de ralentí demasiado alto
- El motor se para con el numero de revoluciones al ralentí
- El motor se para con el número de revoluciones al ralentí y al conectar un consumidor adicional
- Iluminación del testigo de control del motor

Las causas para una avería de la válvula de control de aire:

- Fuerte suciedad / resignificación
- Cortocircuitos en la bobina
- Retención del impulsor magnético eléctrico

³⁰ http://www.bloghella.com.mx/PDF/Hella_Valvula_IAC.pdf

- No se produce alimentación de corriente desde la unidad de control del sistema de gestión del motor

LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS

Durante la localización de averías, deben considerarse los siguientes pasos de comprobación:

- Comprobar la alimentación de corriente con el encendido conectado. Valor de medición 11 – 14V.
- Medir la resistencia de la bobina entre los dos pines de conexión del regulador de ralentí con el multímetro. Valor teórico = aprox. 10 ohmios (tener presente los datos del fabricante).
- Comprobar el cortocircuito del devanado de la bobina entre los dos pines de conexión. Valor teórico = 0 ohmios.
- Comprobar la interrupción del devanado entre los dos pines de conexión. Valor de medición = >30 M-Ohmios
- Comprobar el contacto a masa de la bobina entre el pin 1 y la carcasa del componente, así como entre el pin 2 y la carcasa del componente. Valor de medición = >30 M-Ohmios
- Comprobación mecánica: Destornillar la servoválvula de la carcasa.
- Inspección visual de si, al activar el vástago de la válvula, se abre y cierra la derivación.
- Leer código de avería.

1.5.5 SENSOR DE OXÍGENO (SONDA LAMBDA)

Los gases que emite un motor durante su funcionamiento son nocivos para el ambiente y la salud de los seres vivos. Por ello es necesario minimizarlos.

31



FIGURA 1.37 SENSOR DE OXÍGENO

Los fabricantes de automóviles han implementado un sistema de control de emisiones de gases tóxicos en los automóviles (figura 1.37), con la finalidad de reducir dichos gases.

Una buena medida para reducir los gases tóxicos es verificar y mantener en un rango aceptable, la mezcla de aire combustible que ingresa a la cámara y verificar si la combustión de esa mezcla se ha realizado y culminado correctamente.

Una de las maneras de verificar lo anterior es censando la cantidad de oxígeno de las emisiones del motor, es decir, se realiza mediante el control de la cantidad de oxígeno emitida en los gases de escape de los motores.

³¹ <http://infoautomotriz.blogspot.com/>

El sensor que genera una señal eléctrica, proporcional a la cantidad de oxígeno que sale en los gases de escape de un motor de combustión interna a gasolina.

La ECU en base a la señal del sensor de oxígeno, determina si la mezcla que recibe el motor es rica o pobre.

Con esta información la ECU corrige la dosificación del combustible, para mantener una mezcla aire / combustible estequiométrica.

Está compuesto por un núcleo de cerámica fabricado a base de Dióxido de Zirconio (ZrO_2). La superficie del núcleo de cerámica está recubierta con platino.

El núcleo de cerámica recubierta con platino, tiene la habilidad de producir un voltaje cuando está expuesto al calor y a una diferencia de niveles de oxígeno, en cada lado del elemento cerámico.

El sensor de oxígeno funciona óptimamente cuando está a 300 °C. Para que llegue a esta temperatura, es necesario que los gases de escape calienten el sensor.

Actualmente los sensores utilizan un sistema de precalentador, que minimiza el tiempo en el que el sensor está listo para enviar la señal a la ECU.

En la figura 1.38, se muestra la vista en corte del sensor de oxígeno y sus partes componentes.

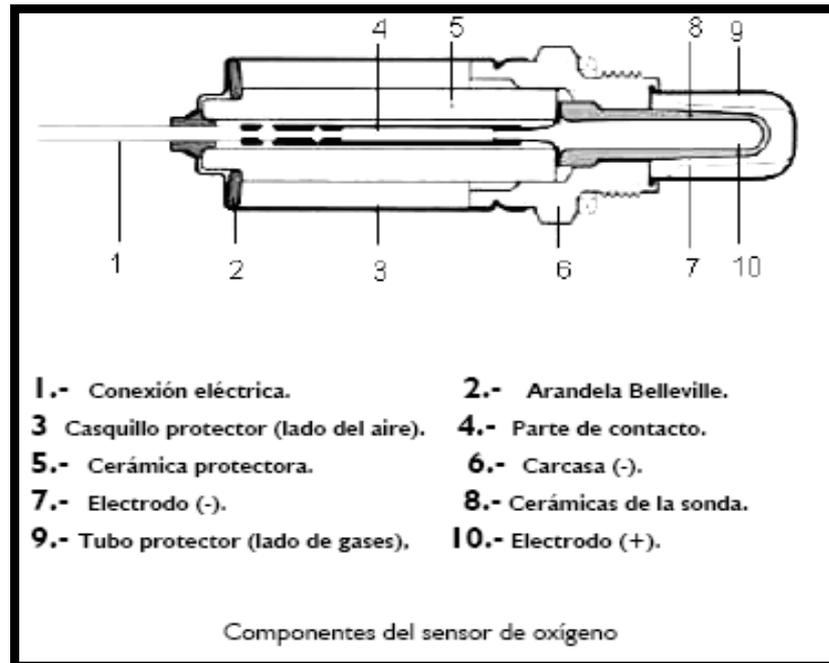


FIGURA 1.38 VISTA EN CORTE SENSOR DE OXÍGENO

Existen dos tipos de sensores de oxígeno de los gases de escape:

- **Sin precalentamiento:** el sensor de oxígeno sin precalentamiento, utiliza el calor de los gases de escape para aumentar su temperatura. Debido a esto, el sensor necesita algunos minutos para llegar a su temperatura de operación.
- **Con precalentamiento:** el uso de un elemento de precalentamiento interno, incrementa substancialmente la operación del sensor de oxígeno para bajas temperaturas de gases de escape.

El uso de precalentador, hace que las emisiones sean estables a temperaturas bajas, lo cual contribuye a un incremento de la vida útil del sensor. La estabilidad de las emisiones contribuye a que el sensor no se contamine durante la fase de calentamiento.

Estos sensores pueden ser divididos genéricamente en tres grandes grupos, esta división responde a la cantidad de conductores de conexión que lleva el componente y no a la tecnología utilizada en su construcción:

- Sondas de 1 conductor.
- Sondas de 3 conductores.
- Sondas de 4 conductores.

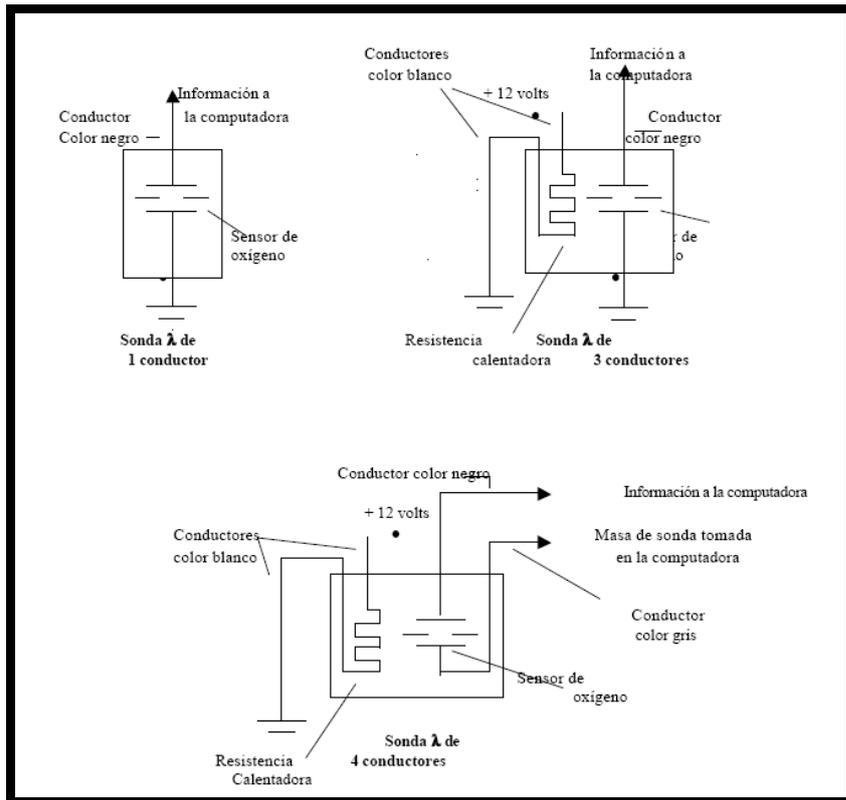
En estos distintos tipos de sonda, siempre el conductor de color negro es el que lleva la información brindada por la sonda, a la computadora.

En la mayoría de las sondas de 3 y 4 conductores, que son las que tienen incorporada resistencia calefactora, los conductores de color blanco son los que alimentan con + 12

Volts y masa a dicha resistencia.

El cuarto conductor que incorporan las sondas de 4 conductores, color gris claro, es masa del sensor de oxígeno.

Esta masa es tomada en la masa de sensores en un Pin determinado de la computadora.



32

FIGURA 1.39 DIFERENTES TIPOS DE SENSOR DE OXÍGENO

CATALIZADOR

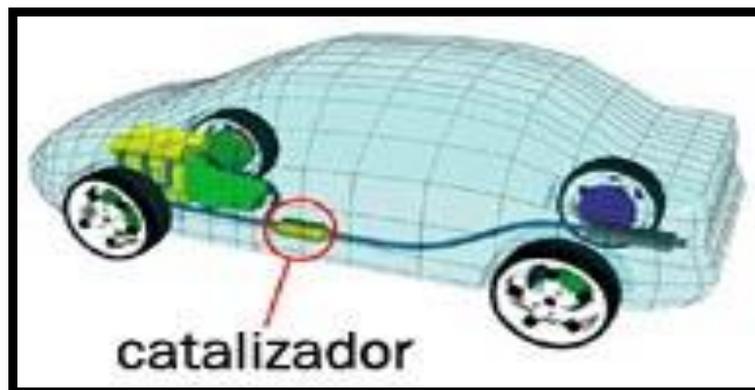


FIGURA 1.40 UBICACIÓN DEL CATALIZADOR EN EL VEHÍCULO

El catalizador, (figura 1.40) junto a la gasolina sin plomo, es una de las principales modificaciones introducidas en el funcionamiento de los nuevos automóviles,

³² <http://www.cise.com>

destinadas a reducir el impacto ambiental de las emisiones contaminantes nocivas de los vehículos.

El catalizador produce modificaciones químicas en los gases de escape de los automóviles antes de liberarlos a la atmósfera. Estas modificaciones tienen como fin reducir la proporción de algunos gases nocivos que se forman en el proceso de combustión.

Con el fin de optimizar el rendimiento del motor y reducir las emisiones contaminantes, los motores modernos controlan con gran precisión la proporción de combustible y aire empleados en cada instante. En cada momento, los sistemas de inyección electrónica ajustan la proporción de combustible y aire, con el fin de que el combustible inyectado en el motor arda en su totalidad. Para la gasolina esta proporción es de 14,7:1, es decir, para garantizar la perfecta combustión de un gramo de gasolina harían falta 14,7 gr. de aire.

El objetivo del catalizador es, precisamente, actuar contra estos tres tipos de emisión (monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno), con el fin de reducir su nivel en los gases de escape. Los catalizadores modernos consisten en una estructura de material cerámico, cubierta de una fina capa de platino y rodio. Dicha estructura adopta la forma de panal de abeja (tubos hexagonales), ya que de este modo se consigue que los gases de escape encuentren una superficie lo más grande posible de material catalizador.

En un catalizador se producen dos procesos o transformaciones fundamentales:

- Reducción catalítica. En él la superficie catalítica rompe las moléculas de óxidos de nitrógeno, dando lugar a moléculas de nitrógeno y moléculas de oxígeno. $2 \text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}_2$
- Oxidación catalítica. En este caso, el catalizador sirve de soporte para completar la combustión del CO y de los hidrocarburos residuales. No obstante, este proceso requiere de oxígeno. Para conseguir que los gases de escape dispongan de suficiente oxígeno como para realizar la oxidación catalítica es necesario un sensor, denominado "sonda lambda". Esta sonda

se encuentra a la entrada del catalizador. Su función es medir el nivel de oxígeno en los gases de escape. Gracias a este sensor, el sistema electrónico de inyección calcula la proporción necesaria entre combustible y aire para permitir que en los gases de escape exista suficiente oxígeno para permitir al catalizador la combustión de los hidrocarburos residuales.

1.6 RENDIMIENTO DE LOS MOTORES

La gasolina es la fuente de energía primaria de un motor. Quemarla significa generar la fuerza suficiente para mover partes móviles y además entregar un excedente para fuerza de giro.

Un motor de pistones, alimentado con gasolina, no es capaz de alcanzar 100% de **eficiencia térmica**. Es decir, no puede aprovechar todo el calor generado por la combustión para transformarlo en fuerza motriz.

33



FIGURA 1.41 PÉRDIDAS DE ENERGÍA DURANTE LA COMBUSTIÓN

Los motores de combustión interna a gasolina son derrochadores, su eficiencia térmica es bastante pobre. Alrededor de 30% de la energía calórica que disponen, la transforman en movimiento y la otra parte la disipan (pérdida), hacia la atmósfera.

³³ www.todomotores.cl/.../eficiencia_termica.htm

El rendimiento termodinámico teórico de un motor de ciclo Otto se basa en la relación de compresión del motor y la relación de calores específicos del combustible, tal y como se muestra a continuación:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma} - 1$$

Donde:

V1/V2 = relación de compresión

γ = relación de calores específicos

ηt = rendimiento termodinámico teórico

Cuanto mayor sea la relación de compresión y/o la relación de calores específicos, mayor será el rendimiento termodinámico teórico del motor. El límite de relación de compresión de un motor se basa en la resistencia del combustible a sufrir golpeteo.

La relación de calores específicos se relaciona con la estructura molecular del combustible. Cuanto menos compleja sea la estructura molecular, mayor será la relación de calores específicos.

El hidrógeno ($\gamma = 1,4$) tiene una estructura molecular mucho más simple que la gasolina y por lo tanto su relación de calores específicos será mayor que en el caso de la gasolina convencional ($\gamma = 1,1$).

1.7 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

A medida que pisamos el acelerador de nuestros carros, aumenta considerablemente el consumo de gasolina. El exceso de velocidad, además de

ser un riesgo para la seguridad de los vehículos, contaminar más, desperdiciar unas reservas de la naturaleza finitas (Combustibles fósiles).

Procure conducir en los límites de velocidad fijados por las autoridades de circulación.

Conducir por carretera a una velocidad de unos 90 Km./hora en lugar de 110 Km./hora nos proporciona un ahorro de entre un 10% y 15% de combustible. Que sumados al mes o al año, representa una considerable cantidad de dinero.

Es lógico pensar que en los motores pequeños consumirán menos que los grandes, sin embargo, para tener una comparación mas exacta debemos considerar el peso total del vehículo, ya que el combustible consumido será siempre a la energía necesaria para mover el mismo.

Son muchas las variables que afectan el consumo de combustible, quizás, entre las mas importantes se encuentra el peso del vehículo, la velocidad a la que lo utilizamos, la topografía y la ruta por la cual nos desplazamos.

34

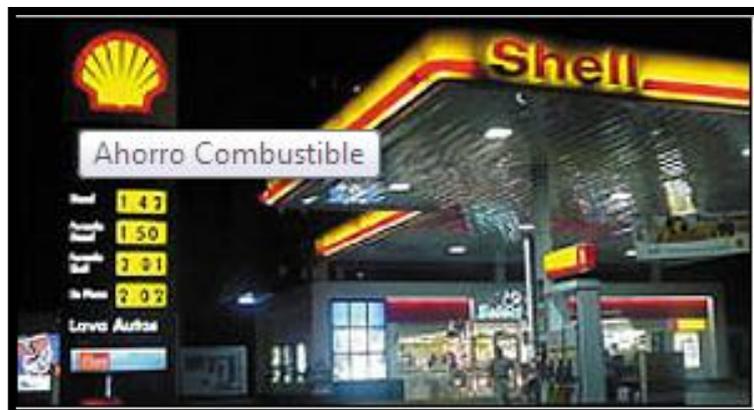


FIGURA 1.42 AHORRO DE COMBUSTIBLE

1.8 DIAGRAMAS DE COMBUSTIÓN

Para conocer las variaciones de potencia, par motor y consumo de combustible (figura 1.42) en cada régimen del motor se utilizan las curvas características del motor.

³⁴ www.deautomoviles.com.ar/.../combustibles/consumo.html (Centro de carga de combustible)

Entre ellas se representan los valores obtenidos en el banco de pruebas en condiciones de máxima alimentación es decir a plena carga.

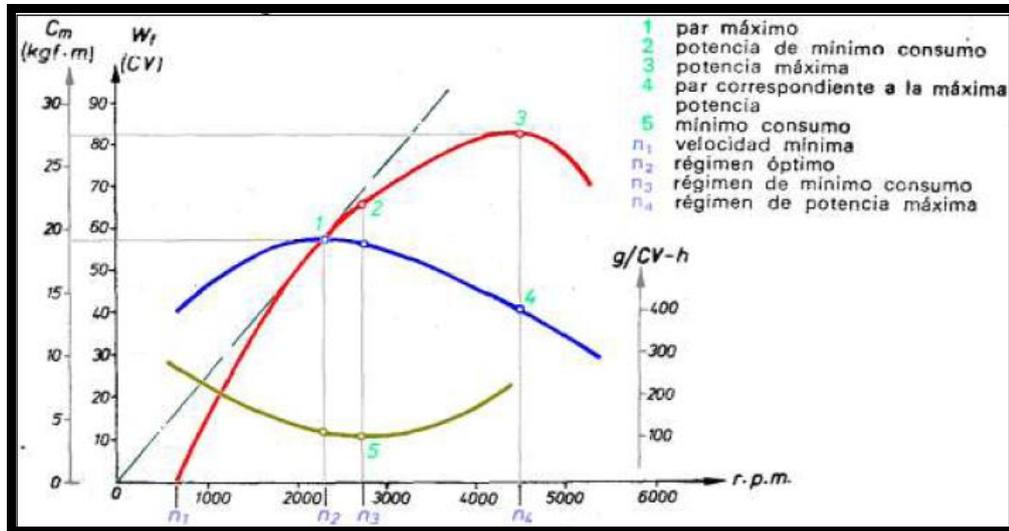


FIGURA 1.43 CURVA TORQUE POTENCIA CONSUMO

No resulta fácil para todo el mundo distinguir potencia y par, ya que son dos conceptos íntimamente relacionados. El par se refiere a la fuerza del motor, al empuje que puede proporcionar.

La potencia, es la capacidad del motor para entregar esta fuerza en el menor tiempo posible. Así, un camión necesita un motor con mucho par mientras que un coche de carreras busca siempre la mayor potencia posible. El par se mide en newton por metro³⁵; la potencia, en kilowatios o caballos vapor (CV).

1.8.1 CURVA DE PAR MOTOR

El valor del par motor no es constante ya que, a pesar de que el radio de la muñequilla del cigüeñal sea siempre el mismo, la fuerza que recibe el cigüeñal del pistón a través de la biela varía porque la presión que se genera en la cámara de compresión cambia por una serie de factores.

³⁵ Newton metro es una unidad derivada del SÍ correspondiente al torque provocado por una fuerza de un newton ejercida a una distancia de un metro del punto de rotación

En la figura 1.44 podemos apreciar cómo aumenta el par motor hasta llegar a 2200 revoluciones, y a partir de aquí empieza a descender.

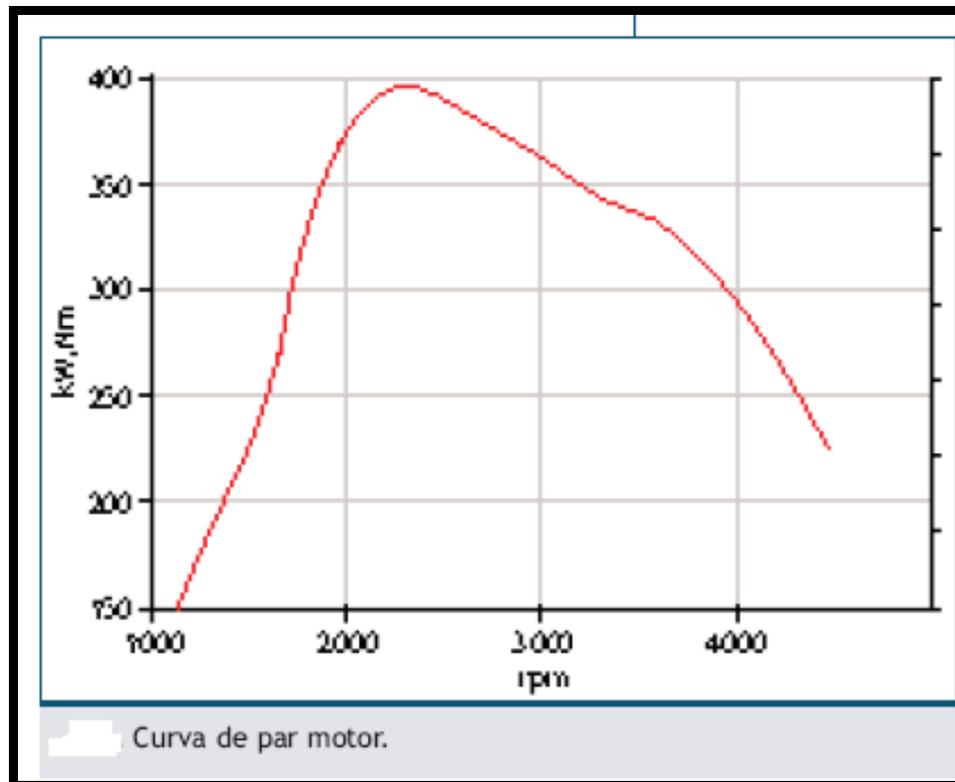


FIGURA 1.44 CURVA CARACTERÍSTICA DE TORQUE

La curva del par motor tiene su máximo en la zona baja del contador de revoluciones y decrece rápidamente en la zona alta del contador de revoluciones.

La fórmula del par motor es una fuerza en función de una distancia.

El par motor se puede comparar con un levantador de pesas: éste levanta un peso enorme hasta la altura de su cabeza.

Cuanto mayor sea el peso alzado, más fuerza tendrá el levantador de pesas.

PAR MOTOR=FUERZA x DISTANCIA

$$P = F * d$$

1.8.2 CURVA DE POTENCIA

La potencia es directamente proporcional al par y al número de revoluciones.

El par aumenta con las revoluciones hasta un punto; por lo tanto, a medida que aumentan las revoluciones y el par, la potencia sube rápidamente.

A partir de que el par empieza a disminuir, la potencia sigue subiendo, aunque más lentamente, hasta que la proporción del aumento de revoluciones es menor que la disminución del par. Este es el punto de máxima potencia.

El caso particular que describe la figura 1.45, la máxima potencia se consigue a 3900 revoluciones por minuto.

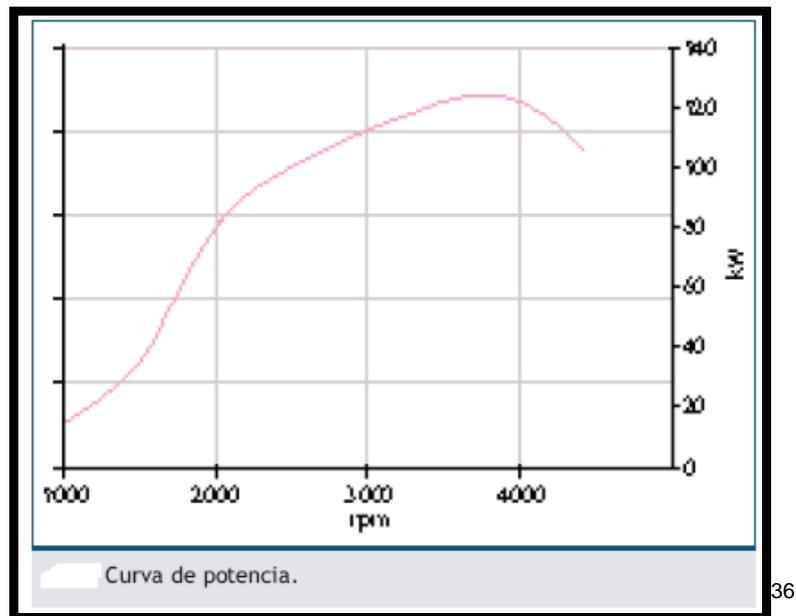


FIGURA 1.45 CURVA CARACTERÍSTICA DE LA POTENCIA

La potencia y el par motor están afectados directamente por la presión media efectiva. Siendo esta un parámetro fundamental para valorar las prestaciones del motor. De hecho, si se multiplica por el área del pistón, se obtiene la fuerza media que cada pistón desarrolla en la manivela del cigüeñal.

$$P = \frac{F}{S}, \rightarrow F = P * S = pme * S$$

Donde:

P: presión

F: fuerza

S: superficie

pme: presión media efectiva en N/m²

La presión media efectiva (figura 1.46), se calcula hallando la media de las presiones en cada ciclo de trabajo.

La **presión media efectiva** está más cerca de la presión mínima que de la máxima, ya que el tiempo que se mantiene esta última es muy inferior.

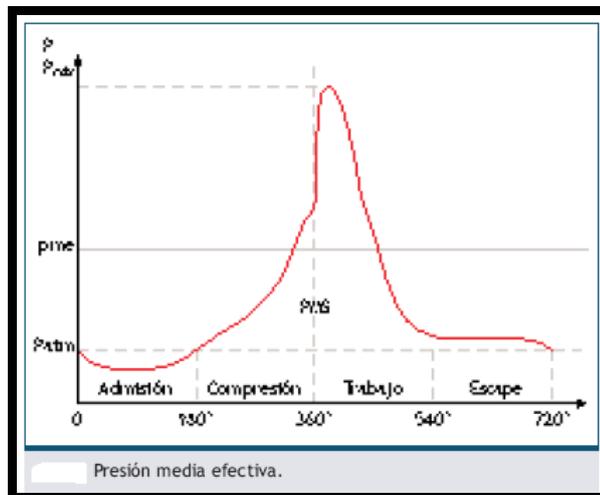


FIGURA 1.46 EJEMPLO APROXIMADO DE LA PRESIÓN MEDIA EFECTIVA

POTENCIA=PAR MOTOR/TIEMPO

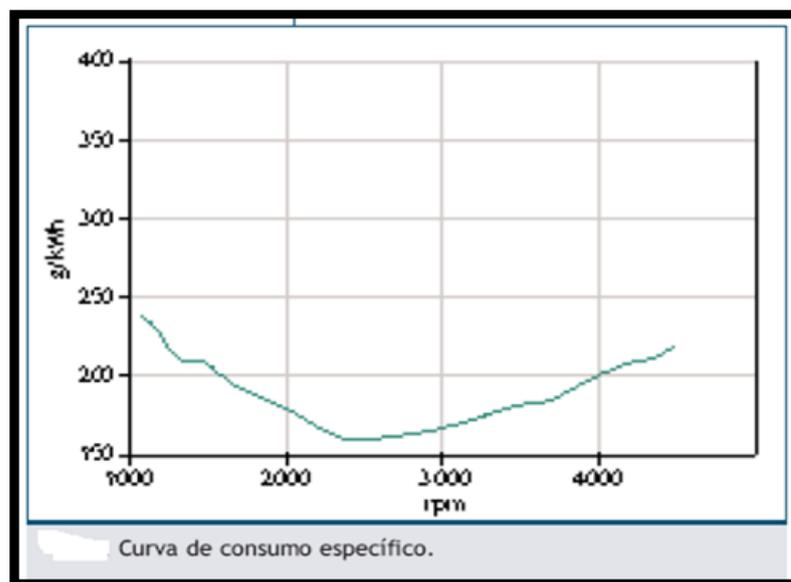
POTENCIA=FUERZA x VELOCIDAD

La potencia se expresa en Vatios ³⁷ (W) o en caballos según DIN (CV).

1.8.3 CURVA DE CONSUMO ESPECÍFICO

Como se puede ver en la figura 1.47, el consumo específico en principio va disminuyendo con las revoluciones hasta un punto próximo al máximo par.

A partir de ahí, el consumo específico aumenta a medida que se incrementan las revoluciones.



38

FIGURA 1.47 CURVA CARACTERÍSTICA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Gramos combustible}}{\text{Potencia Desarrollada}}$$

1.9 CONTAMINACIÓN. PRODUCTOS CONTAMINANTES

³⁷ El vatio o watt (símbolo W), es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Es el equivalente a 1 julio sobre segundo (1 J/s) y es una de las unidades derivadas

³⁸ http://www.macmillanprofesional.es/fileadmin/files/online_files/profesional/Vehiculos/MOTunidad06_final.es.pdf

La contaminación se produce cuando en el medio ambiente aparecen determinados agentes físicos, químicos, o biológicos que producen efectos nocivos en los seres vivos que pueden hacer peligrar la existencia de vida en el planeta. (Figura 1.48).

39

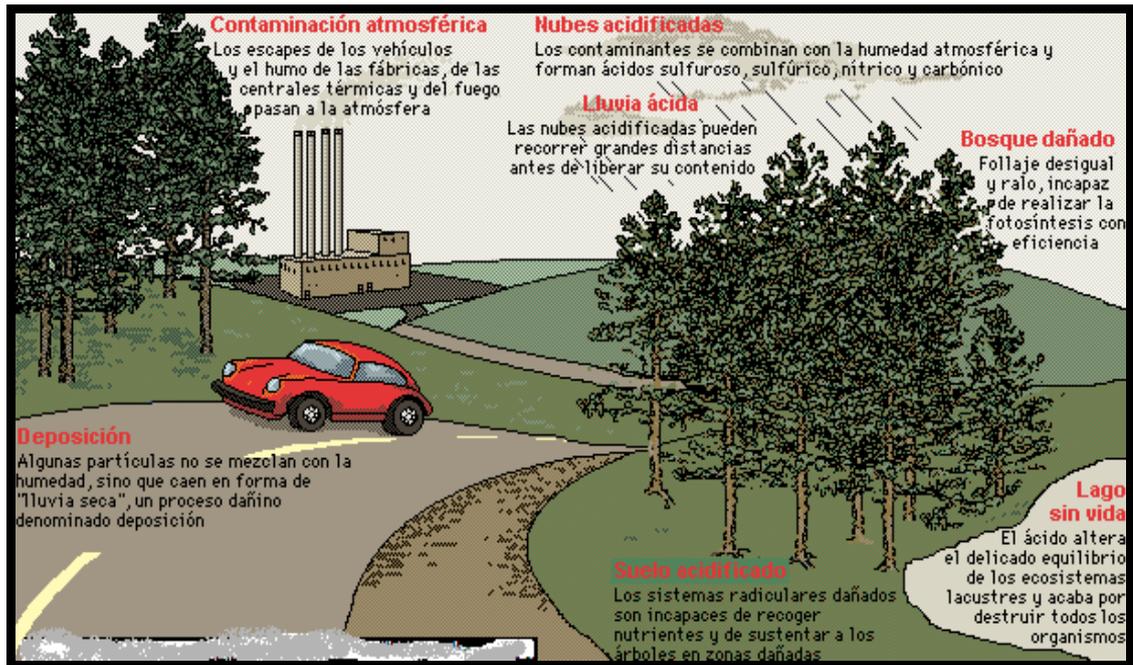


FIGURA 1.48 TIPOS DE CONTAMINACIÓN

Los vehículos (Figura 1.49), emiten gases contaminantes que afectan de forma adversa a la salud del ser humano, los animales y las plantas y a la composición química de la atmósfera. Las emisiones de dióxido de carbono e hidrocarburos, dos de los principales contaminantes liberados por los automóviles, contribuyen al incremento del efecto invernadero y, por tanto, al calentamiento global de nuestro planeta.

³⁹ Encarta 2009

La presencia de niveles elevados de estos productos hace que la radiación reflejada quede atrapada en la atmósfera, haciendo subir lentamente la temperatura media de la Tierra.



FIGURA 1.49 CONTAMINACIÓN VEHICULAR

La combustión de carbón, petróleo y gasolina es el origen de buena parte de los contaminantes atmosféricos. Más de un 80% del dióxido de azufre, un 50% de los óxidos de nitrógeno, y de un 30 a un 40% de las partículas en suspensión emitidos a la atmósfera. Un 80% del monóxido de carbono y un 40% de los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos emitidos proceden de la combustión de la gasolina y el gasóleo en los motores de los coches y camiones.

Otras importantes fuentes de contaminación son la siderurgia y las acerías, las fundiciones de zinc, plomo y cobre, las incineradoras municipales, las refinerías de Petróleo.

Actualmente podemos cifrar las fuentes de contaminantes generados por la actividad humana en tres grandes grupos:

- **Actividades industriales:** generan, principalmente, óxidos de azufre, de nitrógeno, y en menor medida, plomo metálico.
- **Actividades domésticas:** producen, principalmente, óxidos de azufre y, en menor medida, de nitrógeno
- **Transporte:** vierte a la atmósfera, principalmente, óxidos de nitrógeno y plomo, y, en menor proporción, óxidos de azufre.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DEL HIDRÓGENO Y SU OBTENCIÓN

2.1 ESTADO NATURAL Y SU OBTENCIÓN

El hidrógeno es en gran medida el elemento más abundante del universo, componiendo el 75% de la masa de toda la materia visible. Figura 2.1

El hidrógeno es el más simple de todos los elementos. Se puede visualizar un átomo de hidrógeno como núcleo central denso con un solo electrón orbitando a su alrededor, algo parecido a un planeta orbitando alrededor del Sol.

Hidrógeno - Helio

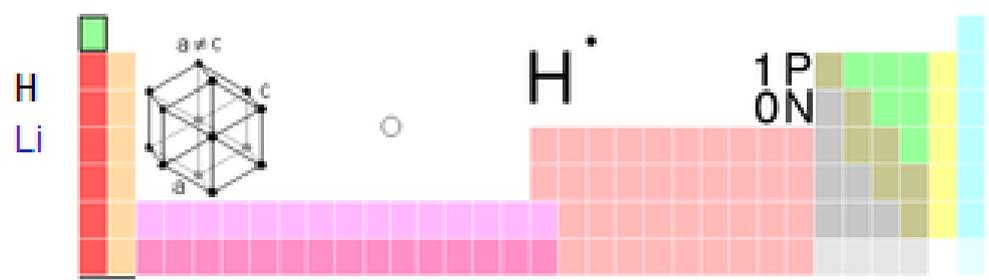


Tabla completa

General	
Nombre, símbolo, número	Hidrógeno, H, 1
Serie química	No metales
Grupo, periodo, bloque	1, 1, s
Densidad, dureza Mohs	0,08988 kg·m ⁻³ , -

⁴⁰ <http://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3geno>

FIGURA 2.1 DESIGNACIÓN DEL HIDRÓGENO

En la mayoría de átomos de hidrógeno, figura 2.1; el núcleo está formado por un único protón, aunque existe una variante (o "isótopo") del hidrógeno que contiene un protón y un neutrón. Ésta forma de hidrógeno se denomina deuterio o hidrógeno pesado.

La mayor parte de la masa de un átomo de hidrógeno se concentra en su núcleo. Los protones, como es sabido, tienen carga eléctrica positiva, mientras que los electrones tienen carga eléctrica negativa. Juntas, las cargas asociadas al protón y el electrón de cada átomo de hidrógeno se cancelan la una a la otra, de modo que los átomos individuales de hidrógeno son eléctricamente neutros.

La masa atómica del hidrógeno es de 1,007940 Kg./kmol; mientras que su masa molecular es de 2,01588 Kg./kmol.

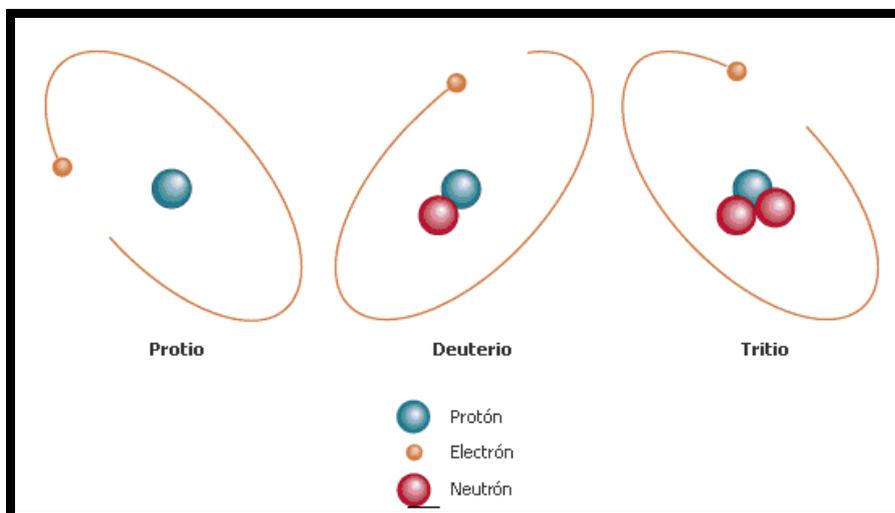


FIGURA 2.2 ESTRUCTURA MOLECULAR HIDRÓGENO ⁴¹

2.1.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL HIDRÓGENO

⁴¹ Hydrogen in the Universe, NASA Website. URL visitada el 2 de junio de 2006.

Las ventajas y desventajas del hidrógeno derivan de sus propiedades físicas básicas. Veamos cuáles son las más destacables de ellas.

VENTAJAS⁴²

- El hidrógeno tiene el más alto valor calorífico 141.86MJ/Kg. o 39.41kWh/Kg. y el más alto contenido de energía por unidad de peso que cualquier otro combustible.
- La molécula de hidrógeno es la más ligera, la más pequeña y está entre las moléculas más simples, además, es relativamente estable.
- Cuando se le combina con el oxígeno, el hidrógeno puede producir electricidad directamente en procesos electroquímicos, rebasando los límites de eficiencia del ciclo de Carnot que afecta a los ciclos termodinámicos utilizados actualmente en la mayoría de las plantas generadoras de potencia.
- Permite la combustión a altas relaciones de compresión y altas eficiencias en máquinas de combustión interna.
- Es un vector energético respetuoso con el medio ambiente que trae consigo reducción de la contaminación. Puesto que su uso disminuiría los daños medioambientales por su naturaleza libre de carbono y ya que lo único que produce el hidrógeno al quemarse con oxígeno es vapor de agua, no conlleva emisiones de hidrocarburos, ni CO₂, compuestos de azufre ni otros contaminantes. Sin embargo los sistemas energéticos actuales emiten oxidantes (O₃, HO₂, PAH), aerosoles (SO₄) y otros gases (aldehídos y olefinas).

⁴² ingenieria.udea.edu.co/.../gea/VENTAJAS.html

- Los márgenes de explosión para el hidrógeno en aire están en el intervalo de 13-59% que es más amplio que el del metano que va de 6.3-14%, por lo que el hidrógeno es explosivo a concentraciones más altas.

DESVENTAJAS

- El hidrógeno tiene una energía muy baja por unidad de volumen como gas o como líquido, más o menos una tercera parte de la del gas natural o la gasolina y una cuarta parte del equivalente en volumen del metano
- La obtención del hidrógeno líquido requiere de un proceso altamente consumidor de energía y técnicamente complejo.
- Los contenedores para su almacenaje son grandes y el almacenamiento de cantidades adecuadas de hidrógeno a bordo de un vehículo todavía representa un problema significativo.
- El hidrógeno no es tóxico y no es contaminante, pero es difícil de detectar sin sensores adecuados ya que es incoloro, inodoro y en el aire su llama es casi invisible por lo que resulta más difícil de detectar y de extinguir en un fuego o explosión.
- El límite de inflamabilidad del hidrógeno podría causar problemas ya que el hidrógeno arde en concentraciones entre 4 y 75% en aire en volumen, mientras que el rango de inflamabilidad del metano está entre 5.3% y 15% y el del propano entre 1 y 9.5%.
- Además la relación hidrógeno / aire sería segura sólo en un 75% por lo que sería necesario un indicador de nivel de oxígeno.

- El hidrógeno proviene del agua, constituye un peligro que los vehículos sean a hidrógeno porque necesitaran grandes cantidades de este liquido vital para el ser viviente

2.1.3 COMPARACIÓN DEL HIDRÓGENO CON OTROS COMBUSTIBLES

Haciendo una evaluación energética del hidrógeno, en la siguiente tabla de densidades de energía del hidrógeno y otros combustibles, se puede comprobar, que la densidad de energía por peso del hidrógeno es mayor que la de los otros combustibles con que se compara, la gasolina, el gas natural, el propano, el metanol y el diesel.

Mientras que su densidad de energía por volumen es considerablemente menor, lo cual implica la necesidad de grandes volúmenes de almacenamiento para obtener una misma energía.

DENSIDAD DE ENERGÍA DEL HIDRÓGENO Y OTROS COMBUSTIBLES

combustible	forma de almacenamiento	Densidad de energía por peso (Kwh./Kg.)	densidad de energía por volumen (Kwh./l)	Pode calorífico (MJ/Kg.)
Hidrógeno	Gas (20 MPa)	33.3	0.53	143.4
Gas Natural	Gas (20 MPa)	13.9	58	32.0

Propano	Líquido	19	7.5	50.6
Metanol	Líquido	5.6	4.42	55.8
Gasolina	Líquido	17	8.76	42
Diesel	Líquido	11.6	9.7	44

FIGURA 2.1 DENSIDADES DE LOS COMBUSTIBLES MAS UTILIZADOS ⁴³

Combustible	Poder calorífico (kcal/kg)
Madera (según composición)	2.500-4.000
Carbón (según composición)	4.000-9.000
Alcohol	6.500
Gasóleo	10.325
Gasolina 95	10.400
Gasolina 98	10.550
Butano	10.900
Petróleo	11.000
GLP (gas licuado de petróleo)	11.000
Gas natural (metano)	11.500
Hidrógeno	28.700

FIGURA. 2.2 DIVERSOS PODERES CALORÍFICOS DETERMINADOS EN Kcal/kg

TABLA II.1 PODER CALORÍFICO COMBUSTIBLES MAS UTILIZADOS ⁴⁴

COMBUSTIBLE	PODER CALORÍFICO	UNIDAD
Gas Natural	12800	Kcal./Kg.
Acetileno	11600	Kcal./Kg.
Propano, Gasolina,	11000	Kcal./Kg.

⁴³ http://www.elevate-project.org/book/content/asimag/ANALYSIS/ENERGY/calorificvalues_es.pps Figura 2.1

⁴⁴

http://www.xunta.es/conselle/xi/proteccivil/riscos/risco_quim/pee/peegrelaes/Bases%20y%20Criterios/Anexo%20I/GASOLINA.pdf

Butano		
Gasoil	10200	Kcal./Kg.
Fuel Oil	9600	Kcal./Kg.
Antracita	8300	Kcal./Kg.
Coque	7800	Kcal./Kg.
Gas de Alumbrado	7000	Kcal./Kg.
Alcohol de 95°	6740	Kcal./Kg.
Lignito	4800	Kcal./Kg.

En particular comparemos el hidrógeno con el gas natural puesto que las características físicas y químicas de ambos son similares, por lo que el gas natural se presenta como elemento de paso al hidrógeno y se puede pensar en el uso del hidrógeno en lugar del gas natural para aplicaciones domésticas y para vehículos usando las mismas tecnologías que para el gas natural líquido.

2.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS

El punto de ebullición de un combustible es un parámetro crítico, ya que define la temperatura a la cual debe ser enfriado para almacenarlo y poderlo utilizar en su estado líquido. Los combustibles que se encuentren en estado líquido ocuparán menos espacio de almacenaje que los combustibles gaseosos, además de ser más fáciles de transportar. Por esta razón, los combustibles que se encuentren en estado líquido en condiciones atmosféricas (como puedan ser la gasolina, el diesel, metanol, o el etanol) son particularmente interesantes.

Por otro lado, todos aquellos combustibles que en condiciones atmosféricas se encuentren en estado gaseoso (como puedan ser el hidrógeno o el gas natural) son menos convenientes ya que deberán ser almacenados como gas presurizado o bien como líquido criogénico. El punto de ebullición de una sustancia pura aumentara a medida que se eleva la presión.

OLOR, COLOR Y GUSTO

El hidrógeno puro es inodoro, no tiene color y es insípido. Si se produjese un escape de hidrógeno, éste resultaría casi invisible en la luz del día.

El hidrógeno obtenido a partir de otros combustibles fósiles viene acompañado generalmente por nitrógeno, bióxido de carbono, monóxido de carbono y otros gases.

Todos ellos son también en la mayoría de casos inodoros, descoloridos e insípidos.

TOXICIDAD

El hidrógeno en si no resulta tóxico, pero puede actuar como asfixiante ya que desplaza el oxígeno que se encuentra en el aire.

Debe tenerse en cuenta, además, que el resto de gases que puedan encontrarse mezclados con el hidrógeno, al haber sido éste extraído de otros combustibles fósiles, como por ejemplo nitrógeno, monóxido de carbono, bióxido de carbono y otros, pueden también actuar como asfixiadores desplazando el oxígeno. Además, el monóxido de carbono es un gas venenoso, con lo que se presenta como un elemento peligroso para la salud.

DENSIDAD Y MEDIDAS RELACIONADAS

El hidrógeno dispone de un peso atómico más bajo que cualquier otra sustancia, y por lo tanto tendrá una densidad muy baja tanto en estado líquido como gaseoso.

DENSIDAD

La densidad es medida como la cantidad de masa contenida por volumen de unidad. El valor de la densidad tendrá significado únicamente en una temperatura

y presión especificadas, ya que ambos parámetros afectan a la compacticidad del enlace molecular, especialmente en los gases.

El hidrógeno dispone de una densidad en estado gaseoso (a 20°C y 1 atm) de 0,08376 Kg./m³; y una densidad líquida de 0,0708 Kg./l.

VOLUMEN ESPECÍFICO

El volumen específico es el inverso de la densidad y expresa la cantidad de volumen por unidad de masa. Así, el volumen específico de gas de hidrógeno (con unas condiciones de 20°C y 1 atm) es de 11,9 m³/Kg., mientras que el volumen específico del hidrógeno líquido (a – 253°C y 1 atm) es de 0,014m³/kg.

RELACIÓN DE EXPANSIÓN

Cuando el hidrógeno se almacena como un líquido, se evapora durante su expansión a condiciones atmosféricas, con un aumento correspondiente en su volumen.

La relación de expansión del hidrógeno es de 1:848, y significa que el hidrógeno, en su estado gaseoso en condiciones atmosféricas, ocupa 848 veces más que cuando se encuentra en estado líquido. (Figura 2.3)

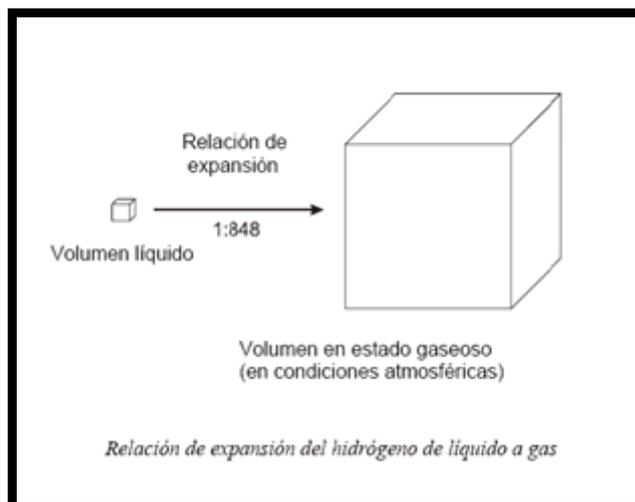


FIGURA 2.3 RELACIÓN DE EXPANSIÓN DEL HIDRÓGENO

2.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

REACTIVIDAD

La alta reactividad es una característica de todos los combustibles químicos. En cada caso, se produce una reacción química cuando las moléculas de combustible forman enlaces con el oxígeno que hay en el aire, de modo que al final, las moléculas que han reaccionado dispondrán de menor energía que cuando se encontraban en su estado inicial, sin reaccionar.

Cuando las moléculas reaccionan, el cambio producido en el estado de su energía va acompañado de una sesión de energía que podremos utilizar para producir trabajo útil. (figura 2.4).

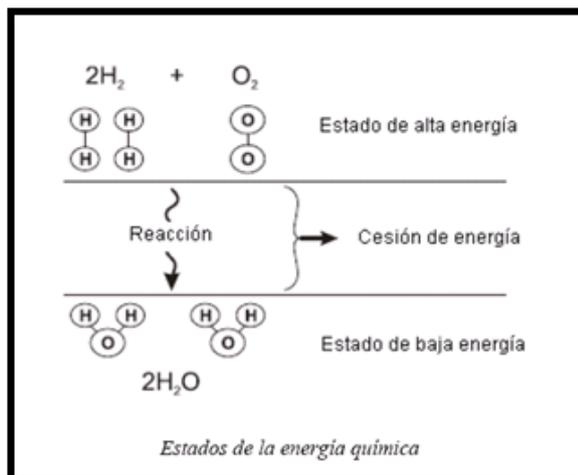


FIGURA 2.4 ESTADOS DE LA ENERGÍA QUÍMICA

Las reacciones químicas de este tipo, para que se produzcan, requieren a menudo una cierta cantidad de energía de activación.

Cuando se proporciona una cantidad pequeña de energía de activación a una mezcla de hidrógeno y oxígeno, por ejemplo en forma de chispa, las moléculas reaccionan de forma vigorosa, lanzando una cantidad considerable de calor, y obteniendo agua como producto final.

La formación de agua mediante la reacción de hidrógeno y oxígeno es reversible, es decir, que si disponemos de agua en un estado de baja energía, si aplicamos una cierta cantidad de energía podremos obtener hidrógeno y oxígeno. Éste es el principio en el que se basa la producción de hidrógeno mediante electrólisis del agua.

En términos de reducción de la contaminación, el hidrógeno se convierte en un combustible casi ideal, ya que no contiene elementos carbonosos o sulfurosos, con lo que no se producirá CO, CO₂, SO_x ni hollín durante su combustión.

ENERGÍA

Todo combustible es capaz de liberar una cierta cantidad de energía cuando reacciona con el oxígeno para formar agua. Esta cantidad de energía se mide experimentalmente y se cuantifica como el poder calorífico superior de un combustible (HHV; que son las siglas anglosajonas de Higher Heating Value), y como el poder calorífico inferior (LHV; Low Heating Value). La diferencia entre el HHV y el LHV es el “calor de la evaporación” y representa la cantidad de energía requerida para vaporizar un combustible líquido en un combustible gaseoso.

En el caso del hidrógeno, éste dispone de un HHV de 141,86 kJ/g (a una temperatura de 25°C y una presión de 1 atm.); y de un LHV de 119,93 kJ/g (en las mismas condiciones anteriores). El hidrógeno dispone de la relación peso – energía más alta que cualquier combustible, al ser el elemento más ligero ya que no dispone de ningún átomo de carbón pesado. Es por esta razón que el hidrógeno se ha utilizado extensivamente en los diferentes programas espaciales, donde el peso resulta un elemento crucial.

La cantidad de energía liberada durante la reacción del hidrógeno, es cerca de 2,5 veces el calor producido en la combustión de los hidrocarburos más comunes (gasolina, diesel, metano, propano, etc.)

DENSIDAD DE ENERGÍA

Mientras que el contenido en energía nos informa de la cantidad de energía que hay en un determinado peso de combustible, la densidad de energía nos informa de la cantidad de energía que hay en un cierto volumen de combustible. Así, la densidad de energía es el producto del contenido en energía (LHV) y de la densidad de un combustible determinado.

La densidad de la energía es en realidad una medida que nos informa sobre lo compactados que se encuentran los átomos de hidrógeno en un combustible.

La densidad de la energía del hidrógeno es bastante pobre (ya que este elemento dispone de una densidad muy baja), aunque su relación peso – energía es la mejor de todos los combustibles, precisamente al ser tan ligero.

A continuación se ofrece la tabla 2.2 ⁴⁵, donde se compara la densidad de la energía de varios combustibles.

TABLA II.2 DENSIDAD DE LOS COMBUSTIBLES

COMBUSTIBLE	DENSIDAD DE ENERGÍA (LHV)
HIDRÓGENO	10050 Kj/m^3 ; gas a 1 atm y 15 °C 1825000 Kj/m^3 ; gas a 200 bar y 15 °C 849100 Kj/m^3 ; líquido
GASOLINA	31150000 Kj/m^3 ; líquido
DIESEL	31435800 Kj/m^3 ; líquido

Según la teoría de motores alternativos el rendimiento de un motor es directamente proporcional a la densidad de su combustible por lo que mayor densidad, mayor rendimiento del motor.

INFLAMABILIDAD

Son necesarias tres cosas para que se produzca fuego o una combustión: combustible (hidrógeno, por ejemplo), comburente (oxígeno, mezclado con el combustible en cantidades apropiadas) y una fuente de ignición (generalmente una chispa).

⁴⁵ HIDRÓGENO

APLICACIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA Autor del proyecto: Marc Fàbrega Ramos

PUNTO DE INFLAMACIÓN (O “FLASHPOINT”)

Todos los combustibles queman únicamente cuando se encuentran en estado gaseoso o de vapor. Combustibles como el hidrógeno o el metano se encuentran ya en estado gaseoso en condiciones atmosféricas, mientras que otros combustibles, como la gasolina o el diesel, se encuentran en estado líquido, por lo que resulta necesario evaporarlos antes de quemarlos. La característica que describe la facilidad de evaporar los combustibles es su punto de inflamación o flashpoint. Éste se define como la temperatura mínima a la cual el combustible desprende vapores inflamables suficientes a la presión atmosférica, es decir, que arden al entrar en contacto con una fuente de ignición, pero sin propagarse la combustión a la masa líquida del combustible.

Si la temperatura del combustible se encuentra por debajo de su punto de inflamación, no será capaz de producir la cantidad suficiente de vapores para quemarse, puesto que su proceso de evaporación será demasiado lento. Siempre que un combustible se encuentre en ó por encima de su punto de inflamación, los vapores que desprende estarán presentes.

A continuación se ofrece la tabla II.3 en la que se muestra el punto de inflamación de algunos combustibles.

TABLA II.3 PUNTO DE INFLACIÓN DE COMBUSTIBLES ⁴⁶

COMBUSTIBLE	PUNTO DE INFLAMACIÓN
Hidrógeno	Mayor igual a 22.8 °C
Gasolina	-43 ° C
Metano	12 ° C
Diesel	43 ° C

⁴⁶ html.rincondelvago.com/ambiente-y-seguridad-industrial.html

RANGO DE INFLAMABILIDAD

El rango de inflamabilidad (figura 2.5), de un gas se define como aquel rango comprendido entre los límites superiores de inflamabilidad del mismo. El límite inferior de inflamabilidad de un gas es la mínima concentración de ese gas que puede admitir una llama que se propaga al ser mezclada con el aire y encendida, para seguir quemando. Por debajo del límite inferior de inflamabilidad no hay suficiente combustible como para permitir la combustión, la mezcla de aire/combustible es muy pobre.

El límite superior de inflamabilidad de un gas es la máxima concentración de ese gas que puede admitir una llama que se propaga después de haberse mezclado con el aire y haber sido encendida, para poder seguir quemando.

Por encima de este límite, hay una deficiencia de oxígeno que no permite continuar la combustión, es decir, que ocurre lo contrario al caso anterior: la mezcla de aire/combustible es demasiado rica.

Entre estos dos límites encontraremos la gama inflamable en la cual el gas y el aire disponen de unas proporciones correctas para permitir la combustión una vez se haya encendido.

Una mezcla estequiométrica (ver siguiente párrafo) ⁴⁷ ocurre cuando las moléculas del oxígeno y del hidrógeno están presentes en la cantidad necesaria exacta para completar la reacción de la combustión. Si hay más hidrógeno que oxígeno, la mezcla será rica, de modo que una parte del combustible no reaccionará mientras que todo el oxígeno será consumido. Si lo que tenemos es menor cantidad de hidrógeno que de oxígeno, la mezcla será pobre, de manera que se consumirá todo el combustible pero no todo el oxígeno.

⁴⁷ formulas de combustión del hidrogeno pagina 95

El hidrógeno es inflamable en una gama muy amplia de concentraciones en el aire (4% - 75%) y resulta explosivo sobre una también amplia gama de concentraciones (15% - 59%) en una temperatura atmosférica estándar. Tal y como se muestra en la siguiente figura, los límites de inflamabilidad aumentan con la temperatura. Como consecuencia, incluso las pequeñas fugas de hidrógeno corren el peligro de incendiarse o estallar.

Si además nos encontramos en un recinto cerrado, la fuga de hidrógeno puede concentrarse, de tal modo que se aumenta el riesgo de combustión y explosión.

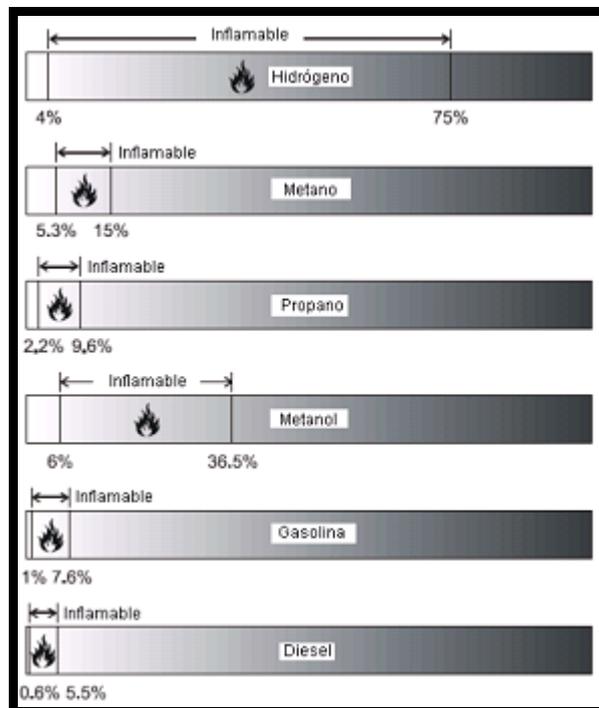


FIGURA 2.5 RANGOS DE INFLAMABILIDAD DE LOS COMBUSTIBLES

TEMPERATURA DE AUTOENCENDIDO

La temperatura de autoencendido es la mínima temperatura necesaria para iniciar la combustión de una mezcla de combustible en ausencia de fuente de ignición.

Dicho de otra manera, el combustible se calienta hasta que se inflama. Para el hidrógeno, la temperatura de autoencendido es relativamente alta (unos 585°C). Esto hace que sea difícil prender una mezcla de aire/hidrógeno únicamente con calor, sin una fuente adicional de ignición (una chispa por ejemplo).

A continuación se muestra la tabla II.4 que muestra el valor de la temperatura de autoencendido de varios combustibles.

TABLA II.4 TEMPERATURA DE AUTOENCENDIDO⁴⁸

COMBUSTIBLE	TEMPERATURA DE AUTOENCENDIDO
HIDRÓGENO	585 °C
METANO	540 °C
GASOLINA	230 – 480 °C
PROPANO	490 °C
DIESEL	250 °C

NÚMERO DE OCTANO

El número de octano describe las características antidetonantes de un combustible cuando se utiliza en un motor de combustión interna. Los golpeteos o picados son detonaciones secundarias, que ocurren después de la ignición del combustible debido a la acumulación de calor en ciertas zonas de la cámara de combustión.

Cuando la temperatura local excede de la temperatura de autoencendido ocurren estos golpeteos.

⁴⁸ HIDRÓGENO

APLICACIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA Autor del proyecto: Marc Fàbrega Ramos

El hidrógeno posee un elevado número de octano, con lo que es especialmente resistente a golpeteos, aún cuando se realizan combustiones con mezclas muy pobres.

A continuación se muestra una tabla II.5 con el número de octano de diferentes combustibles.

Tabla II.5 NÚMERO DE OCTANO

COMBUSTIBLE	NÚMERO DE OCTANO
HIDRÓGENO	130
GASOLINA	87

ENERGÍA DE IGNICIÓN

La energía de ignición es la cantidad de energía externa que se debe aplicar para encender una mezcla de combustible. La energía de una fuente externa debe ser mayor que la temperatura de autoencendido y durar lo suficiente como para poder calentar el vapor del combustible hasta su temperatura de ignición. Las fuentes más comunes de ignición en motores de combustión interna son las bujías (chispas).

Aunque el hidrógeno tenga una temperatura más elevada de autoencendido que el metano, el propano o la gasolina, su energía de ignición de 0,02 Mj. es mucho más baja y resulta por lo tanto más propenso a inflamarse. Incluso una chispa invisible o una descarga de electricidad estática procedente del cuerpo humano (en condiciones secas) pueden tener la suficiente energía como para provocar su ignición. No obstante, debe tenerse en cuenta que la energía de ignición de todos estos combustibles es muy baja, con lo que las mismas condiciones que puedan prender a un combustible pueden servir para prender a cualquiera de los otros.

VELOCIDAD DE QUEMADO

La velocidad de quemado es la velocidad a la cual la llama viaja a través de la mezcla del gas combustible.

La velocidad de quemado es diferente de la velocidad de llama. La velocidad de quemado indica la severidad de una explosión puesto que las altas velocidades de quemado tienen una mejor tendencia a apoyar la transición desde la deflagración hasta la detonación en largos túneles o tubos.

La velocidad de llama es la suma de la velocidad de quemado y la velocidad de desplazamiento de la mezcla del gas que no haya sido quemada.

La velocidad de quemado del hidrógeno varía entre 2,65 m/s y 3,25 m/s. De este modo, una fuga de hidrógeno quemará rápidamente y, consecuentemente, su combustión tenderá a ser de breve duración.

2.2 COMPUESTOS DEL HIDRÓGENO

El hidrógeno forma infinidad de compuestos químicos con elementos tanto metales como no metales.

Una aplicación futura de trascendental importancia para el hidrógeno se deriva de su combustión. El hidrógeno es combustible y además de proporcionar una gran cantidad de energía al quemarse, tiene como único producto de la combustión al agua y es por lo tanto perfectamente ecológico y no contaminante.

2.2.1 OBTENCIÓN DEL HIDRÓGENO

El hidrógeno, a pesar de ser el elemento más abundante en el Universo, en la Tierra no lo encontramos en estado puro con facilidad, pues reacciona muy fácilmente con otros elementos.

Al contrario que el petróleo o el carbón, el hidrógeno no se trata de un recurso natural, y no podrá explotarse de la misma manera, sino que deberá generarse a partir de otros componentes químicos. Es por este motivo que el hidrógeno es considerado un portador secundario de energía. La mayoría de compuestos

orgánicos son una combinación de carbono e hidrógeno, como es el caso del gas natural (metano), las plantas y la biomasa en general.

Se conoce dos procesos de obtener el hidrógeno a partir de combustibles fósiles se denomina **reformado de hidrocarburos**. En la actualidad, el reformado de hidrocarburos es el principal y menos costoso método que se utiliza para producir hidrógeno.

El proceso de extraer el hidrógeno del agua se denomina **electrólisis del agua**. En principio, el proceso de electrólisis del agua podría ser un proceso en el que no se emiten sustancias contaminantes al medio ambiente, además de renovable.

Una forma de determinar las consecuencias que tendrá para el medio ambiente obtener hidrógeno mediante electrólisis del agua o mediante el reformado de hidrocarburos, es comparando la cantidad total de dióxido de carbono emitido.

Existen también otros métodos alternativos de producción de hidrógeno, como:

- Descomposición termoquímica del agua.
- Fotoconversiones.
- Procedimientos biológicos.
- Producción a partir de biomasa.
- Procedimientos industriales.

Aunque algunos de estos métodos se presentan como una gran opción de cara al futuro, siguen siendo en gran parte experimentales y capaces de producir únicamente pequeñas cantidades de hidrógeno.

2.3 APLICACIONES DEL HIDRÓGENO

Una de las aplicaciones tradicionales del hidrógeno ha sido como combustible de cohetes y transbordadores espaciales. Los programas espaciales son los

mayores consumidores de hidrógeno, habiendo adquirido gran experiencia en su manejo que puede ser la base de futuros desarrollos en otros campos.

Las investigaciones actuales se están centrando tanto en motores de combustión externa (motores Stirling) o interna para vehículos de transporte terrestre, aéreo y marítimo.

Según describe la American Stirling Company (ASC), en los motores Stirling, el hidrógeno se utiliza como el gas de trabajo que se mueve de la parte fría a la caliente del cilindro sellado.

El uso de hidrógeno en motores de combustión interna es un campo que está recibiendo cada vez más interés.

El hidrógeno es un excelente combustible, haciendo que los motores basados en este gas sean un 20 % más eficaz que los que emplean gasolina.

2.4 LA ECONOMÍA DEL HIDRÓGENO

El agotamiento de las reservas de combustibles fósiles hará que, en el futuro, el hidrógeno sea una fuente de energía alternativa limpia, bien sea utilizándolo directamente por combustión o indirectamente por hidrogenación del carbón.

Además proporciona una mayor liberación de energía por peso que cualquier otro combustible y no produce emisiones tóxicas como el CO, CO₂, NO, SO₂, etc. Éstas son las razones del interés actual por la denominada **economía del hidrógeno**. figura 2.6.

La producción de hidrógeno a partir del agua necesita, inevitablemente, de un consumo neto de energía; ésta podría ser de origen nuclear o solar. Existen motores que funcionan con H₂ o celdas que producen energía eléctrica que funciona con hidrógeno y que son muy eficientes.

El problema radica en su obtención. De momento, como ya se ha comentado anteriormente, los procesos electroquímicos para obtener H₂ son caros.

49



FIGURA 2.6 INTEGRACIÓN DE SISTEMAS

La implantación de la llamada economía del hidrógeno se perfila como una realidad ineludible en los próximos años. Con el precio del crudo en máximos históricos y los efectos del calentamiento global mostrándose de forma cada vez más palpable en el planeta, la necesidad de una alternativa al consumo masivo de combustibles fósiles se hace cada vez más necesaria.

Una **economía de hidrógeno** es un modelo económico futurible en el cual la energía, para los usos móviles y oscilación de carga, se almacena como hidrógeno (H₂). El hidrógeno se ha propuesto como reemplazo para la gasolina y combustibles diesel utilizados actualmente en automóviles.

La producción del hidrógeno es un sector industrial considerable, y es cada vez mayor. En 2004 se produjeron unas 50 millones de toneladas métricas de hidrógeno, conteniendo 200 giga vatios de energía; la tasa de crecimiento es de alrededor de un 10% por año. Debido a que el almacenaje y transporte de hidrógeno es caro, mayor parte del hidrógeno que se produce en la actualidad se hace localmente, o es utilizado inmediatamente, generalmente por la misma compañía productora.

⁴⁹ www.calidadtotal.org/corporacion/index.php?op...(figura 2.6)

En el año 2005, el valor económico de todo el hidrógeno producido es de aprox. 135 mil millones de USD por año.

2.5 REACCIÓN QUÍMICA DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO CON ZINC METÁLICO PARA OBTENER HIDRÓGENO

La reacción del Zinc con el ácido clorhídrico es:

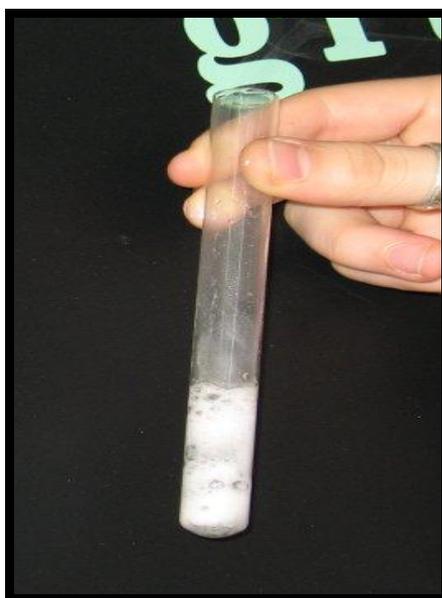


(s) = Sólido

(aq) = Líquido

(g) = gas

Esta reacción es exotérmica desprendiéndose energía durante su realización que podemos comprobar por el calentamiento del tubo (asciende la temperatura).



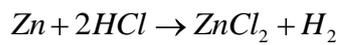
50

FIGURA 2.7 REACCIÓN QUÍMICA

⁵⁰ Imagen que muestra la reacción química del Zinc con el Acido Clorhídrico

A continuación detallamos los cálculos químicos realizados para determinar la cantidad de reacción necesaria para utilizar en el vehículo Chevrolet corsa 1.6

Para la obtención de hidrógeno se utiliza 0.5 gr. de Zn



$$0.5 \text{ gr Zn} \frac{1 \text{ mol Zn}}{64 \text{ gr Zn}} * \frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol Zn}} * \frac{2 \text{ gr H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 0.0156 \text{ gr H}_2$$

Esto utilizando el método del factor de conversión con aplicación de reacción química.

Como el hidrógeno es un gas, aplicando la E.E.G (ecuación de estado de los gases) tenemos:

Tomando en cuenta las condiciones de presión y temperatura del laboratorio que se realizo los cálculos

$$P = 650 \text{ mm-Hg} * \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 0.65 \text{ atm}$$

$$T = 18^\circ \text{C} + 273 = 291^\circ \text{K}$$

$$V_{\text{H}_2 \text{ obtenido}} = 300 \text{ cc} * \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cc}} = 0.3 \text{ L}$$

$$P_{\text{mol H}_2} = 2 \text{ gr} / \text{mol}$$

$$R \rightarrow = 0.0821 \frac{\text{L} * \text{atm}}{\text{K} * \text{mol}}$$

$$V * P = \frac{m * R * T}{P_{mol}}$$

$$m = \frac{V * P * P_{mol}}{R * T}$$

$$m = \frac{0.3L * 0.65atm * 2 \frac{gr}{mol}}{0.0821L * atm * K^{-1} * mol^{-1} * 291K}$$

$$m = 0.016grH_2$$

R = Constante de gases Universal

Utilizando los datos obtenidos en el laboratorio se puede obtener el volumen final de hidrógeno. Aplicando la ley combinada de los gases y calculando con 0,5 gr. de Zn y 4 cc de HCl

$$\frac{V_1 * P_1}{T_1} = \frac{V_2 * P_2}{T_2}$$

$V_1 = 300cc$ (volumen \rightarrow matraz)
 $T_1 = 10^\circ C$ (temp. interna matraz)
 $P_1 = 2atm$ (presión interna matraz)
 $V_2 = ?$
 $P_2 = 12Psi$ (obtenido manómetro)
 $T_2 = 150^\circ C$ (temp. interna matraz momento de reacción)

REALIZANDO CONVERSIONES

$V_1 = 300cc$
 $P_1 = 2atm$
 $T_1 = 10^\circ C + 273 = 283^\circ C$
 $V_2 = ?$
 $P_2 = 12psi * \frac{1atm}{14.7psi} = 0.81atm$
 $T_2 = 150^\circ C + 273 = 423^\circ K$
 $V_2 = \frac{V_1 * P_1 * T_2}{P_2 * T_1}$
 $V_2 = \frac{300cc * 2atm * 423^\circ K}{0.81atm * 283^\circ K}$
 $V_2 = 1107ccH_2$

Para tener un nuevo volumen final, no es posible proyectarnos por cuanto las condiciones varían

En el siguiente caso la presión y la temperatura de reacción; se calcula con 6 grZn y 48 cc HCl aplicando la ley de los gases

$$V_1 = 1000cc$$

$$P_1 = 2atm$$

$$T_1 = 10^\circ C = 283^\circ K$$

$$V_2 = ?$$

$$P_2 = 26Psi * \frac{1atm}{14.7Psi} = 1.76atm$$

$$T_2 = 205^\circ C = 478^\circ K$$

$$V_2 = \frac{1000cc * 2atm * 478^\circ K}{1.76atm * 283^\circ K} = 1919.3cc$$

Cálculo de la masa de hidrógeno obtenido con 6grZn y 48 cc de HCl

$$6grZn * \frac{1molZn}{64grZn} * \frac{1molH_2}{1molZn} * \frac{2grH_2}{1molH_2} = 0.18grH_2$$

Con la E.E.G (Ecuación de estado de los gases)

$$V * P = \frac{m * R * T}{P_{mol}}$$

$$V = \frac{m * R * T}{P * P_{mol}}$$

$$V = \frac{0.18gr * 0.0821L.atm.K^{-1}mol^{-1} * 478^\circ K}{1.76atm * 2gr.mol}$$

$$V = 2.00Lt$$

Como se puede verificar los valores son muy aproximados, no se obtienen valores exactos por cuanto la fuga de los gases es muy evidente

A continuación determinamos la masa del hidrógeno, aplicando la ecuación de estado de los gases

$$V * P = \frac{m * R * T}{P_{mol}}$$

$$m = \frac{V * P * P_{mol}}{R * T}$$

$$m = \frac{2L * 1.76atm * 2gr / mol}{0.0821L * atm * K^{-1} * mol^{-1} * 478^{\circ} K}$$

$$m = 0.179grH_2$$

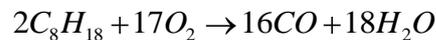
Con los datos obtenidos se puede determinar la rapidez de consumo del hidrógeno

$$R_{consumo} = \frac{Volum.obtenido}{t_{seg}}$$

$$R_{consumo} = \frac{2000cc}{30seg}$$

$$R_{consumo} = 66.67cc / seg$$

Realizando la reacción de la gasolina con el oxígeno



Tomando 6 gr. de gasolina, para igualar la cantidad de Zn entonces tenemos:

$$6grC_8H_{18} * \frac{1molC_8H_{18}}{114grC_8H_{18}} * \frac{17molO_2}{2molC_8H_{18}} * \frac{32grO_2}{1molO_2} = 14.31grO_2$$

$$6grZn = 0.18grH_2$$

$$V_{O_2} = \frac{14.31gr * 0.0821L.atm.K^{-1} * mol^{-1} * 273}{1atm * 32gr / mol} = 10.02L_{O_2}$$

Datos tomados en condiciones normales, porque el motor del vehículo tiene igual temperatura y presión cuando quema el oxígeno y cuando quema el hidrógeno

$$V_{H_2} = \frac{0.18gr * 0.0821L.atm.K^{-1} * mol^{-1} * 273}{1atm * 2gr / mol} = 2.017L_{H_2}$$

Como los gases se combinan en la combustión vamos a obtener el volumen total de la mezcla

$$V_T = V_{O_2} + V_{H_2}$$

$$V_T = 10.02 + 2.017$$

$$V_T = 12.03L$$

$$\% H_2 = \frac{2.017}{12.03} * 100 = 16.76\% H_2$$

$$\% O_2 = \frac{10.02}{12.03} * 100 = 83.29\% O_2$$

Luego de todos los cálculos realizados, se determinó la cantidad de hidrógeno que se consume en el sistema; así como su velocidad de entrada en la cámara de admisión del vehículo, estas cantidades pueden variar si al sistema se quiere aumentar la cantidad (volumen) del gas utilizado.

Por lo cual se puede determinar las siguientes proporciones de mezcla:

TABLA II.6 PORCENTAJES DE MEZCLA

HIDRÓGENO	OXÍGENO
16.76 %	83.29%

FÓRMULAS DE COMBUSTIÓN DEL HIDRÓGENO

La combustión teórica o estequiométrica del hidrógeno y el oxígeno se da como:



Moles de H₂ para una combustión completa = 2 moles

Moles de O₂ para una combustión completa = 1 mol

Puesto que el aire que es utilizado como oxidante, en vez del oxígeno, el nitrógeno que forma parte del aire debe ser incluido en los cálculos:

$$\begin{aligned} \text{Moles de N}_2 \text{ en el aire} &= \text{Moles de O}_2 \cdot (79\% \text{ N}_2 \text{ en el aire} / 21\% \text{ O}_2 \text{ en el aire}) \\ &= 1 \text{ mol de O}_2 \cdot (79\% \text{ N}_2 \text{ en el aire} / 21\% \text{ O}_2 \text{ en el aire}) \\ &= 3,762 \text{ moles de N}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Número de moles del aire} &= \text{Moles de O}_2 + \text{moles de N}_2 \\ &= 1 + 3,762 \\ &= 4.762 \text{ moles de aire} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso del O}_2 &= 1 \text{ mol de O}_2 \cdot 32 \text{ g/mol} \\ &= 32 \text{ gr.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso del N}_2 &= 3,762 \text{ moles de N}_2 \cdot 28 \text{ g/mol} \\ &= 105,33 \text{ gr.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso del aire} &= \text{peso del O}_2 + \text{peso del N}_2 \\ &= 32\text{g} + 105,33 \text{ gr.} \\ &= 137.33 \text{ gr.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso del H}_2 &= 2 \text{ moles de H}_2 \cdot 2 \text{ g/mol} \\ &= 4 \text{ gr.} \end{aligned}$$

La relación estequiométrica de aire/combustible (A/C) para el hidrógeno y el aire es:

$$\begin{aligned} \text{A/C basado en la masa:} &= \text{masa del aire/masa del combustible} \\ &= 137,33 \text{ gr} / 4 \text{ gr} \\ &= 34,33 : 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A/C basado en volumen:} &= \text{volumen (moles) del aire/volumen (moles) del combustible} \\ &= 4,762 / 2 \\ &= 2,4 : 1 \end{aligned}$$

Porcentaje de espacio ocupado en la cámara de combustión por una mezcla

Estequiométrica de hidrógeno:

$$\begin{aligned}\% \text{ H}_2 &= \text{volumen (moles) de H}_2 / \text{volumen total} \\ &= \text{volumen H}_2 / (\text{volumen aire} + \text{volumen de H}_2) \\ &= 2 / (4,762 + 2) \\ &= 29,6\%\end{aligned}$$

Con este porcentaje vamos obtener las siguientes ventajas:

- La mezcla aire – combustible se va consumir en su totalidad por la gran cantidad de mezcla que ingresa a la cámara de combustión, debido a que esta se llena aproximadamente al 100%.
- La cantidad de partículas no combustionadas dentro de la cámara de combustión van a ser menores.

En las desventajas que vamos obtener:

- Al ingresar un mayor porcentaje puede ocurrir una sobre explosión en la cámara de combustión.
- Al ingresar solo hidrógeno a la cámara de combustión el vehículo tiende a ahogarse, puesto que el hidrógeno enriquece la mezcla y la relación estequiométrica varía.

CAPÍTULO III

SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA LOS DISPOSITIVOS DE GENERACIÓN

La selección de los diferentes elementos que servirán como dispositivos para el funcionamiento de este proyecto, se estudio las propiedades de cada componente en laboratorio para la parte química para que tenga un perfecto funcionamiento dentro del sistema de generación de hidrógeno para el vehículo Chevrolet corsa 1.6.

3. VEHÍCULO CHEVROLET CORSA 1.6

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:



FIG. 3.1 VEHÍCULO CHEVROLET CORSA 1.6

CHEVROLET CORSA 3 PUERTAS	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
MOTOR	
Modelo	Powertech SOHC
Disposición	Transversal
Nº de cilindros	4 en línea
Cilindrada	1598 cm ³
Potencia máxima (CV/Rpm)	92 / 5600 – 41/2500
Sistema de alimentación	Inyección Electrónica Multipunto

Batería	12 Volt (42 Ah y 55 Ah con A/A)
Alternador	55 ^a y 120 ^a con A/A y DIR. De Pot.
DIMENSIONES (mm)	
Largo total	3729
Ancho total	1768
Alto total	1420
Distancia entre ejes	2443
Capacidad del tanque de combustible (lts.)	46
FRENOS	
A disco ventilado en ruedas delanteras	STD
A tambor en ruedas traseras	STD

FIGURA 3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CHEVROLET CORSA 1.6

COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN EL VEHÍCULO CORSA

El vehículo, en el cual se instalará el dispositivo consta de los siguientes sensores y actuadores dentro del sistema de alimentación; los cuales detallamos a continuación:

UNIDAD DE COMANDO DEL MOTOR (ECU)

Esta ubicado en la parte inferior derecha delantera del lado del pasajero.

Su función es la de recibir las señales eléctricas enviadas de los sensores, comparar y comandar a los actuadores el tiempo de abertura de los inyectores, adelanto o retraso de la chispa, el ralentí.



FIGURA 3.3 ECU

BOMBA DE COMBUSTIBLE

Su función es la de enviar combustible hacia los inyectores con el flujo de gasolina constante bajo cualquier condición de marcha a una presión determinada.

Esta ubicado bajo el asiento posterior de los pasajeros, dentro del tanque de combustible.



FIGURA 3.3 BOMBA DE COMBUSTIBLE

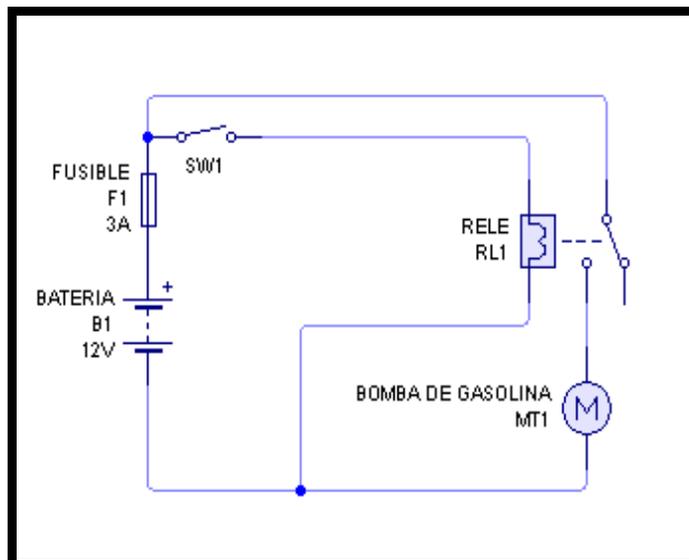


FIGURA 3.4 CIRCUITO DE ACTIVACIÓN BOMBA DE COMBUSTIBLE

INYECTORES

Se encuentran en el múltiple de admisión cerca de cada válvula de admisión. Su función son los encargados de pulverizar el combustible a la presión del sistema de alimentación generado por la bomba y regulado por el regulador de presión (analizado en capítulos anteriores).

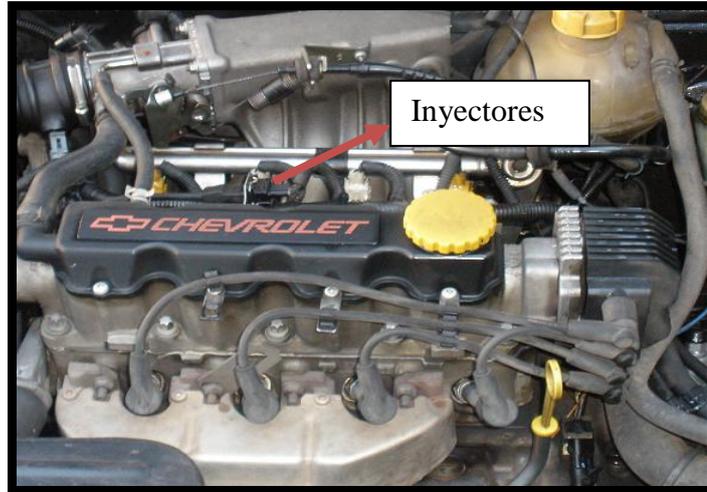


FIGURA 3.5 INYECTORES

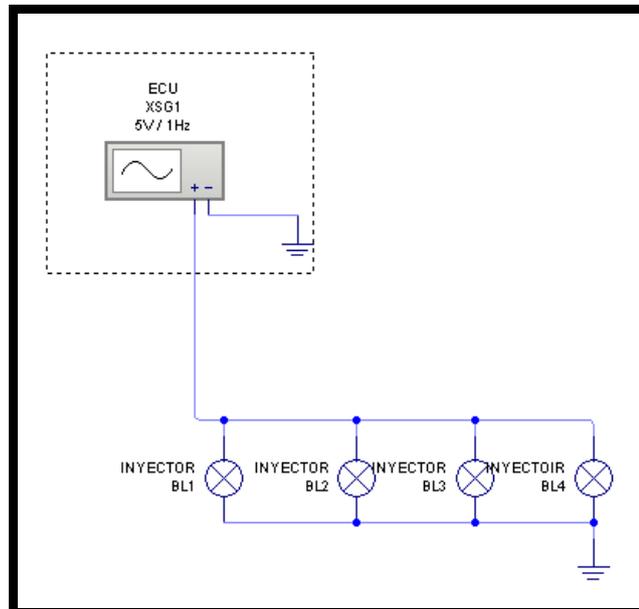


FIGURA 3.6 CIRCUITO DE ACTIVACIÓN DE INYECTORES POR MEDIO DE LA ECU

BOBINA DE ENCENDIDO

Su función la de aumentar la baja tensión (12 voltios) a alta tensión (18000 voltios) para que salte la chispa en la bujía en el interior de los cilindros. Se encuentra ubicado a un lado del cabezote.

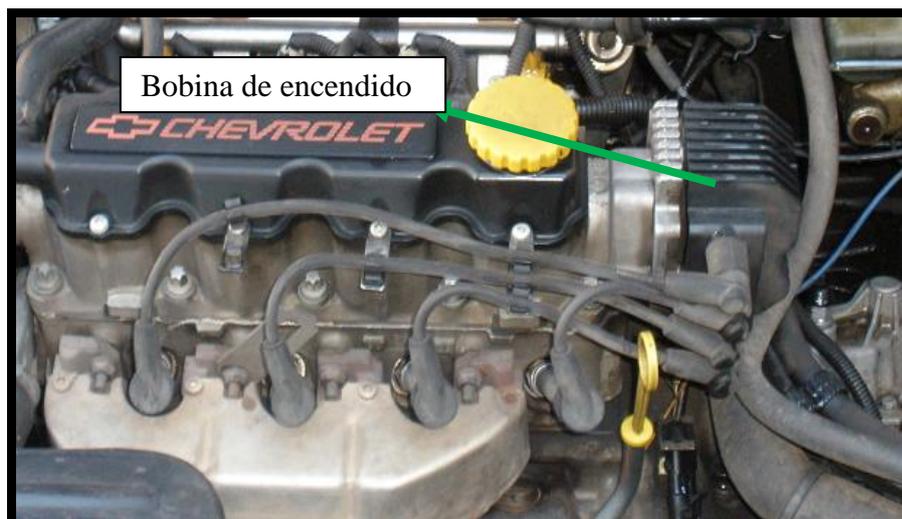


FIGURA 3.7 BOBINA DE ENCENDIDO

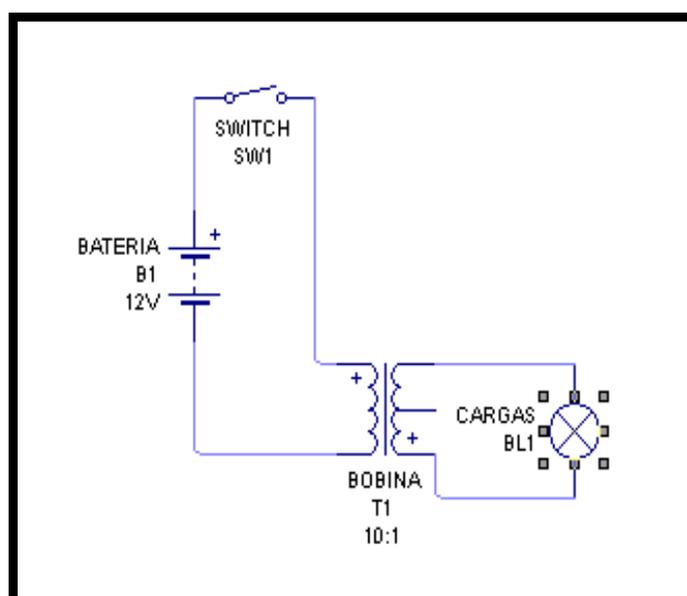


FIGURA 3.8 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOBINA

SENSOR DE TEMPERATURA DE ENTRADA DE AIRE (IAT)

Su función es la de determinar la densidad de aire, medir la temperatura del aire. Este sensor trabaja en función de la temperatura, o sea que si el aire esta en expansión o en compresión, esto es debido a su temperatura. Se encuentra en el ducto de plástico de la admisión de aire.

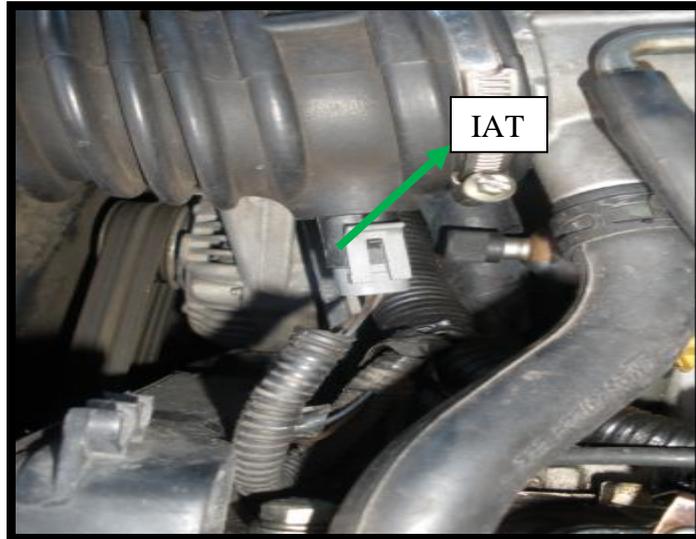


FIGURA. 3.9 SENSOR IAT

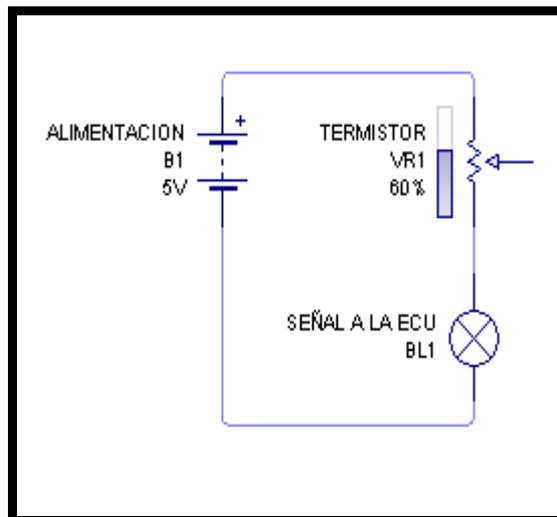


FIGURA 3.10 DIAGRAMA DEL SENSOR IAT

SENSOR DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE (WTS)

Su función es la de informar a la ECU la temperatura del refrigerante del motor para que este a su vez calcule la entrega de combustible, así como la activación y la desactivación del electroventilador.

Se encuentra a un lado izquierdo del cabezote debajo de la bobina de encendido.

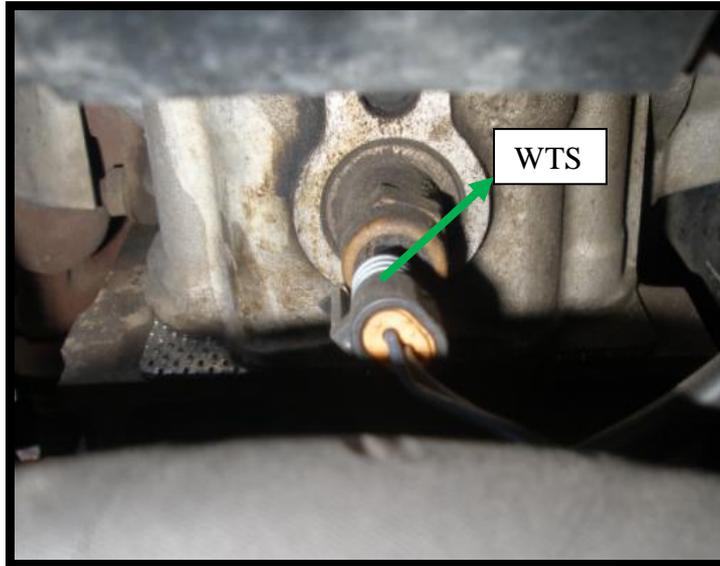


FIGURA 3.11 SENSOR WTS

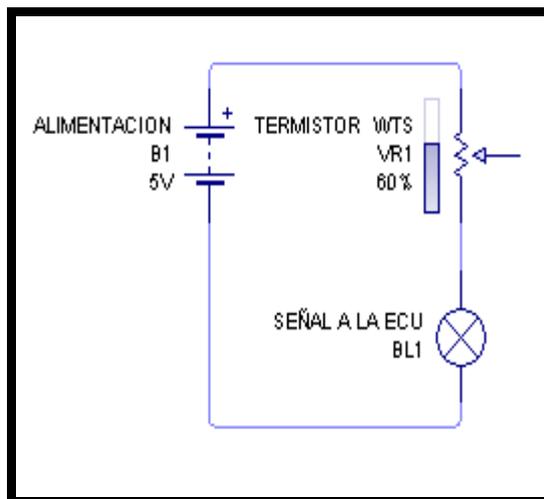


FIGURA 3.12 DIAGRAMA DEL SENSOR WTS

SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN (TPS)

Su función es la de informar a la ECU la abertura de la mariposa del cuerpo de aceleración, calcula el pulso de inyección, calcula el avance del encendido, es un potenciómetro.

Se encuentra localizado en el cuerpo de aceleración del motor.

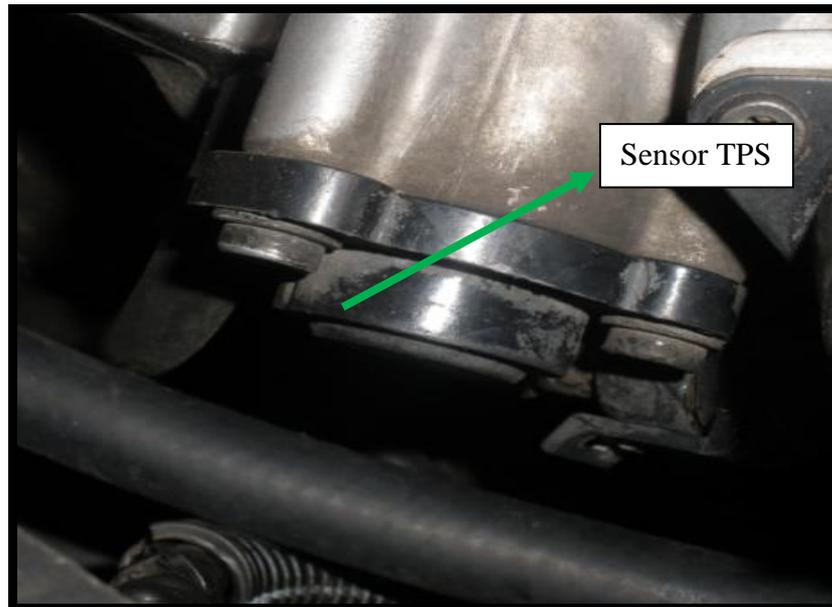


FIGURA 3.13 SENSOR TPS

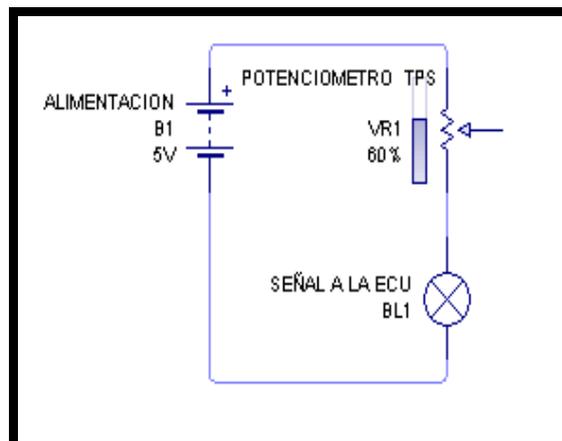


FIGURA 3.14 DIAGRAMA DEL SENSOR TPS

SENSOR DE PRESIÓN DEL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN (MAP)

El sensor MAP, es utilizado para medir la presión del múltiple de Admisión y conocer la carga del motor.

El múltiple de admisión genera una condición de vacío, cuando la mariposa de

aceleración esta cerrada o cuando esta abierta en condiciones de RPM constantes; en momentos de aceleración esta condición de vacío se pierde y la presión pasa a ser cercana a la atmosférica.

Entonces el PCM compara la señal que emite el sensor y la compara con valores propios que fueron almacenados en la memoria del mismo, es así como puede con la ayuda del TPS y el CKP, calcular la carga exacta del motor.

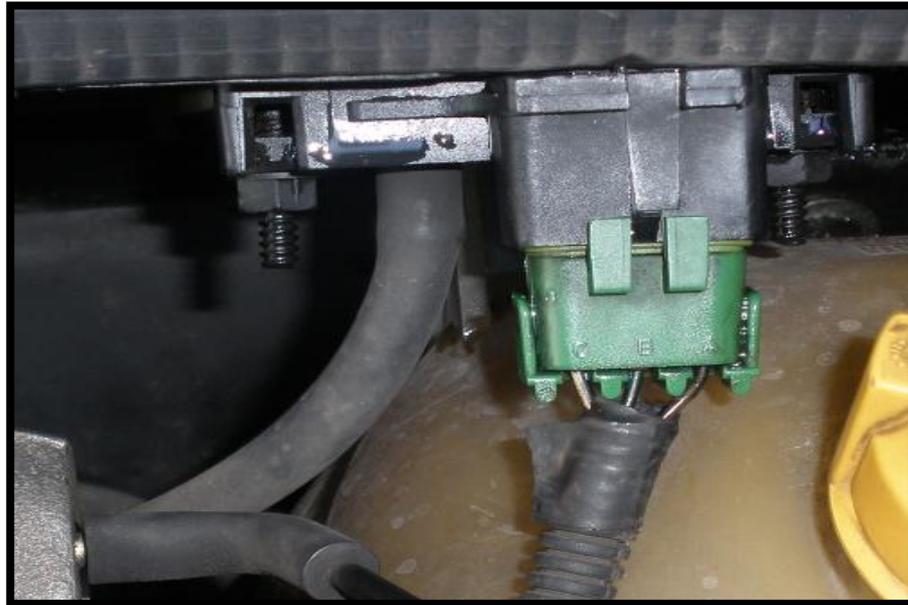


FIGURA 3.15 SENSOR MAP

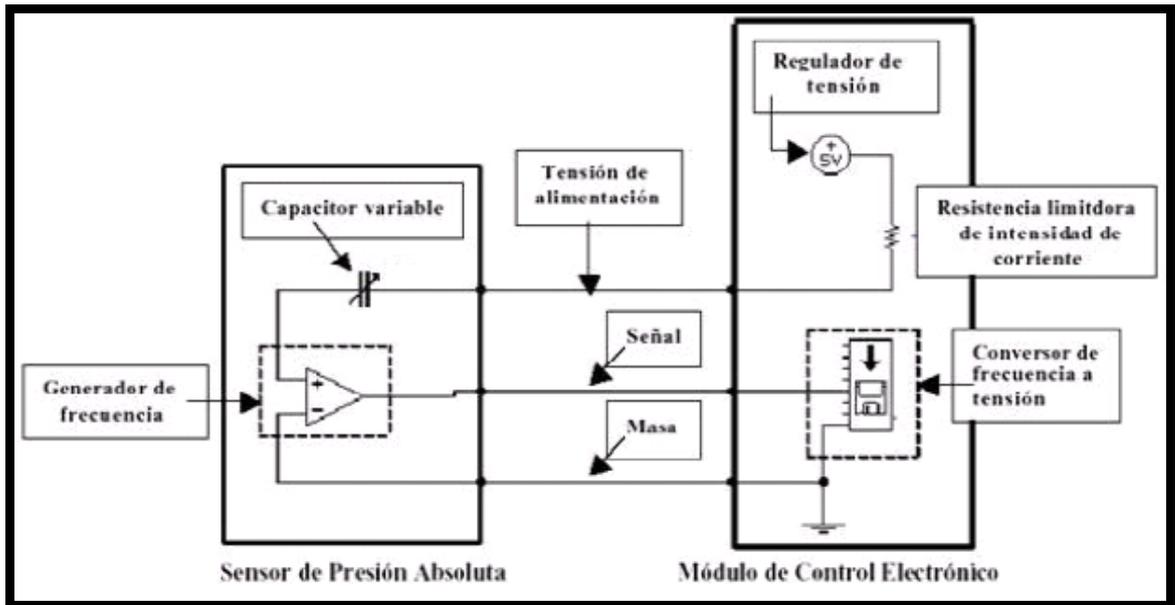


FIGURA 3.16 DIAGRAMA DEL SENSOR MAP

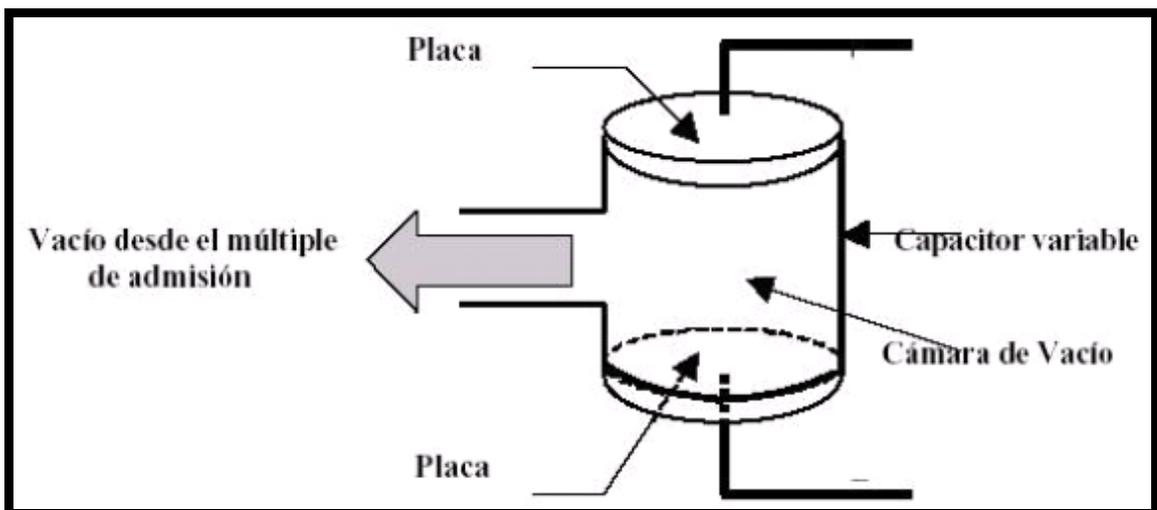


FIGURA 3.17 ESQUEMA BÁSICO DEL SENSOR MAP

SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP)

Su función es la de proporcionar al ECU la posición del cigüeñal y las r.p.m. del motor además de proporcionar la sincronización exacta de los inyectores.

Se encuentra ubicado en la tapa de la polea del cigüeñal.



FIGURA 3.18 SENSOR CKP

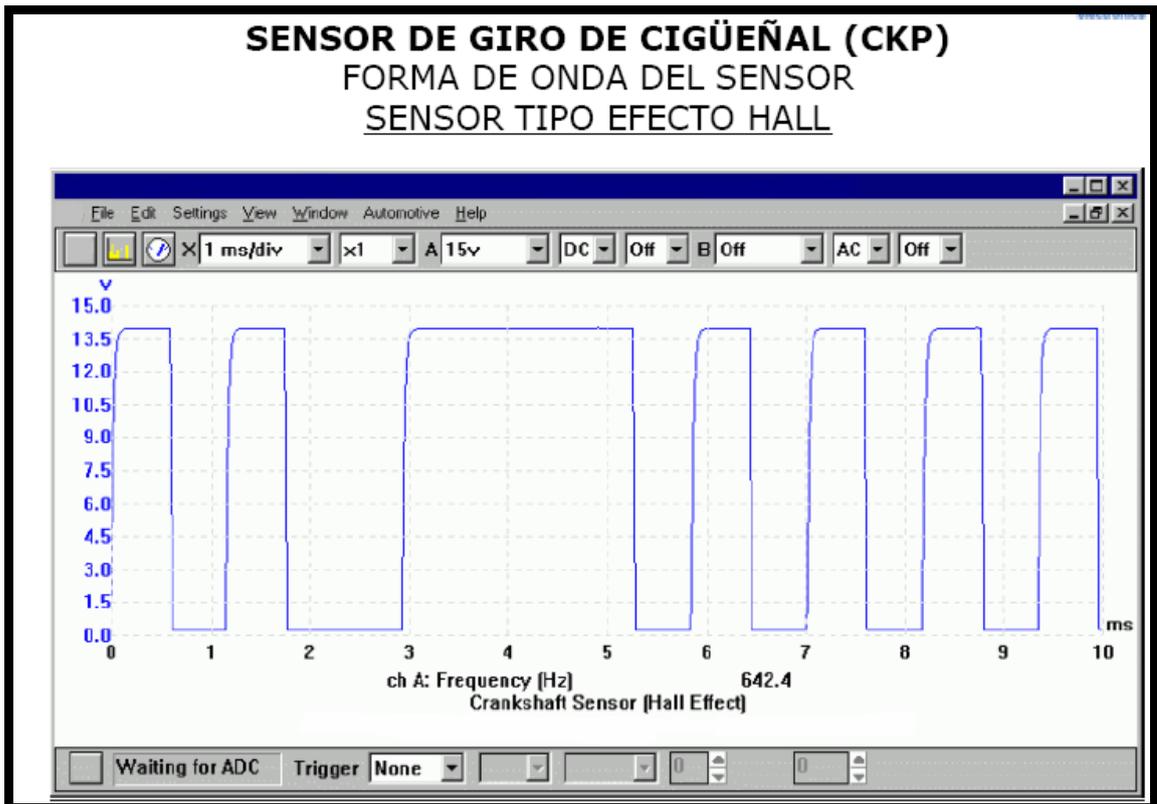


FIGURA 3.19 SEÑAL DE REFERENCIA DEL SENSOR CKP

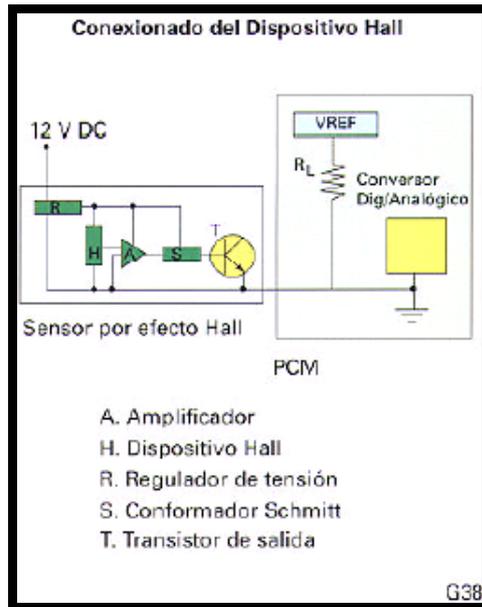


FIGURA 3.20 DIAGRAMA DEL SENSOR CKP

VÁLVULA DE RALENTÍ (I.A.C)

La función es la de regular el caudal de aire para el funcionamiento en ralentí
 Se encuentra en el cuerpo de la mariposa

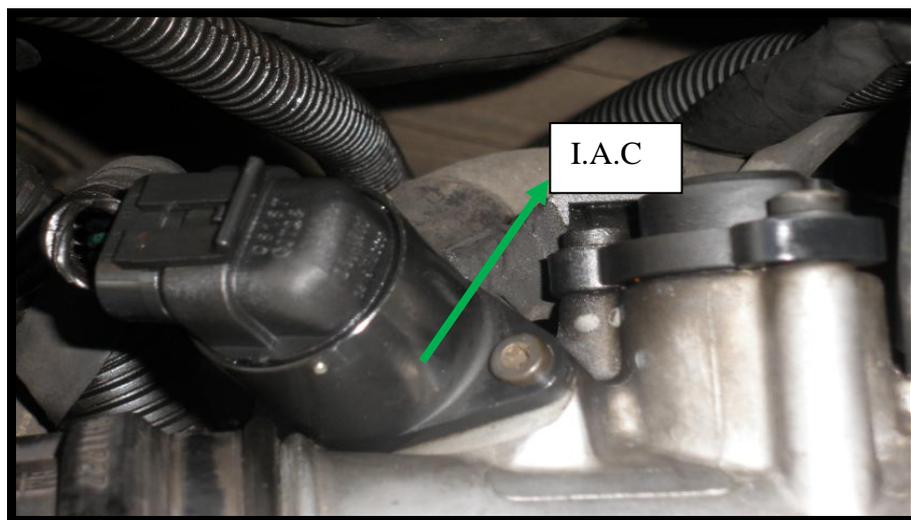


FIGURA 3.21 VÁLVULA IAC

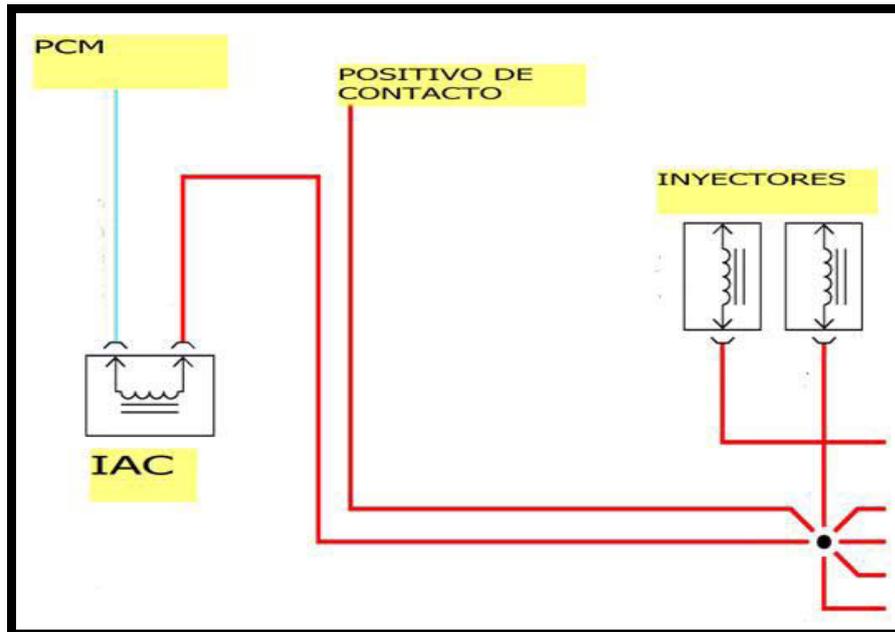


FIGURA 3.22 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL IAC

SENSOR DE OXÍGENO (O₂S)

La sonda lambda también llamado sensor de oxígeno (O₂S), mide la concentración de oxígeno en los gases de escape. No puede medir combustible sino solamente oxígeno. Cuando el sensor incorpora una resistencia de calefacción recibe también el nombre de sensor HEGO. El sensor está ubicado antes del convertidor catalítico en la línea de escape.

Se encuentra ubicado en el múltiple de escape.



FIGURA 3.23 SENSOR DE OXÍGENO (O2S)

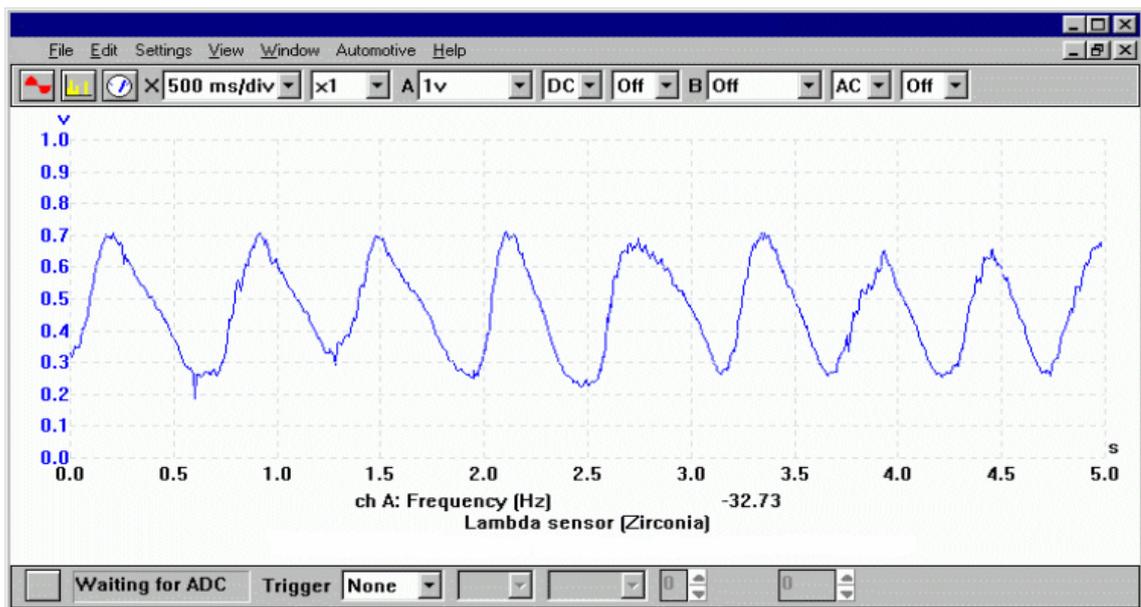


FIGURA 3.24 SEÑAL DE REFERENCIA DEL SENSOR DE OXÍGENO

3.1 SELECCIÓN DEL ELEMENTO PRODUCTOR DE HIDRÓGENO

Luego de la investigación y las pruebas correspondientes sobre el mejor producto generador de hidrógeno para el vehículo, y determinando las características técnicas del automóvil al cual vamos a instalar se concluyo que los siguientes elementos sirven como productor o generador de hidrógeno:

- Como reactivo **ÁCIDO CLORHÍDRICO**
- Como base **ZINC METÁLICO**

Que a continuación se detallan.

3.1.2 ÁCIDO CLORHÍDRICO

Este compuesto se puede encontrar como gas licuado, donde se conoce como Cloruro de Hidrógeno, o como soluciones acuosas de diferentes concentraciones, que corresponden al ácido propiamente dicho. A temperatura ambiente, el Cloruro de Hidrógeno es un gas incoloro o ligeramente amarillo con olor fuerte. En contacto con el aire, el gas forma vapores densos de color blanco debido a la condensación con la humedad atmosférica. El vapor es corrosivo y, a concentraciones superiores a 5 ppm, puede causar irritación. La forma acuosa, comúnmente conocida como Ácido Muriático o Clorhídrico es un líquido sin olor a bajas concentraciones y humeante y de olor fuerte para concentraciones altas. Está disponible comercialmente como un gas Anhidro o en forma de soluciones acuosas (Ácido Clorhídrico). El Ácido Clorhídrico comercial contiene entre 33% y 37% de Cloruro de Hidrógeno en agua.

Las soluciones acuosas son generalmente incoloras pero pueden generar ligero color azul o amarillo a causa de trazas de Hierro, Cloro e impurezas orgánicas. Ésta no es una sustancia combustible.

PROPIEDADES FÍSICAS

VALOR

Peso Molecular (g/mol)	36,46
Estado físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	-84,9; anhidro 53; solución acuosa 37%
Punto de Fusión (°C)	-114,8; anhidro -74; solución acuosa 37%
Presión de Vapor (mmHg)	30780; anhidro 20 °C 19613; anhidro 0 °C

	158; solución acuosa 37% 20 °C
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,184; solución acuosa 37%
Densidad del Vapor (Aire = 1)	1,257
Ph	0,1 (1N); 2,01 (0.01N) ⁵¹

3.1.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Gas Anhidro no es generalmente activo, pero sus soluciones acuosas son uno de los ácidos más fuertes y activos. Al entrar en contacto con Óxidos Metálicos y con Hidróxidos forma Cloruros. Descompone las zeolitas, escorias y muchos otros materiales silíceos para formar Ácido Silícico. Reacciona con los carbonatos básicos liberando Dióxido de Carbono y Agua. Se oxida en presencia de oxígeno y catalizador o por electrólisis o por medio de agentes oxidantes fuertes para producir Cloro

3.1.4 ZINC METÁLICO

El zinc es un elemento químico de número atómico 30 y símbolo Zn situado en el grupo 12 de la tabla periódica de los elementos.

El zinc es un metal blanco ligeramente azulado y brillante. Es un metal quebradizo cuando está frío, pero se vuelve maleable y dúctil entre 100 y 150°C. En un ambiente húmedo, se cubre de una fina capa de hidrodicarbonato que lo patina y lo protege contra la oxidación.

El zinc es particularmente apreciado en diferentes sectores donde sus características tanto químicas como físicas, le permiten ser asociado a numerosas aplicaciones, beneficiándose de la reputación de ser un “metal ecológico”.⁵²

⁵¹ [http://www.wikipedia.com/proa/fisic/&\\$hidrogeno/ahfth.html](http://www.wikipedia.com/proa/fisic/&$hidrogeno/ahfth.html)

⁵² [http://www.wikipedia.com/zinc/Compz/\\$df.html](http://www.wikipedia.com/zinc/Compz/$df.html)



FIGURA 3.25 ZINC ESTADO SÓLIDO

CARACTERÍSTICAS

Símbolo químico	Zn
Número atómico	30
Masa atómica	65,37
Densidad (a 25°C)	7133 Kg./m ³
Temperatura de fusión	419°C (692,7 °K)
Temperatura de ebullición (760mm Hg)	907°C (1180 °K)
Resistividad eléctrica (20°C)	5,96.μ ohm.cm
Resistencia a la tracción	19 daN/mm ²

Temperatura de fusión.- Es la temperatura la cual el metal pasa del estado liquido al estado sólido.

Temperatura de ebullición.- Es la temperatura en la cual el metal pasa del estado liquido al estado gaseoso.

3.1.5 PROPIEDADES

- Se encuentra en la naturaleza en su mayor parte en forma de sulfuro (ZnS), mineral denominado Blenda.
- Es un buen conductor de la electricidad y del calor (27% de las del cobre).
- Condensando vapor de zinc en presencia de N₂ o CO se forma zinc en polvo que es muy reactivo.
- Los halógenos lo atacan a temperaturas elevadas. Los ácidos y las bases reaccionan con desprendimiento de hidrógeno. Si el zinc es muy puro la velocidad de la reacción es lenta.
- Presenta tres modificaciones: forma alfa con transición a forma beta a 175°C y de esta última a gamma a 300°C.

3.2 SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE REGULACIÓN DEL DISPOSITIVO

Los elementos que regulan el paso de hidrógeno, en el proyecto en mención son los siguientes:

3.2.1 ELECTROVÁLVULA

Una electroválvula se define como un instrumento electrónico y aparato mecánico con el cual se puede iniciar o detener la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre y cierra mediante un pulso eléctrico.



FIGURA 3.26 ELECTROVÁLVULA

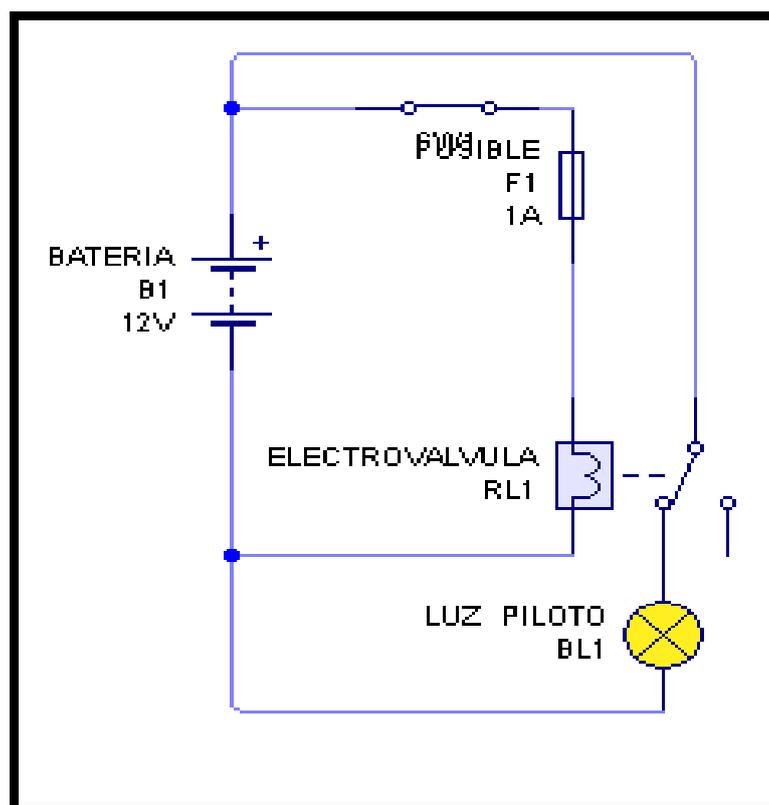


FIGURA 3.27 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA ELECTROVÁLVULA

3.2. LLAVE DE PASO

Cumplen la función de abrir y cerrar la circulación del gas hidrógeno dentro del sistema, para lo cual se seleccionó una llave de media vuelta que son adecuadas para cumplir esta función dentro del mismo.



FIGURA 3.28 LLAVE DE PASO

3.1.2 VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN

Esta llave cumple con la función de regular la presión de salida para cada tipo de operación que se necesite hacer, aparte es una limitadora de presión debido que en su parte superior tiene un desfogue que permite la salida sobrepresión de gas.



FIGURA 3.29 VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN

3.1.3 SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL

Los elementos de control del sistema generador de hidrógeno son manómetros los cuales controlan la presión que genera el gas para poder controlar el ingreso de manera correcta a la admisión del motor, de manera que la relación lambda sea la mas perfecta para que se queme de manera completa la mezcla aire gasolina



FIGURA 3.30 MANÓMETROS DE CONTROL DE PRESIÓN

CARACTERÍSTICAS DE LOS MANÓMETROS

- La magnitud de los manómetros es de 100 y 200 PSI
- La precisión por cada línea de división es de 2 PSI (100 PSI)
- La precisión por cada línea de división es de 5 PSI (200 PSI)

Los manómetros cumplen las siguientes funciones dentro del sistema:

- Visualizar la cantidad de hidrógeno generado por la reacción

- Controlar el tanque de reserva del gas hidrógeno para evitar alguna sobrecarga
- Avisar al conductor la cantidad generada para el ingreso en la cámara de combustión del motor de combustión interna
- Mantener el sistema con la presión adecuada según la cantidad de reacción que se produjo, para el trabajo en el motor.

3.4 SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE INYECCIÓN DE HIDRÓGENO

Los elementos que inyectan y generan el hidrógeno para el vehículo, se los detalla a continuación:

- Matraz kitasato
- Tanque de reserva de gas hidrógeno
- Mangueras de ingreso al motor

3.4.1 MATRAZ KITASATO

Es un matraz de vidrio que presenta un vástago. Están hechos de cristal grueso para que resista los cambios de presión y temperatura. Se utiliza para efectuar filtraciones al vacío.

Se selecciono este aparato químico por su resistencia a las altas presiones y temperaturas que se presentan en la reacción de nuestro proyecto, pues el sistema es experimental el cual dará los resultados previstos dentro del motor Chevrolet corsa 1.6.

Para lo cual el matraz estará protegido contra golpes e impactos que pueda tener dentro del vehículo, se lo aislará con cajón diseñado de metal; recubierta de espumaflex se apaciguará los impactos imprevistos en la parte donde esta instalado el sistema.

Las funciones que realiza este instrumento químico dentro del sistema son las siguientes:

- El porcentaje de mezcla es de 12 gramos de zinc metálico y 64 centímetros cúbicos de ácido clorhídrico
- Realizar la mezcla del ácido clorhídrico con el zinc metálico
- Producción del gas hidrógeno luego de la reacción química
- Resiste presión correspondiente a la mezcla
- Permitir el paso del gas al tanque de reserva para el almacenamiento correspondiente.
- La presión límite del matraz 0.04 MPa. = 42 PSI



FIGURA 3.31 MATRAZ KITASATO

3.4.2 TANQUE DE RESERVA DE GAS HIDRÓGENO

3.5 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE ALIMENTACIÓN

El elemento de alimentación del sistema, es el siguiente:

- **MÚLTIPLE DE ADMISIÓN**

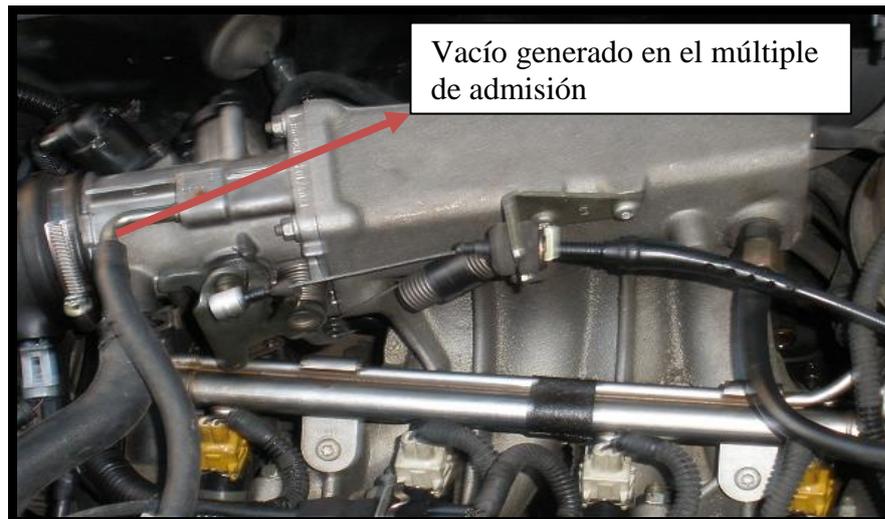


FIGURA 3.32 VACÍO DE LA ADMISIÓN

En el múltiple de admisión aprovechamos el vacío que se genera para que absorba el hidrógeno que se encuentra en el generador, que es el principio básico de nuestro instrumento; para que pueda ingresar a la cámara de combustión y se produzca la mezcla con el aire – combustible.

Las funciones que cumplirá el sistema de admisión del vehículo son los siguientes:

- Absorber el hidrógeno del tanque de reserva del sistema instalado
- Permitir el ingreso a la cámara de combustión del hidrógeno
- Permitir que el hidrógeno ingreso por el vacío producido por la admisión del motor

- Permitir que el hidrógeno se convierta en catalizador para que la combustión de la mezcla del aire-combustible sea completa

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

4.1 CONSTRUCCIÓN DE BASES Y SOPORTES DEL DISPOSITIVO

Para la instalación del dispositivo se tuvo que construir soportes en el matraz para resistir la presión generada por la reacción, los cuales detallamos a continuación:

4.1.1 DISEÑO DE LOS SOPORTES DE PRESIÓN

El diseño del sistema que mantendrá la presión no tiene mayor cosa, lo único que se busca es el soporte de presión que tiene la reacción química del ácido con el zinc para producir el hidrógeno esta formado de las siguientes partes:

- Abrazadera de presión
- Arandela de soporte
- Tapón de presión

- Mariposas de ajuste

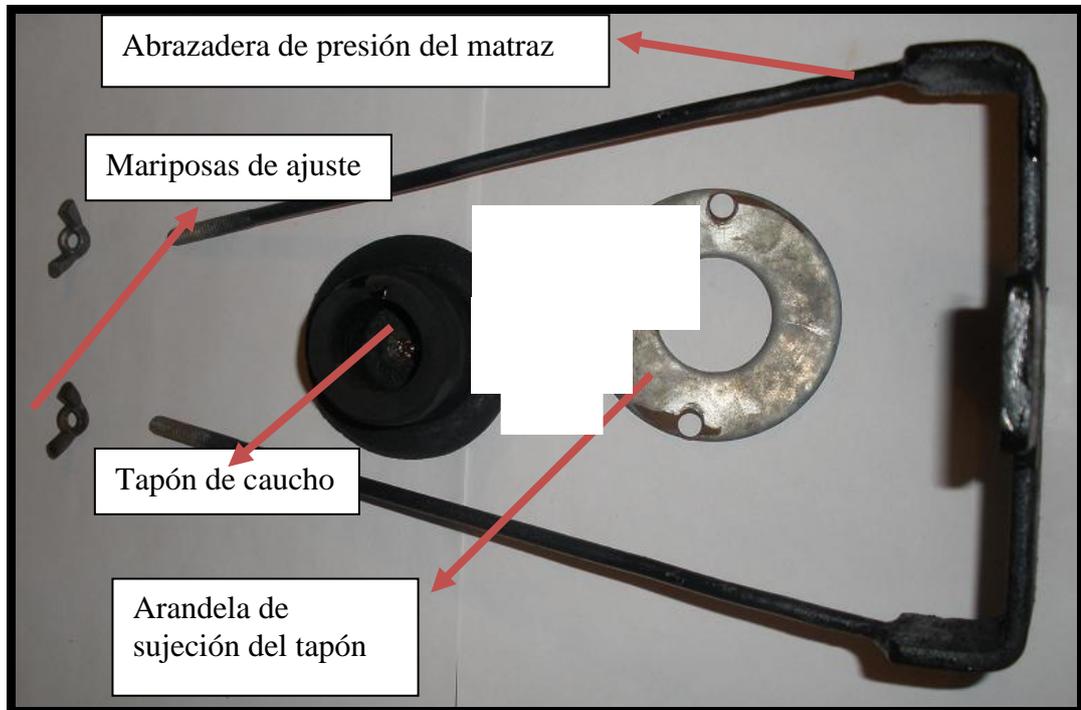


FIGURA 4.1 SOPORTES DEL MATRAZ

Luego del diseño de los componentes de soporte de presión se lo instala en el matraz, al cual mostramos en el siguiente gráfico



FIGURA 4.2 EQUIPO ARMADO

En la figura anterior se muestra la instalación del sistema el cual muestra con la generación de hidrógeno.

Las funciones de esta abrazadera dentro del sistema son los siguientes:

- Proteger de explosiones fuera del matraz
- Soportar la presión generada durante la reacción del HCl y el Zn
- Mantener estable el sistema de generación de hidrógeno

Además de esta abrazadera, el sistema de producción de hidrógeno estará protegido dentro de una caja metálica aislada que se detalla a continuación



FIGURA 4.3 CAJA DE PROTECCIÓN PARA EL MATRAZ

Esta caja esta diseñada para el matraz, de lata galvanizado, la cual protegerá el sistema de producción de hidrógeno de daños externos además tiene una protección de espumaflex para apaciguar golpes del sistema

4.2 MONTAJE Y ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE REGULACIÓN

El sistema de regulación del sistema esta determinado por los manómetros, los cuales determinan la presión generada en la reacción química; de la misma manera esta determinando la presión que almacena el tanque de reserva de hidrógeno del cual pasara al motor por medio de la línea de vacío.

A continuación detallamos la instalación del sistema:

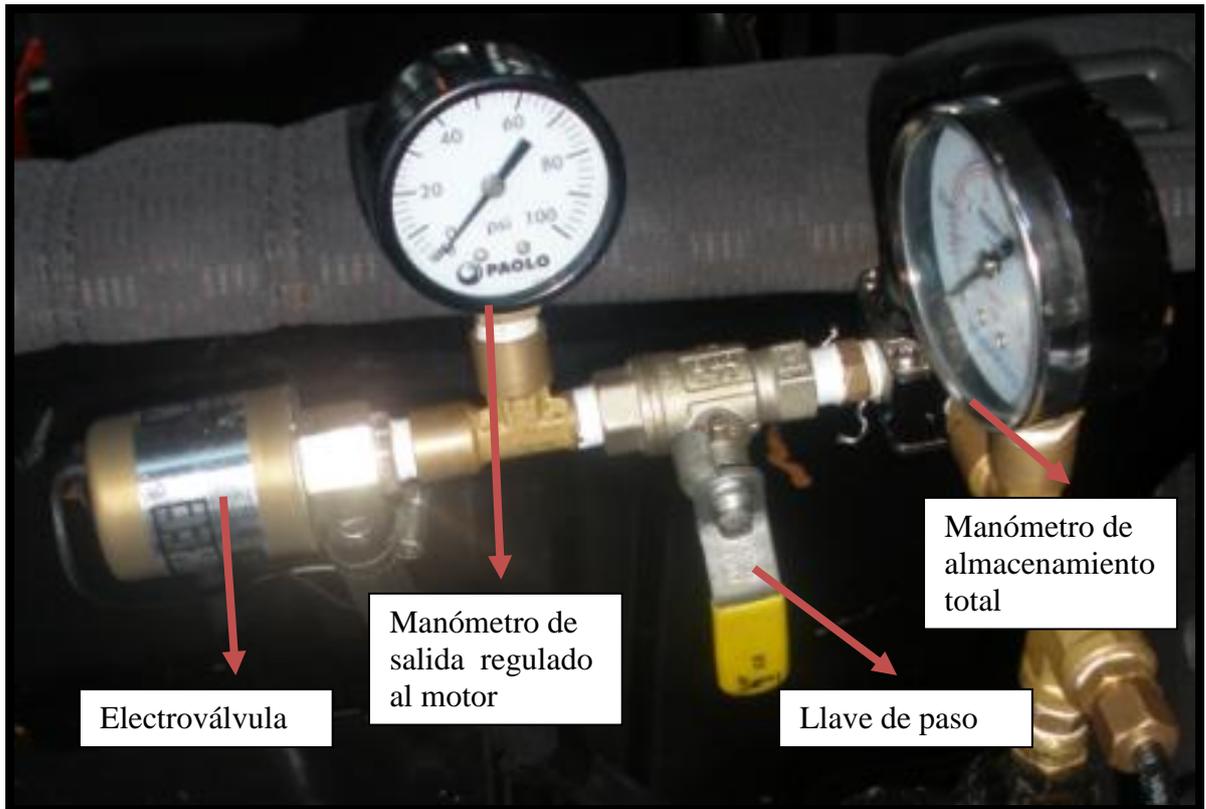


FIGURA. 4.4 EQUIPO DE CONTROL

La figura muestra el sistema de regulación del sistema los manómetros nos determinan la presión generada total y por la tanto la cantidad de gas hidrógeno que producimos para poder introducirlo en el motor a presión regulada.

Además la llave de paso permiten la salida del gas hidrogeno, el mismos que está controlado por la válvula; la cual determina el ingreso del gas para que la mezcla sea exacta para poder cumplir con el objetivo de nuestro proyecto.

Este sistema permite que el gas hidrógeno ingrese de manera controlada y no pueda existir sobre explosiones dentro de la cámara de combustión del vehículo.

4.3 MONTAJE Y ADAPTACIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL DE INYECCIÓN

Antes de entrar en detalles del procedimiento de instalación del dispositivo de inyección de hidrógeno en el vehículo, se debe estar informado acerca de que procedimientos deben ser observados, al usarlo en su vehículo.

Primeramente el gas hidrógeno es muy inflamable y explosivo y debe tomar las medidas de precaución al trabajar en su vehículo, evitando que las conexiones eléctricas estén flojas o con aislaciones defectuosas.

La conexión del gas hidrógeno, debe estar bien asegurada y libre de fugas. Es importante y deseable que el gas se prenda dentro del motor y no fuera de él.

El sistema de generación de hidrógeno esta armado en la parte posterior del vehículo (cajuela), por ser un prototipo se encontró como el lugar adecuado para su adecuación.

A continuación la figura muestra parte de la instalación del sistema, pero aún no esta armado a la carrocería del vehículo.

Esta imagen además muestra la cajuela del Chevrolet Corsa 1.6, en el cual se implemento el sistema de generación

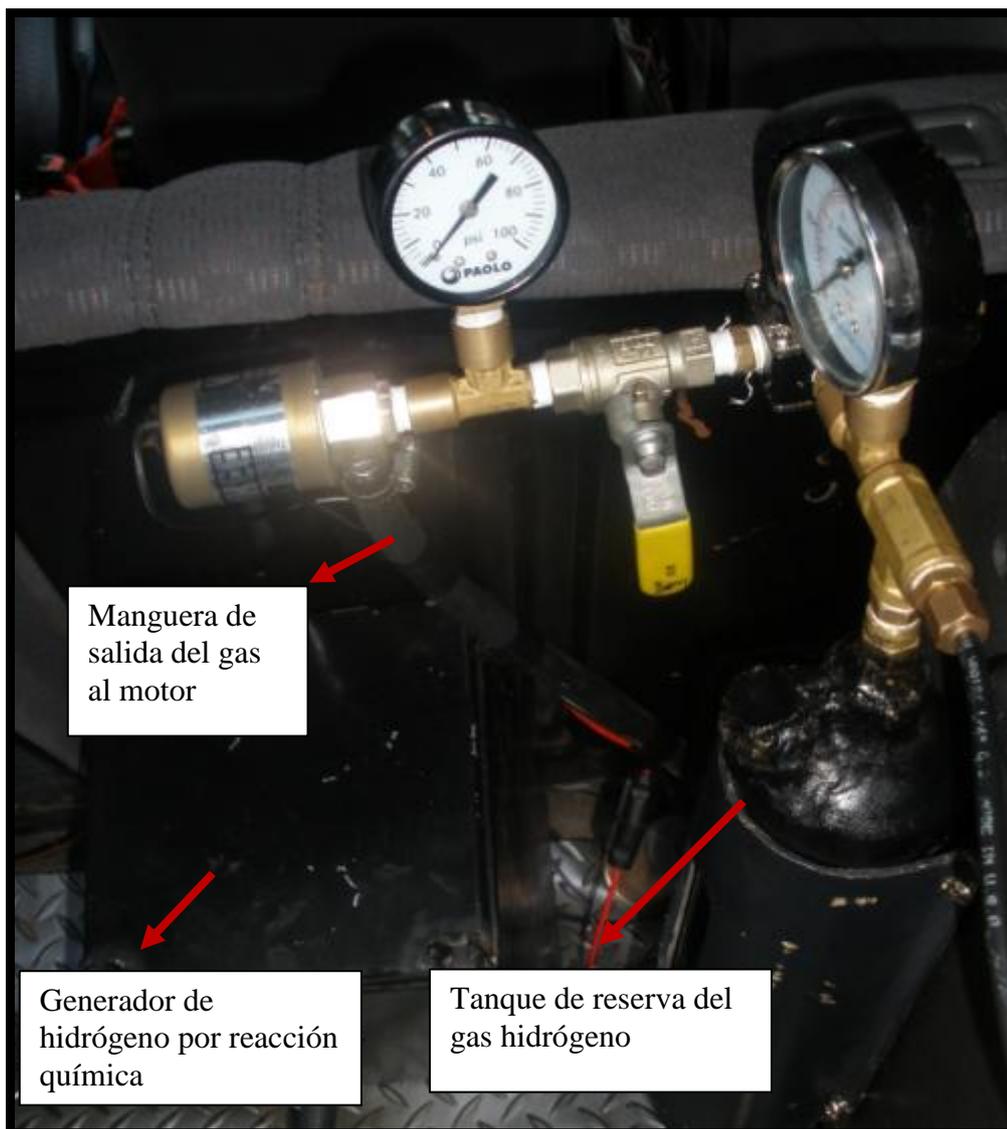


FIGURA 4.5 EQUIPO DE GENERACIÓN DE HIDRÓGENO

El sistema será asegurado en la carrocería, para poder evitar cualquier tipo de accidente en el sistema; además el sistema esta aislado completamente para evitar fugas externas del gas hidrógeno

CAPÍTULO V

PRUEBAS EN EL VEHÍCULO

5.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ESTADO DEL MOTOR CON EL DISPOSITIVO

Las pruebas efectuadas en el vehículo Chevrolet, se efectuaron en la **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**, en el laboratorio de motores en el cual existe el dinamómetro.

Las pruebas realizadas se lo hicieron sin instalación del dispositivo y luego con el dispositivo instalado, para lo cual a continuación describimos el procedimiento utilizado para estas pruebas.

EI DINAMÓMETRO es el nombre que designa técnicamente a un banco de pruebas.

Es una herramienta de uso moderno que emplean los talleres automotrices mejor equipados para conocer la potencia, torque, revoluciones, su velocidad de un motor.

Son las ruedas del vehículo las que transmiten la dinámica del motor a los rodillos del dinamómetro, actuando como freno, simulando la resistencia que el vehículo recibe cuando circula en la vía pública.

El computador captura los datos del dinamómetro, y las exhibe en la pantalla simultáneamente con el progreso del resultado de las curvas mostrándonos su potencia y torque en sus máximos estados que permite el motor.



FIGURA 5.1 VEHÍCULO EN EL DINAMÓMETRO



FIGURA 5.2 DISPOSICIÓN DEL VEHÍCULO Y LOS INSTRUMENTOS PARA LAS PRUEBAS

Este modo de prueba es una alternativa práctica de muestra de datos para poder interpretar las curvas que nos ofrece el equipo y de este modo poder determinar las condiciones en las que se encuentra el vehículo.



FIGURA 5.3 PANTALLA INDICANDO DATOS OBTENIDOS

5.2 PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES (CO₂, NO_x, HC, ENTRE OTROS)

Las pruebas de emisiones de gases del vehículo Corsa, donde esta conectado nuestro dispositivo se realizo en el taller automotriz denominado **JAPAN & KOREA CAR SERVICE**, ubicado en la ciudad de Quito.



FIGURA 5.4 LABORATORIO DE GASES

Luego de realizar las pruebas requeridas en nuestro vehículo, se determino que existió un cambio dentro de los gases que emite nuestro motor de combustión interna mas evidente es el cambio del HC (hidrocarburos), los cuales son los más contaminantes para el medio ambiente, generando así el calentamiento global.

Los pasos a seguir para esta prueba es la siguiente:



FIGURA 5.5 EQUIPO PARA LAS MEDICIONES DE GASES



FIGURA 5.6 ANALIZADOR CONECTADO

GENERACIÓN DE DATOS E IMPRESIÓN DE LOS MISMOS



FIGURA 5.7 PANTALLA DE EMISIONES



FIGURA 5.8 IMPRESIÓN DE RESULTADOS

DATOS OBTENIDOS

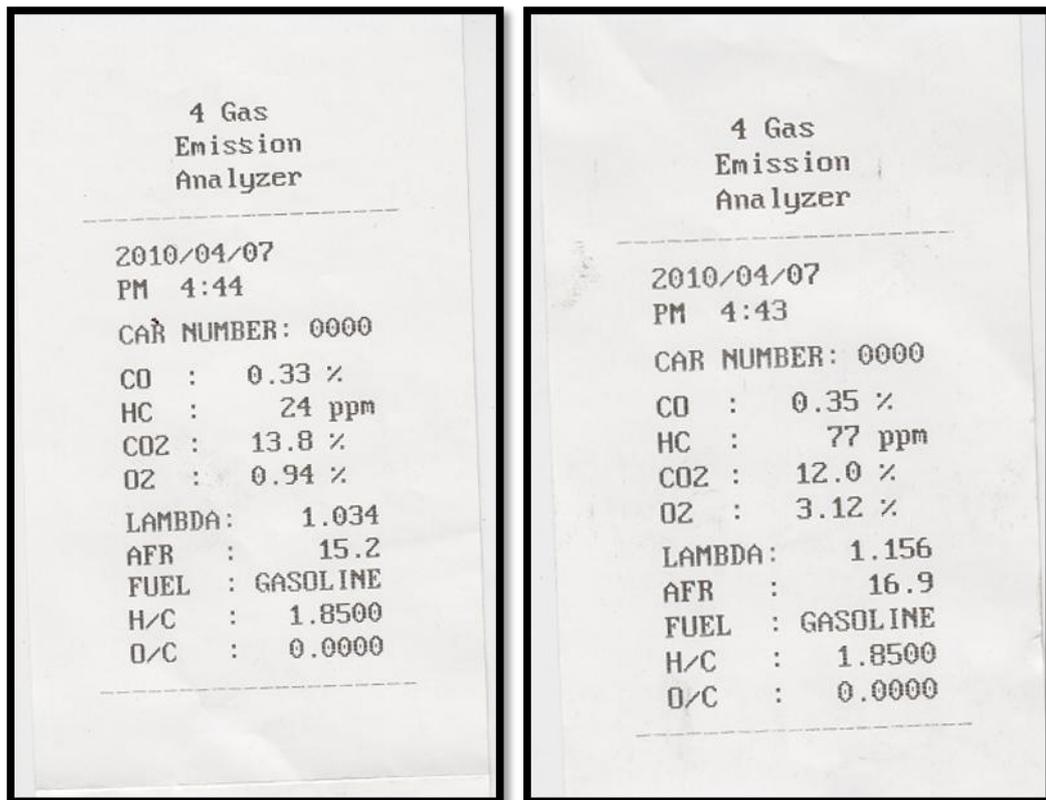


FIGURA 5.9 MUESTRA DE RESULTADOS

5.2.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Los resultados generados después de las pruebas efectuadas son las siguientes:

- Existió un cambio en los hidrocarburos que son los más contaminantes que generan para la contaminación del medio ambiente:

HC	SIN HIDRÓGENO	CON HIDRÓGENO	VALOR MÁXIMO ⁵³
PPM	77 ppm	24 ppm	0 >=650

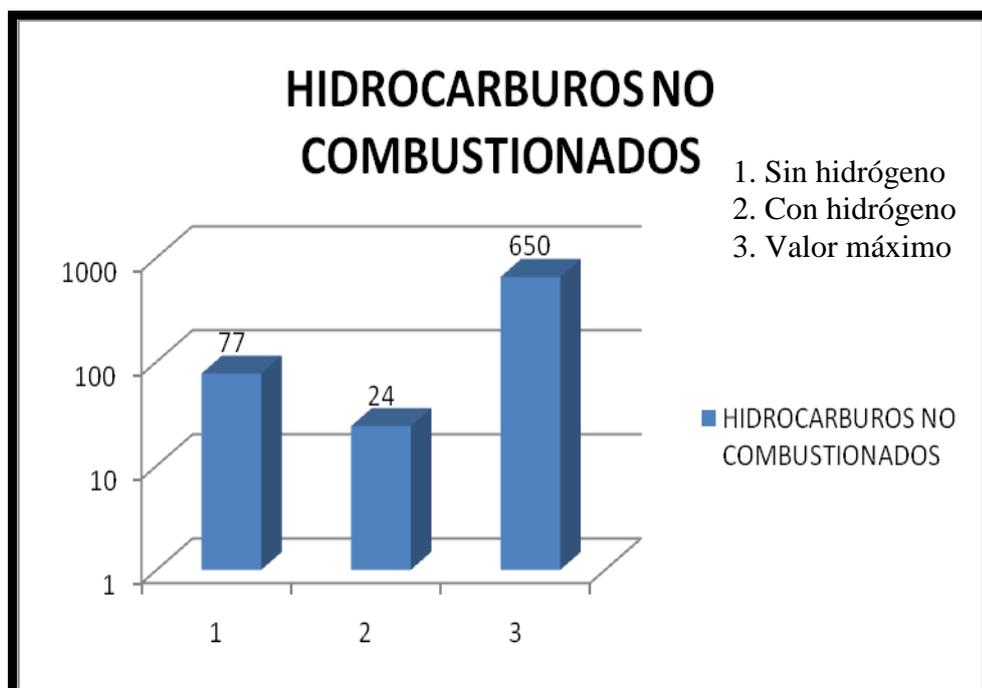


FIGURA 5.10 FIGURA COMPARATIVA DE RESULTADOS

Entonces en forma de porcentaje el cambio es de un 31.2% que ayuda en gran cantidad a disminuir en nuestro vehículo la contaminación para el medio ambiente

⁵³ FUENTE CORPAIRE

MONÓXIDO DE CARBONO

CO	SIN HIDRÓGENO	CON HIDRÓGENO	MÁXIMO VALOR ⁵⁴
%	0.35 %	0.33 %	0 - 3.5 %

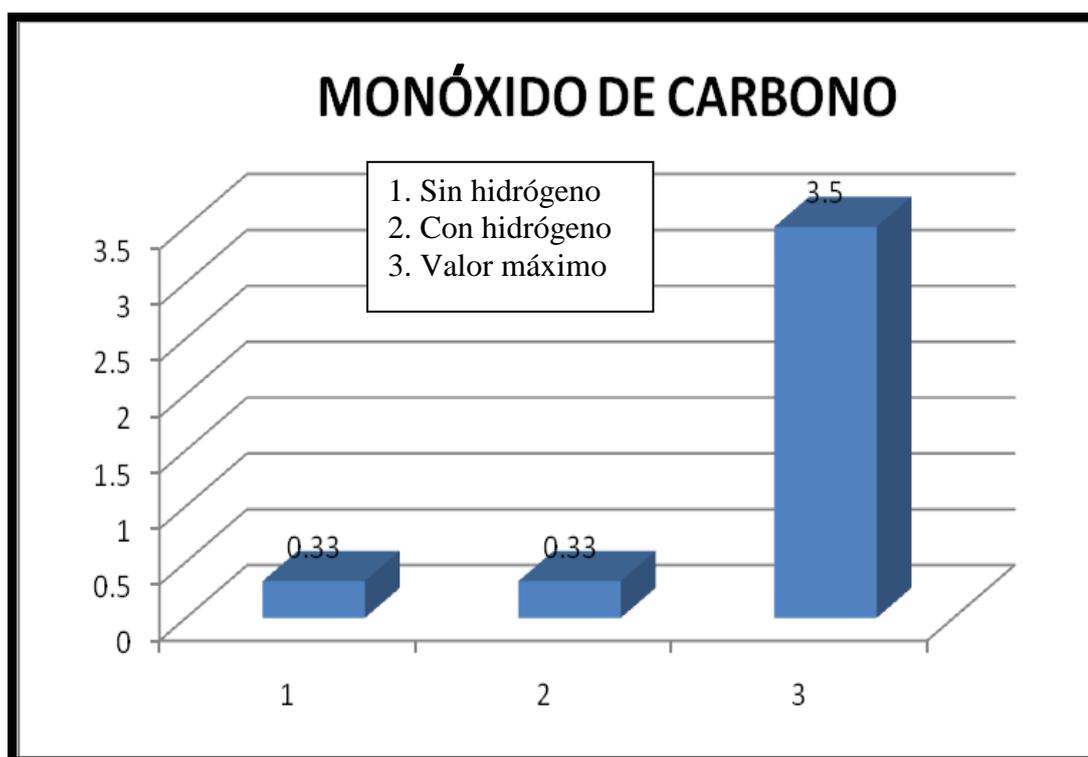


FIGURA 5.11 FIGURA COMPARATIVA DE RESULTADOS

Tenemos un cambio de un 0.2 % Monóxido de Carbono

⁵⁴ FUENTE CORPAIRE

ANHÍDRIDO CARBÓNICO

CO_2	SIN HIDRÓGENO	CON HIDRÓGENO
	12 %	13.8 %

En el CO_2 , el porcentaje no cambio de manera considerable, pero también es un gas poco contaminante el cual puede ser absorbido en el ambiente para el proceso de la fotosíntesis:

OXÍGENO

O_2	SIN HIDRÓGENO	CON HIDRÓGENO	VALOR MÁXIMO
	3.12 %	0.94 %	0 - 3 %

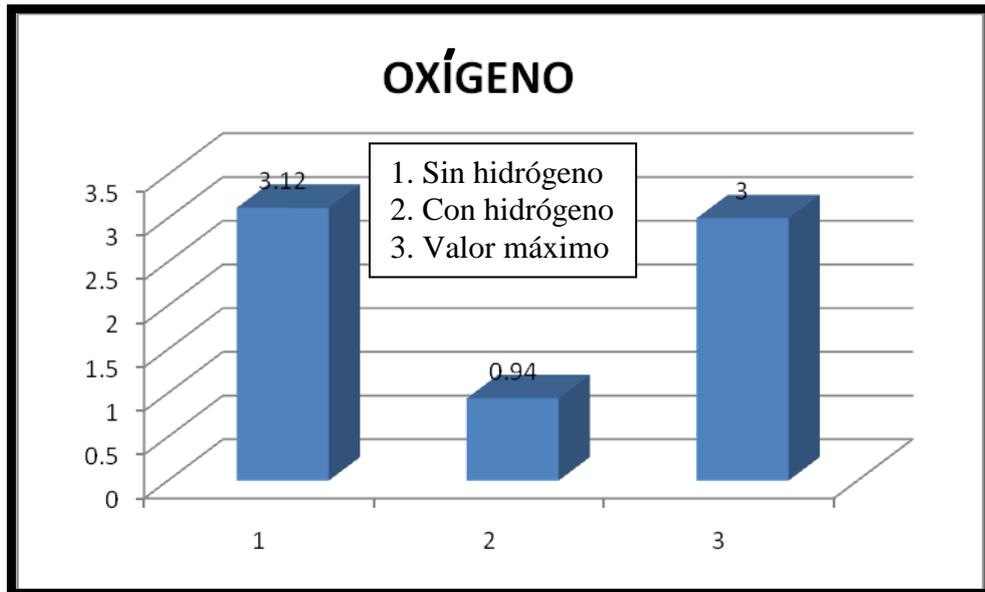


FIGURA 5.12 FIGURA COMPARATIVA DE RESULTADOS

Tenemos un cambio de un 30.2 % en las emisiones de oxígeno

VALOR LAMBDA

Lambda	ANTES	DESPUÉS
%	1.156 %	1.034 %

Entonces podemos concluir que el dispositivo realiza un trabajo fundamental en el motor de combustión, pues ayuda a reducir en gran porcentaje las emisiones contaminantes para el medio ambiente

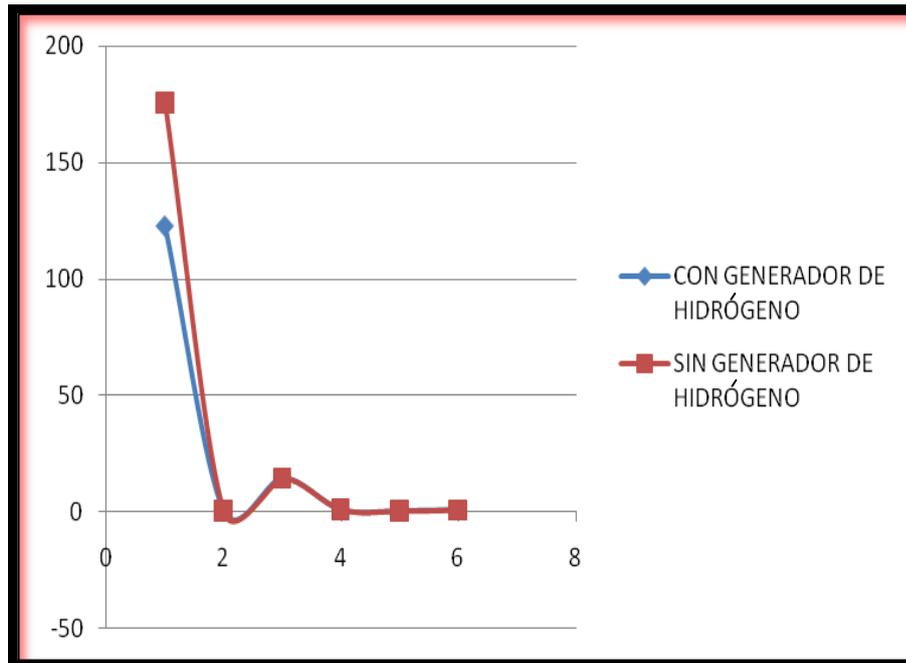


FIGURA 5.13 FIGURA COMPARATIVA DE RESULTADOS DE EMISIONES DE LOS HC

En la gráfica anterior podemos observar la comparación que existe con el generador y sin el generador de hidrógeno, graficamente podemos observar el cambio considerable que existe en el motor a gasolina del chevrolet corsa 1.6.

5.3 PRUEBAS DE POTENCIA, TORQUE Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON EL DISPOSITIVO

Luego de realizados las pruebas se obtuvo un resultado favorable, pues el aumento de torque se dio como se propuso en los objetivos de esta tesis.

A continuación se muestran los datos y las curvas del antes y el después realizados en el dinamómetro de la Escuela Politécnica del Ejército

Para la prueba se siguió los siguientes pasos:

- **INGRESO AL DINAMÓMETRO DEL VEHÍCULO**



FIGURA 5.14 UBICACIÓN DEL VEHÍCULO EN LOS RODILLOS DEL DINAMÓMETRO

Con vehículo instalado en el dinamómetro, procedemos a realizar las pruebas sin el dispositivo y con el dispositivo instalado en el motor, para lo cual calibramos las r.p.m. e igualamos el vehículo con la máquina de pruebas a los 2000 r.p.m., para lo cual utilizamos un multímetro automotriz para realizar el enceramiento correspondiente del sistema.

Las pruebas se realizan a una carga automática proporcionada por el equipo, con el vehículo en tercera marcha debido a que en esta se tiene una relación similar a la de cuarta marcha, para simular una relación 1:1, es decir, en teoría, que toda la potencia desarrollada en el motor es la que se transmite al rodillo por medio de las ruedas.

Luego de probar el motor sin ningún dispositivo se realizó las pruebas con el generador de hidrógeno instalado.

A continuación se muestra las curvas de potencia y torque tanto sin generador de hidrógeno y con el generador.

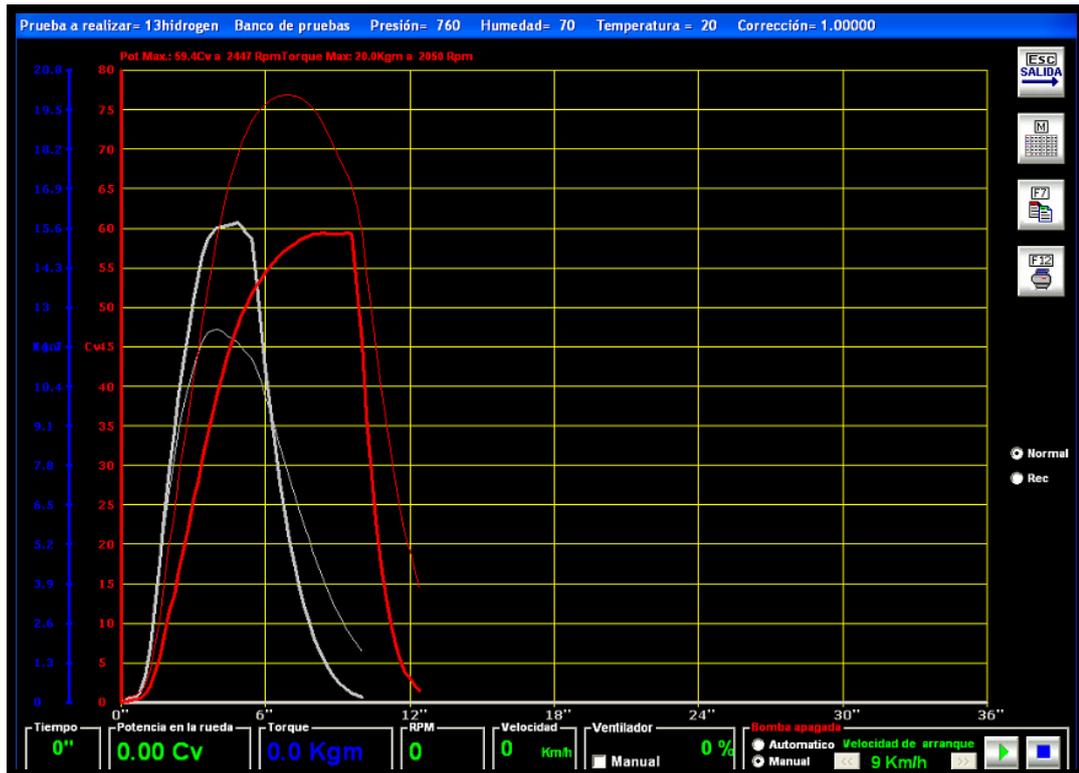


FIGURA 5.15 CURVAS DE TORQUE Y POTENCIA

Las gráficas muestran el aumento considerable del torque y potencia del motor, por lo que se ha demostrado que el dispositivo funciona.

A continuación se muestra el análisis respectivo de las curvas y los valores correspondientes en las pruebas realizadas.

El hidrógeno que ingresa al motor consume toda la mezcla aire combustible, llenando la cámara de combustión en un porcentaje mayor a lo normal, haciendo que el vehículo tenga propiedades nuevas tanto en aumento de torque y potencia y la reducción en los gases contaminantes.

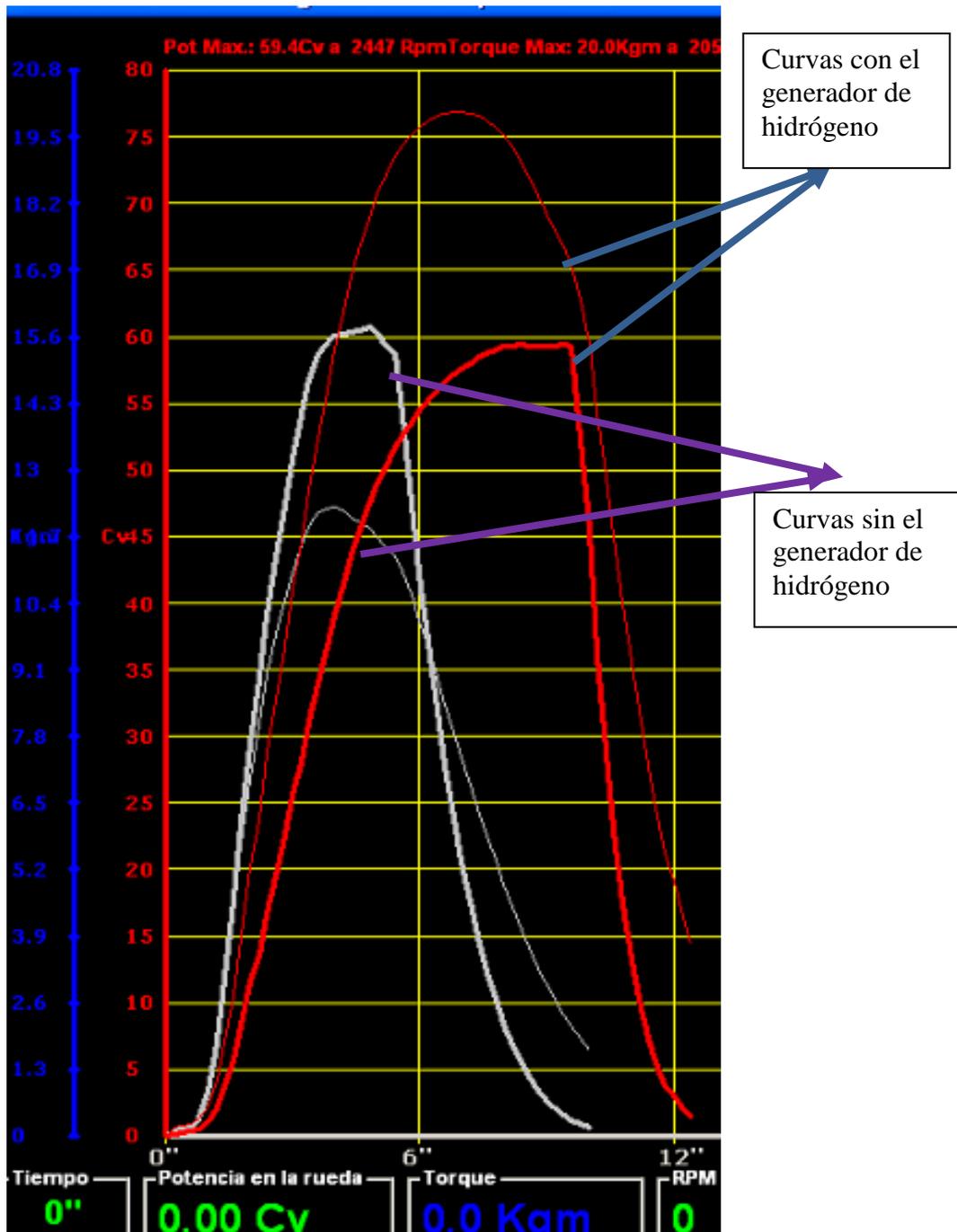


FIGURA 5.16 COMPARACIÓN DE CURVAS

En la gráfica de arriba podemos observar los siguientes datos:

La curva de color blanco es la generada sin el dispositivo, con lo cual generaba una potencia de 60 CV, es decir la potencia original del vehículo, el cuadro de resultados es el siguiente.

TABLA V.I TORQUE Y POTENCIA SIN EL DISPOSITIVO

Potencia Máxima	R.P.M	Torque Máximo	R.P.M
59.89 CV	2576	20.12 Kgm	2052

La tabla nos muestra los resultados máximos de torque y potencia a las revoluciones ideales.

A continuación se procedió a realizar las pruebas con el dispositivo instalado, tomando en cuenta que el dispositivo debe trabajar un cierto tiempo para que la mezcla aire – combustible – hidrógeno se combine de la mejor manera, luego de lo cual procedemos de la misma manera a efectuar la prueba que determine el cambio dentro del motor.

Los datos obtenidos son los siguientes:

TABLA V.II TORQUE Y POTENCIA CON EL DISPOSITIVO

Potencia Máxima	R.P.M	Torque Máximo	R.P.M
72.89 CV	3112	28.98 Kgm	2758

La tabla anterior muestra los datos con el dispositivo instalado donde se observan los cambios favorables, con una nueva potencia de trabajo y mejor torque con menores emisiones contaminantes.

De esta manera se comprueba que el sistema rinde de manera satisfactoria dentro de este motor, además los gases contaminantes han disminuido como se demuestra en las pruebas de gases analizados anteriormente.

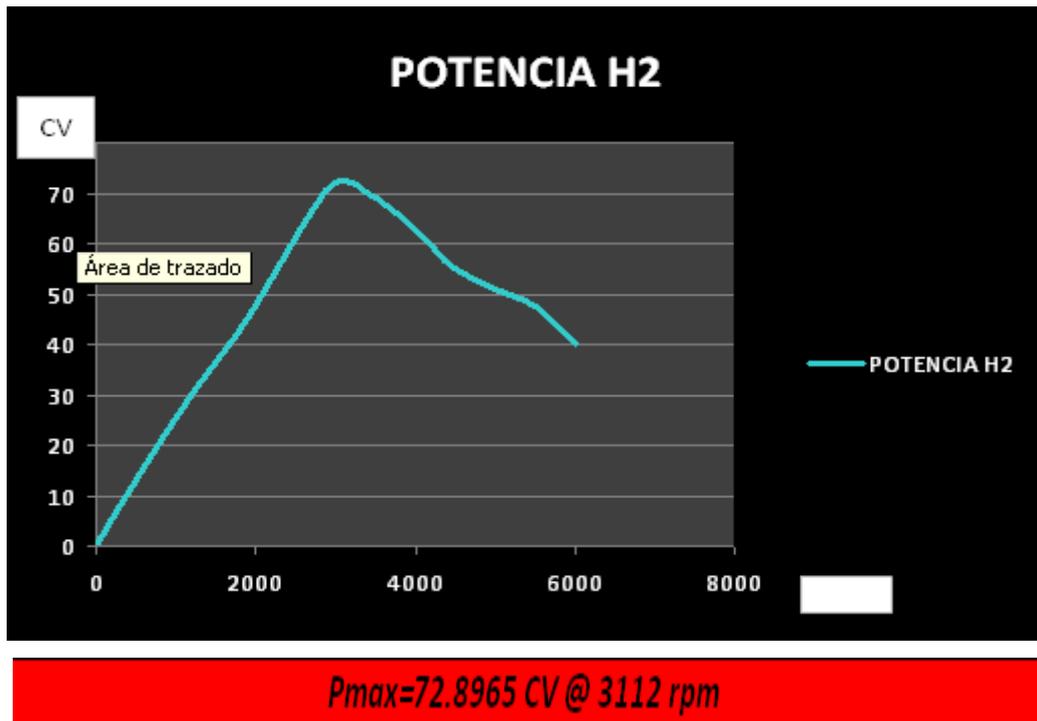
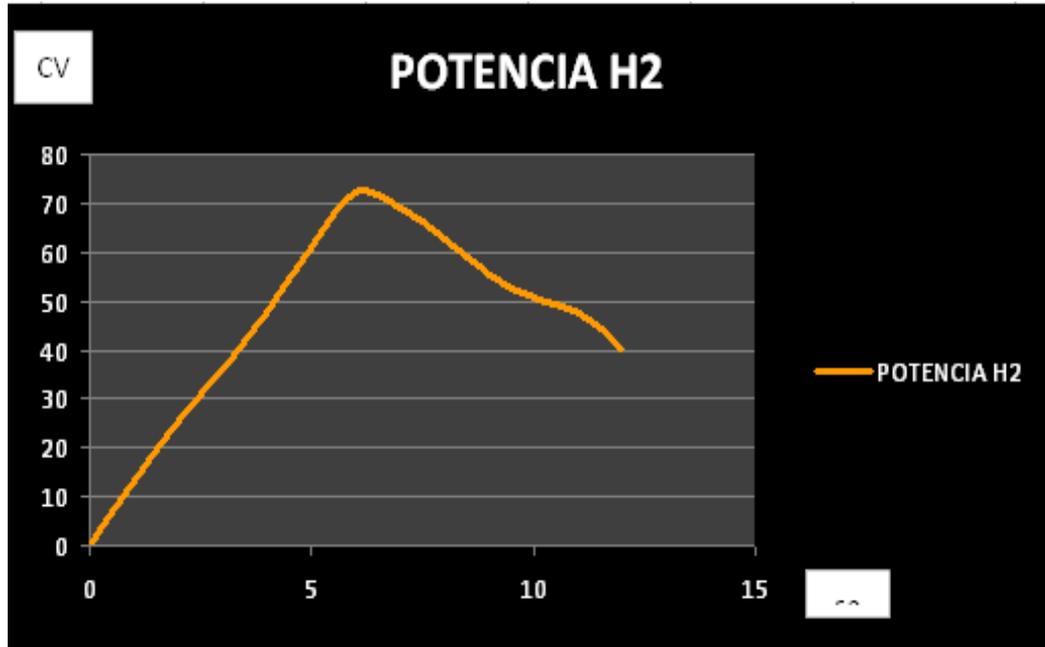


FIGURA 5.17 POTENCIA DESARROLLADA CON HIDRÓGENO

TABLA V.III REVOLUCIONES VS POTENCIA CON HIDRÓGENO

<i>rpm</i>	<i>POTENCIA H2</i>
0	0
500	13,0545
1000	25,6587
1500	36,1255
2000	47,5896
2500	60,9871
3000	72,2215
3500	69,1235
4000	62,6589
4500	55,1254
5000	50,8542
5500	47,5236
6000	40,1254

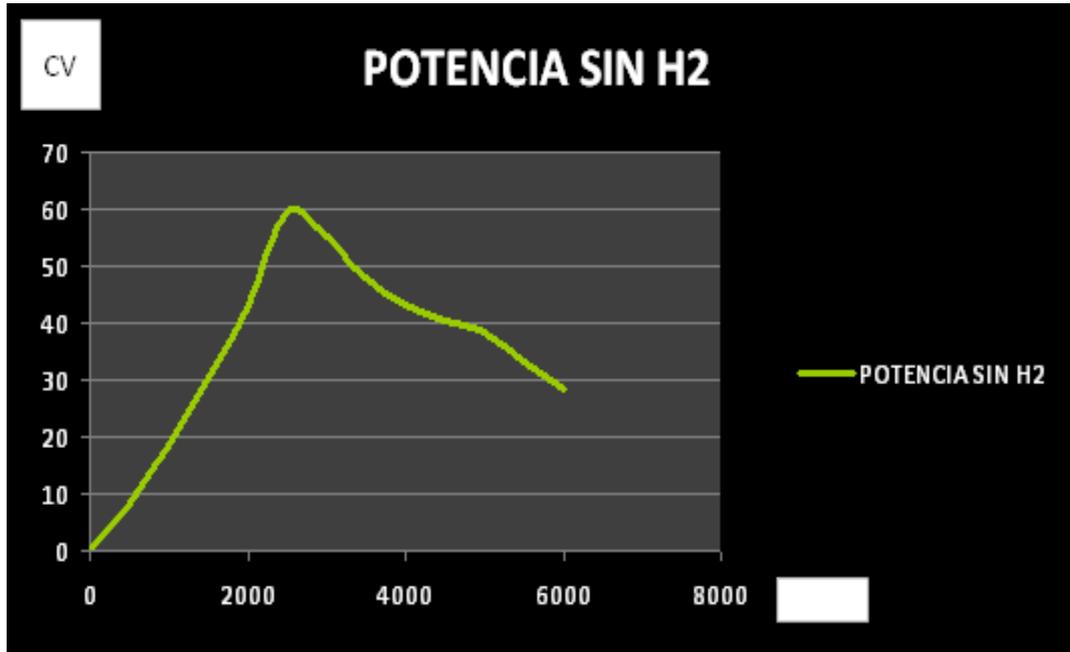


P_{max}=72.8965 CV @ 6.3 seg.

FIGURA 5.18 POTENCIA VS TIEMPO CON HIDRÓGENO

TABLA V.IV TIEMPO VS POTENCIA CON HIDRÓGENO

<i>tiempo</i>	<i>POTENCIA H2</i>
0	0
1	13,0545
2	25,6587
3	36,1255
4	47,5896
5	60,9871
6	72,2215
7	69,1235
8	62,6589
9	55,1254
10	50,8542
11	47,5236
12	40,1254

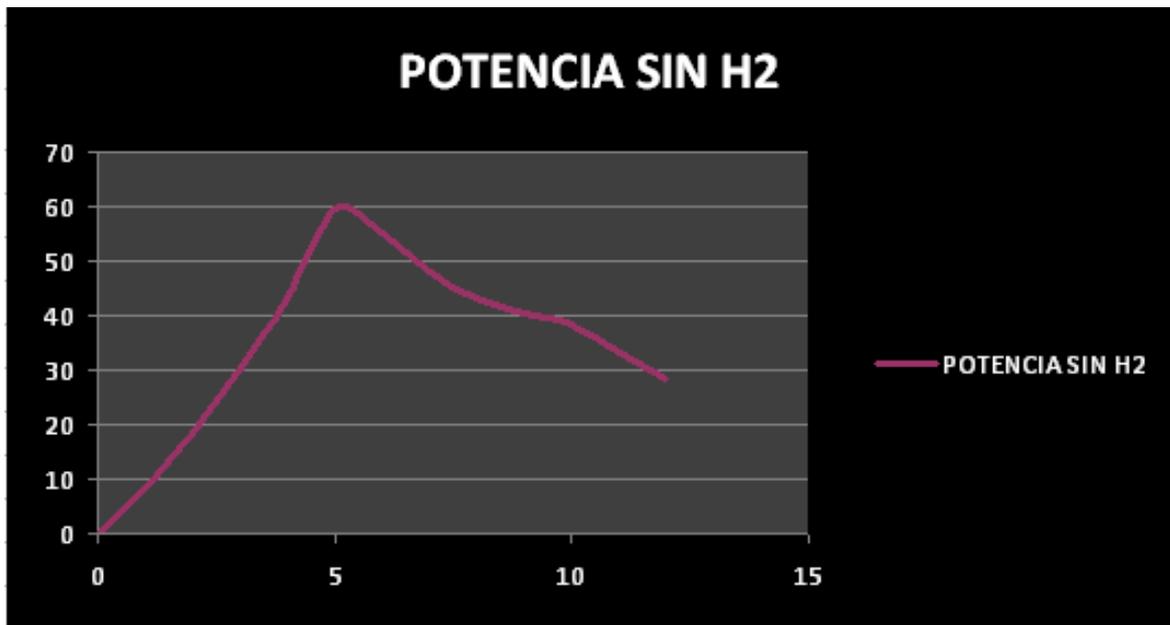


P_{max} = 59.8974 CV @ 2576 rpm

FIGURA 5.19 POTENCIA DESARROLLADA SIN HIDRÓGENO

TABLA V.V REVOLUCIONES VS POTENCIA SIN HIDRÓGENO

<i>rpm</i>	<i>POTENCIA SIN H2</i>
0	0
500	8,2123
1000	18,5231
1500	30,2544
2000	43,2578
2500	59,6874
3000	55,1245
3500	48,1254
4000	43,2145
4500	40,3654
5000	38,2145
5500	33,2154
6000	28,5484



P_{max}= 59.8974 CV @ 5.7 seg.

FIGURA 5.20 POTENCIA VS TIEMPO SIN HIDRÓGENO

TABLA V.VI TIEMPO VS POTENCIA SIN HIDRÓGENO

<i>tiempo</i>	<i>POTENCIA SIN H2</i>
0	0
1	8,2123
2	18,5231
3	30,2544
4	43,2578
5	59,6874
6	55,1245
7	48,1254
8	43,2145
9	40,3654
10	38,2145
11	33,2154
12	28,5484

TABLA. V.VII COMPARACIÓN DE POTENCIAS

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>POTENCIA</i>	<i>UNIDAD</i>
<i>POTENCIA CON HIDRÓGENO</i>	<i>72,8965</i>	<i>CV</i>
<i>POTENCIA SIN HIDRÓGENO</i>	<i>59,8974</i>	<i>CV</i>

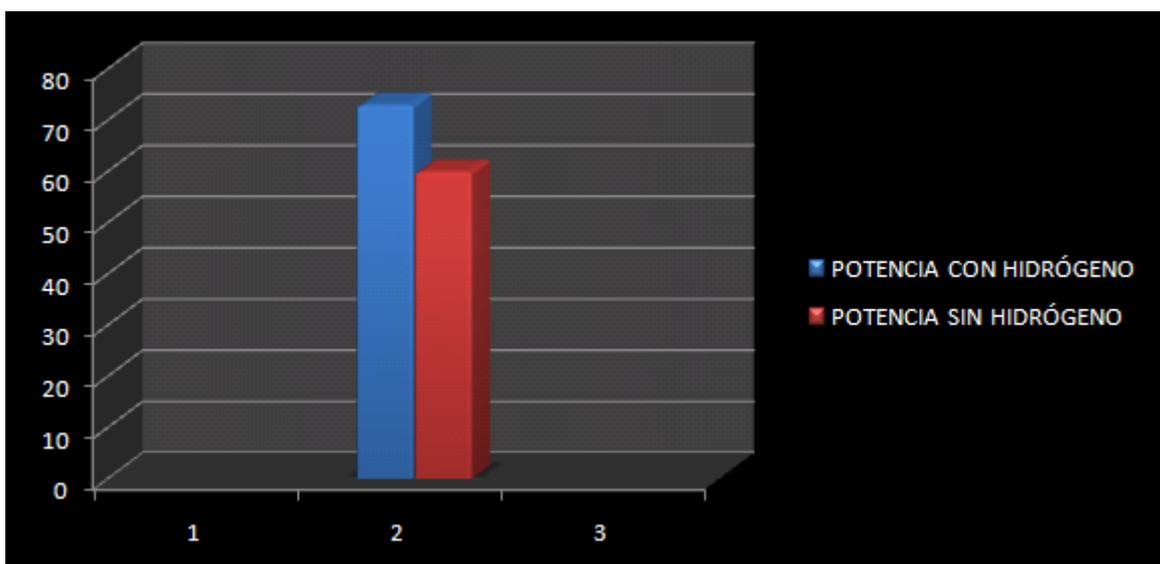
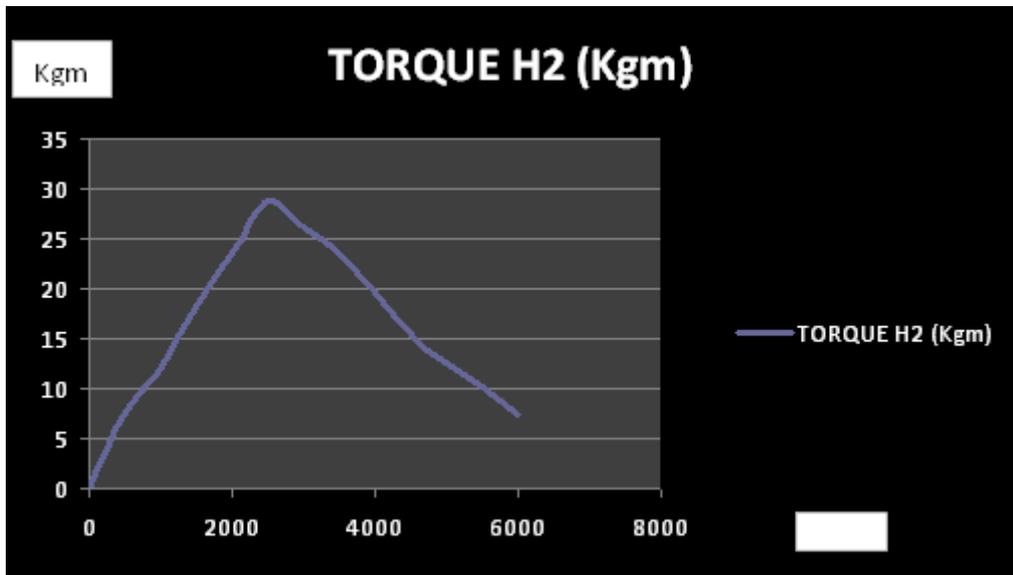


FIGURA 5.21 COMPARACIÓN DE POTENCIAS

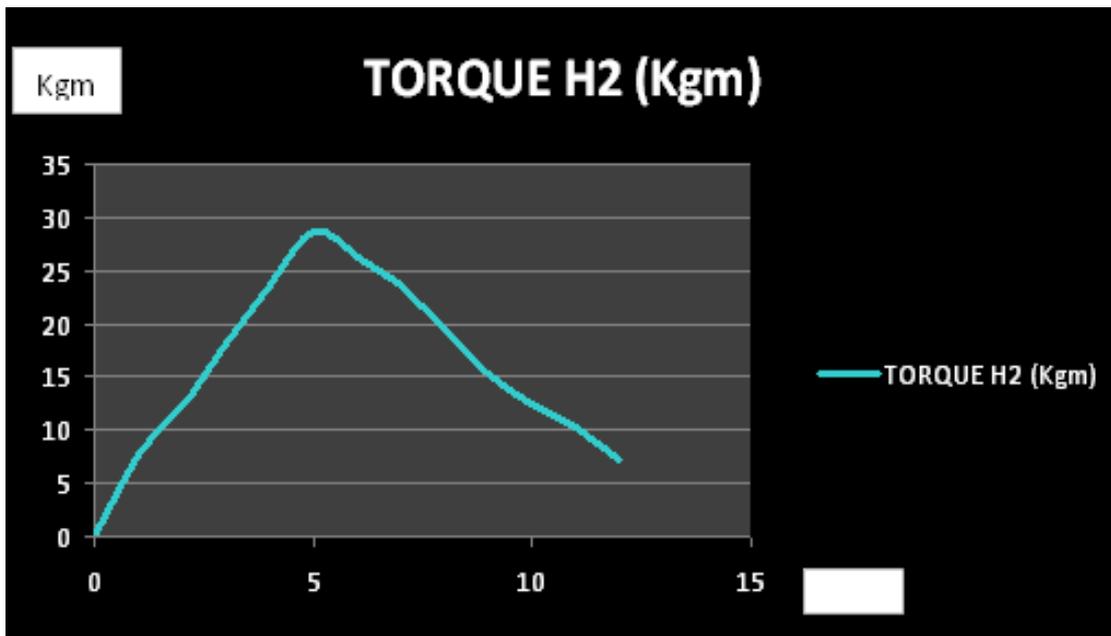


T_{max}=28.9852 Kgm @ 2758 rpm

FIGURA 5.22 TORQUE CON HIDRÓGENO (KGM VS RPM)

TABLA V.VIII REVOLUCIONES VS TORQUE CON HIDRÓGENO

<i>rpm</i>	<i>TORQUE H2 (Kgm)</i>
0	0
500	7,56874
1000	12,2544
1500	18,2145
2000	23,6545
2500	28,7654
3000	26,2154
3500	23,6544
4000	19,6584
4500	15,3254
5000	12,5448
5500	10,2154
6000	7,32541



***T_{max}*=28.9852 Kgm @ 5.8 seg**

FIGURA 5.23 TORQUE CON HIDRÓGENO (KGM VS TIEMPO)

TABLA V.IX TIEMPO VS TORQUE CON HIDRÓGENO

<i>tiempo (s)</i>	<i>TORQUE H2 (Kgm)</i>
0	0
1	7,56874
2	12,2544
3	18,2145
4	23,6545
5	28,7654
6	26,2154
7	23,6544
8	19,6584
9	15,3254
10	12,5448
11	10,2154
12	7,32541

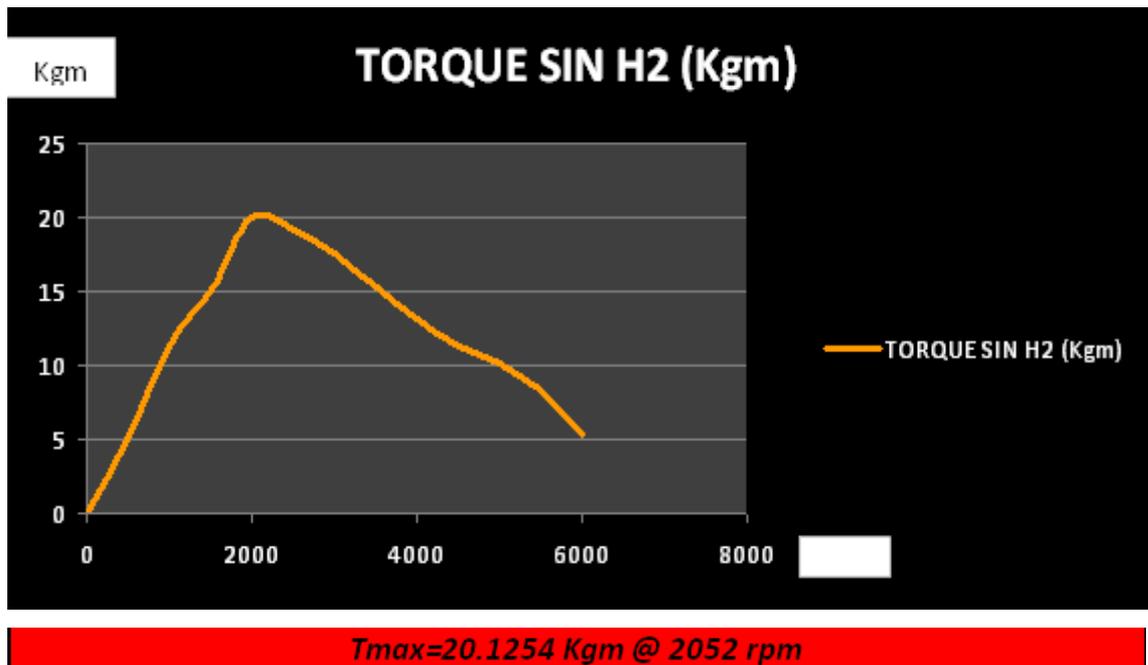


FIGURA 5.24 TORQUE VS REVOLUCIONES SIN HIDRÓGENO

TABLA V.X REVOLUCIONES VS TORQUE SIN HIDRÓGENO

<i>rpm</i>	<i>TORQUE SIN H2 (Kgm)</i>
0	0
500	5,2145
1000	11,2145
1500	15,1234
2000	20,0154
2500	19,2134
3000	17,6254
3500	15,3215
4000	13,2125
4500	11,2154
5000	10,2124
5500	8,2154
6000	5,2154

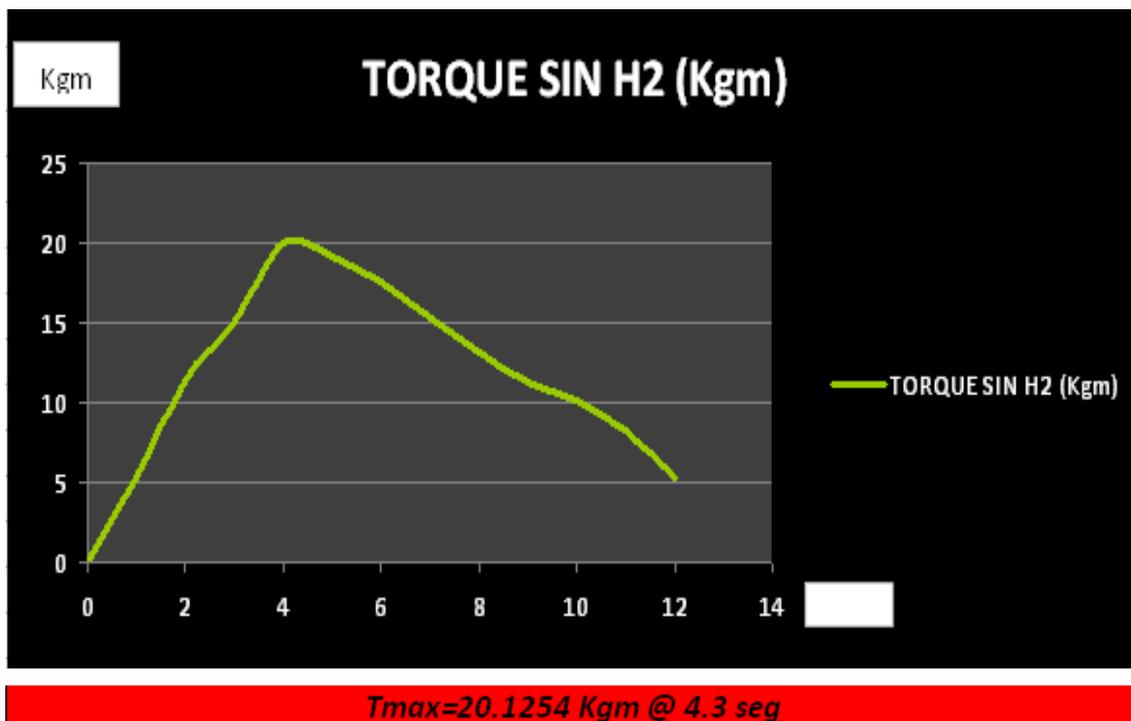


FIGURA 5.25 TORQUE VS TIEMPO SIN HIDRÓGENO

TABLA V.XI REVOLUCIONES VS TORQUE SIN HIDRÓGENO

<i>rpm</i>	<i>TORQUE SIN H2 (Kgm)</i>
0	0
1	5,2145
2	11,2145
3	15,1234
4	20,0154
5	19,2134
6	17,6254
7	15,3215
8	13,2125
9	11,2154
10	10,2124
11	8,2154
12	5,2154

TABLA V.XII COMPARACIÓN DE TORQUES

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>TORQUE</i>	<i>UNIDAD</i>
<i>TORQUE MAXIMO CON HIDRÓGENO</i>	<i>28,9852</i>	<i>Kgm</i>
<i>TORQUE MAXIMO SIN HIDRÓGENO</i>	<i>20,1254</i>	<i>Kgm</i>

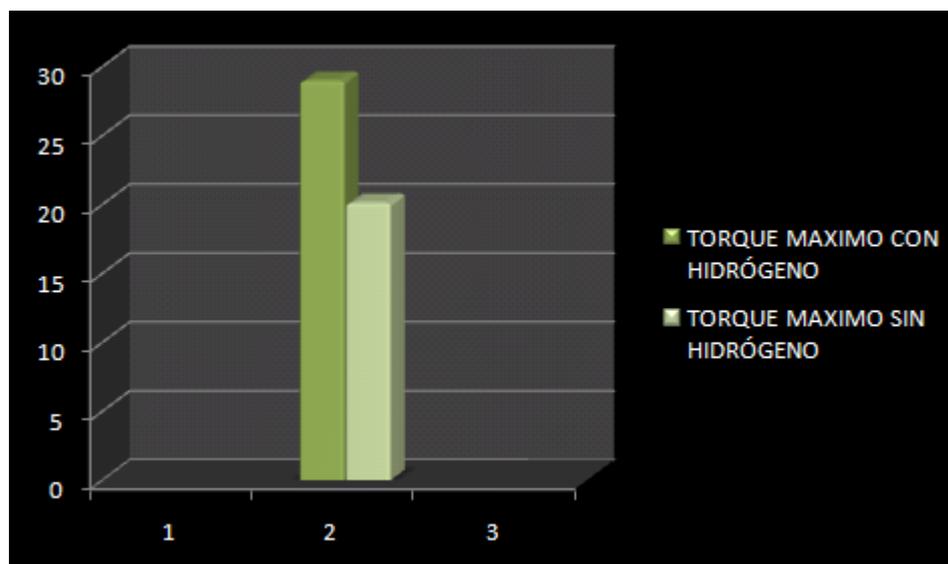


FIGURA 5.26 COMPARACIÓN DE TORQUES
CURVAS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

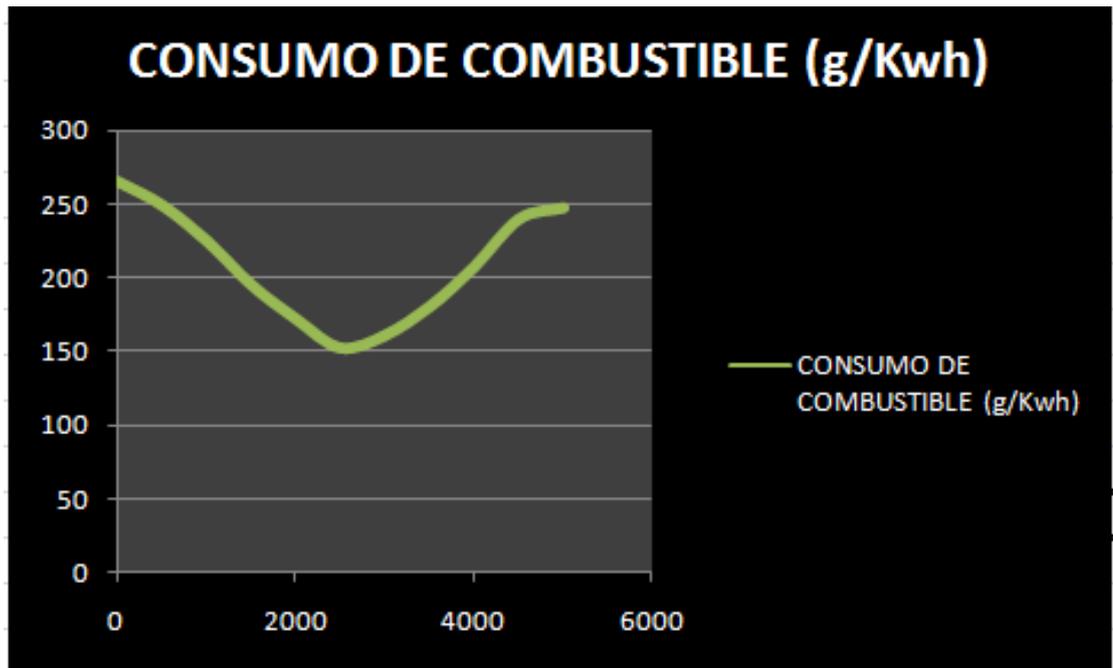


FIGURA 5.27 CONSUMO DE COMBUSTIBLE SIN HIDRÓGENO

TABLA V.XIII REVOLUCIONES VS CONSUMO SIN HIDRÓGENO

RPM	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (g/Kwh)
0	265.32
500	249.212
1000	225
1500	195.12
2000	172
2500	152.36
3000	160.98
3500	180.45
4000	207.56
4500	239.87
5000	247.56

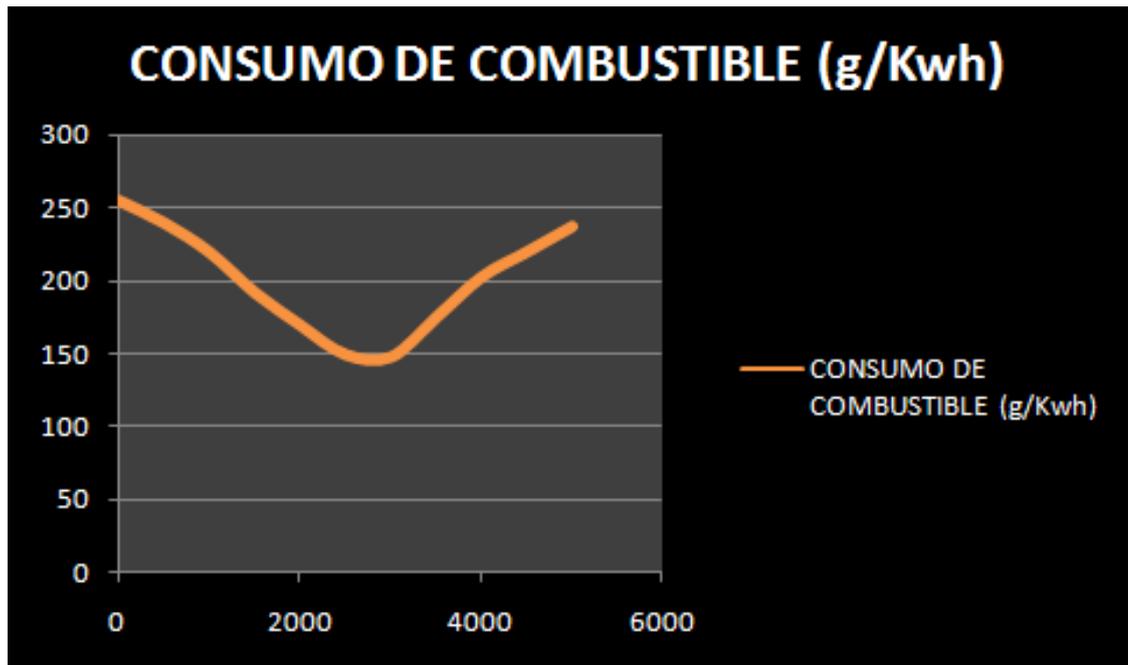


FIGURA 5.28 CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON HIDRÓGENO

TABLA V.XIV REVOLUCIONES VS CONSUMO CON HIDRÓGENO

RPM	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (g/Kwh)
0	255.54
500	240.25
1000	220.12
1500	192.35
2000	170.15
2500	149.86
3000	148.25
3500	175.48
4000	203.21
4500	220.45
5000	237.85

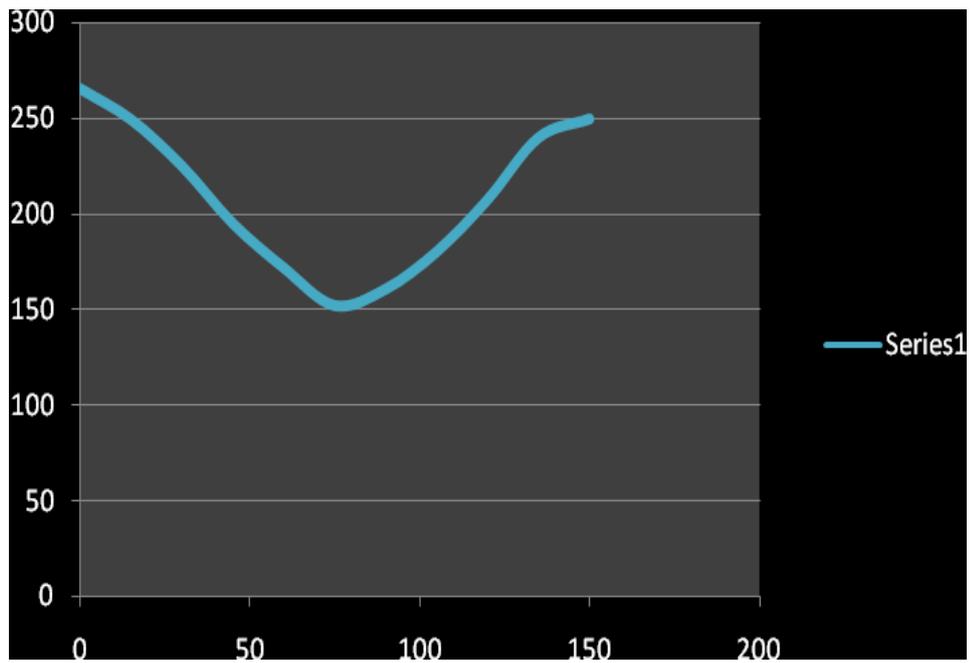


FIGURA 5.29 CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON HIDRÓGENO

TABLA V.XV TIEMPO VS CONSUMO CON HIDRÓGENO

tiempo (Segundos)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (g/Kwh)
1	265.32
2	249.212
3	225
4	195.12
5	172
6	152.36
7	160.98
8	180.45
9	207.56
10	239.87
11	249.56

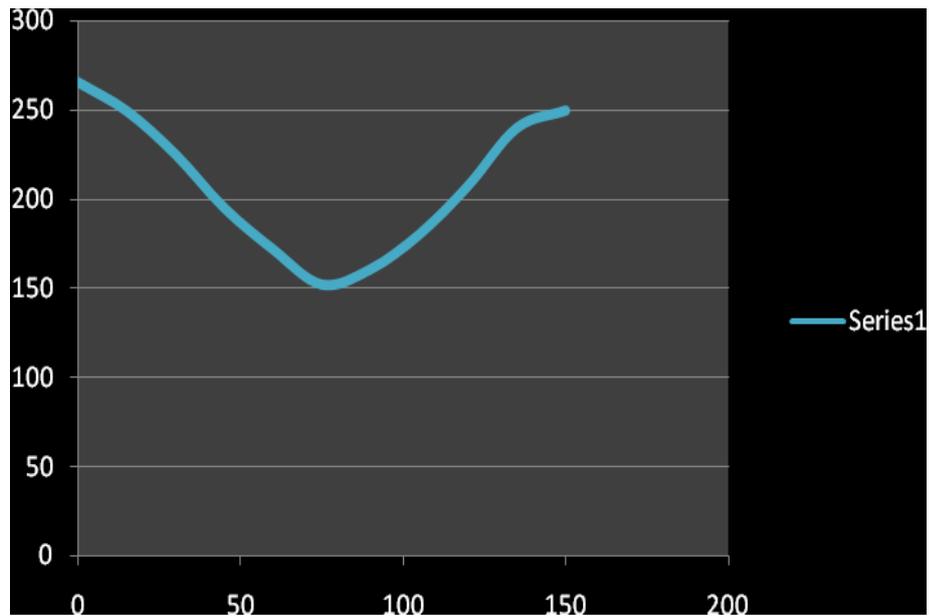


FIGURA 5.30 CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON HIDRÓGENO

TABLA V.XVI VELOCIDAD VS CONSUMO CON HIDRÓGENO

VELOCIDAD(Km/h)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (g/Kwh)
0	265.32
15	249.212
30	225
45	195.12
60	172
75	152.36
90	160.98
105	180.45
120	207.56
135	239.87
150	249.56

5.3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de realizar las pruebas respectivas se puede concluir que el dispositivo ayuda a mejorar la potencia, torque y disminuir las emisiones contaminantes tal cual lo demuestran los datos obtenidos.

Se puede decir que en porcentaje un aumento del 12% de su potencia es considerable tomando en cuenta que el motor no esta preparado para competición, al contrario en un vehículo de paseo y rodaje dentro y fuera de la ciudad.

5.4 ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

El dispositivo no tiene ninguna complejidad de instalación para el usuario. El manual para el sistema se lo detalla de la siguiente manera:

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- La instalación incorrecta o mal uso del hidrógeno puede provocar serios daños a su automóvil o lesiones corporales.
- Lea y siga las instrucciones y precauciones de seguridad dadas aquí y en los lugares pertinentes, para evitar estos peligros.
- Su instalación tarda alrededor de 30 a 45 minutos.
- Asegúrese de trabajar en un área ventilada.

- No fumar ni tener cerca elementos inflamables
- Asegúrese de usar gafas protectoras y guantes de goma, y solo usar las herramientas profesionales.
- Usar el sentido común y los procedimientos generales de seguridad utiliza para la instalación y mantenimiento de automóviles.

INSTALACIÓN

- El generador de combustible es el equipo principal para la producción de hidrógeno por lo que debe tener en cuenta lo siguiente:
- Encontrar un lugar en el compartimiento del motor para montar su generador.
- El generador debe ser colocado en posición vertical.
- Debe ser montado y asegurado de modo que no sufra movimientos bruscos durante su trayecto.
- Asegúrese de instalar su generador de modo que se puede acceder fácilmente.
- Dar limpieza al equipo antes y después de cada uso.
- Su generador de combustible es operado por la presión de vacío del motor de su vehículo, por lo que debe encontrar una buena toma de vacío que se dirija a la admisión del vehículo.

5.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

5.4.1 PERSONAL

El costo del personal esta incluido en los costos de los ensayos y de los laboratorios.

5.4.2 MISCELÁNEOS

TABLA V.XVII

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL [USD]
Manuales de consulta	60,00
Internet	25,00
Utilización de pc	30,00
Suministros de oficina	10,00
Servicios básicos	80,00
Otros gastos	25,00
SUBTOTAL 5.4.2	230,00

5.4.3 COSTOS DIRECTOS

5.4.3.1 Ingeniería y Administración

TABLA V.XVIII

#	POSICIÓN	TOTAL
1	Ingeniería y Administración	500,00
SUBTOTAL 5.4.3.1		500,00

5.4.3.1 Adquisición de materiales

TABLA V.XIX

Cantidad	Descripción	Costo Unitario [USD]	Total [USD]
1	Matraz KITASATO	100,00	100,00
5	Manómetros de presión	10,00	50,00
6	Metros de manguera de presión	1,50	9,00
4	Metros de manguera plástica de presión	2,00	8,00
1	Estructura de base metálica	30,00	30,00
3	Llaves de paso	10,00	30,00
1	Válvula CHECK	20,00	20,00
-	Base de fibra de vidrio	50,00	50,00
-	Elementos químicos	100,00	100,00
-	Neplos y acoples	40,00	40,00
-	Elementos de sujeción	30,00	30,00
SUBTOTAL 5.4.3.2			467,00

5.4.3.3 Costos de ensayos y pruebas

TABLA V.XX

ENSAYO/PRUEBA	LABORATORIO	EQUIPO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Medición de las emisiones contaminantes.	JAPAN & KOREA.	Analizador de gases.	50,00	50,00
SUBTOTAL 5.4.3.3				50,00
SUBTOTAL 5.4				1197,00

5.5 COSTO TOTAL

TABLA V.XXI

SUBTOTAL 5.4.3.3 +SUBTOTAL 5.4	1247,00
10% POR IMPREVISTOS	124,70
COSTO TOTAL	1371,00

CONCLUSIONES

- El hidrógeno hace pensar que en el futuro, será el reemplazante de los hidrocarburos utilizados en la actualidad, pues se trata de una energía limpia y no contaminante para el medio ambiente, y este es aplicable a los motores de combustión interna; así como lo demostramos en nuestro proyecto.

- Se ha demostrado que una mayor eficiencia existe en el motor Otto debido a que el hidrógeno posee alto octanaje por lo cual su combustión será mas eficiente.
- El hidrógeno no sirve para motores a diesel debido a que no tiene niveles de cetano.
- El hidrógeno llega en estado gaseoso hasta el múltiple de admisión debido a su corto recorrido no se transforma en agua e ingresa en estado puro y como combustible a la cámara
- El hidrógeno es de gran disponibilidad a lo largo de nuestro planeta, no obstante siempre lo encontraremos combinado para lo cual se lo deberá descomponer como ya se comento en los temas tratados por electrolisis o reacciones químicas. Esta disponibilidad ayudará a frenar a las grandes multinacionales de petróleo, con lo que se supone una diversificación de las fuentes de energía y mucho mejor en el área automotriz.
- El aumento de torque es un 12%.
- Los valores de gases contaminantes tuvieron un cambio considerable, mejorando así las emisiones que afectan a nuestro planeta.
- El consumo de combustible disminuyo debido que la mezcla aire, combustible, hidrógeno es mas eficiente, tiene un poder calorífico mayor así mismo su nivel de octanaje.
- El proceso de combinar el hidrógeno con el hidrocarburo gasolina no es muy complicado solo hay que analizar el tipo de motor y las característica de construcción del mismo.

- Nuestro motor acepto de manera favorable el cambio, por lo cual podemos concluir que podemos instalar este dispositivo en cualquier vehículo, inclusive a carburador.

RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas en vehículos a carburador debido que estos producen mayores emisiones contaminantes que un auto a inyección.
- Debemos tener cuidado en la manipulación de los reactivos, los cuales son un tanto peligroso para nuestra salud.

- Para su instalación se debe tener material y personal calificado para evitar contratiempos.
- Se debe tomar en cuenta el manual de instalación del dispositivo para el uso adecuado dentro de cualquier vehículo.
- Durante la instalación evitar tener productos inflamables por la gran volatilidad del combustible

BIBLIOGRAFÍA

- MOTORES DE AUTOMÓVIL
Willian H. Crouse I Edición
- TÉCNICAS DEL AUTOMÓVIL

- José Manuel Alonso Pérez VII Edición 1998
- QUÍMICA PARA EL NUEVO MILENIO VIII Edición 1998
John W. Hill, Doris K. Kalb VIII Edición
 - QUÍMICA GENERAL VIII Edición 2003
Ralph H. Petrucci, William S. Harwood, F. Geoffrey Herrig
 - QUÍMICA U PROYECTO DE LA AMERICAN CHEMICAL SOCIETY
W.H. Freeman and company, New York and Basingstoke
 - TÉCNICAS DEL AUTOMÓVIL “INYECCIÓN DE GASOLINA Y
DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES” II edición 1998
Alonso Pérez, José Manuel
 - INYECCIÓN DE GASOLINA V Edición 1991
Miguel de castro
 - MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA 1966
Obert, Edward F

BIBLIOGRAFÍA VIRTUAL

- http://es.wikipedia.org/wiki/Inyecci%C3%B3n_de_combustible
- <http://www.oei.es/cienciayuniversidad/spip.php?article62>
- http://www.mecanicavirtual.org/indice_cursos.html#hibrido
- <http://www.circuloastronomico.cl/eco/trenh.html>
- http://www.fisicanet.com.ar/tecnicos/tecnologia/te12_analizador_de_gas.es.php
- <http://institutoleonardo.iespana.es/descargas/gases.pdf>
- www.bath.ac

ANEXOS

ANEXO A

IMÁGENES DEL HIDRÓGENO COMBUSTIONÁNDOSE EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

Fuente: Argonne National Laboratory (www.anl.gov)

Los investigadores del Grupo de Motores y Emisiones del Argonne National Laboratory son expertos en obtener imágenes del interior de motores en funcionamiento. Hace unos años, sus imágenes por rayos X de la combustión dentro de un motor revelaron una sorprendente onda de choque cuando el

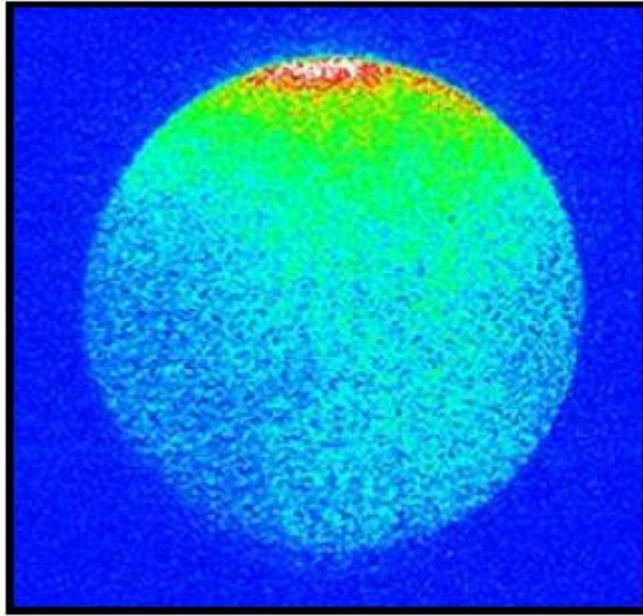
combustible brotaba del inyector. Esa investigación anterior está ayudando a mejorar los inyectores de combustible y a incrementar la eficiencia de los motores. Su investigación actual se centra en el hidrógeno.

"Los motores de combustión interna alimentados por hidrógeno constituyen una tecnología económica a corto plazo", explica el ingeniero mecánico Steve Ciatti, que es el investigador principal del proyecto. "Ellos pueden ser el catalizador para construir una infraestructura del hidrógeno para las células de combustible".

Ciatti y sus colaboradores prevén una conversión paulatina hacia el hidrógeno, usando los motores de hidrógeno como una salida que dará la oportunidad a los consumidores de adaptarse por pasos a la nueva economía del hidrógeno, a medida que esta nueva infraestructura se introduzca de modo paulatino.

Usando herramientas de imaginología y valiéndose de otras mediciones estándar de los motores normales, Ciatti y sus colaboradores Henning Lohse-Busch y Thomas Wallner han centrado sus esfuerzos sobre un motor de hidrógeno de la Ford Motor Co. Están perfeccionando el funcionamiento de este motor e identificando las causas primarias de las anomalías en la combustión. Estos problemas son más pronunciados a velocidades altas y con cargas elevadas. Los investigadores toman 50 mediciones del funcionamiento, durante cada prueba del motor.

En la imagen podemos observar el hidrógeno durante su combustión en el interior de un motor. Las zonas que aparecen con color rojo y amarillo indican temperaturas más elevadas



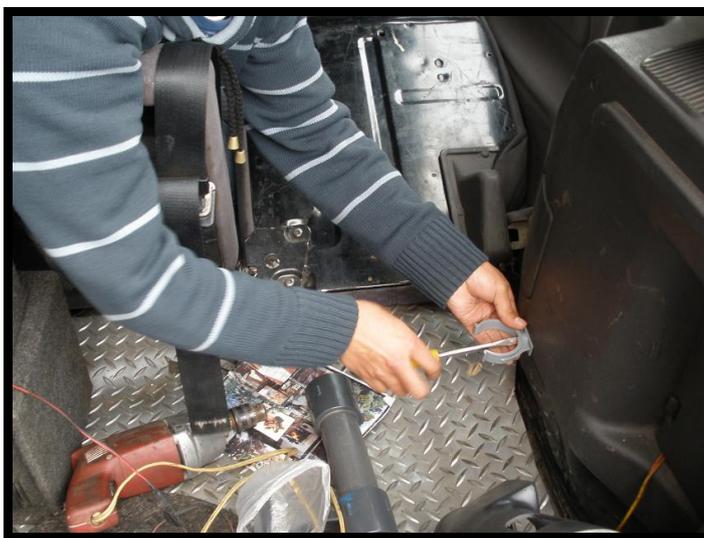
ANEXO B

**FOTOS DE LAS INSTALACIONES
REALIZADAS**

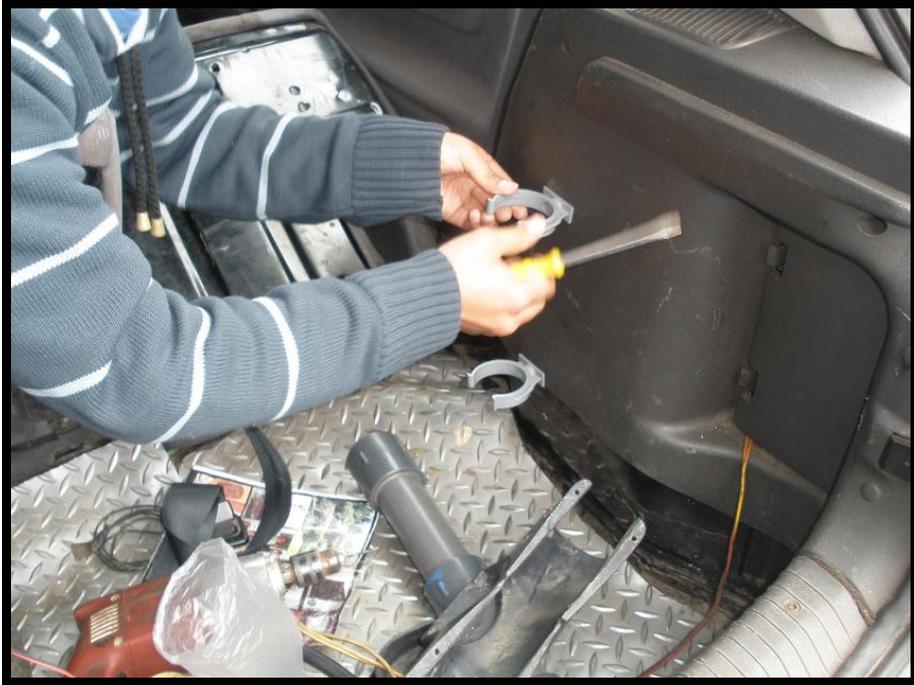
Perforación para la instalación del generador de hidrógeno en la parte posterior del vehículo



Ajuste de las abrazaderas de soporte del almacenamiento del hidrógeno



Abrazaderas de sujeción del tanque de almacenamiento



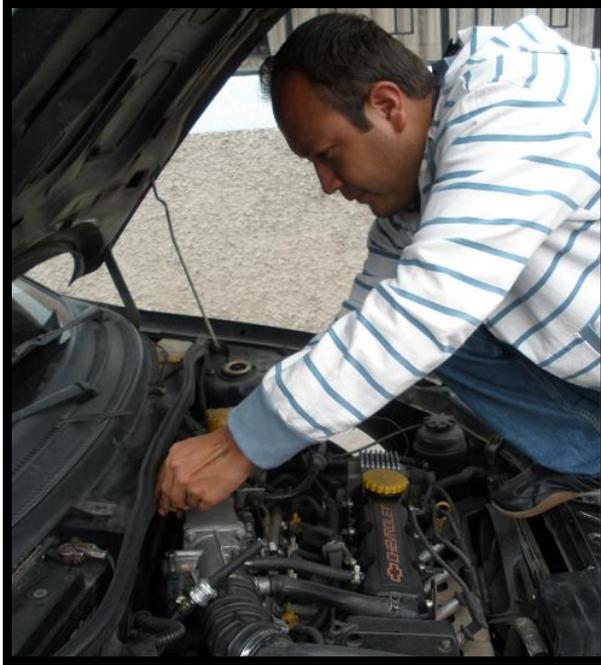
Cables de instalación de la electroválvula



Instalación de la válvula unidireccional, en el área del múltiple de admisión



Instalación del sistema en el múltiple de admisión



Sistema conectado de forma completa en el motor



ANEXO C

MÉTODO PARA ALMACENAR HIDRÓGENO A TEMPERATURA AMBIENTE.

Fuente: University of Bath (www.bath.ac.uk)

Un equipo de científicos de la universidad inglesa de Bath ha descubierto un medio seguro para almacenar hidrógeno en materiales nanoporosos (con poros cien mil veces más finos que una hoja de papel) y a temperatura ambiente.

Los científicos han inventado un material que almacena y libera el hidrógeno a temperatura ambiente y al instante. Descubrieron el nuevo material cuando investigaban los efectos del hidrógeno sobre los metales, tras fabricar un compuesto organometálico de seis átomos de rodio (un metal que se utiliza en los catalizadores de coches) y doce de hidrógeno.

En concreto, los científicos vieron que esta compleja estructura podía absorber dos moléculas de hidrógeno a presión y temperatura ambiente, y que las liberaba cuando se hacía pasar por el material una pequeña corriente eléctrica. Este tipo de absorción y liberación a escala atómica hace que el material sea ideal para resolver el problema del almacenamiento del hidrógeno.

Actualmente tratan de imprimir el material en hojas que se puedan apilar y encerrar en el interior de un depósito. Se encuentran todavía en la primera fase de construcción del depósito, que consiste en grabar el material en un sustrato de vidrio, para lo que el departamento de Química de la Universidad de Bath ha aportado 750.000€.

Los resultados del estudio se publicaron en la prestigiosa revista alemana *Angewandte Chemie*, en agosto de 2006, y posteriormente en el número de septiembre del mismo año de la revista *Nature*.

ANEXO D

ARTÍCULO

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE INYECTA HIDRÓGENO A UN MOTOR A GASOLINA

EL HIDRÓGENO es el más simple de los elementos químicos y el más abundante del universo, en la tierra existe combinado con otros elementos, como en el agua (H_2O), así también en reacciones químicas como la que realizaremos para la obtención de este gas.

Es más, muchos de los combustibles que actualmente utilizamos con fines energéticos; tienen en su composición al hidrógeno como por ejemplo la bencina, el gas natural, el propano, el etanol, entre otros.

El gas obtenido en este proceso es la combinación de dos componentes químicos que reaccionan y dan lugar al hidrógeno.

Los beneficios que se obtiene luego de la instalación de este dispositivo es el aumento del rendimiento en Km/Lt, en cualquier tipo de conducción y terreno y unos gases de escape más limpios y menos daninos para el ambiente, ayudando a quemar todos esos depósitos de carbonilla acumulados en la cámara de combustión del motor.

EL SISTEMA DE INYECCIÓN

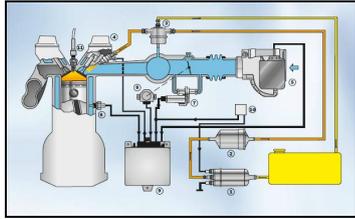


FIGURA 1 SISTEMA DE INYECCIÓN

Gracias a los avances tecnológicos son indiscutibles las ventajas de la inyección electrónica. Es importante aclarar que hoy en día todos los calculadores electrónicos de

CARACTERÍSTICAS DE LAS GASOLINAS VOLATILIDAD

La volatilidad de un líquido es la facilidad que tiene para convertirse en gas. Las gasolinas empleadas en automoción han de ser muy volátiles, para favorecer la unión íntima con el oxígeno del aire, obteniéndose una mezcla y posterior combustión.

PODER CALORÍFICO

El poder calorífico de un combustible es el número de kilocalorías que es capaz de proporcionar un kilogramo de dicho combustible. Las gasolinas han de tener un alto poder calorífico, superior a las 11.000 kcal/kg.

OCTANAJE

El octanaje o índice de octanos de las gasolinas indica su "poder antidetonante". Las gasolinas deben tener un octanaje alto, generalmente superior a 90 octanos. Cuanto más alto sea su octanaje, mayor compresión soportará sin llegar a producir detonación. Cuanta mayor compresión soporte, mayor será la potencia desarrollada por el motor.

Aparte de tener un mapa de inyección para todas las circunstancias de carga y régimen del motor, este sistema permite algunas técnicas como el corte del encendido en aceleración (para evitar que el motor se revolucione excesivamente); y el corte de la inyección para evitar el gasto innecesario de combustible y principalmente evitar la contaminación.

BENEFICIOS DE LA INYECCIÓN DE HIDRÓGENO

El **Hidrógeno** es el elemento más abundante en el universo. Pero la mayoría de los átomos del hidrogeno (H_2) están unidos con otros átomos de carbono y/o oxígeno, si queremos tener solo átomos de hidrogeno tendremos que separarlos y para ello necesitaremos gran cantidad de energía.

En la Tierra el hidrógeno se encuentra mayormente como agua (líquida, vapor, hielo) o combinado con otros elementos formando compuestos como el metano o gas natural (CH_4), metanol (CH_3OH), etanol (CH_3CH_2OH) o hidrocarburos (C_nH_m) o resultan de reacciones químicas.

GASES DE COMBUSTIÓN

Veamos a continuación como se produce la combustión y cuales son los gases emitidos por el escape.

El aire está compuesto básicamente por dos gases: nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2).

En un volumen determinado de aire se encuentra una proporción de nitrógeno (N_2) del 79 % mientras que el contenido de oxígeno es aproximadamente de un 21 %. El nitrógeno durante la combustión, en principio, no se combina con nada y tal como entra en el cilindro es expulsado al exterior sin modificación alguna, excepto en pequeñas cantidades, para formar óxidos de nitrógeno (NO_x). El oxígeno es el elemento indispensable para producir la combustión de la mezcla.

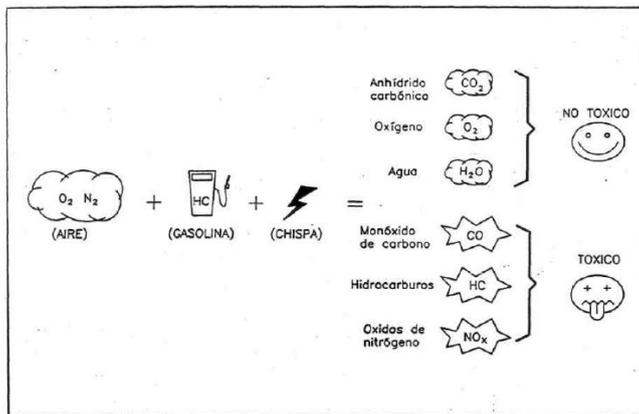


FIGURA 2 GASES CONTAMINANTES
DIAGRAMAS DE COMBUSTIÓN

Para conocer las variaciones de potencia, par motor y consumo de combustible (figura 44) en cada régimen del motor se utilizan las curvas características del motor. Entre ellas se representan los valores obtenidos en el banco de pruebas en condiciones de máxima alimentación es decir a plena carga.

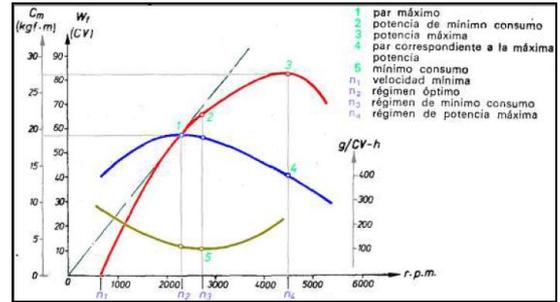


FIGURA 3 CURVAS TORQUE Y POTENCIA

ESTADO NATURAL Y SU OBTENCIÓN

El hidrógeno es en gran medida el elemento más abundante del universo, componiendo el 75% de la masa de toda la materia visible

El hidrógeno es el más simple de todos los elementos. Se puede visualizar un átomo de hidrógeno como núcleo central denso con un solo electrón orbitando a su alrededor, algo parecido a un planeta orbitando alrededor del Sol.

Hidrógeno - Helio

Tabla completa

General	
Nombre, símbolo, número	Hidrógeno, H, 1
Serie química	No metales
Grupo, período, bloque	1, 1, s
Densidad, dureza Mohs	0,08988 $kg \cdot m^{-3}$, -

FIGURA 4 COMPOSICIÓN DEL
HIDRÓGENO

En la mayoría de átomos de hidrógeno, el núcleo está formado por un único protón, aunque existe una variante extraña (o "isótopo") del hidrógeno que contiene un protón y un neutrón. Ésta forma de hidrógeno se denomina deuterio o hidrógeno pesado.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL HIDRÓGENO

Las ventajas y desventajas del hidrógeno derivan de sus propiedades físicas básicas. Veamos cuáles son las más destacables de ellas.

VENTAJAS

- El hidrógeno tiene el más alto valor calorífico 141.86MJ/kg o 39.41kWh/kg y el más alto contenido de energía por unidad de peso que cualquier otro combustible.
- La molécula de hidrógeno es la más ligera, la más pequeña y está entre las moléculas más simples, además, es relativamente estable.
- Cuando se le combina con el oxígeno, el hidrógeno puede producir electricidad directamente en procesos electroquímicos, rebasando los límites de eficiencia del ciclo de Carnot que afecta a los ciclos termodinámicos utilizados actualmente en la mayoría de las plantas generadoras de potencia.
- Permite la combustión a altas relaciones de compresión y altas eficiencias en máquinas de combustión interna.
- Es un vector energético respetuoso con el medio ambiente que trae consigo reducción de la contaminación. Puesto que su uso disminuiría los daños medioambientales por su naturaleza

libre de carbono y ya que lo único que produce el hidrógeno al quemarse con oxígeno es vapor de agua, no conlleva emisiones de hidrocarburos, ni CO₂, compuestos de azufre ni otros contaminantes. Sin embargo los sistemas energéticos actuales emiten oxidantes (O₃, HO₂, PAH), aerosoles (SO₄) y otros gases (aldehídos y olefinas).

- Los márgenes de explosión para el hidrógeno en aire están en el intervalo de 13-59% que es más amplio que el del metano que va de 6.3-14%, por lo que el hidrógeno es explosivo a concentraciones más altas.

DESVENTAJAS

- El hidrógeno tiene una energía muy baja por unidad de volumen como gas o como líquido, más o menos una tercera parte de la del gas natural o la gasolina y una cuarta parte del equivalente en volumen del metano
- La obtención del hidrógeno líquido requiere de un proceso altamente consumidor de energía y técnicamente complejo.
- Los contenedores para su almacenaje son grandes y el almacenamiento de cantidades adecuadas de hidrógeno a bordo de un vehículo todavía representa un problema significativo.
- El hidrógeno no es tóxico y no es contaminante, pero es difícil de

detectar sin sensores adecuados ya que es incoloro, inodoro y en el aire su llama es casi invisible por lo que resulta más difícil de detectar y de extinguir en un fuego o explosión.

- El límite de inflamabilidad del hidrógeno podría causar problemas ya que el hidrógeno arde en concentraciones entre 4 y 75% en aire en volumen, mientras que el rango de inflamabilidad del metano está entre 5.3% y 15% y el del propano entre 1 y 9.5%.
- Además la relación hidrógeno / aire sería segura sólo en un 75% por lo que sería necesario un indicador de nivel de oxígeno.

El hidrógeno proviene del agua, constituye un peligro que los vehículos sean a hidrógeno porque necesitaran grandes cantidades de este líquido vital para el ser viviente

OBTENCIÓN DEL HIDRÓGENO

El hidrógeno, a pesar de ser el elemento más abundante en el Universo, en la Tierra no lo encontramos en estado puro con facilidad, pues reacciona muy fácilmente con otros elementos.

Al contrario que el petróleo o el carbón, el hidrógeno no se trata de un recurso natural, y no podrá explotarse de la misma manera, sino que deberá generarse a partir de otros componentes químicos. Es por este motivo que el hidrógeno es considerado un portador secundario de energía. La mayoría de compuestos orgánicos son una combinación de carbono e hidrógeno, como es el caso del gas natural (metano), las plantas y la biomasa en general.

REACCIÓN QUÍMICA DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO CON ZINC METÁLICO PARA OBTENER HIDRÓGENO

La reacción del Zinc con el ácido clorhídrico es:



TABLA 1 PORCENTAJES DE MEZCLA

HIDRÓGENO	OXÍGENO
16.76 %	83.29%

SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA LOS DISPOSITIVOS

La selección de los diferentes elementos que servirán como dispositivos para el funcionamiento de este proyecto, se estudio las propiedades de cada componente en laboratorio para la parte química para que tenga un perfecto funcionamiento dentro del sistema de generación de hidrógeno para el vehículo Chevrolet corsa 1.6.

El Gas Anhidro no es generalmente activo, pero sus soluciones acuosas son uno de los ácidos más fuertes y activos. Al entrar en contacto con Óxidos Metálicos y con Hidróxidos forma Cloruros. Descompone las zeolitas, escorias y muchos otros materiales silíceos para formar Ácido Silícico. Reacciona con los carbonatos básicos liberando Dióxido de Carbono y Agua. Se oxida en presencia de oxígeno y catalizador o por electrólisis o por medio de agentes oxidantes fuertes para producir Cloro.

ZINC METÁLICO

El zinc o cinc es un elemento químico de número atómico 30 y símbolo Zn situado en el grupo 12 de la tabla periódica de los elementos.

El zinc es un metal blanco ligeramente azulado y brillante. Es un metal quebradizo cuando esta frío, pero se vuelve maleable y dúctil entre 100 y 150°C. En un ambiente húmedo, se cubre de una fina capa de hidrococarbonato que lo patina y lo protege contra la oxidación.

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ESTADO DEL MOTOR CON EL DISPOSITIVO

Las pruebas efectuadas en el vehículo Chevrolet, se efectuaron en la **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**, en el laboratorio de motores en el cual existe el dinamómetro, Las pruebas realizadas se lo hicieron sin instalación del dispositivo y luego con el dispositivo instalado, para lo cual a continuación describimos el procedimiento utilizado para estas pruebas-

EI DINAMÓMETRO es el nombre que designa técnicamente a un banco de pruebas.

Es una herramienta de uso moderno que emplean los talleres automotrices mejor equipados para conocer la potencia, torque, revoluciones, su velocidad de un motor.



FIGURA 5 DINAMÓMETRO



FIGURA 6 VEHÍCULO EN PRUEBAS PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES (CO₂, NO_x, HC, ENTRE OTROS)

Las pruebas de emisiones de gases del vehículo Corsa, donde esta conectado nuestro dispositivo se realizo en el taller automotriz denominado **JAPAN & KOREA CAR SERVICE**, ubicado en la ciudad de Quito.

DATOS OBTENIDOS



FIGURA 7 RESULTADO ANÁLISIS ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Los resultados generados después de las pruebas efectuadas son las siguientes:

- Existió un cambio en los hidrocarburos que son los más contaminantes que generan para la contaminación del medio ambiente:

HC	SIN HIDRÓGENO	CON HIDRÓGENO	VALOR MÁXIMO
PPM	77 ppm	24 ppm	0 >=650

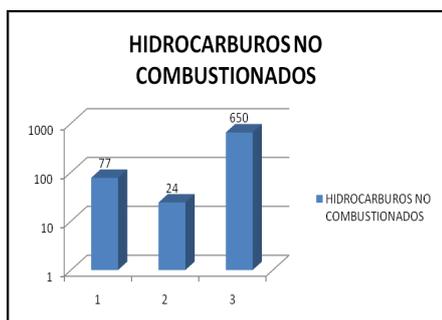


FIGURA 8 RESULTADO COMPARACION HIDRÓGENO

Entonces en forma de porcentaje el cambio es de un 31.2% que ayuda en gran cantidad

a disminuir en nuestro vehículo la contaminación para el medio ambiente

PRUEBAS DE POTENCIA, TORQUE Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON EL DISPOSITIVO

Luego de realizados las pruebas se obtuvo un resultado favorable, pues el aumento de torque se dio como se propuso en los objetivos de esta tesis.

A continuación se muestran los datos y las curvas del antes y el después realizados en el dinamómetro de la Escuela Politécnica del Ejército

A continuación se muestra las curvas de potencia y torque tanto sin generador de hidrógeno y con el generador.

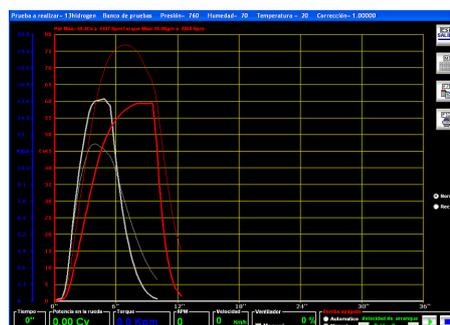


TABLA 3 TORQUE Y POTENCIA SIN EL DISPOSITIVO

Potencia Máxima	R.P.M	Torque Máximo	R.P.M
59.89 cv	2576	20.12 Kg	2052

TABLA 4 TORQUE Y POTENCIA CON EL DISPOSITIVO

Potencia Máxima	R.P.M	Torque Máximo	R.P.M
72.89 cv	3112	28.98 Kgm	2758

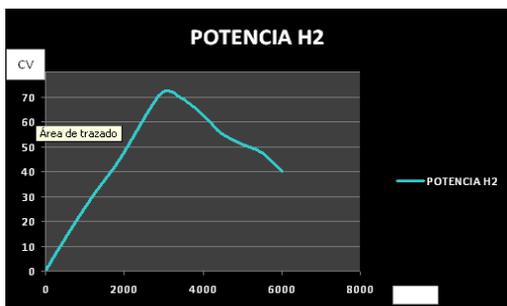


FIGURA 9 POTENCIA CON HIDRÓGENO



FIGURA 10 POTENCIA SIN HIDRÓGENO

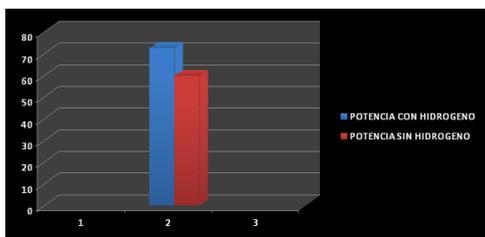


FIGURA 11 COMPARACIÓN POTENCIA



FIGURA 12 TORQUE CON HIDRÓGENO



FIGURA 13 TORQUE SIN HIDRÓGENO

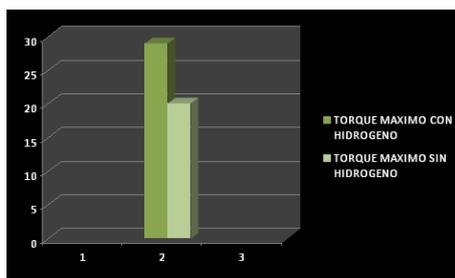


FIGURA 14 COMPARACIÓN TORQUE

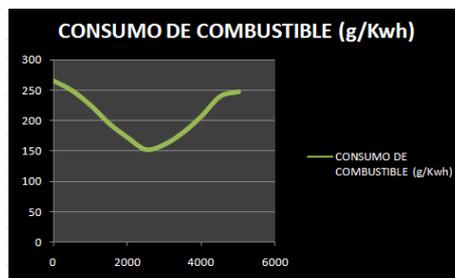


FIGURA 15 CONSUMO DE COMBUSTIBLE
ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de realizar las pruebas respectivas se puede concluir que el dispositivo ayuda a mejorar la potencia, torque y disminuir las emisiones contaminantes tal cual lo demuestran los datos obtenidos.

Se puede decir que en porcentaje un aumento del 12% de su potencia es considerable tomando en cuenta que el motor no esta preparado para competición, al contrario en un vehículo de paseo y rodaje dentro y fuera de la ciudad.

CONCLUSIONES

- El hidrógeno hace pensar que en el futuro, será el reemplazante de los hidrocarburos utilizados en la

actualidad, pues se trata de una energía limpia y no contaminante para el medio ambiente, y este es aplicable a los motores de combustión interna; así como lo demostramos en nuestro proyecto.

- Se ha demostrado que una mayor eficiencia existe en el motor otto debido a que el hidrogeno posee alto octanaje por lo cual su combustión será mas eficiente.
- El hidrógeno no sirve para motores a diesel debido a que no tiene niveles de cetano.
- El hidrógeno llega en estado gaseoso hasta el múltiple de admisión debido a su corto recorrido no se transforma en agua e ingresa en estado puro y como combustible a la cámara
- El hidrógeno es de gran disponibilidad a lo largo de nuestro planeta, no obstante siempre lo encontraremos combinado para lo cual se lo deberá descomponer como ya se comento en los temas tratados por electrolisis o reacciones químicas. Esta disponibilidad ayudará a frenar a las grandes multinacionales de petróleo, con lo que se supone una diversificación de las fuentes de energía y mucho mejor en el área automotriz.
- El aumento de torque es un 12%.

- Los valores de gases contaminantes tuvieron un cambio considerable, mejorando así las emisiones que afectan a nuestro planeta.
- El consumo de combustible disminuyo debido que la mezcla aire, combustible, hidrogeno es mas eficiente, tiene un poder calorífico mayor asi mismo su nivel de octanaje
- El proceso de combinar el hidrógeno con el hidrocarburo gasolina no es muy complicado solo hay que analizar el tipo de motor y las característica de construcción del mismo.
- Nuestro motor acepto de manera favorable el cambio, por lo cual podemos concluir que podemos instalar este dispositivo en cualquier vehículo, inclusive a carburador.

RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas en vehículos a carburador debido que estos producen mayores emisiones contaminantes que un auto a inyección.
- Debemos tener cuidado en la manipulación de los reactivos, los cuales son un tanto peligroso para nuestra salud.

- Para su instalación se debe tener material y personal calificado para evitar contratiempos.
- Se debe tomar en cuenta el manual de instalación del dispositivo para el uso adecuado dentro de cualquier vehículo.
- Durante la instalación evitar tener productos inflamables por la gran volatilidad del combustible

