



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO FACULTAD DE INGENIERÍA  
MECÁNICA



**TRABAJO DE TESIS**

“DESARROLLO DE SUMINISTRO DE HIDRÓGENO POR MEDIO DE  
ELECTROVÁLVULAS A UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.”

PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA  
MECÁNICA

**ALUMNO:**

ING. JOSÉ MARTÍN CERVANTES NAMBO

---

**ASESOR DE TESIS:**

DR. CARLOS RUBIO MAYA

---

**COASESOR DE TESIS:**

DR. CRISANTO MENDOZA COVARRUBIAS

---

Morelia, Michoacán, febrero 2020



La mente es como un paracaídas: trabaja sólo cuando está abierta. Anónimo

La verdadera medida de un hombre es la forma en que trata a alguien que no puede hacerle  
absolutamente ningún bien. Samuel Johnson

La grandeza estriba no en ser fuerte, sino en el uso correcto de la fuerza. Henry W. Beecher

El hombre superior es modesto en su habla, pero se excede en sus acciones. Confucio

Trata de no ser un hombre de éxito, sino más bien un hombre de valor. Albert Einstein

Una persona que ve el bien en las cosas tiene buenos pensamientos. Y quien tiene buenos  
pensamientos, recibe placer de la vida. Said Nursi

Para mentes diferentes, la misma palabra es un infierno y un cielo. Ralph W. Emerson

Un líder es aquel que ve más de lo que ven los demás, que ve más lejos que lo que ven los  
demás, y que ve antes de que los demás vean. Leroy Eims

Nunca confundas el conocimiento con la sabiduría. Uno te ayuda a ganarte la vida; el otro  
te ayuda a construir una vida. Sandra Cary

Como una sola persona, no puedo cambiar el mundo, pero puedo cambiar el mundo de una  
persona. Paul S. Spear

# Índice

<b>Índice</b> .....	4
Resumen.....	7
Abstract .....	8
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	9
1.1 Planteamiento del problema .....	10
1.2 Pregunta de investigación .....	10
1.3 Antecedentes .....	10
1.4 Justificación.....	11
1.5    Objetivos de la investigación.....	12
1.5.1    Objetivo general .....	12
1.5.2    Objetivos específicos.....	12
1.6 Hipótesis .....	12
1.7 Metodología.....	13
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	14
•    La distribución .....	15
•    Hidrogeno y su uso en motores de combustión interna .....	16
Motores híbridos con hidrógeno .....	16
•    Propiedades de combustibilidad del hidrógeno acompañado de oxígeno.....	17
•    Amplio margen de inflamabilidad .....	17
•    Baja energía para ignición.....	17
•    Corta distancia de extinción.....	17
•    Elevada temperatura de auto-ignición .....	18
•    Alta velocidad de las flamas.....	18
•    Fácil dispersión del hidrógeno.....	18
•    Baja densidad .....	18
•    Razón aire/combustible .....	18
2.1    Tipos de sistema de inyección de combustible en MCIH.....	19
2.1.1 Sistema de inyección central.....	19
2.1.2    Sistema de inyección por puerto .....	19
2.1.3 Sistema de inyección directa.....	19

CAPÍTULO III. COMBUSTION TEORICA DE MEZCLAS DE HIDROGENO.....	25
3.1 Determinar las variables para producir una mezcla estequiométrica. ....	27
3.1.1 Primera mezcla: .....	28
3.1.2 Segunda mezcla:.....	28
3.1.3 Tercera mezcla: .....	29
3.1.4 Cuarta mezcla:.....	29
3.1.5 Quinta mezcla:.....	30
3.2 Modelo matemático .....	30
3.3 Cargas porcentuales de hidrogeno .....	30
3.4 La combustión teórica.....	31
3.5 Modelo esquemático.....	34
3.6 Evaluación de entalpia de combustión .....	34
3.7 Combustibles y combustión .....	39
CAPÍTULO IV. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA PRODUCCIÓN DE HIDROGENO.....	42
4.1 Diseño de un banco de pruebas.....	42
4.1.1 Contenedor de gasolina: .....	43
4.1.2 Contenedor de agua: .....	43
4.1.3 Contenedor de H <sub>2</sub> :.....	44
Cálculos del área y volumen del contenedor H <sub>2</sub> : .....	45
Sumatoria de ambas áreas .....	45
Volumen de un cilindro y una esfera .....	45
Sumatoria de volúmenes.....	45
Cálculos para la presión del contenedor de H <sub>2</sub> : .....	45
4.1.4 Banco de pruebas para la producción de hidrogeno .....	46
4.1.5 Celdas de producción de hidrogeno .....	47
4.2 Implementación del banco de pruebas para la producción de hidrogeno.....	47
4.2.1 Contenedor de gasolina: .....	49
4.2.2 Contenedor de agua:.....	50
4.2.3 Contenedor de H <sub>2</sub> :.....	51
4.2.4 Celdas de producción de hidrogeno .....	52
CAPÍTULO V. DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE HIDRÓGENO MEDIANTE ELECTROVÁLVULAS. ....	55

5.1 Inyección de hidrogeno a un MCI, Comparativa al proyecto del físico Stanley Meyer patente (CA1231872A) .....	57
5.2 Comparativa con los diseños propuestos en este proyecto .....	66
5.2.1 Información del etiquetado.....	71
5.3 Pasos para la elaboración de un vehículo especializado .....	77
5.3.1 Motor:.....	77
5.3.2 Diseño: .....	79
5.3.3 Chasis: .....	81
5.3.4 Cubierta protectora: .....	83
5.4 Generador de pulsos eléctricos de Stanley Meyer.....	84
5.5 generador de voltaje de Henry K. Puharich. ....	94
5.6 Generador de voltaje propuesto.....	100
<b>CAPÍTULO VI. SUMINISTRO DE HIDRÓGENO A UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA Y REALIZAR PRUEBAS DE OPERACIÓN. ....</b>	<b>104</b>
6.1 Parte experimental suministrando hidrógeno a un motor de combustión interna.....	105
6.1.1 Hidróxido de Sodio (NaOH), .....	106
6.1.2 Hidróxido de Potasio (KOH).....	106
6.2 Importancia del número de placas.....	107
6.3 Suministro de gasolina a un motor de combustión interna .....	110
6.4 Suministro de cargas porcentuales de hidrogeno a un motor de combustión interna....	114
6.5 comparativa de uso de gasolina, hidrogeno y gasolina e hidrogeno .....	116
Conclusiones.....	124
Trabajo adicional.....	125
Anexos.....	127
Referencias .....	129

## **Resumen**

En esta investigación se plantea resolver la problemática del uso de la gasolina y su cambio hacia el hidrógeno pero sin sustituirlo al cien por ciento si no en cargas porcentuales, el cual se obtiene al separar partículas del agua por medio de electrólisis, en oxígeno e hidrógeno, se pretende demostrar que dicho combustible se puede utilizar en un motor de combustión interna, para ello se elaborara un sistema de suministro de cargas parciales de hidrogeno(electroválvulas) así como mezclas químicas que ayuden a la obtención de mayor cantidad de hidrogeno, también se realizara un sistema eléctrico el cual descomponga las partículas del agua para utilizar menor cantidad de energía eléctrica, también para separar la partículas del agua se realizara un diseño de placas y un banco portátil de pruebas, el cual contenga todos los elementos necesarios para poder ser transportado y poder utilizarlo en un vehículo, así mismo se desarrollara un prototipo de vehículo al cual se le suministrarán las cargas porcentuales del gas de hidrogeno ,y por medio de esta investigación se podrán obtener las ventajas y desventajas al usar el hidrógeno mediante la realización de pruebas para avalar a dicho combustible.

Hidrógeno, electroválvulas, celdas, combustión, electrólisis.

## **Abstract**

In this investigation it is proposed to solve the problem of the use of gasoline and change it towards hydrogen but without replacing complete it, if not in percentage charges, which is obtained by separating particles from water by electrolysis, in oxygen and hydrogen, it is intended to demonstrate that said fuel can be used in an internal combustion engine, for this purpose a hydrogen partial supply system (electrovalves) can be developed as well as mixtures of chemicals that help to obtain more hydrogen , an electrical system is also made to decomposes the particles of the water to use a smaller amount of electrical energy, also to separate the particles from the water a plate design and a portable test bench are carried out, which contains all the necessary elements in order to be transported and to be able to use it in a vehicle, a prototype of vehicle to which the percentage charges of hydrogen gas are supplied, and through this investigation the advantages and disadvantages of using hydrogen can be obtained by performing tests to support said fuel.



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El primer intento por concebir un motor que usara hidrógeno data del año 1820, plasmado en un artículo titulado “Sobre la aplicación de gas hidrógeno para producir potencia mecánica en maquinaria”, obra de un Reverendo inglés de nombre W. Cecil (Lanz y col., 2001). Inspirado en el así conocido principio de vacío, que atribuye la generación de energía mecánica a una diferencia barométrica, W. Cecil sugirió la utilización de una mezcla de aire e hidrógeno cuya combustión al interior del mecanismo ocasionaba un vacío que, interactuando simultáneamente con la presión atmosférica, provocaba el movimiento de un arreglo de pistones.

Inicialmente los motores con suministro de hidrógeno se integraron al campo de la aeronáutica espacial y actualmente es una importante materia prima para la industria química y del petróleo, ya que puede ser utilizado como fuente de energía para la calefacción residencial y de transporte. Este gas es considerado el candidato ideal para reemplazar a los combustibles fósiles.

Suministrar hidrógeno a un medio de transporte es un proceso complejo que implica diversos mecanismos y mejoras en el automóvil para una correcta instalación, es de gran importancia la elaboración de un prototipo que este diseñado especialmente para funcionar con hidrógeno, ya que si lo adaptamos a un coche ordinario, tal vez funcione e incluso supere las expectativas pero el hecho es que es necesario realizar un motor apropiado para la quema y uso exclusivo de hidrógeno. Sin embargo en esta investigación se va a desarrollar un laboratorio portátil que cuente con lo apropiado para separar las moléculas del agua en hidrógeno y oxígeno, para poder demostrar que el hidrógeno pueda funcionar como combustible en un motor de combustión interna, para ello se realizara un diseño en computadora que simule el banco de pruebas portátil, y una vez obtenido se procederá realizar en un material adecuado y seguro para poder transportarlo, haciendo lo anterior lo siguiente a realizar serán las pruebas a un motor de combustión interna para saber su comportamiento y así mismo se podrá evaluar si el hidrógeno es un rival potencial para sustituir a la gasolina en un motor de combustión interna.

Lo siguiente que se realizara en este proyecto de investigación se muestra a continuación:

- Diseñar un banco de pruebas para producción de hidrogeno.
- Implementar el banco de pruebas para la producción de hidrogeno.
- Diseño de un sistema de suministro de hidrógeno mediante electroválvulas.
- Determinar las variables para producir una mezcla estequiometria.
- Suministro de hidrógeno a un motor de combustión interna y realizar pruebas de operación.

### **1.1 Planteamiento del problema**

Actualmente se sigue utilizando como primera opción en función al combustible la gasolina, pero esta tiene grandes prejuicios para el medioambiente y para la salud de las personas, además esta se produce por medio de la extracción de petróleo, estos tienden a agotarse y por ende su costo es mayor por distintos factores tales como la extracción así como el refinamiento de dicho combustible , por lo tanto se propone la implementación del hidrógeno como primera opción en combustible , ya que este tiene excelentes prestaciones las cuales superan por demás a la gasolina por citar algunos ejemplos, se puede resaltar que tiene mayor octanaje, mayor capacidad calorífica a cual se aprovecha mejor , implementa mayor potencia al motor además el consumo en cuanto a costos es menor, también cabe señalar que cuando el hidrógeno es desechado al medio ambiente después de realizar la combustión, este sale a la atmosfera como vapor de agua lo cual no produce daños al medio ambiente y tampoco perjudica la salud de los seres vivos.

### **1.2 Pregunta de investigación**

¿Podría el hidrógeno ser el sustituto de la gasolina?

### **1.3 Antecedentes**

El primer intento por concebir un motor que usara hidrógeno data del año 1820, plasmado en un artículo titulado “Sobre la aplicación de gas hidrógeno para producir potencia mecánica en maquinaria”, obra de un Reverendo inglés de nombre W. Cecil (Lanz y col., 2001). Inspirado en el conocido principio de vacío, que atribuye la generación de energía mecánica a una diferencia barométrica, W. Cecil sugirió la utilización de una mezcla de aire e hidrógeno cuya combustión al interior del mecanismo ocasionaba un vacío que,

interactuando simultáneamente con la presión atmosférica, provocaba el movimiento de un arreglo de pistones.[2]

Inicialmente los motores con suministro de hidrógeno se integraron al campo de la aeronáutica espacial en donde, aún hoy en día, son los encargados de proveer la gigantesca fuerza o impulso necesario para el despegue de los artefactos que viajan a otros rincones del Universo; lo anterior evidencia la impresionante potencia que se puede alcanzar con esta clase de maquinaria, consecuencia indiscutible de las excepcionales propiedades del hidrógeno como combustible.

Acompañado de oxígeno, el hidrógeno libera bruscamente energía teniendo esencialmente agua como residuo del proceso. Existen diferencias y semejanzas entre el hidrógeno y el resto de los combustibles tradicionales como el gas natural o la gasolina; el hidrógeno es inflamable en un extenso intervalo de concentraciones y temperaturas, su contenido de energía por unidad de masa supera con creces al de cualquier otro combustible.

Un kilogramo de hidrógeno almacena una energía equivalente a 140.4 MJ en tanto que una porción igual de gasolina posee apenas 48.6 MJ; por unidad de volumen la situación cambia, 8 MJ por litro de hidrógeno en estado líquido contra 32 MJ en un volumen idéntico de gasolina (Pant y Gupta, 2009a), de ahí que, sobre todo en medios de transporte, el almacenamiento del hidrógeno es una tarea complicada. [3]

## **1.4 Justificación**

El hidrógeno es un gas a temperatura ambiente, que no se encuentra libre en la naturaleza por su tendencia a asociarse con otros gases. De “hidro” y “génesis” tenemos su nombre, toda molécula de agua tiene dos átomos de hidrógeno. El 70% del Planeta Tierra está compuesto por agua.

La industria petroquímica lleva años utilizándolo como materia prima de una amplia gama de productos derivados del petróleo y para reducir la cantidad de partículas, aromáticos y sobre todo azufre presentes en la gasolina y el gasóleo. La utilización del hidrógeno como combustible abre a la industria del petróleo las puertas de un nuevo mercado, en el que, junto a las empresas especializadas en la producción y el suministro de gases, ocuparán un lugar privilegiado.

Es un vector energético, es decir, de él podemos sacar energía, pero no sin transformarlo. Se puede obtener el hidrógeno extrayéndoselo a otros compuestos (como gas natural) o mediante electrólisis, rotura de moléculas de agua con mucha electricidad.

El hidrógeno, forma parte de toda la materia orgánica, incluidas las personas. Hay hidrógeno, por tanto, en la biomasa y el biogás; pero, sobre todo, en la biomasa y el biogás. Rompiendo los enlaces de las moléculas que lo contienen mediante diferentes tecnologías, se consigue producir hidrógeno y, una vez almacenado y transportado, utilizarlo como combustible o en otras aplicaciones

## **1.5 Objetivos de la investigación**

### **1.5.1 Objetivo general**

-Suministrar cargas porcentuales de hidrogeno a un motor de combustión interna

### **1.5.2 Objetivos específicos**

-Construir un banco portátil donde se implementen elementos que ayuden a la separación del hidrogeno

-Diseñar un recipiente para almacenaje del gas hidrogeno

-Suministrar cargas porcentuales de hidrogeno a un MCI mediante electroválvulas

-Estimación de una mezcla estequiometrica

-Pruebas y resultados de la implementación del hidrogeno a un MCI

## **1.6 Hipótesis**

Los combustibles fósiles como el petróleo, se implementaron para proveer de energía a un motor de combustión interna a través de una explosión que mueve a un pistón. Estos combustibles, son finitos y se aproxima su agotamiento en los próximos 30 años, además tienen un gran impacto ambiental perjudicándolo gravemente.

Una solución alternativa de combustible es el hidrogeno, con mejores características que la gasolina como lo es : un octanaje de más de 130, El hidrógeno es incoloro, inoloro, insípido, altamente inflamable pero no tóxico ni corrosivo, se dispersa rápidamente lo que hace que en

un ambiente aireado se diluya rápidamente, tiene muy poca densidad (14 veces menos que el aire) y cuando se quema forma una llama azul pálido casi invisible sin embargo es propenso a fugas dada su baja viscosidad y su bajo peso molecular.

Es posible utilizar el hidrógeno como nuevo combustible por medio de la electrolización. El hidrógeno obtenido por la electrolización del agua puede almacenarse y tiene un valor agregado como combustible para vehículos. El hidrógeno cuya base de obtención es el agua, es muy abundante y puede ser utilizado tanto en países energéticamente pobres como en los ricos.

También es posible usar el hidrógeno como combustible ya que tiene excelentes propiedades que lo hacen comparable y hasta mucho mejor que la gasolina, solo que se tiene que tener especial cuidado al suministrar hidrógeno ya que este solo tiene que accionarse con cierta cantidad de partículas, para esto es que se realizaran las electroválvulas para controlar la mezcla estequiometrica ideal.

## **1.7 Metodología.**

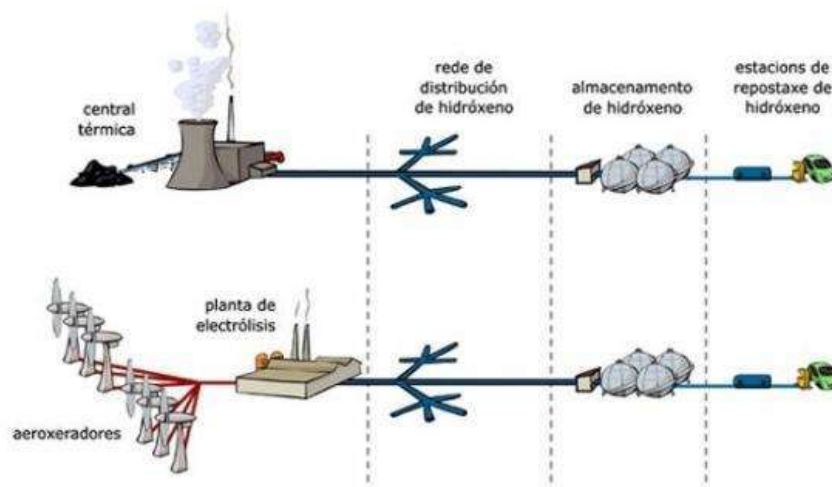
La metodología que se utiliza para desarrollar esta investigación es descriptiva, basada en una aproximación inductiva a partir de la cual se analizará cualitativa y cuantitativamente la información obtenida. Para la determinación de los patrones de suministro de hidrógeno, se realizará un banco de pruebas portátil que permita analizar de forma explícita el comportamiento del hidrógeno en un motor de combustión interna.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En la actualidad, hay varios métodos que permiten producir hidrógeno fácilmente y a un coste razonable. Se conseguiría, si se sustituye la gasolina por hidrógeno, una enorme reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Algunas técnicas de obtención del hidrógeno usan carbón o gas natural y generan, inevitablemente, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pero se hace de una forma centralizada que permite separar y gestionar el gas contaminante. En el caso de usar biomasa como materia prima, el proceso resulta mucho más limpio.

Otro método es la electrolisis, que consiste en descomponer el agua aplicando corriente eléctrica. Siempre que esta corriente eléctrica sea generada de forma renovable, el hidrógeno se producirá con muy bajas emisiones de gases de efecto invernadero. En este sentido, la descomposición termoquímica del agua aprovechando las elevadas temperaturas de los reactores nucleares o de los concentradores solares produce hidrógeno a través de uno de los procesos de producción más limpios que existen. También hay procesos que se basan en alterar el metabolismo de bacterias o algas gracias a la luz solar. Son procesos limpios, pero que se deben mejorar para aumentar la eficiencia.



**Figura 2.1** Obtención de hidrógeno

- **La distribución**

En la figura 2.1 se puede observar el proceso del hidrogeno dicho proceso cuenta con un gran obstáculo que debe superar el sector del hidrógeno para uso en vehículos es su transporte y distribución. Actualmente, los costes de distribución son muchos más altos que los de la gasolina o el gasóleo. En principio, sólo es rentable si el hidrógeno se produce cerca o en el mismo lugar donde se va a utilizar.

Una posible solución a la distribución sería crear una infraestructura global a través de una red general de tuberías, pero eso supone una inversión inicial enorme. ¿Y si se usara lo que ya existe, las redes que permiten el petróleo, los oleoductos? De hecho, ya se está probando usar la infraestructura de distribución del gas natural: se inyecta hidrógeno en los gasoductos y se separa en el punto de destino. Un gaseoducto permite transportar hasta un 20% en volumen de hidrógeno con unos mínimos cambios en la red.

Otra ventaja del hidrógeno es que se puede mezclar con gas natural. De este modo, la falta de esa infraestructura de distribución puede ser compensada mezclando los dos compuestos. En cuanto al transporte y almacenado, el mayor problema es la seguridad.

En definitiva, hay algunos problemas que hay que resolver, pero, poco a poco, la ciencia avanzará para que el hidrógeno se pueda convertir en el sustituto de los derivados del petróleo en los medios de transporte.

El hidrógeno (H<sub>2</sub>) es una importante materia prima para la industria química y del petróleo. Además, se le augura un futuro promisorio en su uso como portador de energía no contaminante, ya que puede ser utilizado como fuente de energía para la calefacción residencial y de transporte. Este gas es considerado el candidato ideal para reemplazar a los combustibles fósiles, debido a que puede ser obtenido a través de recursos renovables (López Ortiz et al., 2002) y al hecho de que sólo produce vapor de agua durante su combustión lo cual lo hace no contaminante. Un importante campo de investigación sobre este elemento ha emergido en los últimos años; la generación de tecnología en celdas de combustible para producir electricidad. Estas celdas utilizan hidrógeno como materia prima. [1]

- **Hidrogeno y su uso en motores de combustión interna**

Los motores diésel o de ignición por compresión, al carecer de un sistema de encendido aunado a la elevada temperatura de auto-ignición del hidrógeno, no son los indicados para trabajar directamente con este combustible (Pant y Gupta, 2009a). [4]

Ciertas propiedades del hidrógeno, como su amplio rango de inflamabilidad y su mínima energía para ignición, lo convierten en un prospecto idóneo para ser usado directamente en MCI de encendido por chispa, que difieren un poco de aquellos que consumen gasolina (Das, 1990; White y col., 2006). Lo anterior hace posible que algunos motores empleen indistintamente hidrógeno o gasolina, como sucede con el motor de combustión interna Hydrogen 7 desarrollado por la firma alemana BMW. [5,6]

### **Motores híbridos con hidrógeno**

Este género de motores aprovecha la fuerza de expansión resultado de quemar hidrógeno gaseoso dentro de las cámaras de combustión de los cilindros, la fuerza provoca el movimiento de unos émbolos, desplazamientos que se traducen, utilizando una biela de por medio, en la rotación de un cigüeñal mecánicamente acoplado a las ruedas del vehículo; la secuencia descrita es prácticamente idéntica a la de un MCI ordinario. Otra posibilidad es un formato tipo híbrido donde el MCIH proporciona la energía mecánica que es conducida a un generador eléctrico que, por lo regular asistido por un conjunto de baterías o ultra capacitores, suministra la potencia para dar movilidad al automóvil. Frecuentemente originada por los puntos o lugares muy calientes de la cámara de combustión, la ignición prematura o pre-ignición es la complicación habitual asociada a los MCIH (Mohammadia y col., 2007), se presenta cuando la mezcla carburante contenida en la cámara de combustión se enciende antes de que lo efectúe la bujía de encendido, derivando en un funcionamiento brusco e ineficiente del motor. Elaborar un rediseño, experimentar con nuevos materiales, perfeccionar el sistema de inyección de combustible así como identificar las fuentes de ignición prematura son los caminos sugeridos para minimizar o erradicar por completo este problema (Das, 1991; White y col., 2006; Mohammadia y col., 2007) [6,7].



- **Propiedades de combustibilidad del hidrógeno acompañado de oxígeno**

El hidrógeno libera bruscamente energía en un MCIH, teniendo esencialmente agua como residuo del proceso. Existen diferencias y semejanzas entre el hidrógeno y el resto de los combustibles tradicionales como el gas natural o la gasolina; el hidrógeno es inflamable en un extenso intervalo de concentraciones y temperaturas, su contenido de energía por unidad de masa supera con creces al de cualquier otro combustible. Un kilogramo de hidrógeno almacena una energía equivalente a 140.4 MJ en tanto que una porción igual de gasolina posee apenas 48.6 MJ; por unidad de volumen la situación cambia, 8 MJ por litro de hidrógeno en estado líquido contra 32 MJ en un volumen idéntico de gasolina (Pant y Gupta, 2009a), de ahí que, sobre todo en medios de transporte, el almacenamiento del hidrógeno es una tarea complicada. Las propiedades o características más relevantes del hidrógeno en el papel de combustible son las siguientes [3]:

- **Amplio margen de inflamabilidad**

La inflamabilidad en parte depende del nivel de concentración; el hidrógeno en forma concentrada y aun diluida es altamente inflamable, por encima de otros combustibles, favoreciendo su compatibilidad con los motores de combustión interna (MCI).

- **Baja energía para ignición**

Aproximadamente, una décima parte de la energía necesaria para encender a la gasolina, 0.24 mJ, basta para propiciar la ignición del hidrógeno, 0.02 mJ (Pant y Gupta, 2009a). En el contexto de los MCI, la baja energía para ignición del hidrógeno garantiza, por un lado, el encendido al instante del motor pero también, a causa de la temperatura de diversos componentes o sustancias dentro del motor, la aparición del fenómeno de ignición prematura [3].

- **Corta distancia de extinción**

Teniendo una distancia de extinción menor a la de la gasolina, las llamas del hidrógeno en combustión se hallan más próximas entre sí, apagar una flama del hidrógeno puede resultar más difícil en comparación con una del hidrocarburo mencionado.

- **Elevada temperatura de auto-ignición**

La temperatura de auto-ignición se define como la temperatura mínima indispensable para que, sin la intervención de un medio de ignición externo, un combustible se auto encienda; en el caso del hidrógeno esta temperatura es de 585 °C, una cifra relativamente elevada que permite un margen de maniobra en parámetros como la razón de compresión de un MCI, dado que al reducir el volumen se incrementa la temperatura; con objeto de evitar la ignición prematura, la temperatura final debe ser inferior a la temperatura de auto-ignición.

- **Alta velocidad de las flamas**

La rapidez con que se desplaza una flama del hidrógeno, hasta 3.46 m/s, llega a ser casi diez veces superior a la registrada por una flama de la gasolina, 0.42 m/s; ello contribuye a mejorar, desde la perspectiva termodinámica, el desempeño de un MCI (Pant y Gupta, 2009a). [3]

- **Fácil dispersión del hidrógeno**

Se dispersa en el aire con mayor agilidad que, por ejemplo, la gasolina, esto facilita el conseguir mezclas homogéneas aire/combustible además de ser un punto a su favor en materia de seguridad, sin embargo, su pronta diseminación ocasiona problemas en retención y almacenaje.

- **Baja densidad**

Factor que implica que sea casi imprescindible disponer de un volumen considerable a fin de almacenar una cantidad sustancial de hidrógeno, requerimiento que choca con los cánones tradicionales del diseño automovilístico.

- **Razón aire/combustible**

La proporción aire/combustible química o estequiométricamente correcta para la combustión total del hidrógeno en aire es 34:1 en masa, esto significa que se precisan, 15 como ejemplo, 34 gramos de aire por cada gramo de hidrógeno, condición que repercute directamente en la repartición natural que sucede al interior de la cámara de combustión. Un combustible que es gas a temperatura y presión ambientales, hidrógeno, se expande un volumen mayor dentro de la cámara que un combustible líquido, como gasolina, lo que orilla

a que un menor porcentaje de la cámara pueda ser llenado con aire, panorama que dista del químicamente conveniente.

## **2.1 Tipos de sistema de inyección de combustible en MCIH**

### **2.1.1 Sistema de inyección central**

También conocido como carburador, es el procedimiento más sencillo para suministrar el hidrógeno al MCIH. De entre sus ventajas destaca que no exige un flujo de hidrógeno a tan alta presión como ocurre con otros métodos, sumado a que desde hace tiempo es utilizado en los MCI a gasolina permitiendo que la transición al hidrógeno sea menos laboriosa. No obstante, con este sistema se es más vulnerable a una pre ignición ocasionando una combustión irregular del carburante (Akansu y col., 2004; Toshio e Hiroyuki, 2007) [8,9].

### **2.1.2 Sistema de inyección por puerto**

El hidrógeno es suministrado con una presión mayor que en la inyección central directamente en cada puerto de entrada instantes después de haber comenzado el ciclo de admisión. Primero ingresa el aire por separado con la misión de diluir los gases residuales, refrescando el interior de la cámara y con esto reducir la probabilidad y efectos de un encendido prematuro de la mezcla.

### **2.1.3 Sistema de inyección directa**

Tecnológicamente más sofisticada, la técnica de inyección directa actúa durante el ciclo de compresión; mientras la válvula de admisión está cerrada se introduce el combustible eliminando la posibilidad de pre-ignición en el ciclo de admisión, aunque puede suceder en cualquier otro momento. Requiere que el combustible ingrese a mucho mayor presión que en la inyección por puerto, además de que el aire y el hidrógeno se tiene que mezclar en un tiempo brevísimo lo que no garantiza que la mezcla obtenida sea totalmente homogénea, conduciendo a un eventual incremento de las emisiones de óxidos de nitrógeno (Pant y Gupta, 2009a). La potencia generada por un MCIH con este sistema de inyección es aproximadamente 42% superior a la de un 17 MCIH con inyección central y rebasa en alrededor de 20% a la de un MCI alimentado con gasolina (AL-Garni, 1995; Peschika, 1998;

Eichlseder y col., 2003; Schafer y col., 2006; White y col., 2006; Galloni y Minutillo, 2007). [3, 10, 11, 12, 13, 14].

**Tabla 2.1** sistemas de inyección de combustible en un MCIH

Tipología	Descripción	Ventajas	Desventajas
Inyección central	También conocido como carburador, es el procedimiento más sencillo para suministrar el hidrógeno al MCIH	-Presión de inyección de hidrógeno no muy alta -Es empleado en los MCI a gasolina, simplificando la conversión al hidrógeno	-Bastante vulnerable a una pre-ignición -Combustión irregular del carburante
Inyección por puerto	El hidrógeno es suministrado directamente en cada puerto de entrada instantes después de haber comenzado el ciclo de admisión; el aire y el combustible ingresan por separado	-Reduce la probabilidad y magnitud de los efectos de una pre-ignición	-Mayor presión de inyección de hidrógeno
Inyección directa	Actúa durante el ciclo de compresión, mientras la válvula de admisión está cerrada se introduce el combustible; el aire y el hidrógeno deben mezclarse en un lapso muy breve de tiempo	-Evita la pre-ignición durante el ciclo de admisión -Aumenta sensiblemente la potencia generada por el motor	-Presión de inyección de hidrógeno muy elevada, en comparación con los otros sistemas -La mezcla aire-hidrógeno puede no ser homogénea, desembocando en un aumento de emisiones contaminantes

Para el buen desempeño de un MCIH están vinculados con el mecanismo de encendido y la ventilación. Pese a que el sistema de ignición de los MCI a gasolina funciona para el hidrógeno, se recomienda reemplazar las bujías tradicionales por unas sin puntas de platino y con una velocidad de transferencia de calor superior.

La ventilación es esencial en un MCIH, sobre todo en la cubierta o cárter del cigüeñal donde una porción de hidrógeno que se filtre internamente hasta este sitio puede encenderse con facilidad, dada la baja energía para ignición de este combustible, ocasionando una marcha ruidosa, un súbito ascenso de la presión o fuego al interior del motor. Un tránsito adecuado de aire y una válvula de liberación de presión.

La razón aire/combustible así como el método de inyección de combustible son los actores principales en el cálculo de la potencia teórica máxima de un MCIH. La forma en que operan los sistemas de inyección central y por puerto, mezclando el aire y el hidrógeno previamente a su entrada a la cámara de combustión ocasionando que el volumen de aire no sea el deseado, restringen la magnitud de la potencia máxima de tal manera que equivale al 85% de la desarrollada por un MCI a gasolina; a diferencia de que empleando la inyección directa, el aire y el hidrógeno se mezclan al cerrar la válvula de admisión asegurando que la cámara de

combustión se encuentra enteramente llena de aire, la potencia teórica máxima aventajar en casi 15% a la de un MCI a gasolina (Pant y Gupta, 2009a).[3]

En un intento por reducir al mínimo las emisiones contaminantes de óxidos de nitrógeno, generados por el uso de aire, la elevada temperatura derivada de la combustión del hidrógeno y por las condiciones estequiométricamente exactas aire/combustible, se suele introducir una mayor cantidad de aire, afectando sensiblemente la potencia del MCIH; utilizar el doble del aire necesario conlleva una reducción de la potencia hasta un valor 50% inferior a la registrada por un MCI a gasolina de dimensiones semejantes. En términos generales, un automóvil acondicionado para consumir hidrógeno posee una eficiencia global cercana al 45%, dejando muy por debajo el 25% de eficiencia mostrada por un vehículo promedio impulsado por gasolina (Pant y Gupta, 2009a). [3]

Numerosos vehículos provistos de un MCIH han sido ensamblados con fines demostrativos y sólo unos cuantos componen la oferta comercial actual (Das, 1990; Verhelst y Sierens, 2001; Schafer y col., 2006; White y col., 2006), los patrones de construcción varían según el modelo y el fabricante, algunos son de formas muy básicas y funcionamiento simple mientras que otros son estética y operativamente más complejos. [4, 13,15].

Dadas las cualidades del hidrógeno como combustible, los MCIH ofrecen un desempeño global superior al mostrado por los MCI alimentados con gasolina, que se refleja en una mayor potencia mecánica desarrollada; asimismo, pueden ser diseñados de tal forma que empleen gasolina e hidrógeno o mezclas de éste con otros combustibles, además de lograr que emitan la menor cantidad de contaminantes.

A partir de que el hidrógeno irrumpió en la escena automovilística, bastantes consorcios automotrices han mostrado un interés por las tecnologías para el aprovechamiento de este combustible. El intento más reciente de la firma BMW es el modelo BMW Hydrogen 7 vehículo que dispone de un motor de combustión interna bivalente (hidrógeno/gasolina).

Dentro de las modificaciones previstas en el rediseño de un MCI con el propósito de que trabaje con hidrógeno se pone énfasis en el sistema de inyección del combustible a las cámaras de combustión; con la inyección directa se obtiene un repunte en eficiencia y potencia gracias a que desaparecen muchos de los fenómenos relacionados con una combustión irregular (Das, 1990 y 1991; Midilli y col., 2005; White y col., 2006). [4, 5,16].

Modelo	Compañía	Tecnología	Principales características	Imagen
X-Trail FCV	Nissan	Celdas de combustible	Prototipo del fabricante japonés de autos, equipado con celdas de combustible que en suma aportan una potencia de 90 kW permitiéndole alcanzar una rapidez límite de 150 km/hidrógeno, transita aproximadamente 500 km sin repostar combustible. Evaluado en el circuito automovilístico de Nürburgring, Alemania donde, a decir de los expertos, se mostró un tanto lento especialmente en los tramos ascendentes	
Genepax	Genepax	Celdas de combustible	Lo sorprendente de este vehículo es que emplea agua a manera de combustible. Valiéndose de sistema de membranas que le permiten disociar químicamente la molécula del agua, no necesariamente destilada, para obtener así el hidrógeno que es entregado a las celdas de combustible, encargadas de generar la energía eléctrica que demanda el motor, calificado como uno de los más eficientes en relación a sus similares. La firma japonesa Genepax afirma que un litro de agua basta para ponerlo en marcha alrededor de 60 minutos logrando una velocidad de 80 km/h	
BMW Hydrogen 7	BMW	Motor de combustión interna alimentado con hidrógeno	Variante de la versión híbrida gasolina/hidrógeno del consorcio alemán. Se trata de un potente automóvil que emplea exclusivamente hidrógeno, dotado de un motor de combustión interna de 6 litros V12 y un medio de almacenamiento criogénico con capacidad de 8 kilogramos del combustible en fase líquida, dándole una autonomía de recorrido próxima a los 225 km. No se clasifica como un vehículo cero emisiones debido a que se desprenden cantidades mínimas de dióxido de nitrógeno en el momento en que el motor de combustión alcanza temperaturas muy elevadas	

Modelo	Compañía	Tecnología	Principales características	Imagen
ecoVoyager	Daimler-Chrysler	Celdas de combustible/ baterías ión-litio	Vehículo deportivo híbrido impulsado por un motor eléctrico que extrae la energía de un paquete de baterías de ión-litio o bien de celdas de combustible que reciben hidrógeno; le toma 8 segundos acelerar de 0 a 100 km/hidrógeno, utilizando las baterías logra 65 km de autonomía en tanto que con el hidrógeno supera los 400 km de travesía, las dos modalidades están libres de emisiones contaminantes	
Cadillac Provoq	General Motors	Celdas de combustible/ baterías ión-litio/ paneles solares	Dispone de una serie de tanques en los que es posible depositar hasta 6 kilogramos de hidrógeno suficientes para recorrer cerca de 480 km; tanto las baterías de ión-litio como las celdas de combustible están conectadas un motor eléctrico denominado e-flex, instalado también en otros modelos cero emisiones de la marca estadounidense. Adicionalmente, en el techo del automóvil se colocaron paneles solares que abastecen de energía a los accesorios ubicados al interior de la cabina	
Toyota FCHV	Toyota	Celdas de combustible	Ostenta la marca de mayor distancia recorrida con un solo tanque de hidrógeno, rebasó los 560 km que separan a las ciudades de Osaka y Tokio. Prototipo de camioneta semejante a las tradicionales del tipo SUV; provista de celdas de combustible altamente eficientes que le brindan una asombrosa autonomía según datos de los miembros del consorcio japonés	

**Tabla 2.2** Muestra de algunas unidades de vehículos los cuales son propulsados por hidrógeno y bi-combustible

Modelo	Compañía	Tecnología	Principales características	Imagen
Ford Focus FCV	Ford Motors Company	Celdas de combustible	Automóvil de cifras modestas, posee un motor de potencia media que alcanza una velocidad tope de 128 km/h y tarda alrededor de un cuarto de minuto en acelerar de 0 a 100 km/h. La sección trasera, específicamente en la cajuela, se eligió para instalar un voluminoso tanque de almacenamiento de hidrógeno que abarca casi por completo el espacio disponible	
Peugeot 207 Epure	Peugeot	Celdas de combustible	Descendiente del modelo convencional del Peugeot 207 CC; equipado con celdas de combustible que toman el hidrógeno de un quinteto de cilindros de almacenaje situados en la parte posterior del vehículo, cada tanque es capaz de guardar hasta 3 litros, (15 litros de hidrógeno en total); y autonomía de 350 km. El motor le permite acelerar de 0 a 100 km/h en 15 seg. y desarrollar una velocidad máxima de 130 km/h. Se le añadió una batería de ión-litio con el propósito de capturar la energía emanada durante el frenado; el peso neto del auto es de tonelada y media	
Ford Edge	Ford Motors Company	Celdas de combustible/ baterías ión-litio	Prototipo de la firma estadounidense; sus baterías de ión-litio proveen la energía necesaria para trayectos cortos, 40 km como límite, en tanto que las celdas de combustible son las indicadas para rutas prologadas; las baterías tienen la cualidad de que pueden ser recargadas en un contacto de la red eléctrica. En conjunto, la autonomía de recorrido y la velocidad máxima del vehículo son de aproximadamente 362 km y 136 km/h, respectivamente	

La producción de hidrógeno no es exclusiva de los métodos de reformación ni tampoco de los compuestos de origen fósil. El aprovechamiento de activos de otra naturaleza como pueden ser, por ejemplo, la biomasa (materia orgánica) y el agua, en conjunto con una metodología apropiada para sustraer al máximo posible el contenido de hidrógeno presente en este tipo de materiales, dan forma a una alternativa interesante en la que se depositan grandes expectativas asociadas a temas como la sustentabilidad e impacto ambiental en el marco de la producción a gran escala de hidrógeno.

Al emplear la biomasa como materia prima en ciertos procesos de transformación se propicia la creación de nuevos compuestos, uno de éstos es el hidrógeno. Por medio de métodos como la gasificación, pirolisis, conversión a combustibles líquidos por extracción supercrítica, licuefacción, hidrólisis, etc., se puede obtener hidrógeno; los cuales, en ciertas ocasiones, requieren además de una reacción o de un entorno específico, demanda típica de la llamada producción biológica de hidrógeno o biohidrógeno.

La sociedad del hidrógeno, también se refiere a una economía del hidrógeno, donde el H<sub>2</sub> es el principal portador de energía (Sherif 2005). El hidrógeno se produce a partir de fuentes de energía renovables como la energía solar, energía eólica, hidroeléctrica a través de la electrólisis del agua o de la biomasa. En una economía del hidrógeno, la electricidad y el hidrógeno se produce en grandes cantidades y se utilizan cuando los combustibles fósiles se están utilizados en la actualidad. El hidrógeno es ampliamente considerado como el transporte de combustible del futuro (IEA, 2004), y las celdas de combustible son probablemente las más adecuadas para sustituir a la energía de motores de combustión ineficientes con el tiempo. [17]

Es evidente que los coches impulsados por celdas de combustible no pueden ser introducidos en un mercado sin ningún tipo de infraestructura para el suministro de hidrógeno. Por otro lado, una infraestructura del hidrógeno es inútil si el costo de los vehículos de H<sub>2</sub> es demasiado elevado para los clientes. Por lo tanto, entre los principales retos a corto plazo es desarrollar una infraestructura del hidrógeno y hacer rentable las celdas de combustible.

Hoy en día existen varias tecnologías para producir hidrógeno y la mayoría están basadas en la utilización de combustibles fósiles como materia prima. A escala mundial, 48% del hidrógeno es producido a partir de gas natural, 30% proveniente del petróleo (la mayoría consumido en las refinerías), 18% a partir de la gasificación del carbón y el restante 4% vía electrólisis (DOE, 1999). [18]

Existen otros procesos para producir H<sub>2</sub> en los que no se utilizan hidrocarburos como en la electrólisis del agua, mientras que la producción de H<sub>2</sub> a partir de fuentes renovables aún está en estudios fundamentales. El costo para producir H<sub>2</sub> a partir de la electrólisis es casi el doble que en la reformación de vapor de hidrocarburos ligeros (López Ortiz et al., 2000). Por otra parte la producción de H<sub>2</sub> a partir de fuentes renovables no se espera competitiva en los próximos 30 o 40 años (DOE, 1995). Actualmente, se investiga la tecnología del reformación de vapor de hidrocarburos ligeros para modificar el proceso convencional, con el fin de realizar adelantos en el proceso y estas pueden ser muy significantes en los siguientes años. [19, 20]



## **CAPÍTULO III. COMBUSTION TEORICA DE MEZCLAS DE HIDROGENO**

Como primer paso se realizará un diseño en computadora de un banco de pruebas de producción de hidrogeno portátil en el cual sea más seguro el desplazamiento del gas hidrogeno para la realización de las pruebas. Después se realizaron los depósitos diseñados, con estos depósitos se podrán realizar diversos tipos de prueba que pongan a consideración la utilización del hidrogeno como una energía alterna capas de desplazar a la gasolina. También se podrá determinar el tipo de material a utilizar en los contenedores, para una correcta distribución y obtención del hidrogeno, para prevenir un posible daño al usuario.

Los instrumentos utilizados en esta investigación son los siguientes:

Contenedor de gasolina que cuenta con la función de almacenar combustible fósil para poder realizar distintos tipos de pruebas en cargas porcentuales, está realizado de acero inoxidable, cedula calibre 14, de 3in (7.62cm) de diámetro por 8in (20.32cm) de largo.

Contenedor de agua: Esta realizado de acero inoxidable cedula calibre 14, donde se mezcla el hidrogeno con el agua, realizando un purgado se obtiene gas hidrogeno libre de partículas, al realizar la electrolisis de 3in (7.62cm) de diámetro por 8in (20.32cm) de largo

Contenedor de Hidrógeno: Almacena el gas hidrogeno, producto de la electrolisis, cuenta con un sistema de suministro y una capacidad de almacenamiento que provee de hidrogeno al MCI. Para posteriores pruebas de cargas porcentuales.

Celdas de producción de hidrogeno: Están constituidas por acero inoxidable 316L de grado alimenticio, estas celdas deben ser de este material de lo contrario su mayor daño seria la corrosión, debido a los distintos tipos de hidrocarburos que se utilizan en la mezcla, ya que cuando se produce la electrolisis, genera una reacción violenta haciendo que se dañen las celdas causando orificios en ellas.

Banco de pruebas para la producción de hidrogeno: Es un recipiente en forma hexagonal para poder integrar distintos contenedores en su interior , así como un sistema eléctrico, las electroválvulas y las celdas, cilindro purgador de hidrogeno, un suministro de gasolina, un transformador de corriente de 120v a 12v , dos balastos de alta intensidad ,un paquete de celdas de acero inoxidable de separación de partículas mediante la electrolisis para la

producción de hidrogeno y un contenedor de gas hidrogeno. Este recipiente es de acero inoxidable cedula calibre 14, anti corrosiva y de alta duración, cuenta con sistema de ventilación y un sistema de visualización.

Para realizar la implementación del hidrógeno en los vehículos automotores , se han realizado muy pocas tesis y proyectos que hablan de este tema , entre estos encontramos emplear el uso de hidrógeno como en el desarrollo de baterías de ciclo profundo y del cual son más eficientes para los vehículos eléctricos, también la implementación de hidrógeno en la implementación de plantas de energía nuclear , por otra parte en esta investigación se plantea, realizar un banco de pruebas de producción de hidrogeno que cuente con lo apropiado para separar las moléculas del agua en hidrógeno y oxígeno, para poder demostrar que el hidrógeno pueda funcionar como combustible en un motor de combustión interna, por ello se realizara un diseño en Solid Works que pretenda simular el banco de pruebas para producción de hidrogeno, que integrara todos los componentes que se necesitan para realizar la electrolisis , y una vez obtenido dicho banco de pruebas se procederá realizar en un material adecuado y seguro para poder transportarlo, haciendo lo anterior lo siguiente a realizar serán las pruebas a un motor de combustión interna para saber su comportamiento y así mismo se podrá evaluar si el hidrógeno es un rival potencial para sustituir a la gasolina en un motor de combustión interna realizando prácticas de implementación porcentuales , cabe señalar que las anteriores relaciones porcentuales se realizaran utilizando hidrógeno y gasolina, es importante señalar que el objetivo de este proyecto no es demostrar aun cien por cien que funcione un motor solo con hidrógeno , sino lograr demostrar que el hidrógeno es prometedor como fuente de combustible alterno. EL trabajo consiste en realizar lo siguiente:

- Diseñar un banco de pruebas para producción de hidrogeno
- Implementar el banco de pruebas para la producción de hidrogeno
- Diseño de un sistema de suministro de hidrógeno mediante electroválvulas
- Determinar las variables para producir una mezcla estequiométrica
- Suministro de hidrógeno a un motor de combustión interna y realizar pruebas de operación

### **3.1 Determinar las variables para producir una mezcla estequiométrica.**

En este punto se tocará un tema demasiado interesante en el cual bastantes ingenieros y científicos han desarrollado a lo largo del tiempo un sinfín de pruebas para garantizar que por medio del agua podemos obtener combustible al separar las partículas de oxígeno y de hidrógeno. Aunque cabe resaltar que esta cuestión no es tan sencilla como parece ya que actúan diversas cuestiones para poder lograr que el hidrógeno pueda actuar como combustible, por esa razón a continuación se plantea lo siguiente:

Para poder obtener hidrógeno es sabido que basta con separar las moléculas del agua y así mismo obtendríamos el hidrógeno, pero a veces esta cantidad de hidrógeno que obtenemos de la simple agua no es suficiente, pues es por eso que se han realizado un sinfín de pruebas con distintas sustancias químicas que pueden aumentar la cantidad de hidrógeno, ya que estas sustancias al separarlas por medio de un súper catalizador que en este caso es la electricidad, podemos obtener mayor cantidad de hidrógeno, pero aun así obteniendo el hidrógeno no es suficiente, ya que si se planea utilizar como un combustible que reemplazara la gasolina, para ello se tienen que realizar un sinfín de pruebas para que este hidrógeno no dañe al motor, por lo siguiente se citaran algunas de las mezclas químicas que se han venido desarrollando para la obtención del hidrógeno y así mismo se señalara cual es la mejor debido a su comportamiento y al posible daño que podría causar al motor y así mismo se mencionara algunas de las ventajas más visibles al usar dicha fórmula, cabe señalar que estas fórmulas fueron realizadas a pruebas de causa y error para saber un aproximado de cual es mejor, cabe señalar que las pruebas no están determinadas a un nivel claro y científico que las apruebe ya que la cuestión de este proyecto es solo la demostración de que el hidrógeno pueda ser utilizado como un combustible que posiblemente reemplace la gasolina.

A continuación, se mostrará una lista de mezclas con las que se ha estado trabajando y así mismo se expondrá las ventajas y desventajas de utilizar dicho compuesto químico que acelerará la producción de hidrógeno.

### 3.1.1 Primera mezcla:

15gr Carbonato de sodio, 20gr Hidróxido de potasio, 1 Pastilla efervescente, 0.65L Agua destilada. Al separar las partículas por medio de la electrolisis, se puede observar que consume bastante energía, esta solución forma unas burbujas de hidrogeno que salen rápidamente, pero al generar una chispa como una bujía estas explotan con bastante intensidad provocando un ruido ensordecedor.



**Figura 3.1** Primera mezcla

### 3.1.2 Segunda mezcla:

15gr Carbonato de sodio, 10gr Hidróxido de potasio, ¼ Pastilla efervescente, 0.50L Agua destilada, 25gr Sal de grano. Al combinar los anteriores elementos, logro consumir menos electricidad al momento de actuar como catalizador, su burbujeo es constante, pero es más lenta la producción de hidrogeno. El hidrogeno al aplicarle una bujía causando detonación se observó que esta tarda en explotar y no genera tanta onda sonora, y produce una leve llama como si se tratase de la quema de algún aceite, su desventaja fue que oxido el agua contenida en el depósito y causo un grave deterioro a las celdas, pudiendo se saber que las celdas necesitarían un acero inoxidable 316L que es especial al tratarse de la corrosión.



**Figura 3.2** Segunda mezcla

### 3.1.3 Tercera mezcla:

20gr Hidróxido de potasio, 18gr Carbonato de sodio, 1 Pastilla efervescente, 0.62L Agua oxigenada. Se obtuvo mayor cantidad de burbujas y fue un flujo constante de estas, la explosión que se tuvo al aplicarle un corto de energía fue mayor que la primera mezcla, cabe señalar que provoca una fuerte onda sonora, su ventaja fue que no consume tanta energía como la primera mezcla, se logró observar que no se oxidó al estar contenida dentro del depósito



**Figura 3.3** Tercera mezcla

### 3.1.4 Cuarta mezcla:

13gr Hidróxido de potasio, 18gr Carbonato de sodio,  $\frac{3}{4}$  Pastilla efervescente, 0.56L Agua oxigenada, 13ml Etanol Esta mezcla produce una espuma blanca de tan rápida catálisis, esta espuma se trata como escoria y necesita ser purgada en un contenedor para obtener solo el compuesto de hidrogeno, una vez purgado el sistema, esta produce grandes cantidades de hidrogeno, más que cualquier otra, sus burbujas son de mayor tamaño y su explosión es demasiado violenta y produce una onda sonora demasiado fuerte, su principal ventaja es que consume muy poca electricidad, casi nada comparada a las anteriores mezclas, las burbujas que produce tardan menos de 17ms, demasiado rápido.



**Figura 3.4** Cuarta mezcla

### 3.1.5 Quinta mezcla:

35gr Hidróxido de potasio, 0.75L Agua oxigenada. Esta mezcla es la que más consume energía eléctrica, para poder purgar esta solución se tiene que demorar bastante tiempo, por lapsos se tiene hidrogeno y por otros lapsos sale oxígeno, al momento de aplicarle un corto eléctrico para detonar el hidrogeno se observó que su onda sonora es débil su única ventaja fue que no oxido la mezcla en el recipiente donde se aloja.



**Figura 3.5** Quinta mezcla

### 3.2 Modelo matemático

un modelo matemático es uno de los tipos de modelos científicos que emplea algún tipo de formulismo matemático para expresar relaciones, proposiciones sustantivas de hechos, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables de las operaciones, para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad

Se podría decir que un modelo de las ciencias físicas es una traducción de la realidad física de un sistema físico en términos matemáticos, es decir, una forma de representar cada uno de los tipos de entidades que intervienen en un cierto proceso físico mediante objetos matemáticos. Las relaciones matemáticas formales entre los objetos del modelo, deben representar de alguna manera las relaciones reales existentes entre las diferentes entidades o aspectos del sistema u objeto real.

### 3.3 Cargas porcentuales de hidrogeno

En este punto se mencionara como serán los procesos a realizar, para posteriormente poder colocar cargas porcentuales del gas de hidrogeno dentro de la cámara de combustión, lo primero a realizar será, la implementación de gasolina al cien por ciento, en dicho proceso se evaluara la forma en cuanto a consumo del combustible, en la cual se analizara el tiempo en que tarda la gasolina en ser quemada y el tiempo de operación del motor, esto se llevara a

cabo al analizar este comportamiento teniendo el motor en ralentí o lo que significaría, tenerlo en marcha mínima sin ninguna velocidad de por medio, des pues como segundo paso por medio de las electroválvulas, se podrá controlar las porciones de elementos que pasaran por medio de esta, dichos elementos serán el oxígeno y el hidrogeno, los cuales se introducirán en la cámara de combustión donde también estarán mezclados con gasolina, realizando así una mezcla estequiométrica la cual no estará balanceada, ya que será necesario introducir de poco a poco pequeñas porciones de hidrogenó combinado con gasolina para poder cuantificar su promedio de consumo en un determinado tiempo, y así sucesivamente se seguirá colocando mayores porciones de hidrogeno y gasolina, hasta determinar que será viable usar solo el hidrogeno como combustible, pero para ello se debe tener en cuenta que se tiene que balancear una ecuación de los elementos que estarán dentro de la cámara de combustión, dichos elementos son el aire que aspira el cual está formado por oxígeno y nitrógeno y la mezcla la cual está formada por hidrogeno y oxígeno, así mismo se tiene que resolver la pregunta de ¿cuántas unidades por elemento serán necesarias introducir dentro de la cámara de combustión?, para poder responder a dicha pregunta se tendrá que balancear la ecuación química por medio de los elementos que interaccionan con las mezcla química que se estará utilizando.

### 3.4 La combustión teórica

O estequiométrica de hidrógeno y oxígeno se da como: Relación estequiométrica

**Tabla 3.1** mezcla estequiométrica del agua

$2H_2+O_2$	=	$2H_2O$
Moles de $H_2$	=	2 moles
Moles de $O_2$	=	1 mole

Debido a que el aire se utiliza como el oxidante en lugar de oxígeno, el nitrógeno en el aire necesita ser incluido en el cálculo:

**Tabla 3.2** mezcla estequiométrica del aire peso

Moles de N2 en el aire	Moles de O2 x (79% N2 en el aire / 21% O2 en el aire)
	1 mole de O2 x (79% N2 en el aire / 21% O2 en el aire)
	3.762 moles N2
numero de moles en el aire	Moles de O2 + moles de N2
	1 + 3.762
	4.762 moles de aire
peso del O2	1 mole of O2 x 32 g/mole
	32 g
peso del N2	3.762 moles de N2 x 28 g/mole
	105.33 g
peso del aire	peso O2+peso N2
	32g + 105.33 g
	137.33 g
peso del H2	2 moles de H2 x 2 g/mole
	4 g

La relación aire/combustible estequiométrico (A/C) para hidrógeno y aire es:

**Tabla 3.3** relación aire combustible volumen

A/C basado en su Masa	masa del aire / masa del combustible
	137.33 g / 4 g
	34.33:1
A/C basado en su Volumen	volumen (moles) de aire/volumen (moles) de combustible
	4.762 / 2
	2.4:1

El porcentaje de la cámara de combustión ocupada por hidrógeno para una mezcla estequiométrica:

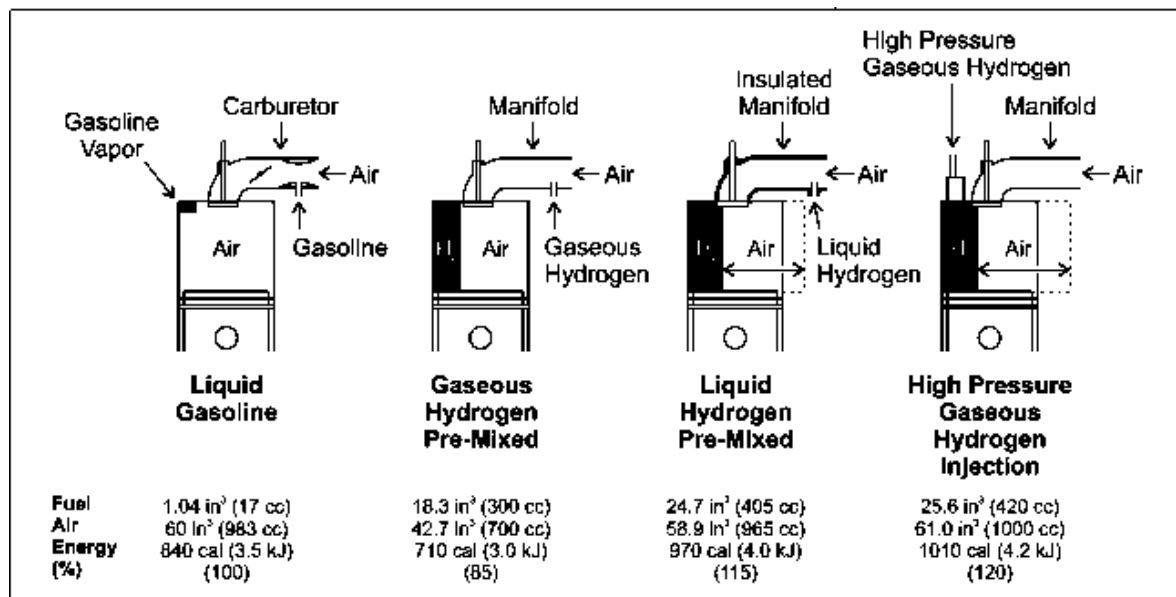
**Tabla 3.4** porcentaje de hidrogeno dentro de la cámara de combustión

%H2	volumen (moles) de H2/total volumen
	volumen H2/(volumen aire + volumen de H2)
	2 / (4.762 + 2)
	29.60%



Como muestran estos cálculos, la relación A/C estequiométrica o químicamente correcta para la combustión completa de hidrógeno en el aire es de aproximadamente 34:1 por masa. Esto significa que para una combustión completa, se requieren 34 libras de aire por cada libra de hidrógeno. Esto es mucho más alto que la relación 14.7:1 A/C requerida para la gasolina. Dado que el hidrógeno es un combustible gaseoso en condiciones ambientales, desplaza más de la cámara de combustión que un combustible líquido. Por lo tanto, menos de la cámara de combustión puede ser ocupada por el aire. En condiciones estequiométricas, el hidrógeno desplaza alrededor del 30% de la cámara de combustión, en comparación con aproximadamente 1 a 2% para la gasolina. La Figura 3.6 compara los volúmenes de la cámara de combustión y el contenido de energía para motores alimentados con gasolina e hidrógeno.

**Figura 3.6** Comparación volumétrica y energética de la cámara de combustión para motores alimentados con gasolina e hidrógeno



Dependiendo del método utilizado para medir el hidrógeno al motor, la potencia de salida en comparación con un motor de gasolina puede estar en cualquier lugar desde 85% (inyección de colector de admisión) a 120% (inyección de alta presión). Debido a la amplia gama de inflamabilidad del hidrógeno, los motores de hidrógeno pueden funcionar con relaciones A/C de entre 34:1 (estequiométrica) y 180:1. La relación A/C también se puede expresar en términos de relación de equivalencia, denotada por phi ( $\phi$ ). Phi es igual a la relación estequiométrica A/C dividida por la relación A/C real. Para una mezcla estequiométrica, la relación A/C real es equivalente a la relación estequiométrica A/C y por lo tanto la phi es

igual a la unidad (una). Para las relaciones A/C magras, phi será un valor menor que uno. Por ejemplo, una phi de 0,5 significa que sólo hay suficiente combustible disponible en la mezcla para oxidarse con la mitad del aire disponible. Otra forma de decir esto es que hay el doble de aire disponible para la combustión de lo que teóricamente se requiere. [25]

### 3.5 Modelo esquemático

Son aspectos gráficos que se representan mediante una configuración de líneas y símbolos, la disposición estructural, o el comportamiento de un sistema o de un objeto real.

En la siguiente ecuación (e-3.1) se muestra la relación estequiométrica balanceada de las partículas de aire y las partículas de hidrogeno que actuara como combustible, en ella se explica que por cada 34 moléculas de aire se necesitaran 1 de hidrogeno para poder detonar dentro de la cámara de combustión.

(e-3.1)

$$N_{2+O_2+H_2} \longrightarrow / H_2$$

$$peso\ del\ aire = \frac{137.33g}{peso\ del\ hidrogeno\ 4g}$$

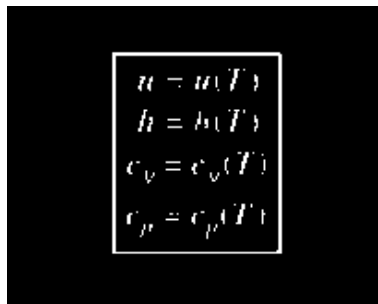
= 34.33 o 34: 1 donde 34 moleculas de aire y 1 es moleculas de hidrogeno

### 3.6 Evaluación de entalpia de combustión

La entalpia de un gas ideal es también sólo una función de la temperatura:

$$h = h(T)$$

Puesto que para un gas ideal u (energía interna) y h (entalpia) dependen únicamente de la temperatura, los calores específicos cv y cp dependen también, a lo sumo, sólo de la temperatura. Por lo tanto, a una temperatura dada, u, h, cv y cp de un gas ideal tienen valores fijos sin importar el volumen específico o la presión como se muestra en la figura 3.7



$$\begin{aligned} u &= u(T) \\ h &= h(T) \\ c_v &= c_v(T) \\ c_p &= c_p(T) \end{aligned}$$

### Figura 3.7 entalpía en un gas ideal

La energía interna y la entalpía de un gas ideal se pueden expresar como:

(e-3.2)

$$du = cv(T)dt$$

$$dh = cp(T)dt$$

El cambio de energía interna o la entalpía para un gas ideal durante un proceso que pasa del estado 1 al 2 se determina integrando estas ecuaciones:

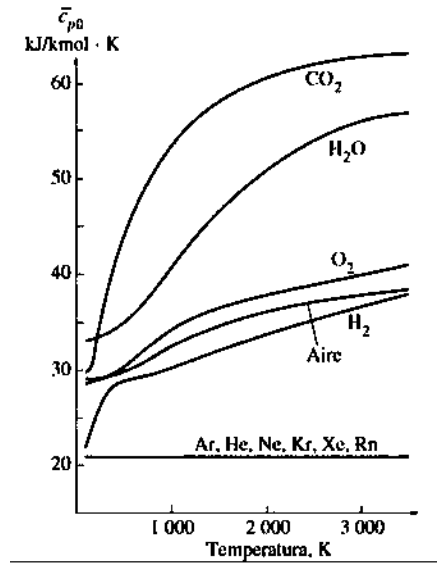
(e-3.3)

$$\Delta u = u_2 - u_1 = \int_1^2 cp(T)dt \left(\frac{kJ}{kg}\right) \quad (a)$$

(e-3.4)

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \int_1^2 cp(T)dt \left(\frac{kJ}{kg}\right) \quad (b)$$

Para llevar a cabo estas integraciones se requiere tener relaciones para  $cv$  y  $cp$  como funciones de la temperatura. A presiones bajas, los gases reales aproximan su comportamiento al de un gas ideal; por lo tanto, sus calores específicos dependen sólo de la temperatura. Los calores específicos de los gases reales a presiones bajas se llaman calores específicos de gas ideal o calores específicos de presión cero, y se denotan como  $cp_0$  y  $cv_0$ . Las expresiones analíticas exactas para calores específicos de gas ideal, con base en mediciones o cálculos directos de comportamiento estadístico de moléculas, están disponibles y se presentan como polinomios de tercer grado, para diversos gases. En la figura 3.8



**Figura 3.8** tabla de temperaturas para diversos gases

Se ofrece una gráfica de  $c - p_0(T)$  para algunos gases comunes. El uso de datos de calores específicos de gas ideal se limita a presiones bajas, pero también se pueden usar y obtener una exactitud razonable a presiones moderadamente altas, siempre y cuando el gas no se desvíe de forma significativa del comportamiento de un gas ideal.

Las integraciones en las ecuaciones (e-3.3) y (e-3.4) son directas pero toman mucho tiempo, de ahí que resulten imprácticas. Para evitar cálculos laboriosos, los datos de  $u$  y  $h$  han sido tabulados para diversos gases en pequeños intervalos de temperatura. Estas tablas se obtienen eligiendo un punto de referencia arbitrario y llevando a cabo las integraciones en las ecuaciones (e-3.3) y (e-3.4) con el estado 1 como el de referencia. En las tablas de gas ideal presentadas en el apéndice, cero kelvin se elige como el estado de referencia, y tanto la entalpía como la energía interna tienen asignados valores cero en ese estado como se muestra en la figura 3.9

Aire		
$T, K$	$u, kJ/kg$	$h, kJ/kg$
0	0	0
·	·	·
300	214.07	300.19
310	221.25	310.24

**Figura 3.9** valores cero de estado

La elección del estado de referencia no tiene efecto sobre los cálculos de  $\Delta u$  o  $\Delta h$ . Los datos de  $u$  y  $h$  se dan en kJ/kg para el aire (tabla A-1) y comúnmente en kJ/kmol para otros gases. Para el análisis termodinámico de las reacciones químicas la unidad kJ/kmol es muy conveniente. De la figura 3.8 se pueden hacer algunas observaciones. Una es que los calores específicos de gases con moléculas complejas (moléculas con dos o más átomos) son más altos y se incrementan con la temperatura. También, la variación de los calores específicos con la temperatura es uniforme y se puede aproximar como lineal en intervalos pequeños de temperatura (algunos cientos de grados o menos). Por lo tanto, las funciones de calor específico de las ecuaciones (e-3.3) y (e-3.4) se pueden reemplazar por valores promedio constantes de calores específicos. Entonces, al llevar a cabo las integraciones en estas ecuaciones, se obtiene:

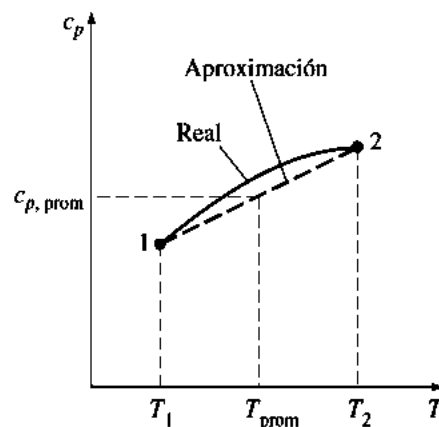
(e-3.5)

$$u_2 - u_1 = c_{v, prom} (T_2 - T_1) \left( \frac{KJ}{Kg} \right)$$

(e-3.6)

$$h_2 - h_1 = c_{p, prom} (T_2 - T_1) \left( \frac{KJ}{Kg} \right)$$

Los valores de calores específicos para algunos gases comunes se listan como una función de la temperatura en la (tabla A-2). Los calores específicos promedio  $c_{p, prom}$  y  $c_{v, prom}$  se evalúan de esta tabla a la temperatura promedio  $(T_1 + T_2)/2$ , como se muestra en la figura 3.10

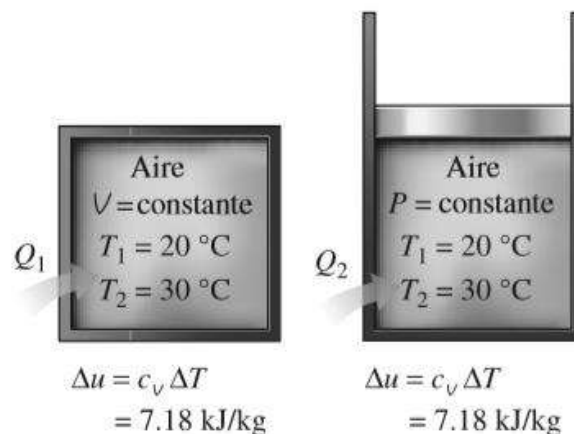


**Figura 3.10** intervalos de temperatura pequeños

Si no se conoce la temperatura final  $T_2$ , los calores específicos se pueden evaluar en  $T_1$  o en la temperatura promedio anticipada. Entonces  $T_2$  se determina usando estos valores de calor específico. Si es necesario, el valor de  $T_2$  se puede refinar evaluando los calores específicos en la nueva temperatura promedio.

Otra forma de determinar los calores específicos promedio es evaluarlos en  $T_1$  y  $T_2$  y luego sacar su promedio. En general ambos métodos dan resultados razonablemente buenos, y uno no es necesariamente mejor que el otro. Otra observación que se puede hacer a partir de la figura 3.4 es que los calores específicos de gas ideal para gases monoatómicos como argón, neón y helio permanecen constantes en todo el intervalo de temperatura. Así,  $\Delta u$  y  $\Delta h$  de gases monoatómicos se determinan con facilidad de las ecuaciones (e-3.5) y (e-3.6).

Observe que las relaciones  $\Delta u$  y  $\Delta h$  antes dadas no están restringidas a alguna clase de proceso, sino que son válidas para todos los procesos. La presencia del calor específico a volumen constante  $c_v$  en una ecuación no debe hacer pensar que esta ecuación es válida sólo para un proceso a volumen constante; por el contrario, la relación  $\Delta u, \Delta c_{v,prom}, \Delta T$  es válida para cualquier gas ideal que experimenta cualquier proceso figura 3.11



**Figura 3.11** La relación  $\Delta u, \Delta c_v, \Delta T$  es válida para cualquier clase de proceso, a volumen constante o no.

Un argumento similar se puede presentar para  $c_p$  y  $\Delta h$ . En resumen, hay tres formas de determinar los cambios de energía interna y entalpía para gases ideales figura 3.12:

$$\Delta u = u_2 - u_1 \text{ (tabla)}$$

$$\Delta u = \int_1^2 c_v(T) dT$$

$$\Delta u \cong c_{v,\text{prom}} \Delta T$$

**Figura 3.12** tres formas de calcular los cambios de energía interna y entalpía para gases ideales.

1. Mediante los datos tabulados de  $u$  y  $h$ . Ésta es la forma más sencilla y exacta cuando están fácilmente disponibles las tablas
2. Por medio de las relaciones  $c_v$  o  $c_p$  como una función de la temperatura para después llevar a cabo las integraciones. Esto es muy inconveniente para cálculos manuales, pero bastante deseable para cálculos por computadora. Los resultados obtenidos son muy exactos
3. Con el empleo de calores específicos promedio. Esto es muy simple y de hecho muy conveniente cuando no se encuentran disponibles las tablas de propiedades. Los resultados que se obtienen son razonablemente exactos si el intervalo de temperatura no es muy grande.

### 3.7 Combustibles y combustión

Cualquier material que puede quemarse para liberar energía recibe el nombre de combustible. La mayoría de los combustibles conocidos se componen principalmente de hidrógeno y carbono. Reciben el nombre de combustibles hidrocarburos y se denotan por la fórmula general  $C_nH_m$ . Los combustibles hidrocarburos existen en todas las fases, y

algunos son el carbón, la gasolina y el gas natural, algunas de sus propiedades son como se muestran en la tabla 3.5

**Tabla 3.5** propiedades de los combustibles

Propiedades de algunos combustibles e hidrocarburos comunes							
Combustible (fase)	Fórmula	masa molar	densidad	Entalpía de evaporización	calor específico cp	poder cal.superior	poder cal.inferior
		kg/kmol	kg/L	kJ/kg	kJ/kg *k	kJ/kg	kJ/kg
Gasolina	C <sub>n</sub> H <sub>1.87n</sub>	100-110	0.72-0.78	350	2.4	47,300	44,000
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	2.016			14.4	141,800	120,000

1A 1 atm y 20°C. 2A 25°C para combustibles líquidos, y 1 atm y temperatura normal de ebullición para combustibles gaseosos. 3A 25°C. Multiplique por la masa molar para obtener los valores caloríficos en kJ/kmol.

Aunque los combustibles hidrocarburos líquidos son mezclas de muchos hidrocarburos diferentes, por conveniencia suelen considerarse como un solo hidrocarburo. Por ejemplo, la gasolina se trata como octano C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>, y el diésel como dodecano, C<sub>12</sub>H<sub>26</sub>. Otro hidrocarburo líquido común es el alcohol metílico, CH<sub>3</sub>OH, al que también se le llama metanol y se usa en algunas mezclas de gasolina. El gas natural (combustible hidrocarburo gaseoso), que es una mezcla de metano y cantidades más pequeñas de otros gases, algunas veces se trata como metano, CH<sub>4</sub>, por simplicidad.

El gas natural es producido en pozos de gas o pozos de petróleo ricos en gas natural. Principalmente está compuesto de metano, pero también contiene pequeñas cantidades de etano, propano, hidrógeno, helio, dióxido de carbono, nitrógeno, sulfato de hidrógeno y vapor de agua. Para los vehículos se almacena ya sea en la fase gaseosa a presiones de 150 a 250 atm como CNG (gas natural comprimido, por sus siglas en inglés compressed natural gas) o en la fase líquida a 162 °C como LNG (gas natural licuado, por sus siglas en inglés liquefied natural gas). Casi un millón de vehículos en el mundo, principalmente autobuses, operan con gas natural. El gas licuado de petróleo (LPG, por sus siglas en inglés liquefied petroleum gas) es un subproducto del procesamiento del gas natural o de la refinación del petróleo crudo. Consiste principalmente de propano y por lo tanto el LPG generalmente se conoce como propano. Sin embargo, también contiene cantidades variables de butano, propileno y butileno. El propano por lo general se emplea en flotillas de vehículos, taxis, autobuses escolares y autos particulares. El etanol se obtiene del maíz, granos y desechos orgánicos. El



metanol es producido principalmente a partir del gas natural, pero también puede obtenerse a partir del carbón y de biomasa. Ambos alcoholes generalmente se emplean como aditivos en gasolina oxigenada y combustibles reformulados para reducir la contaminación del aire.

Los vehículos son una fuente importante de contaminantes del aire, como óxidos nítricos, monóxido de carbono e hidrocarburos, así como el dióxido de carbono, y por ende existe un creciente cambio en la industria del transporte para sustituir los combustibles tradicionales basados en petróleo (como la gasolina y el combustible diésel) por combustibles alternativos de quema limpia más amigables con el ambiente, como el gas natural, alcoholes (etanol y metanol), gas licuado de petróleo (LPG) e hidrógeno.[26]

## **CAPÍTULO IV. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA PRODUCCIÓN DE HIDROGENO.**

### **4.1 Diseño de un banco de pruebas**

En el siguiente apartado se propone realizar un diseño por computadora, de esta forma podemos analizar previamente los resultados a obtener para así mismo descartar errores o posibles fallas que afecten en gran medida. Al banco de pruebas para producción de hidrogeno, a continuación se mostrara los pasos a realizar:

Realizar un prototipo de banco de pruebas de producción de hidrogeno portátil , en este se propone realizar las medidas correspondientes para analizar su correcto funcionamiento con la finalidad de que los componentes que integraran a dicho banco de pruebas , puedan acoplarse correctamente sin necesidad de tener que hacer adaptaciones , ya que se planea realizar cada componente de acuerdo a las medidas que se ocuparan, de lograrlo se podrá asegurar que los componentes estarán correctamente en su lugar y así mismo se podrá visualizar cada una de las partes que lo integraran, en este caso los componentes diseñados son los siguientes: se propone realizar un contenedor , este será un recipiente de 3in (7.62cm) de diámetro por 8in (20.32cm) de largo en este se integrara lo que es la gasolina, también se realizara un contenedor de 2in (5.08cm) de diámetro por 12in (30.48cm) de largo en este se depositara en su interior hidrógeno almacenado para que sirva como contenedor de gas , también se realizara un recipiente de 3in (7.62cm) de diámetro por 8in de largo en este se suministrara agua en la cual se estará purgando el hidrógeno que salga como producto de la electrolisis. Y lo más importante es diseñar una especie de banco portátil que incluya en su interior todos los recipientes para hacer más seguro su desplazamiento

#### 4.1.1 Contenedor de gasolina:

Cuenta con la función de almacenar gasolina para poder realizar distintos tipos de pruebas en cargas porcentuales, está realizado de acero inoxidable, cedula calibre 14, de 3in (7.62cm) de diámetro por 8in (20.32) de largo, tiene la capacidad de un volumen de:

$$V = \pi R^2 h$$

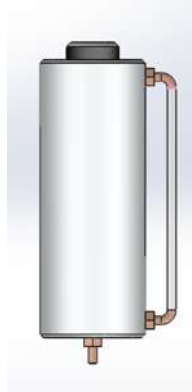
$$D=3\text{in}=7.62\text{cm}$$

$$R=3.81\text{cm}$$

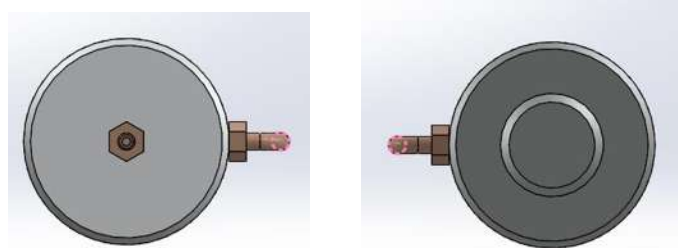
$$h=8\text{in}=20.32\text{cm}$$

$$\pi=3.1416$$

$$V=926.66\text{cm}^3= 0.92\text{L}$$



**Figura 4.1** contenedor de gasolina. Figura extruida 3D vista lateral.



**Figura 4.2** contenedor de gasolina. Figura extruida 3D vista alzado.

#### 4.1.2 Contenedor de agua:

Esta realizado de acero inoxidable cedula calibre 14, donde se mezcla el hidrogeno con el agua, realizando un purgado se obtiene gas hidrogeno libre de partículas, al realizar la electrolisis de 3in (7.62cm) de diámetro por 8in (20.32cm)de largo se tiene la capacidad de un volumen de:

$$V = \pi R^2 h$$

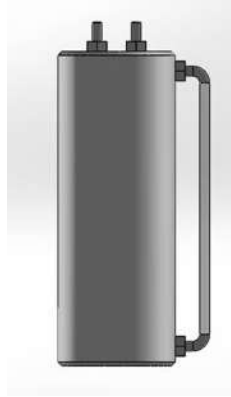
$$D=3\text{in}=7.62\text{cm}$$

$$R=3.81\text{cm}$$

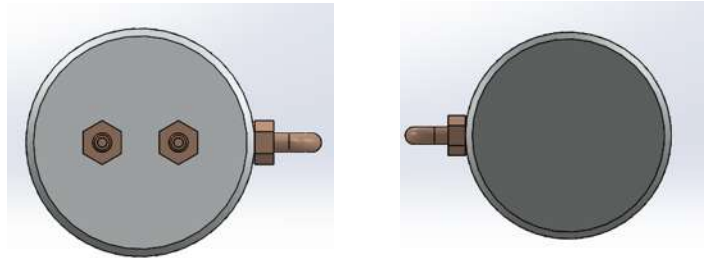
$$h=8\text{in}=20.32\text{cm}$$

$$\pi=3.1416$$

$$V=926.66\text{cm}^3=0.92\text{L}$$



**Figura 4.3** contenedor de agua. Figura extruida 3D vista lateral.



**Figura 4.4** contenedor de agua Figura extruida 3D vista alzado.

#### 4.1.3 Contenedor de H<sub>2</sub>:

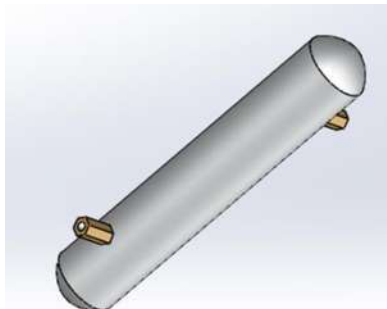
Almacena el gas hidrogeno, producto de la electrolisis, cuenta con un sistema de suministro y una capacidad de almacenamiento que provee de hidrogeno al MCI. Para posteriores pruebas de cargas porcentuales

. Datos:

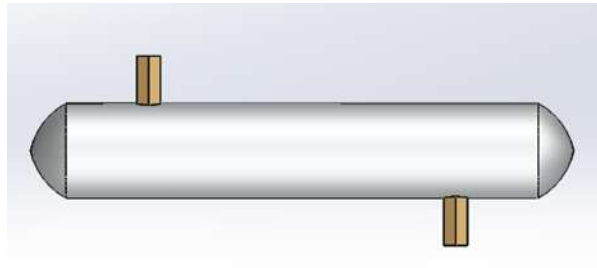
$$D=2\text{in}$$

$$r=1\text{in}=2.54\text{cm}$$

$$h=10\text{in}=25.4\text{cm}$$



**Figura 4.5** contenedor de gas hidrogeno.



**Figura 4.6** contenedor de gas hidrogeno vista lateral.

**Cálculos del área y volumen del contenedor H<sub>2</sub>:** (área de un cilindro y una esfera)

$$A (\text{esfera}) = 4\pi r^2 \rightarrow 4(2.54 \text{ [cm]})^2 \rightarrow 81.07 \text{ [cm]}^2$$

$$A (\text{cilindro}) = 2\pi r (r+h) \rightarrow 2(2.54\text{cm}) [2.54\text{cm}+25.4\text{cm}] =$$

$$5.08\pi (27.94\text{cm}) = 445.90 \text{ [cm]}^2$$

**Sumatoria de ambas áreas**

$$= 81.07 \text{ [cm]}^2 + 445.90 \text{ [cm]}^2 \rightarrow A (\text{total}) = 526.97 \text{ [cm]}^2$$

**Volumen de un cilindro y una esfera**

$$V (\text{esfera}) = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad \frac{4}{3} \pi (2.54\text{cm})^3 = 68.64 \text{ [cm]}^3$$

$$V (\text{cilindro}) = \pi r^2 h \quad \pi (2.54\text{cm})^2 (25.4\text{cm}) = 514.81 \text{ [cm]}^3$$

**Sumatoria de volúmenes**

$$= 68.64 \text{ [cm]}^3 + 514.81 \text{ [cm]}^3 = 583.45 \text{ [cm]}^3$$

**Cálculos para la presión del contenedor de H<sub>2</sub>:**

Datos=

$$1\text{Bar} = 100,000\text{Pa} = 100\text{KPa} = 100\text{KN}/\text{m}^2$$

$$1\text{KgF} = 9.807\text{N}$$

$$1 \text{ [cm]}^2 = 0.0001\text{m}^2$$

$$1\text{L} = 1\text{Kg} \text{ (basándose en el agua)}$$

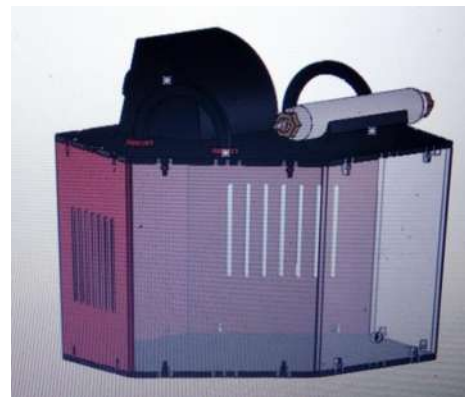
$$0.583\text{Kg} ((9.807 \text{ N}) | 1\text{KgF}) = 5.717\text{N}$$

$$526.97 \text{ [cm]}^2 \left( (0.0001 \text{ m}^2) + (1 \text{ [cm]}^2) \right) = 0.052697 \text{ m}^2$$

$$P_a = N/\text{m}^2 \rightarrow (5.717 \text{ N} / (0.052697 \text{ m}^2)) = 108.488 \text{ (N)/m}^2 \rightarrow 0.108 \text{ KPa}$$

#### 4.1.4 Banco de pruebas para la producción de hidrógeno

Es un recipiente donde se alojara en su interior los contenedores, anteriormente diseñados, también alojara en un interior un sistema eléctrico, las electroválvulas y las celdas de separación de partículas mediante la electrolisis.

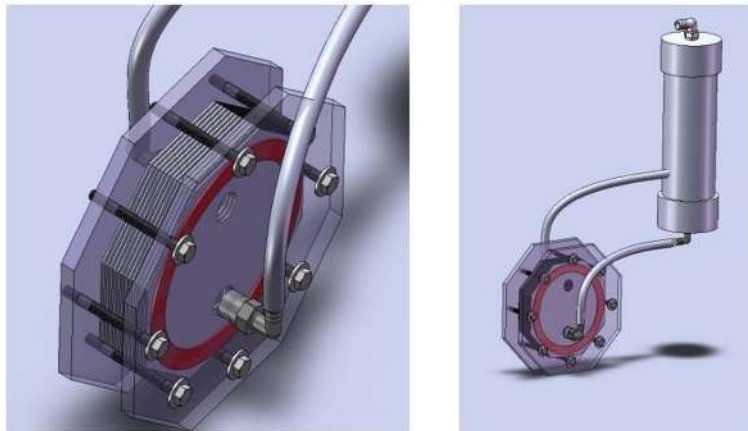


**Figura 4.7** laboratorio portátil generador de hidrógeno. Figura extruida 3D

Este contenedor fue diseñado estratégicamente para realizar más cómodamente su transportación, estará realizado en material de acero inoxidable para evitar posible corrosión de alguna fuga de un líquido que se llegase a derramar al realizar las pruebas en un motor, así mismo el usuario que lo transporte y lo manipule estará más seguro a propensos accidentes.

#### 4.1.5 Celdas de producción de hidrogeno

Están constituidas por acero inoxidable 316L de grado alimenticio, estas celdas deben ser de este material de lo contrario su mayor daño seria la corrosión, debido a los distintos tipos de hidrocarburos que se utilizan en la mezcla, ya que cuando se produce la electrolisis , genera una reacción violenta haciendo que se dañen las celdas causando orificios en ellas.



**Figura 4.8** placas generadoras de hidrógeno. Figura extruida 3D

Este es un diseño de placas de acero inoxidable 316L el cual es difícil de conseguir ya que se requiere una norma de calidad que valide su autenticidad de dicho material, este material debe de usarse ya que al separar las moléculas tiene una reacción la cual dañaría cualquier otro material sino es el adecuado, para ello es importante saber el grado de pureza de cada material para realizar una perfecta separación de partículas de hidrógeno y de oxígeno.

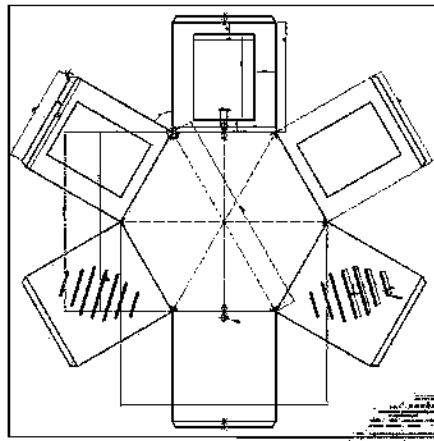
#### 4.2 Implementación del banco de pruebas para la producción de hidrogeno.

Después de realizar el diseño por medio del programa de Solid Works, se realizara de un material adecuado en este caso será de acero inoxidable de alta precisión y de lámina cedula 17 con el fin de garantizar el bienestar y la seguridad de quien porte el laboratorio portátil. En este punto es importante mencionar que el diseño y las medidas fueron desarrollados y diseñados de acuerdo al tipo de contenedores que se integraran en dicho laboratorio,

primeramente se ha sugerido hacer el laboratorio portátil de un material denominado acrílico , el problema con dicho material , es que al ser cortado y unir diferentes piezas estas no estarían en un corte exacto debido a la cuchilla que corta el acrílico , además no podríamos utilizar tornillería ya que el espesor máximo para poderlo fabricar era de 6mm de espesor lo

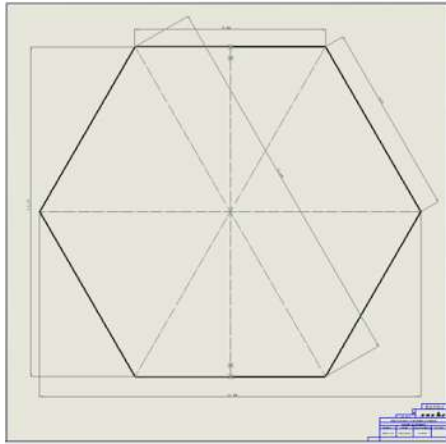
cual resultaba, incongruente para un laboratorio que tendrá que soportar a aproximadamente 10kg de peso , lo cual tiene bastantes desventajas ya que todas sus piezas incluyendo las agarraderas estarán unidas con un pegamento especial, lo cual lo hace más propenso hacer demasiado débil ya que no se cuenta con certeza de ser demasiado resistente, así que se analizaron distintos tipos de materiales , entre ellos los más prometedores para ser livianos y seguros fue el aluminio y el acero inoxidable, así que se optó por elegir este último, ya que el acero inoxidable es liviano y es más seguro además que para unir sus piezas basta con soldarlo con argón lo cual lo vuelve más resistente para poder cargar más de 10kg sin problema alguno, la única desventaja son sus altos costos de fabricación al ser un material demasiado caro aun.

para poder diseñar este laboratorio en acero inoxidable se tuvo que realizar una plantilla la cual se tiene que llegar al pantógrafo y después esta al ser cortada tendrá que doblarse en una maquina especializada a 90°esto deforma que fuese más precisa y poder unir sus partes de manera más detallada . Como a continuación se muestra



**Figura 4.9** laboratorio de hidrógeno base. Figura 2D





**Figura 4.10** laboratorio de hidrógeno tapadera. Figura 2D

Así fue que se imprimió correctamente en escala 1:1 con medidas en pulgadas para ser realizado en acero inoxidable e integrar cada uno de los componentes que harán posible la producción del gas hidrógeno.



**Figura 4.11** forma física del contenedor de recipientes en su interior

#### **4.2.1 Contenedor de gasolina:**

Cuenta con la función de almacenar gasolina para poder realizar distintos tipos de pruebas en cargas porcentuales, está realizado de acero inoxidable, cedula calibre 14, de 3in (7.62cm) de diámetro por 8in(20.32cm) de largo, tiene la capacidad de un volumen de  $V=926.66\text{cm}^3=0.92\text{L}$



**Figura 4.12** contenedor de gasolina

también se encuentra el depósito de gasolina el cual tendrá un sistema roscado para esta relleno de gasolina y en una de sus extremidades tendrá una válvula por la cual salga la gasolina a una pipeta de 10 centímetros cúbicos la cual medirá el consumo de gasolina sin ningún otro elemento y después medirá el mismo consumo de gasolina pero ahora agregándole hidrógeno, esto con la finalidad de saber si el hidrógeno es potencial para desarrollarse como un supuesto combustible que desplace la gasolina.

#### **4.2.2 Contenedor de agua:**

Esta realizado de acero inoxidable cedula calibre 14, donde se mezcla el hidrogeno con el agua, realizando un purgado se obtiene gas hidrogeno libre de partículas, al realizar la electrolisis de 3in (7.62cm) de diámetro por 8in (20.32cm) de largo se tiene la capacidad de un volumen de  $V=926.66\text{cm}^3= 0.92\text{L}$



**Figura 4.13** purgador y contenedor de agua.

El contenedor de agua no solo almacenara y dará un nivel exacto de este líquido, sino que además se encuentra sellado de forma que ni el propio gas pueda escaparse ya que dentro habrá una manguera por la que se alojara el hidrógeno acompañado de elementos que podrían perjudicar al motor si no pasara por este contenedor, al terminar saldrá el hidrógeno en forma de gas de forma la cual se purificó y está limpio y en fase de gas sin ningún otro elemento que pueda dañar al motor

#### **4.2.3 Contenedor de H<sub>2</sub>:**

Almacena el gas hidrogeno, producto de la electrolisis, cuenta con un sistema de suministro y una capacidad de almacenamiento que provee de hidrogeno al MCI. Para posteriores pruebas de cargas porcentuales



**Figura 4.14** contenedor de gas hidrogeno

otro elemento que se diseño es un contenedor de gas hidrógeno en el cual se almacenara este gas para que nos sirva como un contenedor de recuperación esto con la finalidad de siempre tener hidrógeno, en este contenedor, también se agregara una válvula de seguridad por si llega a sobrepasar el nivel de presión para que se active y lo libere a la atmosfera en caso de ser necesario para seguridad del usuario, también se colocara una válvula de presión la cual registre el nivel de llenado de nuestro contenedor.

después este sistema pasara por medio de unas electroválvulas, las cuales están encargadas de permitir o bloquear el paso de un suministro de flujo, por medio de estas electroválvulas se monitoreara las partículas de hidrógeno y de oxígeno que se inyectaran al motor de combustión interna , así mismo para poder asegurar una mezcla estequiométrica exacta la cual vuelva a la formula una mezcla correcta para ser inyectada al motor de combustión interna, ya que si no se inyecta una correcta mezcla se corre el riesgo de dañar al motor ya que con las altas temperaturas y al estar impuesto a compresión podría causar una unión de partículas denominada fusión la cual volvería a crear la molécula de agua la cual si se aloja dentro del motor este puede ser dañino ya que puede corroer el material picar las camisas y deteriorar el pistón lo cual en pocas palabras destrozar el motor por completo, así que la tarea más importante de este laboratorio portátil es la correcta mezcla estequiométrica que desarrollaran las electroválvulas y la fórmula que mejor se diseñó.

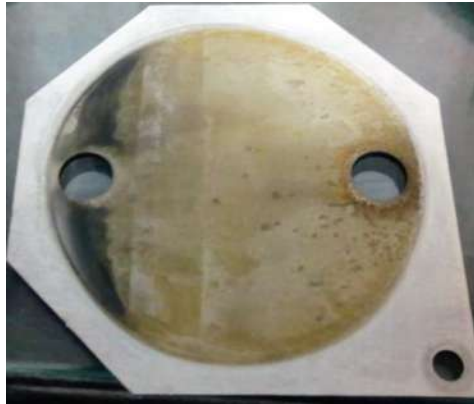
#### 4.2.4 Celdas de producción de hidrogeno

Están constituidas por acero inoxidable 316L de grado alimenticio, estas celdas deben ser de este material de lo contrario su mayor daño seria la corrosión, debido a los distintos tipos de hidrocarburos que se utilizan en la mezcla, ya que cuando se produce la electrolisis, genera una reacción violenta haciendo que se dañen las celdas causando orificios en ellas.



Figura 4.15 celdas de producción de hidrogeno

Se diseñaron las placas que realizaran un trabajo el cual pretende separar las partículas del agua por medio de la electrolisis, en este caso se optó por hacerlo en un material 316 lo cual al realizar las pruebas se obtuvo que dicho material no es apto para manejar materiales corrosivos como la sal de grano la cual pico y daño cada una de las placas al separar las moléculas como se muestra a continuación:

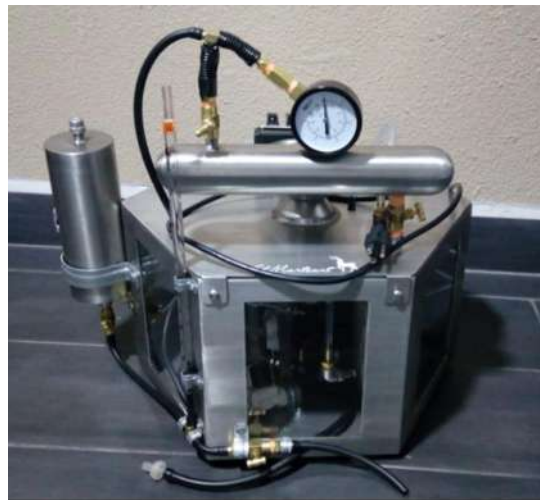


**Imagen 4.16** placas acero inoxidable 316 daño superficial en la placa por corrosión.

Lo que anteriormente se muestra fue debido a la ignorancia y poca información con la que se cuenta a la hora de realizar las pruebas de separación de moléculas del agua mediante la electrolisis, así que al realizarse una investigación más exhaustiva, se logró conocer que el material adecuado para realizar la electrolisis y para que el material no resulte dañado es por medio de un acero inoxidable de 316L a diferencia del 316 el 316L es de un grado mayor de pureza, comúnmente utilizado de grado alimenticio bastante caro, pero un excelente material el cual no se corroe tan fácil al hacer actuar como catalizador de hidrógeno por medio de la electrolisis, cabe mencionar que realizar la electrolisis es bastante complejo, ya que se tiene que conocer cuanto voltaje y amperaje puedes meter a las placas como máximo para que te de una excelente producción de hidrógeno, también se tiene que saber que al realizar la electrolisis se debe procurar no consumir demasiada energía de la batería, ya que si gasta demasiada batería lo hace propenso hacer un combustible caro y el cual no sería rentable ni apto para competir con la gasolina, pero es por medio de la experimentación de la cual se puede analizar y corregir bastantes cosas para consumir menor energía. Una de ellas es la mezcla estequiométrica ya que por medio de esta es posible tener mayor o menor cantidad de hidrógeno debido a la mezcla, y a la electrolisis se podría conocer si lo hace óptimo para consumir mayor o menor cantidad de energía.

En este diseño como bien se menciona un factor importante es la alimentación de la batería así que se implementaron distintos tipos de medios que ayudaran a descomponer el voltaje de 12 volts y producir mayor cantidad y un elemento que lo vuelve perfecto es un balastro de xenón para los autos en el cual este balastro descompone los 12 volts que le manda la batería. Amplificando más de 20,000voltios como pico más alto y manteniéndose en 18 a 20 volts lo cual nos amplifica la señal haciéndolo idóneo para la demanda de voltaje que necesitamos y consumiendo apenas 4ampr de la batería inicialmente, así fue que se ha venido mejorando el desarrollo de este medio.

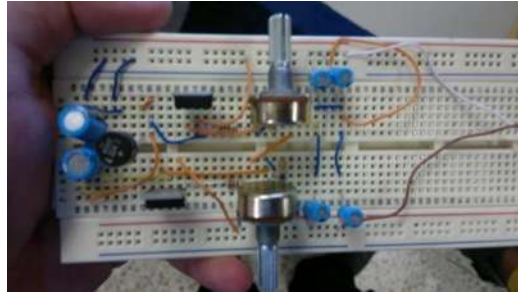
Los contenedores que tiene de por medio el laboratorio portátil cada uno está diseñado para realizar una única tarea y por último el contenedor donde se alojan los anteriores recipientes descritos, el sistema eléctrico, las electroválvulas y las celdas de separación de partículas mediante la electrolisis. Tiene un diseño en una forma hexagonal para poder integrar los contenedores en su interior: el cilindro purgador de hidrógeno, un suministro de gasolina, un transformador de corriente de 120v a 12v , dos balastos de alta intensidad ,un paquete de celdas de acero inoxidable para la producción de hidrógeno y un contenedor de gas hidrógeno y la electroválvula.



**Figura 4.17** contenedor que almacena los recipientes óptimos para la producción de hidrogeno

## CAPÍTULO V. DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE HIDRÓGENO MEDIANTE ELECTROVÁLVULAS.

Es de vital importancia mencionar el uso de las electroválvulas ya que dichas electroválvulas serán las que monitoreen porcentualmente el paso de suministro de flujo de hidrógeno al motor de combustión interna, dichas electroválvulas se desarrollaran mediante un sistema de programación usando una placa determinada llamada Arduino uno la cual nos servirá para realizar una programación de la que se base en la apertura y cierre de dicha válvula esto para tener más orden al momento de capturar las partículas de hidrógeno, es importante señalar que por dicha válvula solo se pretende suministrar hidrógeno ya que el oxígeno que tengamos como resultado de la electrolisis lo desplazaremos de tal forma que se pueda inyectar al flujo de aire del motor de combustión interna, esto para que el flujo que pasara por la electroválvula no se encuentre contaminado de otro elemento que no sea hidrógeno, para ello se diseñó primero en un protoboard para realizar una previa simulación y constatar que dicha válvula cumpla con lo que se promete como se muestra en la siguiente imagen



**Figura 5.1** diseño de electroválvula en un protoboard

Al analizar que dicho funcionamiento ha cumplido las expectativas se ha implementado desarrollar una baquelita de forma más profesional como se muestra en la siguiente figura



**Figura 5.2** diseño de electroválvula en una baquelita diseñada

Se realizaron pruebas constatando que dicha electroválvula cumple con la función demandada, a hora que es lo que hace especial a una electroválvula de una válvula normal



**Figura5.3** válvula de flujo normal.

Este tipo de válvula cumple con una función en el cierre y apertura del suministro de un fluido utilizándola manualmente como se muestra en dicha imagen, esta válvula es muy común encontrarla y no cumple con las expectativas de este proyecto ya que no se podría controlar la cantidad de materia que entraría por dicha válvula sin embargo a diferencia de la electroválvula



**Figura 5.4** Electroválvula de flujo controlado.

Esta puede abrir o cerrar el paso del fluido de acuerdo a como se programe en el controlador, para hacer más sencillo el paso de cantidad de hidrógeno que se implementara en el motor de combustión interna, con dicha electroválvula se puede suministrar la mezcla



estequiométrica ideal para el motor de combustión interna y así de esta manera no sufra ningún tipo de daño y que mejore la utilización de dicho elemento.

### **5.1 Inyección de hidrogeno a un MCI, Comparativa al proyecto del físico Stanley Meyer patente (CA1231872A)**

Sistema de inyección directa para suministrar hidrogeno a un motor de combustión interna por medio de indicadores que muestren como Stanley Meyer 1984, Hydrogen injection system patent CA1231872A, logro suministrar hidrogeno a un MCI y después se realizara una comparativa de lo que se realizó personalmente para suministrar hidrogeno. A continuación, se muestra los métodos que Stanley Meyer desarrollo.

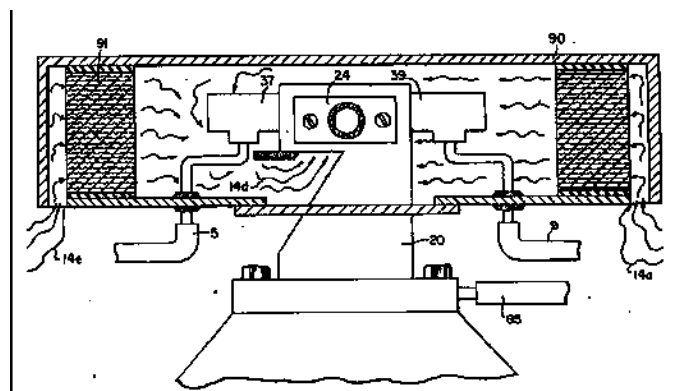
Referencias cruzadas y antecedentes se han propuesto para suministrar hidrógeno con un generador de un sistema obtenido a través de la conversión de agua en hidrógeno y gas de oxígeno. En ese sistema y el método de los átomos de hidrógeno se disocian a partir de una molécula de agua por la aplicación de una no regulada, no filtrada, de baja potencia, teniendo un potencial eléctrico de tensión de corriente aplicado a dos placas metálicas similares, las cuales no se oxidan y dentro de ellas contiene agua, además, se propone suministrar el gas de hidrógeno al ser procesado en el que se encuentran los gases no combustibles y controlado en una etapa de mezcla con combustible y el sistema procesador de aire de hidrógeno utiliza un sistema rotativo de desplazamiento de gas mecánico el cual transfiere, mide, mezcla y presuriza los diversos gases. En el proceso de transformación del gas, el aire pasa a través de un quemador de gas de llama abierta. En el sistema de eliminación de gases y otras sustancias mezcladas el cual forma un gas no combustible, la mezcla se enfría, se filtra para eliminar las impurezas y mecánicamente mezclado con una determinada cantidad de gas hidrógeno genera resultados nuevos de un gas sintético y la etapa de formación de gas sintético mide y determina la proporción de mezcla de gas adecuada para establecer la velocidad de combustión deseada de gas de hidrogeno y el gas mecánico rotacional genera un sistema de desplazamiento en ese proceso que determina la cantidad de volumen de gas sintético a producir.

El procesador de aire de hidrógeno mencionado anteriormente es un sistema de etapas con múltiples aplicaciones, como el sistema de turbo cargado para motores de combustión interna y finalmente se propone un sistema de combustión el cual tiene una utilidad en un sistema de

accionamiento mecánico, particularmente en un caso para conducir que un pistón en un dispositivo automotriz se desplace con hidrógeno y tal vez otro gas no combustible como el Oxígeno y nitrógeno, el gas de hidrógeno y los gases no combustibles que lo acompañan son alimentados a través de una Línea a un sistema de admisión de aire controlado, el hidrógeno combinado y los gases no combustibles, alimentan a la combustión de la cámara donde se enciende y los gases de escape de la cámara de combustión se devuelven en un sistema cerrado como un dispositivo que genera un bucle a la cámara de retorno donde se generan las mezclas de combustible y gases no detonantes.

Por el documento DE-A 26 41 228 se conoce un sistema de motores de gas de hidrógeno para vehículos, que utiliza un dispositivo de desintegración de agua para generar hidrógeno y oxígeno, ambos en combinación con gas oxi-hidrógeno, el cual se suministra a los cilindros del motor, y utiliza destilados de agua con ácido sulfúrico al 10% para generar hidrógeno y oxígeno por electrólisis.

El sistema de la presente invención es para un sistema de combustión que utiliza gas de hidrógeno; Particularmente para conducir un pistón de un motor de combustión interna de un automóvil. El sistema utiliza un generador de hidrógeno para desarrollar gas de hidrógeno dicho gas de hidrógeno y otros gases no combustibles alimentan a una cámara de mezcla que también recibe oxígeno y la mezcla se controla para regular la temperatura de combustión, es decir para disminuir la velocidad de la temperatura del gas de hidrógeno a la de los combustibles comerciales, y la línea de alimentación de gas de hidrógeno dentro de la cámara de combustión incluye una válvula de flujo de gas de control lineal fina y una entrada de aire la cual es la fuente de oxígeno y también incluye una válvula variable para los gases de escape de la cámara de combustión y se utilizan de manera controlada como gases no combustibles.



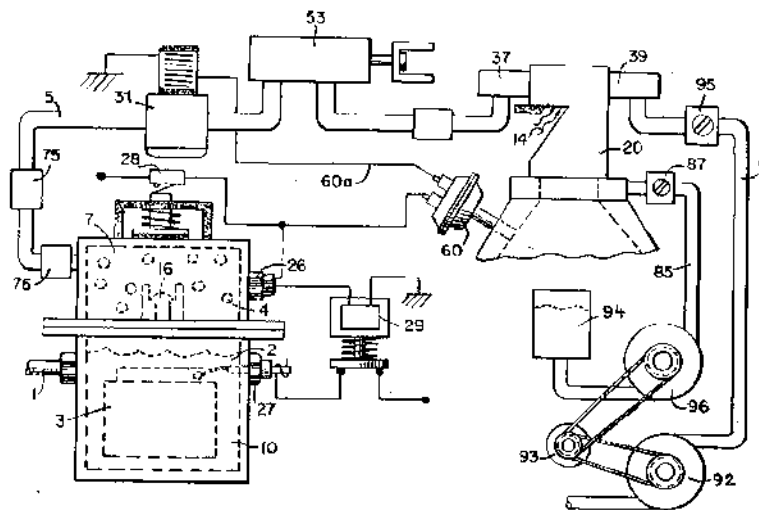
**Figura 5.5** Sistema de suministro de gases

El generador de hidrógeno se ha mejorado para incluir un tanque de retención para proporcionar una fuente de combustible de arranque que además, el generador de gas de hidrógeno incluye un interruptor a la fuente de energía operable desde una posición a otra dependiendo de un interruptor de detección de presión en la cámara de combustión.

La estructura simplificada incluye una serie de válvulas de una vía, estas válvulas son de seguridad para los aparatos de enfriamiento y la combinación de aparatos comprende el ensamblaje completo para convertir el motor de automóvil estándar de gasolina (u otros combustibles) a la mezcla de gas hidrógeno.

Por consiguiente, el objetivo principal de la presente invención es proporcionar un sistema de combustión de gases combinados con una fuente de hidrógeno y gases no combustibles y otro objeto de la invención es proporcionar un sistema de combustión tal que mezcle el hidrógeno y los gases no combustibles de una manera controlada y, por lo tanto, controle la temperatura de combustión.

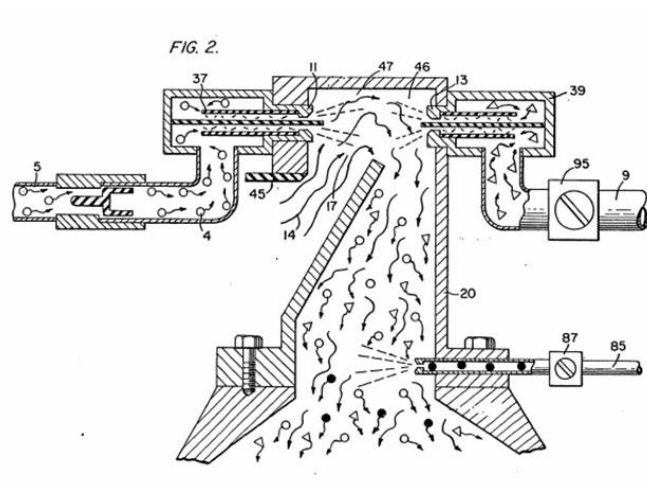
Con referencia específica a la figura 5.6, la fuente de hidrógeno 10 es un generador de hidrógeno. El contenedor 10 es un recinto para un baño de agua 2. Sumergido en el agua 2 hay un conjunto de placas 3. Aplicado a las placas 3 es una fuente de potencial de corriente continua a través de la entrada eléctrica 27. La parte superior 7 del contenedor 10 es una Área de almacenamiento de hidrógeno manteniendo una cantidad predeterminada de presión. De esta manera para la puesta en marcha habrá un flujo inmediato de gas hidron. Para reponer el agua gastada, el generador proporciona una fuente de agua continua.



**Figura 5.6.** sistema generador de hidrogeno para un MCI.

La válvula de seguridad 28 se puede romper con una acumulación excesiva de gas mientras que el interruptor 26 es un interruptor de presión de gas para mantener un nivel de presión de gas predeterminado alrededor de un volumen bajo regulado. El gas de hidrógeno generado 4 se alimenta desde la válvula de retención unidireccional 16 a través de la tubería 5 a una cámara de mezcla de gas 20, en donde el gas de hidrógeno se mezcla con gases no combustibles suministrados a través de la línea de tubería 9 desde una fuente descrita a continuación. En caso de que la válvula 75 de una manera falle y haya una chispa de retorno que pueda encender el gas de hidrógeno 4 en el área de almacenamiento 7 del generador de hidrógeno 10, el conjunto de enfriamiento 76 apagará la chispa y evitará dicha ignición.

Con referencia particular a la figura 5.7, el gas hidrógeno a través de la línea de tubería 5 y los gases no combustibles a través de la línea de tubería 9 se alimentan a un sistema carburador (mezcla de aire) 20 que también tiene una entrada de aire ambiente 14. El gas de hidrógeno 4 se alimenta a través de la línea 5 a través de la boquilla 11 en un rociador 17 hacia el área de trampa 47 de la cámara de mezcla 20. La boquilla 11 tiene una abertura más pequeña que las aberturas de la placa en el conjunto de enfriamiento 37, evitando así que se devuelva el flash que es un evento de chispas. Los gases no combustibles se inyectan en la cámara de mezcla 20 áreas de trampa 47 en un chorro pulverizador 46 a través de la boquilla 13. El conjunto de enfriamiento 39 se puede operar de manera muy similar a la del conjunto de enfriamiento 37.



**Figura 5.7.** Retención de gases

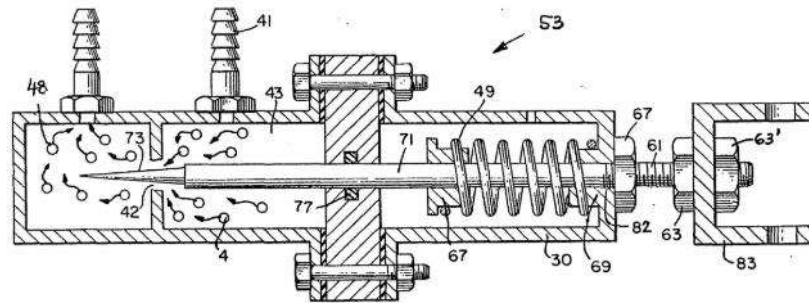
El aire ambiente es la fuente de oxígeno necesaria para la combustión del gas de hidrógeno, además los gases no combustibles son los gases de escape en un sistema de circuito cerrado.

Con referencia continua a la figura 5.7, el área de trampa de gas 47 es un tamaño predeterminado. Dado que el hidrógeno es más liviano que el aire, el hidrógeno subirá y quedará atrapado en el área 47. El tamaño del área 47 es suficiente para contener suficiente gas hidrógeno para una ignición instantánea al arrancar el motor de combustión.

Se observará que el gas hidrógeno se inyecta en la región superior del área de trampa 47. El hidrógeno se eleva a una velocidad mucho mayor que el oxígeno o los gases no combustibles; tres veces o más. Por lo tanto, si el gas hidrógeno ingresara en el área de la trampa 47 (área de mezcla) en su región más baja, el gas hidrógeno aumentaría tan rápidamente que el aire no podría mezclarse con el oxígeno. Con la estructura mostrada del área de la trampa 47, el gas de hidrógeno se empuja hacia abajo en el aire forzado hacia arriba y se mezcla fácilmente con él oxígeno.

La relación del aire ambiente (oxígeno) 14 y el gas no combustible suministrado a través de la línea 9 es una relación controlada y determinada por el motor en particular. Una vez que se determina la velocidad de combustión adecuada mediante el ajuste de la válvula 95 para variar la cantidad de gas no combustible y el ajuste de la válvula 45 para variar la cantidad de aire ambiente, se mantiene la relación. En un sistema en el que los gases no combustibles son los gases de escape de un motor en una disposición de circuito cerrado, y en el que la entrada de aire está bajo el control del motor, la velocidad del flujo y, por lo tanto, la mezcla de aire / no combustible, es Mantenido por la aceleración del motor. La mezcla de aire con gases no combustibles se convierte en el portador del gas hidrógeno, es decir el gas hidrógeno se superpone a la mezcla aire / no combustible. Al variar la cantidad de gas hidrógeno superpuesto en la mezcla de aire / no combustible de las r.p.m. De un motor puede ser controlado.

Se hace referencia a la figura 5.8, que ilustra con precisión en una vista transversal en sección lateral el control de flujo de combustible lineal fino 53. El gas de hidrógeno 4 entra en la cámara 43 a través de la entrada de gas 41. El gas de hidrógeno pasa desde la cámara 43 a la cámara 48 a través de la abertura 42 del puerto. La cantidad de gas que pasa desde la cámara 43 a la cámara 48 se controla controlando la abertura 42 del puerto.

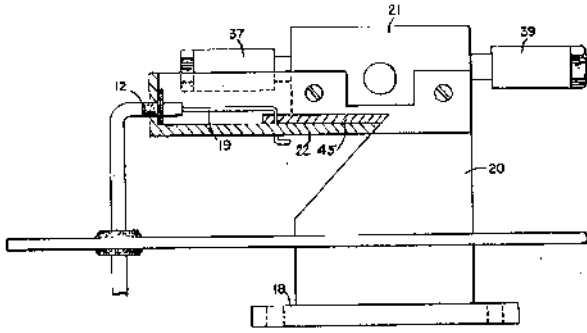


**Figura 5.8** suministro de hidrogeno por puertos.

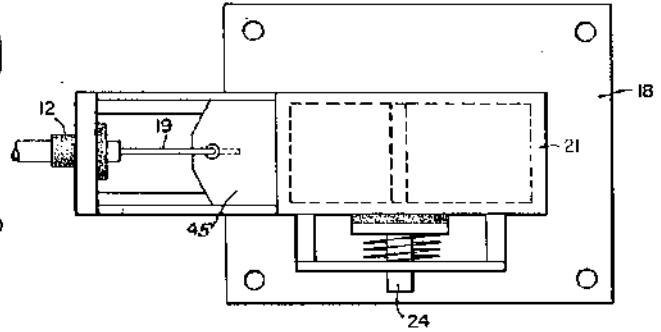
La abertura del puerto se controla mediante el pasador cónico lineal 73, el extremo romo del pasador 73 forma parte de la varilla 71 y la varilla 71 se pasa apoyando la junta teórica 77, a través de la abertura 82 está el alojamiento 30, al mecanismo de ajuste manual 83, el resorte 49 retiene la varilla 71 con el pasador 73 en una posición guiada con respecto a la abertura 42 y al accionar el mecanismo 83, el reten 73 retrocederá desde la abertura 42, aumentando así la cantidad de gas que pasa desde la cámara 43 a la cámara 48.

Los topes 67 y 69 mantienen el resorte 49 en su posición estable. La posición del pasador 73 con respecto a la abertura 42 se ajusta a través de tuercas roscadas 63, 63', 67 en la varilla roscada 61. Es decir, el ajuste roscado controla la velocidad de ralenti o permite que la cantidad mínima de gas pase de la cámara 43 a la cámara 47 para el funcionamiento continuo del motor de combustión.

Refiriéndonos ahora a las Figuras 5.7 y 5.8 se ilustra el control de ajuste de aire para manipular la cantidad de aire que pasa a la cámara 20. El cierre 21 montado en la placa 18 tiene una abertura 22 en uno de sus extremos. Sobre la abertura 22 se monta de manera deslizante la válvula de aire o el control de la placa 45. La posición del control 45 de la placa con respecto a la abertura 22 se controla mediante la posición de la barra de control 19 que pasa a través de un ojal 12. En caso de un funcionamiento defectuoso que pueda causar la combustión de los gases en la cámara de mezcla 20, la válvula de liberación 24 se romperá.

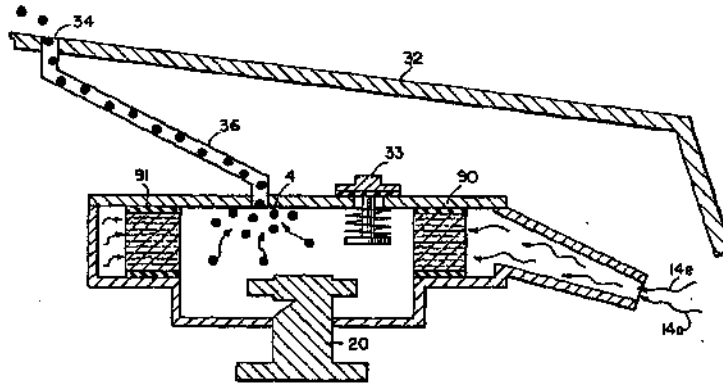


**Figura 5.9**



**Figura 5.10**

Con referencia ahora a la figura 5.6, en el caso de que el gas de hidrógeno 4 se acumule en la cámara de mezcla 20 a una presión excesiva, y el tubo de escape 36 conectado a un puerto 34 en el capó del automóvil 32 permita que el exceso de gas de hidrógeno escape de manera segura a la plataforma en el caso de un mal funcionamiento que pueda causar combustión en la cámara de mezcla 20, la válvula de alivio de presión 33 se romperá expulsando gas hidrógeno sin combustión.



**Figura. 5.11** sistemas de protección en caso de falla

En la disposición construida de la Figura 5.3, se ilustra un sistema de control de gas que se puede adaptar a un motor de combustión interna de un automóvil existente sin cambiar o modificar los parámetros o características de diseño del automóvil. El flujo del gas de hidrógeno es, por supuesto, crítico; por lo tanto, se incorpora en la línea 5 la válvula de flujo de gas 53, para ajustar el flujo de hidrógeno. La válvula de flujo de gas se describe en detalle con referencia a la Figura 5.5.

[El aire de admisión 14 puede estar en una disposición de carburador con un ajuste de admisión que ajusta la abertura de la placa 45 y también se describe con más detalle con referencia a la Figura 5.10.

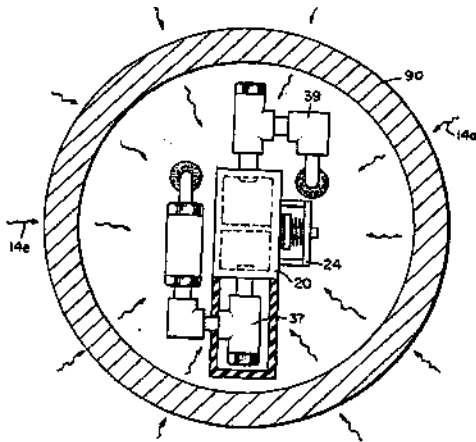
Para mantener la presión constante en el almacenamiento de gas de hidrógeno 7 en la operación de encendido / apagado del motor, la válvula de control de flujo de gas 53 responde al interruptor de control de apagado eléctrico 31. La presión constante permite un suministro abundante de gas en el arranque y durante ciertos periodos de tiempo de funcionamiento en el reabastecimiento.

El interruptor 31 responde, a su vez, al interruptor de control de vacío 60. Durante el funcionamiento del motor, se creará un vacío que, a su vez, deja abierto el interruptor 31 por contacto con el interruptor de vacío 60 a través del cable 60a. Cuando el motor no está funcionando, el vacío disminuirá a cero y, a través del interruptor 60, el interruptor eléctrico 31 cerrará el flujo de gas hidrógeno a la válvula de control 53.

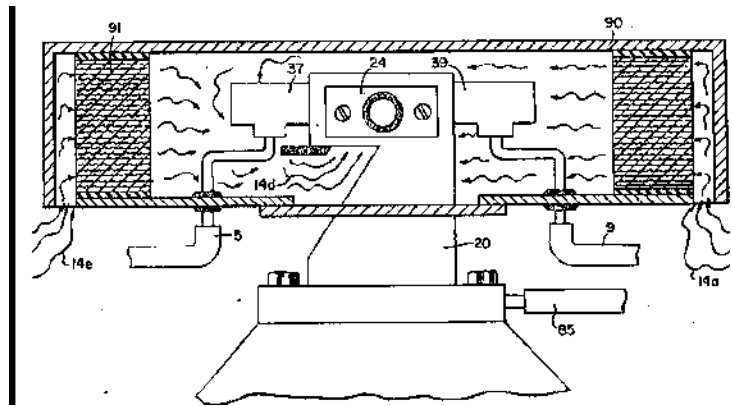
A medida que se aplica corriente directa de bajo voltaje a la válvula de seguridad 28, el solenoide 29 se activa y el solenoide aplica un voltaje de control a las placas del generador de hidrógeno 3 a través de la entrada eléctrica 27 a través del interruptor de presión 26. A medida que la energía eléctrica activa el solenoide eléctrico 29, se hace que el gas hidrógeno pase a través de la válvula de retención de ajuste de flujo 16 y luego la tubería de salida 5 para su utilización. Una vez que el generador de hidrógeno 10 alcanza un nivel óptimo de presión de gas, el interruptor de presión 26 desconecta la alimentación eléctrica de los extractores de hidrógeno. Si la presión de la cámara excede un nivel predeterminado, la válvula de liberación de seguridad 28 se activa desconectando la corriente eléctrica y, por lo tanto, apagando todo el sistema para una inspección de seguridad



Con referencia particular ahora a la figura 5.8, se ilustra el sistema de inyector de combustible en una vista lateral en sección transversal y a la figura 5.11 en una vista desde arriba. El aparato estructural comprende un alojamiento 90 que tiene entradas de aire 14a y 14e. El aire pasa a través del filtro 91 y luego a la entrada 14d de la cámara de mezcla 20. El hidrógeno ingresa a través de la línea 5 a través de las placas de enfriamiento 37 y dentro de la cámara de mezcla 20. Los gases no combustibles pasan a través de la línea 9 a las placas de enfriamiento 39 y La cámara de mezcla 20.



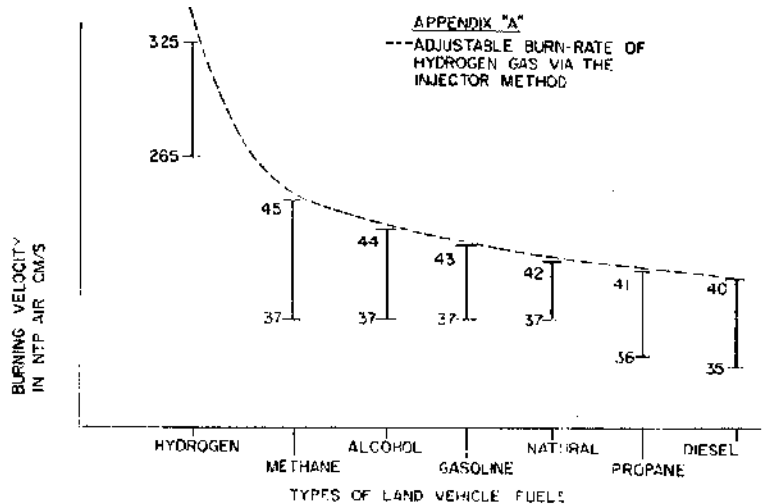
**Figura 5.11** vista planta



**Figura 5.12** vista lateral

La figura 5.9 ilustra la disposición mecánica de los componentes que comprenden la estructura general de la cámara de mezcla 20 y se muestra independientemente en las otras figuras. Volviendo a la figura 5.3, se ilustra la línea de gas no combustible 9 que pasa a través de la bomba 92, que es impulsada por la polea del motor 93. La válvula 95 controla el caudal y también está accionada por la polea 93 de la bomba 96 que tiene la línea 85 conectada a un depósito de aceite 94 y la válvula 87 y, finalmente, a la cámara de mezcla 20. Como cuestión práctica, como en un motor no lubricado con aceite, se pulveriza líquido lubricante como aceite para la cámara 20, a través de la línea de suministro de aceite 85 para lubricación.

La velocidad de combustión del gas hidrógeno es del orden de 7, 5 veces la velocidad de combustión del alcohol, el propano, el metano, la gasolina, el gas natural y el gasóleo. Debido a la inusualmente alta velocidad de combustión del gas de hidrógeno, investigadores anteriores lo descartaron como combustible sustituto. Incluso si un motor pudiera diseñarse para adaptarse a velocidades tan altas, el peligro de explosión eliminaría cualquier pensamiento de uso comercial sin embargo en la realización preferida, se describe un aparato práctico que adapta el generador de hidrógeno a un motor de combustión tal aparato controla linealmente el flujo de gas de hidrógeno a una cámara de mezcla que se mezcla con una cantidad controlada de oxígeno de gas no combustible, por lo tanto, la reducción de la velocidad del gas de hidrógeno hace que el uso del hidrógeno sea tan seguro como otros combustibles.



**Figura 5.13** velocidad del hidrogeno comparado con otros combustibles. [22]

## 5.2 Comparativa con los diseños propuestos en este proyecto

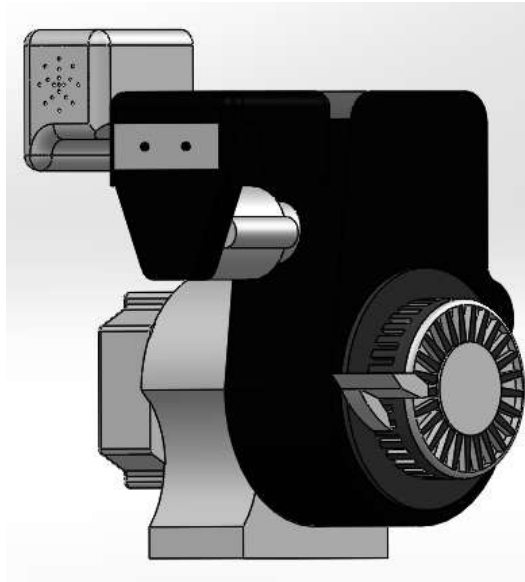
Este anterior sistema muestra la forma que el fisico Stanley Meyer uso para poder introducir cantidades de hidrogeno y oxigeno por medio de un inyector especializado como si de un compresor por accionamiento mecánico se tratase su objetivo es el de meter a compresión tanto el gas de hidrogeno como los gases no combustibles que lo acompañan y limitando las porciones del aire al ser suministradas dentro de la cámara de combustión interna.

El sistema que genero el fisico se trata de un movimiento por poleas mecánicas las cuales están sujetas a un motor de combustión interna en estas poleas al ser accionadas desplazan aceite por medio de vías especializadas para tal fin con el medio de llegar a unas válvulas

controladas las cuales dejan pasar cierta cantidad de aceite , por otra parte genero un sistema de trampa donde se puede apreciar en la figura 5.4 como mezclara los gases no explosivos y que ya fueron detonados con el hidrogeno el cual género en otro apartado pero realizo un sistema de vías para bajar la velocidad del hidrogeno y genero un sistema de cámaras cerradas que ayudan como trampas para que el oxígeno y otros gases no explosivos se mezclen perfectamente , también género que se mezclara con aceite para que asegure una lubricación a los pistones ya que recordemos que los motores de combustión interna generan su movimiento al generar una explosión y tal explosión es a causa de la gasolina la cual en su composición tiene aceite que lubrica al motor protegiéndolo de posibles daños a causa de la explosión , por consiguiente el hidrogeno es solo un gas el cual no contiene aceite y es más explosivo que la gasolina por lo tanto podría generar una falla dentro del motor haciendo que se genere más fricción dentro del motor al desplazar el pistón sobre el cilindro si este no está lubricado, de tal forma que su sistema de cámaras donde mezcla los gases no explosivos con el aceite y con el hidrogeno , hace una perfecta combinación para poder suministrar el hidrogeno dentro de la cámara de combustión reduciendo el daño que podría ser generado . En el siguiente apartado se hablara de lo que se propone realizar más adelante en comparativa con el trabajo del físico Stanley Meyer, cabe señalar que algunos elementos que describiremos ya están realizados y otros más se realizaran a futuro.

Se plantea utilizar un motor de combustión interna el cual puede soportar 150 centímetros cúbicos de combustible para generar trabajo, tal motor será utilizado para suministra hidrogeno en cargas porcentuales, dicho de otra manera este trabajo no pretender demostrar la utilización del hidrogeno como nueva fuente de energía , este trabajo pretende demostrar que por medio de cargas porcentuales de inyección de hidrogeno, el motor cambie su comportamiento de tal manera que en trabajos futuros se pueda llegar a suministrar el cien por ciento de hidrogeno y que pueda desplazar a la gasolina como nueva fuente de energía

Primero se empezará por el diseño de un motor de combustión interna el cual este en óptimas condiciones para poder ser utilizados, dicho motor de combustión interna debe ser accionado con gasolina para saber que está en correcto funcionamiento y así poder aplicar cargas porcentuales del gas hidrogeno. Como se muestra en la figura 5.14 es el motor con el que se estarán realizando una serie de pruebas, tales pruebas deberán acreditar el correcto funcionamiento de dicho motor.

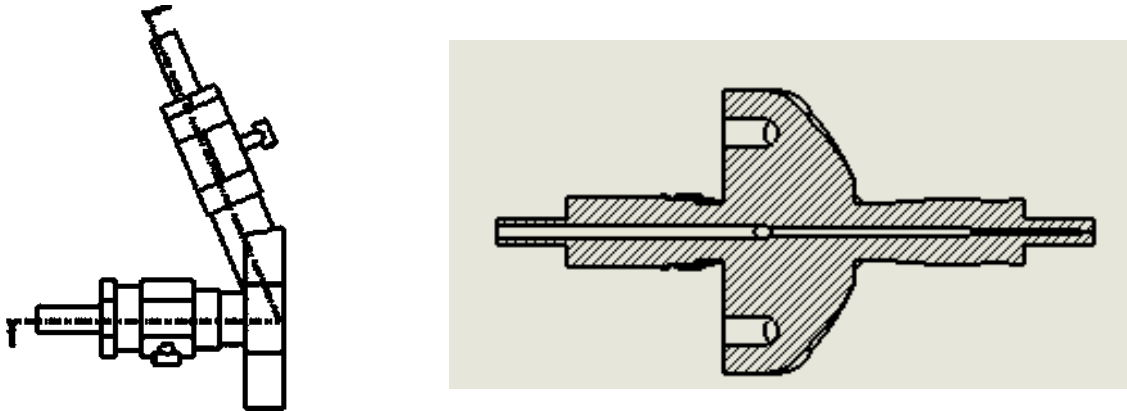


**Figura 5.14** motor de combustión interna 150cc.

La principal prueba que se generara será demostrar el consumo de combustible tomando de referencia el tiempo que tarda en consumirlo, con ello se podrá dar cuenta el consumo de combustible por minuto que en la sección de pruebas se demostrara.

Como resultado de un correcto funcionamiento de nuestro motor de combustión interna en base a las pruebas aplicadas lo siguiente será el poder suministrar hidrogeno al motor de combustión interna y esto se lograra por medio de los diseños desarrollados que permitirán que estas piezas suministren el gas de hidrogeno dentro de la cámara de combustión, en la

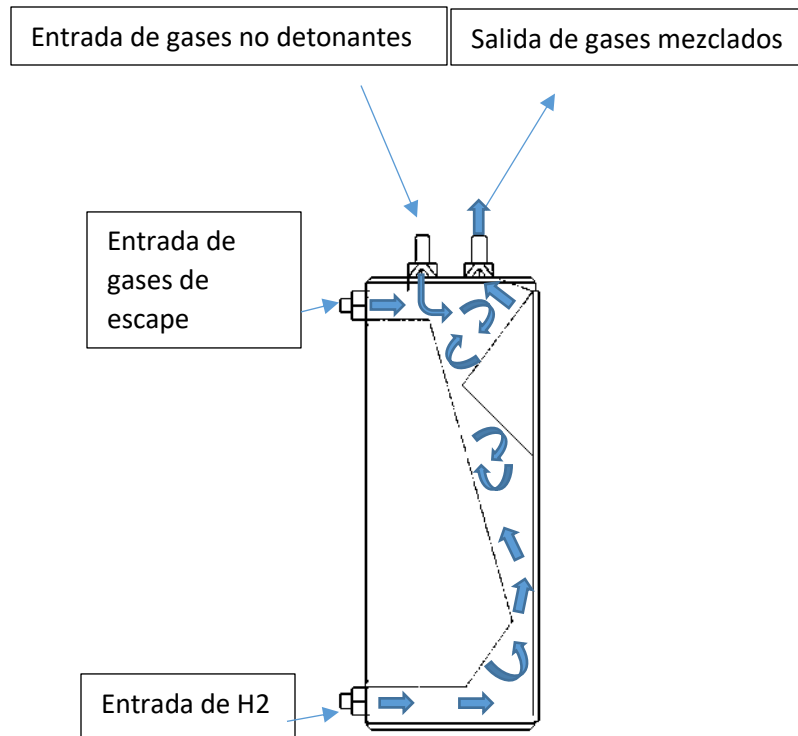
figura 5.14 se muestra el diseño de una válvula que permite el ingreso del gas de hidrogeno y otra válvula que permite la entrada de gases no explosivos como el oxígeno.



**Figura 5.15** Válvulas controladoras de gases

Por medio de estas válvulas se llevara a cabo la mezcla estequiometria que comprenderá suministrar 32 partículas de oxígeno por una de hidrogeno, esto con el fin de causar una correcta quema del combustible dentro de la cámara de combustión, atreves de eso obtendremos un sistema de gases que saldrán expulsados a la atmosfera al haber sido detonados pero este sistema de gases de escape los recolectaremos de forma que puedan volverse a mezclar para poder generar la combustión dentro del motor.

Tal regulación de gases se muestra en la figura 5.16 en la cual se puede observar que los gases generados por la explosión se almacenaran en un contenedor donde se mezclara con el hidrogeno esto con el fin de poder inyectar correctamente el gas de hidrogeno y pueda ser quemado dentro del motor



**Figura 5.16** sección corte vista lateral

Por medio de la figura 5.16 se puede observar como el hidrogeno entra en el contenedor por la parte de abajo, después por medio de paredes colocadas estratégicamente , conseguirá que la velocidad a la que el hidrogeno fue inyectado baje su velocidad para poder mezclarse con los gases de escape que fueron detonados y con los gases de admisión , así mismo se revolverán para poder salir al inyector que en este caso es una especie de carburador especializado en el cual se inyectara las variantes que ya fueron mezcladas. Este contenedor su principal funcionabilidad es la de reducir la velocidad del hidrogeno y la de mezclar el gas de hidrogeno con los gases no detonantes.

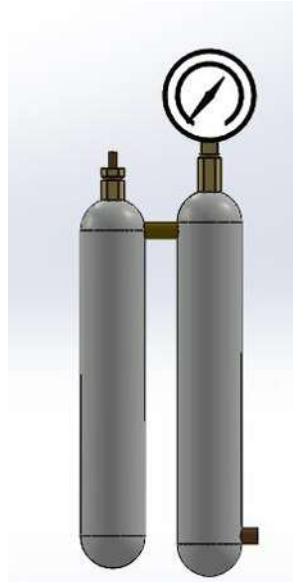
En el siguiente punto se propone contener el gas de hidrogeno mezclado con los gases no detonantes que se mencionó anteriormente, esto con motivo de siempre tener gas de hidrogeno al momento de generar inyección en nuestro vehículo, para ello es importante la perfecta realización de dicho contenedor, así que en base a normativas de seguridad debe portar el rombo de señalamiento de seguridad (gas no inflamable) con el número de naciones unidas ubicando en la unidad según NOM-004-STC/2008. Cada envase requiere una etiqueta de identificación con información de riesgos primarios y secundarios. La unidad deberá contar con su hoja de emergencia en transportación con la información necesaria para atender

una emergencia según NOM-005-STC/2008. Los cilindros deberán ser transportados en posición vertical y en unidades bien ventiladas, nunca transporte en el compartimiento de pasajeros del vehículo.

. No someter los envases a golpes mecánicos anormales, que pueden deteriorar las válvulas o equipos de protección. Nunca intente levantar el cilindro / envase por el protector de la válvula. No usar envases como rodillos o soportes, o para cualquier otro propósito que no sea contener el gas, tal como ha sido suministrado. Nunca crear un arco voltaico en un cilindro de gas comprimido o hacer que el cilindro forme parte de un circuito eléctrico. No fumar durante la manipulación de productos o cilindros Nunca re-comprimir el gas o la mezcla de gases sin consultarlo previamente nunca intente transferir gases de un cilindro / envase a otro. Usar siempre válvulas anti-retorno en las tuberías. Purgar el aire del sistema antes de introducir el gas. Al devolver el cilindro instalar el tapón protector de la válvula o tapón protector de fugas. Nunca usar fuego directo o calentadores eléctricos para aumentar la presión en el envase. Los envases no deben ser sometidos a temperaturas superiores a los 50°C. Se debe evitar la exposición prolongada a temperaturas inferiores a los -30°C.

### **5.2.1 Información del etiquetado**

gas inflamable envasado a alta presión puede formar mezclas explosivas con el aire si la válvula es abierta a la atmósfera puede incendiarse se quema con flama invisible Manténgase alejado del calor, flama o chispa Almacene y use con ventilación adecuada El cilindro no debe exceder de 52°C (125°F) No abrir la válvula hasta que esté conectada al equipo a utilizar Use equipo para el rango de presión del cilindro Utilice dispositivos para evitar el retroceso de flujo en la tubería Aproxímese con cuidado a cualquier área con fuga Cierre la válvula después de usar el cilindro y cuando este vacío Usar de acuerdo a la hoja de seguridad. Tomando las precauciones anteriormente señaladas se diseñó un sistema que acumule los gases mezclados de hidrogeno con los gases no detonantes , de esta manera también se diseñó que dicho tanque cuente con válvulas de presión así como válvulas de anti retorno por si llegase el caso de una pre-ignición dentro del equipo, para así mismo proteger al usuario de dicho problema como se muestra en la figura 5.17 de forma que está diseñado para ser transportado en un vehículo de transporte en este caso es una motocicleta previamente diseñada para poder transportar el equipo de gas hidrogeno y demás complementos.

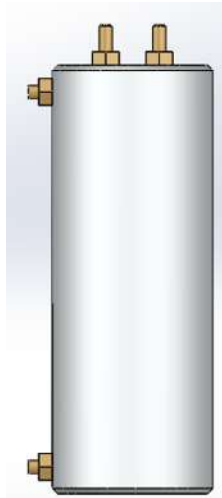


**Figura 5.17** contenedor hermanado de hidrogeno

Por medio de este contenedor hermanado se repartirá las cargas del hidrogeno, se podría optar por diseñar un contenedor más grande pero debido a las complicaciones que tendría para ser instalado en el prototipo que se diseñó que es una motocicleta, nos imposibilitaría la oportunidad de poder instalarlo adecuadamente , este sistema de contenedor cuenta con la función del indicador de presión a la que estará sometido el gas hidrogeno, además cuenta con una válvula de seguridad anti retorno la cual nos ayuda a evitar que el gas regrese y que pueda causar una explosión , se encuentra distribuido de tal forma que contiene una válvula por la parte de abajo la cual está conectada directamente a las placas generadoras del gas hidrogeno, así que cada que las placas produzcan el gas hidrogeno por medio de la electrolisis estas liberaran el gas de tal forma que llenara ambos contenedores ya que están unidos por una parte central que favorece el recorrido del gas para ser expulsado al contenedor de la



figura 5.18 , el cual esta seccionado y explicado en la figura 5.15, la cual muestra cómo se combinara estos gases al ser liberado el hidrogeno.

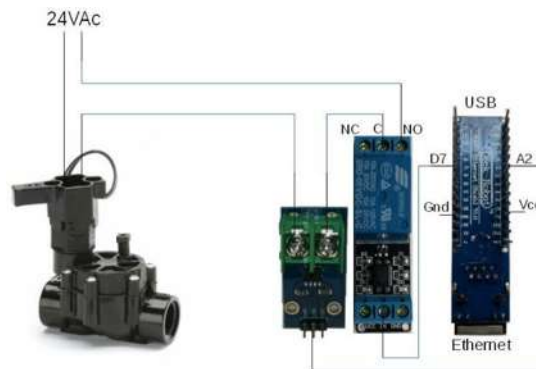


**Figura 5.18** mezclador de gases

Esta mezcladora de gases aparte de realizar su tarea que disminuir la velocidad del gas hidrógenos y de hacer que haga una mezcla estequiometrica con los demás gases también se le diseño un sistema de válvula anti-retorno para evitar que se genere algún tipo de ignición en dicho contenedor, esta válvula se destruirá y el gas contenido se expulsara a la atmosfera de manera segura para evitar daño al usuario.

Por ultimo cabe señalar que esta comparativa es para poder llegar al paso más importante y por ende lo que hace posible esta investigación y que es; la utilización de una válvula que controla el suministro de porción de mezcla estequiométrica la cual dicha mezcla será inyectada al motor de combustión interna, cabe señalar que esta es una electroválvula la cual estará monitoreando el flujo que entra por ella y podrá detectar las cantidades optimas en cuanto a partículas para poder inyectarlas a la cámara de combustión , esta electro válvula fue diseñada para medir la mezcla estequiométrica en relación al gas de hidrogeno y a los gases que no generan explosión como el oxígeno. En la figura 5.19 se muestra un diseño simple de una electroválvula con su respectiva tarjeta programable la cual fue programada de la siguientes manera; la electroválvula funciona de tal manera que puedas controlar el flujo que pasa por ella , este flujo en su interior puede contener un líquido o un gas , es importante señalar que si se trata de un gas lo más recomendable es utilizar una electroválvula

especializada para poder medir las partículas que en su interior se arrojan, existen diferentes tipos de electroválvulas que son especialmente diseñadas para controlar flujos de aire



**Figura 5.19** diseño de un electro válvula programable

Como lo es: el sensor MAF es el sensor que mide el flujo másico por medio de una resistencia variable, miden la cantidad de aire por peso a través de voltajes o frecuencias cambiantes y envía esta información a la computadora de a bordo.

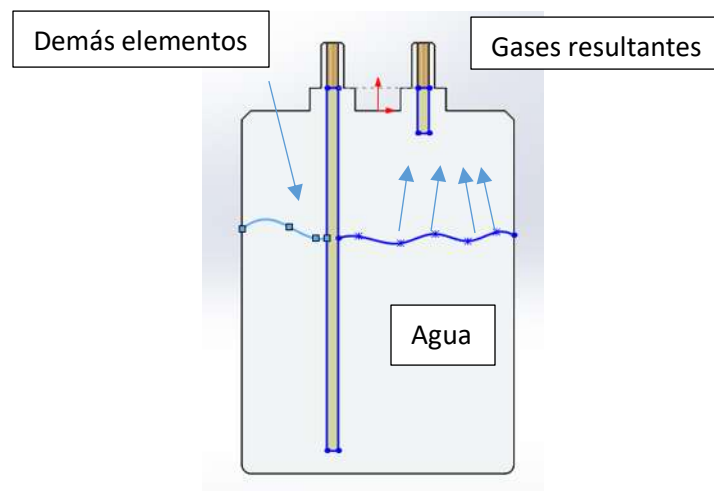


**Figura 5.20** sensor MAF

Este sensor es apropiado para lo que se necesita para esta investigación, pero existe el problema que solo mide el flujo másico por medio de frecuencia variable, de lo cual imposibilita el estudio de la correcta mezcla estequiométrica que tendrá que ser suministrada en el motor de combustión interna, en la figura 5.3 de Stanley Meyer se puede observar que su diseño para suministrar las cargas de hidrogeno y demás gases lo hace por medio de accionamiento mecánico el cual está basado en una válvula de ralenti que monitorea la apertura correcta para suministrar los gases pero de accionamiento mecánico el cual no estará cien por ciento controlado debido a que será imposible determinar la mezcla estequiométrica que posteriormente pasara a la cámara de combustión, por otro lado lo que

se propone en este proyecto de tesis es que por medio de las electroválvulas se podrá medir correctamente las porciones de aire que entrara en su interior así como la determinada variación de los elementos que las componen, tales elementos estarán dados en base a las soluciones químicas que en un apartado posterior se mencionaran

Estas soluciones químicas que posteriormente se mencionaran tienen en su interior otros elementos que ayudan a la optimización de generar hidrogeno por medio de la electrolisis , en su apartado el físico Stanley Meyer dice que su composición de elementos que integraran la mezcla de gases está hecha por oxígeno, hidrogeno y nitrógeno cada elemento con distintos tipos de porcentaje, en la investigación que se viene desarrollando se tendrán más elementos aparte del hidrogeno, oxígeno y nitrógeno también tendremos pequeñas cantidades de hidróxido de potasio, hidróxido de sodio, etanol y carbonato de sodio, tales elementos ayudan a obtener mayores cantidades de gas hidrogeno al momento de generar la catálisis por medio de electricidad, pero también estos elementos pueden generar que el motor de combustión interna falle y esto debido a que existen elementos que al hacer contacto con los metales que se encuentran dentro del motor son capaces de dañarlo causando corrosión, oxidación resequedad en los anillos y por tanto rebajando la vida útil del motor de combustión interna por eso se propone realizar un purgador el cual este diseñado para proporciones optimas y ser colocado en el prototipo de motocicleta, tal purgador como se muestra en la figura 5.2.8

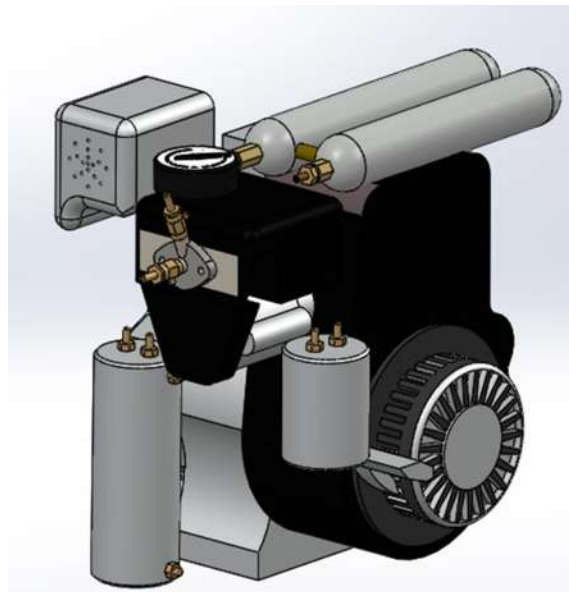


**Figura 5.19** purgador

Este purgado contendrá agua en su interior de tal manera que los gases que vienen previos a las placas secas que generan la electrolisis y por consiguiente el hidrogeno, este pasara a

dicho contenedor donde los elementos más pesados se quedarán atrapados en el agua y solo los elementos más ligeros son los que flotarán con facilidad, de tal forma que solo los gases podrán pasar a la siguiente etapa de filtrado donde serán analizados y mezclados como se muestra en la figura 5.16,

Por último se muestra en la figura 5.20 el acomodo de todas las piezas para su correcto funcionamiento, anteriormente se describió el diseño y la realización de elementos similares que nos ayudaran para la obtención del hidrogeno pero en el caso anterior es para ser funcionado como un banco que analiza a los motores de combustión interna dicho banco solo puede ser usado para la obtención de pruebas mas no para su uso en vehículos, por esa razón en este apartado se muestran los elementos que necesitaremos para realizar un banco portátil y que este diseñado de acuerdo a las dimensiones de nuestro vehículo diseñado, de tal manera que los elementos que se usen en dicho vehículo saldrán con medidas especiales de acuerdo a las dimensiones del motor que estaremos analizando, cabe señalar que para usar un motor muestra de combustión interna es necesario realizar una serie de cálculos que tienen que ver con los litros que consume de combustible, en base a ello se podrá realizar un equipo especializado el cual al acoplarse a dicho motor este teóricamente pueda funcionar correctamente.



**Figura 5.20** colocación de los contenedores

Como se puede apreciar en la figura 5.20 es una forma de colocar los recipientes que nos ayudaran a generar cargas de hidrogeno correctamente, atreves ese proceso se determinó

realizar un prototipo que anteriormente fue mencionado el cual constad de ser un vehículo el cual pueda transportar estos recipientes generadores de hidrogeno, para ello se tomaron a consideración distintos factores para la realización de este prototipo, a continuación se mencionara los materiales que se emplearon para su elaboración

### **5.3 Pasos para la elaboración de un vehículo especializado**

#### **5.3.1 Motor:**

para la realización del prototipo que tendrá la función de soportar cargas porcentuales de hidrogeno es importante determinar el tipo de motor con el que se trabajara para la realización de dicha tarea , en este caso el motor con el que se pretende realizar la investigación de proporcionas cargas porcentuales de hidrogeno y gasolina, es un motor de motocicleta de 150 centímetros cúbicos, esta centímetros cúbicos nos proporcionan la información de cuanto se puede contener dentro de la cámara de combustión para detonar la gasolina en su interior, como se muestra en la imagen 5.21 se puede apreciar el motor con el que se pretende trabajar.



**Figura 5.21** Motor de combustión interna de 150cc

Es importante mencionar que dicho motor tiene que estar en óptimas condiciones , para ello se implementó la labor de revisar el motor el cual tenía varios problemas entre ellos se encontraba que la parte de la cámara de combustión estaba dañada, ya que tenía rayones en su interior producto generado por anillos en mala colocación que originaron que el cilindro tuviera problemas, otro punto fue cambiar los anillos del motor ya que estos se encontraban en mal estado, por ello la moto al ser encendida, estaba generaba humo de color azul y de color negro producto de pasar aceite y quemarlo junto con la gasolina y el humo negro producto de una mala quema del combustible por falta de potencia en la bujía, así que se implementó el desarmado del motor para así mismo visualizar de manera más significativa algunos problemas que podrían ser más notorios teniendo el equipo desarmado como se muestra en la figura 5.22.



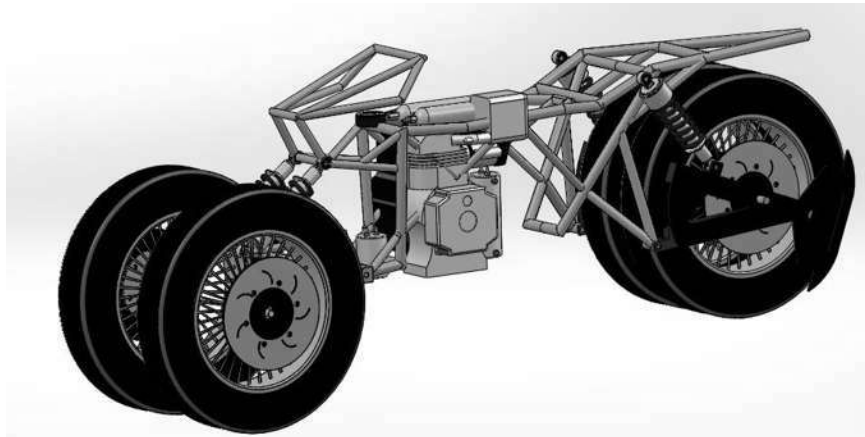
**Figura 5.22** desarmada del motor de combustión interna

De esta manera al realizar un análisis se determinó varias causantes que hacen que el motor estuviera dañado entre ellas se encontraba que la cara de combustión tenía daños en su interior así que se optó por mandar a rectificar a un torno para que estuviera calibrada de manera correcta, también se sustituyó el pisto ya que este había sufrido un daño cuando una válvula se quedó abierta, haciendo que el pistón se dañara gravemente junto con la biela que se dobló, esta también fue sustituida y también se cambió la cabeza donde se colocan las válvulas por el daño anteriormente descrito dichas válvulas también fueron reemplazadas, por último se verifico el sistema de cambios ya que estos no lo hacían correctamente y se pudo analizar que su problema era debido al cloche en mal estar así que este fue reemplazado por uno nuevo por último el motor fue armado correctamente de acuerdo a la hoja emitida por el fabricante, y los anillos del pistón fueron colocados correctamente, de esta manera al

termino de arreglar al motor , se prosiguió con el encendido de tal forma que este aseguro hacerlo de manera correcta así mismo se pudo seguir avanzando de manera correcta para la realización del siguiente paso

### 5.3.2 Diseño:

en este paso de acuerdo con las mejoras obtenidas del anterior paso , se procede a realizar un diseño en computadora como se muestra en la figura 5.20 en ella podemos observar un diseño que pueda ser compatible con nuestro motor, para ello se utilizó un programa especializado el cual nos deja diseñar de manera correcta lo que necesitamos realizar , en este caso fue el programa de nombre SolidWorks el cual fue herramienta clave para realizar lo que se necesitaba, en este programa se tuvo que diseñar el motor de combustión interna que se utilizaría de manera perfecta así que se usaron medidas reales para poderlo diseñar usando el sistema ingles el cual consta de utilizar pulgadas ya que estas producen medidas de manera más correcta, por consiguiente se tomaron medidas reales de una motocicleta ya establecida para así mismo poder generar el que sería nuestro nuevo chasis como se aprecia en la figura 5.23



**Figura 5.23** chasis prototipo

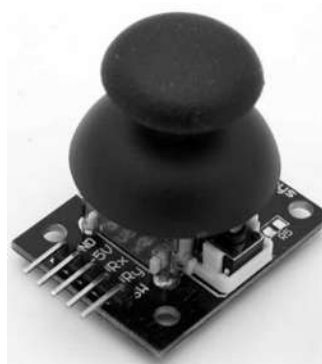
En esta figura podemos apreciar cómo se diseñó un chasis especial el cual pudiera contener en su interior al motor de combustión interna anteriormente diseñado, así mismo se implementó un diseño que de manera correcta pudiera contener los recipientes que podrán proporcionar cargas porcentuales de gas de hidrogeno al motor de combustión interna, de tal manera que para la realización del chasis se consideró el estudio de chasis fabricados por

compañías de motos, pero estos no nos proporcionaban la comodidad y la seguridad al usuario, al momento de portar el equipo en su interior, así que se propuso diseñar una motocicleta que utilizara 4 llantas de manera que estuvieran correctamente colocadas para que la motocicleta no se balanceara a un lado, de manera que podría proporcionar más seguridad al usuario de tal forma que se evitaría más riesgos al ser una motocicleta constituida por cuatro llantas lo cual lo hace ser que este equilibrada y que al momento de realizar un giro brusco o de manera inadecuada esta no tienda a sobre cargarse de una sola postura originando una caída y por tanto originando peligro al usuario que los contenedores que en su interior almacenan gas hidrogeno estos llegasen a dañarse y explotar o causar algún problema, también se consideró que las llantas delanteras funcionarían con un motor eléctrico como se muestra en la figura 5.24



**Figura 5.24** sistema eléctrico de dirección

Con este sistema eléctrico de dirección, proporciona al usuario mayor comodidad de giro en las llantas, ya que estas están diseñadas así para que el usuario a través de un joystick como se muestra en la figura 5.25



**Figura 5.25** joystick



Con este sea más fácil el de desplazar las ruedas delanteras hacia la derecha o izquierda dependiendo del tipo de velocidad que se lleve, así mismo esto se implementó para hacer que el usuario se sienta más seguro al conducir este prototipo de tal forma que le proporcionara que este más concentrado en el entorno que lo rodea al manejar dicho vehículo , de tal manera que se eliminen distractores al usuario, así que el sistema de dirección electrónico comprende en gran medida al desarrollo del chasis para estar correctamente equilibrado al momento de colocar el motor de combustión interna y el motor eléctrico ya que ambos motores son muy pesado, y requieren estar de una forma en acomodo en el chasis para que este no tienda a cargarse a un cierto lado, con estos puntos tomado en cuenta también se desarrolló un sistema de repartición de fuerzas, el cual consta de mover a las llantas traseras por medio de una estrella central entre estas llantas , facilitando de gran medida la repartición de fuerzas al ser desplazado el motor así mismo evitando el deterioro de alguna llanta y así mismo generando que el eje trasero se vuelva un eje central para la repartición de estas fuerzas

### **5.3.3 Chasis:**

En este paso se tomó a consideración las partes mencionados en el paso dos donde se explica la manera en que estará diseñado el chasis del prototipo a implementar, a hora en este paso se propone la realización del diseño anterior descrito, en este paso se estudió algunas de las normas de seguridad para la realización de un chasis que cumpliera lo más allegado posible a las nomenclaturas de aceros a implementar en el desarrollo de un chasis, así que en base al presupuesto se optó por elegir los materiales más acercados a los que las normas lo piden, antes de realizar el prototipo se tomó a considerar la visualización de motocicletas ya existentes, así que de manera oportuna se examinaron un grupo de motocicletas a las cuales se les examino de manera detallada el tipo de material que utilizaban en sus chasis y el tipo de calibre o cedula que implementaron las compañías de estas motocicletas para su elaboración, también se examinó que tan reforzadas estaban estas motocicletas en su interior en su casi de tal manera que se descubrió lo siguiente: las motos de pista tienen un chasis más reforzado ya que en su interior se arrojaron motores más grandes como los son los de 650cc hasta motores de más de 1150cc, lo que hace que las motos sean más pesadas y por ende tienden a estar más reforzadas así que para evitar en mayor medida el peso estas optan por combinar ciertos materiales, por ejemplo la parte donde este motor es colocado, su diseño

es de aluminio para no generar peso y es de este material ya que no requiere esfuerzos normales ni cortantes, pero en el caso del chasis faltante , este es de un material de acero pero tal acero es de una sola pieza lo que lo hace ser más reforzado ya que no tiene costura , lo que significa que es acero colado para hacerlo más resistente y este porta una cedula 40 en su interior o en su defecto cedula 30, así mismo se analizaron más motocicletas en las cuales se pudo determinar que las motocicletas comúnmente denominadas de trabajo, estas en su interior estaban más simples, se dice que es porque sus motores son de baja cilindrada por tal motivo es que su chasis que lo constituirá sea más ligero ya que a este se le agregara el peso del motor y el peso del usuario haciendo que el motor pequeño sufra esfuerzos y perdida de potencia, pero su tipo de chasis está formado de manera muy sencilla ya que solo es un tubo principal de una pulgada un octavo de diámetro que atraviesa a la motocicleta con una cedula 20, haciéndola un vehículo totalmente peligros para el usuario ya que esta no contiene un chasis que pueda ayudar al usuario al momento de un accidente, así que en base a los estudios anteriormente realizados se optó por diseñar un chasis de maneras más correcta aunque esto se signifique tener que sacrificar la potencia del motor , pero de tal manera que el usuario este más protegido ante un accidente, así que para dicha realización se optó por realizar un chasis de acero al carbón de cedula 30 y 1 de pulgada en su diámetro, también se implementó tubería de  $\frac{3}{4}$  pulgada(1.905cm) y una cedula 40 para soportes de motor y soportes donde más se requiera esfuerzos cortantes, esfuerzos normales y demás esfuerzos que lleven a la ruptura de la soldadura o material al tener cargas cíclicas , para evitar esto se formó un chasis de manera de triángulos como se muestra en la figura 5.26



**Figura 5.26** chasis triangular

De tal manera que al estar diseñados en forma de triángulo estos puedan soportar todo tipo de esfuerzos que los lleven a una fractura por cargas cíclicas, así mismo se reforzó la parte delante y la parte trasera para que en caso de un accidente el usuario, este lo más protegido posible, el diseño de esta moto de acero al carbón tiene tubería con costura que debido al presupuesto que se contempla es de manera difícil conseguir tubos de aceros colados sin costura debido a su precio, por eso se explica que se basó a la construcción del chasis lo más parecido a las normas mexicanas que acreditan una certificación, este chasis como se muestra en la figura 5.27



**Figura 5.27** chasis general

Está diseñado para soportar un motor de combustión interna, los contenedores de gas hidrogeno y sus pasajeros que utilizaran la motocicleta para posteriores pruebas.

#### **5.3.4 Cubierta protectora:**

en este punto se mencionara el diseño exterior de la motocicleta en este caso se compone de la carcasa superior que forra a la motocicleta de tal forma que evita que sus componentes internos queden a la vista, y por ello puedan dañarse en caso de lluvia o cuestiones de clima, para ello es importante recubrir todo el sistema, ya que si llegara a caerle agentes externos a nuestro equipo de trabajo , esta sufrirá graves daños, así que se diseñó una cubierta de tal manera que efectuara la aerodinámica de la motocicleta, así mismo se hicieron trazos muy prolongados en su parte superior para que los fluidos al momento de impactar la carrocería puedan deslizarse fácilmente sin necesidad de efectuar cambios en la aerodinámica o evitando el frenado de la misma, por eso es importante mencionar que este punto es de los más difíciles que se pueden llevar a cabo ya que comprende todo el sistema de fluidos que tendrán algún tipo de fricción por la carrocería, en este proyecto se hace mención pero en

trabajos posteriores se desarrollara un tema especial de los componentes principales para la elaboración de una motocicleta que es su chasis y su parte de carrocería que formara aerodinámica y también se estudiara su sistema de propulsión de arrastre y de dirección (horquillas). En la figura 5.28 se muestra un diseño sin terminar de la carrocería principal.



**Figura 5.28** carrocería motocicleta

#### **5.4 Generador de pulsos eléctricos de Stanley Meyer**

Diseño eléctrico generador de pulsos eléctricos de Stanley Meyer -1983(US4613779A), nos proporciona información detallada de la realización de una bobina que produce pulsos eléctricos para la generación de gas de hidrogeno al hacer contacto en las placas de tipo húmeda que el físico implemento.

En este apartado se pretende realizar una comparativa estudiando lo que el físico Stanley Meyer realizo de acuerdo a su patente y se presentara los diseños, estudios y la elaboración que este proyecto realizara para así mismo poder observar a fondo las diferencias, así como virtudes y fallas de cada uno de los diseños que más adelante se presentaran.

Este generador comprende de proporcionar impulsos eléctricos que comprende una serie de electroimanes posicionados espacialmente alrededor de la circunferencia exterior de una base similar a un disco y una segunda serie de electroimanes complementarios colocados alrededor de una posición interna en dicho disco. Uno de cada uno de dichos electroimanes de primera y segunda serie posicionados uno con respecto al otro creando un campo

magnético entre ellos. Una segunda base similar a un disco giratoria arriba y paralela a dicho primer disco. Un anillo de devanado de bobina continuo montado en la parte inferior de dicho segundo disco y posicionado con relación a dicha primera y segunda serie de electroimanes para atravesar dicho campo magnético tras la rotación de dicho segundo disco e inducir así un potencial de voltaje / corriente en dicho devanado de bobina.

Las fuentes de alimentación para sistemas eléctricos se han utilizado durante aproximadamente un siglo. A medida que el tiempo avanzaba, los nuevos usos de los sistemas eléctricos ponían la necesidad de sistemas más sofisticados. Una utilización particular es la necesidad de transferencia de energía al dispositivo de utilización, pero con el requisito de que haya aislamiento de energía.

El avance de los dispositivos electrónicos y de potencia, como los SCR, Triac y similares, parece ser una solución obvia para dicha transferencia de potencia. También se desarrollaron circuitos limitadores de corriente. Lamentablemente, la solución no se cumplió. Los dispositivos electrónicos en la mayoría de los casos no podían limitar o tolerar la alta potencia.

Finalmente, se hizo evidente que los sistemas eléctricos, con este tipo de requisito de limitación de corriente, requerían suministros de energía eléctrica, no electrónicos.

Un dispositivo muy ineficaz es el alternador automático que proporcionará una salida de potencia aumentada con una corriente limitada. Sin embargo, este dispositivo, también, con sus sufrimientos, como los campos magnéticos opuestos, los contactos de frotamiento y demás, hizo que este dispositivo fuera muy ineficiente.

El generador eléctrico de la presente invención es una mejora sustancial del estado de la técnica en el aislamiento de potencia y la transferencia de potencia y, en particular, el alternador convencional. Una realización práctica no tiene contactos ni campos magnéticos opuestos. También de igual importancia es que la salida de voltaje depende de varias características controlables.

La estructura comprende una serie de electroimanes colocados en la periferia exterior de un disco estacionario. Una segunda serie de electroimanes se colocan alrededor de la circunferencia interna del disco estacionario. Una de cada una de dichas primera y segunda

serie de electroimanes se coloca una en relación con la otra para crear un campo magnético entre ellas cuando se activan.

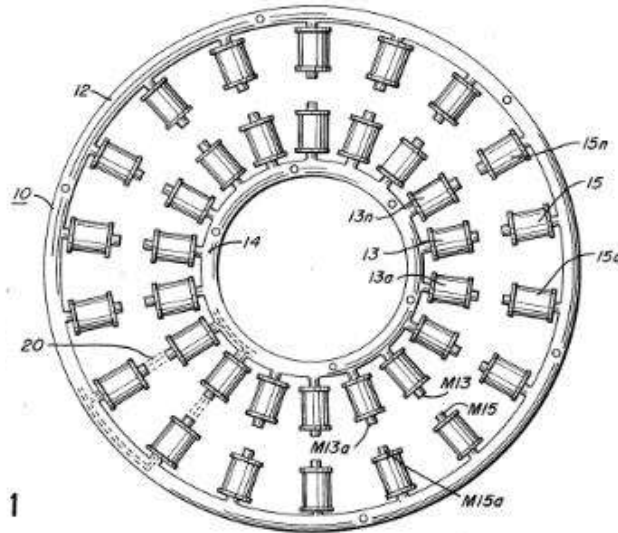
Un segundo disco ha colocado en su parte inferior una bobina de devanado que tiene un anillo no magnético con un devanado continuo sobre la misma, que se extiende hacia abajo entre dicha primera y segunda serie de electroimanes. El devanado se coloca entre la primera y la segunda serie de electroimanes en el campo magnético creado de ese modo. Al girar el segundo disco, el devanado continuo en el anillo atraviesa los campos magnéticos y, a su vez, los campos magnéticos inducen una tensión en los devanados del anillo.

En una realización preferida, una tercera y cuarta serie de electroimanes se colocan en la parte superior del disco giratorio de manera muy similar a la primera y segunda serie de electroimanes colocados en dicho primer disco estacionario. La tensión / corriente inducida en dicho primer devanado de anillo se utiliza para energizar dicho tercer y cuarto electroimanes para crear un segundo campo magnético entre ellos.

El segundo anillo no magnético atraviesa el segundo campo magnético, causando un potencial eléctrico para su utilización. El aparato no tiene anillos de contacto ni cepillos, ni hay fuerzas magnéticas opuestas. Arreglos similares son en cascada para la multiplicación de voltaje. Los múltiples devanados en cada anillo proporcionan salidas independientes para dispositivos de uso múltiple.

Es un objeto principal de la presente invención proporcionar una disposición eléctrica que esté aislada de potencia pero que, sin embargo, permita una mayor transferencia de potencia a un dispositivo de utilización. Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema eléctrico de este tipo que esté libre de campos magnéticos, contactos, anillos de deslizamiento, cables móviles y similares opuestos. Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema eléctrico de este tipo que tenga un potencial de salida que pueda variar en magnitud. Otro objeto de la presente invención es proporcionar una estructura que no se vea afectada en tamaño y que pueda duplicarse en cascada para salidas de alta potencia. Otro objeto más de la presente invención es proporcionar un anillo de bobinado que tiene inducido en él múltiples voltajes discretos.

Con especial referencia en la figura 5.29, el conjunto básico que comprende el generador eléctrico de la presente invención incluye un disco estacionario 10, una primera serie de electroimanes 15 colocados alrededor de la periferia exterior 12 del disco 10 y una segunda serie de los electroimanes 13 colocados alrededor de la periferia interior 14 del disco 10.



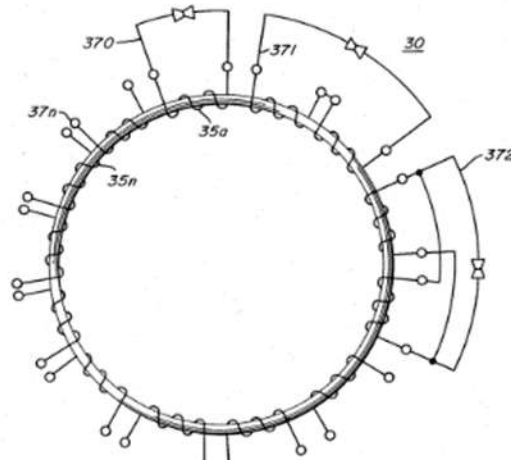
**Figura 5.29** acomodo de electroimanes

Los electroimanes 13<sup>a</sup>, 13<sup>n</sup> y 15<sup>a</sup>, 15<sup>n</sup> se colocan en el extremo en una relación cara a cara. Los campos magnéticos de los electroimanes de los pares complementarios de electroimanes se crean porque cada imán sucesivo 13<sup>a</sup>, 13<sup>n</sup> en la primera serie es de polaridad opuesta, y de manera similar, cada imán 15<sup>a</sup>, 15<sup>n</sup> en la segunda serie también es de polaridad opuesta. De nuevo, cada uno de los electroimanes de la primera serie 13<sup>a</sup>, 13<sup>n</sup> en los pares de electroimanes complementarios y de la segunda serie de electroimanes 15<sup>a</sup>, 15<sup>n</sup>, son de polaridad opuesta.

Tras la activación de la primera y la segunda serie de electroimanes, como se establece a continuación, se crea un campo magnético entre cada par de electroimanes complementarios en la primera serie 13<sup>a</sup>, 13<sup>n</sup> y 15<sup>a</sup>, 15<sup>n</sup>, como se muestra en el campo 20. El anillo exterior 12 que une la serie de electroimanes 15<sup>a</sup>, 15<sup>n</sup> y el anillo interior 14 que acoplan la serie de electroimanes 13<sup>a</sup>, 13<sup>n</sup> son de material magnético. El campo magnético 20 se extiende a través de cada magnético; es decir, los anillos magnéticos 12 y 14 acoplan magnéticamente los campos magnéticos, mejorando así el campo magnético entre cada par de imanes complementarios. De esta manera, si hay discrepancias en las estructuras, orientación, etc.,

los anillos de acoplamiento inductivo 12 y 14 de los electroimanes 13 y 15 integrarán y promediarán los campos magnéticos. Cada campo magnético entre la primera y la segunda serie de electroimanes es ahora exactamente idéntico. El significado de tener campos idénticos reside en el voltaje de salida inducido, un pulso de magnitud idéntica. Todo lo anterior detallado como se muestra en la figura 5.4.1

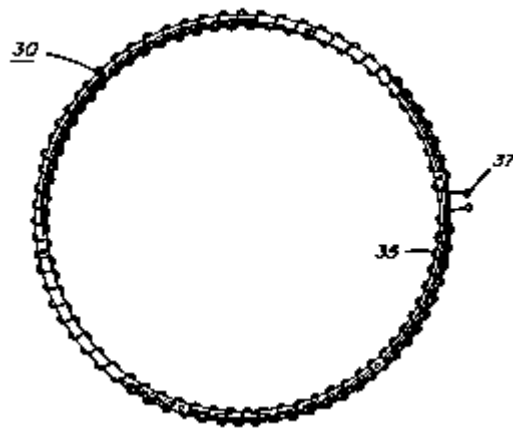
Con particular referencia a la figura. 5.30 se ilustra el anillo de enrollamiento 30 que comprende un bucle no magnético 32 que tiene un alambre conductor 35 enrollados en él. El número de devanados 35 en el anillo 30 está determinado por la salida deseada en la salida del devanado de anillo, dentro de las limitaciones prácticas. Puede apreciarse que cuanto mayor sea el número de vueltas, mayor será el voltaje de salida inducido en los terminales 37.



**Figura 5.30** anillo Con referencia a la figura.5.30A

Se ilustra el anillo de devanado 30 con más de un devanado 35<sup>a</sup>, n sobre el mismo. El propósito de los devanados 35<sup>a</sup>, n como se establece a continuación, es proporcionar fuentes de voltaje aisladas para un número similar de dispositivos de utilización.

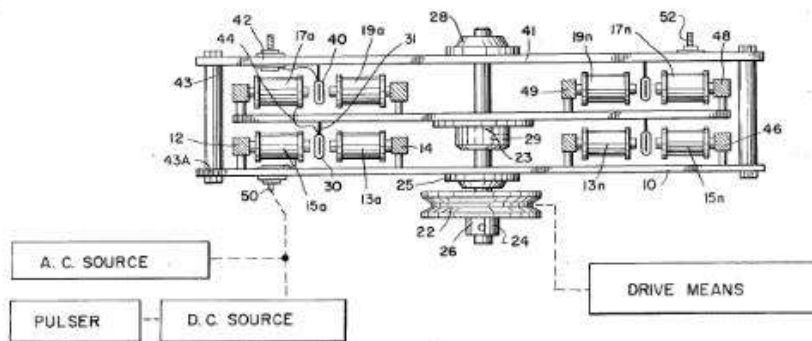




**Figura 5.30A** anillo devanado

El bucle puede ser de latón para mayor rigidez y fiabilidad. Los devanados 35 pueden ser de cobre u otro cable metálico altamente conductor.

En la Figura 5.31 se ilustra en una vista lateral en sección transversal, una forma de realización preferible y completa de la presente invención.



**Figura 5.31** sección lateral.

Los electroimanes 13<sup>a</sup>,13<sup>n</sup> y 15<sup>a</sup>,15<sup>n</sup> comprenden la serie de electroimanes de la periferia exterior y el círculo interior de los electroimanes de la figura. 5.29. Los electroimanes 15<sup>a</sup>,15<sup>n</sup> (solo dos electroimanes visibles), están soportados por los soportes de ángulo 46<sup>a</sup>,46<sup>n</sup>. Un extremo del soporte 46 soporta el electroimán y el otro extremo está asegurado al disco estacionario 10. También está asegurado al disco 10 un terminal de voltaje 50 para aplicar un potencial de corriente de voltaje eléctrico a cada uno de los electroimanes 13<sup>a</sup>,13<sup>n</sup> y

15<sup>a</sup>,15<sup>n</sup>. Se muestra en la sección transversal en la figura 5.4.3 es el anillo de enrollamiento 30 colocado en el espacio entre los electroimanes 13<sup>a</sup>, n y 15<sup>a</sup>, n. El anillo de enrollamiento 30 está soportado por el soporte 31 en la parte inferior del disco giratorio 44.

Sin tener en cuenta solo por el momento, la parte superior de la figura 5.31, se puede describir el funcionamiento fundamental de la invención. Los electroimanes se colocan en el extremo con el anillo interior de los electroimanes 13<sup>a</sup>,13<sup>n</sup> orientados hacia el anillo exterior de los electroimanes 15<sup>a</sup>, n. El imán tendrá un polo norte final, mientras que el imán opuesto será un polo sur final. Además, los imanes adyacentes serán de polaridad opuesta.

Al energizar los electroimanes, a través del terminal 50, en el espacio entre los electroimanes 13<sup>a</sup>, n y 15<sup>a</sup>, n habrá un campo magnético 20. Considerando que el disco 44 está girando, habrá un movimiento relativo entre la primera y la segunda serie de imanes. Con el anillo de enrollamiento 30 y, en consecuencia, el anillo de enrollamiento 30 está atravesando la serie de campos magnéticos 20<sup>a</sup>, n. A medida que el anillo de devanado 30 pasa a través de cada uno de los campos magnéticos, se inducirá una tensión / corriente en cada uno de los devanados 35<sup>a</sup>, n sobre el mismo.

El potencial de voltaje / corriente inducido en los devanados 35<sup>a</sup>, n tendrá una magnitud que depende de ciertos parámetros y configuraciones. Como se ha mencionado anteriormente, cuanto mayor sea el número de vueltas del anillo de bobinado 35, mayor será la magnitud del voltaje inducido en el mismo. La fuerza de los campos magnéticos 20<sup>a</sup>, 20<sup>n</sup> también se reflejará proporcionalmente en la tensión de salida en los terminales 37<sup>a</sup>, n. Un factor de que la fuerza del campo magnético depende directamente de la magnitud del voltaje de entrada en el terminal 50. Además, el tamaño, la configuración y el número de vueltas en cada electroimán y el número de electroimanes serán directamente proporcionales a la fuerza de Los campos magnéticos. Finalmente, y quizás lo más importante, es la velocidad de rotación del anillo de enrollamiento 30 a través del disco giratorio 44, a través de los campos magnéticos. Se puede apreciar que un aumento en la velocidad resulta en un aumento de la velocidad al atravesar los campos magnéticos 20<sup>a</sup>, n y por lo tanto un mayor voltaje inducido en el devanado 35. También en relación con el voltaje de entrada, en donde el voltaje de entrada es un pulso, la repetición del pulso La tasa será directamente proporcional a la magnitud de la salida de voltaje. Sin embargo, dado que la frecuencia de los impulsos de

salida depende del número de campos magnéticos, la frecuencia de los impulsos de salida permanece constante.

En la realización de la figura 5.31 la velocidad de rotación depende de la velocidad del motor a la polea 22. El motor consiste en un eje 24 que tiene en su extremo inferior la polea 22, asegurado al mismo y colocado por la arandela de ajuste 26. El eje 24 pasa a través del cojinete 25 conectado al disco estacionario 18. La posición intermedia del eje está asegurada entre la arandela 29 y la placa 23 al disco giratorio 44. El extremo superior del eje 24 se extiende a través del disco superior estacionario 41 con la ayuda de los cojinetes 28.

La tensión de entrada, la tensión / corriente aplicada a los electroimanes a través del terminal 50, puede ser corriente alterna o corriente continua pulsada. La corriente alterna tendrá ciclos inversos alternativos en el terminal de salida 42. La corriente continua dará como resultado una salida de corriente directa en el terminal 42. Ya que se induce en el devanado 35 del anillo 30 una tensión solo cuando pasa a través de uno de los campos magnéticos, la tensión de salida en el terminal 42 será una corriente continua pulsada.

El disco estacionario inferior 10 y el disco giratorio 44 se pueden operar como se indica, y con una única disposición de bobina / campo magnético habrá un aumento de voltaje en la salida del terminal 42. También con el disco giratorio 44, la salida Los terminales de voltaje 42 necesariamente incluirían anillos deslizantes, cables giratorios o similares.

Con referencia continuada a la figura 5.31, ahora se puede describir la construcción de realización preferida completa de una realización que no tiene anillos deslizantes, alambres giratorios o similares. Además del disco estacionario 10 y el disco giratorio 44, se agrega un segundo disco estacionario 41. Los dos discos estacionarios 41 y 10 se mantienen en su posición relativa mediante puntales 43 asegurados en cada extremo a los dos discos 10 y 41.

En el lado superior del disco giratorio 44 se fija allí un tercer  $17^a$ , n y el cuarto  $19^a$ , n están posicionados en el disco giratorio 44. Por lo tanto, la salida del devanado de anillo estacionario 30 se puede conectar fácilmente mediante un simple cable 31 como la entrada a la tercera serie estacionaria de electroimanes  $17^a$ , n y cuarta  $19^a$ , n.

En la disposición de la figura 5.31 el voltaje inducido en el anillo 30 no se utiliza a través de un propósito de salida. En esta disposición, la tensión de salida inducida en el primer anillo

de devanado de bobina 30 se conecta a través del cable terminal 31 a la entrada para energizar la tercera y cuarta serie de electroimanes 17<sup>a</sup>, n y 19<sup>a</sup>, n.

Debe apreciarse que el devanado de anillo 30 y la tercera y cuarta serie de electroimanes 17<sup>a</sup>, n y 19<sup>a</sup>, n están posicionados en el disco giratorio 44. Por lo tanto, la salida del devanado de anillo estacionario 30 se puede conectar fácilmente mediante un cable simple. 31 como la entrada a la tercera serie estacionaria de electroimanes 17<sup>a</sup>, n y cuarta 19<sup>a</sup>, n.

Como se ha mencionado anteriormente, hay enrollado en el anillo de enrollamiento 30 y / o el anillo de enrollamiento 40, múltiples enrollamientos, cada uno con sus respectivos terminales de salida. En ciertas aplicaciones utilitarias puede haber múltiples dispositivos, cada uno de los cuales requiere su propia activación aislada de los otros dispositivos. De nuevo, los dispositivos pueden ser de una naturaleza que se dibujaría una corriente infinita; De ahí, la necesidad de limitar la corriente.

En la realización de la figura 5.4.3 hay un número similar de giros en las bobinas de bobinado igual al número de dispositivos. Una de cada salida 37<sup>a</sup>, n, en su terminal respectiva, está conectada a un dispositivo utilitario discreto.

En otras aplicaciones utilitarias, los dispositivos particulares pueden diferir en el requisito de voltaje y / o corriente. Por consiguiente, los terminales de salida se pueden conectar en serie como se muestra en 371 o en paralelo como se muestra en 372.

En la realización de la figura 5.31 se muestra la salida en el terminal 42. Este terminal es para una salida monofásica. En esos casos, en el que hay múltiples salidas de fase, el terminal 52 comprenderá un número igual de terminales de perno.

En ciertos otros casos, el terminal 52 puede comprender una disposición más práctica. Es decir, los anillos de devanado 30 y 40 pueden comprender un número fijo de devanados, por ejemplo, 15; y de manera similar, el terminal 52 comprenderá 15 tomas, una para cada devanado. Luego, dependiendo de la aplicación, se pueden utilizar hasta 15 salidas de voltaje; o alternativamente, las conexiones en serie o en paralelo se pueden hacer en las tomas 521,535.

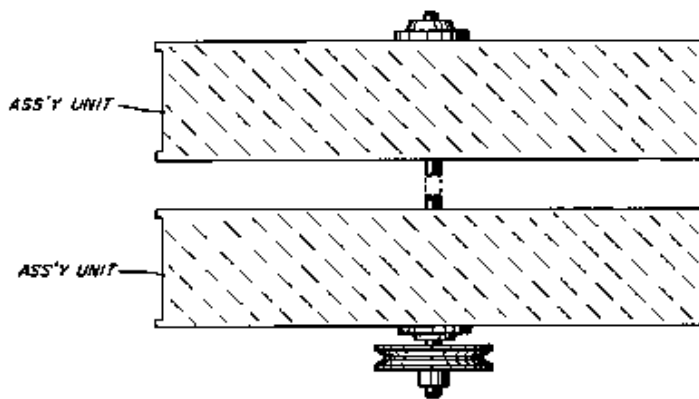
La salida de voltaje variable del terminal en su aspecto más general denota una disposición en la que se puede aumentar el voltaje de salida. Como se describió anteriormente, el aumento

del voltaje de entrada, el número de vueltas y la fuerza del campo magnético aumentarán la salida de voltaje.

En algunos otros casos, el voltaje de salida es suficiente y es necesario reducir el voltaje de salida a cero. Uno de estos dispositivos es un acelerador en el que la necesidad comienza en cero y llega al máximo.

En la realización preferida, la tensión de entrada se pulsa para reducir la tensión de salida. Una constante d.c. La fuente de corriente proporcionará el máximo rendimiento. Al pulsar la entrada a los electroimanes, se reduce el período de tiempo del pulso en relación con el número de pulsos de salida. Si el número de pulsos de entrada es muy pequeño, por lo tanto, el corto servicio de la tensión del número constante (la frecuencia no cambia) de los pulsos de salida se reducirá drásticamente. Una de estas aplicaciones prácticas sería la velocidad de ralentí de un automóvil.

Con referencia continuada a la figura 5.31 y ahora la figura 5.31A, se puede apreciar cualquier número práctico de series de electroimanes y anillos de bobinado que se pueden agregar en cascada para múltiples aumentos de potencia, ya que cada unidad complementaria es una amplificación de voltaje en sí misma, cada disposición en cascada adicional proporcionará un mayor voltaje en una relación geométrica --no aritmética.



**Figura 5.31A**

En la realización de la figura 5.31, en la parte inferior, sus electroimanes están fijos y el bobinado se mueve. Mientras que en la parte superior el devanado es fijo y los electroimanes se mueven. Se puede apreciar que la preocupación esencial es que haya un movimiento

relativo entre los electroimanes y el anillo de bobinado. Lo que es fijo y lo que se está moviendo es irrelevante. Cualquiera o ambos pueden estar en movimiento.

Nuevamente, los discos y los discos giratorios se muestran por simplicidad y son susceptibles de rotación mediante una unidad de movimiento. Debe entenderse que otro movimiento direccional para obtener el movimiento relativo entre los electroimanes y los devanados está dentro del alcance de la invención.

Como se puede entender ahora, se transfiere desde una entrada de baja energía un alto voltaje de salida. Pero, sin embargo, existe un aislamiento de energía y la corriente se limita a la del devanado particular. No puede haber una mayor corriente dibujada; por lo tanto, la disposición es una fuente de voltaje limitante de corriente inherente, significativamente, las realizaciones preferidas no tienen campos o fuentes magnéticos opuestos, no hay partes de contacto eléctrico y no hay restricciones, por lo tanto, el voltaje de entrada después del arranque, puede ser significativamente pequeño en comparación con la salida. [23]

### **5.5 generador de voltaje de Henry K. Puharich.**

Para ello es importante citar a Henry K. Puharich -1981, la patente (US4394230A) que habla acerca de la separación de las moléculas de hidrógeno y de oxígeno, dichas moléculas son separadas a partir de resonancia electromagnética produciendo una frecuencia que puede igualar a las que las moléculas del agua vibran de tal manera que al resonar, estas partículas se separaran sin usar tanta energía eléctrica.

En el presente documento se describe un dispositivo termodinámico nuevo y mejorado para producir gas hidrógeno y gas oxígeno a partir de moléculas de agua ordinarias o de agua a temperatura y presión normales. También se describe un método nuevo y mejorado para tratar eléctricamente las moléculas de agua para descomponerlas en gas hidrógeno y gas oxígeno a niveles de eficiencia que oscilan entre aproximadamente el 80-100%. El gas de hidrógeno evolucionado se puede utilizar como combustible; y el gas de oxígeno evolucionado se puede usar como un oxidante.

La comunidad científica se ha dado cuenta durante mucho tiempo de que el agua es un enorme recurso energético natural, de hecho, una fuente inagotable, ya que hay más de 300 millones de millas cúbicas de agua en la superficie de la tierra, toda una fuente potencial de

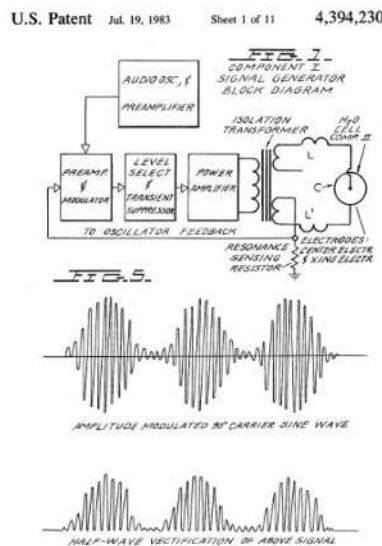
hidrógeno para uso como combustible. De hecho, hace más de 100 años, Jules Verne profetizó que el agua eventualmente se emplearía como combustible y que el hidrógeno y el oxígeno que lo constituyen proporcionarían una fuente inagotable de calor y luz.

El agua se ha dividido en sus elementos constitutivos de hidrógeno y oxígeno por métodos electrolíticos, que han sido extremadamente ineficientes, mediante procesos de extracción termoquímica llamados división de agua termoquímica, que también han sido ineficientes y también excesivamente costosos, y por otros procesos que incluyen algunos Empleando energía solar. Además, los cloroplastos artificiales que imitan el proceso natural de la fotosíntesis se han utilizado para separar el hidrógeno del agua utilizando membranas complicadas y catalizadores artificiales sofisticados. Sin embargo, estos cloroplastos artificiales aún tienen que producir hidrógeno a un ritmo eficiente y económico.

En la química física cuántica clásica, la molécula de agua tiene dos ángulos de enlace básicos, uno de los cuales es de  $104^\circ$  y el otro de  $109^\circ 28'$ .

La presente invención implica un método por el cual una molécula de agua puede ser energizada por medios eléctricos para cambiar el ángulo de enlace de la configuración de  $104^\circ$  a la configuración geométrica tetraédrica de  $109^\circ 28'$ .

Se utiliza un generador de función eléctrica figura 5.32 para producir frecuencias complejas en forma de onda eléctrica que se aplican a las complejas frecuencias resonantes de la forma geométrica tetraédrica del agua.



**Figura 5.32** componentes para la realización del aparato separador de moléculas

Es un diagrama de bloques esquemático que ilustra el generador de función eléctrica, Componente I, empleado en la práctica de la presente invención. Este dispositivo tiene una salida que consiste en una modulación de amplitud de frecuencia de audio (rango de 20 a 200 Hz) de una onda portadora (rango de 200 Hz a 100,000 Hz). La impedancia de esta señal de salida se ajusta continuamente a la carga que es el segundo componente, el dispositivo termodinámico. El generador de función eléctrica representa una aplicación novedosa de los circuitos descritos en mi anterior patente de EE. UU. Números 3.629.521; 3, 563,246; y 3.726.762, que se incorporan como referencia en el presente documento. Observar figura 5.32 para el diagrama de bloques del Componente I.

El dispositivo termodinámico está fabricado de metales y cerámica en forma geométrica de cilindro coaxial formado por un electrodo tubular hueco centrado que está rodeado por un cilindro tubular de acero más grande, dichos dos electrodos comprenden el sistema de electrodo coaxial que forma la carga de la salida del generador de función eléctrica, Componente I. Dicho electrodo tubular hueco central transporta agua y está separado del electrodo cilíndrico exterior por un material vítreo poroso de cerámica. Entre la superficie exterior del material vítreo cerámico aislante y la superficie interior del electrodo cilíndrico exterior existe un espacio para contener el agua a electrolizar. Este espacio de celda de agua comprende el tercer componente (Componente III) de la invención. Contiene dos longitudes de vidrio de pyrex tubular, que se muestran en las figuras. 5.33 y 5.34. Las superficies de los electrodos metálicos de los dos electrodos que están en contacto con el agua están recubiertas con una aleación de níquel.



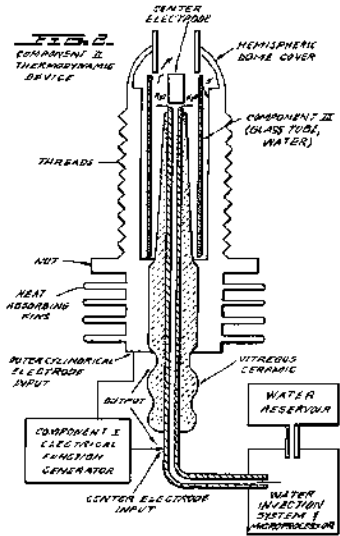


Figura 5.33

El sistema de electrodo coaxial está diseñado específicamente en materiales y geometría para energizar la molécula de agua hasta el final para que pueda ser electrolizado. El electrodo central es un tubo hueco y también sirve como conductor de agua a la celda del Componente III. El electrodo tubular central está recubierto con una aleación de níquel y rodeado de una cerámica vítrea porosa y un tubo de vidrio con la excepción de la punta que mira hacia el segundo electrodo. El electrodo cilíndrico exterior está hecho de una aleación de acero conductora de calor con aletas en el exterior y recubierto en el interior con una aleación de níquel. El electrodo central y el electrodo cilíndrico están conectados eléctricamente por una extensión de cúpula arqueada del electrodo externo que lleva los dos electrodos en un punto a una distancia de separación crítica que está determinada por la distancia de enfriamiento conocida para el hidrógeno. Ver figura 5.33 para una ilustración del Componente II.

La celda de agua es una parte del extremo superior del Componente II, y se ha descrito. Una ilustración esquemática ampliada de la célula se presenta en la figura 5.34. El Componente III consiste en los tubos de agua y vidrio contenidos en la forma geométrica de las paredes de la celda en el Componente II, el dispositivo termodinámico. Los elementos de un dispositivo práctico para la práctica de la invención incluirán:

(A) Depósito de agua; y reservorio de sal; y / o sal

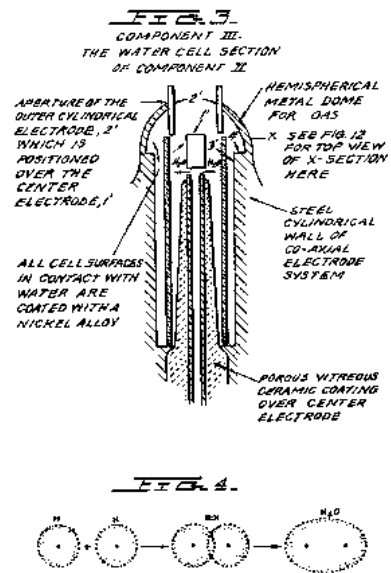


figura 5.34

(B) Sistema de inyección de agua con microprocesador u otros controles que detectan y regulan (de acuerdo con los parámetros que se exponen a continuación):

1. frecuencia portadora, 2. Corriente, 3 voltaje, 4 RC constante de tiempo de relajación de agua en la celda, 5 nuclear constante de relajación magnética de agua, 6 temperatura de combustión de hidrógeno, forma de onda de 7 portadoras, 8 RPM de un motor de combustión interna (si se usa), sistema de control de 9 igniciones, 10 temperatura de la región

(C) Un sistema de encendido eléctrico para encender el combustible de gas de hidrógeno evolucionado.

Los aspectos importantes del Componente III son el material vítreo tubular, la geometría de las paredes que contienen la célula y las formas geométricas de las moléculas de agua que están contenidas en la célula. Un aspecto importante adicional de la invención es la manipulación de la geometría tetraédrica de la molécula de agua figura 5.35

U.S. Patent Jul. 19, 1983 Sheet 4 of 11 4,394,230

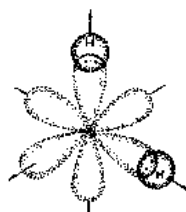


FIG. 4A  
UNHYBRIDIZED ORBITAL INTERACTION  
IN WATER. BOND ANGLE IS  
104° RATHER THAN 90° AS PREDICTED

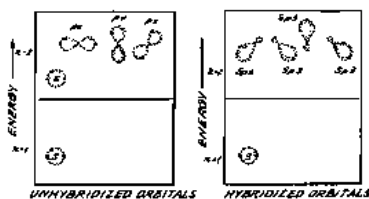


FIG. 4B  
FORMATION OF  $sp^3$  HYBRID ORBITALS

**Figura 5.35** forma molécula del agua

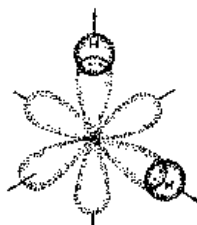
Las diferentes partes de una molécula están unidas por electrones. Una de las configuraciones electrónicas que puede existir es el enlace covalente que se logra al compartir los electrones. Como una molécula de gas hidrógeno,  $H_2$  es la unidad representativa más pequeña de enlace covalente, como se puede ver en la figura 5.35. La molécula de gas de hidrógeno está formada por la superposición y el emparejamiento de electrones orbitales. Se forma una nueva órbita

molecular en la que el par de electrones compartidos orbita ambos núcleos como se muestra en la figura. 5.35. La atracción de los núcleos por los electrones compartidos mantiene a los átomos unidos en un enlace covalente.

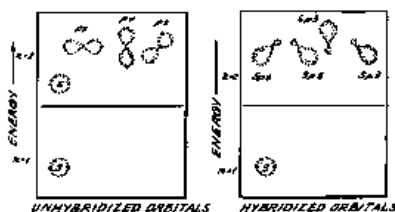
Como se demostró en secciones subsiguientes de esta especificación de patente, un aspecto significativo y novedoso de esta invención es la manipulación, por métodos y medios electrónicos, del nivel de energía de la molécula de agua y la transformación de la molécula de agua en, y fuera de, La forma geométrica del tetraedro. Esto es posible solo por ciertas interacciones dinámicas sutiles entre los Componentes I, II y III de la presente invención.

La frecuencia de la portadora varía con la salida de potencia en que  $f_c$  disminuye con un aumento de amperios (corriente). La forma de onda AM se muestra en la figura 5.36.

U.S. Patent Jul. 19, 1983 Sheet 4 of 11 4,394,230



**FIG. 4A.**  
UNHYBRIDIZED ORBITAL INTERACTION  
IN WATER BOND ANGLE IS  
104° RATHER THAN 90° AS PREDICTED



**FIG. 4B.**  
FORMATION OF  $sp^3$  HYBRID ORBITALS

**Figura 5.36** forma de onda AM

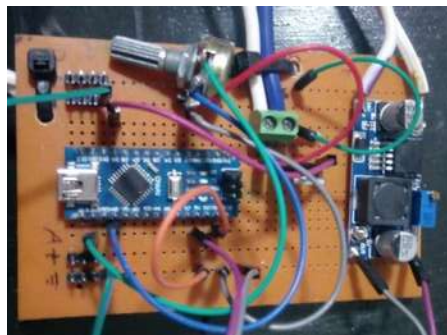
Aquí se debe tener en cuenta que el generador de función eléctrica, Componente I, tiene un control de volumen de modulación de amplitud automático que alterna el grado de AM de 0% a 100%, y luego disminuye de 100% a 0%  $\cong$  cada 3,0 segundos. . Esta tasa de ciclo de

3.0 segundos corresponde al tiempo de relajación del centrifugado nuclear,  $\tau$  / seg, del agua en el Componente III. El significado de este efecto se discutirá con mayor detalle en una sección posterior. [24]

### **5.6 Generador de voltaje propuesto**

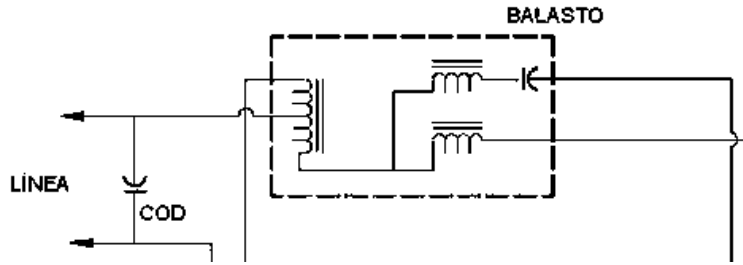
Anteriormente se describió de manera detallada la creación de un generador de pulsos magnéticos que el cual al estar en movimiento y al ser alimentado cada uno de sus electroimanes estos podrían proporcionar un voltaje de grandes dimensiones por lo cual se debería crear un aparato capaz de variar la frecuencia el voltaje y su amperaje tal y como es en el caso de este proyecto donde se propone realizar un sistema diferente al del físico Stanley Meyer , en este principio se fundamenta alimentar a las placas generadoras de hidrogeno de voltaje, pero tal voltaje que se manda directo desde la batería es muy poco, por tanto al separar las moléculas del agua, su tarea se vuelve realmente difícil, así que por ello se implementó un sistema el cual fuese capaz de descomponer el voltaje de entrada de menor dimensión en uno de mayores proporciones para alimentar a las placas, aquí se propone alimentar a estas placas con un aparato existente, pero en base a ese aparato será analizado para posteriores estudios generar un aparato que no solo limite el flujo de voltaje sino , que también sea generador de frecuencias continuas que obedezcan cuando las moléculas de agua y oxígeno estén siendo separadas, para ello es importante saber con cuanta energía es capaz de separarse las moléculas y en qué tiempo, teniendo esa información se determinara la frecuencia a la que vibran las moléculas haciendo más fácil la tarea de poder separarlas usando un voltaje que sea determinado pero a una frecuencia que ayude a que las moléculas oscilen para ser separadas de esta forma la cantidad de energía que se utilizaría para su separación sería de menor proporción, de tal manera que podría facilitar el uso adecuado de las placas que llevan dicha labor.

En relación a la anterior patente se obtuvo la información necesaria para saber que en principio es posible separar las moléculas del agua causando una frecuencia de resonancia de 924Mghz y para dividir las moléculas del agua tan solo bastan 1.23 voltios, con esta información se diseñara un sistema modular el cual modifique la frecuencia de onda a un determinado voltaje como máximo usando 120 voltios para realizar previas experimentaciones, primero se diseñara el circuito en un protoboard para así mismo poderlo realizar en una placa especializada. En la imagen 5.37 se observa la realización de dicho aparato descrito anteriormente



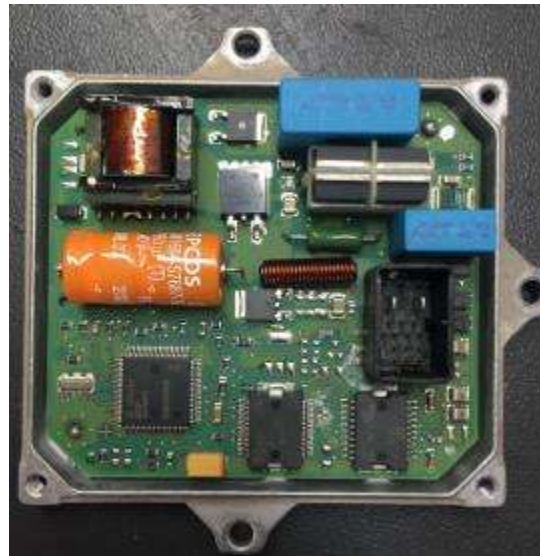
**Imagen 5.37** oscilador de frecuencia

Con lo que actualmente se ha estado desarrollando la separación de las partículas del agua es con un sistema que sigue los principios de un balastro, ya que este dispositivo permite aumentar el voltaje de 12voltios hasta más de 30,000 voltios como picos mal altos estos los manda de tal forma que excita a las líneas de xenón para así mismo lograr que este gas genere una luz muy potente por medio de estas excitaciones que genera el balastro, solo manda este voltaje por cortos periodos de tiempo hasta que termina su ciclo haciendo un sistema repetitivo, gracias a esta acción, al alimentar las celdas estas reciben la energía necesaria para poder generar el gas de hidrogeno, dicho gas es generado apenas con 12 volts de corriente continua y 4 amperios los cuales nos dan una potencia de tan solo 48 watts gastados, lo que genera una gran producción de gas hidrogeno, en la figura 5.38 se puede apreciar el diagrama del circuito electrónico que se estará implementando hasta desarrollar el sistema especializado.



**Figura 5.38** balastro

En este diagrama se muestra un balastro automotriz el cual realiza la función de generar el voltaje necesario para la separación de las moléculas del agua, pero en base a las anteriores patentes se propone el desarrollo de un diseño que genere una frecuencia que se pueda modular , así como un voltaje del que se pueda tener control y ciertos parámetros limitantes , para garantizar que es posible separar las moléculas del agua con mucho menos voltaje con tal solo igualar la frecuencia a la que oscilan las moléculas del agua.



**Figura 5.39** muestra física de un balastro

en la anterior figura se muestra la implementación de distintos tipos de componentes que la conforman de tal manera que son los causantes de picos de voltaje bastante elevados que ayudan a la generación de mayores cantidades de gas de hidrogeno al ser conectadas a las placas secas de acero inoxidable, con estos aparatos electrónicos tenemos grandes cantidades de hidrogeno, pero existen fórmulas químicas que si se mezclan pueden generar mayor cantidad de gas hidrogeno sin usar mucha energía eléctrica y lo mejor es que producirán

bastante gas solo con hacer una correcta mezcla estequiométrica de distintos tipo de elementos químicos de los cuales se hará mención más adelante.

## **CAPÍTULO VI. SUMINISTRO DE HIDRÓGENO A UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA Y REALIZAR PRUEBAS DE OPERACIÓN.**

Para realizar dichas pruebas es importante contar con un motor de combustión interna que este en óptimas condiciones para poder desarrollar un cierto número de pruebas que avalen que el hidrógeno es potencial para poder sustituir a la gasolina, pero para ello primero se tiene que demostrar que con ciertos porcentajes de hidrógeno aplicados al motor este bajara el consumo de gasolina haciendo propenso a implementar el hidrógeno , esto se basa en lo siguiente: en un aparato medidor de centímetros cúbicos en este caso una probeta , se pondrá una cantidad de gasolina y se realizarán pruebas para saber el tiempo en que tarda en consumir ciertos centímetros cúbicos en un tiempo determinado y a una velocidad determinada, después se realizara la misma prueba pero agregando hidrógeno a un porcentaje más pequeño para saber si realmente está consumiendo menor gasolina , ya que el hidrógeno en menor proporción se planea que realice la función de un aditivo , así mismo en diversas pruebas aumentaremos la carga de hidrógeno y en una tabla pondremos los valores obtenidos a dichas pruebas, cabe resaltar que en este proyecto no se espera que un motor pueda funcionar a un cien por ciento de hidrógeno sin utilizar gasolina, pero al realizar dichas pruebas se espera que los resultados sean lo más satisfactorio para poder continuar con dicho trabajo hasta obtener que el hidrógeno pudiera sustituir a la gasolina como un combustible más eficiente.

En los puntos anteriores se tocó el principal tema de desarrollar unas formulas con diversos elementos químicos los cuales pudieran aumentar la eficiencia del hidrógeno, así mismo se planteó suministrar hidrógeno de tal forma que se pudieran realizar pruebas para saber si el hidrógeno particularmente podría ser utilizado como un posible combustible que reemplazara la gasolina, dado el resumen anterior en este punto se presentara cual fue la fórmula que se utilizó sus ventajas y sus desventajas al usar este compuesto , así como las pruebas más satisfactorias que se obtuvieron al implementarlas en un motor de combustión interna, y así mismo se propondrá una serie de pasos a realizar para mejorar el compuesto químico de tal forma que dañe en menor proporción al motor , cabe señalar que los motores están hechos para realizar combustión con gasolina, así que al modificar y cambiar de combustible, este motor es obvio que no está hecho para funcionar al cien por cien con dicho combustible, pero



se puede hacer que funcione lo más parecido, ya que los motores de combustión interna , al utilizar gasolina esta, no solo actúa como combustible , también actúa como lubricante al tener una película de aceite la cual alarga la vida del motor de combustión interna ,entonces al suminístrale el hidrógeno este solo entrará a la cámara de combustión como un gas el cual no tiene película de aceite que evite un daño en los pistones y en sus camisas, lo cual hace vulnerable a un daño al motor, sus ventajas es que al ser un gas este explota con facilidad al realizar la quema lo cual aprovecha mejor su capacidad calorífica sin tener que retornar los gases a ser quemados de nuevo como la gasolina lo hace, otra ventaja es que el hidrógeno es un gas incoloro, inoloro, insaboro y no es toxico , pero su ventaja primordial es que cuenta con más de 130 octanos , lo cual lo hace visiblemente mejor que la gasolina la cual cuenta con 89 en la magnum y 92 en la Premium , otra ventaja al utilizar hidrógeno es que al ser un gas bastante ligero y quemarse con mayor facilidad este proporciona mayor potencia al motor ya que al realizar la explosión este casi no genera energía calorífica , ya que al momento de la explosión de aprovecha en mayor medida al movimiento lineal del pistón , lo cual lo hace mejor que la gasolina ya que la energía calorífica es menormente desperdiciada al monoblock y demás partes del motor , también otra ventaja visible es que si se pudiera hacer que los vehículos usar hidrógeno y funcionaran solo con dicho combustible, este no causaría daños al medio ambiente y ningún ser vivo ya que no necesitaría de un catalizador que transforme los gases pesados en gases nobles y dañen en menor medida al medio ambiente, en cambio sí se usara el cien por cien dicho combustible , como resultado obtendríamos vapor de agua y no contaminaría al ecosistema, incluso una mejorar a realizarle seria aprovechar el vapor de agua que salga por el múltiple de escape y retornarlo nuevamente a la mezcla para que vuelva hacer la separación de partículas y la quema de dicho combustible.

### **6.1 Parte experimental suministrando hidrógeno a un motor de combustión interna**

Primeramente se realizaron prueba para corroborar que las celdas cecac cumplieran con sus expectativas de separar las moléculas de hidrógeno y de oxígeno,



**Figura 6.1** placas acero 316L optimizadoras de la electrolisis causante de la separación hidrógeno-oxígeno.

Al realizar dichas pruebas se dio un resultado el cual no esperábamos ya que no se obtenía el hidrógeno así que se realizaron ciertas modificaciones ya que el acomodo de las placas no era el adecuado, ya que estas placas cuentan con dos orificios uno en el cual se suministra el agua y otro en el cual se extrae el hidrógeno. Siendo de esta manera la más adecuada así se logró una respuesta satisfactoria ya que se obtuvo el hidrógeno, pero no es suficiente así que se implementó procesos químicos con electrolitos y se llegó a la conclusión de que los electrolitos son necesarios para mejorar la conductividad del agua y obtener más cantidad de hidrógeno. Existen muchos tipos de electrolitos que se utilizan en el proceso de electrolisis. Sin embargo, los más efectivos que se tienen al alcance son el Hidróxido de Potasio (KOH) o el Hidróxido de Sodio (NaOH).

#### **6.1.1 Hidróxido de Sodio (NaOH),**

También conocido como “sosa”, es un electrolito muy eficiente, de alta conductividad y cáustico. El Hidróxido de Sodio puro es un sólido blanco; disponible en forma de bolitas, copos y gránulos en una solución de saturación 50%. Es altamente soluble en agua y libera calor.

#### **6.1.2 Hidróxido de Potasio (KOH)**

Es el más eficiente de los electrolitos que se suelen utilizar, en algunos casos un 40% mejor que el NaOH. KHO se considera un producto peligroso, sujeto a restricciones de importación

en muchos países. Junto con el hidróxido de sodio, éste sólido sin color es un prototipo de “base fuerte”.

## 6.2 Importancia del número de placas

La configuración de placas es uno de los aspectos más importantes y menos tenidos en cuenta en el diseño de celdas secas. La eficiencia de una celda seca aumenta junto al número de placas, con un máximo de 7. Esta configuración de 7 placas incluye 1 placa “positiva”, 1 placa “negativa” y 5 placas “neutrales”, formando en total 6 cámaras de reacción electrolítica. Para explicarlo de forma sencilla, cada cámara electrolítica requiere 2 voltios. Por lo tanto, un vehículo de 12 voltios se ve limitado tener 7 placas. En caso de 13, 18 o más placas, éstas forman varias cámaras de 6 celdas secas conectadas para formar una unidad. Cada celda individual funciona a 12 voltios. Al tener 5 placas “neutrales” y una superficie grande se crea una celda de calidad y eficiente. Vea el ejemplo:

**Tabla 6.1** acondicionamiento de las placas

Número de Placas	Placas Neutrales por Cám	Salida de HHO a 25 Amps	Calidad de la Celda
7	5	1.8 Litros/Min	Excelente
25	3	1.2 Litros/Min	Correcta

Como se observa en la tabla de arriba, la celda de 7 placas produce un 50% más de hidrógeno que la versión de 25 placas. Además, la forma en cubo del diseño de 25 placas propicia el calentamiento y tiene más opciones de recalentarse.

Anteriormente de hablo sobre un banco de pruebas portátil el cual facilitaría la tarea de realizar distintos tipos de pruebas aun motor de combustión interna , este banco de pruebas puede emplear la labor de probar un motor de combustión interna usando gasolina y midiendo parcialmente su consumo en gasto por centímetros cúbicos, esto paras asimilar la cantidad de combustible que gasta para así mismo aproximar la cantidad de hidrogeno que se tendrá que inyectar de tal forma que la maquina tiene que estar en correcto funcionamiento ya que su tarea principal será la de medir la cantidad de hidrogeno que inyectara al motor de combustión interna, para ello es importante que el banco de pruebas este en óptimas condiciones así que se dio la tarea de poder analizar el banco de pruebas para así mismo averiguar cuanto tiempo tarda en producir hidrogeno y saber si los aparatos que están en su interior trabajan correctamente y saber si generan un sobre calentamiento por la los balastros

contenidos en su interior los cuales pueden aumentar la temperatura en gran medida, provocando que otros aparatos se dañen y que el banco de pruebas no pudiera realizar su tarea, por ellos termino la siguiente tabla que muestra la manera correcta a la que se tiene que estar trabajando el banco de pruebas para que este en óptimas condiciones al realizar una tarea.

**Tabla 6.2** variables para la optimización de la maquina

Datos	Balastro 1		Balastro2		Ambos Balastros		Tiempo	Volumen	Presion	Temperatura C°	
	V in	V out	V in	V out	V in	V out				Seg	ML
Voltaje	13.04	12.3	13.04	13.61	13.03	13.61	32.19	3	2.25	41	39
Volts	13.04	12.3	13.04	13.61	13.03	13.61	32.19	3	2.25	41	39
Amperaje	A in	A out	A in	A out	A in	A out	48	3	2.25	58	60
Amp	4	4	4	4	4	4	51	3	2.25	54	54
Potencia	P in	P out	P in	P out	P in	P out	22	3	2.25	61	61
Watts	52.16	49.2	52.16	49.32	52.12	54.44	49	3	2.25	63	63
							26	3	2.25	66	66
							20	3	2.25	68	67
							7	3	2.25	71	71
							9	3	2.25	70	73
							13	3	2.25	72	73
							6	3	2.25	75	75
							7	3	2.25	76	75

Por medio de los anteriores análisis se podrá saber si la maquina estará trabajando en óptimas condiciones en base a esto se comienza con la primer prueba

Se realizó unas nuevas adaptaciones al banco de operaciones y estas consisten en fragmentar la molécula del agua por medio de frecuencia, para ello es importante citar a Henry K. Puharich -1981, la patente (US4394230A) que habla acerca de la separación de las moléculas de hidrogeno y de oxígeno, dichas moléculas son separadas a partir de resonancia electromagnética produciendo una frecuencia que puede igualar a las que las moléculas del agua vibran de tal manera que al resonar, etas partículas se separaran sin usar tanta energía eléctrica.[24], este aparato fue mencionado en el capítulo VI de este apartado, donde se muestra como está configurado el sistema de tal forma que hace posible la separación de las moléculas

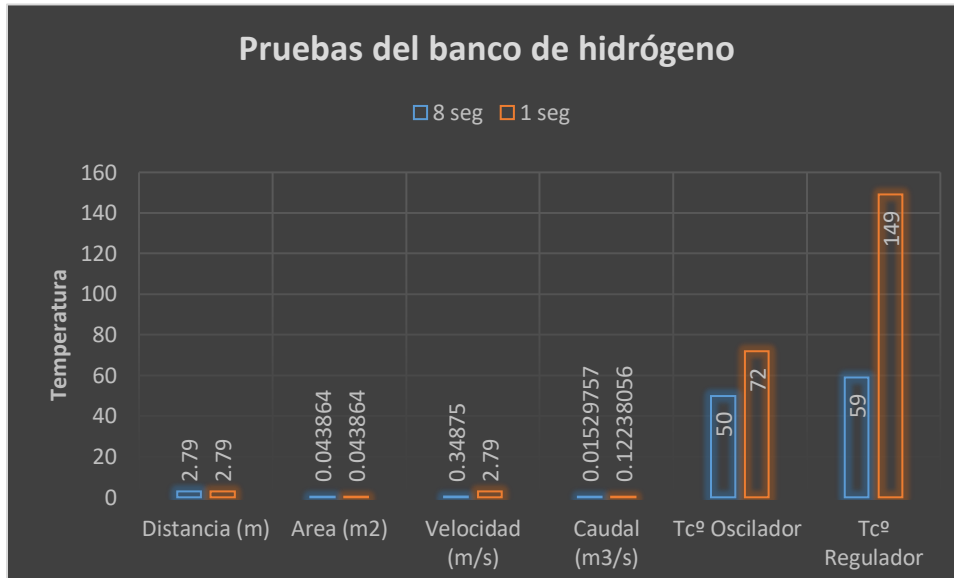
Anteriormente se utilizó un balastro el cual fue de gran ayuda para el banco de pruebas, sin embargo el nuevo aparato que es un oscilador, pretende ser mejor en muchos aspectos, tales como lo es el aumentar el flujo de hidrogeno a una mayor rapidez para ser expulsado a un contenedor y está a su vez llegue al motor de combustión interna, una vez que las partículas de hidrogeno y oxigeno hayan sido separadas.

Se mostrara una tabla con los resultados obtenidos , al haber modificado el sistema eléctrico del banco motor, en la tabla se analizara el caudal obtenido al implementar una alimentación de 1000 Mghz, ya que por efectos de la programación de la tarjeta diseñada, fue complicado llegar a los 924Mgh, en este nuevo producto diseñado se plantea usar 1.23 voltios por intervalos de tiempo de tal forma que ahorrara energía y utilizara solo la que el agua necesita para separar las moléculas y el resultado es el que se muestra a continuación en la tabla 6.2.3

**Tabla 6.3** funcionamiento del banco de pruebas

Banco de Hidrógeno						
Tiempo (seg)	Distancia (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidad (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Tc <sup>o</sup> Oscilador	Tc <sup>o</sup> Regulador
8	2.79	0.043864	0.34875	0.01529757	50	59
1	2.79	0.043864	2.79	0.12238056	72	149
<b>Datos</b>						
Manguera 1	1.47					
Manguera 2	0.65					
Manguera 3	0.67					
Diámetro	0.005					
Radio	0.0025					

Como consiguientes se muestra una tabla de graficas las cuales plantean su función una, vez que el laboratorio alcance su temperatura máxima de operación, esta tendrá notables mejorías, ya que como se podrá observar, que mientras la maquina se mantenga fría, esta obtendrá un caudal más reducido, pero en el momento que la maquina empiece alcanzar su temperatura de operación, esta trabajara notablemente mejor, aumentando así su caudal como se puede observar en la siguiente grafica



**Gráfica 6.1** resultados de operación

En los gráficos anteriores se puede observar como el de color azul es cuando el banco de pruebas se mantiene en estado frío y su velocidad es menor la cual tiene un tiempo de 8seg, por lo cual su caudal es menor, pero al alcanzar la temperatura óptima de operación, esta se ve que tiene notables mejorías, tales como el aumento de la velocidad, que en este caso paso hacer de 8seg a tan solo 1seg, lo cual hace que como resultado el caudal sea mayor, lo cual garantiza que el depósito de almacenamiento del gas hidrogeno, podrá ser llenado con menor tiempo, y todo esto se obtuvo al colocar el oscilador de frecuencia, lo cual notablemente realizo mejoras al banco de pruebas con respecto a los balastros usados anteriormente.

Con los resultados obtenido del banco de pruebas, y una vez analizado su comportamiento y función con respecto al balastro y la mejora del oscilador, se determinó cual sería el mejor candidato para ser utilizado en las pruebas que más adelante se plantearán, esto con obvios motivos de obtener mayor cantidad de hidrogeno por menor consumo de energía, es el fundamento más importante para un correcto funcionamiento de nuestro banco de pruebas.

### 6.3 Suministro de gasolina a un motor de combustión interna

En este punto se analizara un motor de combustión interna, el cual es alimentado con gasolina, también se conocerán sus datos de origen, así mismo se realizará un tabla y una gráfica que explique el consumo promedio del combustible por unidad de tiempo, cabe

señalar que estas pruebas se realizaron con ayuda del banco de hidrogeno que anteriormente se describió del cual tiene una extensión la cual analiza el consumo de gasolina.

Por medio de este banco de hidrogeno y gasolina, se determinara una gráfica que explique el consumo promedio, primero se analizara en distintas velocidades, para analizar su comportamiento, pero se enfocara el estudio en velocidad neutral donde no será posible que se desplace el vehículo, esto para poder realizar con mayor facilidad las pruebas anteriormente descritas .

Se realizó una tabla de operación que muestra el comportamiento del motor en este caso se muestra la ficha técnica del motor que se utilizara

**Tabla 6.4** ficha técnica de un motor a gasolina.

motor a gasolina	
cilindrada	150 cc
velocidad máxima	90km/h
potencia máxima	14.4 hp a 8500 rpm
torque máximo	13 Nm a 7500 rpm
rendimiento de combustible	32km/L
tipo de enfriamiento	aire forzado

De acuerdo a las anteriores características del motor con el que se trabajó este proyecto, se llevó a cabo la tarea de realizar pruebas de operación, las cuales nos mostraran el comportamiento del motor, cabe señalar que no es un motor nuevo por lo cual si en la tabla se comenta que tiene un promedio de 32km/L , eso para un motor nuevo bueno y óptimas condiciones, en este caso el motor que se utilizo es un motor que ya era usado por lo cual su rendimiento puede ser mucho más bajo al descrito en la anterior tabla.

El motor de una motocicleta tiene una particular forma de trabajo, mientras que un motor de carro trabaja en operaciones de ralentí a 700 rpm, un motor de motocicleta trabaja con apenas 500 rpm de operación de la válvula de ralentí lo cual lo hace distinto al ser un motor que puede ser controlado con mayor facilidad, ya que un ventaja de estos motores de motocicletas es que vienen más revolucionados, por ejemplo este motor que se utilizara para dichas pruebas tiene una capacidad de revoluciones por minuto como máxima de 9000 pero 8500rpms para no dañar el motor, mientras tanto un motor de carro convencional, apenas

tiene un máximo de 5500rpms y arriesgo de dañar al motor, por esos motivos hace idóneo el poder trabajar con un motor de motocicleta,

En la siguiente prueba se analizara el consumo promedio del motor en una escala de tiempo, esta escala será determinada por minutos de operación, también se analizara la temperatura con la cual el motor de combustión interna trabaja, se analizara la temperatura de los gases de escape al salir de la cámara de combustión después e analizara la temperatura de los gases de escape al ser expulsados a la atmosfera, todo esto será utilizando las velocidades con las que cuenta dicho motor, en este caso cuenta con 5 velocidades estándar.

Para un mejor resultado en las pruebas, la motocicleta que se diseñó para ser analizada, fue elevada a una altura la cual la rueda tractora no hiciera contacto en el piso para no generar fricción y de esta manera poder evaluar de mejor manera lo que se pretende analizar, así mismo al realizar dicha acción, eliminamos constantes externas que podrían afectar la medición de estas pruebas, a continuación se muestra en la tabla 6.5 los resultados obtenidos

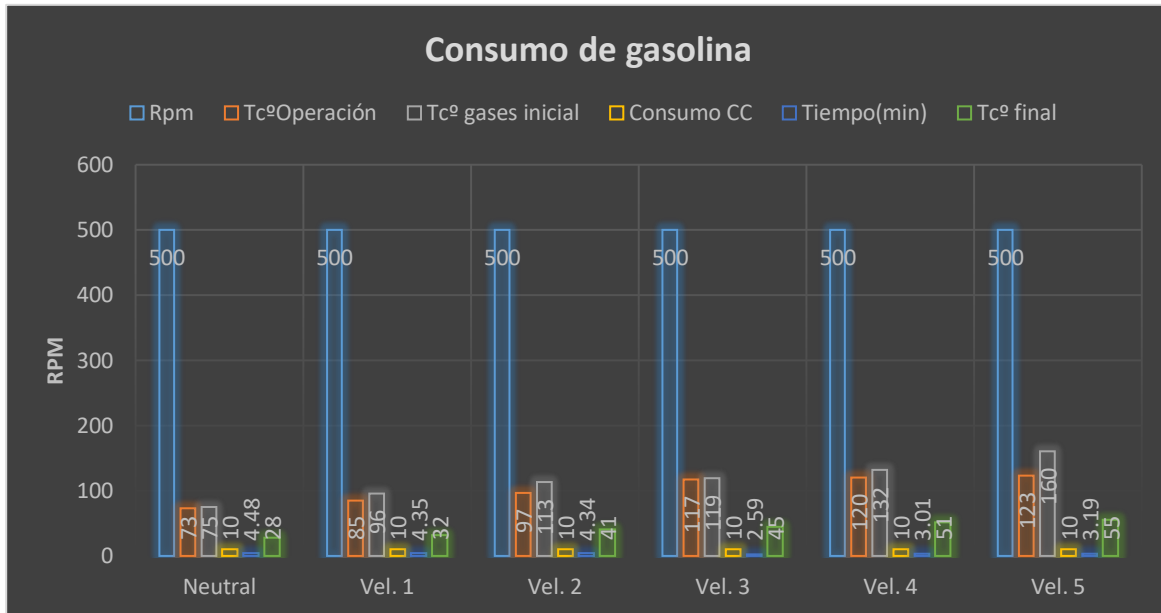
**Tabla 6.5** pruebas de operación (consumo de gasolina).

Consumo de Gasolina						
Velocidad	Rpm	TcºOperación	Tcº gases inicial	Consumo CC	Tiempo(min)	Tcº final
N	500	73	75	10	4.48	28
1	500	85	96	10	4.35	32
2	500	97	113	10	4.34	41
3	500	117	119	10	2.59	45
4	500	120	132	10	3.01	51
5	500	123	160	10	3.19	55

Como se podrá observar el consumo de combustible varía mucho dependiendo de la velocidad a la que se encuentre dicho motor, se puede determinar que en tercera velocidad es una de las velocidades que cuentan con mayor torque, por lo cual al mover la rueda lo realiza con mayor torque por lo cual se compensa con la perdida de combustible por lo tanto se genera menor tiempo de operación de trabajo en esta velocidad , por el contrario en quinta velocidad se determina que son engranes más pequeños por lo cual la carga que se aplica es menor, dejando de esta manera con mayor libertad la rueda tractora, haciendo de esta manera que el consumo de combustible sea menor y por tanto el tiempo de operación sea mayor.



Se realizó una gráfica la cual esta determinada por las revoluciones por minutos del motor, esto con el fin de analizar tablas posteriores de la misma manera, que el denominador serán las rpm las cuales varían de acuerdo al combustible administrado.



**Grafica 6.2** consumo de combustible

Como se aprecia en la gráfica anterior se puede determinar que la constante son las rpm, de acuerdo a esto y en la velocidad que se encuentre se puede observar el tiempo que tarda en consumir la misma cantidad de gasolina en cada una de las pruebas, estas pruebas se analizaron con una probeta la cual tiene una capacidad de 10 centímetros cúbicos, esta misma fue utilizada en cada una de las pruebas, para determinar de mejor manera los resultados mostrados, cabe señalar que existen varias constantes que pueden afectar al momento de realizar las pruebas, por lo cual se trató de realizar lo mismo en cada prueba para hacer un entorno más seguro al momento de analizar al motor de combustión interna.

En las pruebas mencionadas se puede observar que las rpm se mantienen en 500 que es la operación de ralentí, el tiempo del consumo de combustible, es notable con cada cambio de velocidad, la temperatura de operación del motor se incrementa debido al esfuerzo que realiza con cada cambio de velocidad, la temperatura que sale de la cámara de combustión, en realidad es una temperatura muy alta ya que alcanza los 160°C pero en la temperatura de los gases que son expulsados a la atmósfera, podemos observar que la temperatura baja, siendo 55°C la de mayor incremento.

Por lo tanto es conveniente mencionar que el motor se encuentra dentro de parámetros aceptables para su funcionamiento y posterior análisis.

#### **6.4 Suministro de cargas porcentuales de hidrogeno a un motor de combustión interna**

En este apartado se analizara un motor de combustión interna el cual ha estado siendo usado con anterioridad, para la realización de distintas pruebas, en esta ocasión realizaremos las pruebas de la siguiente manera, primero se colocaran cargas porcentuales de la mezcla hidrogeno y oxigeno la cual obtenemos del banco de pruebas que se realizó en el capítulo V , este banco de pruebas cuenta con un analizador de gasolina por medio de una pipeta de capacidad de 10 cm<sup>3</sup>, la cual utilizaremos para medir el consumo de combustible de acuerdo al tiempo en el que tarda en hacerlo, también se analizara el funcionamiento del motor al generarle cargas parciales de gas hidrogeno, cabe señalar que tal gas será suministrado de manera porcentual con el fin de obtener pruebas relevantes que comprueben que el hidrogeno pueda ser utilizado como un combustible a futuro.

Por medio de las electroválvulas que se diseñaron en el capítulo V, se inyectaran cargas porcentuales de hidrogeno, dicho elemento se obtiene por medio de una reacción química la cual se habla en el capítulo III, la cual es una mezcla de distintos elementos que combinados con el agua generan una sobre producción de gas hidrogeno, oxígeno y otros elementos, los cuales serán aislados en su mayor parte, para que al momento de ser suministradas al motor de combustión interna, este no logre verse dañado por los elemento que van en compañía con el hidrogeno

Las electroválvulas realizaran su función más importante por lo cual fueron diseñadas, en esta operación las electroválvulas actuaron de la forma siguiente: de acuerdo a la cantidad de materia que pasa por esta válvula, está por medio de un circuito programado, analizara la mezcla y dejara pasar solo la cantidad que el operador demande, dicha cantidad será una mezcla estequiométrica, la cual tendrá que ser regulada de manera manual, ya que es imposible saber la cantidad de hidrogeno recomendada, pus es importante señalar que se suministrara gasolina para que en compañía del hidrogeno sean suministradas al motor de combustión interna , de esta manera se podrá realizar una comparativa con la prueba anteriormente realizada.

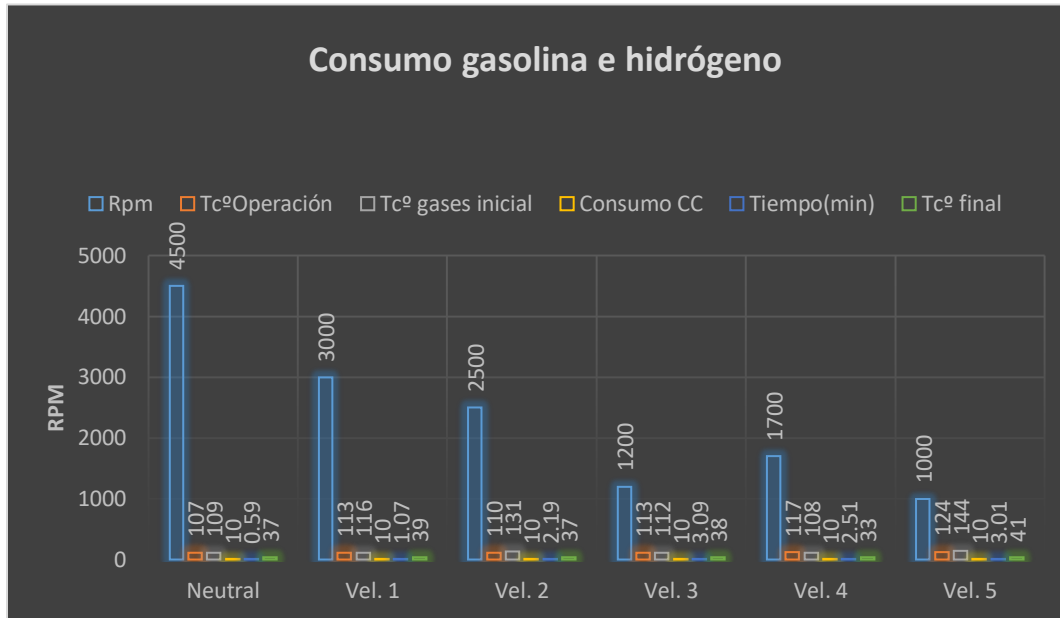
En la siguiente tabla se puede observar cómo interactúa el gas hidrogeno y la gasolina en el motor de combustión interna, se pondrá como denominador las rpm del motor por el motivo de que existen ciertas variaciones a la prueba anterior realizada

**Tabla 6.6** pruebas de operación (gasolina e hidrogeno)

Consumo de Gasolina e Hidrogeno						
Velocidad	Rpm	Tc <sup>o</sup> Operación	Tc <sup>o</sup> gases inicial	Consumo CC	Tiempo(min)	Tc <sup>o</sup> final
N	4500	107	109	10	0.59	37
1	3000	113	116	10	1.07	39
2	2500	110	131	10	2.19	37
3	1200	113	112	10	3.09	38
4	1700	117	108	10	2.51	33
5	1000	124	144	10	3.01	41

En esta tabla se podrá observar que se utilizaron las mismas variables del prueba anterior, esto para realizarla una manera la cual pudiera ser comparativa, en dicha tabla se aprecia, que el consumo de gasolina al usar intervalos de hidrogeno es mayor por lo cual el tiempo por el que dura el motor encendido es menor, esto es debido a que al suministrarle las cargas de hidrogeno, no se sabe con exactitud la cantidad necesaria para que el motor pueda operar correctamente, así que con ayuda de las electroválvulas se manejó de manera manual la mezcla estequiométrica inyectada al motor de combustión interna,

Para un mejor análisis se realizó una gráfica la cual mide de manera más clara, como es que las revoluciones del motor aumentaron y el consumo de combustible se agotó de manera inmediata al elevarse las rpm de manera involuntaria provocada por la mezcla hidrogeno y gasolina.



**Gráfica 6.3** consumo combustible e hidrogeno

En esta grafica a diferencia de la anterior, es notable la variación de las rpm del motor las cuales se vieron afectadas al suministrarle las cargas parciales de hidrogeno a dicho motor, por lo cual se puede determinar que a diferencia de usar gasolina como combustible sigue siendo mejor, que suministrar hidrogeno, esto porque aún se necesita más investigación de forma que el hidrogeno pueda ser controlado y se puedan obtener mejores resultados.

Una de las ventajas más notables, fue el cambio de temperaturas, las temperaturas de operación siguen estando en los estándares de la anterior prueba, pero en las temperaturas de los gases de escape lo cuales provienen de la cámara de combustión, bajo más que al usar solamente gasolina, también una ventaja fue la temperatura de los gases de escape a la atmosfera la cual descendió a diferencia de usar solo gasolina como combustible.

### 6.5 comparativa de uso de gasolina, hidrogeno y gasolina e hidrogeno

En esta sección se tocaran puntos muy importantes como es la comparación de usar gasolina, hidrogeno y una combinación de gasolina e hidrogeno.

Anteriormente se comentó que este trabajo de investigación no pretendía demostrar que sería capaz el usar hidrogeno como fuente de alimentación de un motor de combustión interna, pero es importante mencionar que se logró lo que no se esperaba y fue el poder usar hidrogeno como combustible sin gasolina, más adelante se comparara los tiempos en los que duro el hidrogeno como combustible, los cuales fueron tan solo unos segundos, pero gracias a esas pruebas se podrá determinar si es conveniente pensar en el hidrogeno como nueva fuente de alimentación para los vehículos de combustión interna

Como determinante para la realización de las siguientes pruebas, no se usó ningún tipo de velocidad, en estas pruebas fueron hechas a partir del estado neutral de la caja de cambios del motor, para poder obtener un mejor enfoque y así mismo poder analizar solo un punto sin tener más variaciones o medios externos que afectasen las pruebas a realizar.

Se mostrará una tabla la cual expresa resultados que no se esperaban, pues no se esperaba que el motor de combustión interna hecho y fabricado para funcionar con gasolina fuese capaz de trabajar por unos instantes con porciones mínimas de gas hidrogeno sin gasolina.

**Tabla 6.7** consumo de hidrogeno

Consumo de Hidrogeno						
Velocidad	Rpm	TcºOperación	Tcº gases inicial	Caudal (m3/s)	Tiempo(seg)	Tcº final
N	5000	105	96	0.12238056	11	23
N	6000	112	113	0.12238056	7	23
N	5500	115	113	0.12238056	8	25
N	4500	117	117	0.12238056	12	27

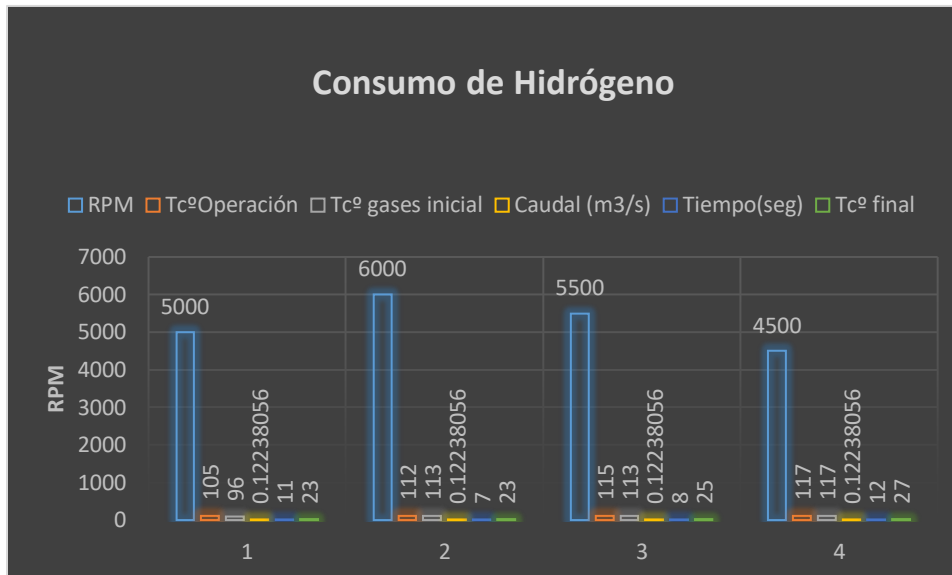
Una notable ventaja fue que todas las temperaturas descendieron, como se observa en la tabla, la temperatura de operación del motor anteriormente su máxima fue de 124°C al usar gasolina, pero en esta al usar solo hidrogeno descendió a 117°C siendo la mayor, también se puede apreciar que la temperatura de los gases siempre se conservó en un rango de 150 a 160°C pero en esta ocasión descendió a 117°C y la temperatura de los gases de escape que salen a la atmosfera su estándar fue de 40 a 55°C y se aprecia en la tabla que descendió la temperatura a 27°C, la desventaja más notable fue el tiempo en el que duro encendido el motor de combustión interna, pero una de esas causas que origino que durara poco fue sus

altos aumentos de revoluciones por minuto que es mismo motor origino al usar hidrogeno como único combustible.

Para analizar esta parte de una mejor manera se tiene que considerar diversas cuestiones, una de ellas es el tiempo de la alimentación del flujo del gas hidrogeno el cual funciona de la siguiente manera: este tiene un caudal de alimentación de  $0.12238056\text{m}^3/\text{s}$  en óptimas condiciones, ya que la maquina cuando se encuentra fría tiene un caudal más bajo de  $0.01529757\text{m}^3/\text{s}$ , esto es debido al calentamiento del regulador y del oscilador ya que cuando se encuentran fríos tienen una temperatura de  $50$  y  $59^\circ\text{C}$  y tarda un tiempo de  $8$  segundos en recorrer  $2.79\text{m}$  el gas hidrogeno, pero cuando estos aparatos alcanzan sus optimas temperaturas de  $72$  y  $149^\circ\text{C}$  respectivamente, el gas hidrogeno tarda apenas  $1$  segundo en recorrer la misma cantidad de  $2.79\text{m}$

Se cuenta con un depósito de almacenamiento de hidrogeno el cual tiene un volumen de  $583.45\text{cm}^3$ , este tarda unos  $12$  segundos en ser llenado, esto realizando pruebas empíricas y tarda unos  $4$  segundos en ser vaciado, lo importantes es adecuar la cantidad necesaria de hidrogeno al motor para que este pueda funcionar de manera adecuada, pero esto es gracias a las electroválvulas las cuales se encargaran de medir las partículas y poder introducir las correctas, esto se llevó de manera empírica y de manera manual para poder conocer la cantidad de partículas necesarias que se necesitaran para una correcta quema de combustible o mejor dicho una correcta mezcla estequiométrica la cual mida los valores necesarios en porción de oxígeno e hidrogeno.

Se mostrara una gráfica la cual muestra cómo es que envase a las rpm del motor esta hace visible el consumo de hidrogeno que consume y el tiempo que necesita para consumir la cantidad del tanque de almacenamiento que es de  $583.45\text{cm}^3$ .



**Grafica 6.4** consumo de hidrogeno

En la gráfica anterior se puede observar como las rpm del motor aumentan si la carga de hidrogeno es mayor y por lo tanto el tiempo que dura la operación es menor, como por ejemplo el caso donde se acelera hasta alcanzar más de 6000 rpm y tarda tan solo 7 segundos trabajando y después de eso se apaga el motor, lo que lleva a la conclusión que si la carga de hidrogeno es mayor las revoluciones aumentan, esto ocasiona que el pistón trabaje más rápido y por tanto consume mayor cantidad de hidrogeno.

El hidrogeno puede que sea un candidato perfecto para reemplazar a la gasolina, pero aún faltan más investigaciones para poder acercarse más al resultado que se espera y es el total funcionamiento del motor con este gas.

Es importante hacer mención que al haber utilizado el gas hidrogeno como único combustible, ocasiono pequeños daños en el motor, como resultado se probó posteriormente a realizar pruebas al motor usando como combustible la gasolina, la cual fue suministrada al motor para realizar pruebas de funcionamiento, el motor se analizó estando en estado neutral como la anterior prueba, esto para realizar una comparativa con la anterior prueba y con una posterior a esta, cabe señalar que el motor tuvo problemas en el arranque causando problemas en la marcha, originando un sobre calentamiento en ella al no querer arrancar, una vez que pudo arrancar el motor, este origino un temblor mayor al que opera normalmente, lo cual

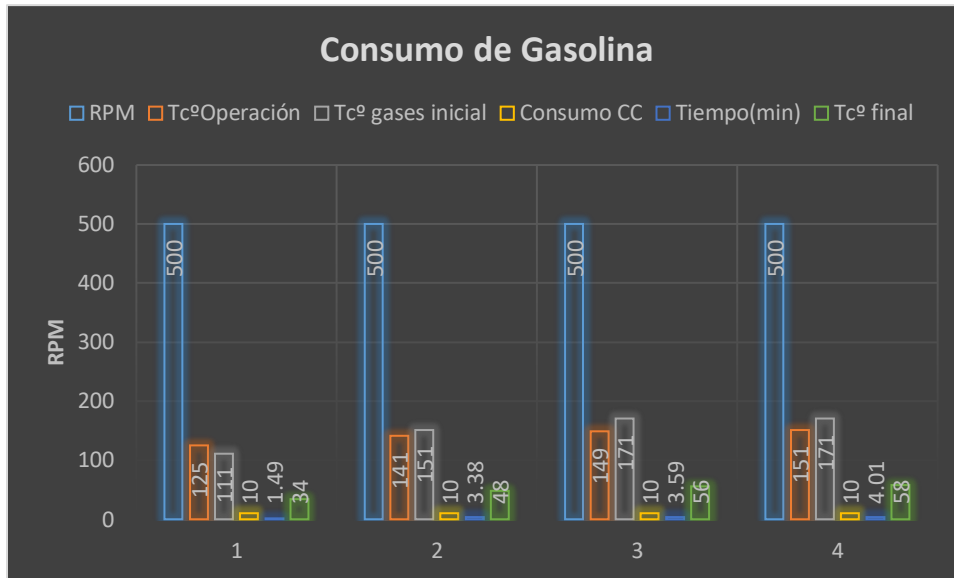
origino que se realizara una limpieza al carburador para poder hacerlo funcionar nuevamente, una vez que el carburador fue arreglado se prosiguió a alimentar al motor con gasolina y estas Pruebas se obtuvieron como se muestra en la tabla

**Tabla 6.8** consumo de gasolina

Consumo de Gasolina						
Velocidad	Rpm	Tc°Operación	Tc° gases inicial	Consumo CC	Tiempo(min)	Tc° final
N	500	125	111	10	1.49	34
N	500	141	151	10	3.38	48
N	500	149	171	10	3.59	56
N	500	151	171	10	4.01	58

Como se puede observar en la tabla anterior las rpm no fueron afectadas, al contrario fueron constantes, esto determina que el uso del hidrogeno altera las rpm del motor, l usar combustible de gasolina este en un principio le costó trabajo llegar a su tiempo promedio de operación los cuales fueron mostrados en anteriores pruebas, esto determina que sufrió daños en el carburador y la cámara de combustión, ya que costaba trabajo tratar de encender dicho motor, una vez que se estabilizo, comenzó a cambiar las temperaturas aumentando nuevamente la temperatura de operación, la de gases provenientes de la cámara de combustión y la temperatura de gases de escape que son expulsados a la atmosfera, al final el motor logro estabilizarse dentro del promedio de operación en cuestión de tiempo de consumo de combustible tal y como se muestra en la siguiente grafica





**Grafica 6.5** consumo de gasolina

En esta grafica se puede observar como las rpm son constantes y no se ven afectadas como anteriores pruebas, todas las temperaturas ascendieron notablemente, y el consumo de combustible el cual al principio tenía una duración menor, pudo recuperarse entrando en óptimas condiciones aumentando la duración de la quema del combustible de gasolina.

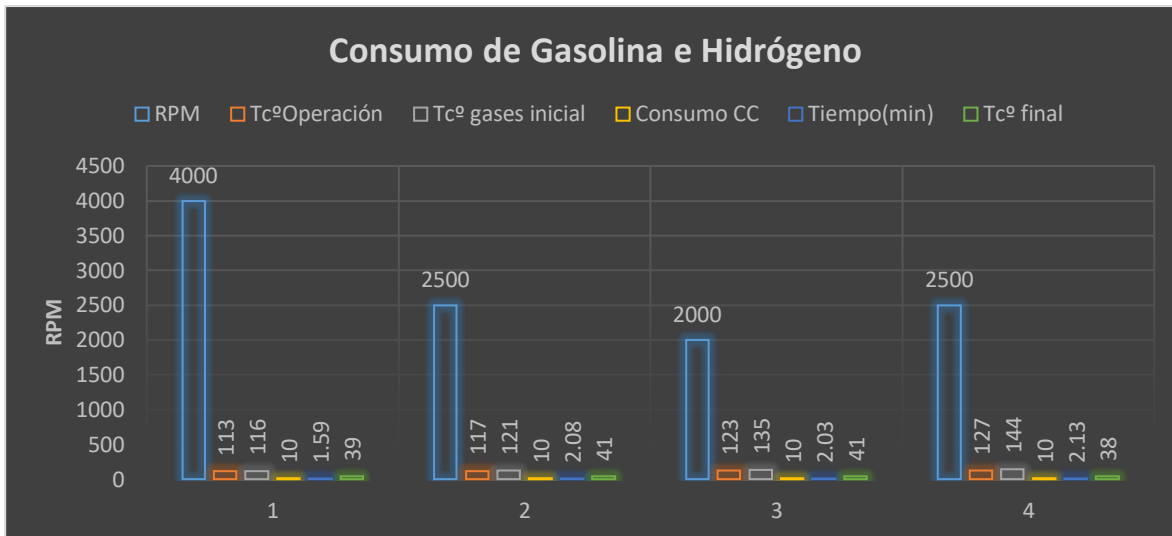
Por ultimo en este apartado se mostrara una tabla acompañada de sus gráficos para analizar el consumo de hidrogeno combinado con gasolina, esto se realizó una vez habiendo alcanzado el correcto funcionamiento del motor de combustión interna.

**Tabla 6.9** consumo de gasolina e hidrogeno

Consumo de Gasolina e Hidrogeno						
Velocidad	Rpm	Tcº Operación	Tcº gases inicial	Consumo CC	Tiempo(min)	Tcº final
N	4500	107	109	10	0.59	37
1	3000	113	116	10	1.07	39
2	2500	110	131	10	2.19	37
3	1200	113	112	10	3.09	38
4	1700	117	108	10	2.51	33
5	1000	124	144	10	3.01	41

En esta tabla se puede apreciar que las revoluciones nuevamente se ven afectadas al suministrar hidrogeno y gasolina, en estos valores podemos comparar que en estado neutral el cual se encuentra el motor para ser analizado, tuvo notables mejorías en cuanto al tiempo

de operación, ya que anteriormente el tiempo en el que tardaba en consumir la gasolina era un tiempo más corto y en este apartado se muestra que el tiempo en consumir la gasolina es mayor, esto se logró gracias a una perfecta sincronización de la electroválvula, la cual empezó a mandar cargas menos concentradas de hidrogeno, la desventaja más notable fue el aumento de las rpm como se muestra en la siguiente gráfica.



**Grafica 6.6** consumo de gasolina e hidrogeno

En la gráfica 8.5.1 donde se utiliza solo hidrogeno se puede ver que tuvo un aumento considerable de las rpm, llegando a más de 6000rpm como máxima, en la gráfica 6.1 donde se usó combustible de gas hidrogeno y de gasolina, se puede observar que tuvo un aumento como máximo de 4500rpm durando tan solo 59segundos en consumir la gasolina, en esta grafica se puede observar una ventaja notable la cual fue que su máxima elevación fue de 4000rpm con un tiempo de duración de 1minuto con 59 segundos en ser consumida la gasolina, lo cual fue una notable mejoría en el motor, este fue gracias a que se realizó un mantenimiento al motor después de haber sufrido daños al haber consumido hidrogeno como único combustible, otra de las ventajas fue que las temperaturas descendieron llegando a estar entre 38 y 40°C los gases que son expulsados a la atmosfera, lo cual nos genera una respuesta la cual se trata de que el hidrogeno es un excelente combustible mucho mejor que la gasolina, pues grandes naves espaciales usan esta elemento ara poder funcionar, el problema es adecuar el hidrogeno en un motor de combustión interna convencional, por consiguiente es necesario la elaboración de un motor de combustión interna especializado en usar hidrogeno, de lo

contrario no se obtendrán las ventajas de las cuales se espera con este combustible y lo único que originara, será el dañar un motor que no está fabricado para usar este tipo de combustible.

Esperando que futuras generaciones puedan ver este trabajo y consigan notables mejoras y la creación y desarrollo de un motor de combustión interna que utilice hidrogeno como combustible.

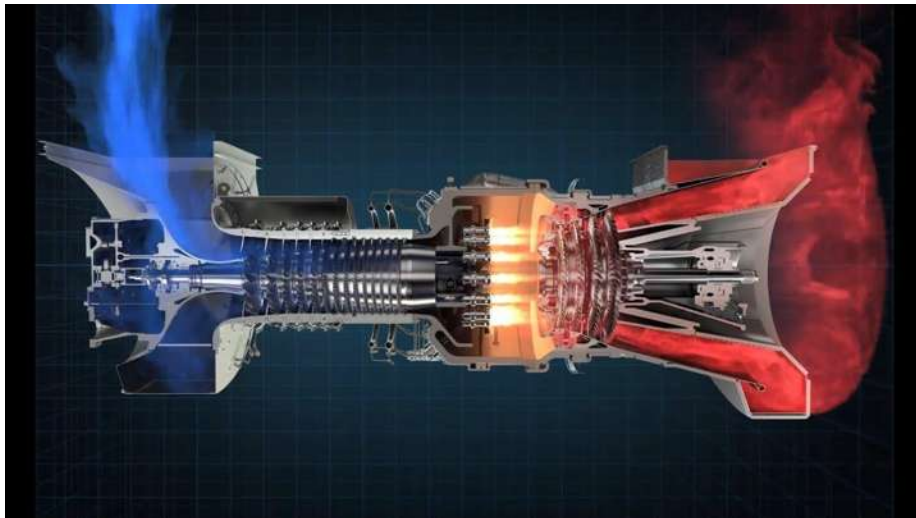
## Conclusiones

Para poder concluir con este proyecto, es importante mencionar que las pruebas de funcionamiento de un motor de combustión interna que use otro combustible que no sea gasolina, o mejor dicho otro combustible para el cual no fue fabricado, resulta ser un tanto difícil el poder adecuar un sinfín de factores externos que ayudaran para poder realizar pruebas de funcionamiento con un combustible nuevo, en esta ocasión se trata de usar como combustible, el gas hidrogeno, el cual se obtiene por medio de electrolisis, pero generara un correcto funcionamiento para que use poca energía y genere mayor producción de hidrogeno es lo verdaderamente complicado, ya que para ello se fabricó un oscilador capaz de romper las moléculas del agua usando 1.23voltios y 1000Mghz teniendo como respuesta un caudal de 0.12238056m<sup>3</sup>/s pasando por 2.79m de manguera en 1 segundo en óptimas condiciones, llenado un contenedor de este gas con capacidad de 583.45cm<sup>3</sup>, el cual se vaciara de acuerdo a las electroválvulas que fueron diseñadas para dejar pasar las partículas adecuadas al motor de combustión interna, originando una mezcla estequiométrica, lo más balanceada posible, gracias a estos procedimientos se pudo tener como resultado el encender por unos instantes un motor de combustión interna usando solo hidrogeno como único combustible, lo cual supero las expectativas del proyecto planteadas originalmente, cabe mencionar que se usó gasolina e hidrogeno en combinación para poderlos suministrar al motor de combustión interna, sin embargo el resultado no fue lo que se esperaba, ya que origino daños en el motor, tanto en la cámara de combustión como en su carburador, además el tiempo que tardo en consumir la gasolina fue un tiempo demasiado corto, mucho más que el solo usar gasolina como combustible, lo anterior fue debido que al suministrarle cargas parciales de hidrogeno, este aumento las rpm del motor originando que el pistón se desplazara a una mayor velocidad que la de operación la cual es de 500rpm pero esta tuvo una aceleración de un máximo de 6000rpm por lo cual era prudente que el combustible que en este caso sería la gasolina se agotara en un menor tiempo, este proyecto no logra desmentir el uso del hidrogeno como posible combustible sustituto de la gasolina, se considera que el combustible es idóneo es tan bueno que las naves espaciales lo utilizan, el problema no es siquiera la obtención de dicho elemento, el problema es el generar un motor que se adecue a las condiciones que demanda este elemento, es posible que se logra usar en un motor de combustión interna hecho para funcionar con gasolina, el problema será que los factores que influyen para dicho motor no

se dañe de los cuales son bastantes, hacen que sea más prudente la realización de un nuevo motor el cual este diseñado específicamente para poder soportar al hidrogeno como combustible.

### **Trabajo adicional**

Este trabajo de investigación es difícil que quede solo como anteriormente se mostró por eso es importante seguir con las investigaciones, en dicha investigación se tiene que plantear la idea de construir un motor que sea ideal para el uso del hidrogeno como combustible, dicho motor debe ser igual a los utilizados por La Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio, más conocida como (NASA), la cual los utiliza en sus transbordadores espaciales y los cuales utilizan hidrogeno liquido como combustible, si es posible utilizarlos para una nave espacial también será posible utilizar este tipo de motores para un vehículo terrestre, si se continua con esta investigación se tiene que realizar este tipo de motor de acuerdo a la figura que se muestra en la figura 6.7



**Figura 6.7** turbina de gas

El ciclo térmico que representa esta máquina es el ciclo Brayton. La máquina sigue un ciclo abierto, puesto que se renueva continuamente el fluido que pasa a través de ella. El aire es aspirado de la atmósfera y comprimido para después pasar a la cámara de combustión, donde se mezcla con el combustible y se produce la ignición. Los gases calientes, producto de la combustión, fluyen a través de la turbina. Allí se expansionan y mueven el eje, que acciona el compresor de la turbina y el alternador.

Sus principales ventajas son su pequeño peso y volumen en relación a su potencia y la flexibilidad de su operación. Esto hace que sean máquinas cuyo uso para determinadas aplicaciones, especialmente las referidas a la generación de electricidad y a la propulsión de buques y aviones, esté en claro aumento. Al ser máquinas rotativas presentan una clara ventaja frente a los motores alternativos, por la ausencia de movimientos alternativos y de rozamientos entre superficies sólidas (como las que se dan entre pistón y camisa), lo que se traduce en menores problemas de equilibrado y menores consumos de aceite lubricante, que además no están en contacto con superficies calientes ni con productos de combustión.

Esta simplicidad comparada con motores alternativos otorga a las turbinas de gas dos ventajas adicionales: un mantenimiento sencillo comparado con otras máquinas térmicas y una elevada fiabilidad. En efecto, la reducción de las necesidades de lubricación y refrigeración, la continuidad del proceso de combustión y la ausencia de movimientos alternativos hace que la probabilidad de fallo disminuya.

## Anexos

En este apartado se incluyen las tablas necesarias para la obtención de resultados en el apartado de sustancias químicas.

**Tabla A-1**

Propiedades de gas ideal del aire

$T$ K	$h$ kJ/kg	$P_r$	$u$ kJ/kg	$v_r$	$s^\circ$ kJ/kg · K	$T$ K	$h$ kJ/kg	$P_r$	$u$ kJ/kg	$v_r$	$s^\circ$ kJ/kg · K
200	199.97	0.3363	142.56	1707.0	1.29559	580	586.04	14.38	419.55	115.7	2.37348
210	209.97	0.3987	149.69	1512.0	1.34444	590	596.52	15.31	427.15	110.6	2.39140
220	219.97	0.4690	156.82	1346.0	1.39105	600	607.02	16.28	434.78	105.8	2.40902
230	230.02	0.5477	164.00	1205.0	1.43567	610	617.53	17.30	442.42	101.2	2.42644
240	240.02	0.6355	171.13	1084.0	1.47824	620	628.07	18.36	450.09	96.92	2.44356
250	250.05	0.7329	178.28	979.0	1.51917	630	638.63	19.44	457.78	92.84	2.46048
260	260.09	0.8405	185.45	887.8	1.55848	640	649.22	20.64	465.50	88.99	2.47716
270	270.11	0.9590	192.60	808.0	1.59634	650	659.84	21.86	473.25	85.34	2.49364
280	280.13	1.0889	199.75	738.0	1.63279	660	670.47	23.13	481.01	81.89	2.50985
285	285.14	1.1584	203.33	706.1	1.65055	670	681.14	24.46	488.81	78.61	2.52589
290	290.16	1.2311	206.91	676.1	1.66802	680	691.82	25.85	496.62	75.50	2.54175
295	295.17	1.3068	210.49	647.9	1.68515	690	702.52	27.29	504.45	72.56	2.55731
298	298.18	1.3543	212.64	631.9	1.69528	700	713.27	28.80	512.33	69.76	2.57277
300	300.19	1.3860	214.07	621.2	1.70203	710	724.04	30.38	520.23	67.07	2.58810
305	305.22	1.4686	217.67	596.0	1.71865	720	734.82	32.02	528.14	64.53	2.60319
310	310.24	1.5546	221.25	572.3	1.73498	730	745.62	33.72	536.07	62.13	2.61803
315	315.27	1.6442	224.85	549.8	1.75106	740	756.44	35.50	544.02	59.82	2.63280
320	320.29	1.7375	228.42	528.6	1.76690	750	767.29	37.35	551.99	57.63	2.64737
325	325.31	1.8345	232.02	508.4	1.78249	760	778.18	39.27	560.01	55.54	2.66176
330	330.34	1.9352	235.61	489.4	1.79783	780	800.03	43.35	576.12	51.64	2.69013
340	340.42	2.149	242.82	454.1	1.82790	800	821.95	47.75	592.30	48.08	2.71787
350	350.49	2.379	250.02	422.2	1.85708	820	843.98	52.59	608.59	44.84	2.74504
360	360.58	2.626	257.24	393.4	1.88543	840	866.08	57.60	624.95	41.85	2.77170
370	370.67	2.892	264.46	367.2	1.91313	860	888.27	63.09	641.40	39.12	2.79783
380	380.77	3.176	271.69	343.4	1.94001	880	910.56	68.98	657.95	36.61	2.82344
390	390.88	3.481	278.93	321.5	1.96633	900	932.93	75.29	674.58	34.31	2.84856
400	400.98	3.806	286.16	301.6	1.99194	920	955.38	82.05	691.28	32.18	2.87324
410	411.12	4.153	293.43	283.3	2.01699	940	977.92	89.28	708.08	30.22	2.89748
420	421.26	4.522	300.69	266.6	2.04142	960	1000.55	97.00	725.02	28.40	2.92128
430	431.43	4.915	307.99	251.1	2.06533	980	1023.25	105.2	741.98	26.73	2.94468
440	441.61	5.332	315.30	236.8	2.08870	1000	1046.04	114.0	758.94	25.17	2.96770
450	451.80	5.775	322.62	223.6	2.11161	1020	1068.89	123.4	776.10	23.72	2.99034
460	462.02	6.245	329.97	211.4	2.13407	1040	1091.85	133.3	793.36	22.29	3.01260
470	472.24	6.742	337.32	200.1	2.15604	1060	1114.86	143.9	810.62	21.14	3.03449
480	482.49	7.268	344.70	189.5	2.17760	1080	1137.89	155.2	827.88	19.98	3.05608
490	492.74	7.824	352.08	179.7	2.19876	1100	1161.07	167.1	845.33	18.896	3.07732
500	503.02	8.411	359.49	170.6	2.21952	1120	1184.28	179.7	862.79	17.886	3.09825
510	513.32	9.031	366.92	162.1	2.23993	1140	1207.57	193.1	880.35	16.946	3.11883
520	523.63	9.684	374.36	154.1	2.25997	1160	1230.92	207.2	897.91	16.064	3.13916
530	533.98	10.37	381.84	146.7	2.27967	1180	1254.34	222.2	915.57	15.241	3.15916
540	544.35	11.10	389.34	139.7	2.29906	1200	1277.79	238.0	933.33	14.470	3.17888
550	555.74	11.86	396.86	133.1	2.31809	1220	1301.31	254.7	951.09	13.747	3.19834
560	565.17	12.66	404.42	127.0	2.33685	1240	1324.93	272.3	968.95	13.069	3.21751
570	575.59	13.50	411.97	121.2	2.35531						

Tabla A-1

Propiedades de gas ideal del aire (conclusión)

T K	h kJ/kg	P <sub>r</sub>	u kJ/kg	v <sub>r</sub>	s <sup>o</sup> kJ/kg · K	T K	h kJ/kg	P <sub>r</sub>	u kJ/kg	v <sub>r</sub>	s <sup>o</sup> kJ/kg · K
1260	1348,55	290.8	986,90	12,435	3,23638	1600	1757,57	791,2	1298,30	5,804	3,52364
1280	1372,24	310.4	1004,76	11,835	3,25510	1620	1782,00	834,1	1316,96	5,574	3,53879
1300	1395,97	330.9	1022,82	11,275	3,27345	1640	1806,46	878,9	1335,72	5,355	3,55381
1320	1419,76	352.5	1040,88	10,747	3,29160	1660	1830,96	925,6	1354,48	5,147	3,56867
1340	1443,60	375.3	1058,94	10,247	3,30959	1680	1855,50	974,2	1373,24	4,949	3,58335
1360	1467,49	399.1	1077,10	9,780	3,32724	1700	1880,1	1025	1392,7	4,761	3,5979
1380	1491,44	424.2	1095,26	9,337	3,34474	1750	1941,6	1161	1439,8	4,328	3,6336
1400	1515,42	450.5	1113,52	8,919	3,36200	1800	2003,3	1310	1487,2	3,994	3,6684
1420	1539,44	478.0	1131,77	8,526	3,37901	1850	2065,3	1475	1534,9	3,601	3,7023
1440	1563,51	506.9	1150,13	8,153	3,39586	1900	2127,4	1655	1582,6	3,295	3,7354
1460	1587,63	537.1	1168,49	7,801	3,41247	1950	2189,7	1852	1630,6	3,022	3,7677
1480	1611,79	568.8	1186,95	7,468	3,42892	2000	2252,1	2068	1678,7	2,776	3,7994
1500	1635,97	601.9	1205,41	7,152	3,44516	2050	2314,6	2303	1726,8	2,555	3,8303
1520	1660,23	636.5	1223,87	6,854	3,46120	2100	2377,7	2559	1775,3	2,356	3,8605
1540	1684,51	672.8	1242,43	6,569	3,47712	2150	2440,3	2837	1823,8	2,175	3,8901
1560	1708,82	710.5	1260,99	6,301	3,49276	2200	2503,2	3138	1872,4	2,012	3,9191
1580	1733,17	750.0	1279,65	6,046	3,50829	2250	2566,4	3464	1921,3	1,864	3,9474

Tabla A-2

Entalpía de formación, función de Gibbs de formación y entropía absoluta a 25°C, 1 atm

Sustancia	Fórmula	$\bar{h}_f^\circ$ kJ/kmol	$\bar{g}_f^\circ$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol · K
Acetileno	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)	+226,730	+209,170	200.85
Agua	H <sub>2</sub> O(l)	-285,830	-237,180	69.92
Alcohol etílico	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH(g)	235,310	168,570	282.59
Alcohol etílico	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH(l)	-277,690	-174,890	160.70
Alcohol metílico	CH <sub>3</sub> OH(g)	-200,670	-162,000	239.70
Alcohol metílico	CH <sub>3</sub> OH(l)	238,660	166,360	126.80
Amoniaco	NH <sub>3</sub> (g)	-46,190	-16,590	192.33
Benceno	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (g)	+82,930	+129,660	269.20
n-butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (g)	126,150	15,710	310.12
Carbón	C(s)	0	0	5.74
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub> (g)	-393,520	-394,360	213.80
n-dodecano	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> (g)	291,010	+50,150	622.83
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)	-84,680	-32,890	229.49
Etileno	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)	+52,280	+68,120	219.83
Hidrógeno	H <sub>2</sub> (g)	0	0	130.68
Hidrógeno	H(g)	+218,000	+203,290	114.72
Hidroxilo	OH(g)	+39,460	+34,280	183.70
Metano	CH <sub>4</sub> (g)	74,850	50,790	186.16
Monóxido de carbono	CO(g)	-110,530	-137,150	197.65
Nitrógeno	N <sub>2</sub> (g)	0	0	191.61
Nitrógeno	N(g)	+472,650	+455,510	153.30
n-octano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> (g)	-208,450	+16,530	466.73
n-octano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> (l)	-249,950	+6,610	360.79
Oxígeno	O <sub>2</sub> (g)	0	0	205.04
Oxígeno	O(g)	+249,190	+231,770	161.06
Peróxido de hidrógeno	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (g)	-136,310	-105,600	232.63
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (g)	103,850	23,490	269.91
Propileno	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> (g)	+20,410	+62,720	266.94
Vapor de agua	H <sub>2</sub> O(g)	-241,820	-228,590	188.83



## Referencias

1. López Ortiz et al., 2002, Proceso SER/MEO Para La Producción Hidrógeno a Través La Reformación de Vapor de Metano, Propuesta de Investigación Presentada al consejo Nacional de Investigación CONACYT y al Centro de Investigación de Materiales Avanzados, S.C.
2. Lanz, A., Heffel, J. y Messer, C. 2001. Hydrogen use in internal combustion engines. En Manual del curso: Hydrogen Fuel Cell Engines and Related Technologies. College of the Desert y SunLine Transit Agency. Diciembre, Palm Desert, California; EE.UU.A.
3. Pant, K. y Gupta, R. 2009a. Fundamentals and use of hydrogen as a fuel. En: Hydrogen fuel: production, transport and storage. Editado por Gupta, R. B. Pp. 4-29. CRC Press, EE.UU.A.
4. Das, L. 1990. Hydrogen engines: A view of the past and a look into the future. International Journal of Hydrogen Energy, 15:425-443.
5. White, C., Steeper, R. y Lutz, A. 2006. The hydrogen fueled internal combustion engine: A technical review. International Journal of Hydrogen Energy, 31:1292-1305.
6. Mohammadia, A., Shiojib, M., Nakaib, Y., Ishikurab, W. y Taboc, E. 2007. Performance and combustion characteristics of a direct injection SI hydrogen engine. International Journal of Hydrogen Energy, 32:296-304
7. Das, L. 1991. Exhaust emission characterization of hydrogen operated design systems: Nature of pollutants and their control techniques. International Journal of Hydrogen Energy, 16:765-775.
8. Akansu, S., Dulger, Z., Kahraman, N. y Veziroglu, T. 2004. Internal combustion engines fueled by natural gas-hydrogen mixtures. International Journal of Hydrogen Energy, 29:1527-1539.
9. Toshio, S. y Hiroyuki, Y. 2007. Hydrogen as an ignition-controlling agent for HCCI combustion engine by suppressing the low-temperature oxidation. International Journal of Hydrogen Energy, 32(14):3066-3072

10. AL-Garni, M. 1995. A simple and reliable approach for the direct injection of hydrogen in internal combustion engines at low and medium pressures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 20(9):723, 126
11. Peschika, W. 1998. Hydrogen: The future cryofuel in internal combustion engines. *International Journal of Hydrogen Energy*, 23(1):27-43.
12. Eichlseder, H., Wallner, T., Freyman, R. y Ringler, J. 2003. The potential of hydrogen internal combustion engines in a future mobility scenario. SAE Paper 2003-01-2267; Warrendale, Pennsylvania; EE.UU.A.
13. Schafer, A., Heywood, J. y Weiss, A. 2006. Future fuel cell and internal combustion engine automobile technologies: A 25-year life cycle and fleet impact assessment. *Energy*, 31:20642087.
14. Galloni, E. y Minutillo, M. 2007. Performance of spark ignition engine fuelled with reformat gas produced on-board vehicle. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(13):2532-2538.
15. Verhelst, S. y Sierens, R. 2001. Hydrogen engine-specific properties. *International Journal of Hydrogen Energy*, 26(9):987-990.
16. Midilli, A., Dincer, I. y Rosen, M. 2005. On hydrogen and hydrogen energy strategies. I: Current status and needs. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 9(3):255-271.
17. Sherif et al., 2005, Towards the hydrogen economy. *The Electricity Journal*, 18:62–76.
18. DOE-U.S., 1999 Department of Energy “A Multiyear Plan for the Hydrogen R&D Program Rationale, Structure and Technology Roadmaps” Office of Power, Delivery Office of Power Technologies Energy Efficiency and Renewable Energy.
19. Lopez Ortiz et .al., 2000, On the Analysis of Noncatalytic Gas-Solid Kinetics Data Having Weak Temperature Dependence, *Chem. Eng. Coom.*, Vol. 177, pp 65-85.
20. DOE-U.S., 1995, Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory, 1995, Hydrogen Program Overview.
21. Stanley Meyer-1990, Hydrogen gas injector system for internal combustion engine, patent EP0086439B1
22. Stanley Meyer -1984, Hydrogen injection system patent CA1231872A

23. Stanley meyer – 1983, Electrical pulse generator patent US4613779A
24. Henry K. Puharich -1983, Method and apparatus for splitting water molecules patent US4394230A
25. Hydrogen Fuel Cell Engines and Related Technologies: Rev 0, December 2001
26. Thermodynamics. An Engineering Approach 2012, 2009 cuarta edición McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V