

**Enero-junio
2018**



**JUAN ANDRÉS
PACHECO GALLEGOS**

CONTROL Y MONITOREO DE VARIABLES EN CELDA DE HIDROGENO E INYECCIÓN AL VEHÍCULO NISSAN TSURU 2011

**REPORTE FINAL PARA ACREDITAR RESIDENCIA
PROFESIONAL DE LA CARRERA DE MECATRÓNICA**

Eco-Innovación S.A. de C.V.



Lic. Juan Carlos Valdez Aguirre
Asesor externo

Dr. Víctor Herrera Ambriz
Asesor interno

01 de junio de 2018

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES

DEDICATORIAS

A Dios

Gracias por dejarme terminar este proyecto, siempre guiándome por el camino correcto y ayudándome a cumplir este y otros muchos objetivos en la vida.

A mis padres:

Alma Liliana

Agustín

Por estar siempre que los necesito, son las personas que me ayudan a salir adelante día a día con sus ánimos y sus bendiciones, gracias por todo lo que me han dado y me siguen dando, los quiero mucho Mamá Alma Liliana y papa Agustín.

A Mi Familia:

Zuleyma

Mateo

Por su gran amor y paciencia en todas mis actividades a lo largo de todo este tiempo, es muy bueno saber que estarán ahí y que nos apoyamos en nuestros proyectos de vida, los amo.

A mis hermanos:

Fabian, Agustín, Paola y Jesús:

Que al igual que mis padres, me han apoyado en muchas decisiones importantes, también me han aconsejado de la manera correcta y siempre ha sido, es y seguirá siendo muy grato confiar en ustedes y tener una muy buena relación, los quiero demasiado hermanos.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor:

Dr. Víctor Herrera Ambriz.

Por su apoyo, consejos, enseñanzas y sobre todo por la confianza que siempre me ha brindado. Por ayudarme a la obtención del grado de Ingeniero, muchas gracias.

Al Profesor:

Mc. Julio Acevedo Medina.

Por su apoyo, ayuda y clases impartidas dentro de la institución formándome como un buen ingeniero y poder llegar a cumplir este objetivo en mi vida.

A mis profesores:

Mc. Julio Acevedo Medina,

Dr. Víctor Herrera Ambriz,

Ing. Fernando Carmona Espinoza,

Ing. Filemón Rosales Arenas,

Ing. Edgar Zacarías Moreno,

Ing. Saúl Llamas Esparza,

Ing. Víctor Manuel Velazco Gallardo.

Por su enseñanza a lo largo de todo este tiempo, por compartir su conocimiento y ayudar en la formación de Ingenieros, gracias a todos.

Al departamento de Ingeniería del ITPA

Por permitirme obtener el grado de Ingeniero Mecatrónico, porque es un orgullo haberme formado profesionalmente en esta gran institución educativa llamada ITPA.

A mi Asesor externo y gran amigo:
Lic. Juan Carlos Valdés Aguirre.

Por su apoyo incondicional a lo largo del proyecto, también por los consejos y sobre todo por la confianza que me ha brindado.

Al director de la empresa INNOVA CALIDAD SC:
Ing. José Antonio González Muñoz.

Por la confianza y por creer en mí, ayudándome de manera económica para la realización de este proyecto, además por motivarme a hacer lo mejor día con día.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “CONTROL Y MONITOREO DE VARIABLES EN CELDA DE HIDROGENO E INYECCIÓN AL VEHÍCULO NISSAN TSURU 2011” está realizado dentro del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga (ITPA) en la Facultad de Ingeniería, con el propósito del monitoreo, control e inyección de hidrogeno al vehículo, desarrollando diversos dispositivos capaces de cumplir con lo proyectado, realizando un estudio sobre el comportamiento de un motor de combustión interna de un vehículo cuando se le agrega hidrogeno (H₂) como combustible complementario a partir de dos celdas de hidrogeno.

El objetivo primordial de este trabajo es controlar e inyectar hidrogeno al vehículo diseñando un dispositivo capaz de cumplir el aumento de rendimiento en el vehículo, además de disminuir la generación de Co₂ a la atmosfera y proponer una solución de producción que se adecue a las necesidades de los clientes y así poder manufacturar diferentes tipos de dispositivos con geometrías precisas para la fabricación de sistemas de inyección de hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011.

Aplicando una metodología de diseño se pretende establecer un orden de actividades y darle un buen seguimiento al proyecto, de tal forma que al generar el prototipo este sea capaz de reproducirse y/o mejorarse en cualquier lugar.

Este proyecto requiere diseñar un dispositivo para garantizar el aumento de rendimiento y disminución de Co₂ en el vehículo.

Como primer aspecto en este trabajo se muestra una descriptiva sobre la generación de hidrogeno, combustibles fósiles, generación de Co₂, y aumento de rendimiento en vehículos, así como su desarrollo a través de la historia, su funcionamiento y aplicaciones primordiales. Al final del documento se presentan los resultados obtenidos de los objetivos propuestos, con estos resultados se determina si es viable o no la construcción del mismo.

ABSTRACT

The present work of investigation titled "MONITORING AND CONTROL OF VARIABLES IN CELL OF HYDROGEN AND INJECTION TO THE VEHICLE NISSAN TSURU 2011" is realized inside the Technological Institute of Pavilion of Arteaga (ITPA) in the Faculty of Engineering, with the purpose of the monitoring, control and injection of hydrogen to the vehicle, developing various devices able to comply with the project, conducting a study on the behavior of an internal combustion engine of a vehicle when hydrogen (H₂) is added as a supplementary fuel from two hydrogen cells .

The main objective of this work is to control and inject hydrogen to the vehicle designing a device capable of meeting the increase in performance in the vehicle, in addition to reducing the generation of Co₂ in the atmosphere and proposing a production solution that meets the needs of customers and thus be able to manufacture different types of devices with precise geometries for the manufacture of hydrogen injection systems to the 2011 Nissan Tsuru vehicle.

Applying a design methodology is intended to establish an order of activities and give a good follow-up to the project, so that when generating the prototype it will be able to reproduce and / or improve itself in any place.

This project requires designing a device to guarantee the increase of performance and decrease of Co₂ in the vehicle.

The first aspect of this work is a descriptive one about the generation of hydrogen, fossil fuels, generation of Co₂, and increase of performance in vehicles, as well as its development through history, its operation and primary applications.

At the end of the document the results obtained from the proposed objectives are presented, with these results it is determined if the construction of the same is viable or not.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES	I
<i>DEDICATORIAS</i>	I
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	II
<i>RESUMEN</i>	IV
<i>ABSTRACT</i>	V
ÍNDICE	VI
Lista de Tablas	IX
Lista de Figuras	X
CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
<i>INTRODUCCIÓN</i>	1
<i>ECO-INNOVACIÓN S.A. DE C.V.</i>	4
<i>ÁREA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE</i>	4
<i>PROBLEMA A RESOLVER</i>	5
<i>JUSTIFICACIÓN</i>	6
<i>OBJETIVOS</i>	7
<i>Objetivo general</i>	7
<i>Objetivos específicos</i>	7
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	8
<i>DEFINICIÓN DE VEHÍCULO HÍBRIDO</i>	8
<i>HISTORIA</i>	9
<i>LOS PRIMEROS PROTOTIPOS MODERNOS</i>	10
<i>LOS HÍBRIDOS VUELVEN AL MERCADO</i>	12
<i>FUENTES DE ENERGÍA</i>	15
<i>FUENTES DE ENERGÍA NO RENOVABLES</i>	16
<i>CARBÓN</i>	17
<i>GAS NATURAL</i>	18
<i>PETRÓLEO</i>	18
<i>IMPORTANCIA DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES</i>	20
<i>CONSECUENCIAS DEL USO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES</i>	20
<i>EFFECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES</i>	21
<i>LLUVIA ÁCIDA</i>	21

<i>EFECTO INVERNADERO</i>	22
<i>CALENTAMIENTO GLOBAL</i>	24
<i>HIDRÓGENO</i>	25
<i>PROPIEDADES</i>	25
<i>PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO</i>	27
<i>OBTENCIÓN MEDIANTE HIDROCARBUROS</i>	27
<i>PIROLISIS</i>	27
<i>ELECTRÓLISIS</i>	28
<i>ALMACENAMIENTO DEL HIDRÓGENO</i>	29
<i>ESTADO GASEOSO</i>	29
<i>ESTADO LÍQUIDO</i>	31
<i>ESTADO SÓLIDO</i>	31
<i>SISTEMA MOTOR DE 4 TIEMPOS</i>	32
Los motores de 4 tiempos son los más populares de la actualidad, casi en cualquier tipo de vehículo.	32
CAPÍTULO 4: DESARROLLO	37
<i>METODOLOGÍA DE DISEÑO</i>	37
<i>PLANEACIÓN</i>	38
<i>IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES</i>	38
<i>LAS PRIORIDADES DEL PROYECTO</i>	39
<i>PLANEACIÓN DEL ANTEPROYECTO</i>	40
<i>Identificación de las necesidades</i>	41
CAPÍTULO 5: DESARROLLO DEL PROTOTIPO	53
<i>ESQUEMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACION DE HIDROGENO</i>	53
CAPÍTULO 6: RECEPCION DEL VEHICULO EN COMODATO	64
CAPÍTULO 7:	67
<i>Análisis del sistema:</i>	67
Obtención de graficas de comportamiento en el software LabVIEW	69
Presentación hacia la empresa innova calidad sc.....	74
CAPÍTULO 8: PROTOTIPO FINAL	75
Nuevo sistema de inyección de hidrogeno	75
Prueba con sistema de bomba de gasolina en otro tanque ajeno al vehículo	78

Nueva celda de hidrogeno incorporada.....	78
CAPÍTULO 9: RESULTADOS	82
Recorridos de trayectos Largos	84
PRUEBA DE MAS DE 100 KM EN INNOVA.....	86
CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES	90
CAPÍTULO 12: COMPETENCIAS DESARROLLADAS	91
Bibliografía.....	922

Lista de Tablas

Tabla 1. Declaración de la misión para el proyecto del diseño, control e inyección de hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011.	40
Tabla 2. Necesidades interpretadas para el proyecto del diseño, control e inyección de hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011.	41
Tabla 3. Lista de métricas para el proyecto del diseño, control e inyección de hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011.	42
Tabla 4. Plantilla de métricas con sus respectivas unidades para el proyecto del diseño, control e inyección de hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011.	43
Tabla 5. Benchmarking para el proyecto del diseño, control e inyección de hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011.	44
Tabla 6. Modelos y especificaciones de sistemas generadores de hidrogeno.	46
Tabla 7. Tabla de combinaciones para el sistema generador de hidrogeno.	48
Tabla 8. Tabla de combinaciones para el sistema de control e inyección.	48
Tabla 9. Tabla de filtrado de conceptos para el sistema de generación, control e inyección.	50

Lista de Figuras

Ilustración 1Henrie pieper - vehículo hibrido. (Martinez, 2015)	9
Ilustración 2.....	10
Ilustración 3Volkswagen Taxi (Javier, 2009).....	11
Ilustración 4Audi Duo II (Javier, 2009).....	12
Ilustración 5 Mercedes-Benz S 400 BlueHYBRID. (Javier, 2009).....	12
Ilustración 6Toyota Prius. (Javier, 2009)	13
Ilustración 7Toyota Prius. (Javier, 2009)	14
Ilustración 8Ford Escape Hybrid. (Javier, 2009)	14
Ilustración 9Energías renovables y no renovables. (Combustibles Fosiles, 2016)	16
Ilustración 10. Ciclo del Carbón. (Combustibles Fosiles, 2016)	17
Ilustración 11Extracción de gas natural. (Combustibles Fosiles, 2016).....	18
Ilustración 12Extracción de petróleo. (Combustibles Fosiles, 2016)	20
Ilustración 13Lluvia ácida. (Borja, 2017)	22
Ilustración 14Efecto invernadero. (ERNA & ORTEGA, 2007).....	23
Ilustración 15.Calentamiento global. (ERNA & ORTEGA, 2007)	24
Ilustración 16.Hidrogeno. (Xaudaró, 2011)	25
Ilustración 17.Hidrogeno-Pirolisis. (Xaudaró, 2011).....	28
Ilustración 18.Hidrogeno-Electrolisis. (Xaudaró, 2011)	28
Ilustración 19.Tanques usados para almacenar gas hidrogeno. (Xaudaró, 2011).....	30
Ilustración 20.Tanques usados para almacenar hidrogeno líquido. (Xaudaró, 2011).....	31
Ilustración 21.Principio de funcionamiento motor de gasolina. (Landin, 2011).....	33
Ilustración 22.Fase de admisión motor Wärtsilä. (Xaudaró, 2011).....	34
Ilustración 23.Enriquecimiento con hidrogeno en la carburación. (Xaudaró, 2011).....	36
Ilustración 24.Proceso de diseño genérico para la obtención de un producto de Karl T. Ulrich. (Ulrich, 2009).....	38
Ilustración 25.Microcontrolador raspberry pi (UPTON, 2013)	46
Ilustración 26.Microcontrolador Arduino UNO. (UPTON, 2013).....	47
Ilustración 27.Celda de hidrogeno a optimizar.....	53
Ilustración 28.Medición del componente electrodo de acero inoxidable.....	54
Ilustración 29.Medición del componente de tapa de acrílico.	54
Ilustración 30.Medición del componente empaque.....	55
Ilustración 31.Medición de la tornillería.....	55
Ilustración 32.Diseño en SOLIDWORKS del componente electrodo de acero inoxidable.	56
Ilustración 33.Diseño en SOLIDWORKS del componente 2 de electrodo de acero inoxidable. .	56
Ilustración 34.Diseño en SOLIDWORKS del componente tapa de acrílico.	57
Ilustración 35.Diseño en MASTERCAM X del componente tapa de acrílico.	58
Ilustración 36.Manufactura del componente tapa de acrílico en fresadora cnc.	59
Ilustración 37.Componentes de la celda generadora de hidrogeno.	60
Ilustración 38.Celda generadora de hidrogeno armada completamente.	60
Ilustración 39.Diferencia entre celdas de hidrogeno.	61
Ilustración 40.Medición de resistencia y continuidad con multímetro.	62
Ilustración 41.Conexión de alimentación a la celda de generación de hidrogeno.	63
Ilustración 42.Recepción del vehículo en comodato.	64

Ilustración 43.Motor del vehículo Nissan Tsuru 2011.....	65
Ilustración 44.Cajuela del vehículo Nissan Tsuru 2011.....	65
Ilustración 45.Placa del vehículo Nissan Tsuru 2011.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 46.Interior del vehículo Nissan Tsuru 2011.....	65
Ilustración 47.Celda de hidrogeno instalada en el interior del vehículo.....	67
Ilustración 48.Monitoreo en diferentes sensores de fuel injection (TPS).....	69
Ilustración 49.Monitoreo en diferentes sensores de fuel injection.....	69
Ilustración 50.Monitoreo en diferentes sensores de fuel injection por medio del software LabVIEW.....	70
Ilustración 51.Monitoreo en diferentes sensores de fuel injection por medio del software LabVIEW.....	70
Ilustración 52.Medidor de flujo de caudal de agua actuando como medidor de gasolina.....	71
Ilustración 53.Software LabVIEW.....	73
Ilustración 54.Software LabVIEW programación de bloques.....	73
Ilustración 55.Presentación hacia la empresa Eco innovación.....	74
Ilustración 56.Electroválvula para flujo de agua.....	76
Ilustración 57.Electroválvula diseñada para flujo de gasolina.....	76
Ilustración 58.Prototipo montado en él vehículo.....	77
Ilustración 59.Cámara termográfica la cual se monitoreo el motor del vehículo.....	77
Ilustración 60.Tanque auxiliar para las pruebas de recorrido de trayectorias.....	78
Ilustración 61.Celdas de hidrogeno instaladas en el vehículo.....	79
Ilustración 62.Prototipo final instalado en el vehículo.....	80
Ilustración 63.Diseña de la rampa para la introducción de gasolina.....	81
Ilustración 64.Vehículo montado en la rampa.....	81
Ilustración 65.Obtención de datos en una trayectoria.....	83
Ilustración 66.Obtención de datos en una segunda trayectoria.....	83
Ilustración 67.Obtención de datos en comparación.....	84
Ilustración 68.Nivel antes de la prueba.....	85
Ilustración 69.Nivel despues de la prueba.....	85
Ilustración 70.Salida desde la gasolinera de ags.....	87
Ilustración 71.Inicio de la prueba de 200 km.....	88
Ilustración 72.Fin de la prueba de 200km.....	88

CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis muestra el desarrollo y proceso de un dispositivo para controlar e inyectar hidrogeno a un vehículo Nissan Tsuru 2011, su proceso de diseño, manufactura y las pruebas que se desarrollaron para asegurar su óptimo funcionamiento, esto con el propósito de implementarla al impulso de proyectos para el aprovechamiento de hidrogeno como combustible.

Como parte de los esfuerzos por contribuir al desarrollo de tecnologías más amigables con el ambiente, se ideó diseñar un sistema de control que interviene el sistema de inyección de combustible de un motor de combustión interna de un vehículo de gasolina, cuando se le adiciona hidrogeno a la mezcla de aire-combustible.

Su fin consistió en emplear de manera eficiente la gasolina y el hidrogeno para que además de disminuir el consumo de gasolina se disminuyan los gases contaminantes que son expulsados al ambiente.

De acuerdo con lo anterior, el presente documento contiene un análisis teórico y experimental del funcionamiento de un motor de combustión interna cuando se le agrega hidrogeno en el sistema de inyección de combustible y a partir de ésta se diseñó un controlador, basado en lógica programable, que permite una operación eficiente del sistema de inyección, el cual fue instalado en el vehículo para valorar su desempeño.

Este proyecto está constituido por “11” capítulos los cuales se describen a continuación.

En el capítulo 1, se introducen los preliminares para el proyecto, así como los dedicatorias y agradecimientos por parte del autor del proyecto, junto con el resumen de la elaboración.

En el capítulo 2, se abordan las generalidades para el desarrollo del proyecto, la introducción, la descripción de la empresa, el problema a resolver, la justificación y objetivos de la investigación.

En el capítulo 3, se presenta una serie de antecedentes referentes a los automóviles híbridos, su evolución y su importancia en el desarrollo tecnológico de la sociedad, así como también un estudio sobre el hidrogeno y su generación, en si todo lo relacionado para que se lleve a cabo la investigación.

En el capítulo 4, se muestra el trabajo realizado al aplicar la metodología de diseño, con la cual se definen las actividades realizadas para desarrollar un proyecto que cumpla con las expectativas de funcionamiento por parte del usuario, así como la obtención de características del diseño para evitar que el producto falle.

En el capítulo 5, se describe el desarrollo del diseño del prototipo de la celda generadora de hidrogeno, realizada a través de distintos softwares como SOLIDWORKS, MASTERCAM X, para el diseño y su manufactura, y algunas pruebas de funcionamiento de la celda.

En el capítulo 6, se muestra la recepción del vehículo Nissan Tsuru 2011 en comodato, el cual se utilizará de cómo vehículo de pruebas, durante el proyecto.

El capítulo 7, está enfocado a la obtención de datos, monitoreo de los diferentes parámetros y formas de inyectar hidrogeno al vehículo, con estos datos se puede realizar una correcta elección de cómo afecta la inyección de hidrogeno dentro del vehículo, además estos datos son indispensables para al análisis de control del hidrogeno.

En el capítulo 8, se muestra el diseño del prototipo final del dispositivo, sus características y su modo de ensamble, detallando cada una de sus piezas y funcionamiento.

El capítulo 9, se describen los resultados y el proceso de la aplicación del dispositivo actuando en el vehículo, esto con el fin de realizar un análisis funcional de cada una de las etapas que conforman al sistema, se reportan los resultados obtenidos en las pruebas con el vehículo, realizado con trayectorias largas y cortas en carretera.

En el capítulo 10, de este proyecto se dan a conocer las conclusiones entorno al funcionamiento del dispositivo, además se presenta una serie de recomendaciones finales para un trabajo a futuro.

En el capítulo 11, se brindan las competencias desarrolladas y aplicadas en el proyecto. Para concluir, se da a conocer una visión general del tema investigado de este trabajo de investigación donde se analizó de una forma práctica y sencilla para explicar los procesos mecatrónicos que se deben llevar a cabo para la implementación del dispositivo para controlar e inyectar hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011.

ECO-INNOVACIÓN S.A. DE C.V.

La empresa Eco-Innovación S.A. de C.V., Es una sociedad mercantil denominada ECO-INNOVACIÓN SOCIEDAD ANÓNIMA DE CAPITAL VARIABLE con personalidad jurídica y patrimonio propio, de conformidad con la secretaria de economía, cuya creación se sustenta en el instrumento número mil setecientos cincuenta y siete volumen LV con fecha 06 de junio de 2014.

Que tiene como objetivo, entre otras actividades:

1. La investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de combustión para vehículos automotores.
2. La investigación y desarrollo de procesos de auto combustión.
3. La investigación y desarrollo de procesos y mecanismos de mejoramiento del medio ambiente.
4. La producción de equipos con tecnologías que sirvan de apoyo para el mejoramiento del medio ambiente.

Que ha obtenido del Servicio de Administración Tributaria, Órgano Desconcentrado de la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, el Registro Federal de Contribuyentes (ECO140710L49).

ÁREA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE.

El proyecto de tesis se desarrollara en el área de investigación dentro del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga (ITPA) en la Facultad de Ingeniería, con el propósito del monitoreo, control e inyección de hidrogeno al vehículo, desarrollando diversos dispositivos capaces de cumplir con lo proyectado, donde, se homologarán las actividades de un Ing. mecatrónico realizando diseños y actividades de manufactura para contar con un portafolio de evidencias para posibles auditorias, con la finalidad de conocer y analizar las variables necesarias para el rendimiento disminución de CO₂.

PROBLEMA A RESOLVER

La empresa Eco-Innovación S.A. de C.V. actualmente pretende diseñar un vehículo híbrido utilizando celdas de hidrogeno con una configuración lo suficientemente estable durante recorridos o trayectorias de un lugar a otro, para poder emplear estos como modelo a seguir en la construcción de autos híbridos, empleando materiales económicos y fáciles de manufacturar.

Por lo cual, se hace necesario desarrollar un dispositivo que controle e inyecte hidrogeno al vehículo, utilizando el diseño y la manufactura por parte del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga.

De lo anterior, se desarrollará un dispositivo enfocado en los objetivos y alcances, aplicándolos a un vehículo de prueba y realizando trayectorias para ajustar los parámetros.

A su vez, en la actualidad se requieren vehículos que sean capaces de recorrer distancias sin perder potencia y aumentar el rendimiento y a su vez en generar menos emisiones a la atmosfera, lo cual se puede llevar a cabo, al incorporar distintos tipos de microcontroladores y actuadores al dispositivo para llevar a cabo recorridos cortos y largos.

JUSTIFICACIÓN

Como sabemos la tecnología va avanzando con el paso del tiempo, los automóviles híbridos tendrán su propia etapa, ya que no se conforma con algo bueno sino algo más innovador que abre paso a la creación de nuevos prototipos, que será algo más benéfico para la sociedad y claro para nuestro planeta.

A su vez existen algunos casos de estos automóviles de distintos dispositivos, por lo cual es conveniente emplear vehículos del tipo híbrido para poder economizar distintos viajes o trayectorias.

En este tipo de situaciones un vehículo con celda de hidrogeno incorporada es de gran ayuda ya que se sabe que el hidrogeno es muy volátil parecido a la gasolina y puede sustituir por determinado tiempo al combustible, lo cual iniciara otro tipo de vehículo híbrido que se podrá usar alternando la gasolina y el hidrogeno para distintos viajes, y al igual los vehículos son un medio para cuidar el medio ambiente ya que la tecnología de la que están constituidos estos es muy buena en cuanto al ahorro de gasolina y casi no produce emisiones de humo contaminantes, perjudiciales para nuestro planeta.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar, controlar y manufacturar un dispositivo capaz de inyectar hidrogeno al vehículo cumpliendo con el aumento del rendimiento en el vehículo, además de disminuir la generación de Co2 a la atmosfera y no alterar la potencia del motor.

Objetivos específicos

- Diseñar y construir un dispositivo capaz de inyectar hidrogeno al vehículo, considerando las principales variables y empleando materiales de fácil reparación, remplazo y bajo costo.
- Programar electrónicamente el dispositivo a través de un microcontrolador basado en programación.
- Investigar el comportamiento de un motor de combustión interna cuando se le adiciona una mezcla de hidrógeno y oxígeno producto de la separación de la molécula de agua por medio de la electrólisis.
- proponer una solución que se adecue a las necesidades del cliente.
- diseñar un dispositivo capaz de cumplir el aumento de rendimiento en el vehículo.
- manufacturar diferentes tipos de dispositivos con geometrías precisas para la fabricación de sistemas de inyección de hidrogeno al vehículo.
- controlar e inyectar hidrogeno al vehículo.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

DEFINICIÓN DE VEHÍCULO HÍBRIDO

Se denomina Vehículo o Automóvil híbrido a un vehículo en el cual la energía eléctrica que lo impulsa proviene de baterías y, alternativamente, de un motor de combustión interna que mueve un generador. Normalmente, el motor también puede impulsar las ruedas en forma directa.

En el diseño de un automóvil híbrido, el motor térmico es la fuente de energía que se utiliza como última opción, y se dispone un sistema electrónico para determinar qué motor usar y cuándo hacerlo.

En el caso de híbridos gasolina-eléctricos, cuando el motor de combustión interna funciona, lo hace con su máxima eficiencia. Si se genera más energía de la necesaria, el motor eléctrico se usa como generador y carga la batería del sistema. En otras situaciones, funciona sólo el motor eléctrico, alimentándose de la energía guardada en la batería. En algunos es posible recuperar la energía cinética al frenar, convirtiéndola en energía eléctrica.

La combinación de un motor de combustión operando siempre a su máxima eficiencia, y la recuperación de energía del frenado (útil especialmente en la ciudad), hace que estos vehículos alcancen mejores rendimientos que los vehículos convencionales.

Todos los coches eléctricos utilizan baterías cargadas por una fuente externa, lo que les ocasiona problemas de autonomía de funcionamiento sin recargarlas. Esta queja habitual se evita con los coches híbridos. (MundoAutomotor, s.f.)

HISTORIA

En 1896 los británicos H. J. Dowsing y L. Epstein patentaron ideas sobre hibridación en paralelo, que posteriormente fueron utilizadas en Estados Unidos para mover vehículos grandes, como camiones o autobuses. Dowsing llegó a montar en un Arnold una dinamo que o bien arrancaba el motor de gasolina, propulsaba o bien recargaba baterías, tal vez fue el primer híbrido de la Historia.

Henrie Pieper, un fabricante de vehículos de Bélgica, fue el primero en fabricar un vehículo híbrido en 1899. Un año más tarde, en 1900, Ferdinand Porsche desarrolló una serie de vehículos híbridos con el motor en la rueda y con un generador de combustión para proporcionar la energía eléctrica, estableciendo dos récords de velocidad. Entre 1978 y 1979, David Arthurs, ingeniero eléctrico de Springdale, inventó el vehículo híbrido con frenado regenerativo.



Ilustración 1. Henrie pieper - vehículo híbrido. (Martinez, 2015)

En 1899 la gama inicial de cuatro modelos constaba de un carruaje biplaza, una camioneta, un camión y un autobús (imagen superior), todos eléctricos.

Opcionalmente podían tener un motor de gasolina unido a un generador que se encargaba de recargar las baterías constantemente (híbrido en serie). Los acumuladores eléctricos dieron problemas y no tuvo éxito su presentación comercial. Históricamente no

se les ha reconocido. Sólo se fabricaron unas pocas unidades, la empresa suspendió pagos en 1901 y luego fue el germen de Hispano-Suiza.

Los hermanos belgas Henri Pieper y Nicolás Pieper construyeron en 1899 su Voiturette, con un motor de gasolina unido a uno eléctrico bajo el asiento. A velocidad de crucero el motor eléctrico generaba electricidad para las baterías, para luego dar potencia extra al subir pendientes o acelerar. Se dedicaron a su comercialización hasta vender la empresa a Henry Pescatore.

Mientras tanto, en Estados Unidos la Batton Motor Vehicle Corp preparó un camión híbrido que utilizaba la patente de L. Epstein, pero poco más se sabe de este modelo. En 1900 fue presentado el primer autobús híbrido, en el mismo país, por la empresa Fischer. (Martinez, 2015)

LOS PRIMEROS PROTOTIPOS MODERNOS

En 1969 la todopoderosa General Motors muestra tres prototipos de micro coche, uno eléctrico, otro híbrido y otro sólo a gasolina, los XP512. En el mismo año sacaron un prototipo de coche normal, el Opel Kadett Stir-Lec I (imagen inferior).

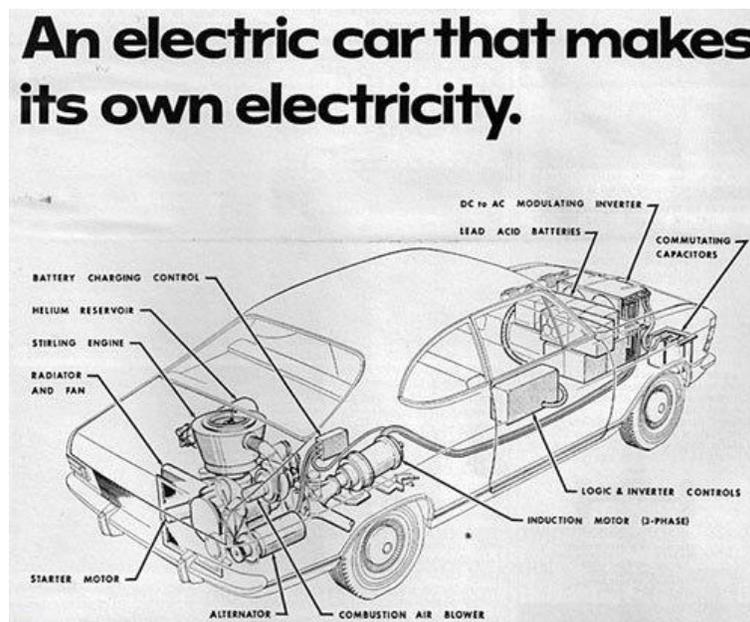


Ilustración 2. Opel Kadett Stir-Lec I. (Javier, 2009)

Poco después se produce un incentivo muy grande para la investigación de la propulsión alternativa, la crisis del petróleo de 1973. Las imágenes de colas kilométricas para repostar gasolina dieron la vuelta al Mundo y dieron un aviso a Occidente: dependían demasiado del petróleo y debían buscar las formas de ser más autosuficientes y reducir su inmenso gasto.

La alemana Volkswagen desarrolló en 1973 el Volkswagen Taxi, que se mostró en salones de Estados Unidos principalmente. El Taxi tenía la habilidad de funcionar tanto con gasolina como con motor eléctrico alternativamente o a la vez, logrando más eficiencia que ningún híbrido hasta la fecha. Recorrió casi 13.000 kilómetros en pruebas.



Ilustración 3. Volkswagen Taxi (Javier, 2009)

En 1979 Dave Arthurs transformó su Opel GT para crear un híbrido mixto, utilizando el motor de un cortacésped y un motor eléctrico de 400 amperios con baterías de 6 voltios. Se gastó 1.500 dólares en dicho montaje, pero logró un consumo de sólo 2.81-3,14 l/100 km. Entre sus soluciones técnicas estaba la frenada regenerativa, que no es nueva por entonces.

En el año siguiente, 1980, la compañía de cortacéspedes Briggs & Stratton desarrollaron un coche híbrido utilizando un bicilíndrico de 16 CV con gasolina y un motor eléctrico, con una potencia combinada de 26 CV. El vehículo era de diseño propio, con dos puertas y seis ruedas. Mientras tanto General Motors invirtió mucho dinero en investigación, creyendo que los eléctricos e híbridos se impondrían a corto plazo.

A finales de la década de los 80 se presenta el Audi Dúo, basado en el Audi 100 Avant quattro. Tenía un motor eléctrico de 12,6 CV para el eje trasero y un motor 2.3 de cinco cilindros para el eje delantero, con baterías de níquel-cadmio (NiCD). En 1991 se presenta otro prototipo, Audi Duo II, basado en el mismo coche. La carrocería familiar era idónea por su espacio para las baterías.



Ilustración 4. Audi Duo II (Javier, 2009)

LOS HÍBRIDOS VUELVEN AL MERCADO

En 1997 Audi lanza al mercado el Audi Duo III, con un motor 1.9 TDI de 90 CV y un motor eléctrico de 29 CV, en configuración paralela y tracción delantera. Fue el primer híbrido europeo moderno de producción, pero sólo se vendieron 60 unidades y fue un fracaso comercial por su elevado precio. Hay que esperar a 2009 para ver otro híbrido europeo, el Mercedes-Benz S 400 BlueHYBRID.



Ilustración 5. Mercedes-Benz S 400 BlueHYBRID. (Javier, 2009)

Es finalmente Toyota la que se *moja* y lanza al mercado japonés el Toyota Prius (en latín, “pionero”) en diciembre de 1997, es el primer híbrido de producción masiva del Mundo. Es un híbrido puro, con una cantidad muy elevada de soluciones técnicas innovadoras e incluso un problema de patentes que los jueces fallaron en contra de Toyota. El primer año de ventas fue un éxito, 18.000 unidades. A finales de 2000 se vendió en otros mercados con algunos cambios.



Ilustración 6. Toyota Prius. (Javier, 2009)

Honda se apunta a la carrera en 1999 con el Honda Insight, un semi-híbrido con cambio manual o CVT, de reducido tamaño y peso, aerodinámica optimizadísima y un consumo de combustible realmente bajo. Se vendió en EEUU, en España no llegamos a verlo. Entre 2003 y 2005 se vende el Honda Civic IMA como respuesta al Prius, con cambio manual.



Ilustración 7. Toyota Prius. (Javier, 2009)

La justificación de la hibridación con lujo fue como demostración tecnológica y para aumentar el placer de conducción, no pensando en un gasto más bajo, aunque eso estaba como efecto secundario. La tecnología Toyota se ha vendido a fabricantes como Ford a cambio de sus conocimientos en otras áreas, como motores diésel.

En 2004 aparece el primer híbrido de comercialización masiva americano, también el primer SUV híbrido del Mundo, Ford Escape Hybrid. Tiene un motor Atkinson 2.3 de 156 CV y módulo eléctrico de 94 CV, en versiones 4x2 y 4x4. Su consumo de combustible en autovía es 7,6 l/100 km (4x2) u 8,1 l/100 km (4x4). En su día fue el SUV más eficiente del mercado americano.



Ilustración 8. Ford Escape Hybrid. (Javier, 2009)

En Estados Unidos los híbridos aparecen como transformación de modelos existentes, no son diseños pensados desde cero para conseguir consumos bajos, al igual que los Lexus. Los Prius e Insight son modelos diseñados desde cero, no tienen versiones convencionales a la venta. Hoy día donde más variedad hay de híbridos es en el mercado estadounidense.

Japoneses y americanos piensan únicamente en híbridos a gasolina, pero en Europa se están investigando soluciones híbridas con motor diésel en Citroën, Opel y Peugeot principalmente. Estos modelos aparecerán a medio plazo en el mercado. (Javier, 2009)

FUENTES DE ENERGÍA

El mundo moderno se mueve hacia un mayor desarrollo que implica un aumento en la calidad y nivel de vida. En las sociedades industrializadas, el desarrollo está íntimamente ligado a su capacidad energética; por tanto, las fuentes de energía y los métodos de transformación de éstas constituyen un elemento básico en el grado de desarrollo.

La energía que el hombre consume diariamente para desarrollar toda su actividad se obtiene de distintas fuentes de energía, denominando fuente de energía a aquellos recursos o medios naturales capaces de producir algún tipo de energía.

Las fuentes de energía se dividen en dos grupos:

- Renovables: Son aquellas que utilizan un recurso natural cuya vida no depende del uso que se haga de ella. No se agotan tras la transformación energética
- No renovables: Son aquellas que dependen de un recurso natural con vida limitada, de forma que al ritmo de consumo actual pueden acabarse en un periodo de tiempo relativamente corto. Se agotan al transformar su energía en energía útil.



Ilustración 9. Energías renovables y no renovables. (Combustibles Fósiles, 2016)

FUENTES DE ENERGÍA NO RENOVABLES.

La energía fósil se obtiene a partir de la combustión de ciertas sustancias que proceden de restos vegetales y otros organismos vivos (como plancton) que hace millones de años fueron sepultados por efecto de grandes fenómenos naturales y por la acción de microorganismos, bajo ciertas condiciones de presión y temperatura.

La mayor parte de la energía empleada actualmente en el mundo proviene de los combustibles fósiles.

Existen distintos combustibles fósiles pero los más importantes por la gran dependencia de la sociedad a ellos son el carbón, el petróleo y el gas natural.

De los tres, el principal es el petróleo, que, mediante distintos procesos, puede proporcionar distintos productos.

Así tenemos:

- Carbón mineral. El carbón mineral es principalmente carbono que se encuentra en grandes yacimientos en el subsuelo.
- Petróleo y sus derivados. Es una mezcla de una gran variedad de hidrocarburos (compuestos de carbono e hidrógeno) en fase líquida, mezclados con diversas impurezas. Se obtienen de él diversos combustibles y subproductos.
- Gas natural. El gas natural está compuesto principalmente por metano y corresponde a la fracción más ligera de los hidrocarburos, por lo que se encuentra en los yacimientos en forma gaseosa.

CARBÓN

Se trata del primer combustible fósil usado por el hombre, y cuenta con abundantes reservas. Representa alrededor del 70% de las reservas energéticas mundiales de combustibles fósiles conocidas actualmente. Además, se trata de la fuente energética más utilizada en la producción de electricidad a nivel mundial.

Es un combustible sólido, en forma de roca negra, con un alto contenido en carbono. Se obtiene principalmente de la explotación de yacimientos ricos en este material mediante minas, ya sea a cielo abierto o subterráneas.

Este carbón, llamado carbón mineral, procede de la transformación de grandes masas vegetales.

La principal ventaja del consumo de carbón es la obtención de una gran cantidad de energía de forma sencilla y cómoda. Además, como suele consumirse cerca de donde se explota, se ahorran costes de transporte y distribución.

Es una sustancia fósil, que se encuentra bajo la superficie terrestre, de origen vegetal, generada como resultado de la descomposición lenta de la materia orgánica de los bosques, acumulada en lugares pantanosos, lagunas y deltas fluviales, principalmente durante el período Carbonífero (desde 345 millones de años hasta 280 millones de años) de la Era Primaria. Estos vegetales enterrados sufrieron un proceso de fermentación en ausencia de oxígeno, debido a la acción conjunta de microorganismos, en condiciones de presión y temperatura adecuadas. A medida que pasaba el tiempo, el carbón aumentaba su contenido en carbono, lo cual incrementa la calidad y poder calorífico del mismo.

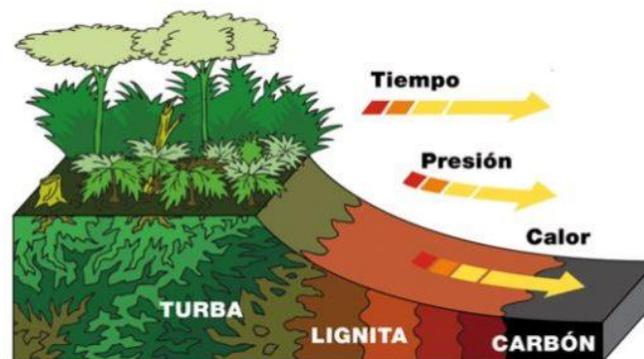


Ilustración 10. Ciclo del Carbón. (Combustibles Fósiles, 2016)

GAS NATURAL

El gas natural, al igual que el petróleo se obtiene en los yacimientos. Este gas consiste en una mezcla de gases que se encuentra almacenada en el interior de la tierra, ya sea aisladamente o con petróleo en el mismo yacimiento. Debido a su densidad menor que la del petróleo, en los yacimientos se encuentra por encima del petróleo.

Su origen es muy similar al del petróleo, a partir de la degradación del plancton y otros organismos comprimidos durante millones de años debajo de capas de sedimentos. A lo largo de todos esos años, la presión y el calor generado por dichos sedimentos generaron la transformación de esos organismos en gas natural.

El gas natural se compone principalmente de metano (en un 70%), mezclado con otros hidrocarburos ligeros, como etano, propano y butano.

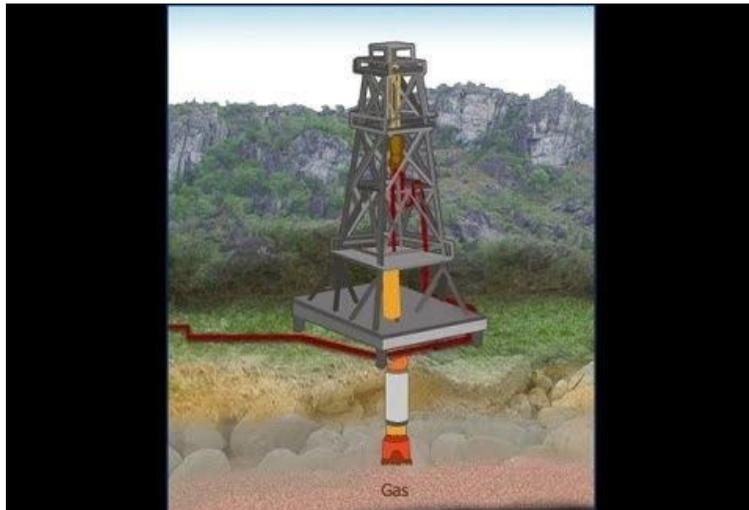


Ilustración 11. Extracción de gas natural. (Combustibles Fósiles, 2016)

PETRÓLEO

El petróleo es un combustible fósil natural constituido por una mezcla de compuestos orgánicos, llamados hidrocarburos. Procede de la transformación, de enormes masas transformación de materia orgánica procedente de plancton y algas que, depositados en grandes cantidades en fondos anóxicos de mares o zonas lacustres del pasado geológico, fueron posteriormente enterrados bajo pesadas capas de sedimentos que se encontraban en determinadas condiciones de presión y temperatura, produciendo una transformación química, llamada craqueo natural.

En condiciones normales es un líquido bituminoso que puede presentar gran variación en diversos parámetros como color y viscosidad.

A diferencia de la materia orgánica a partir de la cual se formaron, el petróleo y el gas natural recién creados son móviles. Esos fluidos son gradualmente exprimidos de las capas compactadas, ricas en fango, donde se originan, hacia lechos permeables adyacentes, donde los poros entre los granos de sedimento son mayores. Dado que esto ocurre bajo el agua, las capas de roca que contienen el petróleo y el gas se saturan de agua. Pero el petróleo y el gas son menos densos que el agua, de manera que migran hacia arriba a través de los espacios porosos llenos de agua de las rocas que los encierran. A menos que algo obstaculice esta

migración ascendente, los fluidos acabarán alcanzando la superficie, momento en el cual los componentes volátiles se evaporarán. Cuando esto ocurre, lo que queda es una sustancia negra, blanda y pegajosa, conocida desde la antigüedad con el nombre de asfalto, ya utilizado por los babilónicos para calafatear los barcos.

El petróleo extraído generalmente viene acompañado de sedimentos, agua y gas natural, por lo que una vez separados esos elementos, el petróleo se envía a los tanques de almacenamiento y a los oleoductos que lo transportarán hacia las refinerías, hacia los puertos de exportación (petroleros), y en algunos casos en los que ninguno de los medios anteriores es rentables, por ferrocarril o carretera mediante vagones o camiones cisterna. La perforación en el subsuelo marino emplea en términos generales los mismos recursos, pero se efectúa desde enormes plataformas ancladas al lecho marino o que flotan y se sostienen en un mismo lugar. Al igual que en los equipos tradicionales, la torre es en esencia un elemento para suspender y hacer girar el tubo de perforación. En la figura adjunta se muestra el esquema de un pozo petrolífero.



Ilustración 12.Extracción de petróleo. (Combustibles Fosiles, 2016)

IMPORTANCIA DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

Los combustibles fósiles tienen un alto poder calorífico que los convierte en una muy importante fuente de energía útil para generar energía térmica.

El uso de los combustibles fósiles ha permitido el gran crecimiento económico y demográfico ligado a la revolución industrial del siglo XIX. En la actualidad son fundamentales para nuestra economía. En 2007 la combustión de carbón, petróleo y gas natural representó 86,4% de la energía primaria mundial. (Combustibles Fosiles, 2016)

CONSECUENCIAS DEL USO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

Los combustibles fósiles son altamente impopulares por los grupos ecologistas. Su combustión genera gran cantidad de gases. Estos gases se convierte en una en una de las principales fuentes de contaminación atmosférica debido a que contribuyen a aumentar el efecto invernadero y, en consecuencia, al calentamiento global.

A día de hoy, el uso de los combustibles fósiles supone un importante problema de sostenibilidad, tanto por motivos ambientales, como económicos (los recursos del planeta son limitados y algún día se agotarán). (Combustibles Fosiles, 2016)

EFECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES.

Entre los efectos producidos por el uso de los combustibles fósiles a gran escala, las más importantes y de más seriedad para el medio ambiente son la lluvia ácida, efecto invernadero el calentamiento global y el cambio climático. Además, existen otros problemas relacionados con la extracción o el transporte de estos combustibles, como por ejemplo la contaminación del suelo o los vertidos de petróleo. (Combustibles Fosiles, 2016)

LLUVIA ÁCIDA

La combustión de combustibles fósiles libera gran cantidad de óxidos de azufre y nitrógeno que reaccionan con gases de la atmósfera, y precipitan en forma de ácidos (sulfúrico y nítrico) incrementando la acidificación de agua en general. Esta precipitación, denominada lluvia ácida, causa daños en la vegetación, acelera la contaminación de la tierra y del agua y corroe los edificios, las estructuras metálicas y los vehículos.

El concepto de lluvia ácida fue acuñado en 1852 por el químico británico Robert Angus Smith, aunque pasó más de un siglo hasta que se reconoció su incidencia a nivel mundial. Provocado por los residuos de las instalaciones industriales.

Este fenómeno se ha convertido en uno de los iconos de la degradación del medio ambiente provocada por la industrialización. Se produce cuando el dióxido de azufre (SO₂) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) reaccionan con el oxígeno atmosférico y se disuelven en el agua de lluvia, formando los ácidos sulfúrico y nítrico.

Los efectos nocivos que la lluvia ácida ocasiona sobre las áreas naturales son muy diversos y dependen del tipo de ecosistemas; así, por ejemplo, en ríos y lagos, éste fenómeno ha provocado una acidificación de sus aguas, dañando a plantas y animales que las habitan, y en casos extremos, se produce una aniquilación completa de especies sensibles a la acidez del agua.

En los ecosistemas terrestres, los daños ocasionados por la lluvia ácida, afectan principalmente a las plantas, ocasionando en algunas especies sensibles, lesiones y caída de las hojas, sin embargo, usualmente la lluvia ácida no acaba con la vegetación directamente, sino que actúa de manera gradual, haciendo más lento su crecimiento y favoreciendo el ataque de plagas y enfermedades. (Borja, 2017)



Ilustración 13. Lluvia ácida. (Borja, 2017)

Por otro lado, la lluvia ácida puede solucionarse por medio de varias medidas: Mediante la utilización de técnicas de neutralización de la acidez de las aguas, como el agregado de sustancias que actúen de base o la ubicación de filtros. Otra medida es la disminución de la emisión de los gases nocivos. En definitiva, se trataría de cortar el problema de raíz, reduciendo el uso del petróleo, el gas y el carbón y apostando por las energías renovables en la industria y el transporte. (Borja, 2017)

EFEECTO INVERNADERO

El efecto invernadero se refiere a un mecanismo por medio del cual la atmósfera de la Tierra se calienta; para poder profundizar en él necesitamos entender que es y como está organizada la atmósfera. La atmósfera terrestre es una delgada capa de gases que rodea a nuestro planeta, para darnos una idea de las escalas, la atmósfera equivale a envolver con papel aluminio un balón de fútbol, el balón representando la Tierra, el grosor del papel aluminio al de la atmósfera. Esta delgada capa de gases que rodea al planeta, es muy importante dado que en ella residen los gases que son fundamentales para el desarrollo de la mayor parte de la vida en el planeta, además de que la atmósfera representa un medio importante en el que reside una buena parte de la vida de la Tierra.

Si lanzáramos un termómetro en un globo aerostático para registrar la temperatura de la Tropósfera a lo largo de los 10 km que la forman, veríamos que hay un patrón muy especial, las temperaturas más altas (cerca de 20 °C), se localizan justo en el punto de contacto de la atmósfera con la superficie sólida de la Tierra, y de allí para arriba la temperatura del aire va bajando paulatinamente hasta llegar a los 10 km, en donde se alcanza una temperatura de -60°C (Fig. 2). Este patrón podría parecer sorprendente si pensamos que la fuente de calor para la atmósfera es el Sol, por lo que esperaríamos entonces, que las capas más cercanas al Sol fueran las más calurosas. Esto no es así, dado que los gases que forman a la atmósfera no pueden absorber la luz solar, de alta energía -ondas de longitud corta, cargadas hacia la luz visible y ultravioleta-, y dejan pasar la mayor parte hacia la superficie de la Tierra. Del total (100%) de la luz solar que nos llega al planeta, el 30% es reflejado como espejo hacia el espacio (termino conocido como albedo), la atmósfera retiene solo un 20% de la energía solar y el 50% restante llega hasta la superficie terrestre, calentándola (Fig. 3). Al calentarse la superficie de la Tierra transforma la luz solar (de alta energía) en radiación de baja energía -ondas de longitud grande, cargadas hacia el infrarrojo- que refleja nuevamente hacia la atmósfera. Esa energía de onda amplia o infrarroja, si puede ser absorbida de manera muy eficiente por algunos de los gases atmosféricos, de manera particular el CO₂ (pero también el vapor de agua, el metano y otros), siendo ésta la principal fuente de calor para la atmósfera, de allí que la temperatura más alta de la Tropósfera sea justamente el punto de contacto con la superficie del planeta.

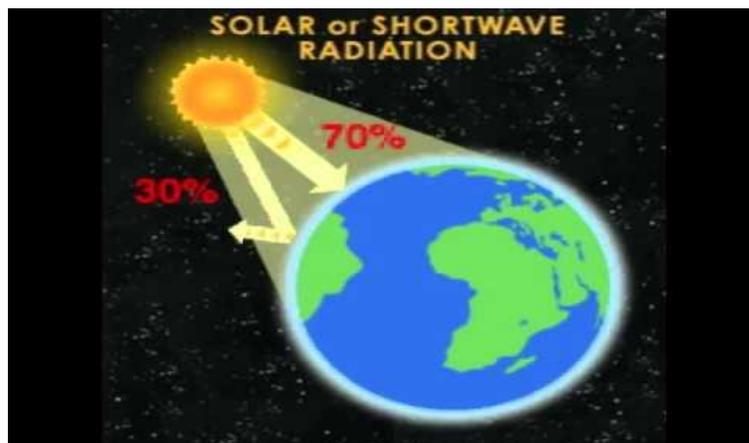


Ilustración 14. Efecto invernadero. (ERNA & ORTEGA, 2007)

CALENTAMIENTO GLOBAL

La medición rutinaria de la temperatura atmosférica en estaciones meteorológicas ha permitido el monitoreo de esta variable en diversas regiones del planeta desde finales del siglo XIX. Gracias a estos datos, es muy claro que la temperatura media del planeta ha experimentado un incremento significativo de casi 0.5°C (Fig. 4), si tomamos como nivel base la temperatura media registrada entre los años 1961 a 1990 y de casi 1°C si la comparamos con la segunda mitad del siglo XIX (1850-1900). En estos datos es evidente que los años más calurosos están concentrados durante las últimas décadas, esto es de 1980 a la fecha. El Calentamiento Global ha ido de la mano con una tendencia hacia un incremento en el CO_2 atmosférico (Fig. 4), lo que indica que la causa de esta tendencia hacia el calentamiento es una intensificación del efecto invernadero. De allí que frecuentemente se usen indistintamente ambos términos, pero mientras uno describe el fenómeno del incremento de temperatura reciente, el otro se refiere al mecanismo que lo causa.

Los efectos del Calentamiento Global ya se han sentido en nuestro planeta, quizás uno de los más claros es que los glaciares se derriten, tanto los de las montañas como los que forman los casquetes polares (Ártico y Antártico). Una consecuencia directa de esto es que, al haber menos agua en forma de hielo en el planeta, la tendencia hacia un aumento en el nivel del mar es lenta pero segura, con lo que las ciudades costeras se encuentran en riesgo cada vez más grande de inundaciones. Esto parecería un tanto de película de ciencia ficción, pero no lo es, sobre todo si se analiza la cantidad de agua que hay en ambos casquetes polares. Para dar una aproximación basta mencionar que ambos casquetes tienen espesores que exceden de los dos kilómetros y pueden llegar hasta los cuatro kilómetros y que la superficie del casquete Ártico. (ERNA & ORTEGA, 2007)



Ilustración 15. Calentamiento global. (ERNA & ORTEGA, 2007)

HIDRÓGENO

A diferencia de los hidrocarburos actuales, condenados a terminarse, el hidrógeno se encuentra combinado con otros elementos de todo el planeta, siendo así el elemento más básico y más fácil de encontrar en el universo. Se trata de un gas constituido por moléculas con dos átomos de hidrógeno.

Fue descubierto por Cavendish en 1766 más tarde, en 1781 descubrió que era un gas combustible que al arder formaba agua. Este descubrimiento le indujo a bautizarlo con el nombre de hidrógeno, que significa “generador de agua”.

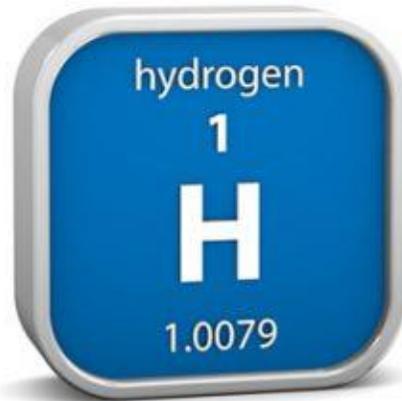


Ilustración 16.Hidrogeno. (Xaudaró, 2011)

En definitiva, este gas es el componente esencial del Sol y las estrellas. Aunque es preciso observar que, aun tratándose del elemento más abundante de la naturaleza, raras veces se encuentra de manera libre debido a su facilidad para combinarse.

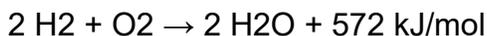
Así pues, se deberá considerar al hidrogeno como un vector energético ya que no puede explotarse directamente como el petróleo o el carbón, sino que ha de generarse mediante otros componentes químicos, convirtiéndose en un portador de energía secundario. (Xaudaró, 2011)

PROPIEDADES

El hidrógeno (H₂) es un gas incoloro, inodoro e insípido que es 14,4 veces más ligero que el aire. Su masa atómica molecular son 1,007940 kg/kmol y 2,01588kg/kmol respectivamente.

Se encuentra a en estado gaseoso a 25°C y 1 atm (101,325 kPa) y su temperatura de

fusión es de $-259,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. La temperatura de ebullición de esta sustancia es de $-252,77^{\circ}\text{C}$. El hidrógeno gaseoso es muy inflamable y arde en concentraciones muy bajas en aire (4% de H_2). La entalpía de combustión del hidrógeno es -286 kJ/mol , y la reacción de combustión es la siguiente:



Cuando se mezcla con oxígeno en un amplio rango de proporciones el hidrógeno explota. En el aire, el hidrógeno arde violentamente.

Otra característica de los fuegos alimentados por hidrógeno es que las llamas tienden a ascender rápidamente con el gas a través del aire causando menos daños que los fuegos alimentados por hidrocarburos. Por ejemplo, dos tercios de los pasajeros del dirigible Hindenburg (que sufrió un accidente el 1937) sobrevivieron al incendio, y muchas de las muertes que se produjeron fueron por caídas al vacío y por la combustión de gasolina.

En estado líquido, el hidrógeno también es incoloro, excepto en capas gruesas que tiene un aspecto azul pálido, y tiene una densidad relativa de 0,070. Si se deja evaporar rápidamente bajo poca presión se congela transformándose en un sólido incoloro.

El hidrógeno suele producirse como una mezcla de dos distribuciones nucleares diferentes, orto-hidrógeno (los núcleos giran en paralelo) y para-hidrógeno (los núcleos no giran en paralelo).

El hidrógeno ordinario, llamado deuterio, suele estar compuesto de unas tres cuartas partes de orto-hidrógeno y una cuarta parte de para-hidrógeno. Los puntos de ebullición y fusión de ambas formas difieren ligeramente de los del hidrógeno ordinario.

Además del deuterio (H_2), el hidrógeno de uso común, existen dos isotopos más del hidrógeno, el protio y el tritio. (Xaudaró, 2011)

PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO.

Como ya se ha mencionado repetidamente con anterioridad, el hidrógeno debe obtenerse mediante la separación de los elementos de otras sustancias existentes en la naturaleza (Hurtado, 2011).

Así pues, se podrá obtener hidrógeno a partir de:

- Hidrocarburos.
- Agua.
- Procesos biológicos.

En la actualidad, del hidrógeno producido se destina el 72% a la industria química, el 9% a la electrónica, el 8% a la aeroespacial, el 3% a la metalúrgica y el resto a otras. (Xaudaró, 2011)

OBTENCIÓN MEDIANTE HIDROCARBUROS

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno. La estructura molecular consiste en un armazón de átomos de carbono a los que se unen los átomos de hidrógeno. Las cadenas de átomos de carbono pueden ser lineales o ramificadas y abiertas o cerradas.

El 96% del hidrógeno producido se obtiene de combustibles fósiles, principalmente a partir del reformado por vapor del gas natural. Además, el 95% de la producción de hidrógeno es cautiva, es decir, lo produce la misma instalación que lo va a consumir, sin necesidad de red de distribución a usuarios finales.

Evidentemente, si se pretende que el hidrógeno acabe siendo el soporte futuro del desarrollo es preciso que el escenario actual de producción y distribución cambie considerablemente. (Xaudaró, 2011)

PIROLISIS

La pirolisis consiste en la descomposición de un combustible sólido (carbón o biomasa) mediante la adición de calor en ausencia de oxígeno.



Ilustración 17. Hidrogeno-Pirolisis. (Xaudaró, 2011)

El proceso requiere temperaturas de 1200°C para el carbón y unos 450°C para la biomasa. La producción del hidrógeno se produce a partir de un gas de síntesis como el del proceso de gasificación constituido por CO y H₂.

Dicho proceso es aplicable también a residuos sólidos urbanos, obteniéndose hidrocarburos líquidos que una vez reformados producen hidrógeno. (Xaudaró, 2011)

ELECTRÓLISIS

La electrólisis del agua es uno de los procedimientos más limpios, además de los más simples e intuitivos, para obtener hidrógeno. Este proceso, descubierto por M. Faraday en 1820, consiste en descomponer el agua (H₂O) en sus componentes constituyentes, hidrógeno y oxígeno mediante un aporte energético, la electricidad.

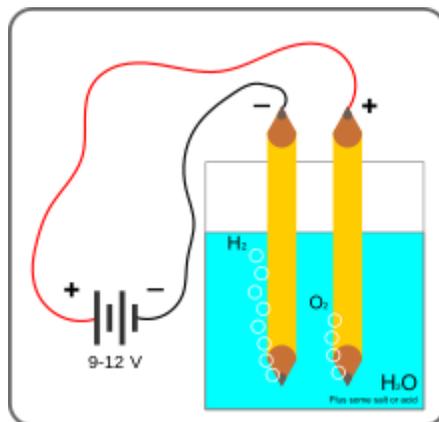


Ilustración 18. Hidrogeno-Electrolisis. (Xaudaró, 2011)

Dicha corriente eléctrica puede proceder de fuentes renovables como no renovables. Así pues, la electrólisis se presenta como un proceso de obtención de hidrógeno cuya principal ventaja sería su posibilidad de combinarse con las energías renovables, de tal manera que mediante la energía renovable se obtuviera la electricidad necesaria para la electrólisis de una forma, además, rentable.

El principio de funcionamiento de la electrolisis es conectar una fuente eléctrica a dos electrodos, comúnmente de algún metal como platino o acero inoxidable, que se encuentran sumergidos en el agua que actúa como electrolito facilitando la migración de los iones.

En una cuba electrolítica típica el hidrógeno aparecerá en el cátodo* (electrodo positivo), mientras que el oxígeno aparecerá en el ánodo* (electrodo negativo).

Si se asumiera un rendimiento ideal, la cantidad de hidrógeno generado sería el doble que la cantidad de oxígeno, y ambas cantidades serían proporcionales a la carga eléctrica conducida por la solución. Este proceso tiene una eficiencia de entre el 50 y 75%. (Xaudaró, 2011)

ALMACENAMIENTO DEL HIDRÓGENO

Uno de los grandes problemas en la utilización del hidrógeno es el almacenamiento de éste. Esto se debe a que esta sustancia tiene riesgos debidos en parte a la naturaleza explosiva del combustible y, por otro lado, a la presión a la que se contiene al hidrógeno en un recipiente en estado gaseoso.

El hidrógeno puede almacenarse en estado gaseoso, líquido o sólido. (Xaudaró, 2011)

ESTADO GASEOSO

La técnica más sencilla para almacenar el hidrógeno es comprimiéndolo en fase gaseosa. Actualmente se almacena a 200 bar, aunque mediante equipos avanzados se llega a los 700 bar. Una manera común hoy en día para el almacenamiento del combustible es a 350 bar en balas de materiales compuestos. A 200 bar se consume el 10% de la energía almacenada mientras que a 700 un 15% de ésta. Los tanques o

cilindros usados para el almacenaje de gas hidrógeno a alta presión se pueden dividir en los tipos: I, II, III, IV dependiendo de sus características constructivas.

Los cilindros del tipo I son tanques de metal, generalmente acero o aluminio) que admiten una presión máxima de trabajo de 200 bar para el acero y de 175 bar para el aluminio.

Los de tipo II también son metálicos, pero están reforzados con unos filamentos, generalmente fibra de vidrio o carbono. Son más ligeros que los anteriores y pueden trabajar aproximadamente hasta presiones de 263 bar los fabricados en aluminio y fibra de vidrio, mientras que los constituidos por acero y carbono o aramida soportan presiones de hasta 299 bar.

El tercer cilindro, tipo III, está fabricado de materiales compuestos y una fina capa metálica. Esta capa evita que fugue el hidrógeno, mientras que los materiales compuestos soportan los esfuerzos mecánicos. Pueden trabajar con presiones de hasta 305 bar para los de aluminio y fibra de vidrio y de 438 bar para los de aluminio-kevlar.

Finalmente, el tipo IV está totalmente fabricado de materiales compuestos y es el más ligero de todos. Aun así, presenta desventajas debido a la difusividad del hidrógeno a través del polímero.

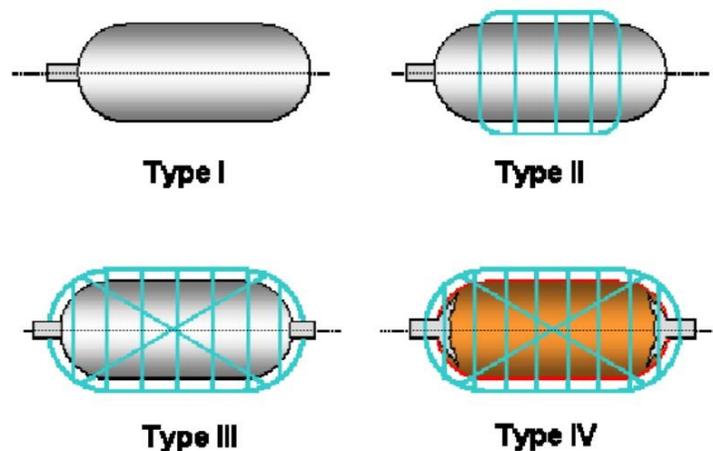


Ilustración 19. Tanques usados para almacenar gas hidrogeno. (Xaudaró, 2011)

ESTADO LÍQUIDO

Para almacenar hidrógeno líquido éste se enfría hasta su licuación a -253°C a presión ambiente y debe mantenerse en tanques o cilindros criogénicos especiales. A esas temperaturas su manipulación se complica, un aumento de presión producirá pérdidas por sobrepresión, por lo que su uso está más bien reservado a fines industriales. Si se reduce la presión disminuyen los riesgos.



Ilustración 20. Tanques usados para almacenar hidrogeno líquido. (Xaudaró, 2011)

Por otra parte, el consumo energético de esta modalidad es muy elevado. Se consideran unas pérdidas del 30% respecto a la energía almacenada a la que tendríamos de sumar las derivadas del aporte energético que hay que efectuar para mantener el hidrógeno en estado líquido.

ESTADO SÓLIDO

El hidrógeno puede almacenarse en materiales especialmente diseñados para actuar como portadores de hidrógeno. Esto El peso y el volumen de estos sistemas son elevados.

Si bien generalmente a estos sistemas se les denomina almacenamiento en estado sólido en la realidad estos sistemas almacenan el hidrógeno, en estado gaseoso, en materiales mediante distintos mecanismos.

Los mecanismos más conocidos para el almacenamiento de hidrógeno basado en materiales son dos: la adsorción, absorción.

En los mecanismos de adsorción, el hidrógeno se une directamente a la superficie del

material. Estos procedimientos requieren materiales altamente porosos para maximizar el área superficial disponible para la adsorción del hidrógeno, además de para la liberación del hidrógeno con mayor facilidad.

Las estructuras metal-orgánicas, los clatratos y los hidruros químicos no reversibles son algunos de los materiales que funcionan con el mecanismo de adsorción. Además de la adsorción materiales como carbón ultra poroso.

SISTEMA MOTOR DE 4 TIEMPOS.

Los motores de 4 tiempos son los más populares de la actualidad, casi en cualquier tipo de vehículo.

Para entender cómo es posible que una mezcla de gasolina y aire se convierta en movimiento te explicamos uno a uno cada uno de los 4 tiempos de este tipo de motor de combustión.

El primer movimiento es el de admisión donde el combustible entra a la cámara de combustión del cilindro, el pistón baja del punto superior del cilindro al inferior, mientras que la válvula (o válvulas) de admisión se abre y deja entrar esa mezcla de gasolina y aire al interior del cilindro, para cerrarse posteriormente.

El segundo movimiento se denomina compresión. Con el pistón en su posición más baja y la cámara de combustión llena de gasolina y aire, la válvula de admisión se cierra y deja la cámara cerrada herméticamente. La inercia del cigüeñal al que está unida la biela del pistón hará que el pistón vuelva a subir y comprima así la mezcla. Al reducirse el espacio, las moléculas chocan entre sí aumentando la temperatura de la mezcla.

La combustión es el tercer movimiento o tiempo. Donde el pistón en su posición más alta y comprimiendo la mezcla de gasolina y aire, es cuando entra en acción la bujía. Es en este preciso momento, con la mezcla comprimida y a una alta temperatura, cuando la bujía genera una chispa que hace explotar violentamente esa mezcla. La combustión hace empujar el pistón hacia abajo con fuerza y la biela y el cigüeñal se encargan de convertir ese movimiento lineal del pistón, de arriba a abajo, en un movimiento giratorio.

El 4º tiempo es el escape donde el pistón se encuentra en su parte más baja de nuevo y con la cámara de combustión llena de gases quemados productos de la combustión de la gasolina y el aire. (Landin, 2011)

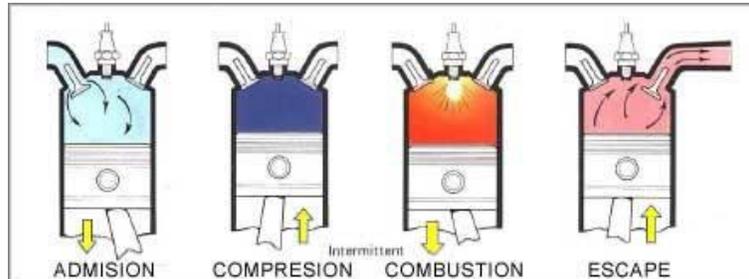


Ilustración 21. Principio de funcionamiento motor de gasolina. (Landin, 2011)

SISTEMA DUAL HIDRÓGENO- GASOLINA.

Mientras las células de combustible se presentan como el futuro de una fuente de energía sostenible y limpia para el sector del transporte, los avances sobre motores de combustión interna de hidrógeno y motores basados en mezclas hidrógeno/hidrocarburos también están sufriendo avances importantes.

El hidrógeno puede contribuir potencialmente en la reducción de emisiones de los motores de combustión interna, a la vez que desplazan una fracción de combustible fósil.

Desgraciadamente, no existen o bien por el momento no son fácilmente localizables, los estudios sobre sistemas duales en los que tenga presencia el fuel oil, combustible comúnmente usado en los buques. Y aunque muchos autores aseguran que estos sistemas “dual-fuel” con hidrógeno son aplicables a cualquier tipo de combustible derivado del petróleo no parece ser un carburante adecuado para esta técnica debido a las propiedades del fuel.

Para combustibles como fuel-oil suele utilizarse otro sistema “dual” que consiste en la quema de fuel-oil líquido y gas. El principio de funcionamiento es exactamente el mismo, se inyecta el fuel-oil directamente a la cámara, mientras que se inyecta el otro fluido en la entrada de aire al motor.

En la imagen puede observarse un motor de la marca Wärtsilä, en la fase de admisión, trabajando con dos combustibles. (Xaudaró, 2011)

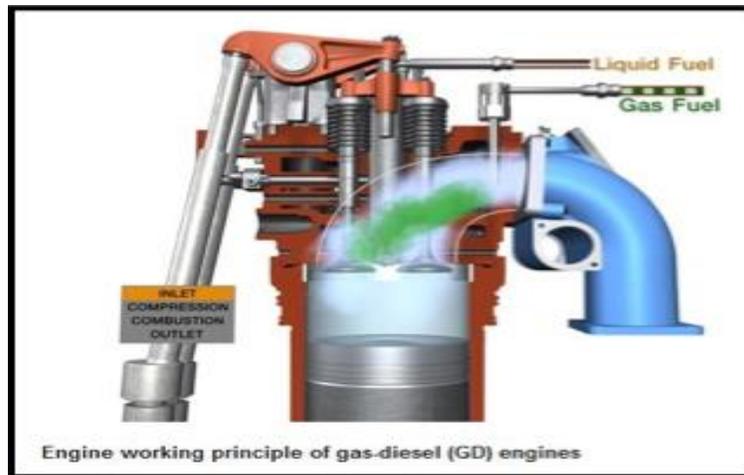


Ilustración 22. Fase de admisión motor Wärtsilä. (Xaudaró, 2011)

Este esquema podría ser válido para cualquier combustible quemando simultáneamente, aunque no sería la única configuración posible, ya que existen distintas maneras de introducir el combustible en la cámara de combustión. (Xaudaró, 2011)

CONCEPTO

Los sistemas duales consisten en usar una cantidad relativamente pequeña de gas, en este caso hidrogeno para modificar las características de la combustión y de las emisiones.

El hidrógeno tiene unas ventajas destacables comparadas con las de otros combustibles alternativos ya que este gas no contiene carbono, aspecto que resulta en una casi total eliminación de las emisiones de CO y CO₂.

Además, este combustible puede ser usado en un motor de combustión sin o mediante pequeñas modificaciones. Aunque no implica que pueda utilizarse en un motor de encendido mediante compresión en solitario, ya que el hidrógeno poseería problemas para su encendido.

Estos problemas se deben a que el hidrógeno tiene una autoignición a la temperatura de 585°C, requiriendo una fuente de encendido para quemar en un motor de compresión. La gasolina, puede usarse como combustible piloto para encender el hidrógeno.

Los inconvenientes de un motor de chispa con hidrógeno derivan en el retorno de la llama, la preignición y las emisiones de óxidos de nitrógeno.

La preignición suele darse cuando la mezcla de hidrógeno y aire se enciende incluso antes de la generación del arco eléctrico en la bujía, produciéndose una combustión ineficiente y un funcionamiento anormal. Las fuentes de dicha ignición a deshora suelen ser los puntos de mayor temperatura en el interior de la cámara de combustión, los gases calientes en el interior de dicha cámara y en especial la alta temperatura en la válvula de escape.

Cuando dicho preencendido se da cerca de la válvula de aspiración, la llama viaja hacia atrás por las tuberías de alimentación resultando en detonaciones. Estos problemas pueden solucionarse en gran medida con la inyección del hidrógeno mediante inyector, en lugar de usar el método de carburación.

No se debe confundir el porcentaje de energía del combustible con el porcentaje en volumen de este, ya que Gasolina e Hidrógeno tienen poderes caloríficos distintos siendo el del segundo combustible mayor y requerir menos cantidad para producir la misma energía.

Además de individualmente, se han producido investigaciones para la combustión en modo-dual de gasolina e hidrógeno, como por ejemplo los estudios sobre emisiones y consumos totales de energía en un motor multi-cilindro realizadas por la NASA (National Aeronautics and space administration) en 1977. (Xaudaró, 2011)

ENRIQUECIMIENTO CON HIDRÓGENO EN CARBURACIÓN.

Esta técnica consiste en el enriquecimiento del aire mediante un carburador de venturi/gas. Además de resultar el método más simple, es el que mejor permite pasar de un motor de gasolina a un motor de hidrógeno.

Otra ventaja que supone emplear la carburación en un motor de combustión interna de hidrógeno es que no se requiere una presión de suministro del combustible tan elevada como en otros métodos de suministro.

El inconveniente de la carburación es que resulta más susceptible a la combustión irregular, problemas de preencendido y retroceso de llama. Asimismo, a mayor cantidad de mezcla aire/hidrógeno dentro del conducto de admisión agrava los efectos del preencendido.

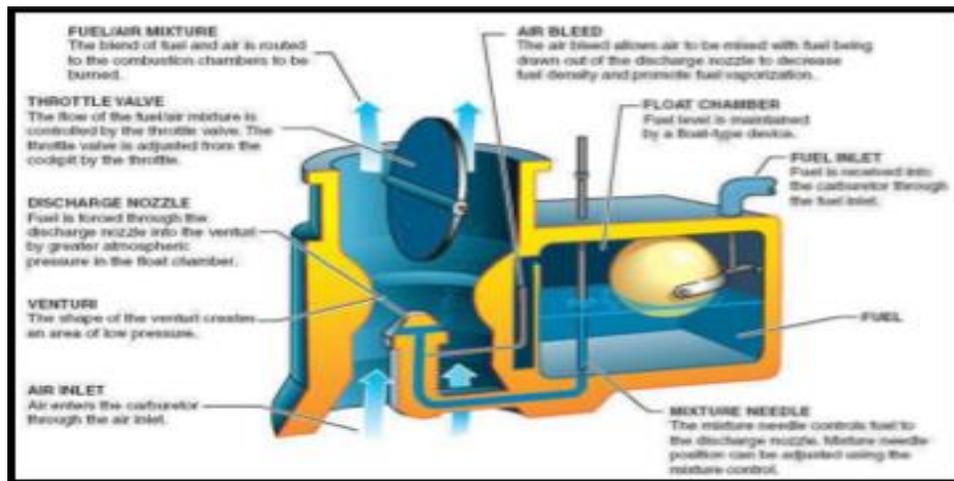


Ilustración 23. Enriquecimiento con hidrogeno en la carburación. (Xaudaró, 2011)

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

METODOLOGÍA DE DISEÑO

Una vez definidos los conceptos principales para el desarrollo de un dispositivo de control e inyección de hidrogeno y haber establecido los objetivos a alcanzar a continuación, se describen las diferentes etapas a seguir utilizando una metodología estructurada, la cual está basada en el proceso de diseño genérico para la obtención de un producto del autor *Karl T. Ulrich*.

Ya analizadas diferentes metodologías de diseño, fue elegido para su aplicación al proyecto el modelo genérico del autor *Karl T. Ulrich* debido a las capacidades de adaptación de los conceptos al modelo a desarrollar, algunas de las actividades que propone el autor se les presenta mayor interés en este proyecto, en particular aquellas que tienen que ver con la obtención de necesidades, es decir, aquellas donde se tiene contacto con el usuario, debido a lo anterior se puede considerar que la metodología utilizada se encuentra centrada en el usuario final.

La ventaja que brinda esta metodología al proyecto es que a través del contacto constante y directo con los usuarios finales se pueden obtener las características fundamentales que el usuario necesita para facilitar el uso del dispositivo en comparación con los productos existentes en el mercado, sin embargo, algunas características no serán del todo satisfechas, ya que se tienen que estudiar diferentes aspectos técnicos que cumplan con la funcionalidad y que no intervengan entre ellos para su desarrollo, es por esto que dentro de la metodología existe un estudio de prioridades de las necesidades para el producto.

La metodología utilizada en el proyecto de diseño del dispositivo de control e inyección de hidrogeno tiene por objetivo organizar las actividades a realizar, desde la obtención de la oportunidad de desarrollo de proyecto, hasta llegar a un producto final, pasando por el análisis de necesidades, especificaciones y la generación de conceptos, todo esto para satisfacer las necesidades para las cuales se está desarrollando el trabajo.

El proceso genérico para el desarrollo del producto comprende 6 etapas importantes, las cuales se desarrollan de tal forma que entre cada una de ellas existe una constante búsqueda de información, ya sea a nivel cliente, tecnología, productos existentes y

posibles soluciones, todo esto para poder pasar así a la siguientes etapas, con la finalidad de obtener un diseño que cumpla con todas las expectativas de funcionalidad y así el usuario tenga la comodidad de realizar el trabajo requerido con este dispositivo.



Ilustración 24. Proceso de diseño genérico para la obtención de un producto de Karl T. Ulrich. (Ulrich, 2009)

A continuación, se muestran cada una de las etapas aplicadas al proyecto. (Ulrich, 2009)

PLANEACIÓN

La planeación en un proceso de diseño inicia con la identificación de una oportunidad para generar o mejorar un producto, posteriormente le siguen cierto número de actividades, las cuales hacen que el diseño sea organizado y así evitar iteraciones innecesarias sacrificando tiempo y dinero durante el proceso. (Ulrich, 2009)

A continuación, se describen cada una de las etapas realizadas durante la planeación de diseño del dispositivo de control e inyección de hidrogeno.

IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES

La oportunidad de desarrollar el proyecto de un vehículo híbrido surge de la necesidad de aumentar el rendimiento de combustible en un vehículo y disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero.

Algunas de los puntos que el dispositivo sea capaz de hacer son:

- Aumento de rendimiento en un vehículo.
- Disminución de Co2 al ambiente.
- Elección de consumo en ciudad-carretera.
- Control de la inyección de hidrogeno.
- Control de generación de hidrogeno.
- Reset para desactivar el dispositivo.

El funcionamiento del dispositivo es un factor importante en el control e inyección, esto debido a que la generación de hidrogeno adquiera la suficiente presión adecuada, y a que los actuadores mecánicos den respuesta inmediata en un tiempo específico determinen su óptimo funcionamiento.

El alto costo del combustible y la alta generación de Co2 en diferentes países es otro factor por el cual se consideró la elaboración de un sistema hibrido de control e inyección de hidrogeno a un motor de combustión interna.

Otra oportunidad es poseer un vehículo de prueba para los análisis e investigaciones acerca del proyecto, ya que se facilita el estudio y de manera directa arroja los resultados teniendo en cuenta su uso.

LAS PRIORIDADES DEL PROYECTO

El primer contacto con el cliente arroja muchos de los datos importantes de funcionamiento que él desea de una máquina de control numérico, es aquí donde se observan las primeras prioridades e inquietudes del cliente. Estas prioridades de la voz del cliente son:

- “Me gustaría un vehículo que tuviera un rendimiento mayor a los vehículos normales”
- “Quisiera tener un vehículo hibrido”
- “Que el dispositivo sea fácil de montar y desmontar, por cuestiones de espacio y mantenimiento”
- “Que se pueda manipular con un control sencillo”
- “Que los materiales de los cuales este constituido el dispositivo sean resistentes y de buena calidad”
- “Los materiales de la estructura fuesen fácil de conseguir y que no sean muy caros”
- “Que cualquier usuario pueda usar el vehículo hibrido”

Así como se toman en cuenta las primeras impresiones, posteriormente resultaran una serie de requerimientos propios del proyecto, ya sea por nuevas necesidades del cliente o particulares a la hora de diseñar.

PLANEACIÓN DEL ANTEPROYECTO

A continuación, se describen concretamente los aspectos principales del proyecto.

Tabla 1. Declaración de la misión para el proyecto del diseño, control e inyección de hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011.

Declaración de la misión:	Dispositivo de control e inyección de hidrogeno.
Descripción del producto	<ul style="list-style-type: none">• Dispositivo de control e inyección de hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011
Propuesta de valor	<ul style="list-style-type: none">• Controlar el dispositivo de manera fácil.• Rendimiento en el vehículo.• Fácil instalación• No perder potencia en el motor.
Mercado primario	<ul style="list-style-type: none">• Eco-Innovación S.A. de C.V.
Mercado secundario	<ul style="list-style-type: none">• Empresas o particulares dedicadas a servicio de transporte, por ejemplo: taxis, o vehículo propio.
Suposiciones y restricciones	<ul style="list-style-type: none">• Programación Automática• Ligera• De fácil armado• Resistente al calor generado por el vehículo.
Involucrados	<ul style="list-style-type: none">• Ing. mecatrónico

Identificación de las necesidades

Para obtener las necesidades del proyecto se recabó información dos fuentes: la primera consistió en entrevistar al cliente, proporcionando información sobre sus expectativas del dispositivo tanto de funcionamiento como de carácter estético, la segunda consistió en dar un diseño preliminar sobre el dispositivo.

Con la información obtenida de las entrevistas se generó la siguiente tabla de necesidades interpretadas del dispositivo para controlar e inyectar hidrogeno el vehículo.

Tabla 2. Necesidades interpretadas para el proyecto del diseño, control e inyección de hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011.

Pregunta/sugerencia	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
Usos típicos	Necesito una potencia lo más estable posible en el vehículo.	El dispositivo proporciona un control que no afecte en la potencia.
	Recorrer trayectoria Larga.	El sistema puede recorrer una gran distancia estando en funcionamiento.
	Buen trabajo en la inyección de hidrogeno.	El dispositivo controla e inyecta el hidrogeno.
Les gusta: Diseño preliminar	Me agrada el sistema de control del dispositivo ya que no se altera al vehículo.	El sistema de control del dispositivo en cada actuador reacciona adecuadamente.
	Me gusta la forma de posicionamiento de la estructura.	El sistema de sujeción del dispositivo se adapta perfectamente al motor del vehículo.
	Me agrada la forma de inyectar hidrogeno al vehículo.	El dispositivo acopla un sistema para inyectar hidrogeno.
No les gusta: Diseño preliminar	No me gusta cuando se tiene que activar el sistema cuando se conecta a la batería.	El dispositivo necesita un control de encendido automático.
	Es bastante molesto cuando se desconecta un cable del dispositivo.	El sistema se tiene que optimizar.
Mejoras sugeridas	Además de solo tener configuración en carretera me gustaría tener en ciudad.	Al dispositivo tiene que ser múltiple configuración.
	Que cualquier usuario pueda usarlo.	El dispositivo tiene que ser fácil de usar.
	Que el mantenimiento de la maquina sea de forma intuitiva y no tenga que llamar a un técnico profesional.	Los componentes del dispositivo son de fácil instalación, obtención y de instalación intuitiva.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Una vez identificadas las necesidades del cliente, éstas tienen que ser traducidas a un conjunto de especificaciones precisas y que se puedan cuantificar, ya que el rango de interpretación de las necesidades es demasiado subjetivo.

Las especificaciones del producto proporcionan una descripción precisa de las funciones del mismo, es decir, los requisitos del producto o las características ingenieriles del producto.

Para establecer las especificaciones objetivo se realizan dos actividades primordiales:

- Elaborar una lista de métricas.
- Recabar información de productos ya existentes.
- Establecer valores objetivo ideal y marginalmente aceptable.

LISTA DE MÉTRICAS

La lista de métricas consiste en hacer una traducción de las necesidades del cliente a un conjunto de especificaciones precisas y capaces de ser medidas, por lo tanto, si se cumple con las especificaciones, las necesidades del cliente serán cumplidas.

A continuación, se muestran las tablas de necesidades y de métricas respectivamente de la Estructura para dispositivo de control e inyección de hidrogeno, la importancia de las necesidades tiene una escala del uno al cinco, donde el número uno corresponde a las necesidades de mayor importancia, mientras que el número cinco a las de menor importancia.

Tabla 3. Lista de métricas para el proyecto del diseño, control e inyección de hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011.

Número		Necesidad	Importancia
1	El dispositivo de control e inyección.	Ayuda a proporcionar combustible diferente a la gasolina.	1
2	El dispositivo de control e inyección.	Que la potencia no se vea alterada.	2
3	El dispositivo de control e inyección.	Ayuda a la disminución de Co2.	2

4	El dispositivo de control e inyección.	Se adapta al vehículo con facilidad.	3
5	El dispositivo de control e inyección.	Ayuda a aprovechar el máximo de rendimiento del vehículo.	1
6	El dispositivo de control e inyección.	Se monta y se desmonta con facilidad.	2
7	El dispositivo de control e inyección.	Los actuadores se adaptan al microcontrolador.	3
8	El dispositivo de control e inyección.	Se adapta al ritmo del vehículo.	4
9	El dispositivo de control e inyección.	Ayuda a disminuir el consumo de combustible.	2
10	El dispositivo de control e inyección.	Permite a cualquier usuario el uso del vehículo.	1
11	El dispositivo de control e inyección.	Permite el mantenimiento con Herramientas sencillas.	3
12	El dispositivo de control e inyección.	Tiene una larga vida útil.	1
13	El dispositivo de control e inyección.	Permite la fácil reposición de las piezas gastadas.	3
14	El dispositivo de control e inyección.	Es ligera en peso.	3

Tabla 4. Plantilla de métricas con sus respectivas unidades para el proyecto del diseño, control e inyección de hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011.

Número métrica	Numero de necesidad	Métrica	Importancia	Unidades
1	6,14	Masa total	1	(kg)
2	6,7,11	Medidas de la estructura	2	(mm)
3	6	Tiempo para ensamblar la estructura.	2	(s)
4	7,12,13,14	Costo de manufactura.	3	(\$)
5	11,13	Tiempo de mantenimiento.	1	(s)
6	11,13	Herramientas necesarias para el mantenimiento.	2	(lista)
7	4,6,7,12,14	Resistencia a la flexión.	3	(N)
8	1,5,6,10,	Medidas de sujeción de la estructura.	4	(mm)
9	4,5,8,12,14	Vida útil.	2	(dias)

INFORMACIÓN DE PRODUCTOS EN EL MERCADO; BENCHMARKING

La comparación entre los sistemas comerciales de Dispositivos generadores de hidrogeno en el vehículo es necesaria para analizar y acordar el posicionamiento detallado de cada uno de ellos y así reunir información para apoyar las decisiones del producto a diseñar.

Se encontraron diversos modelos de dispositivos en el mercado, pero solo se seleccionaron aquellos que tratan de cumplir con los requerimientos del cliente, así como la calidad y las facilidades de proporcionar información por parte del proveedor.

En la tabla 5, se hace una comparación de las características de algunos Dispositivos generadores de hidrogeno comerciales.

Tabla 5. Benchmarking para el proyecto del diseño, control e inyección de hidrogeno al vehículo Nissan Tsuru 2011.

	CARACTERISTICAS				
MARCA	ACCESORIOS	TAMAÑO	PESO	MATERIALES	PROGRAMABLE
ECONOMASTER	Celda de hidrogeno.	30*25	3	Vidrio.	NO
	Arrestador de flama.			cable de cobre.	
	juego de cables.			Caucho.	
	Manguera alimentadora.			Plástico	
	Relevador			Aislante	
	Fusibles.			Acero inoxidable.	
N/A	Estructura	30*35	5	N/A	NO
SYNTEAM 2.01	Base	26*18	1.1	PP DE ALTA CALIDAD	NO
	Estructura				
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
GENERADOR 31	31 PLACAS DE ACERO INOXIDABLE	10*7.5	N/A	Acero inoxidable.	N/A
				Acilico.	

				Conexiones.	
TESLA ECODRIVE	Electrodos	24*24	N/A	Acrílico.	NO
	Estructura			Acero inoxidable.	
N/A	Estructura	N/A	N/A	Acero inoxidable.	NO
	Juego de cables			Nylamid	
	(componentes)	(cm*cm)	(kg)	(material)	(SI/NO)

DESARROLLO Y GENERACIÓN DE CONCEPTO

Con esta actividad, se pretende dar una descripción aproximada de la tecnología que se utilizará para satisfacer las necesidades del cliente y así poder realizar un diseño final. Gracias a esta generación de conceptos se pueden ahorrar costos y tiempo de diseño, ya que el desarrollo de estos no tiene precio y se realizan de manera relativamente rápida. (Ulrich, 2009)

Para desarrollar un sistema completo de un dispositivo para controlar e inyectar hidrogeno se tuvo que dividir en diferentes subsistemas, y al final integrarlos para su óptimo funcionamiento. Estos subsistemas son:

- Sistema generador de hidrogeno.
- Sistema de control e inyección.

SISTEMA GENERADOR DE HIDROGENO

Este sistema básicamente es utilizado para generar el hidrogeno necesario para que se pueda almacenar en un tanque de almacenamiento. Para este sistema se analizan diferentes posibilidades, las cuales incluyen materiales y diseños de sistemas ya existentes. (Ulrich, 2009)

Ya que principalmente el dispositivo debe generar hidrogeno, se realizó un estudio de tipos de generadores de hidrogeno que cumplan con las características apropiadas para llevar a cabo el trabajo de generación y almacenamiento.

Tabla 6. Modelos y especificaciones de sistemas generadores de hidrogeno.

	CARACTERISTICAS				
MARCA	ACCESORIOS	TAMAÑO	PESO	MATERIALES	PROGRAMABLE
GENERADOR 31	31 PLACAS DE ACERO INOXIDABLE	10*7.5	N/A	Acero inoxidable.	N/A
				Acrilico.	
				Conexiones.	
TESLA ECODRIVE	Electrodos	24*24	N/A	Acrílico.	NO
	Estructura			Acero inoxidable.	
N/A	Estructura	N/A	N/A	Acero inoxidable.	NO
	Juego de cables			Nylamid	
	(componentes)	(cm*cm)	(kg)	(material)	(SI/NO)

SISTEMA DE CONTROL E INYECCION

La función principal del sistema de control es poder realizar los movimientos en los actuadores en los cuales se requiere trasladar el hidrogeno al motor. La mayoría de los sistemas comerciales no están constituidos por esta etapa de control, ya que están diseñados específicamente para el alimentar de manera directa al motor. En el diseño propuesto posee componentes electrónicos, son conocidos como micro controladores. Muchas empresas dedicadas al diseño y manufactura de microcontroladores cuentan con una línea especializada en el desarrollo de microcontroladores.



Ilustración 25. Microcontrolador raspberry pi (UPTON, 2013)

Raspberry PI es una placa computadora, se podría decir que es un ordenador de tamaño reducido, del orden de una tarjeta de crédito, desarrollado en el Reino Unido con el objetivo de estimular la enseñanza de la informática. (UPTON, 2013)



Ilustración 26. Microcontrolador Arduino UNO. (UPTON, 2013)

Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. (UPTON, 2013)

DISEÑO A NIVEL SISTEMA, EXPLORACIÓN SISTEMÁTICA

Después de una búsqueda interna y externa de información para mantenerse al tanto de diversos tipos de tecnologías que pudiesen aplicarse al proyecto, se dispone a realizar una exploración sistemática la cual tiene por objetivo navegar a través de un espacio de posibilidades y alternativas para organizar y sintetizar diferentes soluciones. (Ulrich, 2009)

Tabla de combinación de conceptos

Las tablas de combinación de conceptos contienen una manera de considerar en forma sistemática combinaciones de fragmentos de solución, es decir, a partir de una división de funciones en el proyecto se pueden realizar diversas combinaciones para solucionar el problema, acotando y organizando el número de posibles soluciones.

Las columnas de las tablas de combinación de conceptos corresponden a los problemas identificados en el proyecto, las entradas de las columnas contienen las posibles soluciones para estos problemas. (Ulrich, 2009)

Un aspecto que se debe considerar en el uso de las tablas de combinación de conceptos es el desarrollo y refinamiento de las combinaciones de fragmentos antes de poder ser una solución integrada. La tabla de combinación es solo una forma de hacer asociaciones para estimular el pensamiento creativo, de ninguna forma dará una solución completa.

Tabla 7. Tabla de combinaciones para el sistema generador de hidrogeno.

Tipo de produccion de hidrogeno	Alimentacion de la generacion de hidrogeno	Tipo de celda	Material conductor	Configuracion
PIROLISIS	Batería (vehículo)	Seca	Acero inoxidable	Manual
ELECTROLISIS	Fuente externa (batería)	Humedad	Cobre	Automático
	Energías renovables			

Tabla 8. Tabla de combinaciones para el sistema de control e inyección.

Tipo de microcontrolador	Actuadores	Sensores	Posicionamiento
Raspberry pi	Servomotores	Maf	Dentro del vehículo
Arduino UNO	Motor a paso	Tpc	Fuera del vehículo
	Motor C.C	Iat	

Con el uso de las tablas 7 y 8 se acotaron las posibles soluciones, descartando las que realmente no cumplen con el objetivo del proyecto y también se considerarán unas cuantas alternativas para ser desarrolladas posteriormente.

SELECCIÓN DE CONCEPTO Y DISEÑO A DETALLE

La selección de concepto es una actividad en la cual se tienen que depurar las posibles soluciones propuestas con anterioridad, afinando detalles para obtener un concepto final que cumpla con las expectativas de funcionalidad, en este proceso se evalúan los conceptos con respecto a las necesidades del cliente, comparando los puntos relativamente fuertes y débiles de los conceptos. Para realizar esta actividad existen diferentes métodos que son utilizados con la finalidad de escoger un concepto, estos

métodos pueden variar de acuerdo al diseñador o al equipo de trabajo, sin embargo, un método estructurado es la mejor opción para definir un concepto solución ya que ayuda a mantener la objetividad del concepto evitando la mayoría de las veces una elección basada en emociones.

Esta metodología está dividida en dos etapas para su selección: la primera consiste en un filtrado de conceptos y la segunda en una evaluación de conceptos, cada una apoyada en una matriz de decisión. (Ulrich, 2009)

Filtrado de conceptos

El filtrado es una evaluación rápida y aproximada que tiene por objetivo principal generar pocas alternativas viables, es decir, reducir rápidamente el número de conceptos y mejorarlos. Para llevar a cabo esta actividad se tiene que elaborar una matriz de selección en la cual se introducirán los conceptos y criterios relevantes, estos criterios son seleccionados de las necesidades del cliente. (Ulrich, 2009)

Un aspecto importante en la tabla de filtrado de conceptos es:

- Un concepto referencia
- La forma de evaluar los conceptos propuestos.

El concepto referencia es tomado de la investigación realizada en el benchmarking, el cual será seleccionado según aquel que sea el más próximo a cumplir las necesidades del cliente. La forma de evaluación de los conceptos está determinada por una comparación entre el concepto referencia y los conceptos propuestos, esta evaluación es relativa de: “mejor que”, “igual a” o “peor que”, utilizando los símbolos (+), (0) y (-), respectivamente. (Ulrich, 2009)

Una vez calificados los conceptos, se podrá definir entre descartar el concepto, seguir adelante con el concepto, revisar el concepto o combinarlos con otros conceptos.

La tabla siguiente muestra la matriz de selección de conceptos del dispositivo de control e inyección de hidrogeno.

Tabla 9. Tabla de filtrado de conceptos para el sistema de generación, control e inyección.

CONCEPTOS				
CRITERIOS DE SELECCIÓN	A	B	C	D
	ECONOMASTER	SYNTEAM 2.01	GENERADOR 31	TESLA ECODRIVE
Ayuda a proporcionar combustible diferente a la gasolina.	+	+	+	+
Que la potencia no se vea alterada.	0	-	+	+
Ayuda a la disminución de Co2.	+	+	+	+
Se adapta al vehículo con facilidad.	+	-	+	+
Ayuda a aprovechar el máximo de rendimiento del vehículo.	-	-	+	+
Se monta y se desmonta con facilidad.	-	0	+	0
Los actuadores se adaptan al microcontrolador.	+	-	+	0
Se adapta al ritmo del vehículo.	0	-	+	-
Ayuda a disminuir el consumo de combustible.	+	-	+	-
Permite a cualquier usuario el uso del vehículo.	+	-	+	+
Permite el mantenimiento con Herramientas sencillas.	-	-	+	+
Tiene una larga vida útil.	-	0	+	+
Permite la fácil reposición de las piezas gastadas.	-	-	+	0
Es ligera en peso.	0	0	+	+
Suma +	6	2	14	10
Suma 0	3	3	0	2
Suma -	5	9	0	2
Evaluación neta	1	-7	14	8
Lugar	3	4	1	2
¿Continuar?	NO	NO	SI	CONVINAR

Como se puede observar en la tabla número 9, los conceptos que tuvieron una mayor aceptación son el concepto C y el concepto D, mientras que el concepto A y B, son descartados al tener un número negativo elevado en cuanto a los criterios de selección.

Ya que el concepto C tiene la calificación más alta, este será tomado con mayor seriedad para el desarrollo de un prototipo, realizar modificaciones y posteriormente pruebas de funcionamiento.

La mayoría de los criterios de selección son tomados de las necesidades del cliente, algunos de los aspectos incorporados en la tabla que no fueron definidos por los usuarios resultan ser de gran importancia para elaboración de un producto como lo son: la facilidad de manufactura, el costo de material del producto y el costo de manufactura, es por eso que son integrados en la matriz de evaluación.

PRUEBAS Y REFINAMIENTO

Una vez teniendo definido uno o dos conceptos solución, el siguiente paso de la metodología es realizar un prototipo para realizar pruebas de funcionamiento y comportamiento de los mismos.

Un prototipo es aquel que muestra una aproximación del producto en una o más dimensiones de interés, los cuales pueden clasificarse en:

- Prototipos físicos
- Prototipos analíticos

Los prototipos físicos son aquellos que son tangibles, semejantes al producto, es decir, modelos que se ven y se sienten como el producto final, estos son usados principalmente para probar de forma rápida una idea. Los prototipos analíticos representan al producto en una forma no tangible, pero esto no implica que no se puedan realizar pruebas de funcionalidad, ya que generalmente son hechos con herramientas de cómputo donde se pueden analizar por medio de programación computacional para identificar aspectos importantes, dado el caso del diseño asistido por computadora (CAD) en conjunto con las herramientas de la Ingeniería Asistida por Computadora (CAE).

Básicamente un prototipo proporciona un aprendizaje al diseñador, pues a partir de estos se resuelven las dudas de funcionalidad y satisfacción de los requerimientos del cliente,

ambas al mismo tiempo. Así mismo, mediante la elaboración de un prototipo se puede determinar si algún trabajo de desarrollo tendría que repetirse, esto proporciona la ventaja de ahorrar tiempo y dinero, factores realmente importantes dentro del proyecto. Los capítulos siguientes describen la obtención de los parámetros necesarios para el funcionamiento y la elaboración de los prototipos, en el capítulo número seis es definido el prototipo final, este es el resultado del trabajo obtenido con la metodología utilizada, mientras que en el capítulo número siete se describe el desarrollo de los resultados de funcionalidad mediante un análisis al prototipo final.

CAPÍTULO 5: DESARROLLO DEL PROTOTIPO

ESQUEMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACION DE HIDROGENO

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



Ilustración 27. Celda de hidrogeno a optimizar.

La ilustración 27 muestra una celda generadora de hidrogeno la cual se optimizará para su mejor desempeño, se optó por una celda del tipo seca para poder utilizar el método de electrolisis mencionado anteriormente, la función de esta celda es que al aplicarle voltaje entre las terminales que posee la celda generadora de hidrogeno y al introducirle agua combinada con sosa caustica esta generará hidrogeno por dentro y se saldrá por un conducto para así llevarla a un depósito.

Primeramente, se tomarán mediciones del prototipo para realizarle mejoras y así optimizar más la celda de hidrogeno, Cotejando cada componente de la celda para rediseñarlas en software SOLIDWORKS y obtener un diseño por medio del CAD.

Las dimensiones de la celda original se utilizarán para rediseñar geoméricamente la nueva celda, el área de contacto con las placas se debe respetar para garantizar su operación y rendimiento de la modificada.



Ilustración 28. Medición del componente electrodo de acero inoxidable.

En la ilustración 28 se muestra el componente llamado electrodo de acero inoxidable se utilizan alrededor de 12 placas iguales separadas por empaques.



Ilustración 29. Medición del componente de tapa de acrílico.

En la ilustración 29 se muestra el componente llamado de acrílico se utiliza como paredes de la estructura.



Ilustración 30. Medición del componente empaque.

En la ilustración 30 se muestra el componente llamado empaque se utiliza para que actúen como separadores entre las 12 de acero inoxidable.



Ilustración 31. Medición de la tornillería.

En la ilustración 31 se muestra la tornillería que se utiliza para que actúe como sujetador entre los componentes.

La medición de los componentes nos ayudara con la optimización del dispositivo generador de hidrogeno, ya que se busca disminuir la cantidad de material a utilizar, y a tener un aspecto visual mejorado.

**REDISEÑOS DE LOS COMPONENTES DE CELDA GENERADORA DE
HIDROGENO EN SOFTWARE.**

Una vez tomadas las dimensiones se realizo el nuevo diseño para eficientar el proceso de manufactura de la celda de hidrógeno, utilizando el software Solid Works. Los diseños nuevos de las placas de acero inoxidable y de las tapas se muestran a continuacion.

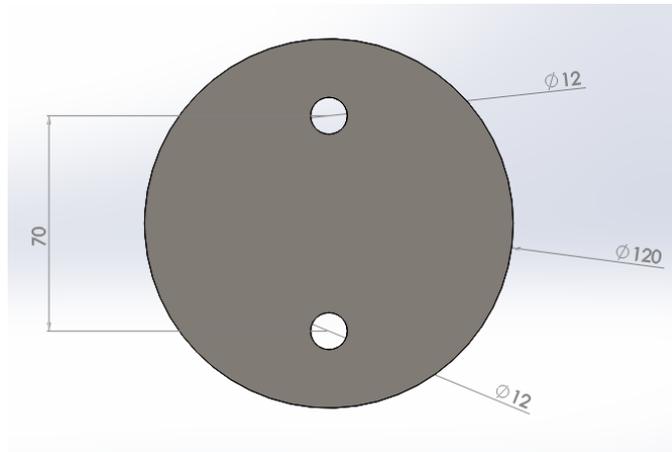


Ilustración 32. Diseño en SOLIDWORKS del componente electrodo de acero inoxidable.

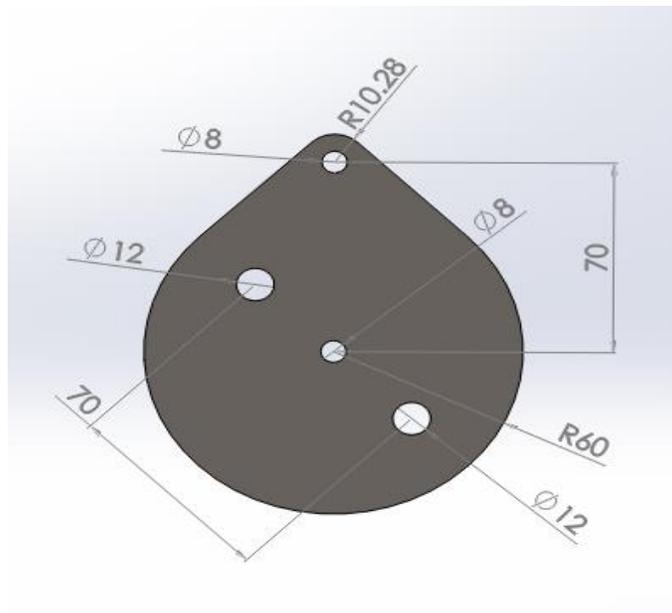


Ilustración 33. Diseño en SOLIDWORKS del componente 2 de electrodo de acero inoxidable.

Se observa en la ilustración 32, ilustración 33, que la forma original cambio bastante transformando octágonos en círculos con o sin pestaña para mantener el contacto entre la corriente eléctrica.

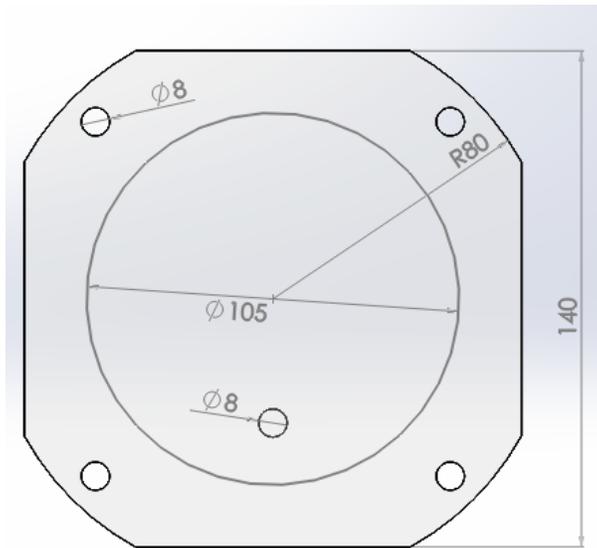


Ilustración 34. Diseño en SOLIDWORKS del componente tapa de acrílico.

La ilustración 34 muestra el diseño en el software SOLIDWORKS eliminando los filos y con una geometría un poco más visual.

Logrando así el diseño en CAD se obtuvo que se optimizó de manera visual los componentes del ensamble del dispositivo generador de hidrógeno.

El nuevo diseño realizado en el software SOLIDWORKS es mucho mejor que el anterior debido a que se le agregaron modificaciones que fueron redondeos en la geometría de las piezas sin afectar el área de contacto con el agua. Esto permite el ahorro de material en la manufactura de las piezas.

Una vez terminado de realizar el diseño en CAD se procederá a Manufacturar la celda generadora de hidrógeno en un software de CAM.

DISEÑO EN CAM DE LA CELDA GENERADORA DE HIDROGENO.

Una vez obtenido el diseño en SOLIDWORKS se procede a manufacturar el dispositivo, para esto se utilizó un software llamado Mastercam X el cual permite generar códigos de cualquier componente y los transforma en códigos G, con extensión cinc.

La manufactura se llevó a cabo en fresadoras cnc, el cual se encuentran en el laboratorio de manufactura del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga, primeramente se generaron los códigos G para que la fresadora interprete y realice los maquinados correspondientes.

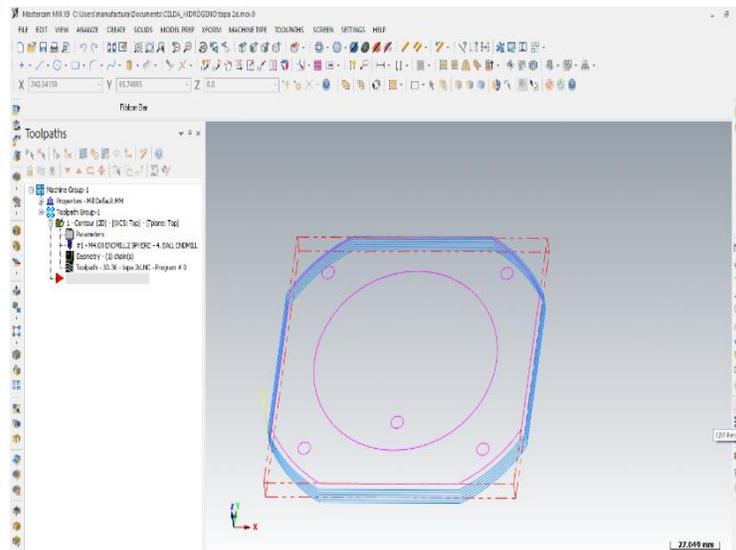


Ilustración 35. Diseño en MASTERCAM X del componente tapa de acrílico.

Se muestra en la ilustración 35 el diseño en el software MASTERCAM X programa dedicado a la generación de códigos G para manufacturar en máquinas CNC.

COTIZACIÓN DE MATERIAL Y BÚSQUEDA DE PROVEEDORES

En la cotización del material lamina de acero inoxidable 316 (clave de dureza y tipo de aleación del acero) calibre 14 (estándar para indicar el grosor de la lámina equivalente a 1.9 mm) para maquinar las piezas de los electrodos de la celda de hidrógeno, se Investigó la ubicación y precio de posibles proveedores de lámina de acero inoxidable. Se contacto con un proveedor adecuado de acero en la ciudad de Aguascalientes para la cotización del material y después comprarla.

Una vez comprada la placa se recibió el material por parte de proveedor.

MANUFACTURA DE LA CELDA GENERADORA DE HIDROGENO.

Primeramente, obtenidos los códigos G del software MASTERCAM, se dio a la tarea de manufacturar los componentes en las fresadoras cnc.

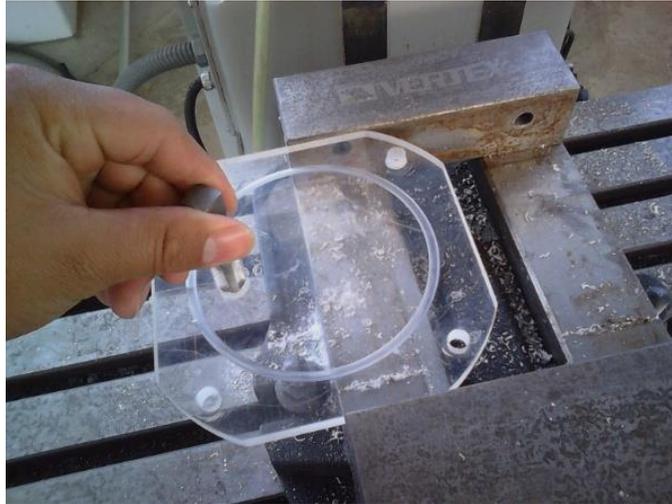


Ilustración 36. Manufactura del componente tapa de acrílico en fresadora cnc.

Todos los componentes a acepción de la tornillería y los empaques se manufacturaron en las maquinas fresadoras cnc, respetando las dimensiones programadas a través del CAM.

Se utilizaron machuelos para dar forma a los barrenos tipo cuerda para colocar conectores rápidos en las tapas de acrílico. Para el machuelo se requiere de un machuelo de 3/8" con cuerda NPT (National Pipe Thread, por sus siglas en inglés, es un estándar de cuerdas para tubos de conexiones hidráulicas) ya que los conectores utilizan este tipo de estándar.

En la manufactura se utilizó el sistema de producción por lote debido a que se necesitaban maquinar de una a tres celdas generadoras de hidrogeno, o tener componentes de refacción por si se llegara a requerir.



Ilustración 37. Componentes de la celda generadora de hidrogeno.

ARMADO DE CELDAS

El armado de la celda se dio con los componentes manufacturados y con piezas de tornillería y o-ring's (empaques circulares que sirven para sellar las placas) de las celdas de prueba. Las celdas armadas quedaron como se muestran en la ilustración 38, este diseño tiene los conectores rápidos ya colocados para probar la conectividad de las mangueras.

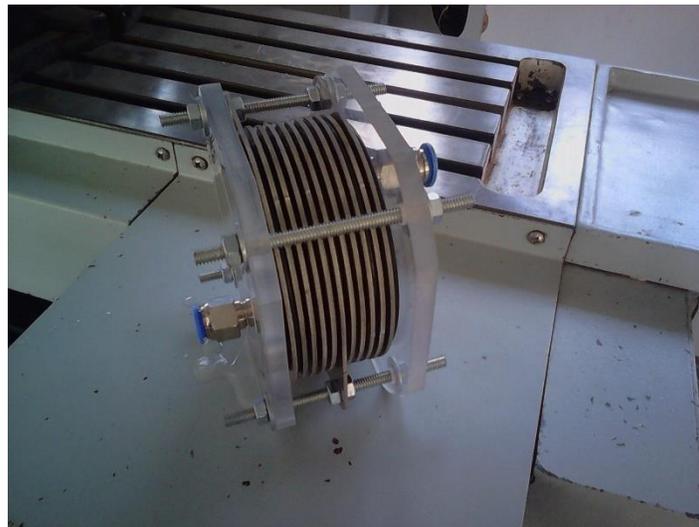


Ilustración 38. Celda generadora de hidrogeno armada completamente.

En la ilustración 39 se observa la diferencia entre una celda de prueba y una celda ya modificada y optimizada. Cabe mencionar que las principales diferencias se encuentran en el mayor aprovechamiento de los materiales para la manufactura, la geometría, que no afecte a la funcionalidad y la estética del diseño que facilita el reacomodo dentro del vehículo.



Ilustración 39. Diferencia entre celdas de hidrogeno.

PRUEBAS DE MONTAJE

Para realizar el montaje se compró un depósito y manguera compatible con los conectores rápidos para simular un banco de prueba y realizar conexiones como se muestra en la ilustración 40, se verifica que no existan fugas de agua entre las placas de la celda, así como de las conexiones rápidas.

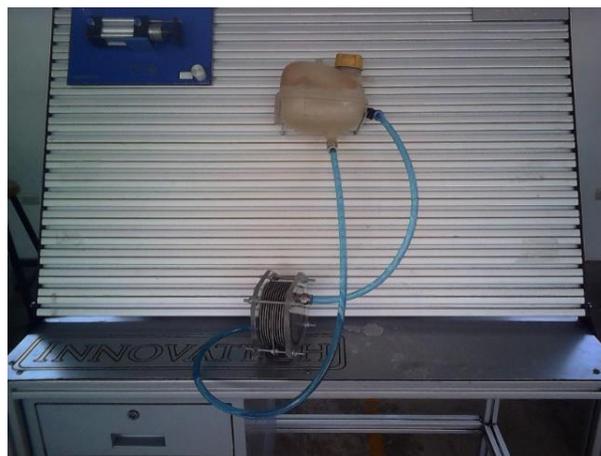


Ilustración 40. Montaje de celda de hidrogeno.

Medición de resistencia y continuidad en celda generadora de hidrogeno.

Para la medición de resistencia y continuidad se utilizó un multímetro, realizando las siguientes actividades.

- Medición de resistencia eléctrica llena de agua sin electrolito. Obteniendo una lectura de 2.5 K Ω (ohm – unidad de resistencia eléctrica-)
- Medición de resistencia eléctrica llena de agua con electrolito. Obteniendo una lectura de 0 Ω .



Ilustración 41. Medición de resistencia y continuidad con multímetro.

Al realizar la medición de continuidad entre las placas y la tornillería donde estará conectada la fuente de alimentación para la celda generadora de hidrogeno se dio cuenta de que todo está bien y hay continuidad entre las placas. En la medición de la resistencia eléctrica que ofrecía la celda se midió de dos maneras. La primera manera se midió colocándole agua sin electrolito y da como resultado 2.5 K Ω esto quiere decir que la celda se opone al paso de la corriente eléctrica, la segunda manera se midió colocando agua con electrolito y arroja como resultado 0 Ω . Esto quiere decir que la corriente eléctrica puede circular entre la celda generadora de hidrogeno.

Conexión y funcionamiento

Al realizar la prueba de funcionamiento con voltaje directo 12V. Se analizó el comportamiento de producción de hidrógeno, en la ilustración 41 se observa cómo se conecta la celda de prueba.



Ilustración 42. Conexión de alimentación a la celda de generación de hidrógeno.

En la producción de hidrógeno se puede observar que al encender la fuente de alimentación la celda con el agua y el electrolito instalado generan una reacción química y se puede visualizar como empiezan a salir burbujas del agua y el electrolito en gran cantidad.

Medición de electrolito

En la medición del electrolito por cada litro de agua, la cantidad adecuada para el tipo de celda es de 10gr de hidróxido de sodio (sosa cáustica) por litro de agua para tener un amperaje de consumo de 10 A por cada celda. Es necesario considerar que, para las dos celdas, la cantidad de electrolito es aceptable pues el consumo eléctrico depende de la cantidad de electrolito. De este modo la operación del generador eléctrico no se ve afectada por el consumo de corriente de la celda por lo que no interfiere con la funcionalidad y rendimiento del coche.

CAPÍTULO 6: RECEPCION DEL VEHICULO EN COMODATO

Recepción del vehículo en comodato

Para la recepción del vehículo en comodato se recibió un vehículo de la marca Nissan modelo Tsuru 2011, Para esto se revisó que estuviera en condiciones normales y sin ningún tipo de golpe o fractura.



Ilustración 43.Recepción del vehículo en comodato.

El automóvil se consideró que se encontraba en condiciones normales tanto de la parte de los interiores y de la parte del exterior como la pintura y el motor, salvo a un pequeño golpe en la parte delantera del lado derecho.

Además, se platicó sobre el proyecto el cual se establecieron varios tipos de etapas a seguir, uno de los primeros fue la generación de hidrogeno, otro el modo en el cual el hidrogeno llegaba al motor y el ultimo sobre cómo se le haría para hacer que el vehículo tuviera un ahorro en el consumo de gasolina.

A continuación, se muestran las partes del vehículo tanto como del motor, la cajuela y los interiores.



Ilustración 44. Motor del vehículo Nissan Tsuru 2011.



Ilustración 45. Cajuela del vehículo Nissan Tsuru 2011.



Ilustración 46. Interior del vehículo Nissan Tsuru 2011.

Aquí se muestran las ilustraciones mostrando como se recibió el vehículo, por parte de la empresa ecoinnovacion, se observa que el vehículo se encuentra en condiciones normales tanto de choques, limpieza, y pintura.

Una vez recibido el vehículo se pasará a la siguiente etapa el cual nos explicará sobre las formas de inyección de hidrogeno al vehículo.

CAPÍTULO 7: **OBTENCIÓN DE DATOS Y MONITOREO DE LOS DIFERENTES PARÁMETROS Y FORMAS DE INYECTAR HIDROGENO AL VEHÍCULO**

Análisis del sistema:

En este capítulo se presenta el análisis del sistema de generación de hidrógeno implementado en el vehículo Nissan Tsuru, comenzando con la instalación de la celda de hidrogeno al vehículo, después se analizan las formas de inyectar hidrogeno al vehículo, y la obtención de los datos de las variables en el vehículo.

Colocación de la celda de hidrogeno al vehículo

Primeramente, se comenzó a analizar el motor del vehículo y poder encontrar un espacio para la celda generadora de hidrogeno, encontrando así un lugar adecuado para esta, su lugar es por debajo de la fascia, aun lado de la llanta por debajo de esta, el lugar es muy seguro y además no afecta el funcionamiento del motor.

Las conexiones de manguera y alimentación están comunicadas por el compartimiento mismo del vehículo, asiendo así una instalación de manera adecuada como se muestra en la ilustración 46.



Ilustración 47. Celda de hidrogeno instalada en el interior del vehículo.

Primera forma de inyección de hidrógeno al vehículo por el filtro de aire.

Comenzando el análisis del sistema se instaló la celda de hidrógeno al vehículo teniendo en cuenta que la inyección fue a través del abastecimiento de aire hacia la cámara de combustión por medio de una manguera de ahí se supuso que el hidrógeno generado ya estaba introduciéndose al motor.

El vehículo posee la inyección de hidrógeno por el ducto del filtro de aire del motor por medio de la manguera, el motor al estar en funcionamiento hace un vacío y succiona el hidrógeno junto con el aire para así poder introducirse al motor, y realizar la combustión interna.



Ilustración 48. Generación de hidrógeno instalada en el ducto del filtro del aire.

En esta situación al encender el sistema de generación de hidrógeno se comienza a producir hidrógeno y de manera directa se introduce al motor para así cumplir con la inyección de hidrógeno.

Obtención de datos y monitoreo de los diferentes parámetros.

Una vez establecido el análisis de la inyección de hidrógeno se llevó a cabo el análisis del sistema en la parte de los sensores que intervienen la inyección de combustible, se investigó información sobre estos sensores tales como el MAF, TPS, IAT, CKP, O2, CTS.



Ilustración 49. Monitoreo en diferentes sensores de fuel injection (TPS).

La ilustración 48 muestra cómo se encuentra el sensor TPS del automóvil, el sensor TPS mide en pocas palabras la posición del acelerador, esto es interceptado por la computadora del vehículo y manda respuestas según la posición del acelerador para así regular la cantidad de combustible inyectada por el vehículo, se muestra su respectivo voltaje y la condición visual del sensor.



Ilustración 50. Monitoreo en diferentes sensores de fuel injection.

Se obtuvieron los diferentes parámetros de medición de cada sensor tales como sus voltajes de operación el cual dependía de diferentes estados del vehículo ya sea en ralentí o en un recorrido normal.

Obtención de graficas de comportamiento en el software LabVIEW

Partiendo de la información de los sensores y de las respuestas dadas en voltajes se generó la idea de poder monitorear estos sensores durante un recorrido en carretera con ayuda de un microcontrolador y a partir del software labview se generó un programa de monitoreo con interface con la tarjeta arduino UNO y se procedió a monitorear y analizar los parámetros de funcionamiento.

El microcontrolador Arduino UNO por medio de entradas analógicas que vienen incorporadas en la tarjeta se pueden monitorear cada sensor del sistema de inyección de combustible ya que la tarjeta posee estas características, además se hizo una comparación entre los valores de referencia y los obtenidos en la práctica dando como resultado que los sensores operaban normalmente.

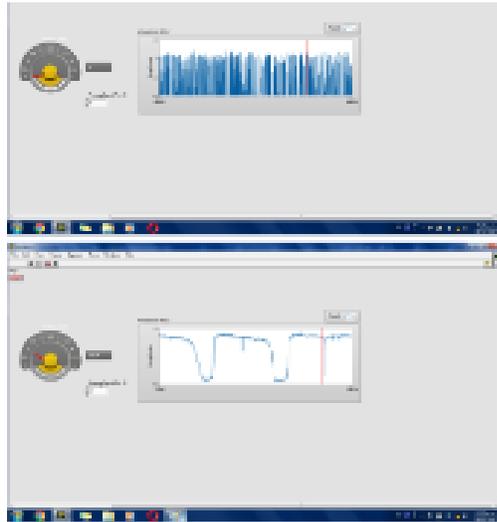


Ilustración 51. Monitoreo en diferentes sensores de fuel injection por medio del software LabVIEW.

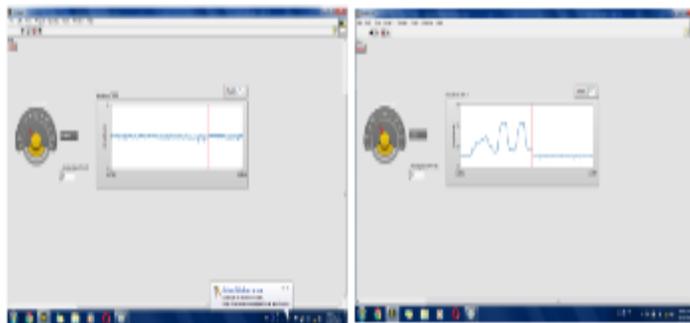


Ilustración 52. Monitoreo en diferentes sensores de fuel injection por medio del software LabVIEW.

En las ilustraciones 49 y 50 se puede observar las graficas generadas por medio del microcontrolador y el software LabVIEW. Cada sensor posee una grafica en tiempo real el cual se muestra en la laptop y se visualiza por el interior del vehículo.

En los monitoreos se observa que al encender el vehículo las graficas comienzan con el monitoreo dando una respuesta de los valores de los parámetros de cada sensor.

Después de observar los parámetros de cada sensor sin el sistema de hidrogeno, ahora se procederá a realizar el monitoreo con el sistema de hidrogeno activado, la prueba se realizará con una trayectoria de 10 km y se observará los cambios en los parámetros de los diferentes sensores.

En la prueba se muestra que durante el transcurso del viaje los parámetros en tiempo real no se ven afectados por la introducción de hidrogeno a través del ducto de aire.

Como los sensores no se vieron afectados por la introducción de hidrogeno se optó por Manipular cada sensor esto haciéndolo de forma que al alterar el valor de voltaje de cada sensor la computadora del vehículo interpretara las señales para que disminuyera la cantidad de combustible hacia el motor del vehículo.

Esto se logra interrumpiendo la señal que se dirige hacia la computadora, introduciendo la señal en el microcontrolador y dentro de este se generó otro logaritmo para que aumente a disminuya la cantidad de voltaje según lo requerido.

Esto se logró y al poder alterar los valores de voltaje se suponía que ya se estaba engañando a la computadora y que esta estaba reduciendo la cantidad de combustible que se introducía al motor.

Y para monitorear el consumo aproximado de gasolina del vehículo utilizando sensores de flujo de agua, actuando como medidores de gasolina. Primeramente, se optó por usar un solo caudalímetro.

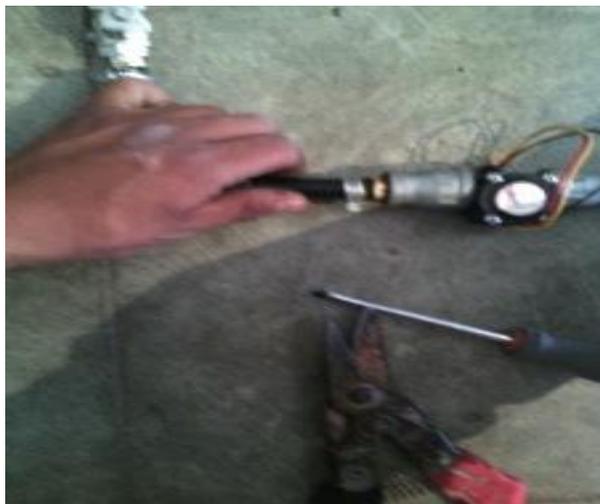


Ilustración 53. Medidor de flujo de caudal de agua actuando como medidor de gasolina.

El medidor de caudal se adaptó al sistema de inyección de gasolina posicionándose en la entrada de combustible al motor, esto para así medir datos de forma aproximados para tener en cuenta una referencia.

Al instalarle el sensor de flujo de caudal al vehículo a través de la entrada de combustible y al finalizar el recorrido se percató que un solo caudalímetro no puede realizar el monitoreo del flujo de gasolina, ya que la gasolina circula continuamente al momento de encender el vehículo, gracias a la bomba de gasolina que posee el vehículo al interior del tanque de combustible.

Así que se optó por idealizar una solución para así tener una comparación entre el consumo de gasolina.

Ahora dándole solución al problema el monitoreo se hará con 2 caudalímetros de flujo de caudal, uno en la parte de la entrada de gasolina al motor y el otro en la parte del retorno de gasolina del motor hacia el tanque de combustible, para así poder tener una comparación entre la gasolina que entra y la que sale del motor en un recorrido cualquiera.

Para poder realizar este comparativo se compraron dos caudalímetros de la misma marca, logrando así poder comunicarlas con el microcontrolador y el programa en tiempo real. y poder realizar la diferencia de flujo de combustible que entra y sale del motor del vehículo y logrando hacer curvas en diagramas de dispersión.

Obtención de gráficas y curvas de rendimiento sin sistema y con sistema

Para poder realizar la obtención de datos primeramente se instaló un nuevo medidor de caudal al vehículo, Una vez instalado se procedió a realizar un programa en el software LabVIEW, para poder lograr la lectura de ambos medidores y a la vez usar un algoritmo de programación para poder registrar datos de comparación a lo largo del trayecto e ir guardando los datos para posteriormente para transformar estos datos en diagramas de dispersión.



Ilustración 54. Software LabVIEW.

En el software LabVIEW se desarrollará un programa en el cual por medio de programación se podrá monitorear los medidores de flujo de caudal, para posteriormente convertir en formato de Excel y crear diagramas de dispersión correspondiente a la cantidad de combustible en el vehículo.

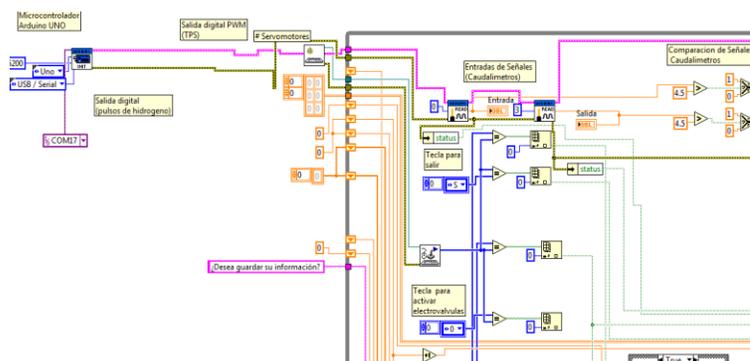


Ilustración 55. Software LabVIEW programación de bloques.

En la programación de bloques en el software LabVIEW se crean los programas y algoritmos correspondientes a el monitoreo de los medidores de flujo de caudal, en la ilustración 53 se muestra una parte del programa realizado para el monitoreo en tiempo real.

Una vez finalizado el programa de monitoreo de variables y del consumo de gasolina se tuvo que establecer el ajuste de rendimiento de un litro de gasolina en km, para que los sensores estuvieran de tal forma ajustados y estandarizados con los mismos valores.

En los próximos capítulos se darán a conocer los resultados sobre el monitoreo del sistema realizando recorridos cortos y largos para ajustar los sensores del flujo de caudal y generar las curvas características de ciertas distancias recorridas por el automóvil.

Presentación hacia la empresa innova calidad sc

Para muestra del seguimiento del proyecto se realizó una proyección sobre los avances ocurridos en la investigación y desarrollo, hacia la empresa Eco innovación.



Ilustración 56. Presentación hacia la empresa Eco innovación.

CAPÍTULO 8: PROTOTIPO FINAL

Nuevo sistema de inyección de hidrogeno

En este capítulo se describirá el desarrollo para el cual se llegó a el prototipo final. Partiendo de la información proporcionada sobre lo ya investigado se buscó la forma apropiada de un sistema para así poder garantizar la entrada de hidrogeno hacia la cámara de combustión del vehículo.

Una vez monitoreado el rendimiento de combustible en el capítulo 7 con sensores medidores de caudal nos dimos cuenta que respecto al rendimiento de combustible era muy poco debido a que la alteración de los valores con respecto a los sensores fue inyección.

Para esto se procedió a rediseñar la forma de entrada de hidrogeno al vehículo debido a que la primera forma de inyección no cumplía con los requerimientos del cliente, así que la idea se centralizo en el sistema de entrada y salida de gasolina, pudiendo en este sistema poder diseñar una dispositivo capaz de poder introducir el hidrogeno dentro del motor.

Las ideas en su momento fueron varias, pero al paso del tiempo se logró elegir una propuesta la cual se suponía que ahora si el hidrogeno se estuviera introduciendo en el motor.

Esto se dio por medio de electroválvulas las cuales tendrían una automatización y control, para que en cierto momento las electroválvulas cerraran completamente la entrada de gasolina al motor del vehículo, y una vez parada la presión de combustible hacia la entrada esta no se forzara y por ende dañara la bomba de gasolina que se encontraba dentro del tanque de combustible. Así que para que esto no ocurriera se adaptó un retorno de gasolina directo hacia el tanque de combustible, logrando así que la gasolina que se suprimiera al motor del vehículo fuese regresada al tanque de combustible.

Entonces teniendo esta ideología se procedió a diseñar la electroválvula, ya que primeramente se compró una electroválvula del mercado, pero esta era de flujo de agua así que para el flujo de gasolina no sirvió para nada.



Ilustración 57. Electroválvula para flujo de agua.

En la ilustración 55 se observa la electroválvula de flujo de agua, pero al usar este tipo de electroválvulas con la gasolina los elementos interiores se deforman ya que en su mayoría están hechos de polímero y al contacto con la gasolina se deforman llegando a un punto en que se deja escapar toda la gasolina.

Par eso se implementó una nueva electroválvula la cual consistiera en cero partes de polímero debido al problema que esta causa, primeramente, se compró una válvula de paso común y corriente de $\frac{1}{2}$ "y se le adapto un coplee el cual embonara en la parte de la válvula de paso y embonara a un servomotor teniendo así una electroválvula programable.

A esto se le adapto una estructura para que quedaran fijos los elementos que irían sujetos a la estructura y así no hubiera problemas de sujeción.



Ilustración 58. Electroválvula diseñada para flujo de gasolina.

En la incorporación de las electroválvulas para poder controlar el retorno y la de entrada de gasolina, se incorporó una manguera transparente para poder visualizar la mezcla, y una cámara en el interior del cofre añadiendo nuevos elementos de invasión al vehículo como electroválvulas, conexiones Te, válvulas check, manguera etc.



Ilustración 59. Prototipo montado en el vehículo.

Con el nuevo prototipo se logró garantizar la inyección de hidrogeno al vehículo, el cual consta de 2 electroválvulas una para el retorno de gasolina y no dañar a la bomba de gasolina, la otra para abrir y cerrar el paso de gasolina hacia el motor y por medio de una válvula check de un solo sentido se logra conectar con la entrada de gasolina y al cerrar el paso de gasolina la inyección de hidrogeno se logra introducir al motor dejando lo encendido por un periodo de tiempo, ahora se garantiza un rendimiento en el vehículo que puede dar paso a una buena mezcla y ahorro de combustible.

Monitoreo de sensores que intervienen en la inyección de combustible

Después de la instalación se llevó a cabo el monitoreo de los sensores de la inyección de combustible para observar su funcionamiento, para ver si se alteraban con la nueva inyección de hidrogeno en el sistema del motor, en la cámara de combustión, aparte se monitoreo el vehículo con una cámara termografía para comparar los valores obtenido.



Ilustración 60. Cámara termográfica la cual se monitoreo el motor del vehículo.

Prueba con sistema de bomba de gasolina en otro tanque ajeno al vehículo

Debido a que se quería monitorear el consumo de gasolina se creó un tanque de combustible ajeno al vehículo, para visualizar el consumo real de rendimiento de combustible, el cual se diseñó y manufacturo para poder sacar el sistema de bomba de gasolina del interior del tanque de gasolina y poder probarlo en un recipiente fuera del tanque de gasolina del vehículo.



Ilustración 61. Tanque auxiliar para las pruebas de recorrido de trayectorias.

En la ilustración 59 se observa el sistema de tanque auxiliar para las pruebas, en el cual se sacó bomba de gasolina del tanque original y se buscó un recipiente en el cual sirviera como tanque de gasolina auxiliar para realizar pruebas de rendimiento, utilizando materiales caseros para su realización, se percató de que el sistema auxiliar del tanque de gasolina si funcionara pudiendo así verter unos cuantos litros de gasolina y poder observar el consumo de gasolina de este.

La bomba de gasolina está en posición móvil debido a que si se requiere realizar pruebas en el tanque de combustible original se puede mover al tanque original escogiendo que tanque utilizar.

Nueva celda de hidrogeno incorporada.

También el prototipo se le añadió otra celda generadora de hidrogeno esto con el fin de Determinar el consumo de gasolina para ser más precisos se llevó a cabo meter una segunda celda de hidrogeno para así poder sustituir y añadir más hidrogeno al sistema.

Primeramente, se reunieron los materiales que tenían que hacer falta para una segunda celda de hidrogeno con todo y sus componentes, una vez teniendo todos los componentes se procedió a armar un nuevo sistema para tener dos celdas de hidrogeno, primero tuvimos que imaginar cómo tenía que quedar el nuevo sistema así que vinieron varias ideas y las fuimos probando cada una para así llegar a resultados.



Ilustración 62. Celdas de hidrogeno instaladas en el vehículo.

Al tener dos celdas de hidrogeno instaladas e incorporadas en el nuevo vehículo, se le dio unas pequeñas pruebas para que al estar en movimiento el carro funcionara y no se apagara. las dos celdas funcionaron adecuadamente ya que no proporcionaron problemas, solo se, primeramente, se le dieron unos tiempos largos a cada celda de hidrogeno, pero al darle un tiempo prolongado a cada celda la presión que había en ellas se le iba rápidamente, así que mejor un tiempo menor en cada celda funcionaria mejor ya que la presión no disminuiría tanto y se podrían cargar más rápidamente.



Ilustración 63. Prototipo final instalado en el vehículo.

CONSTRUCCION DE RAMPA PARA LLENAR EL TANQUE DE GASOLINA

Dado que el tanque de gasolina estando en posición normal el tanque de gasolina no se llena completamente, pero estando en una posición inclinada el vehículo el aire que está en el tanque de gasolina se sale y pensando en esta forma se construyó una base en forma de rampa para el vehículo.

con la ayuda de una balconera en pabellón de Arteaga y teniendo el material para la nueva rampa se construyó la rampa y una vez terminada se probó para verificar que el peso del vehículo no le afectaría en nada al diseño de la rampa, y se colocó atrás de la llanta en la cual se encontraba la entrada de gasolina al vehículo, una vez dándole de reversa al vehículo y subiendo la rampa hasta el nivel máximo, se dio cuenta de que la rampa si podría resistir y se dejó para así poder llenarle de gasolina con esta nueva rampa.



Ilustración 64. Diseño de la rampa para la introducción de gasolina.



Ilustración 65. Vehículo montado en la rampa.

Ahora si el prototipo final del vehículo se encuentra listo para comenzar con las pruebas tanto en carretera como en ciudad, el prototipo final consistió de una inyección de hidrogeno al vehículo, garantizando así la introducción de hidrogeno al motor del carro, también consistió en incluir 2 celdas generadoras de hidrogeno para así poseer más hidrogeno almacenado, otro aspecto fue la construcción de un tanque auxiliar para el combustible, y por último la construcción de una rampa para agregar gasolina al vehículo.

CAPÍTULO 9: RESULTADOS

En este capítulo se describen los resultados y el proceso de la aplicación del dispositivo actuando en el vehículo, esto con el fin de realizar un análisis funcional de cada una de las etapas que conforman al sistema.

El automóvil se consideró que se encontraba en condiciones normales tanto de la parte de los interiores y de la parte del exterior como la pintura y el motor, salvo a un pequeño golpe en la parte delantera del lado derecho.

Al principio del diseño de la celda generadora de hidrogeno la cual es del tipo de generación por medio de electrolisis al aplicarle voltaje, el análisis funcional de la celda generadora de hidrogeno se adaptó a las necesidades del cliente, ya que el diseño y el tamaño son las ideales para poder generar hidrogeno y así poder introducir al vehículo la presión necesaria, el cliente cubrió sus necesidades forma clara y concreta.

Después en el análisis del sistema y obtención de datos los resultados aplicados con una inyección directa al filtro de aire no nos proporcionan mucho rendimiento debido a que no es la forma de garantizar un ahorro de combustible es que el vehículo por medio del ducto del filtro de aire del motor realice un vacío y succione todo el hidrogeno para así poder introducirse al motor.

En el monitoreo de los sensores se obtuvieron los parámetros de medición de cada sensor tales como sus voltajes de operación el cual dependía de diferentes estados del vehículo ya sea en ralentí o en un recorrido normal.

Cuando se realizó el cambio de inyección de hidrogeno ahora por la parte de la entrada de gasolina si hubo un cambio tanto visual como real, debido a que gracias al sistema de control conformado por electroválvulas en su función de impedir el paso de gasolina hacia el motor y retornar la gasolina no introducida, y a la misma vez inyectar el hidrogeno, si proporciono un rendimiento que se siente al conducir el vehículo, y para esto se mostraran las curvas generadas en distintos recorridos con el vehículo y con el sistema de monitoreo y control de variables.

Primeramente, la obtención de datos se realizó con las condiciones normales del automóvil, obteniendo así el monitoreo constante del vehículo.

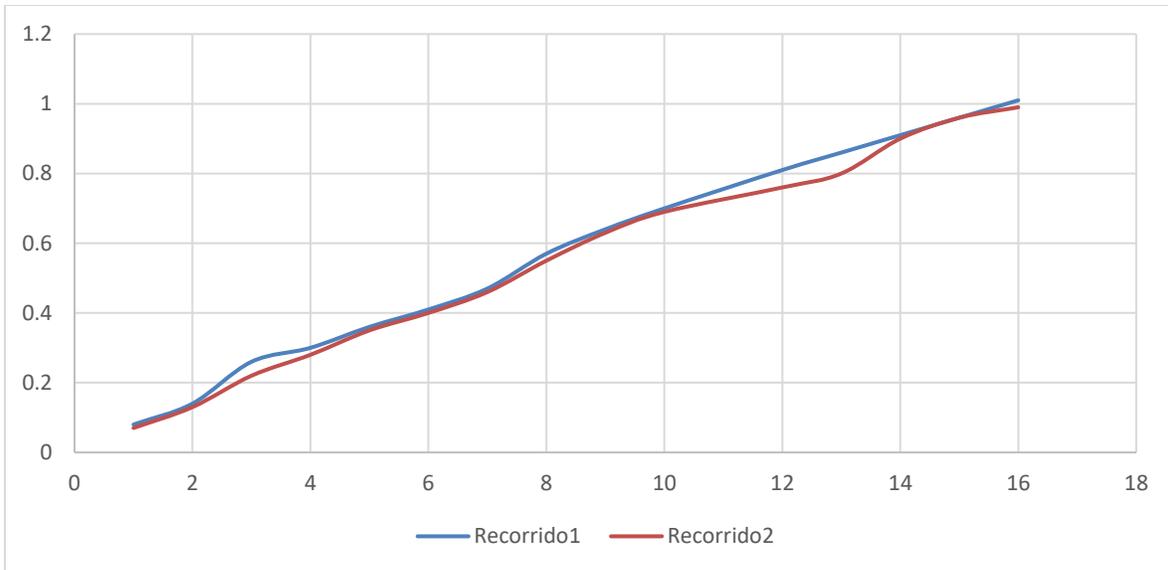


Ilustración 66. Obtención de datos en una trayectoria.

La ilustración 62 muestra dos recorridos realizados en las mismas condiciones y con las mismas variables, la línea azul representa el recorrido 1 y la línea roja representa el recorrido 2, mostrando una relación similar.

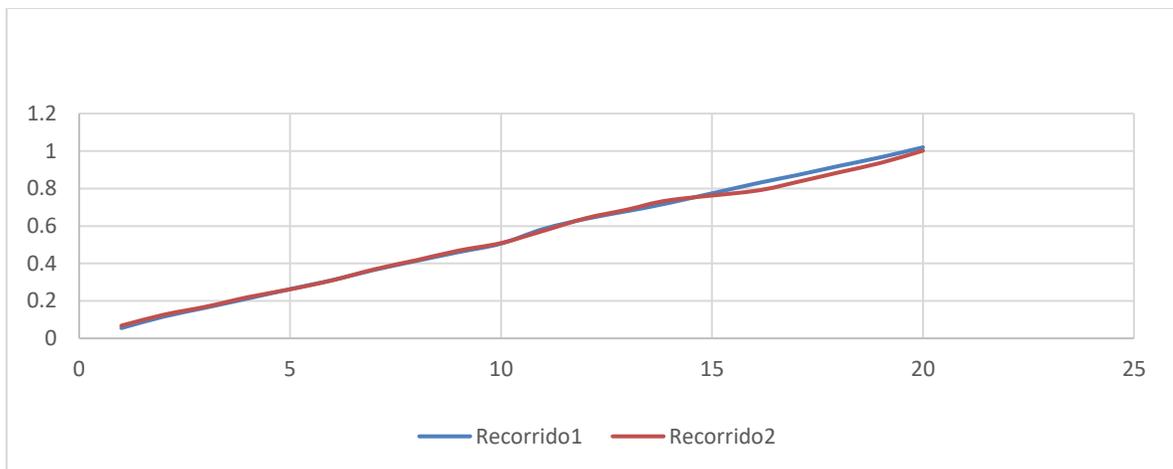


Ilustración 67. Obtención de datos en una segunda trayectoria.

Ahora la trayectoria cambio de lugar y se vuelve a mostrar el mismo patrón repetitivo en las gráficas de dispersión, la línea azul representa el primer recorrido y la línea roja representa el recorrido 2, se observa que ambas graficas poseen la misma similitud en cuanto a la pendiente generada.

Por último el monitoreo se llevó a cabo utilizando el sistema de control diseñado e implementado con las electroválvulas y el control.

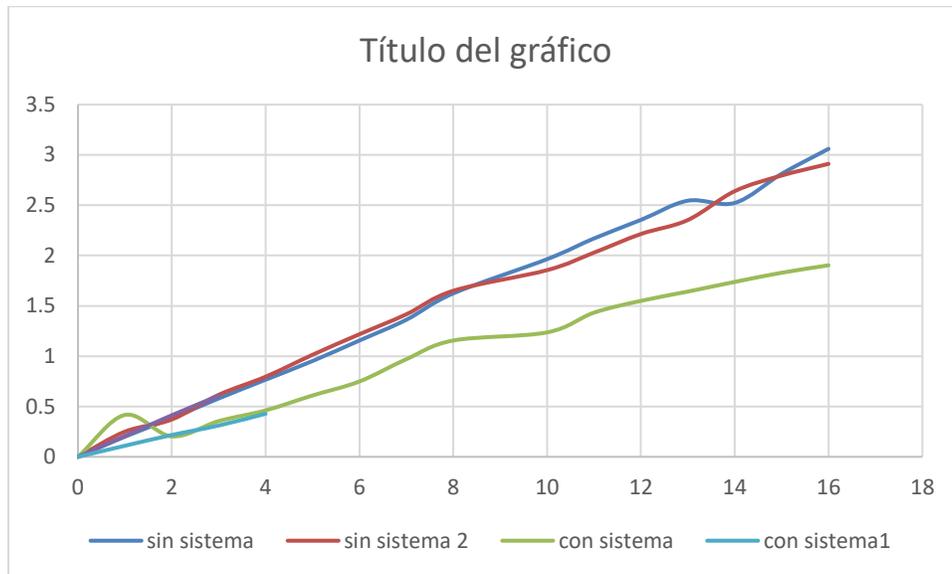


Ilustración 68. Obtención de datos en comparación

con la tarjeta Arduino UNO nos fue posible el monitoreo de diferentes sensores, se pudo realizar un ajuste y sentir el cambio que sucede en el vehicula al realizar dicho ajuste, sobre el flujo de gasolina consumida y del rendimiento en el vehículo se logró poder controlar un 9% logrando poder aumentar 2 km/litro.

Recorridos de trayectos Largos

Se procedió a realizar ahora los trayectos largos de más de 100 km para observar los resultados con el nuevo sistema de inyección de hidrogeno. Primeramente la primera prueba a realizar fue claramente con pura gasolina esta vez sin el sistema de inyección de gasolina para así poder tener con que hacer una comparación entre los 2 trayectos uno sin hidrogeno y otro con hidrogeno.

Los recorridos se hicieron de 150km igual como en el anterior esta vez con más distancia, una vez tenido los resultados de las dos pruebas y habido transcurrido alrededor de cuatro horas en el camino y al compararlo con las dos trayectorias se obtuvo que en el primer recorrido el vehículo consumió un total de 8.5L aprox. Y en el segundo recorrido

el vehículo consumió 6L aprox. notando un ligero ahorro en el consumo de gasolina con sistema de 2.5 litros ahorrados

INTEGRACION DE OTRO NUEVO SISTEMA EN EL TANQUE DE GASOLINA

Se procedió a diseñar un nuevo tanque de gasolina el cual sustituirá el tanque de gasolina del vehículo, este nuevo sistema constara de la bomba de gasolina del vehículo y de un indicador de litros de gasolina visible formado por medio de una manguera transparente y el cual se muestran los litros vertidos en el nuevo tanque de gasolina.



Ilustración 69. Nivel antes de la prueba.

En la ilustración 69 se observa la cantidad de gasolina antes de la prueba.



Ilustración 70. Nivel después de la prueba.

En la ilustración 70 se observa la cantidad de gasolina después de la prueba, logrando tener un rendimiento de combustible, ya que el indicador de gasolina no bajo más de cuando bajo sin el sistema de gasolina.

PRUEBA DE MAS DE 100 KM EN INNOVA

Una vez ya teniendo las dos celdas de hidrogeno y la rampa del vehículo se procedió a hacer una nueva prueba de rendimiento por más de 100 km desde innova hasta cosió y de regreso a innova. Al hacer esta prueba se checo de que todo estuviera en condiciones normales y de que funcionaran y no fallaran en la prueba, y se empezó a primeramente salir de la zona de ags. para así agarrar el camino directo, esta vez la prueba fue conducida por Andrés pacheco y monitoreada por José Antonio, a lo largo de la trayectoria el sistema se comportó de una manera adecuada y monitoreada por medio de una cámara se pensaba que el rendimiento en la gasolina fuera a funcionar, pero una vez terminado el recorrido y al estar llenando litro por litro se dio un resultado de 18 km/l el cual era el rendimiento que no se esperaba.

PRUEBAS EN NUEVO CIRCUITO DE RRECORRIDO DE CARRETERA

Pruebas dedicadas a rendimiento en carretera esta vez con un nuevo recorrido empezando en la última gasolinera de ags hasta 100 km en el cual se llegaba hasta cosió y regresábamos al mismo punto de partida.

Los resultados al principio se optó por un nuevo circuito de recorrido el cual comenzaba el recorrido desde la última gasolinera de ags llendo por cosió y regresando hasta que se cumplieran 100 km, en la gasolinera en el punto de partida se le llenaba el tanque completamente y unos 15 litros en un garrafón para la prueba ya en el estacionamiento de la gasolinera se le coloco la rampa y se le lleno completamente hasta el full, después de ahí se procedió a realizar la prueba de gasolina con el sistema encendido hasta recorrer 100 km, al principio el vehículo iba bien y logro completar los 100 km dando un rendimiento de 22 km/l.



Ilustración 71. Salida desde la gasolinera de ags.

RECORRIDOS DE 200 KM AGUASCALIENTES-AGUASCALIENTES

Después de la limpieza del tanque y el cambio de bomba de gasolina se procedió a realizar las pruebas de rendimiento partiendo de Aguascalientes, llenando por Cosío y regresando a Aguascalientes, pero dos vueltas para así completar los 200 km.

Al configurar el dispositivo Arduino UNO para que no se sintiera ningún cambio en la potencia del motor del vehículo determinando los tiempos adecuados se procedió a realizar la prueba de los 200 km partiendo desde Aguascalientes y llegando a Cosío después regresando otra vez hacia Aguascalientes y otra vez hasta Cosío y de nuevo regresando a Aguascalientes se observó de que la potencia del motor no bajó de ninguna manera solo se percataban unos pequeños cambios pero no afectaban al vehículo, terminando las pruebas se procedió a llenar el tanque de gasolina para averiguar el rendimiento del vehículo, teniendo un rendimiento de 22 km/L.



Ilustración 72. Inicio de la prueba de 200 km



Ilustración 73. Fin de la prueba de 200km

RECORRIDO DE 100KM SIN SISTEMA Y 100 KM CON SISTEMA CON JOSE ANTONIO.

Prueba en la cual me acompañó José Antonio para verificar los avances y rendimientos del vehículo sin sistema y con sistema.

Los resultados Primeramente fueron que llegamos a una gasolinera a llenar el tanque de gasolina para así poder realizar la primer prueba sin sistema, después de llenar el tanque de gasolina subimos el vehículo a la rampa para así poder verificar que el nivel de

gasolina fuera el indicado y así poder dar inicio con la prueba, la prueba consistió en partir de ags, llegando a cosió y de regreso otra vez a Aguascalientes una vez terminado el recorrido vertimos gasolina para poder visualizar el rendimiento y los resultados fueron de 17 km/L.

Después se procedió a realizar la segunda prueba, pero ahora con el sistema de hidrogeno partiendo del mismo punto y regresando a ags una vez terminada la prueba los resultados fueron favorables ya que no se notó casi ninguna diferencia en la potencia del vehículo, y también fue favorable ya que en el rendimiento se notó una diferencia de 20 km/L, aumentando así el rendimiento del vehículo.

CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES

En este capítulo, de este proyecto se dan a conocer las conclusiones entorno al funcionamiento del dispositivo, además se presenta una serie de recomendaciones finales para un trabajo a futuro.

Como conclusiones puede decir que el sistema de generación de hidrogeno cumplió las necesidades del cliente, ya que la generación es la suficiente porque se encuentran instaladas 2 celdas de hidrogeno.

Cumpliendo así las diferentes métricas como:

- Ayuda a proporcionar combustible diferente a la gasolina.
- Se adapta al vehículo con facilidad.
- Se monta y se desmonta con facilidad.

En cuanto al sistema de control e inyección de hidrogeno también cumplió las necesidades del cliente, arrojando el rendimiento que se quiso obtener.

Cumpliendo así las diferentes métricas como:

- Ayuda a aprovechar el máximo de rendimiento del vehículo.
- Los actuadores se adaptan al microcontrolador.
- Se adapta al ritmo del vehículo.
- Ayuda a disminuir el consumo de combustible.
- Permite a cualquier usuario el uso del vehículo.
- Permite el mantenimiento con Herramientas sencillas.
- Tiene una larga vida útil.
- Permite la fácil reposición de las piezas gastadas.
- Es ligera en peso.

En cuanto al funcionamiento del sistema de control que más que nada se basa en parar la gasolina que pasa por la entrada de gasolina y a su vez regresarla por el retorno y ahí es cuando la inyección se puede lograr teniendo así 12 segundos gasolina y 8 segundos hidrogeno, manteniendo este mezcla se obtuvieron los resultados mayores de 22 km/l.

CAPÍTULO 12: COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Competencias desarrolladas y/o aplicadas

1. Implemente diseños en los diferentes sistemas del proyecto.
2. Aplique métodos de metodología sobre como poder diseñar un producto.
3. Analice variables de diferentes sensores, así como sus diferentes estados del vehículo
4. Interprete la información de los sensores para así poder engañar a la computadora y poder consumir menor cantidad de combustible.
5. Aplique métodos de investigación para desarrollar e innovar sistemas de control de inyección de hidrogeno.
6. Gestione la metodología del proceso de diseño, cada uno de los pasos cronológicamente.
7. Realice la manufactura de cada uno de los sistemas mencionados en este proyecto.
8. Planifique cada una de las acciones de las actividades que abarcan el proceso.

Bibliografía

- Borja. (14 de Septiembre de 2017). *twenergy*. Obtenido de Gestion ambiental:
<https://twenergy.com/a/la-electricidad-frente-al-combustible-2734>
- Briño, M. (30 de Marzo de 2013). *Mapeo de Procesos* . Obtenido de Mapeo de Procesos :
<https://es.slideshare.net/mabrieno/mapeo-de-procesos-curso-1>
- Combustibles Fosiles. (15 de Noviembre de 2016). *Energia Solar*. Obtenido de Combustibles Fosiles:
<https://solar-energia.net/energias-no-renovables/combustibles-fosiles>
- Energia Solar. (15 de Noviembre de 2016). *Energia Solar*. Obtenido de Combustibles Fosiles:
<https://solar-energia.net/energias-no-renovables/combustibles-fosiles>
- ERNA, M., & ORTEGA, B. (10 de Octubre de 2007). *RU.TIC*. Obtenido de
www.ru.tic.unam.mx:8080/handle/123456789/1315
- Hurtado, J. I. (2011). *El Hidrogeno y la Energia*. España: AsociacionNacional de Ingenieros del ICAI.
- Javier, C. (25 de Junio de 2009). *motorpasión*. Obtenido de motorpasión:
<https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-del-coche-hibrido-la-tecnologia-se-perfecciona>
- Landin, P. (26 de marzo de 2011). *Pelandintecno-tecnologia ESO*.
- Martinez, A. (6 de Junio de 2015). *Coches electricos e hibridos*. Recuperado el 2018, de Cochec electricos e hibridos: <http://www.autofacil.es/coches-electricos-e-hibridos/2015/07/06/invento-coche-hibrido/26194.html>
- MundoAutomotor. (s.f.). *Mundoautomotor*. Recuperado el 2018, de autos hibridos:
<http://www.mundoautomotor.com.ar/web/2007/11/28/autos-hibridos-definicion/>
- Ulrich, K. T. (2009). *Diseño y desarrollo de productos* .
- UPTON. (18 de Diciembre de 2013). *Blog historia de la informatica*. Obtenido de
<http://histinf.blogs.upv.es/2013/12/18/raspberry-pi/>
- Xaudaró, C. F. (2011). *INYECCIÓN DE HIDRÓGENO COMO POTENCIAL MEJORA DE LOS MOTORES ACTUALES*.