

2016

Daniel Sánchez  
Santiago



# Ecoinnovación

**OPTIMIZACIÓN DE CELDA DE  
HIDRÓGENO PARA VEHÍCULOS  
AUTOMOTORES DE INYECCIÓN A  
GASOLINA**

## Tabla de Contenido

Lista de Tablas .....	3
Lista de Figuras.....	4
Introducción.....	6
Marco Teórico .....	7
Metodología.....	16
Resultados .....	51
Conclusiones.....	54
Programa de actividades Cronograma de actividades.....	55
Referencias .....	56

# Lista de Tablas

<b>Tabla</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Rendimiento vehículos Chevrolet.	<b>20</b>
<b>2</b>	Medición de tiempos y movimientos para el montaje del sistema completo en vehículo.	<b>49</b>
<b>3</b>	Comparación de diseños y mejoras	<b>52</b>

# Lista de Figuras

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Proceso de reformado de vapor de agua.	7
2	Proceso de la electrólisis.	9
3	Descripción de funcionamiento de una celda galvánica.	10
4	Simulación de movimiento de iones en la electrolisis.	11
5	Funcionamiento de celda electrolítica de refinación.	11
6	Operación de una celda electrolítica de producción.	12
7	a) celda húmeda, b) celda seca.	12
8	Diagrama, análisis de tiempos y movimientos con suplementos.	16
9	Esquema de sistema general.	18
10	Desensamble de componentes.	19
11	Vehículo armado.	20
12	a) medición de celda principal, b) tapa de acrílico, c) medición de empaques, d) tornillería de celda.	22
13	Celda principal, sin fillos.	23
14	Celda electrodo sin fillos.	23
15	Tapa de celda sin fillos.	23
16	Modelado de tapa en software.	24
17	Códigos CNC de tapa.	24
18	Tarjeta de control principal.	25
19	Molde de madera para maquinado de tapa.	26
20	Animación de maquinado en MasterCam.	26
21	Maquinado de molde para tapa.	27
22	Simulación de maquinado en computadora.	27
23	Maquinado de tapas.	28
24	Esquematización de tarjeta electrónica.	28
25	Simulación en software.	29
26	Material maquinado, listo para ensamble.	30
27	Celda armada con piezas modificadas en su diseño.	31
28	Comparación entre celdas.	31
29	Machuelado de cuerda para conector.	32
30	Celda armada completamente.	32
31	Ajuste de montaje en banco.	33
32	Propuesta de montaje en facial de vehículo.	33
33	Moldes propuestos para la sujeción de depósito de agua.	34
34	Ajuste de montaje en vehículo.	34
35	Medición de resistencia eléctrica.	35

<b>36</b>	Prueba de funcionamiento.	<b>35</b>
<b>37</b>	Sistema instalado en vehículo.	<b>36</b>
<b>38</b>	Medición de corriente eléctrica.	<b>36</b>
<b>39</b>	Diseño final de tarjeta de control electrónica PCB (Printed Circuit Board).	<b>37</b>
<b>40</b>	Inyección de poliuretano en base de celda.	<b>38</b>
<b>41</b>	Piezas dañadas que se reemplazaron	<b>38</b>
<b>42</b>	a) Perforación de lámina para fijación de la celda. b) Celda fijada adecuadamente en la base frontal.	<b>39</b>
<b>43</b>	Fabricación del molde para depósito de agua.	<b>40</b>
<b>44</b>	Molde dañado por falta de adhesión del material. .	<b>40</b>
<b>45</b>	Tarjeta PCB terminada lista para ensamblar componentes.	<b>41</b>
<b>46</b>	a) ensamblado de componentes electrónicos b) Tarjeta terminada.	<b>41</b>
<b>47</b>	Pruebas de funcionamiento eléctrico de tarjeta PCB	<b>42</b>
<b>48</b>	Grafica de funcionamiento de sensor de oxígeno averiado en pantalla de osciloscopio.	<b>42</b>
<b>49</b>	Sensores de oxígeno (superior dañado).	<b>43</b>
<b>50</b>	a) Sensores de oxígeno (nuevo y usado) b) señal de respuesta adecuada del sensor nuevo en funcionamiento.	<b>44</b>
<b>51</b>	a) Check engine apagado, indicando que no hay alarmas presentes b) Check engine encendido indicando una falla.	<b>44</b>
<b>52</b>	a) señal de respuesta del sensor de oxígeno trabajando adecuadamente como se muestra en la gráfica de la pantalla. b) alarma detectada por el escáner indicando falla en sensor de detonación.	<b>45</b>
<b>53</b>	a) conexión de tarjeta electrónica en vehículo para realizar pruebas de funcionamiento. b) calibración de la tarjeta electrónica. c) señales de respuesta modificadas, se observa una onda superior (señal de salida de la tarjeta electrónica ya modificada) y una inferior (señal de entrada real del sensor de oxígeno.).	<b>46</b>
<b>54</b>	Montaje de la tarjeta en vehículo para realizar pruebas de funcionamiento.	<b>47</b>
<b>55</b>	a) Espuma inyectada en molde b) Base de poliuretano terminada.	<b>48</b>

# Introducción

El proceso de optimización de los sistemas que se utilizan en dispositivos de la ingeniería, conlleva a la mejora de los procesos y metodologías aplicando el análisis teórico y práctico para lograr un óptimo funcionamiento del sistema que, en este caso, se trata de un sistema de generación de hidrógeno para uso en automóviles de motor a combustión interna.

El principal objetivo de este trabajo es para aplicar los conocimientos y técnicas de la ingeniería en un desarrollo tecnológico eficiente con el desarrollo de procesos, técnicas de fabricación, diseño electrónico y análisis de tiempos y movimientos.

El proyecto consiste en implementar mejoras a un sistema existente para optimizar su diseño manufactura, ensamble, control y operación. De esta manera lograr reducir costos de producción, reducción de tiempos y movimientos, así como la mejora del proceso de fabricación y ensamble.

El desarrollo del proyecto consiste en un análisis de del proceso de ensamblado de una celda electrolítica en un vehículo, posteriormente se cambiará el ensamblado para reducir tiempos, así mismo, se implementarán accesorios de uso comercial para lograr el objetivo.

Una vez concluida la instalación se analizará el diseño de la celda para eficientar el material y su manufactura, realizando mejoras en el diseño.

El sistema electrónico será revisado y simulado en software para desarrollar una tarjeta PCB (Printed Circuit Board) adecuada a su operación para reducir espacio de montaje en el vehículo.

Una vez concluidas las mejoras se realizarán pruebas pertinentes para calibrar y analizar el funcionamiento del sistema con el vehículo en operación.

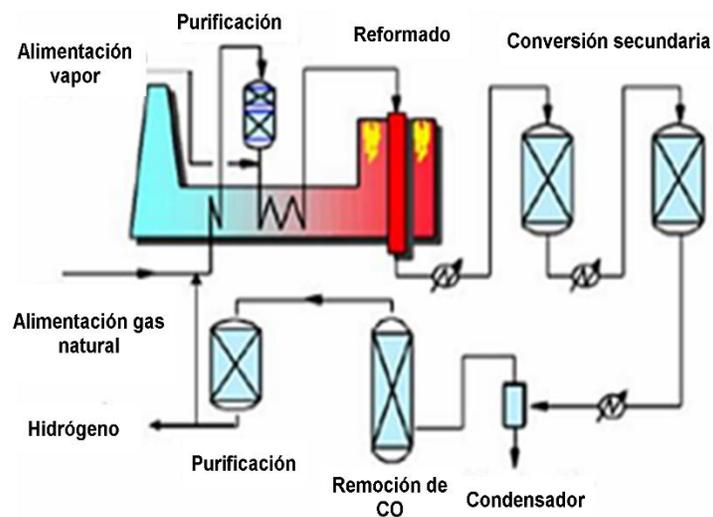
# Marco Teórico

## MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

La producción del hidrogeno a partir de diferentes compuestos se puede realizar de diversas maneras. Actualmente el 4% de la producción total de hidrogeno a nivel mundial se genera mediante electrólisis del agua. A continuación, se mencionarán los principales métodos de producción.

### Reformado de vapor de agua

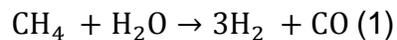
El proceso consiste en el proceso químico que se realiza con la combinación de agua y una base de hidrocarburo, por lo general, gas natural.



**Figura 1** Proceso de reformado de vapor de agua

Este proceso se realiza en tres etapas, primero se combina el vapor y el metano a alta presión y temperatura para producir una mezcla de hidrógeno, dióxido de carbono y algunas impurezas, llamada gas sintético. **Figura 1**

La reacción química queda de la siguiente forma (Ver Ecuación 1):



Posteriormente se debe separa el hidrógeno del dióxido de carbono y después se debe purificar el hidrógeno generado.

## **Electrólisis a alta temperatura**

Es una variación de la electrólisis, a este proceso se le agrega calor al agua para aplicar una mejor energía eléctrica al agua y por consiguiente mejorar la eficiencia del proceso de producción de hidrógeno. La demanda de energía eléctrica, disminuye conforme aumenta la temperatura. Es por ello que la electrólisis del vapor puede producir hidrógeno con una potencia eléctrica menor que la que se requiere para el caso del agua a temperaturas inferiores. (*HINO, & HAGA, K & AITA, H & SEKITA, K., 2004*)

Para éste proceso se requiere gran cantidad de calor por lo que resulta contraproducente generarlo solo para disminuir el consumo de electricidad, por ello se utilizan excedentes de energía térmica para aprovechar el calor que se pierde en los procesos termodinámicos de esta manera es más rentable este tipo de método para la producción de hidrógeno.

## **Biofotólisis**

También conocida como producción de hidrógeno fotoautófica, es la generación de hidrógeno por medio del uso de la energía de la luz absorbida. (*Brentner LB & Peccia J, & Zimmerman JB. (2010).*)

Se basa en la capacidad que tienen algunas plantas marinas (principalmente algas verdes) de captar energía solar e implementarla a través de una cadena de electrones y enzimas para producir hidrógeno por disociación del agua.

La principal ventaja de la biofotólisis es que el donador de electrones es el agua sin necesidad de sustratos orgánicos, utilizando únicamente dióxido de carbono, luz solar y nutriente para que las algas verdes y cianobacterias, que realizan a cabo este proceso con enzimas de hidrogenasa, se desarrollen.

La principal desventaja de este proceso es que presenta baja eficiencia de la conversión de la luz, la sensibilidad de las enzimas hidrogenasas al O<sub>2</sub> es muy baja y se necesitan fotorreactores muy costosos que eviten fugas de H<sub>2</sub>.

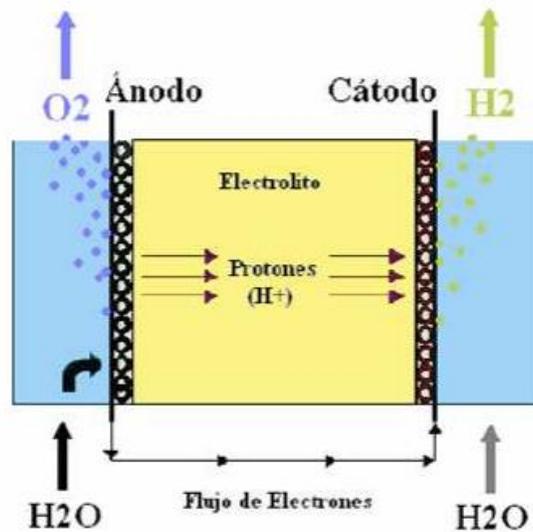
## **Electrólisis**

En la electrólisis se utiliza energía eléctrica para inducir una reacción química que no es espontánea. (*P. E. Roig., 2007*)

Tal vez el experimento de laboratorio más sencillo para ilustrar el efecto sea la electrólisis del agua (un compuesto de hidrógeno y oxígeno). Haciendo pasar una corriente continua a través de agua acidulada o salina (con algunas gotas de ácido o sales, para que conduzca la corriente eléctrica) en los electrodos (los contactos eléctricos) se forman burbujas de oxígeno e hidrógeno, ánodo y cátodo respectivamente.

El electrodo con carga negativa se llama cátodo y el positivo ánodo. Cada uno atrae iones de carga opuesta. La energía que se requiere para lograr la separación de los iones y acumularlos en los electrodos se obtiene de una fuente externa que mantiene el voltaje constante en las dos terminales.

En la electrólisis del agua se acumulan los átomos de hidrógeno en el cátodo y los átomos de oxígeno en el ánodo cuando se le hace pasar una corriente eléctrica al agua por medio de los electrodos. Esto se debe que en la disociación del agua los átomos de hidrógeno ganan electrones (se reduce) y el oxígeno pierde electrones (se oxida). **Figura 2**



**Figura 2** Proceso de la electrólisis

La eficiencia del proceso de la electrólisis depende de la conductividad del agua, impurezas en la misma, electrolito utilizado, corriente y voltaje aplicado al electrolizador, así como del material de los electrodos. El promedio de rendimiento de un electrolizador es de 65%, los equipos modernos logran una eficiencia del 85% aplicando diversos tipos de celdas y materiales con mejores propiedades para acelerar las reacciones.

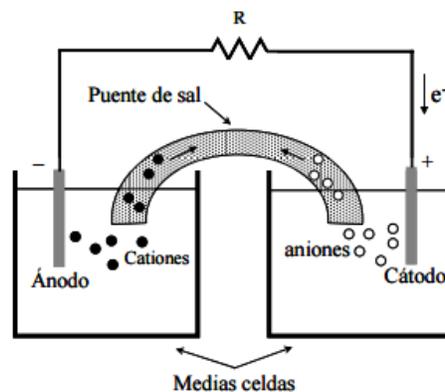
## TIPOS DE CELDAS ELECTROLÍTICAS

En electroquímica existen dos tipos de celdas: las galvánicas donde suceden reacciones espontaneas y las electrolíticas donde ocurren reacciones no espontaneas, a su vez, estas últimas se clasifican en celdas húmedas y celdas secas mismas que pueden ser de refinación o de producción. Todas las celdas implementan electrodos que van sumergidos en el electrolito, en uno de ellos ocurre la oxidación (ánodo) y en el otro la reducción (cátodo).

## Celda Galvánica

Consiste en dos medias celdas unidas mediante un puente salino. Este puente se hace de una solución acuosa salina concentrada para permitir el flujo de iones de modo que complete el circuito eléctrico. **(Ver Figura 3)**

Las reacciones en estas celdas son espontáneas, es decir ocurren sin necesidad de aplicarles una energía externa, son usadas como baterías que suministran de electricidad un circuito, pues su operación se basa en la producción de energía eléctrica. La energía del movimiento de los electrones es la cantidad de trabajo que se puede extraer de una reacción química dentro de la celda.

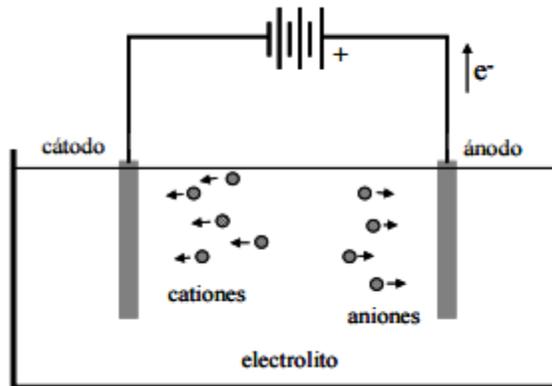


**Figura 3** Descripción de funcionamiento de una celda galvánica

## Celda electrolítica

Por otro lado, las reacciones de una celda electrolítica no son espontáneas, es decir requieren de una energía externa para realizar la electrólisis. En una celda de este tipo el electrodo negativo se le denomina cátodo y el positivo ánodo, cada electrodo atrae a los iones con carga opuesta.

La energía necesaria para que se lleven a cabo estos desplazamientos de iones y concentrarlos en los electrodos se suministra a través de una fuente eléctrica que provee de una diferencia de potencial entre los electrodos. **Figura 4** (A. Maclennas, 1961)



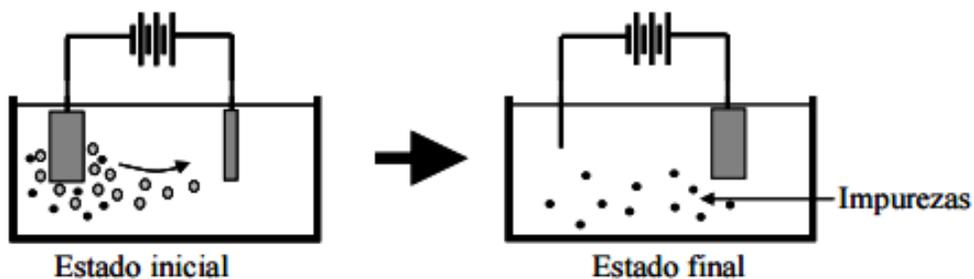
**Figura 4** Simulación de movimiento de iones en la electrolisis.

Las celdas electrolíticas se clasifican de acuerdo a su función.

### Celda electrolítica de refinación

También conocida como celda de transferencia, se implementa la electrolisis principalmente para purificar un elemento, es decir, se retiran las impurezas que existen mediante una reacción química que permita desasociarlas del elemento que se requiere puro.

Como ejemplo de este tipo de celdas (**Figura 5**) están aquellas que se utilizan para extraer metales puros de un electrodo a otro dejando así las impurezas en el electrolito. (N. J. Selley, 1976)

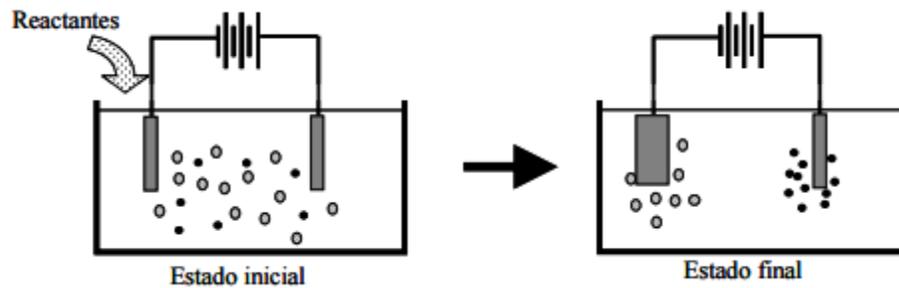


**Figura 5** Funcionamiento de celda electrolítica de refinación

### Celda electrolítica de producción

Las celdas de producción son utilizadas para producir un elemento desde un compuesto que lo contenga. Al ejecutar la electrolisis se extrae el elemento puro como resultado de la reacción.

Estas celdas son sin transferencia porque la generación de los elementos deseados se crean mediante la reacción directamente en los electrodos sin ser transferido de un a otro. **Figura 6**



Las celdas electrolíticas de producción se clasifican según su estructura en:

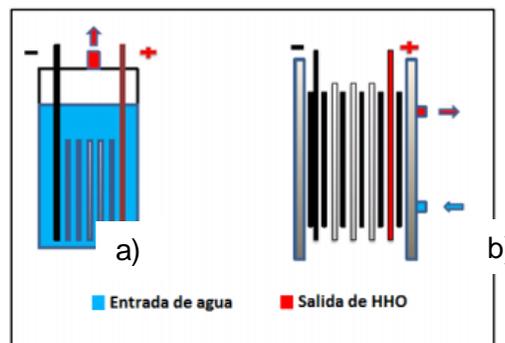
- **Celdas húmedas**

Las celdas húmedas constan de los electrodos sumergidos en un depósito que contiene el electrolito y mediante arreglos de diseño se extraen los elementos producidos.

- **Celdas secas**

La celda seca o dry cell es un arreglo de varias placas plegadas que sirven como electrodos, separadas por medio de un aislante, en las cuales se les hace pasar agua con electrolito por el interior, esto hace a la propia celda el depósito de la sustancia a electrolizar.

Una ventaja de este tipo de celda es que evita derrames del electrolito, además de ser instalada en diferentes lugares que requieren diversas posiciones sin que afecte su funcionamiento. **Figura 7**



**Figura 7** a) celda húmeda, b) celda seca.

La electrólisis es un proceso muy complejo donde intervienen diversos factores que afectan directamente a los productos de la reacción y la forma como se producen depende de la interacción química del electrolito y los materiales de los electrodos principalmente.

## **POTENCIALIZADORES PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO**

### **Electrolito**

El agua pura tiene una resistencia muy alta al flujo de corriente eléctrica es por ello que se requiere de un material que ayude a reducirla o anularla aumentando su conductividad. El electrolito es una sustancia que permite la conductividad de electricidad mediante sus iones. En la electrólisis sirve para aumentar el flujo de corriente eléctrica, generando una reacción de disociación del agua. El electrolito no interviene en la reacción, es decir, no se reduce ni se oxida con el hidrógeno y oxígeno del agua cuando se efectúa la electrólisis.

La sustancia se elige de acuerdo a sus características y específicamente para la reacción que se desea obtener. Puede ser una sustancia ácida como los sulfuros y salina como los hidróxidos. La función principal es funcionar como catalizador para desasociar los iones de los reactantes (compuestos que reaccionan en la electrólisis) para lograr reducirse y oxidarse. Para el caso de agua los reactantes son el hidrógeno y oxígeno que forman la molécula del agua.

Al aplicar corriente eléctrica, los reactantes comienzan con el proceso de óxido reducción, una vez separados con los iones del electrolito, comienzan a ganar perder electrones formando las sustancias que se desean obtener en el proceso de separación o producción de algún elemento.

### **Calor**

Se define como la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas (o entre un sistema y el exterior) debido a una diferencia de temperatura. (*P. E. Roig, 2012*)

Como las reacciones en una celda electrolítica no son espontaneas, requieren de una energía externa para realizar la electrólisis. Esta energía se introduce al sistema en forma de corriente eléctrica (flujo de electrones) para disociar las moléculas de los compuestos a obtener. Para el caso de la molécula del agua, oxígeno e hidrógeno.

Como se requiere de energía externa para disociar las moléculas del agua, si se quiere eficientar y disminuir el consumo de corriente eléctrica, es necesario sustituirla por otra fuente de energía que facilite dicha reacción. Para ello se implementa energía en forma de calor, entre más caliente se encuentre el agua se requiere menos corriente eléctrica para disociar las moléculas.

La eficiencia ideal se obtiene cuando el calor proviene de una fuente residual (residuos de procesos térmicos) o renovable (luz solar).

## Leyes de Faraday

Michael Faraday es uno de los grandes nombres de la historia científica quien debemos acreditar notables descubrimientos en el campo de la física y de la química. Su aporte más importante fue el enunciado de sus leyes de la electrólisis. El estudio entre los reactantes y los productos de una reacción química se le conoce como estequiometría y para el caso de las reacciones electrolíticas siempre se implementan las leyes de Faraday.

En 1830, analizó las reacciones que suceden en los electrodos de las celdas electrolíticas, de esta manera pudo mostrar que las reacciones electroquímicas presentan ciertas reglas estequiométricas relacionadas con la corriente. Estas reglas son las leyes que Faraday estipuló:

**Primera ley:** *La masa de un el elemento producido en un electrodo es directamente proporcional a la cantidad de carga eléctrica que pasa a través del electrodo.*

Se puede expresar como una corriente de mucha intensidad que circule a través del electrolito durante mucho tiempo depositará más sustancia que una corriente débil que actúe durante un tiempo corto.

**Segunda ley:** *Si la misma cantidad de carga eléctrica es pasada por varios electrodos, la masa del elemento producido en cada electrodo será directamente proporcional a la masa atómica del elemento y al número de moles de electrones requeridos para producir un mol del elemento de cualquier material que sea producido en el electrodo.*

Ésta última afirma que cuando la misma corriente circula durante el mismo tiempo, las cantidades de sustancia depositadas dependerán de su peso equivalente.

Las dos leyes de Faraday quedan resumidas en la siguiente expresión (Ecuación 2):

$$m = \frac{I \cdot t \cdot (M \text{ mol})}{96500 \cdot z} \quad (2)$$

Donde:

$m$  = masa del elemento depositado en gramos.

$I$  = corriente eléctrica en amperes

$t$  = tiempo en segundos

$M \text{ mol}$  = masa atómica en gramos / mol del elemento depositado

$z$  = número de electrones necesarios para reducir un ion del elemento

96500 = constante de Faraday coulomb/mol

La constante de Faraday indica la carga eléctrica en un mol de electrones. (C. Potter, 1961)

El peso equivalente de una sustancia es el número de unidades de peso de una sustancia que se combinarán con una unidad de peso de hidrógeno. En una molécula de agua, dos moléculas de hidrógeno, cada una de las cuales pesa una unidad, se combinan con un átomo de oxígeno, que pesa dieciséis unidades. De modo que, si dos unidades de hidrógeno se combinan con dieciséis unidades de oxígeno, una unidad de hidrógeno lo hará con ocho unidades de oxígeno.

El peso equivalente del oxígeno es, entonces, ocho, de manera que durante la electrólisis del agua se libera, en peso, ocho veces más oxígeno que hidrógeno.

Cuanto mayor sea el peso equivalente de un elemento, tanto mayor será el peso de él, que se depositará durante la electrólisis. Este fenómeno se aplica actualmente en la galvanoplastia y la extracción y purificación de algunos metales.

### **Definición de densidad**

Es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia. Por lo tanto, si se denota la densidad con la letra griega  $\rho$  (rho), se tiene: (Ecuación 3)

$$\rho = m/V \dots\dots\dots (3)$$

Donde  $V$  es el volumen de la sustancia que tiene masa  $m$ . Las unidades de la densidad son kilogramos por metro cúbico, en el SI (Sistema Internacional de Unidades), y slugs por pie cúbico en el Sistema Tradicional de Estados Unidos. (R. L. Mott, 2006)

### **Definición de energía y trabajo**

Aunque todo el mundo tiene idea de lo que es energía, es difícil definirla en forma precisa. La energía se puede considerar como la capacidad para causar cambios.

Una de las más importante y fundamentales leyes de la naturaleza es el principio de conservación de la energía. Éste expresa que, durante una interacción, la energía puede cambiar de una forma a otra, pero su cantidad total permanece constante. Es decir, la energía no se crea no se destruye.

El trabajo es una forma de energía, se puede definir simplemente como la fuerza multiplicada por la distancia; por lo tanto, tiene la unidad "Newton-Metro ( $N \cdot m$ )", llamado Joule (J). Es decir, (Ecuación 4)

$$1J = 1N \cdot m \dots\dots\dots (4)$$

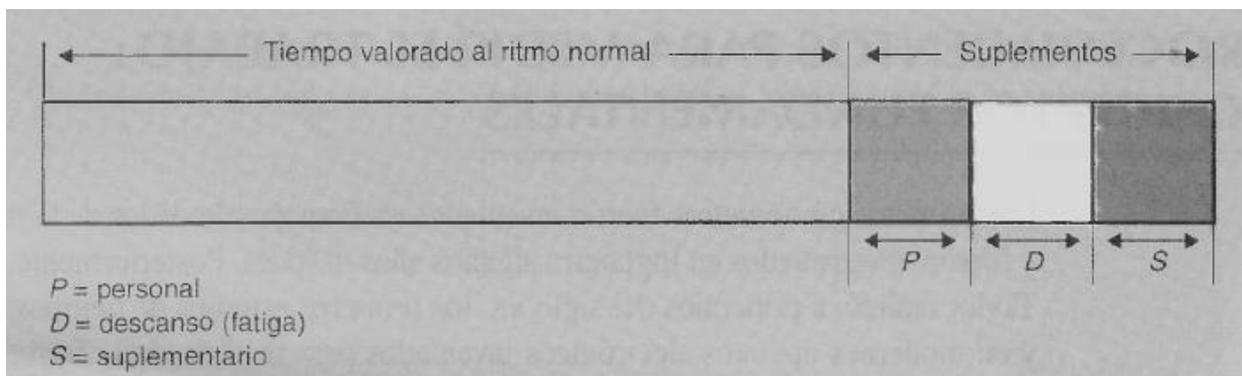
Una unidad más común para la energía en el SI es el KiloJoule ( $1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J}$ ). En el sistema métrico, la cantidad de energía para elevar  $1^\circ \text{C}$  la temperatura de un gramo de agua a  $14.5^\circ \text{C}$  se define como caloría (cal), y  $1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J}$ .

La unidad por la razón de tiempo de energía es el Joule por segundo (J/s) se conoce como watt (W). En el caso de trabajo la razón de tiempo de energía se llama potencia. Una unidad de potencia comúnmente usada es el caballo de fuerza (hp), que es equivalente a  $746 \text{ W}$ . La energía eléctrica se expresa típicamente en la unidad de kilowatt-hora (kWh), que es equivalente a  $3600 \text{ kJ}$ . (P. E. Roig, 2012)

En el proceso de toma de tiempos y movimientos se debe contemplar todos los factores que puedan alterar este análisis. **Figura 8**

## INGENIERÍA DE PROCESOS

Los tiempos y movimientos tienen que definirse a partir de un estudio de la ingeniería de procesos para establecer los tiempos que necesarios en diversos tipos de procedimientos según sea necesario.



**Figura 8** Diagrama, análisis de tiempos y movimientos con suplementos.

Los suplementos se dividen en personales, descanso y suplementario. Cada uno contempla diversos puntos que se deben considerar.

### Personales

1. Habilidad
2. Esfuerzo
3. Consistencia
4. Condiciones

De acuerdo a los estándares de toma de tiempos y movimientos cuando un proceso es nuevo, se consideran los suplementos personales en estos estándar, los cuales no generan ningún cambio en el tiempo tomando, puesto que el tiempo valorado a ritmo normal se ve afectado por este factor desde un inicio.

## **Descanso**

1. Necesidades personales
2. Fatiga
3. Trabajar de pie
4. Usos de fuerza o energía muscular

En este suplemento se determinan el porcentaje de tiempo que se añade al periodo medido a ritmo normal de acuerdo a la tabla Westinghouse. En ella se determinan los factores y se describen los puntos que se consideran para incrementar este porcentaje, indicando las necesidades, así como los factores que afecta a los hombres y mujeres según sea el caso.

## **Suplementario**

1. Iluminación
2. Condiciones atmosféricas
3. Concentración
4. Ruido tensión mental
5. Monotonía
6. Tedio

Éste suplemento considera todos los factores ambientales que se presentan en el lugar de trabajo los cuales afectan directamente en el rendimiento del operario. De acuerdo con las tablas diseñadas para cada proceso se agrega un porcentaje de tiempo extra al que se tiene medido, añadiendo este suplemento.

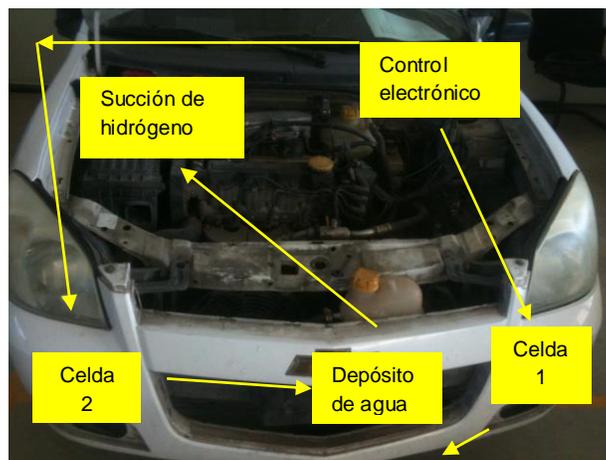
Cabe mencionar que los tiempos suplementarios no están estandarizados para todos los procesos, ya que las empresas determinan sus tablas y análisis, de este modo, establecen sus tiempos en base a sus estudios de procesos específicos en cada industria. (G. C. Roberto, 2005).

## Metodología

Para el desarrollo del proyecto se realizaron diversas actividades para lograr los objetivos planteados. Las actividades muestran una mejor descripción del proceso de eficiencia, producción, montaje, diseño, ensamble y pruebas obtenidas.

### Esquematización del sistema de celdas de hidrogeno.

Caracterizar el sistema general y se analizan componentes principales. **Figura 9.**



**Figura 9** Esquema de sistema general.

### Desensamble de sistema.

Retirar fascia y tolva de salpicadera para quitar celdas de hidrogeno, desmontar sistema generador, desconectar mangueras para retirar conexiones eléctricas de cada celda. **Figura 10.**



**Figura 10.** Desensamble de componentes

### **Lluvia de ideas**

Análisis de ensamble y montaje del sistema aportando opiniones con los diversos asesores del proyecto.

### **Propuesta de mejora y pre cotización de material**

Realizar propuesta de mejora incluyendo material nuevo y técnicas de ensamblado para eficientar el proceso de montaje. Se propone realizar moldes con poliuretano, así como implementar válvulas check en el sistema de ductos para evitar retorno del gas hidróxi a la celda y aprovechar su uso, también se pretende cambiar el tipo de manguera y utilizar conectores racor spara aprovechar el vacío generado por la succión. Se pretende implementar un ventury fabricado con un trozo de tubo de cobre.

Realizar bosquejo de proveedores para cotizar el material necesario para las mejoras.

### **Armado, pruebas de encendido y funcionamiento del vehículo.**

Armar la fascia del vehículo y aislar el sistema eléctrico de la celda de hidrogeno para poder encender y mover el coche. **Figura 11**



**Figura 11.** Vehículo armado

Revisión de los niveles de aceite, agua y combustible, encontrándolos dentro de lo normal. Se detecta fuga de aceite por tapa trasera del árbol de levas. Encendido del vehículo, motor presenta, ruidos normales, se realizan pruebas de manejo detectando transmisión ruidosa.

**Investigación de las especificaciones del motor y transmisión.**

Realizar investigación del tipo de motor del vehículo, el cual consta de 4 cilindros de 1597 cm<sup>3</sup> con 100 HP de potencia, un rendimiento en laboratorio de 14.6 Km/lt en ciudad, 20.55 Km/lt en carretera y 17.28 Km/lt combinados. Transmisión estándar de 6 velocidades. **Tabla 1.**

Chevrolet									
MODELO 2009	Número puert	MOTOR [cm <sup>3</sup> ]	MOTOR [No. & Disposición de los cilindros]	POTENCIA [hp/rpm]	TORQUE [lb-ft/rpm]	TRANSMISIÓN	Rendimiento en Laboratorio [km/l] *		
							Ciudad	Carretera	Combinado**
Astra	5	1998	L4	200 @ 5400	193 @ 4200	MANUAL	10.49	16.23	13.07
		1796		140 @ 6300	129 @ 3800	MANUAL	14.55	18.51	16.33
		1796		140 @ 6300	129 @ 3800	AUTOMATICO	12.76	19.00	15.57
Astra Sedan	4	1796	L4	140 @ 6300	129 @ 3800	MANUAL	14.15	20.42	16.97
		1796		140 @ 6300	129 @ 3800	AUTOMATICO	12.52	18.18	15.06
Chevy	3/4/5	1597	L4	100 @ 5600	102 @ 3200	MANUAL	14.60	20.55	17.28
	3/4/5	1597	L4	100 @ 5600	102 @ 3200	AUTOMATICO	12.90	18.95	15.62
CORVETTE	2	6162	V8	430 @ 5900	424 @ 4600	MANUAL	7.25	13.35	10.00
	2	6162	V8	430 @ 5900	424 @ 4600	AUTOMÁTICA	8.01	14.69	11.01
HHR	5	2384	L4	172 @ 5800	167 @ 4500	MANUAL	11.61	17.39	14.21
	5	2384	L4	172 @ 5800	167 @ 4500	AUTOMÁTICA	11.47	17.81	14.32
MALIBU	4	2384	L4	169 @ 6400	160 @ 4500	AUTOMÁTICA	11.65	18.11	14.56
	4	2384	L4	169 @	160 @	AUTOMÁTICA	11.82	19.90	15.45

[www.conuee.qob.mx](http://www.conuee.qob.mx)

**Tabla 1** Rendimiento vehículos Chevrolet.

### Pruebas de rendimiento real.

Se utiliza el vehículo en carretera observando un rendimiento aproximado de 16.6 Km/lt a 100 km/h. y en ciudad de 10Km/lt a una velocidad promedio de 60Km/hr.

Las mediciones obtenidas fueron realizadas de acuerdo a observaciones personales, como en el nivel de gasolina, odómetro y la velocidad de desplazamiento. Se aproximó la velocidad en base al promedio de velocidades alcanzadas.

El rendimiento del vehículo no concuerda con las especificaciones de fábrica, esto puede deberse a una alarma presente en el tablero del coche que indica falla en algún sensor.

### Compra de componentes para la optimización del montaje.

Búsqueda de proveedores y compra de componentes extra para eficientar el montaje de la celda en el vehículo. Pedir cotizaciones a precio de mayoreo y menudeo, así como tiempos de entrega.

### LISTADO DE MATERIALES

- Conexión rápida tipo codo salida racor 12 mm x ¼”
- Manguera de poliuretano 12 mm
- Conexión rápida PC salida recta racor 12 mm x ¼”
- Conexión rápida PUT unión T racor 12 mm
- Válvula check anti retorno
- Cable 8 AWG
- Terminal de ojillo
- Espuma de poliuretano
- Gabinete de plástico con tapa.

### Medición de piezas

Cotejar piezas de celda para rediseñarlas en software. Como se muestra en la **Figura 12.**



a)



b)



c)

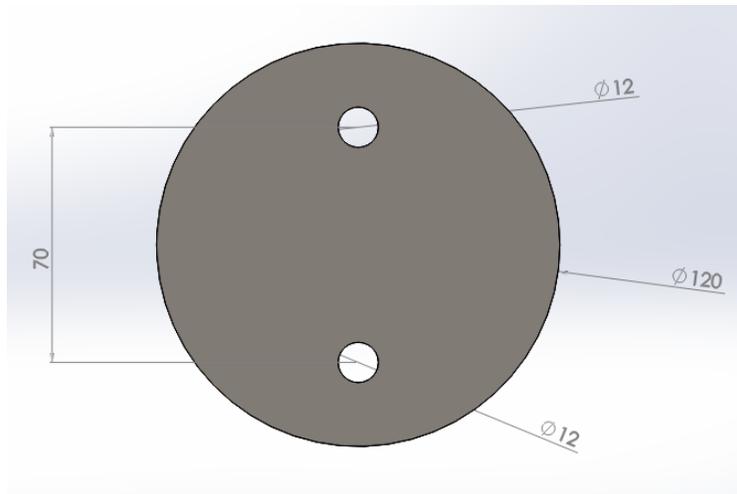


d)

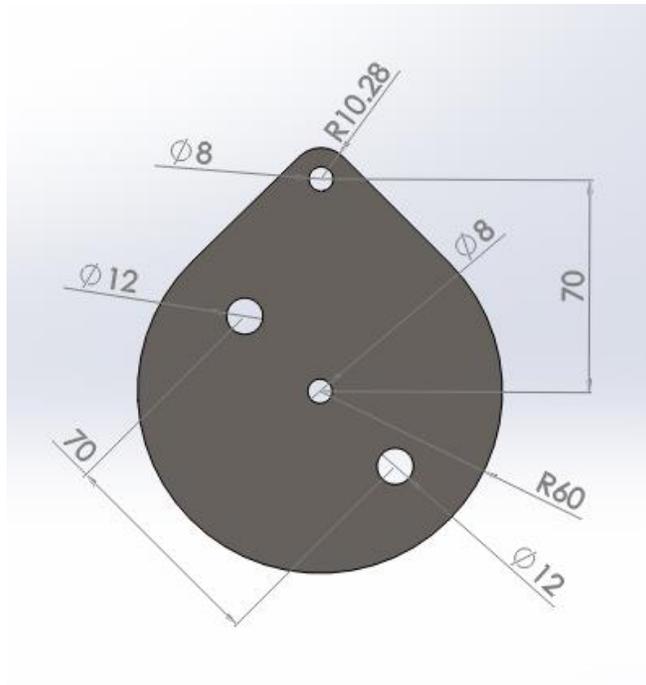
**Figura 12** a) medición de celda principal, b) tapa de acrílico, c) medición de empaques, d) tornillería de celda.

### Rediseños de piezas de celda.

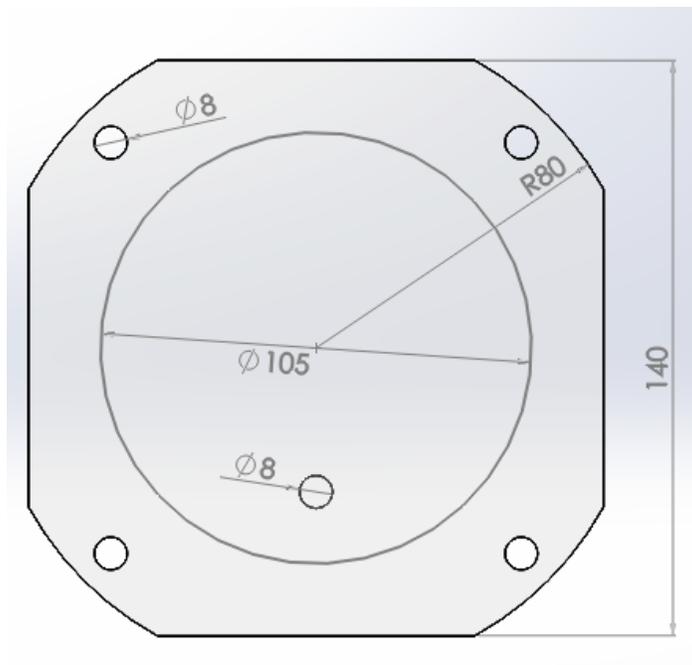
Una vez tomadas las medidas se realizan diseños nuevos para eficientar el proceso de manufactura de la celda de hidrógeno utilizando el software Solid Works 2014. **Figura 13, Figura 14 y Figura 15.**



**Figura. 13** Celda principal, sin fillos.



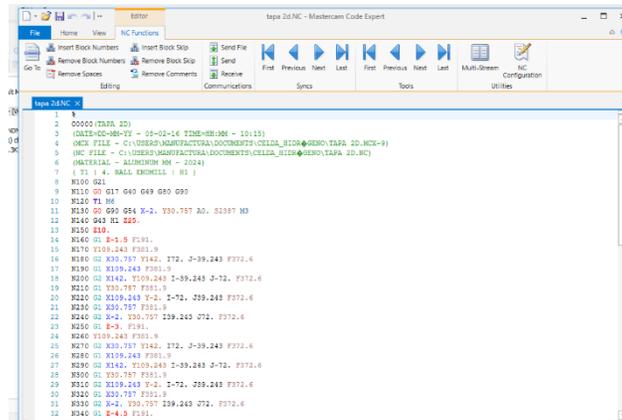
**Figura 14** Celda electrodo sin fillos



**Figura 15** Tapa de celda sin fillos

## Generación de códigos G y M para manufactura.

Generar los códigos CNC (control numérico por computadora) para la manufactura de la tapa y su posterior maquinado en fresadora (máquina automatizada programada mediante control numérico, su principal función es maquinar piezas sólidas con herramientas de corte), utilizando el software Master Cam X9 (programa para simulación de maquinado). **Figuras 16 y 17**



```
1 O0000(TAPA 2D)  
2 (DATE=02-08-22 - 02-02-16 TIME=08:08 - 10:15)  
3 (NC FILE = C:\USERS\MANUFACTURA\DOCUMENTS\CELDA_HIDROGENO\TAPA 2D.NC-9)  
4 (NC FILE = C:\USERS\MANUFACTURA\DOCUMENTS\CELDA_HIDROGENO\TAPA 2D.NC-9)  
5 (MATERIAL = ALUMINUM 6061 - 2024)  
6 (T1 I 4. BALL KROMHOLTZ H1)  
7  
8 M100 G01  
9 M110 G01 G40 G49 G50 G90  
10 M120 T1 H6  
11 M130 G0 G99 S54 M2. S30.757 J0. S2007 M3  
12 M140 G43 H1 Z25.  
13 M150 S10.  
14 M160 G01 R=1.5 F181.  
15 M170 V109.243 F381.9  
16 M180 G0 X30.757 Y142.172. J=39.243 F372.6  
17 M190 G01 X109.243 F381.9  
18 M200 G0 X142.172. Y109.243 I=-39.243 J=72. F372.6  
19 M210 G0 X30.757 F381.9  
20 M220 G0 X109.243 Y=2. I=72. J39.243 F372.6  
21 M230 G0 X30.757 F381.9  
22 M240 G0 X=4. Y30.757 X39.243 Z72. F372.6  
23 M250 G0 R=3. F181.  
24 M260 V109.243 F381.9  
25 M270 G0 X30.757 Y142.172. J=39.243 F372.6  
26 M280 G01 X109.243 F381.9  
27 M290 G0 X142.172. Y109.243 I=-39.243 J=72. F372.6  
28 M300 G01 X30.757 F381.9  
29 M310 G0 X39.243 Y=2. I=72. J39.243 F372.6  
30 M320 G0 X30.757 F381.9  
31 M330 G0 X=4. Y30.757 X39.243 Z72. F372.6  
32 M340 G0 R=4.5 F181.
```

Figura 16 Modelado de tapa en software

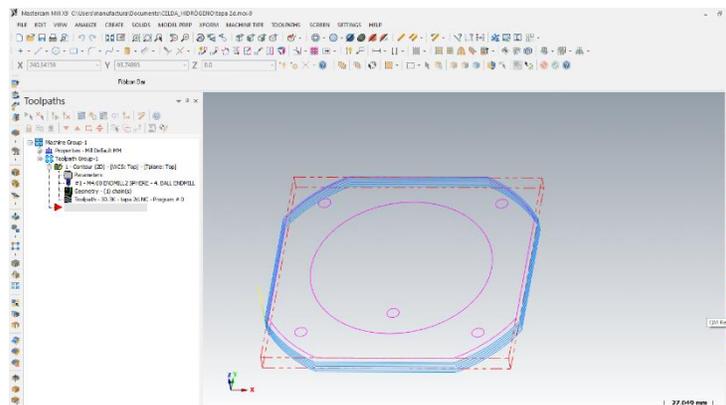
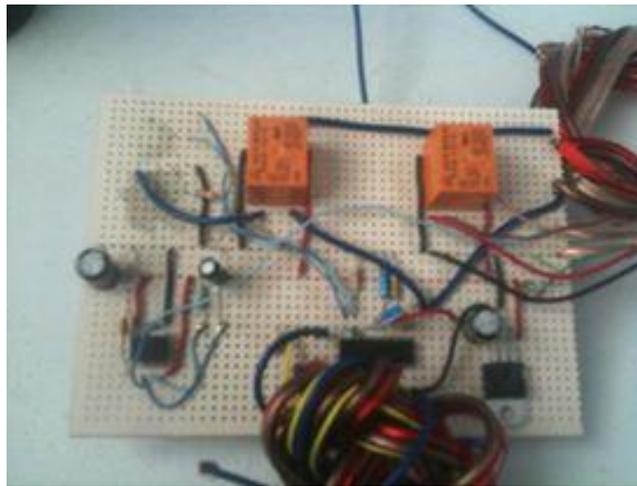


Figura 17 Códigos CNC de tapa

## **Análisis de circuito electrónico**

Revisión del circuito electrónico del sistema de activación de las celdas y esquematizar componentes. En la **Figura 18** se puede observar la tarjeta electrónica con el ensamble de elementos electrónicos como: relevadores –sistemas que funcionan como interruptor-, capacitores –elementos que almacenan electricidad-, resistencias –se oponen al paso de la corriente eléctrica-, amplificadores –elementos que amplifican señales eléctricas- y osciladores, -permiten cambiar valores de voltaje constantemente en el tiempo- los cuales se activan mediante las señales de los sensores del vehículo.

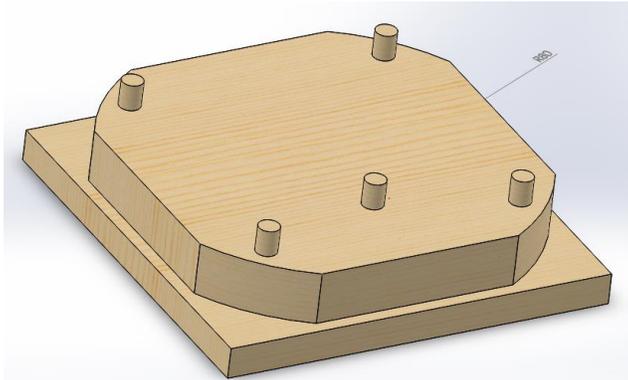


**Figura 18** Tarjeta de control principal.

Posteriormente se realizará un diagrama general para analizar su funcionamiento y optimizar sus funciones principales.

### **Diseño de molde para tapas.**

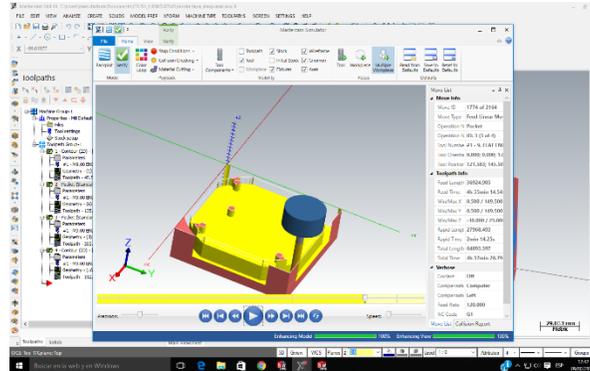
Para la manufactura de las tapas con nuevo diseño, se requiere de un molde matriz el cual servirá para sujetar el material antes de maquinar el acrílico, se diseñó quedando de la siguiente manera. **Figura 19.**



**Figura 19.** Molde de madera para maquinado de tapa.

## Simulación de maquinado

El diseño se simula en MasterCam para ajustar herramienta de corte y parámetros de manufactura, generando los códigos necesarios para introducirlos a la fresadora. **Figura 20.**



**Figura 20.** Animación de maquinado en MasterCam

## Maquinado de molde

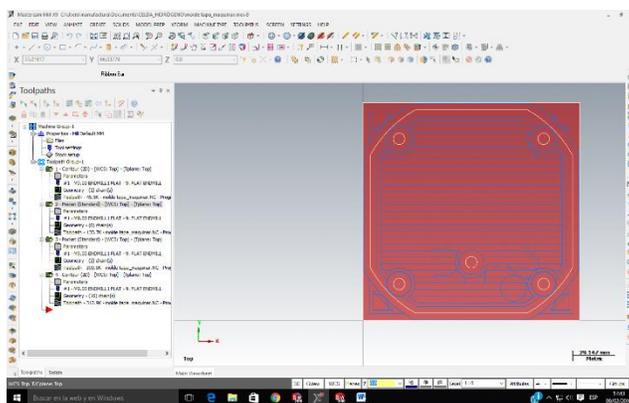
Realizar ajustes de posicionamiento en fresadora y ejecutar el programa, maquinando el molde como se muestra en la siguiente imagen. Este proceso dura aproximadamente 5 horas netas. **Figura 21.**



**Figura 21.** Maquinado de molde para tapa.

### **Diseño de tapa en MasterCam X9 y simulación de maquinado.**

Simulación de maquinado en software para definir herramienta de corte y configurar el código CNC (control numérico por computadora). Como se muestra a continuación. **Figura 22.**



**Figura 22.** Simulación de maquinado en computadora

## **Manufactura de tapas**

Manufactura de tapas en fresadora de control numérico semiautomatizada marca GSK modelo 980 MDa. Para tal actividad se utilizó el molde de madera antes fabricado para optimizar el maquinado. **Figura 23.**



**Figura 23** Maquinado de tapas.

## **Esquematización de circuito electrónico.**

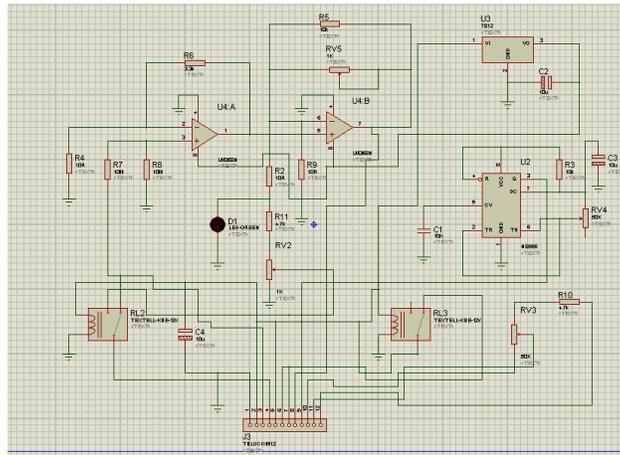
Se obtiene el diagrama de circuito electrónico en base a los componentes de la tarjeta para determinar y entender el funcionamiento principal de la misma. **Figura 24.**



**Figura 24.** Esquematización de tarjeta electrónica

## Simulación de funcionamiento de circuito electrónico.

Simular circuito en programa Proteus 7.9 para analizar el funcionamiento determinando el rendimiento necesario para su función. Queda pendiente revisar las señales requeridas por la computadora del vehículo con ayuda de un escáner. **Figura 25.**



**Figura 25.** Simulación en software

## Ajustes de programa y medidas.

Ajustar parámetros de tapa debido a que hubo medidas erróneas en el diseño, una vez corregidas se comenzó con la manufactura de las tapas. Para la producción de cada una se invirtió alrededor de 1 hora 30min.

## Cotización de maquila para componentes de celda.

Cotizar en dos empresas especializadas en la manufactura de piezas de acrílico y placas de acero inoxidable, debido a que se invierte mucho tiempo en la manufactura de las piezas. Se pide precio de manufactura a menudeo y mayoreo.

## Cotización de material y búsqueda de proveedores

Cotizar lamina de acero inoxidable 316 (clave de dureza y tipo de aleación del acero) calibre 16 (estándar para indicar el grosor de la lámina equivalente a 1.9 mm) para maquinar las piezas de la celda de hidrógeno.

Investigar ubicación y precio de posibles proveedores de lámina de acero inoxidable para la fabricación de las celdas de hidrogeno. Con la investigación se detectó que no es fácil encontrar el tipo adecuado de acero en la ciudad de Aguascalientes y sus alrededores.

El acero inoxidable tiene que ser en lámina calibre 14 (Estándar de grosor equivalente a 1.9 mm), de grado 316 (grado de calidad de la aleación y dureza del acero).

### **Compra de lámina y maquinado de piezas**

Comprar lámina con proveedor localizado en el sur de la ciudad de Aguascalientes, solo vende por lámina completa y no por pedacera. Una vez realizada la cotización, se compra la lámina completa y se pide al proveedor que la mande al taller de maquinado con corte por chorro de agua.

Maquinar piezas de lámina y acrílico en taller de corte por chorro de agua, este procedimiento utiliza una boquilla en la cual sale agua a alta presión combinada con un abrasivo (arena fina), esto permite cortar la lámina apuntando y dirigiendo la boquilla en la forma que se desee mediante coordenadas asignadas por computadora.

### **Recepción de material**

Recibir material maquinado por parte de proveedor, con formatos de entrega y empaquetados. Ver **Figura 26**.



**Figura 26.** Material maquinado, listo para ensamble.

### **Armado de celdas**

Armar las celdas con piezas nuevas, utilizando tornillería y o-ring's (empaques circulares que sirven para sellar las placas) de las celdas de prueba. Queda pendiente el armar una tercera, ya que hacen falta materiales de ensamble como los tornillos y o-ring nuevos. Las celdas armadas quedaron como se muestran en la **Figura 27**



**Figura 27.** Celda armada con piezas modificadas en su diseño.

En la **Figura 28** se observa la diferencia entre una celda de prueba y una celda ya modificada.



**Figura 28.** Comparación entre celdas

### **Terminación de maquinado en tapas y armado final de celdas**

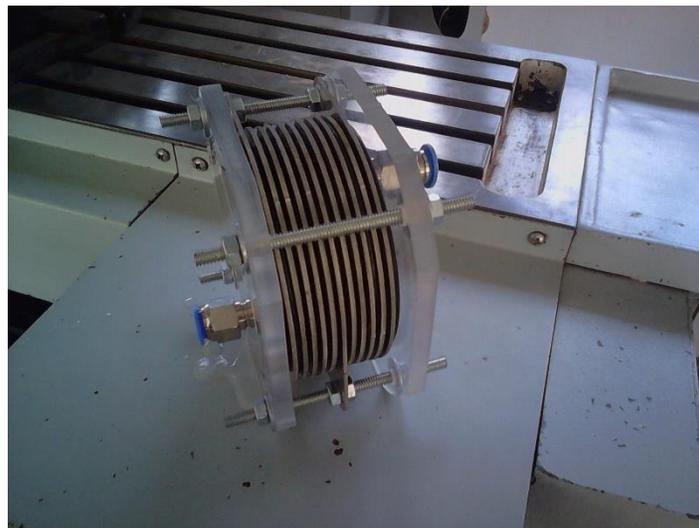
Realizar machuelado de cuerda para colocar conectores rápidos en tapas de las celdas.

### **Figura 29**



**Figura 29.** Machuelado de cuerda para conector

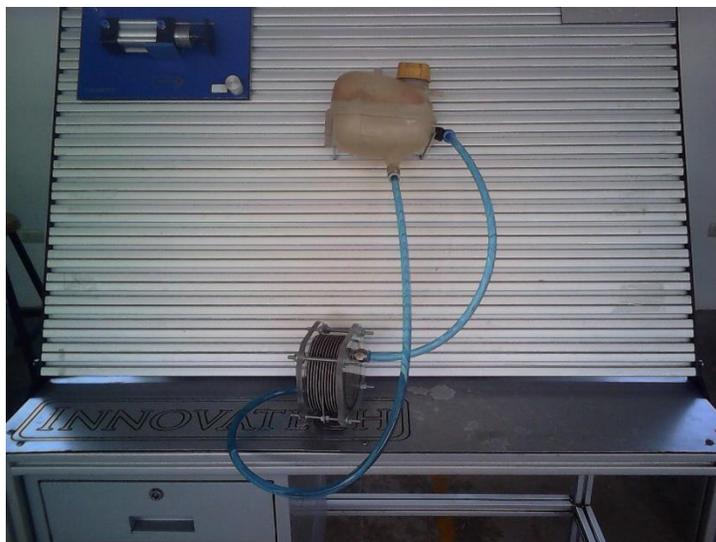
Armar celda con todos los componentes necesarios para su funcionamiento. **Figura 30**



**Figura 30.** Celda armada completamente

### **Pruebas de montaje**

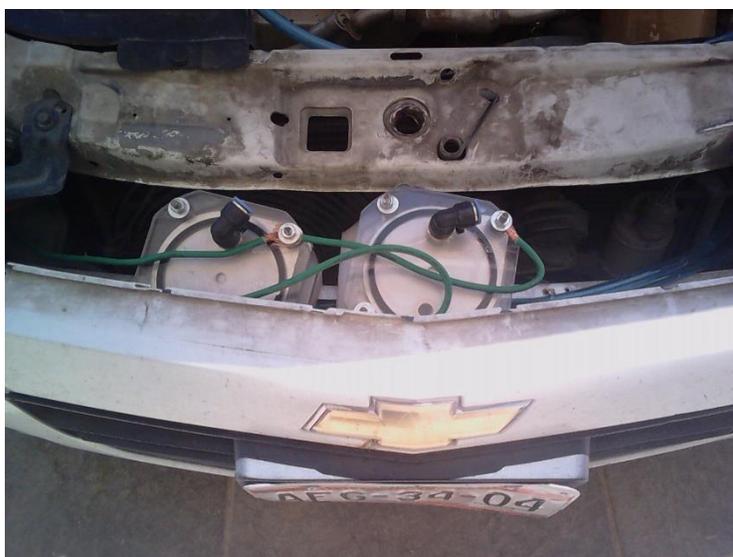
Realizar acondicionamientos para montar depósito y celda en banco de prueba. **Figura 31**



**Figura 31.** Ajuste de montaje en banco.

### **Reacomodo de celdas en vehículo**

Definir el lugar indicado para montar las celdas cumpliendo con las características que dio el fabricante para no alterar y mermar su funcionamiento. **Figura 32**



**Figura 32.** Propuesta de montaje en facial de vehículo

Anteriormente se tenían colocadas en la parte inferior del chasis del vehículo, sin embargo esto ocasionaba muchos movimientos para desarmar y armar los componentes del coche. Es por ello que se propuso la mejora de montarlas enfrente del vehículo para hacerlo de manera rápida y con mayor facilidad.

### **Propuesta de moldes con esponja sintética**

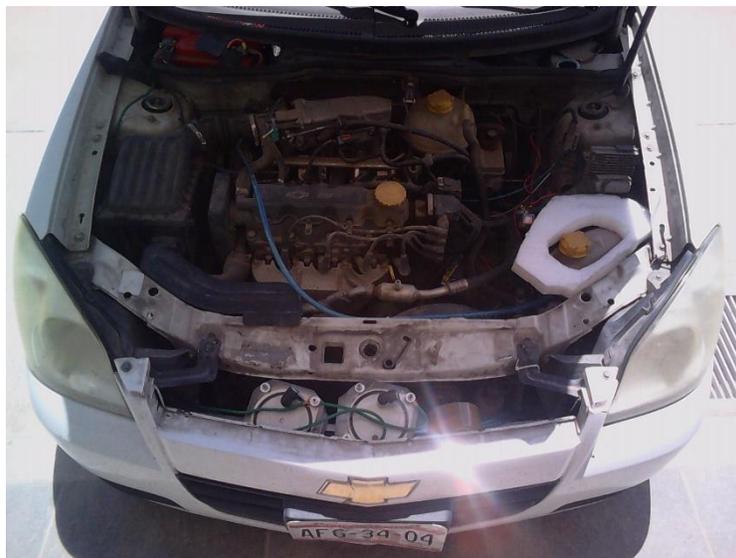
Colocar recortes y moldes adecuados para el montaje de las celdas en vehículo, así como el depósito de agua, como se muestra en la **figura 33**.



**Figura 33.** Moldes propuestos para la sujeción de depósito de agua

### **Pruebas de funcionamiento del vehículo**

Realizar pruebas con celdas montadas en vehículo, trabajándolo normalmente en carretera y en ciudad para determinar si la colocación de las celdas en el sitio propuesto afecta en el funcionamiento del normal del coche. **Figura 34**



**Figura 34.** Ajuste de montaje en vehículo.

## Funcionamiento de celda de pruebas

Realizar pruebas de funcionamiento de la celda destinada para ello, realizando las siguientes actividades. **Figura 35**

- 1- Medición de resistencia eléctrica llena de agua sin electrolito. Obteniendo una lectura de  $2.5\text{ K}\Omega$  (ohm – unidad de resistencia eléctrica-)
- 2- Medición de resistencia eléctrica llena de agua con electrolito. Obteniendo una lectura de  $0\Omega$ .



**Figura 35.** Medición de resistencia eléctrica

## Conexión y funcionamiento

Realizar prueba de funcionamiento alimentando la celda con voltaje directo mediante una fuente de corriente. Analizar comportamiento y cantidad de producción de hidrógeno. **Figura 36.**



**Figura 36.** Prueba de funcionamiento

### Medición de electrolito

Realizar medición de electrolito por cada litro de agua. Se concluye que la cantidad adecuada para el tipo de celda es de 10gr de hidróxido de sodio por litro de agua para tener un amperaje de consumo de 10 A por cada celda.

### Funcionamiento de celda en vehículo

Realizar pruebas de funcionamiento de la celda en instalada en el vehículo, controlando la alimentación eléctrica con un interruptor manual. **Figura 37**



**Figura 37.** Sistema instalado en vehículo

### Medición y funcionamiento de celda instalada

Realizar prueba de funcionamiento alimentando la celda con voltaje directo del alternador obteniendo una lectura de 5 amperes a 12 volts, determinando que el consumo no es el ideal para una sola celda, debido que los cables de alimentación pre instalados no son los adecuados para tal función. **Figura 38**



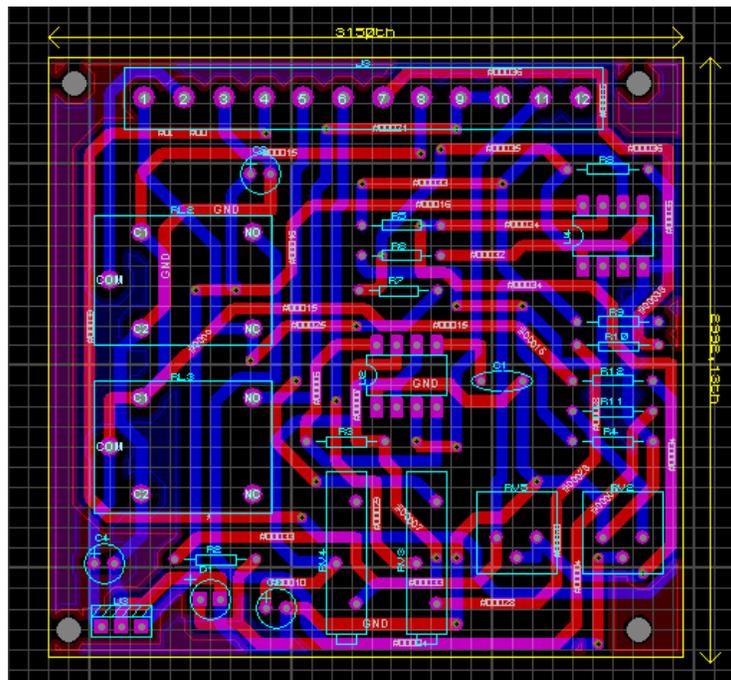
**Figura 38.** Medición de corriente eléctrica

### Cotización de tarjeta de control

Pedir cotización de tarjeta PCB (Printed circuit board), con proveedor de maquinados especializados en este tipo de trabajos.

### Corrección de diseño de tarjeta electrónica

Realizar ajustes de venas y nodos, debido a que el proveedor pidió dichas modificaciones para poder definir la cotización de la manufactura. **Figura 39**



**Figura 39** Diseño final de tarjeta de control electrónica PCB (printed circuit board)

### Fabricación de moldes

Realizar la fabricación de los moldes con espuma de poliuretano para ensamblar y montar la celda en vehículo **Figura 40**



**Figura 40.** Inyección de poliuretano en base de celda

### Reparación de vehículo

Reparar motor de arranque del coche debido a una falla presente en el sistema mecánico de acoplamiento al motor y solenoide (sistema electromecánico que acopla al motor de arranque con el sistema de transmisión del motor a combustión interna). **Figura 41**



**Figura 41.** Piezas dañadas que se reemplazaron

## Re ensamble de la celda

Proponer una mejor forma de ensamble de la celda, debido a que sólo se instalará una en el vehículo por órdenes del dueño de la empresa, puesto que en la visita hecha en días anteriores analizo el flujo de hidrógeno generado por una celda e indico que no es necesario colocar dos en el vehículo, por el tamaño del motor. **Figura 42**



a)



b)

**Figura 42** a) Perforación de lámina para fijación de la celda. b) Celda fijada adecuadamente en la base frontal

## Inyección de espuma para molde de depósito.

Realizar molde para depósito de agua y fijar su lugar. Aplicar aislante para evitar que la espume se adhiera a la superficie de los componentes a fijar. **Figura 43**



**Figura 43** Fabricación del molde para depósito de agua.

### **Desmontar el molde de sujeción de depósito**

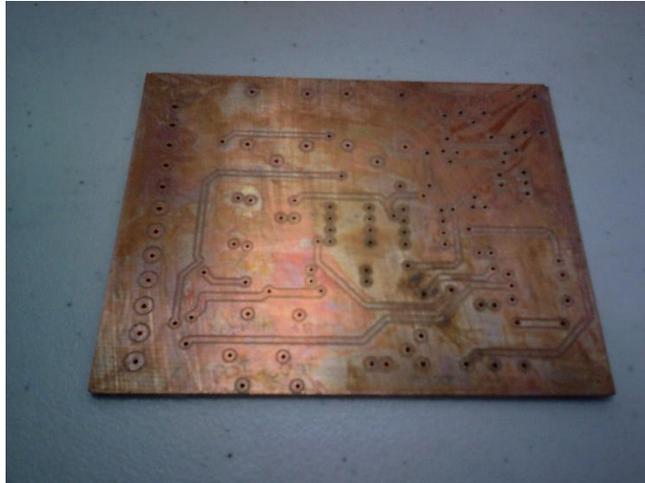
Retirar molde para su acabado exterior, sin embargo no se moldeó correctamente, por lo que fracasó la primera prueba. Queda pendiente realizar otro molde. **Figura 44**



**Figura 44** Molde dañado por falta de adhesión del material

### **Manufactura de tarjeta PCB**

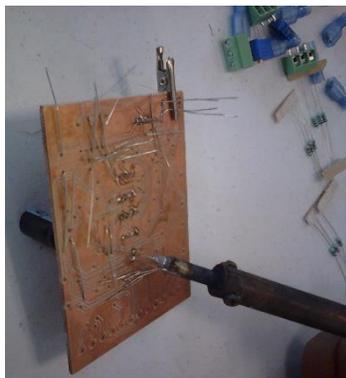
Maquinar tarjeta PCB (Tarjeta de Circuito Impreso) con proveedor y revisar su terminado como se muestra en **Figura 45**



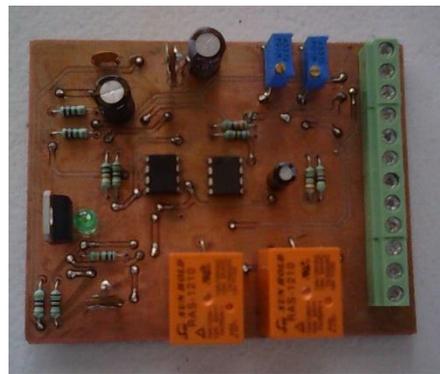
**Figura 45.** Tarjeta PCB terminada lista para ensamblar componentes

### **Ensamble de componentes electrónicos**

Ensamblar componentes electrónicos en la tarjeta PCB, analizando la ubicación de los elementos y conexiones correctas. Soldar componentes con estaño. **Figura 46**



a)



b)

**Figura 46** a) ensamblado de componentes electrónicos; b) Tarjeta terminada

### **Conexión y prueba de la tarjeta PCB**

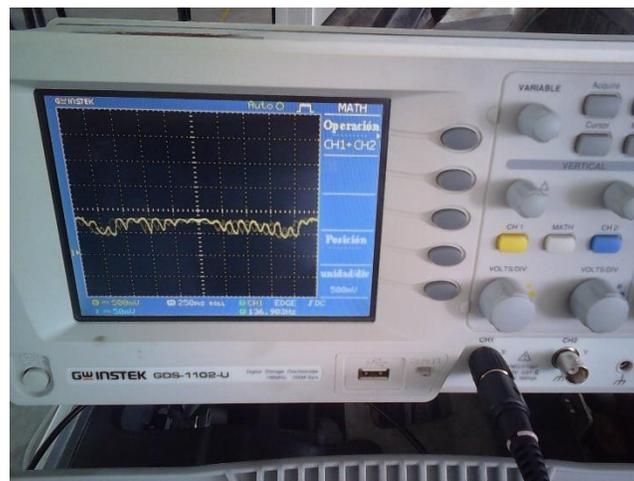
Realizar pruebas eléctricas y de conexiones con señales de los sensores del vehículo analizándolas con el osciloscopio. **Figura 47**



**Figura 47** Pruebas de funcionamiento eléctrico de tarjeta PCB

### **Análisis de señal de sensor de oxígeno.**

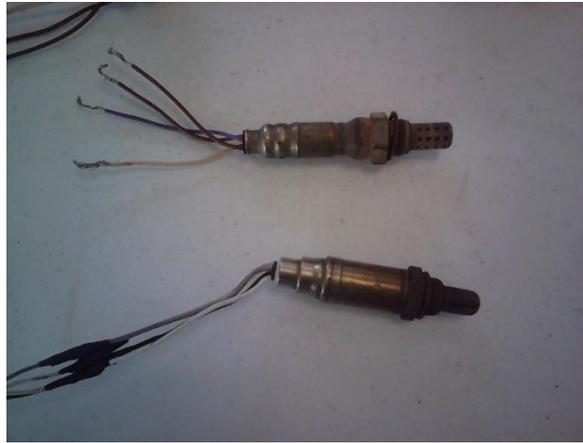
Verificar la respuesta de salida del sensor de oxígeno, detectando una posible avería en su operación debido a que no genera las señales adecuadas como lo indican sus especificaciones las cuales indican que el rango de oscilación de la señal debe de estar entre los 0.1 – 0.9 volts. En la gráfica del osciloscopio esta condición de operación no se cumple pues oscila entre los 0.5 -0.9 volts. Requiere análisis mediante un escáner automotriz para determinar la posible falla. **Figura 48.**



**Figura 48** Grafica de funcionamiento de sensor de oxigeno averiado en pantalla de osciloscopio.

### Prueba de funcionamiento de sensor oxígeno usado.

Conseguir sensor de oxígeno usado para realizar pruebas de funcionamiento en el vehículo. Retirar sensor dañado y verificar su operación. **Figura 49**



**Figura 49** Sensores de oxígeno (superior dañado)

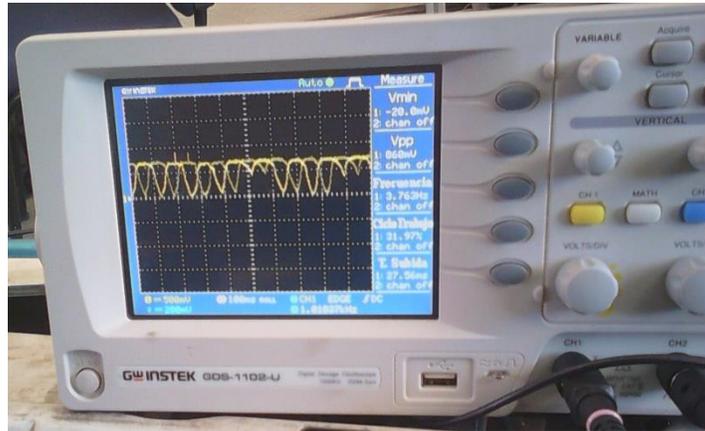
Al encender el motor se analiza la señal del sensor usado, sin embargo el sensor no opera satisfactoriamente como requiere el motor del vehículo para obtener una combustión adecuada.

### Cambio de sensor de oxígeno.

Realizar cambio de sensor usado por uno nuevo, para verificar que las alarmas presentes sean borradas del sistema de alarmas del vehículo. Una vez cambiado se analizan las señales de respuesta del sensor en el osciloscopio. En las mediciones se detectó el comportamiento adecuado de todos los parámetros medidos del sensor nuevo, comprobado así su funcionamiento adecuado. **Figura 50**



a)



b)

**Figura 50.** a) Sensores de oxígeno (nuevo y usado); b) señal de respuesta adecuada del sensor nuevo en funcionamiento.

### Borrar códigos de falla del vehículo

Borrar memoria de las alarmas presentes en el vehículo, puesto que el sensor de oxígeno fue reemplazado. Las alarmas no deberían de haberse activado si no hay fallas presentes en el coche. Sin embargo, volvió a presentarse un a alarma en el tablero. **Figura 51**



a)



b)

**Figura 51** a) Check engine apagado, indicando que no hay alarmas presentes; b) Check engine encendido indicando una falla.

## Escaneo del vehículo

Realizar escaneo con el equipo adecuado para detectar la falla que está causando que se alarme de nuevo el coche. Se consiguió escáner con ayuda de un profesor del Tecnológico, para ello fue necesario acudir con un mecánico automotriz para adquirir el equipo, una vez obtenido, se revisa el vehículo detectando una falla en el sensor de detonación. El sensor de oxígeno se revisa encontrándolo en óptimas condiciones de trabajo, **Figura 52**



a)



b)

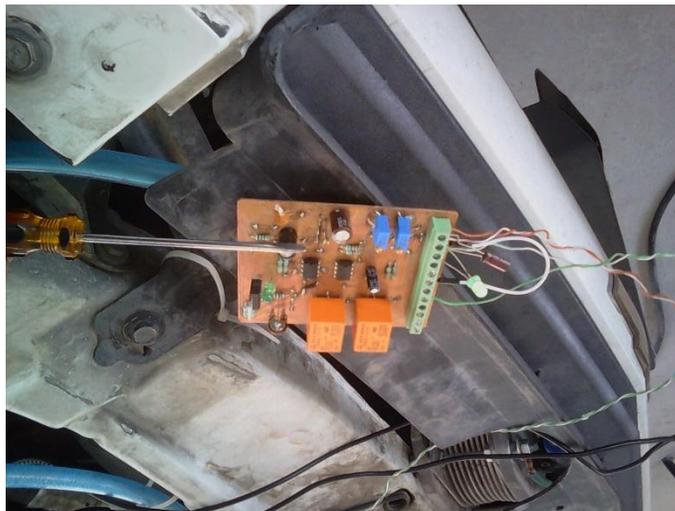
**Figura 52** a) señal de respuesta del sensor de oxígeno trabajando adecuadamente como se muestra en la gráfica de la pantalla. b) alarma detectada por el escáner indicando falla en sensor de detonación.

## Conexión de tarjeta electrónica

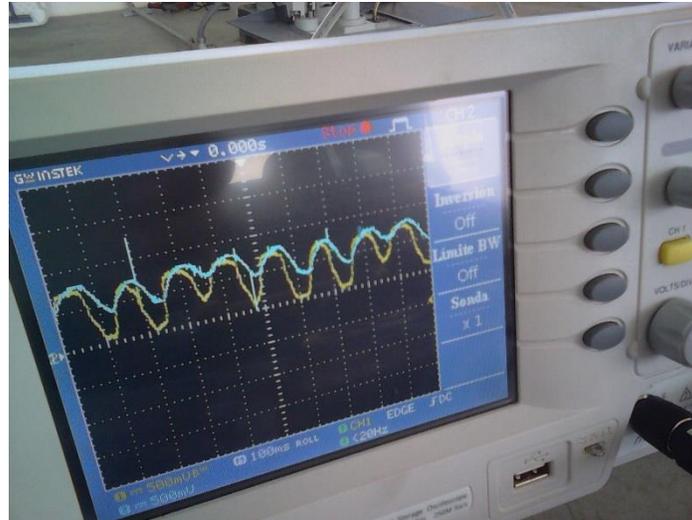
Realizar prueba y calibración de tarjeta electrónica adecuando la señal del sensor de oxígeno para manipular la respuesta de la computadora. **Figura 53**



a)



b)

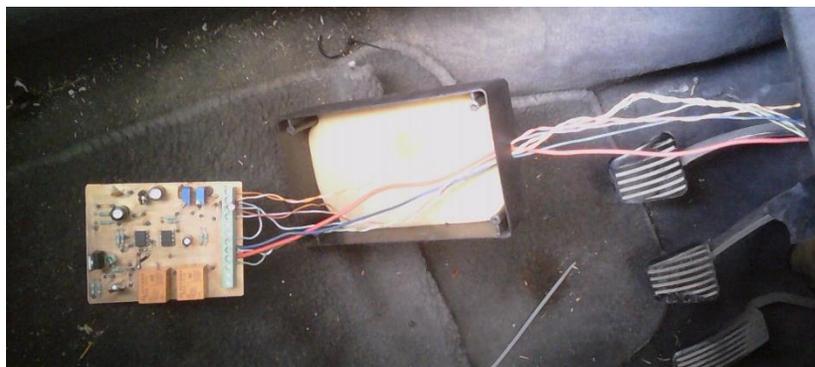


c)

**Figura 53** a) conexión de tarjeta electrónica en vehículo para realizar pruebas de funcionamiento. b) calibración de la tarjeta electrónica. c) señales de respuesta modificadas, se observa una onda superior (señal de salida de la tarjeta electrónica ya modificada) y una inferior (señal de entrada real del sensor de oxígeno.)

### Prueba de funcionamiento del vehículo con señal de sensor de oxígeno alterada

Realizar recorridos de prueba con celda y todo el dispositivo montado en el coche para analizar el funcionamiento del sistema. Acondicionando las conexiones para operar el sistema desde el interior del coche. **Figura 54**



**Figura 54.** Montaje de la tarjeta en vehículo para realizar pruebas de funcionamiento.

## Finalizar molde de poliuretano

Terminar con molde de poliuretano para base de depósito de agua. Realizar inyección de espuma en molde y darle la forma del recipiente. **Figura 55**



a)



b)

**Figura 55** a) Espuma inyectada en molde b) Base de poliuretano terminada

## Toma de tiempos de ensamble

Determinar el tiempo necesario para la instalación y montaje del sistema completo en el vehículo, aplicando las mejoras en soportes y fijaciones. Se toman tiempos para las diferentes actividades que se realizan en el montaje del sistema. **Tabla 2**

Paso	Descripción	Tiempo
1	Cableado de sensores oxígeno y MAP	10 min
2	Conexión de interruptores y alimentación eléctrica para el circuito de control.	20 min
3	Cableado de alimentación eléctrica y control de potencia para celda	15 min
4	Montaje de celda	10 min
5	Montaje de depósito de agua y conexiones	5 min
6	Conexión y montaje de tarjeta PCB	20 min
7	Calibración y ajuste de circuito con sistema operando	20 min
<b>TOTAL:</b>		<b>100 min. = 1hr con 40 min</b>

**Tabla 2** Medición de tiempos y movimientos a ritmo normal del montaje completo en vehículo.

A este tiempo obtenido se le agregaron los tiempos complementarios para lo cual se determinó que:

En los suplementos personales se determinaron en estándar, ya que es un proceso nuevo no se consideran estos aspectos.

Habilidad: =  $\pm 0.0$   
Esfuerzo: =  $\pm 0.0$   
Consistencia: =  $\pm 0.0$   
Condiciones: =  $\pm 0.0$

Para los de descanso y suplementarios se añadieron tiempos de acuerdo a las necesidades y condiciones de trabajo para hombres, tales como:

Necesidades personales = +5%  
Por fatiga = +4%  
Trabajo de pie = 2%  
Mala postura = 2%

Sumando estos porcentajes de tiempo se tiene que se debe de agregar un 13% más de tiempo al que se tomó a ritmo normal para tener así un análisis completo incluyendo el tiempo complementario y un mejor resultado.

Por lo tanto, una vez añadido este tiempo al que se obtuvo en las mediciones resulta que el tiempo completo de proceso de montaje es de:

***113 min = 1hr con 53 minutos ≈ 2 horas.***

El proceso general de instalación y montaje se redujo de tres horas a dos horas, logrando reducir en un 30% el tiempo invertido en la instalación del sistema mejorando considerablemente su calidad y funcionamiento general. Cabe mencionar que las tres horas que se contemplaron en el montaje inicial del sistema no considera los tiempos complementarios de la actividad, por lo que la mejora es mayor a la estimada.

## Resultados

El proyecto de eficientar la implementación de la celda en el vehículo se logró satisfactoriamente, debido a que los tiempos de producción, ensamble y montaje del equipo en el vehículo se redujeron hasta en un 47% aumentando la productividad del dispositivo con una mejor calidad.

El rendimiento del automóvil, el tiempo de ensamble, la manufactura, el diseño de la celda y el diseño y manufactura de la tarjeta PCB, mejoraron considerablemente en comparación con los que se diseñaron por parte de los fabricantes del dispositivo. Como se muestra en la **Tabla 3**.

Diseño original	Rediseño	Mejoras
Celdas montadas en salpicaderas del vehículo	Celdas montadas en parte frontal del vehículo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Requiere desarmar menos piezas del vehículo para montar las celdas.</li><li>• No hay accesos complicados para maniobrar.</li><li>• Facilita la instalación completa del sistema.</li><li>• Mejora la ventilación de las celdas</li><li>• Optimiza su funcionamiento</li><li>• Facilita las conexiones.</li></ul>
Uso de mangueras automotrices y conectores espiga	Implementación de mangueras con conexiones rápidas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evita el uso de abrazaderas sin fin.</li><li>• Mejora la hermeticidad de las conexiones.</li><li>• Conexiones seguras y fáciles de manipular.</li><li>• Facilita la colocación y retiro de la celda en cualquier momento.</li><li>• Conexiones accesibles en el mercado.</li><li>• Uso de mangueras de plástico que no alteran el funcionamiento de la celdas.</li></ul>
Fabricación de celda con materiales de reúso y aplicaciones de técnicas manuales.	Manufactura mediante el uso de software y maquinado CNC.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mejor calidad en los acabados.</li><li>• Eficiencia y aprovechamiento del material.</li><li>• Facilita el rediseño mediante software.</li><li>• Reduce el tiempo de manufactura de las piezas.</li><li>• Facilita la manufactura a gran escala.</li><li>• Aumenta la precisión del diseño.</li></ul>

Fabricación y ensamble de tarjeta electrónica con materiales de prototipo.	Diseño y construcción de tarjeta PCB (Printed Circuit Board )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficientar la funcionalidad del circuito de control</li> <li>• Mejor manipulación de los elementos electrónicos.</li> <li>• Eficiencia en el manejo de las señales a modificar.</li> <li>• Reducción de espacio.</li> <li>• Diseño realizado en software especializado</li> <li>• Permite la simulación del circuito sin necesidad de conectarlo en físico.</li> <li>• Manufacturado con equipo CNC.</li> <li>• Uso de componentes electrónicos del mercado local</li> <li>• Permite la manufactura a gran escala</li> </ul>
Colocación de sujetadores metálicos atornillados para depósito de agua	Implementación de espuma de poliuretano para fabricación de soporte del depósito de agua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita el montaje y sujeción del depósito de agua.</li> <li>• No requiere atornillarse a la estructura del vehículo</li> <li>• Evita el desmontaje de piezas en el vehículo para su colocación.</li> <li>• El diseño es estándar para vehículos del mismo tipo y modelo.</li> <li>• Permite su fabricación a gran escala.</li> </ul>

**Tabla 3** Comparación de diseños y mejoras

Cabe mencionar que la eficiencia de aprovechamiento de los materiales y el costo de la manufactura se mejoraron en cuestión de tiempo, sin embargo, el costo se elevó. Si se quiere eficientar la producción es necesario invertir en la maquila para ahorrar tiempos de producción de las celdas en caso de una fabricación masiva.

El procedimiento de montaje se simplificó debido a que la colocación del sistema se realiza en la parte frontal del vehículo, garantizando una ventilación adecuada sin necesidad de desmontar la fascia y salpicadera, esto permite ahorrar tiempo de montaje y sujeción, además se realizó el molde de poliuretano para el depósito de agua, eficientando su colocación en el chasis del coche. Los conectores rápidos (racor) son de mucha ayuda para optimizar las conexiones de las mangueras y su manipulación de posicionamiento en la estructura de la carrocería.

La tarjeta electrónica se rediseñó con ayuda de software (Proteus 7.9), mejorando el ensamble y la funcionalidad del circuito, reduciendo las interferencias por cortos circuitos o falsos contactos entre las terminales. Se le agregó una serie de clemas (conexiones con tornillo) para facilitar la conexión de los cables, además de que se redujo el espacio

del circuito impreso en una tablilla maquinada con CNC (Control Numérico Computacional).

Se logró un rendimiento del 30% – 40% de la gasolina con el dispositivo en operación, este rango puede variar dependiendo de las condiciones del vehículo, tales como: temperatura, falla mecánica, presión de las llantas, velocidad de trabajo, mantenimiento, falla en sensores...Esto se logró con ayuda de la manipulación de la señal del sensor de oxígeno para manipular el funcionamiento de la computadora y provocar que inyecte menos gasolina.

## Conclusiones

The process of improving the manufacturing times and implementation of hydrogen generating system they were reduced significantly, thereby complying with the objectives of the initial project.

The main problems were presented in the development the project Were:

- Excess of time invested in manufacturing parts of the cell in milling machines
- Perform quotes to buy material necessary
- High prices in the prototype manufacturing
- Mechanical and electronic failures in the vehicle
- Circuit analysis and calibrations of the control sensor signals
- Lack of detailed information on the overall system performance by Manufacturer

These problems and limitations caused delay in the process eficientación, because for activities that were not indispensable.

It is noteworthy that even with the problems generated during the process not affected the principal objective, of both the cell design, assembly, card design and manufacturing of the parts they improved as a whole. All process was improved.

In the analysis process improvement, it is to make measurements of hydrogen (H<sub>2</sub>) to subsequently develop a system monitored that cense the amount of hydrogen generated in the cells in real time, so that it can be implemented as a universal mated accessory indicators in the vehicle, so we can to control the system with visual aids and detect failures in the main system.

**Programa de actividades Cronograma de actividades**

Actividades por Quincena	Ene-2a	Feb-1a	Feb – 2a	Mar – 1a	Mar – 2a	Abr-1a	Abr – 2a	Mayo – 1a	Mayo-2a
EFICIENTAR MÉTODO DE MONTAJE									
MANUFACTURA Y ARMADO DE LA CELDA									
ANALISIS Y FABRICACION DE TARJETA PCB									
TOMA DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS									
PRUEBAS Y CALIBRACIÓN									

## Referencias

**A. Maclennes. (1961) "The Principles of Electrochemistry". New York. Dover Publications, Inc.**

**Brentner LB, Peccia J, Zimmerman JB. (2010). Challenges in developing biohydrogen as a sustainable energy source: Implications for a research agenda. Environ Sci Technol**

**C. Potter. (1961). "Electrochemistry. Principles & Applications". London. Clearer-Hume Press Ltd.**

**G. C. Roberto. (2005). Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo, Segunda Edición. México. McGraw Hill**

**HINO, R., HAGA, K., AITA, H., SEKITA, K. (2004) "R&D on hydrogen production by high-temperature electrolysis of steam". Nuclear Engineering and Design**

**N. J. Selley. (1976). "Experimental Approach to Electrochemistry". New York. John Wiley & Sons.**

**P. E. Roig. (1012). "Termodinámica, séptima edición". México D. F. McGraw-Hill.**

**P. E. Roig. (2007). "Química, novena edición". México D. F. McGraw-Hill.**

**P. E. Roig. (2012) "Termodinámica, séptima edición". México D. F. McGraw-Hill.**

**R. L. Mott. (2006). "Mecánica de fluidos". México. PEARSON Educación.**