



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO  
DE MANABÍ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del título de “Ingeniero Marítimo”

**MODALIDAD:**

Proyecto Técnico

**TEMA:**

“Modificación de un motor a gasolina Suzuki Gs 125 para uso de hidrógeno como combustible a través de la separación de las moléculas de agua”

**AUTOR:**

Molina Muñoz Jean Michael

**TUTOR:**

Ing. Buitron Flores Anderson David

Manta – Manabí – Ecuador

2024

## CERTIFICADO DE TUTOR

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTE S DE GRADO.	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

### CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total 80 horas, bajo la modalidad de Proyecto técnico, cuyo tema del proyecto es "Modificación de un motor a gasolina Suzuki Gs 125 para uso de hidrógeno como combustible a través de la separación de las moléculas de agua", el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde al señor **Molina Muñoz Jean Michael**, estudiante de la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2024 (1), quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 25 de Julio de 2024

Lo certifico,



**Buitrón Flores**  
BUITRÓN FLORES

---

Ing. Buitrón Flores Anderson David  
Docente Tutor(a)

## CERTIFICADO DE AUTOR

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE AUTORIA.
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO.

### CERTIFICADO DE AUTOR

Los derechos de título y redacción, corresponde conforme el reglamento de propiedad intelectual de la institución al Sr. JEAN MICHAEL MOLINA MUÑIZ damos consentimiento para que la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ejecute la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual.



Jean Michael Molina Muñiz

**Autor**



Ing. Anderson Buitrón Flores

**Docente Tutor(a)**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

El compromiso por los hechos, criterios, planteamientos e indagaciones expuestas en el proyecto de titulación "Modificación de un motor a gasolina Suzuki Gs 125 para uso de hidrógeno como combustible a través de la separación de las moléculas de agua" le corresponde al autor y la propiedad intelectual del trabajo de titulación pertenecerá a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



---

**Jean Michael Molina Muñoz**

**C.I. 1316821964**



---

**Ing. Anderson Buitrón Flores**

**Docente Tutor(a)**

## APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo al cumplimiento de los requisitos de la ley, el tribunal de grado otorga la aprobación:

Ing. Edwin Ponce

**Miembro del tribunal**

---

---

Ing. Jonathan García

**Miembro del tribunal**

---

---

Ing. Israel Terán

**Miembro del tribunal**

---

---

Abg. Felipe Palma

**Secretario**

---

---

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mis padres,

A Dios por ser quien me guía y me cuida a cada momento, dando me energía para continuar y nunca desistir, a mis padres, por ser los pilares fundamentales de mi vida, y ser quienes nunca me dejan solo apoyándome en cada paso que doy y ser quienes me dieron educación siendo mi apoyo cada momento.

Gracias por todo sus esfuerzos y darme siempre lo mejor, sus palabras, sus consejos, que me han servido como un pilar fundamental en los peores momentos, para nunca decaer y siempre triunfar para así llegar al éxito, gracias por todo mamá y papá.

Con todo cariño y aprecio,

Jean Michael Molina Muñiz

## **AGRADECIMIENTO**

A mis familiares, profesores y amigos.

En primer lugar, le doy gracias a mi familia por confiar en mí, a mis padres, abuelos y tíos por estar cada momento dándome fortaleza, así siendo parte de cada uno de logros, también cumpliendo un papel fundamental para poder llegar a tener una excelente titulación.

Agradezco a mis educadores por ser parte de esta formación universitaria que fue muy importante y una las etapas más difíciles, también buena de la vida en donde aprendemos a crecer cada día más como personas.

Finalmente agradezco a mis amigos más cercanos por estar presente en mis logros y más que todo me auto felicitó por el esfuerzo y empeño que he puesto, para así afrontar cualquier barrera en la vida.

Agradecimiento total,

Jean Michael Molina Muñiz

## **RESUMEN**

El proyecto se enfoca en la conversión de un motor Suzuki GS 125, modificando su sistema de alimentación para sustituir el combustible fósil por hidrógeno generado a partir de agua mediante electrólisis. Este enfoque aborda la crisis energética y la contaminación ambiental derivada del uso de combustibles fósiles. El estudio abarca una definición exhaustiva del hidrógeno, sus propiedades para la aplicación en motores, y una descripción minuciosa del proceso de adaptación. Se detalla el uso de materiales específicos, las dimensiones de los componentes y las modificaciones efectuadas en los sistemas de almacenamiento de agua. Los cálculos estructurales de los depósitos se llevaron a cabo con SolidWorks, garantizando precisión en las medidas y la optimización del rendimiento del motor con el nuevo combustible. Los resultados experimentales confirmaron la eficacia de la electrólisis para la separación del hidrógeno, mientras que ProfiCAD se utilizó para diseñar diagramas eléctricos que ilustran las conexiones del sistema y su integración con el motor.

### **Palabras Clave:**

**Motor, hidrógeno, electrólisis, combustible alternativo**

## **ABSTRACT**

The project focuses on the conversion of a Suzuki GS 125 engine, modifying its fuel system to replace fossil fuel with hydrogen generated from water by electrolysis. This approach addresses the energy crisis and environmental pollution resulting from the use of fossil fuels. The study covers a comprehensive definition of hydrogen, its properties for engine application, and a thorough description of the adaptation process. The use of specific materials, the dimensions of the components and the modifications made to the water storage systems are detailed. Structural calculations of the tanks were carried out with SolidWorks, ensuring accuracy in measurements and optimization of engine performance with the new fuel. Experimental results confirmed the effectiveness of electrolysis for hydrogen separation, while ProfiCAD was used to design electrical diagrams illustrating the system connections and its integration with the engine.

### **Key words:**

**Engine, hydrogen, electrolysis, alternative fuel**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE TUTOR .....	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICADO DE AUTOR .....	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	III
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN.....	XIII
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1    Introducción.....	1
1.2    Antecedentes.....	2
1.3    Justificación.....	2
1.4    Objetivo General.....	3
1.5    Objetivos Específicos .....	3
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	4
2.1    Historia .....	4
2.2    Fundamentación teórica.....	4

2.2.1	Motor de cuatro tiempos .....	4
2.2.2	Características técnicas de un motor Gs 125 Suzuki. ....	5
2.2.3	Tipos de combustibles.....	5
2.2.4	Motor de arranque.....	7
2.2.5	Bujía de moto.....	8
2.2.6	Botón de encendido de motor .....	8
2.2.7	CDI o (Capacitor de descarga de ignición) para el encendido de una moto 9	
2.2.8	Hidrógeno .....	9
2.2.9	Hidróxido de Sodio.....	17
2.3.1	Reductor de flama de 2 funciones.....	17
2.3.2	Electrodos 6011 para soldadura .....	18
2.3.3	Acero inoxidable 304.....	19
2.3.4	Batería de 12 voltios. ....	19
CAPITULO III: DISEÑO DEL PROYECTO .....		21
3.1.	Medidas de fabricación de base de motor .....	21
3.1.1.	Elaboración de placas de acero inoxidable 304 .....	22
3.1.2.	Cortes de varillas roscadas M6 de acero inoxidable 304, arandelas y tuercas para unión de placas. ....	24
3.1.3.	Cortes plásticos para el aislamiento entre placas.....	25

3.1.4.	Proceso de ensamblaje de placas generadoras de hidrógeno .....	26
3.1.5.	Medidas del tanque de almacenamiento de agua con materiales PVC y su celda de electrólisis. ....	28
3.2.	Elaboración de Arresta llama.....	30
3.2.1.	Materiales Necesarios .....	30
3.2.2.	Herramientas Necesarias.....	30
3.2.3.	Relleno del Tubo .....	30
3.3.	Plano demostrativo de conexiones eléctricas de la moto con el funcionamiento del generador de hidrógeno. ....	31
3.4.	Pasos para funcionamiento del generador de hidrógeno y el motor. ....	34
3.4.1.	Instalación del generador de hidrógeno .....	34
3.4.2.	Generación de hidrógeno .....	35
3.4.3.	Sistema de inyección de hidrógeno.....	37
3.4.4.	Adaptación del motor.....	37
3.4.5.	Sistema de seguridad.....	37
3.4.6.	Operación del Sistema .....	37
3.4.7.	Valoración de producción de hidrógeno y manejo.....	38
3.5.	Cálculo de volumen de cámara de combustión .....	39
3.6.	Cálculo de masa de hidrógeno y energía contenida por minuto.....	40
3.6.1.	Cálculo de masa de hidrógeno producido por minuto .....	40
3.6.2.	Cálculo de energía contenida en el hidrógeno por minuto .....	40

3.6.3. Cálculos comparativos de la energía producida por el motor original.	40
3.7. Recursos materiales y económicos.	42
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	49

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diferentes características del hidrógeno y otros combustibles	7
Tabla 2 Propiedades térmicas del hidrógeno	12
Tabla 3 Propiedades físicas del hidrógeno	13
Tabla 4 Propiedades químicas del hidrógeno y seguridad de su empleo	14
Tabla 5 Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto	42

## ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1 Motor de arranque .....	7
Ilustración 2 Bujía NGK modelo CR8E.....	8
Ilustración 3 Capacitor de descarga por ignición .....	9
Ilustración 4 Proceso de producción de hidrógeno.....	10
Ilustración 5 Arresta llamas .....	18
Ilustración 6 Batería dacar de 12v a 40ah.....	20
Ilustración 7 Motor armado y generador de hidrógeno. ....	21
Ilustración 8 Base de motor. ....	22
Ilustración 9 Placas de acero inoxidable. ....	23
Ilustración 10 Varillas de acero inoxidable y tuercas. ....	24
Ilustración 11 Placas con aislantes plásticos.....	26
Ilustración 12 Celda de electrólisis.....	28
Ilustración 13 Cortes de para base de almacenamiento de agua.....	29
Ilustración 14 Generador de hidrógeno. ....	29
Ilustración 15 Arresta llamas casero.....	31
Ilustración 16 Conexiones de sistema eléctrico referente a la moto y generación de hidrógeno.....	32
Ilustración 17 Batería de 12 v a 40 ah .....	33
Ilustración 18 Relé de 40 a. ....	33
Ilustración 19 Materiales usados para el funcionamiento del generador.....	35
Ilustración 20 Hidróxido de sodio molido.....	36
Ilustración 21 Prueba de generación de hidrógeno directa con la batería. ....	36

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Introducción

El primer factor es el agua que viene a ser una fuente de energía abundante y renovable. A diferencia de los combustibles fósiles, cuya disponibilidad es limitada y contribuyen al cambio climático, el agua está presente en grandes cantidades en nuestro planeta y su utilización como combustible no genera emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, el hidrógeno es considerado como un combustible altamente eficiente. Que cuando se quema, lo único que produce es vapor de agua como subproducto, lo que lo convierte en una opción respetuosa con el medio ambiente. Al separar las moléculas de agua y utilizar el hidrógeno resultante como combustible en motores de gasolina modificados, se podría reducir significativamente la dependencia de los combustibles fósiles y disminuir las emisiones de gases contaminantes.

La idea de usar hidrógeno como combustible no es nueva. Se han realizado investigaciones y experimentos durante décadas para explorar su potencial como fuente de energía alternativa. En estos momentos, la tecnología de celdas de hidrógeno está en desarrollo y se utiliza en algunos vehículos experimentales que están en desarrollo.

En cuanto a la modificación de motores de gasolina para utilizar hidrógeno, se han realizado proyectos de conversión en pequeña escala. Estos proyectos implican la instalación de sistemas de electrólisis y almacenamiento de hidrógeno en vehículos existentes. Si bien estos experimentos han demostrado que es posible utilizar hidrógeno como combustible en motores de gasolina, todavía hay desafíos técnicos y de seguridad que deben abordarse.

Es importante tener en cuenta que la conversión de motores de gasolina para utilizar agua como combustible a través de la separación de las moléculas de hidrógeno requiere una cuidadosa planificación y desarrollo. Se necesitarían investigaciones adicionales para

mejorar la eficiencia de la electrólisis, desarrollar sistemas de almacenamiento seguros y eficientes para el hidrógeno y adaptar los motores de gasolina para su uso con este nuevo combustible.

## **1.2 Antecedentes**

La Universidad Central del Ecuador llevó a cabo un estudio titulado “Generador de hidrógeno como reductor de gases, contaminantes para los motores Kia, en el 3ero de bachillerato de la institución educativo particular “LATINOAMERICANO” en el sector de Lumbisi, año lectivo 2017-2018”, tuvo como finalidad diagnosticar el proceso de generación del hidrógeno para reducir la contaminación del medio ambiente. (Suárez, 2018)

La Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador llevó a cabo un estudio titulado “Evaluación de un motor de encendido provocado estacionario mediante la utilización de hidrógeno como fuente de combustible determinando su comportamiento” En este estudio, se realizaron pruebas de funcionamiento del motor, utilizando el hidrógeno como combustible. Finalmente, se efectuó un análisis estadístico y descriptivo para evaluar el comportamiento de las emisiones. (Jarama, 2023)

## **1.3 Justificación**

El hidrógeno obtenido a partir del agua es una alternativa energética que está siendo investigada para su uso como combustible en un futuro. Su principal ventaja es que, al quemarse, solo produce vapor de agua, eliminando la contaminación que generan los combustibles fósiles y su contribución al efecto invernadero.

En la industria marítima, el hidrógeno podría desempeñar un papel crucial, convirtiéndose en un recurso clave tanto en esta como en otras industrias. Así mismo, el proyecto de titulación se enfoca en la protección del medio ambiente y en el bienestar de la

sociedad al reducir las emisiones de gases nocivos que afectan la salud y contribuyen al cambio climático.

El proyecto consiste en modificar un motor de combustión interna, originalmente diseñado para funcionar con gasolina, para que utilice hidrógeno como combustible. En esta aplicación, solo se utiliza el hidrógeno, que es inyectado en el motor para la combustión. Se ha utilizado un motor Suzuki GS 125 que se adaptado una estructura y un sistema de alimentación para demostrar su funcionamiento con hidrógeno.

Este enfoque no solo demuestra que es posible utilizar hidrógeno como combustible alternativo, sino que también ofrece una solución más limpia, contribuyendo a la reducción de la contaminación ambiental y ayudando a mitigar el aumento de la temperatura global al evitar el uso de combustibles fósiles.

#### **1.4 Objetivo General**

Diseñar, construir y evaluar un sistema de conversión para modificar un motor de gasolina Suzuki GS 125, permitiendo su funcionamiento con hidrógeno como combustible mediante la separación de las moléculas de agua.

#### **1.5 Objetivos Específicos**

- Investigar el manejo del hidrógeno como combustibles auxiliares para la reducción de los gases contaminantes.
- Diseñar y construir un sistema de separación de moléculas de agua para obtener el hidrógeno que se va a usar como combustible.
- Adaptar un motor de gasolina para que funcione con hidrógeno generado mediante un sistema de separación molecular.
- Realizar pruebas de funcionamiento del motor con la inyección de hidrógeno.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Historia

El origen de los motores de combustión interna se remonta a la máquina de vapor, que funcionaba mediante combustión externa. Por el contrario, el motor de gasolina emplea un mecanismo diferente en el que la mezcla de aire y combustible se produce dentro del propio motor.

En 1860, un ingeniero belga llamado Etienne Lenoir construyó el primer motor de combustión interna. Este motor utilizaba gas para iluminación, pero sólo podía aprovechar apenas el 3% de la energía que generaba. Posteriormente, surgió un avance menor del inventor alemán Nikolaus Otto, quien introdujo el ciclo de cuatro tiempos en 1876. Esta innovación condujo a la creación de una máquina encendida por una chispa externa y accionada por pistones alternativos; sin embargo, su considerable tamaño lo hacía inadecuado para su uso en automóviles. (Fanelli, 2018)

Al cabo de unos años, nuevos inventores empezaron a experimentar con triciclos y flotadores para probar motores de combustión interna. Esto les permitió refinar el proceso de combustión completo necesario para el funcionamiento del motor, lo que finalmente condujo al desarrollo de vehículos más grandes conocidos como automóviles, que también dieron origen a las motocicletas y los vehículos todo terreno.

### 2.2 Fundamentación teórica.

#### 2.2.1 *Motor de cuatro tiempos*

La mayoría de los automóviles, motocicletas y otros vehículos utilizan un motor de combustión interna de cuatro tiempos. Para lograr un ciclo de energía, estos motores operan mediante un proceso de cuatro pasos. Las etapas de este ciclo incluyen admisión, compresión, explosión y escape.

Después del tiempo de escape, el ciclo se repite nuevamente con el tiempo de admisión para completar un ciclo completo de potencia. Este ciclo se repite continuamente mientras el motor está en funcionamiento para generar energía y hacer funcionar el vehículo. (Carraro, 2022).

### ***2.2.2 Características técnicas de un motor Gs 125 Suzuki.***

El motor Gs 125 diseñado para su uso es un motor de motocicleta conocido por su eficiencia y durabilidad. Entre sus especificaciones destacan: un diseño de 4 tiempos, refrigerado por aire, con una cilindrada de 124 cc y un mono cilíndrico. Presenta una relación de compresión de 9,2:1 y está equipado con un carburador Mikuni BS226SS. El motor arranca eléctricamente y utiliza un sistema de lubricación húmeda. Funciona en ralentí a aproximadamente 1300 rpm  $\pm$  100 rpm, ofrece una potencia máxima de 12 CV a 9500 rpm y genera un par de 8,3 Nm a 8500 rpm. Además, cuenta con embrague multidisco húmedo, transmisión de 5 velocidades y funciona con una batería de 12 voltios para todas las funciones eléctricas y el encendido. (Gonzalez, 2024)

### ***2.2.3 Tipos de combustibles***

Actualmente, se encuentra disponible una amplia gama de tipos de combustible para motores de vehículos y generadores utilizados en procesos industriales. Esta descripción general enfatiza los principales tipos de combustible, junto con sus respectivos beneficios e inconvenientes.

**Diésel:** Reconocidos por su excepcional eficiencia de combustible, los motores diésel son una excelente opción para vehículos diseñados para viajes de larga distancia. Sin embargo, un inconveniente importante del diésel es su huella medioambiental, ya que su combustión produce mayores cantidades de contaminantes que otros tipos de combustible.

De manera similar, si bien las piezas de los motores diésel están diseñadas para durar, tienen un precio elevado.

**Gasolina:** Generalmente, los motores de gasolina son más adecuados para entornos urbanos ya que producen menos contaminación del aire en comparación con los motores diésel. Además, estos motores suelen ser más sencillos de mantener, lo que contribuye a su popularidad entre los vehículos cotidianos.

**Combinaciones híbridas:** Los vehículos que integran un motor de combustión interna junto a un motor eléctrico son reconocidos por su reducida huella ambiental. En las regiones metropolitanas, estos híbridos utilizan principalmente el motor eléctrico, lo que genera una disminución sustancial de las emisiones. Cuando se superan distancias específicas, el motor de gasolina se activa, asegurando un equilibrio de potencia y eficiencia.

**Híbridos enchufables:** estos vehículos son propulsados principalmente por un motor eléctrico, utilizando el motor de gasolina únicamente para situaciones que requieren potencia extra. Un beneficio significativo de los híbridos enchufables es su capacidad de recargarse más rápidamente que los vehículos totalmente eléctricos, lo que permite un funcionamiento prolongado en modo eléctrico.

**Eléctricos:** Durante su funcionamiento, los vehículos eléctricos no producen contaminantes ya que funcionan únicamente con energía eléctrica. Además, las necesidades de mantenimiento de estos vehículos son generalmente menos frecuentes y más rentables que las de los motores de combustión interna. Sin embargo, una desventaja importante es el tiempo necesario para recargar las baterías y la posible disminución del rendimiento en función de la distancia recorrida.

**Tabla 1** Diferentes características del hidrógeno y otros combustibles

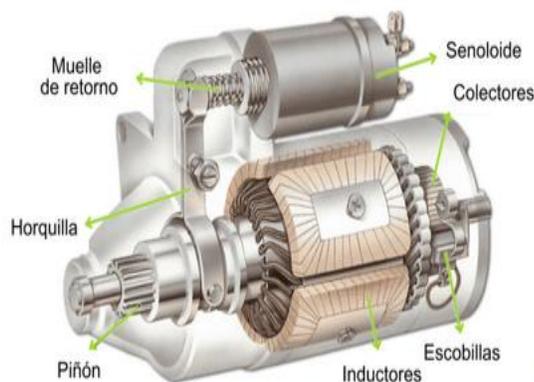
Combustible	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Límites de inflamabilidad (% vol) *	Temperatura a autoignición (°C)	Mínima energía de ignición (mJ)	Temperatura a llama (°C) *	Coefficiente de difusión (cm <sup>2</sup> /s)	Límite inferior de detonación (% vol) *
<b>Hidrógeno</b>	0,0838	4 - 75%	536 - 585	0,021 a 29%	2045 - 2403	0,61	13%
<b>Metano</b>	0,656	5,3 - 15%	537	0,21 a 8,5%	1914	0,16	6,30%
<b>Butano</b>	2,52	1,6 - 8,4%	405	0,25 a 4,7%	-	-	-
<b>Propano</b>	1,83	2,1 - 9,5%	480	0,25 a 5,2%	1925	-	-
<b>Gasolina</b>	4,78	1,0 - 7,6%	247	0,29 a 2%	2307	0,05	1,10%
<b>Diésel</b>	-	0,6 - 7,5%	210	-	2327	-	-

Obtenido de: <https://apilados.com/blog/es-el-hidrogeno-peligroso/>

#### 2.2.4 Motor de arranque

Es el encargado de vencer la resistencia inicial de los componentes cinemáticos del motor al arrancar. Realiza los primeros giros de cigüeñal, donde los pistones comienzan a moverse para iniciar el proceso de admisión, compresión, explosión y escape, se encarga de transformar la energía eléctrica que llega desde la batería del coche en energía cinética. Así, con un solo giro de llave, el propulsor de combustión interna puede funcionar por sí solo hasta que sea apagado. (Blázquez, 2024)

#### COMPOSICIÓN DEL MOTOR DE ARRANQUE



**Ilustración 1** Motor de arranque

**Obtenido de:** <https://www.roderecambios.es/blog/mecanica/sistema-de-arranque/motor-de-arranque/funciones-tipos-partes-caracteristicas/>

### **2.2.5 Bujía de moto**

Es el componente encargado de producir la chispa necesaria para hacer funcionar nuestras máquinas, Sus principales funciones son:

- Encender la mezcla de Aire/Combustible.
- Ayudar a evacuar el calor de la cámara de combustión.
- Grado térmico.
- Materiales usados para su fabricación.
- Desglose de una bujía.
- Diferentes medidas.
- Bujía para motor 2T, motor 4T y competición.



**Ilustración 2** Bujía NGK modelo CR8E

**Obtenido de:** [https://suzuki-center.mercadoshops.com.ar/MLA-762401979-bujia-ngk-cr8e-suzuki-gn-125-en-suzukicenter-\\_JM](https://suzuki-center.mercadoshops.com.ar/MLA-762401979-bujia-ngk-cr8e-suzuki-gn-125-en-suzukicenter-_JM)

### **2.2.6 Botón de encendido de motor**

El botón de encendido es un componente eléctrico ubicado en el panel de instrumentos de un vehículo, que facilita la transferencia de energía de la batería para activar

el botón de encendido. Este botón es fundamental para arrancar y detener el vehículo, ayudando a evitar el agotamiento de la batería y optimizando su rendimiento durante el funcionamiento.

### **2.2.7 CDI o (Capacitor de descarga de ignición) para el encendido de una moto**

Este componente electrónico esencial regula el proceso de encendido del motor. Su función principal es capturar energía eléctrica del sistema de carga de la motocicleta y descargarla en forma de chispa en el momento exacto de la bujía. Esta chispa enciende la mezcla de aire y combustible dentro de la cámara de combustión, impulsando el pistón y, en última instancia, generando potencia del motor. (TTKIN, 2023)



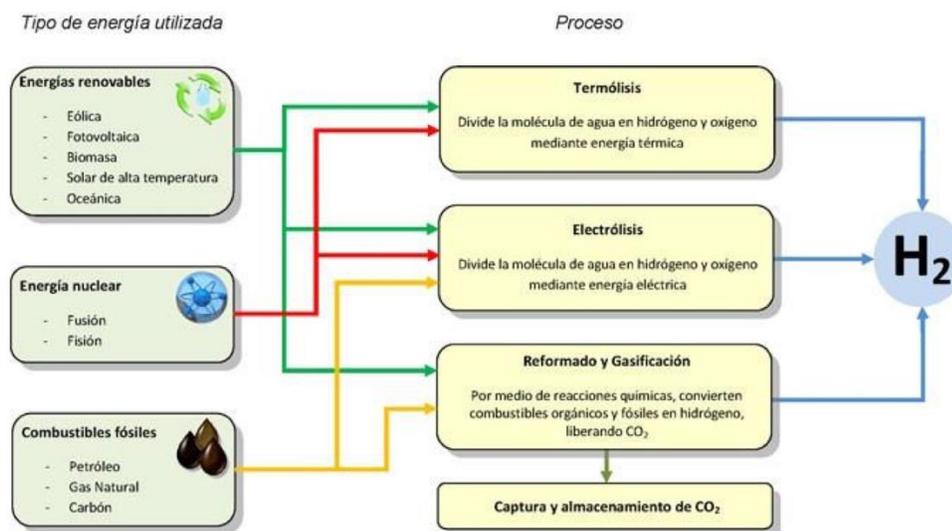
**Ilustración 3** Capacitor de descarga por ignición  
**Obtenido de:** <https://mundimotos.com/products/cdi-gn125h-gs125-original>

### **2.2.8 Hidrógeno**

Es el elemento químico más ligero que existe, su átomo está formado por un protón y un electrón que es estable en forma de molécula diatómica denominada H<sub>2</sub> y se encuentra en estado gaseoso, insípido, incoloro e inodoro. Es considerado el combustible más importante

para el futuro, teniendo una gran capacidad para reducir la contaminación ambiental; tomando un gran interés en todo el mundo para minimizar el efecto invernadero y otros gases contaminantes del medio ambiente. Para que los vehículos reduzcan drásticamente los combustibles fósiles y las emisiones contaminantes (Kotay, 2021).

Un kilogramo de hidrógeno puede liberar más energía que un kilogramo de cualquier otro combustible casi tres veces más que la gasolina y a la vez que el gas natural, y para liberar esta energía no se libera dióxido de carbono, solo vapor de agua, por lo que el impacto ambiental es nulo. (Defencarga, 2022)



**Ilustración 4** Proceso de producción de hidrógeno  
**Obtenido de:** [https://www.defencarga.org.co/sites/default/files/documentos/Defencarga\\_Movilidad\\_Base\\_Hidrogeno.pdf](https://www.defencarga.org.co/sites/default/files/documentos/Defencarga_Movilidad_Base_Hidrogeno.pdf)

### 2.2.8.1 Características del hidrógeno

El hidrógeno es un elemento abundante en el planeta y posee una serie de propiedades que lo convierten en un potencial candidato para su uso como combustible. Estas propiedades se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Reservas ilimitadas:** El hidrógeno es el elemento más abundante en el universo, y aunque en la Tierra no se encuentra libre en grandes cantidades, puede obtenerse de diversas fuentes, como el agua y los hidrocarburos.
- **Combustión completa:** Cuando el hidrógeno se quema, lo hace de manera completa, produciendo únicamente vapor de agua como subproducto, lo que lo convierte en una opción limpia y eficiente.
- **Bajos niveles de contaminantes atmosféricos:** La combustión del hidrógeno no produce emisiones de dióxido de carbono ni otros contaminantes comunes, lo que contribuye significativamente a la reducción de la contaminación atmosférica.
- **Amplia gama de inflamabilidad:** El hidrógeno es altamente inflamable, lo que facilita su uso en una variedad de condiciones y aplicaciones energéticas.
- **Alta temperatura de autoignición:** El hidrógeno tiene una temperatura de autoignición relativamente alta, lo que lo hace más seguro en comparación con otros combustibles, al reducir el riesgo de ignición accidental.
- **Baja densidad:** Aunque presenta desafíos en términos de almacenamiento y transporte, la baja densidad del hidrógeno es una característica clave que se debe considerar en su manejo.
- **Alta velocidad de llama:** La rápida velocidad de propagación de la llama en el hidrógeno es beneficiosa para la eficiencia en los procesos de combustión, lo que mejora el rendimiento energético en diversas aplicaciones.

Estas propiedades hacen del hidrógeno un recurso energético prometedor para el futuro, especialmente en la búsqueda de alternativas más limpias y sostenibles frente a los combustibles fósiles tradicionales.

### 2.2.8.2 Propiedad térmica del hidrógeno

El valor más importante es el poder calorífico que posee el hidrógeno, esto se debe a que a mayor poder calorífico se genera una mayor fuerza en la cámara de combustión, obteniendo un mayor torque y potencia. El hidrógeno al ser parte de un proceso de combustión con el oxígeno genera como resultado calor y agua. Las propiedades térmicas, físicas y químicas se determinan en base a los parámetros que son parte del contenido. (Eguez, 2021).

**Tabla 2** Propiedades térmicas del hidrógeno

Temperatura en grados Kelvin	Densidad	Calor específico	Poder calorífico	Numero de Prandtl	Conductividad térmica
°K	$\rho(Kg/m^3)$	KJ/Kg °C	KJ/g	Pr	W/m °C
30	0,84722	10,84	141,9	0,759	0,0228

Obtenido de:

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4251/1/Eguez%20Basantes%2c%20Xavier%20Alejandr%20o.pdf>

La tabla anterior muestra las propiedades térmicas del hidrógeno tales como temperatura, densidad, calor específico, poder calorífico, número de plantas y conductividad térmica con sus respectivas unidades.

### 2.2.8.3 Propiedades físicas

El hidrógeno tiene la propiedad única de tener un punto de fusión bajo, llegando a -259°C. En el espacio existen en fase líquida, sólida y gaseosa. Sin embargo, en este caso, el combustible de hidrógeno está en forma de gas.

El hidrógeno es 57 veces más ligero que el vapor de gasolina y 14 veces más ligero que el aire. Esto significa que, si se libera al ambiente abierto por lo general se multiplica y se propaga rápidamente. Esta es una ventaja de seguridad al aire libre.

**Tabla 3** Propiedades físicas del hidrógeno

Propiedades	Valores
Incolora. Gas normalmente; solido, cúbicos.	
Punto de fusión	-259,1 °C
Punto de ebullición	-252,7 °C
Temperatura crítica	-239.8 °C
Densidad del liquido	0.0709 g/cm <sup>3</sup>
Densidad del gas	0,0899 kg/cm <sup>3</sup>
Solubilidad en el agua	0°C: 2.1cm <sup>3</sup> 80 °C: 0.85 cm <sup>3</sup>
Peso	14 veces menos que el aire
Temperatura de ignición	588 °C

**Obtenido de:** <https://rac.es/ficheros/doc/00447.pdf>

La tabla muestra las propiedades físicas del hidrógeno utilizando las unidades de medida apropiadas. En este caso, se debe tener en cuenta que cada unidad depende de las características del elemento analizado y su principal ventaja es que su combustión produce solo agua, lo que significa que no emite gases de efecto invernadero.

#### 2.2.8.4 Propiedades químicas del hidrógeno y seguridad de su empleo

La densidad del hidrógeno, definida como la masa por unidad de volumen de un fluido, es notablemente baja, lo que refleja su naturaleza como uno de los elementos más ligeros. En su estado gaseoso, el hidrógeno tiene una densidad de tan solo 0,0899 kg/m<sup>3</sup>. Esta característica lo distingue significativamente de otros gases y plantea tanto desafíos como oportunidades en su almacenamiento y transporte, especialmente cuando se considera su uso como combustible en diversas aplicaciones industriales y energéticas.

El hidrógeno, debido a sus propiedades naturales, es un elemento químico estable y no explosivo bajo condiciones normales. Sin embargo, para que el hidrógeno se queme, es necesario cumplir con ciertas condiciones específicas. Primero, el hidrógeno debe mezclarse

con un comburente, como el oxígeno. Esta mezcla debe estar dentro de los límites de inflamabilidad, lo que asegura que la mezcla tenga la concentración adecuada para que la combustión sea posible. Una vez que se cumple esta condición, es necesario un segundo paso: la introducción de una fuente de ignición o chispa para iniciar la combustión del hidrógeno. Esta secuencia de pasos refleja la estabilidad inherente del hidrógeno en su estado natural y las condiciones necesarias para su uso controlado como combustible. (Gutiérrez, 2005).

**Tabla 4** Propiedades químicas del hidrógeno y seguridad de su empleo

<b>Coefficiente de difusión en el aire (t y p normales), cm<sup>2</sup>/seg.</b>	<b>0,61</b>
<b>Límites de inflamabilidad en el aire, % volumen</b>	4,0 - 75,0
<b>Límites de detonación en el aire, % volumen</b>	18,3 - 59,0
<b>Límites inflamabilidad en oxígeno, % volumen</b>	4,5 - 94,0
<b>Límites de detonación en oxígeno, % volumen</b>	15,0 - 90,0
<b>Temperatura de ignición en el aire, °C</b>	585
<b>Temperatura de ignición en oxígeno, °C</b>	560
<b>Temperatura de la llama en el aire, °C</b>	2045
<b>Calor de combustión kJ/mol</b>	285,8

Obtenido de: <https://rac.es/ficheros/doc/00447.pdf>

La tabla muestra las propiedades de inflamabilidad del hidrógeno dependen de la temperatura, la presión, la fuente de ignición, el diseño y la configuración del equipo o el tamaño del equipo.

#### **2.2.8.5 Como se realiza un generador de hidrógeno**

- Primera fase: Cortes y ensamblado.
- Segunda fase: Armado del tablero eléctrico del generador de hidrógeno.
- Tercera fase: Instalación eléctrica del generador de celdas una vez construido se expone el funcionamiento del generador de hidrógeno, en donde la generación del hidrógeno es evidente a una presión de 1 bar aproximadamente.

#### **2.2.8.6 Construcción del generador de hidrógeno**

Los generadores de hidrógeno por electrólisis, para ser instalados junto a los motores de combustión interna, de acuerdo con su capacidad, utilizan la energía eléctrica y el agua desionizada H<sub>2</sub>O dosificada con hidróxido de sodio (KOH), en el laboratorio para producir hidrógeno, la presión es de hasta 1 psi, de forma continua y segura.

Frente al hidrógeno embotellado, el uso de este prototipo de generadores de hidrógeno, son más seguros, más económicos, más fáciles, cómodos y requiere menos espacio. (ARENAS, 2016)

#### **2.2.8.7 Manejo del hidrógeno como combustibles auxiliares para la reducción de los gases contaminantes.**

El hidrógeno es un combustible auxiliar en este caso es usado para la reducción de gases contaminantes, ya que en su combustión solo genera vapor de agua al ser inyectado directamente en el la cámara de combustión, disminuyendo así las emisiones de dióxido de carbono en el medio ambiente, tomando en cuenta que también alta densidad energética por unidad de masa.

La producción de hidrógeno es dada por varios métodos, como:

- Generado por electrólisis del agua.
- Reformación de gas natural
- Gasificación de biomasa que convierte materiales orgánicos en hidrógeno.

#### **2.2.8.8 Utilización de hidrógeno en motor Suzuki tipo Gs 125**

El hidrógeno puede ser usado como un combustible auxiliar en diferentes tipos de motores, y sistemas como pueden ser:

En motores de combustión interna en donde solo se anula el sistema de gasolina, y se usa el almacenamiento generador de hidrógeno mediante la batería y así proceder con el funcionamiento del motor.

Celdas de combustibles de hidrógeno transformando en electricidad para alimentar motores eléctricos, emitiendo solo vapor de agua, mezcla de hidrógeno con gasolina esto hace que mejore la eficiencia del motor y disminuya el consumo, obteniendo también menor emisión de gases contaminantes al medio ambiente.

#### **2.2.8.9 Desafíos del uso de hidrógeno**

Existen múltiples desafíos debido, a que al pasar los años se realizan investigaciones nuevas en la creación de la infraestructura de creación y almacenamiento, en donde no se logra culminar de una manera exacta esta investigación con resultados certeros para su distribución, su inflamabilidad es uno de sus factores más importantes, para así tener en cuenta lugares seguros y abiertos.

La producción de hidrógeno es muy costosa, especialmente en métodos específicos como la electrólisis con energía renovable.

La tecnología es importante para realizar estudios en donde se puedan crear celdas de combustibles que mejoren la eficiencia.

#### **2.2.8.10 Investigaciones realizadas acerca del manejo de hidrógeno.**

Algunos proyectos demostrativos se están llevando a cabo en todo el mundo para probar la viabilidad del hidrógeno en diferentes aplicaciones, incluyendo transporte y generación de energía. Investigaciones en materiales avanzados para almacenamiento de hidrógeno, catalizadores para celdas de combustible y métodos de producción más eficientes y económicos. También gobiernos y organizaciones internacionales están estableciendo

políticas y ofreciendo subsidios para fomentar la investigación y el desarrollo en el sector del hidrógeno. (Naucher, 2021)

Se han investigado tecnologías de producción, almacenamiento de hidrógeno. Hoy por hoy, se estima que la producción mundial de hidrógeno está en torno de 60 millones de toneladas por año. Apenas es una pequeña parte y se emplea para la producción de energía, especialmente en aplicaciones espaciales. Generalmente, la mitad se usa para la producción de fertilizantes basados en amoníaco. También se emplea hidrógeno en la generación de alcohol metílico y el peróxido de hidrógeno. Adicionalmente, se utiliza para hidrogenar aceites orgánicos comestibles derivados de vegetales, tales como soja, cacahuets, cereales y pescado, además de refrigerar motores y generadores. (María Brijaldo, 2021)

### **2.2.9 *Hidróxido de Sodio***

Es un producto corrosivo y peligroso el cual se representa en estado sólido o líquido, con aspecto blanco e inoloro similar al agua dependiendo del estado en el cual se presente. (Quiroz, 2017)

En la industria se disuelve al 50% por su manejo, absorbe humedad y dióxido de carbono del aire ya que es corrosivo de metales y tejidos, se emplea por electrólisis de cloruro de sodio y al tratar con vapor de agua a bajas temperaturas. (Agencia de Sustancias Tóxicas y el registro de enfermedades, 2016).

### **2.3.1 *Reductor de flama de 2 funciones***

Los Reductor flama son dispositivos mecánicos pasivos instalados en la boquilla de un tanque de almacenamiento o en un sistema de tuberías de vapor inflamable. (Fluosa, 2009)

Son dispositivos de alta seguridad, contando con un filtro sinterizado de gran capacidad que permite suministrar grandes flujos a la salida de un panel de regulación o de un punto de uso de gran capacidad. (Ece, 2014)

Diseñadas para evitar retrocesos de llama en un sistema de oxicorte, incorporan las propiedades de seguridad que impide el retroceso de la llama junto con una válvula antirretorno que impide el flujo inverso de los gases. (Fadrell, 2017)



**Ilustración 5** Arresta llama  
**Obtenido de:** Fuente propia.

### **2.3.2 Electrodo 6011 para soldadura**

Posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo. La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobre cabeza.

El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición, Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero dulce, especialmente en trabajos donde se requiera alta penetración (ARAD, 2014).

### 2.3.3 *Acero inoxidable 304*

Los aceros inoxidables 304 austeníticos no son magnéticos, es decir no se ven atraídos por un imán, y no pueden ser endurecidos por tratamiento térmico. Son muy dúctiles y presentan excelente soldabilidad, que combinan una buena resistencia a la corrosión y buenas propiedades mecánicas. El tipo 304 L es una modificación de bajo carbón del tipo 304. La ventaja en el tipo 304 L es que se minimiza el problema de la precipitación de carburos durante el proceso de soldadura. (Indox, 2021)

- **Temperatura máxima de Servicio:** Es de 880 °C si es en servicio continuo y 840 °C en servicio intermitente. (Irsac, 2019)
- **Forjado en frío:** Los aceros pueden ser fácilmente estirados, doblados o estampados. (Irsac, 2019)
- **Forjado en caliente:** Forjar entre 1150 °C – 1250 °C. No forjar abajo de 930 °C. Las forjas deben ser recocidas para recuperar toda su resistencia a la corrosión. (Irsac, 2019)
- **Tratamientos térmicos:** El recocido se debe calentar entre 1010 °C – 1120 °C y enfriar en agua. Se obtiene aproximadamente una dureza 150 Brinell. (Irsac, 2019)
- **Templado:** No puede ser endurecido por tratamiento térmico, sólo por deformación en frío. (Irsac, 2019)

### 2.3.4 *Batería de 12 voltios.*

Una batería de 12 voltios consta de seis celdas conectadas en serie. Para obtener voltajes más altos, se conectan en serie dos baterías de 12 voltios, produciendo 24 voltios. Es importante destacar que baterías del mismo voltaje pueden generar diferentes cantidades de corriente, lo cual depende del número y tamaño de sus placas. A mayor cantidad de placas,

mayor será la reacción química entre el electrolito y las placas, lo que resultará en una mayor producción de corriente. Si dos baterías de 12 voltios tienen un número diferente de placas, la que tenga más placas podrá suministrar un mayor flujo de corriente y tendrá mayor capacidad (Succ, 2011).

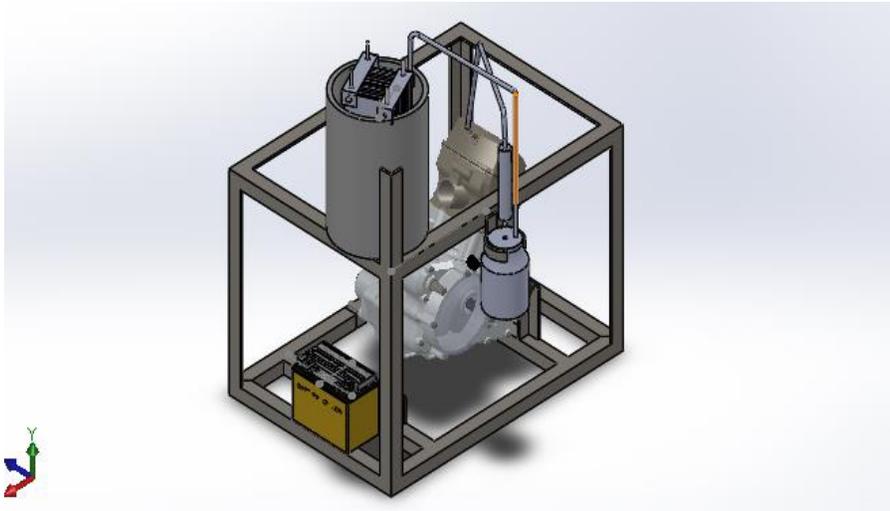


**Ilustración 6** Batería DACAR de 12V a 40AH.

**Obtenido de:** [http://bateriasdacar.com/?s=dacar+de+4oAH+a+350+A&post\\_type=product&dgwt\\_wcas=1](http://bateriasdacar.com/?s=dacar+de+4oAH+a+350+A&post_type=product&dgwt_wcas=1)

## CAPITULO III: DISEÑO DEL PROYECTO

En el desarrollo de un sistema de combustión interna con hidrógeno, se diseñó y construyó un generador para realizar la electrólisis, proceso clave en la producción de hidrógeno. Se utilizó un motor Suzuki GS 125, montado en una estructura metálica diseñada para su correcto funcionamiento, conservando todos los componentes mecánicos y eléctricos originales sin modificaciones. Este montaje, que simula pruebas de encendido, incluye un sistema de almacenamiento de agua, un generador de hidrógeno, tuberías adecuadas y una batería seleccionada para garantizar el funcionamiento. El hidrógeno generado se inyecta directamente en el sistema de combustión del motor, demostrando la viabilidad del proceso.



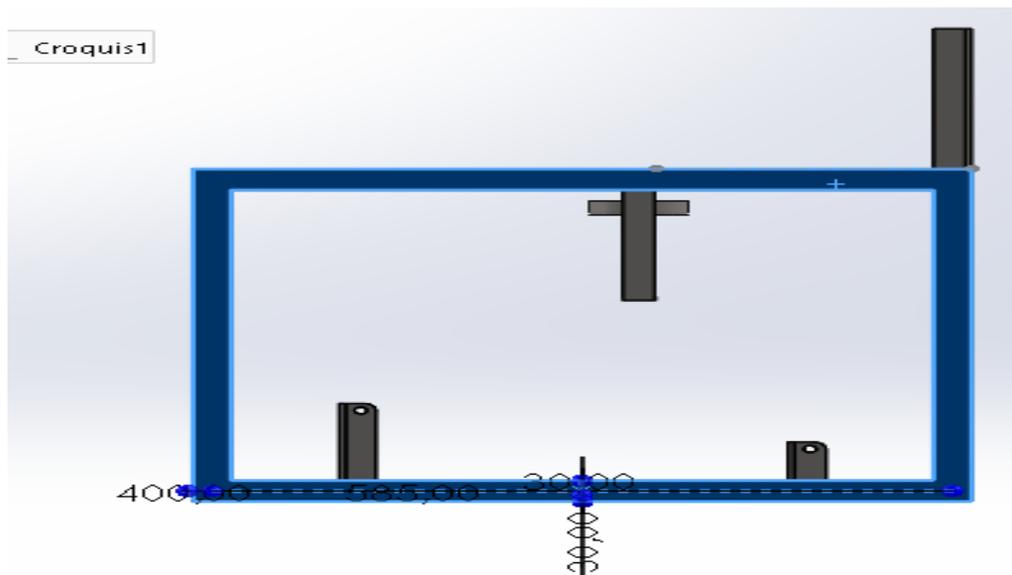
**Ilustración 7** Motor armado y generador de hidrógeno.  
**Obtenido de:** Fuente propia.

### 3.1. Medidas de fabricación de base de motor

La base construida para la ubicación del motor fue diseñada tomando en cuenta las características específicas del mismo, asegurando que cada parte se adaptara adecuadamente para facilitar su movilidad y la correcta colocación de los componentes.

El proyecto cuenta con una estructura definida por sus propiedades y medidas:

- **Dimensiones:** altura de la estructura: 44,5 cm, ancho: 58,5 cm, y profundidad: 40 cm.
- **Perfiles soldados:** cada perfil tiene una medida de 30 mm por lado.
- **Base de tubos cuadrados:** los tubos tienen medidas de 30 mm en cada uno de sus lados.
- **Base con tubos soldados para la ubicación del motor:** la separación entre los tubos es de 10 cm por cada lado.



**Ilustración 8** Base de motor.  
Obtenido de: Fuente propia.

### 3.2. Proceso de construcción del generador de hidrógeno por electrólisis

#### 3.1.1. Elaboración de placas de acero inoxidable 304

Se llevó a cabo un procedimiento de cortes para elaboración de placas de acero inoxidable, diseñadas con medidas específicas para el proceso de electrólisis utilizando el material propuesto.

#### **Detalles de elaboración de las placas de acero:**

- **Cantidad total:** Se elaboraron cortes de 33 placas de acero inoxidable aleación 304, todas con las mismas dimensiones.

- **Dimensiones de cada placa:**
  - **Ancho:** 10 cm
  - **Largo:** 24 cm
  - **Grosor:** 0,8 mm
- **Cortes específicos:**
  - **Placas neutras:** Tienen un corte cuadrado de 2x2 cm en dos de sus lados.
  - **Placas positivas/negativas:** Presentan un solo corte cuadrado de 2x2 cm en uno de sus lados.
- **Distribución funcional de las placas:**
  - **Placas positivas:** 8 unidades.
  - **Placas negativas:** 9 unidades.
  - **Placas neutras:** 16 unidades.



**Ilustración 9** Placas de acero inoxidable.  
**Obtenido:** Fuente propia.

### ***3.1.2. Cortes de varillas roscadas M6 de acero inoxidable 304, arandelas y tuercas para unión de placas.***

Los cortes de varillas de rosca M6 se emplean para unir las placas, utilizando los aislantes correspondientes. De este modo, se colocan las placas positivas, negativas y neutras, permitiendo la conexión efectiva con el sistema eléctrico y la batería.

El en proceso de corte se realizan dos procesos iguales. A continuación, se muestran las medidas:

- Dos cortes de varillas de 12 cm que son usadas para la unión de las placas
- Cuatro cortes de varillas de 6 cm que son usadas para hacer el contacto directo con la conexión eléctrica para el proceso de la electrólisis con la ubicación adecuada de todos los elementos.



**Ilustración 10** Varillas de acero inoxidable y tuercas.  
**Obtenido de:** Fuente propia.

### ***3.1.3. Cortes plásticos para el aislamiento entre placas.***

La selección y preparación de materiales desempeñan un papel fundamental en la eficiencia y durabilidad del generador de hidrógeno. Cada componente debe cumplir con especificaciones técnicas rigurosas para acreditar un proceso de electrólisis óptimo, asegurando así una producción de hidrógeno eficaz y sostenida.

Para el proceso de electrólisis, la correcta elección y disposición de las placas de acero inoxidable es esencial. Las placas deben estar cuidadosamente aisladas para impedir cortocircuitos y garantizar la correcta identificación y funcionamiento de las placas positivas, negativas y neutras. La calidad del acero inoxidable en este caso, acero inoxidable 304 es clave, debido que es resistente a la corrosión y su conductividad eléctrica afectan directamente la eficiencia del sistema.

El aislamiento adecuado entre las placas es crucial para evitar la pérdida de corrientes. Para este diseño, se manejaron trozos de plástico especialmente cortados con precisión para encajar en el sistema de sujeción. Estos aislantes, con dimensiones de 1x1 cm y un grosor de 3 mm, fueron adheridos a las placas para garantizar que no haya contacto directo entre ellas, podría comprometer el proceso de electrólisis.



**Ilustración 11** Placas con aislantes plásticos.

**Obtenido:** Fuente propia.

#### ***3.1.4. Proceso de ensamblaje de placas generadoras de hidrógeno***

El proceso de ensamble del generador de hidrógeno requiere estrictas medidas de bioseguridad y la preparación meticulosa de todos los componentes. Es esencial que cada elemento esté limpio y libre de imperfecciones para maximizar la eficiencia del sistema durante su operación.

Durante el ensamble, se procedió a ensamblar las placas de acero inoxidable siguiendo una secuencia específica. Se utilizaron un total de 33 placas, distribuidas en 9 negativas, 8 positivas y 16 neutras. Las placas neutras, que presentan dos perforaciones en uno de sus lados, se intercalaron con las placas positivas y negativas, que poseen dimensiones idénticas pero diferentes funciones, y cuentan con una única perforación para la conexión. Entre cada placa se colocaron aislantes para prevenir el contacto directo, asegurando un flujo de corriente controlado.

La configuración del ensamble se realizó en el siguiente orden: placa negativa, placa neutra, placa positiva, placa neutra, y así sucesivamente, finalizando con una placa negativa. Esta disposición es crítica para el proceso de electrólisis, donde las placas, conocidas como celdas de electrólisis, juegan un papel fundamental en la producción de hidrógeno.

Se optó por un mayor número de placas negativas que positivas para reducir el potencial en las placas positivas, lo que aumenta la eficiencia del sistema y minimiza la oxidación del acero inoxidable 304, un material que, aunque resistente, puede corroerse con el tiempo debido a las reacciones electroquímicas inherentes al proceso. Este enfoque también favorece la producción de hidrógeno al optimizar la función de los cátodos.

Las placas neutras, actuando como intermediarias, son esenciales para distribuir la corriente de manera uniforme a lo largo del sistema, lo que contribuye a un balance óptimo de cargas y a la mejora de la eficiencia energética global. Además, estas placas ayudan a reducir la resistencia interna del generador, permitiendo un rendimiento más eficiente.

En resumen, la configuración de las 33 placas entre 9 negativas, 8 positivas y 16 neutra. Fue cuidadosamente diseñada para lograr un equilibrio óptimo entre la producción de hidrógeno y la eficiencia energética, garantizando así un funcionamiento eficiente y prolongado del generador.



**Ilustración 12** Celda de electrólisis.  
**Obtenido de:** Fuente propia.

### ***3.1.5. Medidas del tanque de almacenamiento de agua con materiales PVC y su celda de electrólisis.***

La creación del almacenador de agua fue realizada mediante varias pruebas con algunos materiales para poner en funcionamiento el generador de hidrógeno y así poder poner en funcionamiento el motor tipo Suzuki Gs125.

El proceso de generación de hidrógeno fue realizado mediante ensayos propios donde se hicieron más de 6 pruebas, se tomó como referencia un tubo PVC con un diámetro externo de 19,9 cm, diámetro interno de 17,8 cm, con un grosor de 2,1 cm y una altura externa sin tapa de 29 cm, altura interna sin tapa es de 26,9 cm, con una altura total con tapa de 31,1 cm de altura, con una referencia de almacenamiento de agua de 5,75 litros, con agujeros en donde se ubicará la celda de electrólisis, teniendo en cuenta lado positivo y negativo.



**Ilustración 13** Cortes de para base de almacenamiento de agua  
**Obtenido de:** Fuente propia



**Ilustración 14** Generador de Hidrógeno.  
**Obtenido de:** Fuente propia.

## **3.2. Elaboración de Arresta llama**

Para la elaboración de un reductor de flama, se requiere de análisis a medida, por precaución al elaborarlo, mediante sus materiales y su resistencia presente a llamas. A continuación, se proporciona la creación del arresta llama:

### ***3.2.1. Materiales Necesarios***

- Tubo de una pulgada de diámetro y 14,5cm de largo de material PVC.
- Acoples de entrada y salida con un diámetro similar, pero su entrada y salida de ½ pulgada al expulsar el gas de hidrógeno.
- Fibra sintética o estropajo.
- Vidrio molido o fragmentado.
- Arena que no contenga ningún tipo de combustible en sus componentes

### ***3.2.2. Herramientas Necesarias***

- Sierra para cortar el tubo.
- Pegamentos para tubos PVC.
- Embudo (para llenar el tubo con los materiales).
- Guantes y gafas de seguridad.

### ***3.2.3. Relleno del Tubo***

- Se empieza colocando una capa de estropajo en el fondo del tubo aproximadamente 2 cm.
- Añadir una capa de vidrio con un aproximado 3 cm.
- Luego, coloca una capa de arena con aproximadamente 3 cm.
- Repetir el proceso otra capa de vidrio con aproximadamente 3 cm.
- Finalizar con otra capa de estropajo con aproximadamente 2 cm.

En el sellado toca asegurarse de que las capas estén bien compactadas y no haya espacios vacíos y los acoples estén fijos en su lugar.



**Ilustración 15** Arresta llamas casero.

Obtenido de: Fuente propia

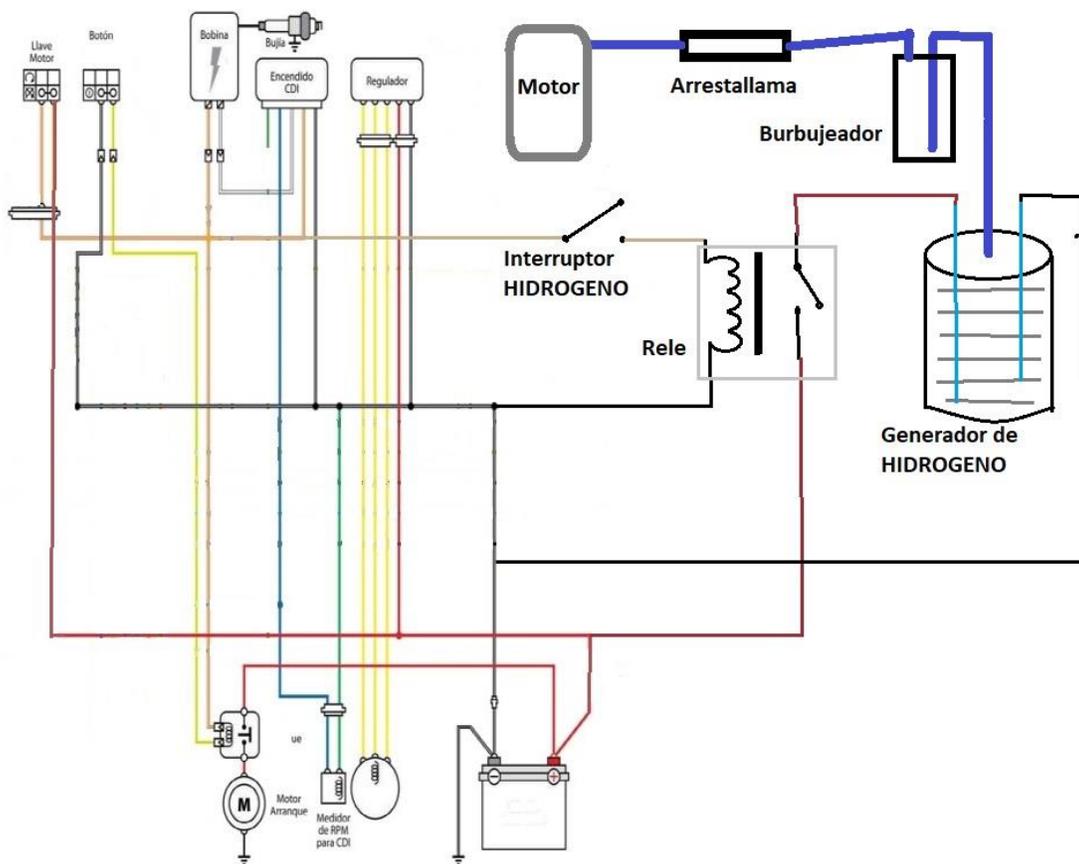
### **3.3. Plano demostrativo de conexiones eléctricas de la moto con el funcionamiento del generador de hidrógeno.**

Las conexiones eléctricas y ubicaciones de los cables, con respecto al motor son fundamentales en la ejecución del encendido, ya que no existe una modificación en los componentes originales del motor de la moto en su estado normal, se identifica en la imagen todo el sistema eléctrico acotando con la demostración de los componentes como parte de estructura generadora de hidrógeno creada y sus conexiones adaptadas con la fuente de poder o batería para la generación de hidrógeno.

Los componentes son los siguientes:

- Botón de encendido.
- Bobina de moto.

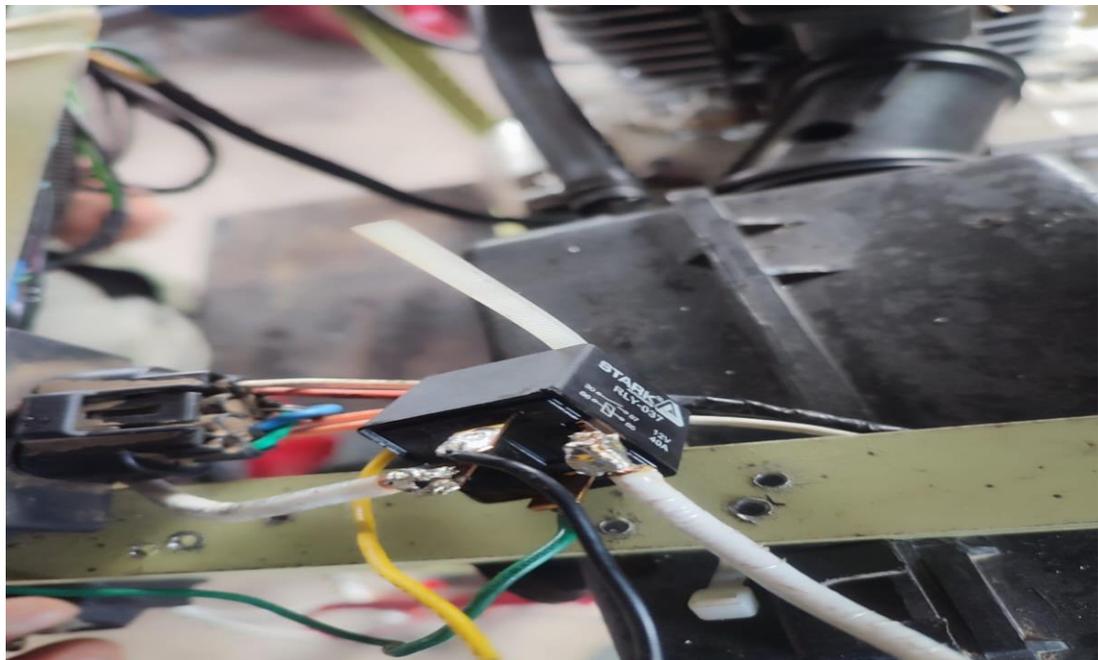
- Bujía de moto, modelo NGK.
- Encendido por el capacitor de descarga por ignición (CDI).
- Regulador de voltaje.
- Motor de Arranque.
- Medidor de RPM para CDI.
- Batería de 12 voltios a 40 AH.
- Interruptor para encendido de motor.
- Relé de 40 A.
- Conexiones positivas y negativas para generador de hidrógeno.



**Ilustración 16** Conexiones de sistema eléctrico referente a la moto y generación de hidrógeno.  
**Obtenido de:** Fuente propia.



**Ilustración 17** Batería de 12 V a 40 AH  
Obtenido de: Fuente propia



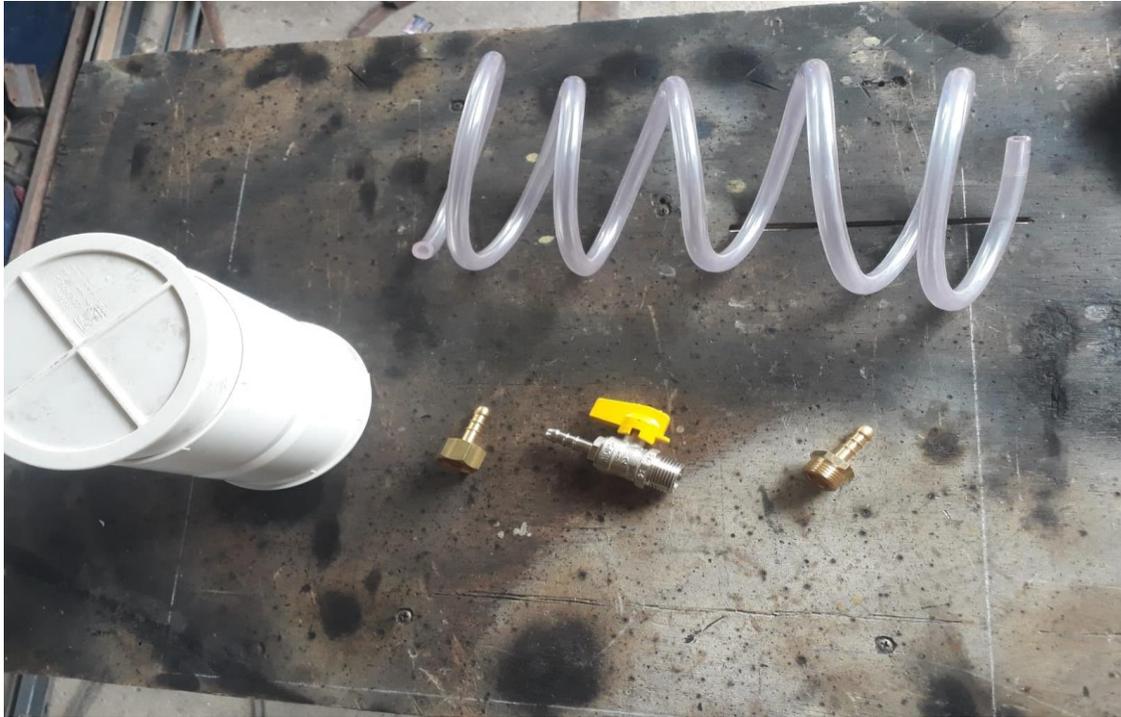
**Ilustración 18** Relé de 40 A.  
Obtenido de: Fuente propia

### **3.4. Pasos para funcionamiento del generador de hidrógeno y el motor.**

#### ***3.4.1. Instalación del generador de hidrógeno***

Se llevó a cabo la instalación del generador de hidrógeno, siguiendo los pasos necesarios para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad.

- **Montaje del generador:** El generador se montó en la parte superior de la estructura de acero, y fue diseñada específicamente para la función óptima del motor. Esta estructura se colocó en un área segura y bien ventilada para prevenir riesgos asociados con el hidrógeno.
- **Ubicación del agua:** Se añadió 5.75 litros de agua al sistema de almacenamiento. En la tapa de este almacenamiento se acoplaron las placas responsables de generar el proceso de electrólisis.
- **Conexión a la fuente de energía:** Utilizando él multímetro, se verificó la batería de 12 V a 40 AH, antes de realizar el proceso de electrólisis y tener una excelente producción de hidrógeno.



**Ilustración 19** Materiales usados para el funcionamiento del generador.  
**Obtenido de:** Fuente propia

### ***3.4.2. Generación de hidrógeno***

La electrólisis del agua se da mediante el generador creado junto con la cantidad de agua adecuada que es 5.75 L, junto con 6 gramos de hidróxido de sodio para mejorar el proceso y exista mayor producción de hidrógeno.

El volumen de hidrógeno generado es de 2 litros por minuto, mediante múltiples pruebas y experimentos, en almacenamiento de material PVC con capacidad de 2 litros, con producción de hidrógeno cronometrada.



**Ilustración 20** Hidróxido de sodio molido  
**Obtenido de:** Fuente propia



**Ilustración 21** Prueba de generación de hidrógeno directa con la batería.  
**Obtenido de:** Fuente propia.

### ***3.4.3. Sistema de inyección de hidrógeno***

- El hidrógeno producido es expulsado por el arresta llamas e inyectado al a la cámara de combustión directamente para su explosión.
- Controlar el flujo de hidrógeno producido mediante el arresta llamas.

### ***3.4.4. Adaptación del motor***

Se realiza la configuración del motor para asegurar la correcta calibración del carburador y poder realizar el proceso de encendido, concretamente regular la aceleración del motor y que se encuentre en la regulación más baja, hasta tener óptimas condiciones para realizar la prueba de funcionamiento del motor con inyección pura de hidrógeno y simular su funcionamiento como si estuviera funcionando con gasolina.

### ***3.4.5. Sistema de seguridad***

Se deben realizar algunas inspecciones para garantizar el correcto funcionamiento del motor, así:

- Realizar una revisión completa del motor para garantizar que sus componentes se encuentren en óptimas condiciones.
- Verificar el cableado eléctrico para evitar la generación de chispas y asegurarse de que todas las tuberías conectadas a los depósitos de almacenamiento estén adecuadamente presurizadas.

### ***3.4.6. Operación del Sistema***

- Inicio del generador de hidrógeno: se activa el generador de hidrógeno y comienza a generar.

- Inyección de hidrógeno en el motor: se controla el flujo de hidrógeno por medio del arresta llama que con su tubería se ubica directamente hacia el motor utilizando el sistema de inyección.
- Encendido del motor: se monitorea su funcionamiento para asegurarte de que esté funcionando de manera eficiente y segura con hidrógeno.

#### ***3.4.7. Valoración de producción de hidrógeno y manejo.***

Es fundamental implementar rigurosas medidas de seguridad al operar un generador de hidrógeno, dado que este gas es altamente inflamable y puede ser peligroso si no se maneja adecuadamente. Por esta razón, se deben observar varias consideraciones para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema. Primero, es indispensable que todo el personal utilice equipos de protección personal adecuados, que incluyan gafas de seguridad para proteger los ojos de posibles salpicaduras de líquidos corrosivos o fragmentos volátiles generados durante el proceso. Además, los guantes de protección, preferentemente de un material resistente a químicos como el nitrilo, son esenciales para evitar el contacto directo con sustancias peligrosas, reduciendo el riesgo de quemaduras y lesiones cutáneas.

Asimismo, el uso de botas industriales con punteras de acero es crucial no solo para proteger contra impactos mecánicos, sino también para proporcionar aislamiento frente a posibles descargas eléctricas.

En cuanto al entorno de trabajo, las pruebas y operaciones deben realizarse en áreas bien ventiladas y, preferiblemente, al aire libre. Esto es vital para evitar la acumulación de hidrógeno, al ser extremadamente ligero y altamente inflamable, podría causar explosiones si se concentra en un espacio cerrado. Además, es crucial eliminar cualquier fuente de ignición, como dispositivos eléctricos o herramientas que puedan generar chispas, ya que el hidrógeno puede inflamarse con una chispa mínima. Por tanto, los sistemas eléctricos deben

estar adecuadamente aislados y se debe prevenir la generación de cargas estáticas mediante el uso de equipos antiestáticos.

Antes de cualquier operación, es imperativo realizar una inspección detallada de todos los componentes del sistema, incluyendo las conexiones eléctricas, válvulas y sellos, para identificar y corregir posibles fugas o fallos mecánicos. La capacitación del personal en el manejo seguro del hidrógeno y la ejecución de simulacros de emergencia son también esenciales para asegurar que el equipo esté preparado para responder eficazmente ante cualquier eventualidad. Estas medidas no solo cumplen con las normativas de seguridad industrial, sino que también se basan en una comprensión técnica profunda de los riesgos asociados con la manipulación de hidrógeno y los procesos electroquímicos implicados, garantizando así una operación segura y eficiente del generador.

### **3.5. Cálculo de volumen de cámara de combustión**

Las características vienen dadas del motor, con un diámetro de cilindro de 57 mm y con carrera del pistón de 48,8 mm, mediante el cálculo entre estas dos medidas se da el volumen de  $124 \text{ cm}^3$  que es el cilindraje característico del motor.

Para una motocicleta típica como la Suzuki GS125, la relación de compresión puede estar en torno a 9,0:1. Esto significa que:

**Volumen total** = Volumen de cámara de combustión (VC) x Relación de compresión  
(C)

$$124 \text{ cm}^3 = \text{VC} \times 9,0$$

$$\text{VC} = 124 \text{ cm}^3 / 9,0$$

$$\text{VC} = 13,78 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto, volumen de la cámara de combustión es de 13,78 centímetros cúbicos.

### 3.6. Cálculo de masa de hidrógeno y energía contenida por minuto.

Para realizar los cálculos de masa de hidrógeno, se procedió con varias pruebas en el proyectó, en donde se mostró la cantidad del volumen de hidrógeno que genera por medio del proceso de electrólisis. A continuación, se muestran los siguientes datos:

- **Volumen de hidrógeno generado:** 2 litros por minuto (l/min).
- **Densidad del hidrógeno a condiciones estándar:** 0,0899 gramos por litro (g/l).
- **Poder calorífico del hidrógeno:** 120 MJ/kg (mega julios por kilogramo).

#### 3.6.1. Cálculo de masa de hidrógeno producido por minuto

**Masa de hidrógeno por minuto** = Volumen generado × Densidad del hidrógeno

$$\text{Masa de hidrógeno producida por minuto} = 2 \text{ L/min} \times \frac{0,0899\text{g}}{1} = 0,1798\text{g/min}$$

#### 3.6.2. Cálculo de energía contenida en el hidrógeno por minuto

**Energía contenida en el hidrógeno** = Masa de hidrógeno por minuto x Poder calorífico

$$\text{Energía contenida en el hidrógeno} = \frac{0.1798\text{g}}{\text{min}} \times \frac{120 \text{ Mj}}{100 \text{ g}} = 0,021576\text{MJ/min}$$

#### 3.6.3. Cálculos comparativos de la energía producida por el motor original.

Mediante análisis obtenidos del motor e investigaciones referentes propias del creador, se analizó que en su función original con gasolina el consumo será de 0,2 litros de gasolina por minuto con una densidad energética de 34,2 MJ/L.

$$\text{Energía de gasolina por minuto} = 0,2 \text{ L/min} \times 34,2 \text{ MJ/L} = 6,84 \text{ MJ/min.}$$

#### Detalle de cálculo

Mediante el cálculo busca determinar la cantidad de energía que produce el motor en su estado original cuando funciona con gasolina, comparando luego estos resultados con la energía generada al operar con hidrógeno.

### **Análisis del consumo de combustible**

Se determinó que el motor consume 0,2 litros de gasolina por minuto cuando opera en su configuración original. Este dato es clave, ya que permitirá calcular la energía producida por el motor en un minuto de funcionamiento.

### **Densidad energética de la gasolina**

La gasolina tiene una densidad energética de 34,2 mega julios por litro (MJ/L). Esto significa que cada litro de gasolina contiene 34,2 MJ de energía, la cual es liberada cuando se quema.

El resultado es 6,84 MJ/min, representa la cantidad de energía que el motor original produce cada minuto cuando consume 0,2 litros de gasolina. El valor de 6,84 mega julios por minuto es crucial para comparar con la energía producida cuando el motor funciona con hidrógeno u otros combustibles alternativos.

### 3.7. Recursos materiales y económicos.

**Tabla 5** Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto.

<b>Nro.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
<b>Administrativos</b>				
1	Resmas de papeles A4	2	\$4	\$8
2	Anillados	2	\$5	\$10
3	Empastados	2	\$5	\$10
4	Impresiones	2	\$25	\$50
<b>Materiales</b>				
5	Motor de Suzuki Gs125	1	\$650	\$650
6	Arandelas de nylon	2	\$29	\$58
7	Placa de acero inoxidable 304	2	\$80	\$160
8	Filtro de agua con sedimento	2	\$30	\$60
9	Varilla roscada de acero inoxidable 304	2	\$28	\$56
10	Batería 12/16 v	1	\$50	\$50
11	Barra cuadrada de Hierro 30x30mm de 6 metro	1	\$9	\$9
12	Barra tipo perfil tipo triangulo 30x30mm de 6 metro	1	\$7	\$7
13	Hidróxido de sodio 1Kg	1	\$80	\$80
14	Electrodos 6011 para soldadura de estructura	10	\$2	\$20
<b>Otros</b>				
15	Mano de obra	1	\$200	\$200
16	Implementos de trabajos	Varios	\$120	\$120
<b>Total</b>				<b>\$1558</b>

**Obtenido de:** Fuente propia

## CONCLUSIONES

- La modificación del motor Suzuki GS 125 para funcionar con hidrógeno como combustible ha demostrado ser técnicamente viable. Se han logrado ajustes adecuados en el sistema de admisión y escape, así como en la configuración del sistema de encendido, para permitir una combustión eficiente del hidrógeno.
- A pesar de las adaptaciones necesarias, la eficiencia energética del motor modificado presenta un rendimiento comparable al de un motor de gasolina convencional. Sin embargo, se observaron mejoras en las emisiones, con una significativa reducción de gases contaminantes, lo que refuerza la ventaja ambiental del uso de hidrógeno.
- La implementación de un sistema de electrólisis para la producción de hidrógeno a partir de agua ha demostrado ser eficaz en la generación del combustible necesario para el motor. No obstante, la eficiencia del sistema de electrólisis está sujeta a mejoras, principalmente en términos de consumo energético.
- El uso de hidrógeno como combustible en el motor modificado presenta un avance significativo hacia un transporte más sostenible. La reducción casi total de emisiones de carbono y la producción de vapor de agua como subproducto destacan las ventajas ambientales del proyecto. A pesar de los logros alcanzados, el proyecto enfrenta desafíos importantes, como la necesidad de infraestructura para la producción y almacenamiento de hidrógeno, así como la durabilidad y fiabilidad del motor modificado a largo plazo.
- La experiencia adquirida en este proyecto abre la puerta a futuras investigaciones y desarrollos en la adaptación de motores convencionales a combustibles alternativos. Se recomienda continuar con estudios sobre la optimización del sistema de

producción de hidrógeno y el perfeccionamiento de los componentes del motor para mejorar aún más la eficiencia y la seguridad.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda explorar diferentes métodos de electrólisis para mejorar la eficiencia en la producción de hidrógeno. El uso de catalizadores o la implementación de celdas electrolíticas avanzadas puede reducir el consumo energético y aumentar la producción de hidrógeno.
- Se sugiere investigar y desarrollar sistemas de inyección específicos para hidrógeno que puedan integrarse más eficazmente en motores de baja cilindrada, como el Suzuki GS 125.
- Se recomienda realizar un análisis de los materiales y componentes del motor para evaluar su resistencia a la combustión de hidrógeno, especialmente en lo referente a la temperatura y presión de operación.
- Se aconseja realizar un análisis detallado del impacto ambiental y económico de utilizar hidrógeno como combustible en motocicletas, considerando tanto la producción de hidrógeno como su uso.
- Realizar pruebas de larga duración para evaluar la durabilidad del motor modificado y asegurar que las modificaciones no comprometan la seguridad del usuario.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Sustancias Tóxicas y el registro de enfermedades. (6 de mayo de 2016). *ToxFAQs™ - Hidróxido de sodio (Sodium Hydroxide)*. Obtenido de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts178.html#:~:text=El%20hidr%C3%B3xido%20de%20sodio%20se,%C3%B3xidos%2C%20galvanoplastia%20y%20extracci%C3%B3n%20electrol%C3%ADtica](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts178.html#:~:text=El%20hidr%C3%B3xido%20de%20sodio%20se,%C3%B3xidos%2C%20galvanoplastia%20y%20extracci%C3%B3n%20electrol%C3%ADtica).
- Apilados. (2018). *Apilados*. Obtenido de <https://apilados.com/blog/es-el-hidrogeno-peligroso/>
- ARAD. (9 de 9 de 2014). *multiscreensite*. Obtenido de <https://irp-cdn.multiscreensite.com/386ca410/MOBILE/pdf/892229-hoja-tecnica-electrodos-revestidos.pdf>
- ARENAS, C. J. (10 de 11 de 2016). *bitstream*. Obtenido de [https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/2986/Tesis\\_Construcci%C3%B3n\\_Generador\\_Hidrogeno.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/2986/Tesis_Construcci%C3%B3n_Generador_Hidrogeno.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Blázquez, L. (16 de 02 de 2024). *Coches.com*. Obtenido de <https://noticias.coches.com/consejos/motor-de-arranque-que-es-y-como-funciona/332703>
- Carraro, A. (10 de 03 de 2022). *Comercial Menendez*. Obtenido de <https://tutorica.com/material-complementario/el-motor-de-cuatro-tiempos/>
- Defencarga. (Septiembre de 2022). *Defencarga*. Obtenido de [https://www.defencarga.org.co/sites/default/files/documentos/Defencarga-Movilidad\\_Base\\_Hidrogeno.pdf](https://www.defencarga.org.co/sites/default/files/documentos/Defencarga-Movilidad_Base_Hidrogeno.pdf)
- Ece. (11 de 06 de 2014). *Ziroba.com*. Obtenido de <https://www.ziroba.com/productos/Arrestaflamas%20FR91N%20Y%20SG5.pdf>

- Eguez, A. (2021). *Uisek.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4251/1/Eguez%20Basantes%20c%20Xavier%20Alejandro.pdf>
- Fadrell. (2017). *equisold*. Obtenido de <https://www.equisold.es/producto/valvula-arrestallama-de-2-funciones/>
- Fanelli, D. (2018). *Patiodeautos.com*. Obtenido de <https://patiodeautos.com/general/la-historia-del-motor-de-combustion-interna/>
- Flouza. (2009). *Flouza*. Obtenido de <https://flouza.com.ar/products/arrestallamas-de-fin-de-linea-y-a-prueba-de-detonacion/>
- Gonzalez, R. (2024). *COMOTOS.CO*. Obtenido de <https://comotos.co/suzuki-gs-125/>
- Gutiérrez, L. (2005). *El hidrógeno, combustible del futuro*. Obtenido de Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. C/ Valverde, 22. 28004 Madrid: <https://rac.es/ficheros/doc/00447.pdf>
- Indox. (21 de 1 de 2021). *wp-content*. Obtenido de wp-content: <https://importaceros.com/wp-content/uploads/2021/01/importaceros-acero-inoxidable-304.pdf>
- Irsac. (8 de 10 de 2019). *wp-content*. Obtenido de wp-content: <https://iirsacero.com.mx/wp-content/uploads/2019/10/Ficha-T%C3%A9cnica-Acero-Inoxidable-304-iirsacero.pdf>
- Jarama, J. (Febrero de 2023). *ups.edu.ec*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24678>
- Kotay. (17 de 2 de 2021). *unadmexico*. Obtenido de [https://dmd.unadmexico.mx/contenidos/DCSBA/BLOQUE2/ER/07/EEHD/unidad\\_01/descargables/EEHD\\_U1\\_Contentido.pdf](https://dmd.unadmexico.mx/contenidos/DCSBA/BLOQUE2/ER/07/EEHD/unidad_01/descargables/EEHD_U1_Contentido.pdf)

María Brijaldo, C. C. (10 de Abril de 2021). *Scielo*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-30332021000200302](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30332021000200302)

Naucher, R. (16 de Julio de 2021). *Naucher*. Obtenido de <https://www.naucher.com/dnv-analiza-la-viabilidad-del-hidrogeno-como-fuente-de-combustible-para-los-barcos/>

Quiroz, C. (2017). *slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/hidroxido-de-sodio-79507117/79507117>

Suárez, W. (18 de Julio de 2018). *Uce.edu.ec*. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/baf9efb5-9eed-42c9-86c7-06326571924b/content>

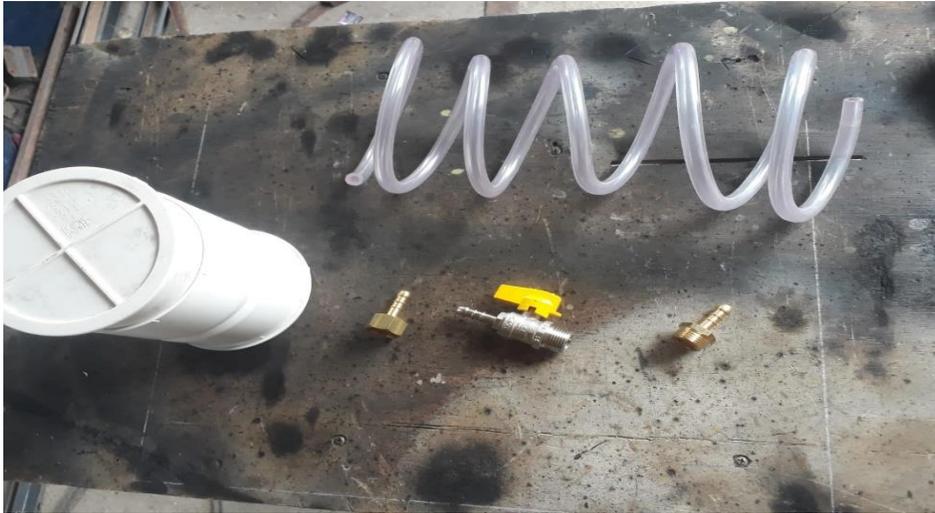
Succ. (31 de 11 de 2011). *Suc bateria*. Obtenido de <file:///C:/Users/ELITESYSTEM/Downloads/tecsuc%20baterias.pdf>

TTKIN. (1 de 09 de 2023). *motopartsttkin*. Obtenido de <https://www.motopartsttkin.com/spa/tipos-de-cdi-para-motos.html#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20CDI%20de,momento%20preciso%20en%20la%20buj%C3%ADa>.

Upalta. (12 de 06 de 2023). *unlp.edu*. Obtenido de <https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/49/27749/5032a49afa610ee7e5cbc02eddf860d2.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1: Tubos y llave de pasó

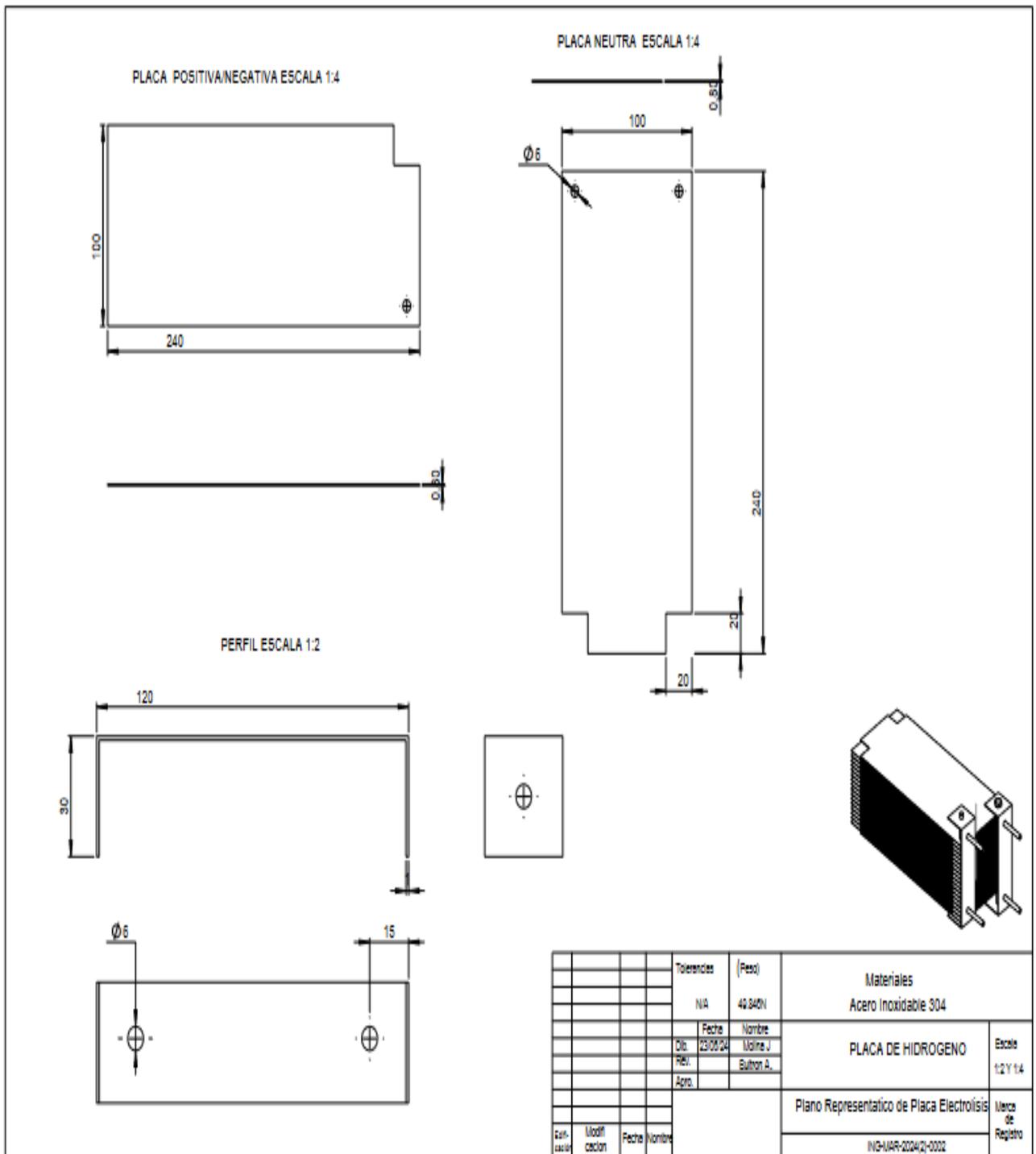


### Anexo 2: Burbujeador

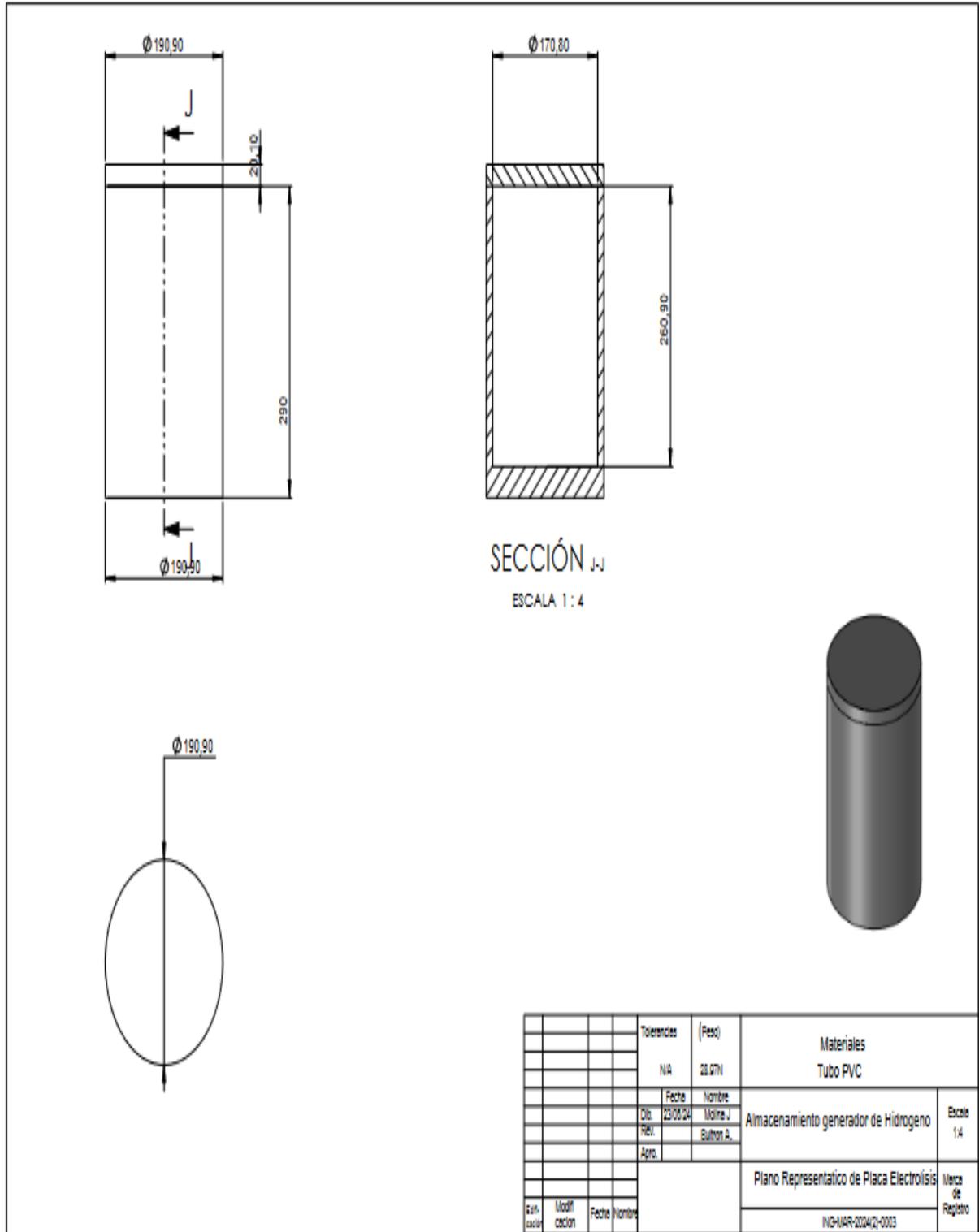




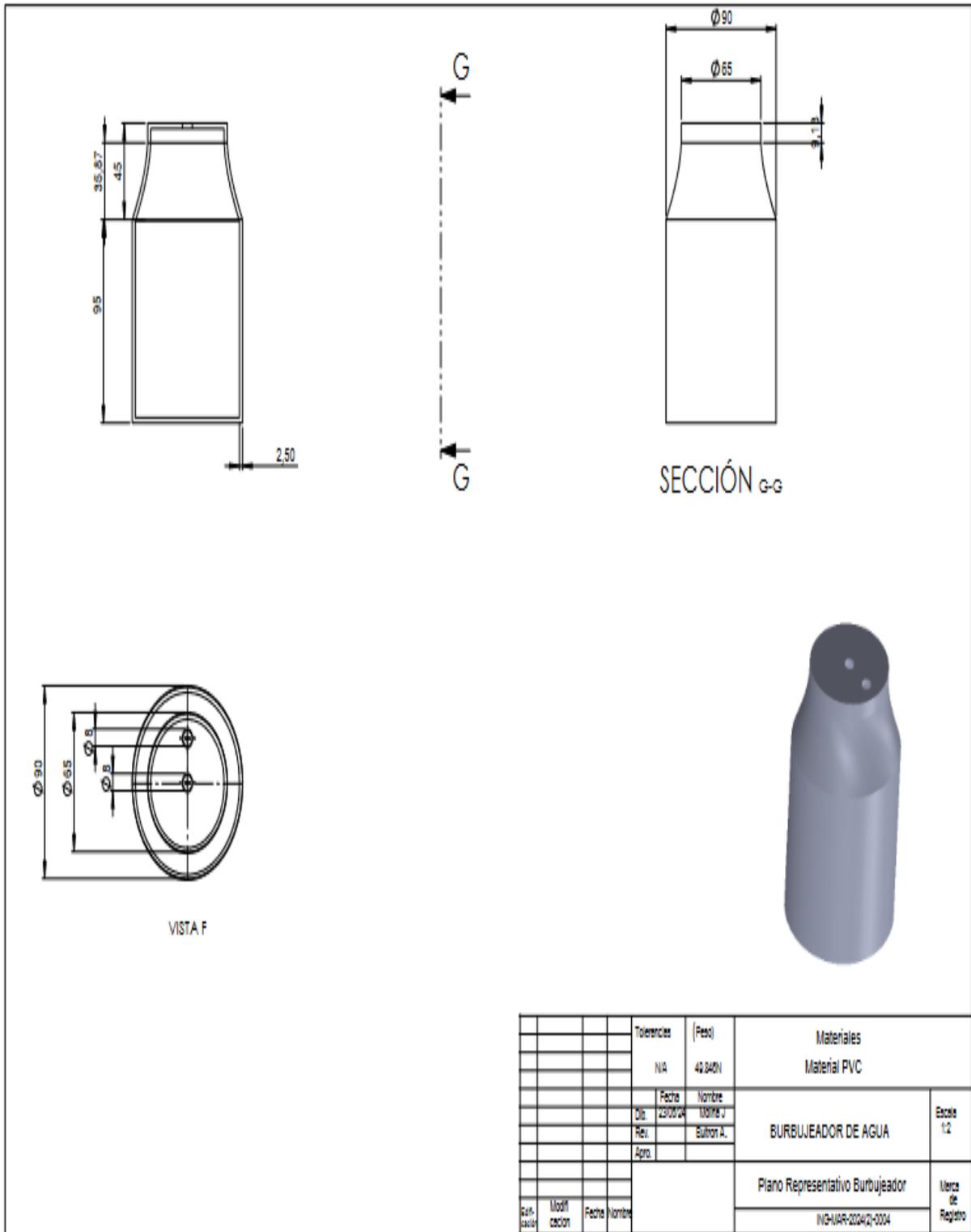
## Anexo 4: Placas de hidrógeno



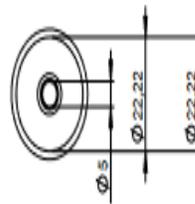
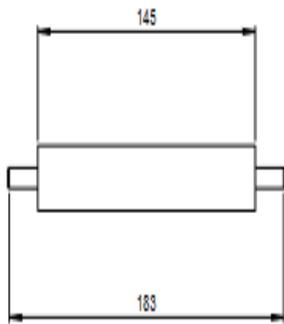
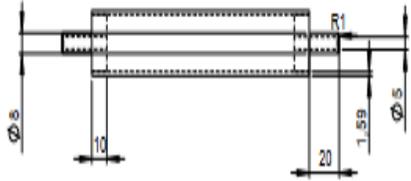
## Anexo 5: Almacenamiento para generador de hidrógeno



## Anexo 6: Almacenamiento Burbujeador.

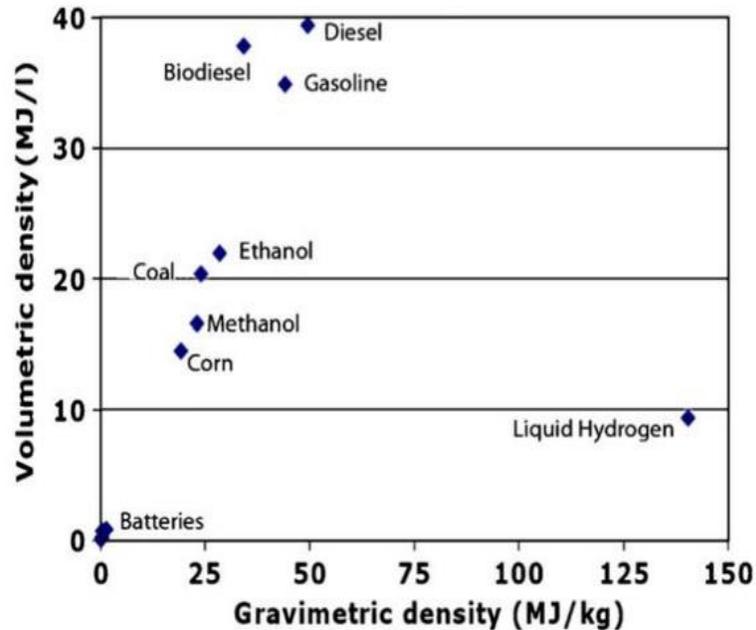


## Anexo 7: Arresta llamas



				Tolerancias	(Pesc)	Materiales		
				NA	0.02045N	Material PVC		
				Fecha	Nombre	ARRESTA LLAMAS	Escala 1:2	
				Dib.	23/09/24			Moine J
				REL				Bultón A.
				Apro.				
						Plano Representativo del arresta llamas		
						IN3-MAR-0204Q-0005		
Edi- cación	Modif cación	Fecha	Nombre				Uso de Registro	

## Anexo 8: Densidad de Gasolina



Obtenido de: <https://es.quora.com/Cuanta-energ%C3%ADa-puede-almacenar-un-kilogramo-de-combustible-f%C3%B3sil-y-cuanto-un-kilogramo-de-bater%C3%ADas-de-ion-litio-o-la-bater%C3%ADa-mas-avanzada>

## Anexo 9: Manual de uso del sistema de combustión interna con hidrógeno

### 1. Introducción

#### 1.1 Descripción del proyecto y objetivo

Este manual de uso está diseñado para guiar al usuario en la implementación y operación de un sistema de combustión interna adaptado para utilizar hidrógeno como combustible, empleando un motor Suzuki GS 125. El proyecto tiene como objetivo principal demostrar la viabilidad del hidrógeno como una alternativa sostenible a los combustibles fósiles, maximizando la eficiencia del motor sin modificar sus componentes originales.

#### 1.2 Importancia del uso del hidrógeno como combustible alternativo

El hidrógeno se perfila como uno de los combustibles del futuro debido a su alta densidad energética y su capacidad para reducir las emisiones de gases contaminantes. A diferencia de los combustibles fósiles, la combustión del hidrógeno solo produce vapor de agua, lo que lo convierte en una opción más amigable con el medio ambiente. Este proyecto tiene como meta explorar su potencial en aplicaciones reales, específicamente en motores de combustión interna, evaluando tanto su eficiencia como su impacto ambiental.

### **1.3 Alcance del manual**

Este manual está dirigido a técnicos, ingenieros y entusiastas de la mecánica que deseen implementar o replicar este sistema en motores similares. A lo largo del documento, se proporcionarán instrucciones detalladas sobre el ensamblaje, operación, mantenimiento y seguridad del sistema de combustión interna con hidrógeno. Se espera que los usuarios puedan, al finalizar la lectura, comprender plenamente el funcionamiento del sistema y llevar a cabo su operación de manera segura y eficiente.

## **2. Descripción del sistema**

### **2.1 Componentes principales**

- **Generador de hidrógeno por electrólisis:** Es el núcleo del sistema, responsable de la producción de hidrógeno mediante la separación de las moléculas de agua. Este generador está compuesto por una serie de placas de acero inoxidable que actúan como electrodos, permitiendo la electrólisis cuando se aplica un voltaje adecuado.
- **Motor Suzuki GS125:** Se utiliza un motor estándar Suzuki GS125, que ha sido montado en una estructura metálica diseñada específicamente para soportar el proceso de combustión con hidrógeno. Se mantienen todos los componentes originales del motor, garantizando así que pueda revertirse a su estado de funcionamiento con gasolina si se desea.

- **Sistema de almacenamiento de agua:** Este sistema proporciona el agua necesaria para la electrólisis. Está construido con PVC y tiene una capacidad de 5,75 litros. Su diseño incluye un sistema de tuberías que conecta el almacenamiento con el generador de hidrógeno.
- **Sistema de inyección de hidrógeno:** El hidrógeno producido se canaliza desde el generador hacia la cámara de combustión del motor a través de un sistema de tuberías y un arresta llamas, que garantiza la seguridad al prevenir la retroalimentación de llamas.

## 2.2 Especificaciones Técnicas

- **Dimensiones del almacenamiento de agua:**
  - Diámetro: 19,9 cm
  - Altura: 31,1 cm
  - Grosor: 2,1 cm
- **Estructura del Motor:**
  - Altura: 44,5 cm
  - Ancho: 58,5 cm
  - Profundidad: 40 cm
  - Perfiles soldados de 30 mm por lado
  - Base de tubos cuadrados con medidas de 30 mm en cada lado y separación de 10 cm
- **Placas de Acero Inoxidable (Aleación 304) cantidad y dimensiones:**
  - Ancho: 10 cm
  - Largo: 24 cm
  - Grosor: 0,8 mm

- 8 placas positivas
- 9 placas negativas
- 16 placas neutras
- Cortes de 2x2 cm en diferentes configuraciones

### **2.3 Diagrama del sistema**

El sistema se organiza en una secuencia lógica que asegura su funcionamiento eficiente:

1. **Generador de hidrógeno:** Ubicado en la estructura metálica, conectado al sistema eléctrico y al almacenamiento de agua.
2. **Sistema de Inyección:** El hidrógeno se mueve a través del arresta llamas hacia el motor.
3. **Motor Suzuki GS125:** Recibe el hidrógeno directamente en la cámara de combustión.
4. **Sistema eléctrico:** Conexiones adecuadas para alimentar el generador y los sistemas auxiliares.

## **3. Instrucciones de montaje**

### **3.1 Preparación**

#### **3.1.1 Herramientas necesarias**

Para realizar el montaje, asegúrese de contar con las siguientes herramientas:

- Llave inglesa y juego de llaves de tubo
- Taladro y brocas de diferentes tamaños
- Sierra para metales
- Multímetro para verificar conexiones eléctricas
- Soldadora y electrodos adecuados (6011)

- Equipo de protección personal: guantes, gafas de seguridad, botas con puntera de acero

### **3.1.2 Precauciones de seguridad**

- Realice el montaje en un área bien ventilada para evitar la acumulación de hidrógeno.
- Asegúrese de que todas las herramientas eléctricas estén en buen estado y que se sigan las normativas de seguridad correspondientes.
- Use siempre el equipo de protección personal para prevenir accidentes.

## **3.2 Paso a paso del ensamblaje**

### **3.2.1 Ensamblaje del generador de hidrógeno**

#### **1. Preparación de las placas:**

- Asegúrese de que las placas de acero inoxidable estén limpias y libres de cualquier residuo.
- Coloque las placas en la siguiente secuencia: negativa, neutra, positiva, neutra, y así sucesivamente.
- Use los aislantes plásticos para separar las placas y prevenir cortocircuitos.

#### **2. Montaje del generador:**

- Ensamble las placas dentro de la estructura diseñada para el generador.
- Conecte las varillas roscadas M6 para fijar las placas en su lugar, asegurando que estén bien apretadas y alineadas.
- Asegúrese de que las conexiones eléctricas sean firmes y seguras.

### **3.2.2 Instalación del sistema de almacenamiento de agua**

#### **1. Preparación del tanque:**

- Corte los agujeros necesarios en el tanque de almacenamiento para acomodar la celda de electrólisis.

- Monte la celda de electrólisis dentro del tanque, asegurándose de que esté bien sellada para evitar fugas.

## **2. Conexión con el generador:**

- Conecte el sistema de almacenamiento de agua al generador mediante tuberías adecuadas.
- Verifique que las conexiones sean herméticas para prevenir la entrada de aire.

### **3.2.3 Montaje del motor y sistema de inyección**

#### **1. Montaje del motor en la estructura metálica:**

- Fije el motor Suzuki GS125 a la estructura metálica, asegurándose de que esté nivelado y bien soportado.
- Conecte el sistema de inyección de hidrógeno al motor, utilizando el arresta llamas para asegurar la seguridad.

#### **2. Conexiones eléctricas:**

- Conecte el sistema eléctrico del generador a la batería de 12 V a 40 AH.
- Verifique que todas las conexiones sean correctas y seguras antes de proceder con las pruebas.

### **3.3 Revisión Post-montaje**

#### **1. Inspección visual:**

- Verifique que todas las partes estén correctamente ensambladas y alineadas.
- Asegúrese de que no haya cables sueltos ni conexiones mal ajustadas.

#### **2. Pruebas iniciales:**

- Realice una prueba del sistema eléctrico utilizando el multímetro para verificar la continuidad y voltaje.
- Llene el tanque de almacenamiento con agua y observe si hay alguna fuga.

### **3. Corrección de errores:**

- Si se detecta algún problema, realice las correcciones necesarias antes de iniciar la operación del sistema.

## **4. Funcionamiento del sistema**

### **4.1 Procedimientos operativos**

#### **4.1.1 Iniciar el sistema de generación de hidrógeno**

##### **1. Verificación previa:**

- Asegúrese de que todos los componentes estén correctamente ensamblados y conectados.
- Verifique que el tanque de almacenamiento tenga suficiente agua y que el generador esté listo para operar.

##### **2. Activación del generador:**

- Encienda el sistema eléctrico, activando el generador de hidrógeno.
- Monitoree la producción de hidrógeno y asegúrese de que el flujo sea constante.

##### **3. Inyección de hidrógeno en el motor:**

- Asegúrese de que el arista llamas esté en su lugar y funcionando correctamente.
- Ajuste el flujo de hidrógeno para inyectarlo en la cámara de combustión del motor.

#### **4.1.2 Encendido del motor**

##### **1. Preparación del motor:**

- Verifique que el carburador esté calibrado para la operación con hidrógeno.
- Ajuste el acelerador del motor a la posición más baja para iniciar el encendido.

## **2. Encendido:**

- Gire la llave de encendido y observe el arranque del motor.
- Monitoree el funcionamiento del motor para asegurar que esté operando de manera estable.

## **3. Ajustes Durante la Operación:**

- Realice ajustes finos en la inyección de hidrógeno para optimizar la combustión.
- Verifique que no haya problemas de sobrecalentamiento o fluctuaciones en el rendimiento del motor.

## **4.2 Mantenimiento y ajustes**

### **4.2.1 Mantenimiento regular del sistema**

#### **1. Inspección de placas:**

- Revise periódicamente las placas del generador de hidrógeno para detectar signos de corrosión o desgaste.
- Limpie las placas y los aislantes para mantener la eficiencia del proceso de electrólisis.

#### **2. Revisión del sistema de almacenamiento:**

- Verifique que no haya fugas en el sistema de almacenamiento de agua.
- Limpie y reemplace las tuberías si es necesario para asegurar un flujo continuo de agua.

#### **3. Mantenimiento del motor:**

- Realice revisiones regulares del motor, especialmente del sistema de inyección de hidrógeno y las conexiones eléctricas.

- Lubrique las partes móviles del motor según las recomendaciones del fabricante.

#### **4.2.2 Ajustes del sistema de inyección de hidrógeno**

##### **1. Calibración del flujo:**

- Ajuste el flujo de hidrógeno según las necesidades operativas del motor.
- Use un medidor de flujo para asegurarse de que la cantidad de hidrógeno inyectado sea óptima.

##### **2. Optimización de la combustión:**

- Experimente con diferentes configuraciones de inyección para maximizar la eficiencia del motor.
- Monitoree el rendimiento del motor para determinar los ajustes necesarios.

#### **5. Medidas de seguridad**

##### **5.1 Precauciones generales**

El manejo de hidrógeno requiere extremar las precauciones debido a su naturaleza altamente inflamable. Las siguientes medidas deben ser observadas estrictamente durante la operación del sistema:

- **Equipo de Protección Personal (EPP):**

- Use gafas de seguridad para proteger los ojos de posibles salpicaduras de líquidos corrosivos o chispas.
- Utilice guantes de nitrilo o material resistente a químicos para evitar el contacto con sustancias peligrosas.
- Lleve botas industriales con puntera de acero para proteger contra impactos mecánicos y descargas eléctricas.

- **Ventilación adecuada:**

- Asegúrese de que el área de trabajo esté bien ventilada o, preferiblemente, realice las operaciones al aire libre.
- Evite la acumulación de hidrógeno, ya que este gas es extremadamente ligero y puede concentrarse en lugares cerrados, creando un riesgo de explosión.
- **Eliminación de fuentes de ignición:**
  - Mantenga lejos cualquier dispositivo eléctrico o herramienta que pueda generar chispas.
  - Use equipos eléctricos aislados y antiestáticos para prevenir la generación de cargas estáticas.

## 5.2 Procedimientos de emergencia

En caso de emergencia, siga los siguientes pasos para mitigar riesgos y asegurar la seguridad del personal y las instalaciones:

- **Fugas de hidrógeno:**
  - Si se detecta una fuga de hidrógeno, apague inmediatamente el generador y ventile el área.
  - Evacue a todo el personal no esencial y use detectores de gas para evaluar la concentración de hidrógeno.
- **Fallos eléctricos o mecánicos:**
  - Corte el suministro eléctrico al sistema para evitar cortocircuitos o incendios.
  - Realice una inspección detallada para identificar la causa del fallo antes de reiniciar el sistema.
- **Respuesta ante incendios:**
  - En caso de incendio, utilice un extintor de clase D (para metales combustibles) si está disponible, ya que el hidrógeno no debe extinguirse con agua.

- Si el incendio es incontrolable, evacúe inmediatamente y contacte a los servicios de emergencia.

### **5.3 Capacitación del personal**

Asegúrese de que todo el personal involucrado en la operación y mantenimiento del sistema esté adecuadamente capacitado en los siguientes aspectos:

- Manejo seguro del hidrógeno.
- Uso correcto del equipo de protección personal.
- Procedimientos de respuesta ante emergencias.
- Conocimiento de las especificaciones técnicas del sistema y su funcionamiento.