



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

TESIS

**DISEÑO DE UN REACTOR DE HIDROGENO DE
CELDA SECA PARA EL ACOPLAMIENTO EN UN
MOTOR DE 200 CC**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor

Bach. Puican Cabrera Kevin Arnold

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4450-3086>

Asesor(a)

MSc. Rojas Coronel Ángel Marcelo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>

Línea de Investigación

Infraestructura, tecnología y medio ambiente

Pimentel – Perú

2023

**DISEÑO DE UN REACTOR DE HIDROGENO DE CELDA SECA PARA EL
ACOPLAMIENTO EN UN MOTOR DE 200 CC.**

Aprobación del jurado

Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE

Presidente del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

Secretario del Jurado de Tesis

MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO
Vocal del Jurado de Tesis


DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy(somos) **egresado (s)** del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

DISEÑO DE UN REACTOR DE HIDRÓGENO DE CELDA SECA PARA EL ACOPLAMIENTO EN UN MOTOR DE 200 CC

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Puican Cabrera, Kevin Arnold	DNI: 48354214	
------------------------------	---------------	---

Pimentel, 23 de octubre de 2023.

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación va dedicado a mis padres que con mucho cariño me dieron su apoyo para fortalecer mi vida profesional, para ellos con todo el amor de mi vida.

Agradecimientos

Doy gracias a Dios por acompañar mi camino. A mis padres por motivarme y aconsejarme en cada paso que doy y a mis profesores que me brindaron sus conocimientos y experiencias.

Índice

Dedicatoria	4
Agradecimientos	5
Índice de Figuras	7
Índice de Tablas	10
Abstract	11
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad Problemática	12
1.2. Formulación del Problema	17
1.3. Hipótesis	17
1.4. Objetivos	17
1.5. Teorías Relacionadas al tema	17
II. MATERIALES Y MÉTODO	46
2.1. Tipo y diseño de investigación	46
2.2. Variables, operacionalización	46
2.3. Población de estudio y muestra	49
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad 49	
2.5. Procedimiento de análisis de datos	50
2.6. Criterios éticos	51
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
3.1. Resultados	54
IV. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	91
4.1. Conclusiones	91
4.2. Recomendaciones	92
REFERENCIAS	93
ANEXOS	97

Índice de Figuras

Figura 1 Clasificación de los motores.....	18
Figura 2 Mediante la distribución del mapa conceptual da a conocer las distintas formas de motores de combustión interna	19
Figura 3 Fuerzas que actúan en el mecanismo Biela-Manivela.	20
Figura 4 Representación del Ciclo Otto.....	21
Figura 5 Ciclo de cuatro tiempos (Mantenimiento de motores térmicos de dos tiempos y cuatro tiempos, 2015	21
Figura 6 Diagrama del ciclo de admisión.	22
Figura 7 Diagrama del ciclo de Compresión.....	23
Figura 8 Diagrama del ciclo de explosión.....	23
Figura 9 Diagrama del ciclo de escape.	24
Figura 10 Aplicación de las energías renovables	24
Figura 11 Producción de hidrogeno y sus fines.....	27
Figura 12 Participación de la fuente de hidrógeno en la producción mundial.	28
Figura 13 Electrólisis.....	28
Figura 14 Pila de combustible	32
Figura 15 Celda Húmeda.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16 Celda Seca.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17 Motor marítimo trabajando con dos combustibles.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18 Niveles de Partículas de la Materia	38
Figura 19 Imagen del carburador	40
Figura 20 Inyección directa	42
Figura 21 Estados de la energía.	42
Figura 22 Hidrógeno presente a diferentes temperaturas.	44
Figura 23 Diagrama de flujo de Procesos.	50
Figura 24 Moto SSENDA XTRAIL 200.	54
Figura 25 Medición volumétrica del combustible.....	55
Figura 26 Comportamiento del combustible con respecto a las RPM.....	56
Figura 27 Beneficio de la Celda instalada en autos y motos	57
Figura 28 AVL DISMOKE 4000.....	59
Figura 29 Medición de gases a gasolina sin el prototipo.	59
Figura 30 Black box	60
Figura 31 Prototipo de solución 1.....	63
Figura 32 Prototipo de solución 2.....	64
Figura 33 Prototipo - Solución 05.....	64
Figura 34 Solución Mediante el Cálculo de Valores Ponderados-Evaluación Técnico-Económico.....	66
Figura 35 Estructura del diseño.	67
Figura 36 Instalación Propuesta.....	67
Figura 37 Diseño propuesto.	68
Figura 38 Diseño propuesto-junta de caucho.....	69
Figura 39 Diseño propuesto – placa de acero 11x11x5.	70
Figura 40 Diseño propuesto-solidworks.	71
Figura 41 Diseño propuesto-SolidWorks vista explosionada.....	72
Figura 42 Configuración de la celda.....	73
Figura 43 Simulación de la velocidad de caudal de flujo a la entrada del reactor.....	82

Figura 44 Simulación de la velocidad de salida de los gases.	82
Figura 45 Relación de hidrógeno/gasolina que ingresa al motor.	84
Figura 46 Diseño Real del reactor.....	85
Figura 47 Diseño Real del reactor.....	86
Figura 48 Reservorio de agua instalada en la parte trasera de la moto.....	86
Figura 49 Burbujeador de agua de agua instalada en la parte interna de la moto.	87
Figura 50 Filtro.....	87
Figura 51 Tiempo de consumo de Gasolina y Gasol/HHO.	88
Figura 52 Tiempo de consumo de Gasolina y Gasol/HHO.	89

Índice de Tablas

Tabla 1 Propiedades del "H".	26
Tabla 2 Energía mínima para la ignición del hidrógeno en el aire.	26
Tabla 3 Emisiones de CO ₂ respecto a cada combustible.	27
Tabla 4 Resumen de los mejores electrolitos para una mejor conducción de corriente.	31
Tabla 5 Propiedades del (H ₂ O).	34
Tabla 6 Propiedades del (N).	35
Tabla 7 Propiedades del CO ₂ .	35
Tabla 8: Contaminación ambiental según departamento.	36
Tabla 9 Propiedades del (CO).	38
Tabla 10 Propiedades del NO ₂ .	39
Tabla 11 Inflamabilidad.	43
Tabla 12 Temperatura de autoencendido.	44
Tabla 13 Número de Octanos.	45
Tabla 14 Variables dependientes e independientes.	47
Tabla 15 Variables dependientes e independientes.	48
Tabla 16 Características Técnicas.	54
Tabla 17 Eficiencia de la celda en su ejecución de diferentes tesis.	58
Tabla 18 Prueba de emisiones a gasolina – sin el prototipo.	60
Tabla 19 Matriz Morfológica.	62
Tabla 20 Solución Mediante el Cálculo de Valores Ponderados- Evaluación técnico.	65
Tabla 21 Solución Mediante el Cálculo de Valores Ponderados-Evaluación Económico.	66
Tabla 22 Propiedades mecánicas del acero AISI 316-316L.	70
Tabla 23 Características del Generador de Hidrogeno.	85
Tabla 24 Tiempo de consumo de Gasolina y Gasol/HHO.	88
Tabla 25 Tiempo de encendido del motor	89
Tabla 26 Costo para su elaboración.	90
Tabla 27 Costos adicionales.	90
Tabla 28 Costo total.	90

Resumen

Actualmente existen diversas formas de incidir en el cambio climático y por ende en el medio ambiente, un claro ejemplo de contaminantes son los motores de combustión que produce alrededor del 70% de las emisiones globales que dañan el planeta durante muchos años.

El presente proyecto se desarrolló con la finalidad de visualizar las posibles mejoras de trabajo que realiza un motor de combustión interna al enriquecer el combustible con hidrógeno para su mejor detonación en la cámara de combustión y a su vez limitar la mínima cantidad de emisiones, para ello se diseñó un generador de celda seca electrolítica. Para el criterio de la instalación se basó en elementos resistentes a la corrosión, esto se rigió a las Normas Técnicas del Acero AISI 316 que es comúnmente más comercial y anticorrosivo, el cual no participa de la reacción química y se comporta de manera neutral.

Considerando los detalles, se realizaron varias pruebas para conocer la eficiencia del sistema teniendo en cuenta las dimensiones de diseño y la cilindrada del motor, de manera que se puede concluir que el sistema era más eficiente a menores revoluciones del motor, trayendo consigo un ahorro económico en el combustible o en cortas distancias como en la ciudad, en ese sentido pudimos ver que el sistema no se comporta de manera eficiente en rutas largas fuera de la ciudad ya que se produce un mayor esfuerzo de este. Una vez instalada se obtiene una cantidad considerable de hidrogeno/oxígeno a baja tensión pudiéndose obtener una cantidad $1525,48 \text{ cm}^3/\text{min}$.

Palabra clave: Electrólisis, Hidrógeno, energía limpia, combustible renovable, motores de combustión interna.

Abstract

Currently there are several ways to affect climate change and therefore the environment, a clear example of pollutants are combustion engines that produce about 70% of global emissions that damage the planet for many years.

The present project was developed with the purpose of visualizing the possible improvements in the work performed by an internal combustion engine by enriching the fuel with hydrogen for better detonation in the combustion chamber and at the same time limiting the minimum amount of emissions, for this purpose an electrolytic dry cell generator was designed. For the criteria of the installation was based on corrosion resistant elements, this was governed to the Technical Standards of AISI 316 steel which is commonly more commercial and anticorrosive, which does not participate in the chemical reaction and behaves neutrally.

Considering the details, several tests were carried out to know the efficiency of the system taking into account the design dimensions and the engine displacement, so that it can be concluded that the system was more efficient at lower engine revolutions, bringing economic savings in fuel or in short distances as in the city, in that sense we could see that the system does not behave efficiently in long routes outside the city since it produces a greater effort of this. Once installed, a considerable amount of hydrogen/oxygen is obtained at low voltage, being able to obtain a considerable amount of $1525,48 \text{ cm}^3/\text{min}$.

Keywords: electrolysis, hydrogen, clean energy, renewable fuel, internal combustion engines

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

A nivel Internacional

El hidrógeno en Rumania ha atraído la atención de los expertos en energía, como fuente primaria de energía, ya sea como combustible para centrales eléctricas o como insumo para celdas de combustible, debido a las preocupaciones sobre la descarbonización del sistema energético para 2050, teniendo en cuenta las emisiones mínimas. En los métodos actuales para la producción de hidrógeno "limpio", en un futuro solo se contemplan los electrolizadores alimentados por energía fotovoltaica, eólica, hidráulica y nuclear. Este trabajo analiza la posibilidad de producir hidrógeno "limpio", los problemas asociados a su transporte y el precio para su obtención.[1]

La energía de hidrógeno basado en la suplementación de múltiples energías (energías renovables) puede mejorar el consumo de energía renovable, reducir el impacto negativo en el sistema de red eléctrica y exhibe las características de "verde", bajo en carbono, sostenible, etc., es actualmente un punto de acceso de investigación global, este artículo presenta la topología actual del sistema energético del hidrógeno y resume las ventajas técnicas de la producción complementaria de hidrógeno a partir de energías renovables y las posibilidades de coordinación energética del sistema complementario. También presenta la tendencia de desarrollo del sistema complementario de múltiples energías y la cadena económica de la energía del hidrógeno, que es el punto de desarrollo para nuevas tecnologías.[2]

La gasificación del carbón en Polonia podría ayudar a mitigar la dependencia de las importaciones de derivados del petróleo y así ayudar a la transición de energía mediante el uso del hidrógeno verde desligando su uso del gris, tomando decisiones estratégicas económicas, del cual debe guiarse no solo por el nivel del proceso de producción sino en otros factores de impacto ambiental células FCEV (Fuel cell electric vehicle). En los análisis se incluyen todas las etapas principales de la producción de combustible de hidrógeno mediante la tecnología de Shell, así como la compresión y el transporte de hidrógeno hasta

el punto de distribución. En total, se consideraron dos escenarios de producción de combustible: con y sin secuestro del dióxido de carbono capturado en el proceso. [3].

En el presente artículo se detalla la producción de una energía limpia a través de agua de mar, los resultados nos permiten analizar y conocer las diferentes soluciones y materiales que se utilizan para llevar a cabo la producción de hidrógeno mediante la separación de moléculas de agua con el objetivo de emitir cero emisiones y poder utilizarlo en diferentes aplicaciones como combustible, energía eléctrica, usos industriales, entre otros, finalmente el propósito de esta investigación es permitirnos tomar mejores decisiones para aplicar esta metodología de acuerdo a los materiales que tenemos en mayor alcance y que es un futuro promisorio para una generación de la nueva industria para los siguientes años, considerando además los objetivos de desarrollo sustentable [4]

Este trabajo de investigación tuvo como resultados experimentales para la generación de oxígeno, como es bien sabido, la mayor parte del transporte ya sea privado o público, es un recurso no renovable y cuando el combustible explota produce contaminantes que se liberan al medio ambiente, reduciendo el uso del combustible. Las emisiones de combustible y contaminantes se convierten en una prioridad actualmente. Un factor económico importante de este es la gasolina, el cual su motor principal, utiliza combustible y este recurso no renovable cuyas reservas están en constante disminución.[5]

La integración extensiva de fuentes renovables en el sistema energético europeo presenta desafíos significativos en la gestión y control de la red de distribución eléctrica. Esto se debe a la naturaleza impredecible de la energía generada por estas fuentes y a la falta de infraestructuras adecuadas. Una solución innovadora que está siendo actualmente investigada es la tecnología Power-to-Gas y el almacenamiento químico de energía. En este contexto, la electricidad excedente generada por fuentes renovables puede emplearse para alimentar electrolizadores de agua, produciendo así hidrógeno verde para ser inyectado en los gasoductos de gas natural. Este enfoque tiene el doble propósito de equilibrar las

discrepancias entre la producción y el consumo en la red eléctrica, así como de descarbonizar el gas natural y el sistema en su conjunto. [6]

En Colombia el hidrógeno verde se perfila como una opción prometedora y versátil en el panorama energético del futuro. Funciona como un vector facilitador para almacenar la energía generada por fuentes renovables intermitentes, como la solar y la eólica. Este recurso proporciona energía limpia en sectores industriales difíciles de descarbonizar. Su propósito fundamental es disminuir gradualmente la dependencia de los combustibles fósiles y contribuir a mitigar el calentamiento global. Este artículo examina el impacto del hidrógeno verde en la reducción de emisiones, centrándose en cuatro sectores relevantes para Colombia: integración en la red de gas natural, aplicación en el transporte, tratamiento de crudo en refinerías y generación de electricidad para zonas no interconectadas.[7]

En Reino Unido, este estudio de revisión y primero en su clase, sobre cocinar con hidrógeno evaluó las tecnologías de cocción existentes y hidrógeno sistemas en contextos de países en desarrollo. Nuestra evaluación crítica también incluyó los estudios experimentales y de modelado sobre hidrógeno renovable. Se analizaron los sistemas y su adaptabilidad en los países en desarrollo. Finalmente, presentamos un escenario para hidrógeno. Nuestros hallazgos indicaron que hidrógeno es atractivo y se puede utilizar de forma segura como combustible para cocinar.[8]

A nivel nacional

El proyecto se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en Perú, donde existe un interés significativo en explorar la energía del hidrógeno, especialmente en el contexto de las energías renovables, que son fundamentales en la ingeniería. El entorno se considera crucial en la formación de los estudiantes. El objetivo principal del proyecto era evaluar experimentalmente la eficiencia de la energía generada a partir de la producción de hidrógeno mediante la utilización de la energía eólica. Este análisis se realizó a través de mediciones de la velocidad del viento en la instalación de la Facultad de Ingeniería Ambiental (FIA-UNI). Se registraron mediciones de velocidad del viento en el campus de la UNI entre agosto y septiembre de 2019, con un promedio que osciló entre 2,7 m/s y 3,5 m/s. [9]

Se llevó a cabo un análisis de viabilidad para la generación de energía mediante hidrógeno verde en el sur de Perú, con el propósito de evaluar su competitividad en comparación con el diesel utilizado en los camiones CAEX, que constituyen el principal medio de transporte de carga pesada y contribuyen significativamente a las emisiones de CO₂. Este análisis incluyó una comparativa utilizando el software Solargis, y se determinó que la ubicación más adecuada sería la mina Cuajone. Para la ejecución del proyecto, se sugiere la construcción de una planta de energía fotovoltaica con una capacidad de 10 MW y una planta de electrólisis con una capacidad de 7,8 MW, con la capacidad de producir una tonelada de hidrógeno diariamente, teniendo en cuenta el consumo de una planta CAEX.[10]

El propósito de esta experimentación es analizar el efecto de agregar hidrogeno en los motores diesel. El experimento se realizó en un motor monocilíndrico, en diversas condiciones de funcionamiento. Las pruebas buscan verificar que la inyección de hidrógeno se adapte al funcionamiento del motor sin mayores modificaciones. Posteriormente, se realizaron diversas pruebas para medir las emisiones del motor. Esta investigación involucra varios experimentos realizados en motores diésel para mezclar gradualmente hidrógeno, lo que genera menos emisiones y ayuda a desarrollar una demanda de mercado de hidrógeno verde, lo que permite economías de escala para reducir los precios y aumentar la competitividad.[11]

A nivel local

En Chiclayo la carente falta de información por la búsqueda de nuevas formas de reducción de gases contaminantes en el parque automotor norteño ha llevado a la indagación de nuevas formas de cómo aprovechar recursos simples y sin muchos obstáculos para su realización, en nuestra región por el acelerado cumulo del parque automotor no solo ha generado caos vehicular sino que también contribuye a la contaminación del medio ambiente por el gas toxico producido por estos, este mecanismo del hidrógeno es una alternativa sustentable para la reducción de estos gases el cual reduce tanto la dependencia parcial de los combustibles como la reducción total de gases

contaminantes que emanan de estos, por ello es indispensable la adaptación inmediata de este sistema en los vehículos ya que logra mejoras evidentes tanto en una reducción hasta del 60% de combustible, una mejora de la potencia del motor del 30%-40% y eliminación de los gases de efecto invernadero por lo que en su funcionamiento lleva acoplado un generador que funciona con 12 V y consume 1.5 amperios y alcanza una temperatura de hasta 60° sin partes móviles y totalmente silencioso, lo cual que se presenta como una gran oportunidad de mercado en nuestra región.

La importancia de investigar nuevas formas más eficientes de reducir los gases contaminantes producidos por motores de combustión a su vez repercute en la necesidad del uso excesivo por parte de los combustibles fósiles en el parque automotor de hoy en día.

Al diseñar nuevos equipos para favorecer el abastecimiento de uso excesivo de los combustibles fósiles dando como consecuencia un menor costo y prolongada vida en el motor ya que esta mejora tanto el sistema del motor como también reduce las emisiones contaminantes que produce el llamado efecto invernadero.

La utilidad de este sistema de fácil implementación prolonga la vida del motor para que puedan contribuir más a la economía.

Al considerar nuevas formas de diseñar dispositivos, los materiales con los que están hechos y reutilizados también juegan un papel importante. Al tener equipos duraderos, pueden crear conciencia de reciclar para no generar más contaminación ya que estos aparte de sumar al cambio de energías renovables ayudarían a mejorar la calidad de estas emisiones.

A medida que se desarrollen más y más grupos de apoyo, influirán en la sociedad para que acepte la nueva realidad, a través de la cual las actividades laborales conducirán a mejores cambios económicos y ambientales.

Estos equipos se pueden utilizar para mejorar los procesos de trabajo al abordar una mejora notable en el uso mínimo de hidrocarburos porque funcionan en conjunto con cambios notables que se pueden ver más adelante.

1.2 Formulación del Problema

¿Por qué diseñar un generador de hidrogeno de celda seca para promover el enriquecimiento de los combustibles de los motores de combustión interna?

1.3 Hipótesis

Al inyectar hidrógeno en conjunto con el combustible, la cámara de combustión incrementa el poder calorífico teniendo una eficiencia del 40 al 50%.

1.4 Objetivos

Objetivo General

Diseñar un reactor de hidrógeno de celda seca para mejorar la combustión interna en motores que trabajan a la par con combustibles fósiles y así poder optimizar la eficiencia del consumo.

Objetivo Específico

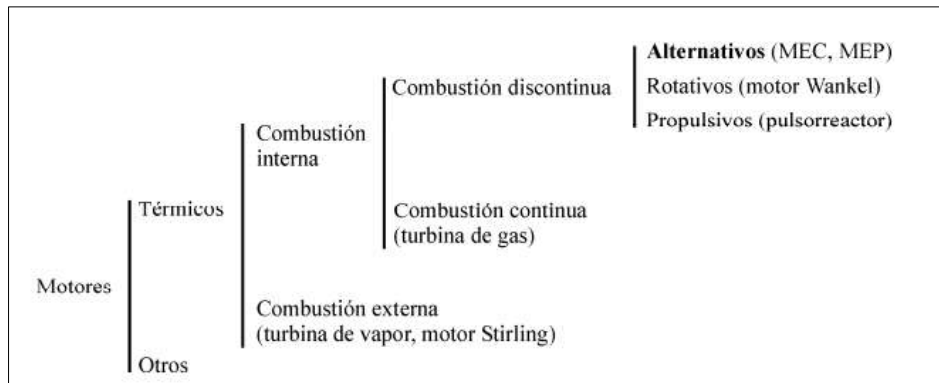
- Determinar el rendimiento actual de un motor 200 CC y nivel de contaminantes que genera el motor
- Proponer conceptos de solución utilizando un reactor de hidrogeno
- Dimensionar los componentes del reactor de hidrogeno, adaptándolos a la parte interna del vehículo.
- Calcular el óptimo porcentaje de hidrogeno inyectado en el sistema de combustión.
- Analizar económicamente la eficiencia al usar hidrógeno.

1.5 Teorías Relacionadas al tema

Motores de combustión Interna

Básicamente un motor de combustión interna como se ve en la *figura.1* convierte cierta parte del calor producido en trabajo lo que termodinámicamente se le conoce como ciclo Otto, estas máquinas convierten la energía térmica en energía mecánica, por combustión dentro del cilindro donde ocurre la combustión que aceptan el movimiento de un pistón y como consecuencia, el movimiento rotativo del cigüeñal, en ese sentido su finalidad de este es la realización de un trabajo eficaz la cual conllevó hasta hace un tiempo al desplazamiento de los motores a vapor dando inicio a este tipo de motores. [12]

Figura 1 Clasificación de los motores



Fuente: [12]

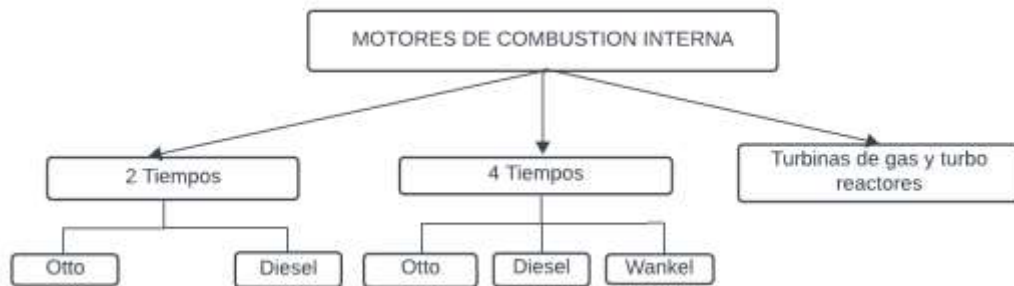
Este tipo de trabajo ocurre mediante la explosión de la energía interna del combustible de combustión, ya que todos los combustibles tienen energía interna del que se puede transformar, esta energía interna se expresa como un aumento de presión y temperatura (explosión); la ventaja de usar hidrógeno en un motor de combustión interna es que uno puede aprovechar la tecnología en el campo para poder elegir no usar una porción del combustible fósil, sin embargo, se elige una modificación para cumplir con esta especificación de diseño. [13]

Los motores Otto fueron diseñados por Nicolaus August Otto, estos motores se conocen principalmente como de cuatro tiempos, lo que indica que, por cada dos revoluciones del cigüeñal, la combustión se produce de la siguiente manera: a) entrada de aire al cilindro, b) compresión, c) combustión y d) descarga, Otra característica significativa de este motor es su necesidad de una chispa eléctrica para iniciar el proceso

de combustión, comúnmente denominado encendido del motor de combustión interna. (MCI-EP). [14]

Un aspecto importante son los motores de dos tiempos ya que tienen el mismo aspecto que los motores de cuatro tiempos, pero solo hacen una revolución del cigüeñal, lo que le da una ventaja al motor porque genera más potencia que un motor de cuatro tiempos del cual se pretende que estos tipos de motores realicen la misma función termodinámica, pero los motores de dos tiempos no pueden separar la admisión y el escape, resultando en un incremento de las emisiones de hidrocarburos, estas son eliminadas de manera progresiva. [15].

Figura 2 Definición de un MCI



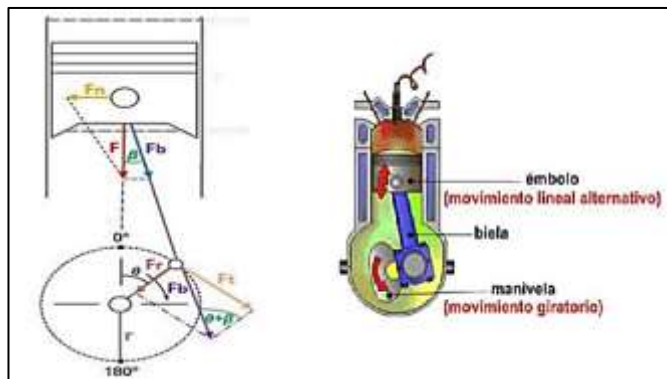
Fuente: Elaboración Propia

Todos los motores de ciclo Diésel y Otto presentan estructuras similares pudiéndose diferenciar teniendo en cuenta su estructura como (carburador, inyector, bomba inyectora, etc.), para motor diésel, su rendimiento es superior al motor de gasolina sobre todo en razón del aumento de la relación de compresión, sin embargo, en relación a la potencia resultan más pesados debido a la presión máxima más elevada ya que tienen los componentes más robustos. [16]

Mecanismos Biela-Manivela

Estos dispositivos posibilitan la rotación del motor al convertir el movimiento alternativo del pistón en un movimiento de rotación del cigüeñal. La imagen 3 ilustra las fuerzas que se aplican a una cámara de combustión central presurizada. [16]

Figura 3 Fuerzas que actúan en el mecanismo Biela-Manivela.



Fuente: [17]

El ciclo del motor se realiza debido a la presión de los gases que se ejerce, la fuerza "F" concentrada en el centro del pistón se da gracias al bulón hasta la biela, como se ven en la *figura 3* la fuerza que actúa a lo largo de la biela se divide en dos la primera que actúa a lo largo de la biela y otra al cilindro. [17]

F_b representa la fuerza que se trasmite a lo largo de la biela lo cual aplasta al aceite que se encuentra en los cojinetes de la biela

F_n representa la fuerza perpendicular al cilindro lo cual trata de voltear al motor con respecto a sus apoyos con un brazo palanca por lo que esta es la causa por lo que el motor vibre ya que la fuerza F_b cambie de dirección consecuyente.

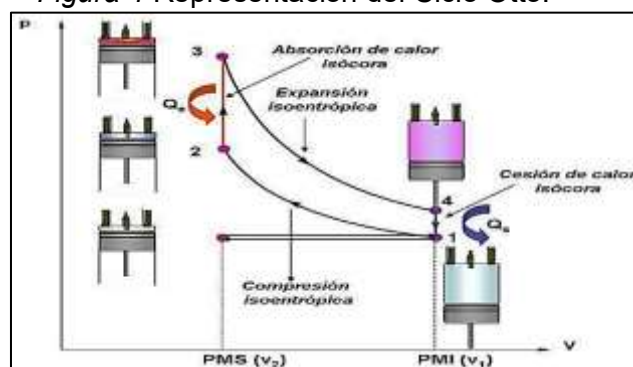
Motor de combustión interna de ciclo Otto

Cielo teórico

Los motores OTTO son los más utilizados para convertir la energía de térmica en mecánica, y los más utilizados en cuatro tiempos, la eficiencia térmica de estos motores está limitada por muchos factores, especialmente la potencia del motor, el control y enfriamiento, en termodinámica nos dice que desde la eficiencia de un primer motor alternativo aproximado depende del grado de compresión. La eficiencia promedio o la eficiencia de un buen motor Otto es del 20-25%, y solo una cuarta parte de la energía térmica se convierte en energía mecánica. [18]

Como se puede apreciar en la representación gráfica 4 del motor de combustión interna (MCI), en el punto 1, el proceso de admisión ya ha concluido, con una presión inicial. Durante la fase de compresión (de 1 a 2), el pistón se desplaza para reducir el volumen y aumentar la presión del combustible. La etapa de 2 a 3 es el momento en que se produce la explosión del gas a alta presión y temperatura, expandiéndose y desplazando el pistón para realizar un trabajo útil (de 3 a 4). Finalmente, durante la fase de 4 a 1, los gases quemados salen del cilindro.[18]

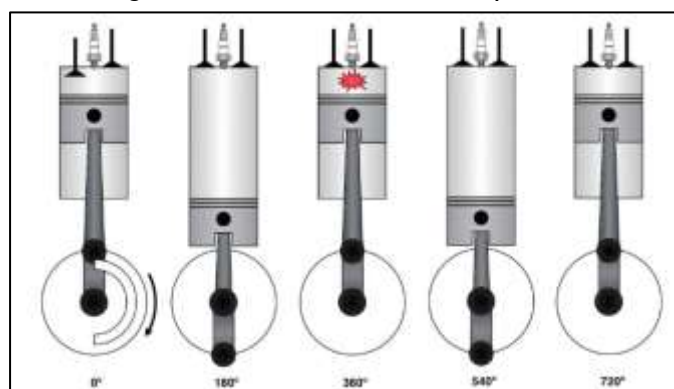
Figura 4 Representación del Ciclo Otto.



Fuente: Recuperado de[19]

Los motores de combustión interna pueden clasificarse como de dos o cuatro tiempos, y los motores de gasolina de cuatro tiempos que son comúnmente empleados en los automóviles. Dado que su funcionamiento es uniforme para todos los cilindros del motor, en la figura 5 se detallarán cada uno de los pasos de los cuatro tiempos que ocurren en este tipo de motor. [20]

Figura 5 Ciclos de cuatro tiempos

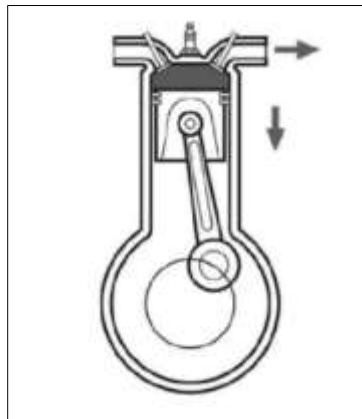


Fuente: [18]

Primero tiempo (Admisión)

En la figura 6, se ilustra la fase de admisión o succión de potencia. Esta ocurre cuando el pistón se encuentra en la posición superior del cilindro, con la válvula de escape cerrada y la válvula de admisión abierta. En este momento, el pistón se desplaza hacia abajo, generando un vacío en el cilindro a una presión superior a la atmosférica, es decir, mayor que la presión existente en la entrada del cilindro del carburador. [18]

Figura 6 *Diagrama del ciclo de admisiónn.*

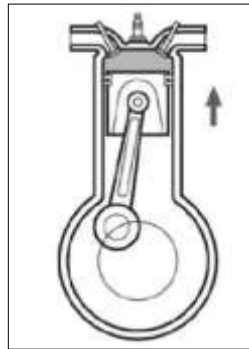


Fuente: [18]

Segundo tiempo (compresión)

En la figura 7 la compresión; ambas válvulas están cerradas y la mezcla de combustible que todavía está en el cilindro ahora está cerrada, el pistón sube dentro del cilindro para comprimir esta mezcla de combustible de modo que al final de este paso el pistón tiene dos movimientos: uno hacia abajo y otro hacia arriba cigüeñal; para completar el circuito como hemos visto.

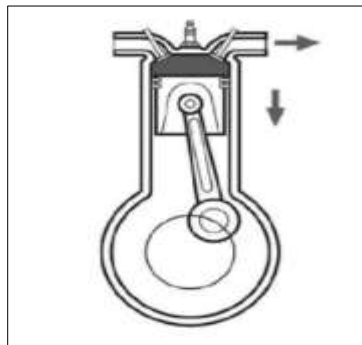
Figura 7 Diagrama del ciclo de Compresión.



Tercer tiempo (Explosión)

En la figura 8 la explosión, en este punto del ciclo del combustible, se enciende con la chispa de la bujía, debido al calor de la combustión (alrededor de 4000 a 4500 grados Celsius), por lo que esta presión actúa como una fuerza que empuja el pistón hacia arriba para luego dar presión hacia abajo. [18]

Figura 8 Diagrama del ciclo de explosión.

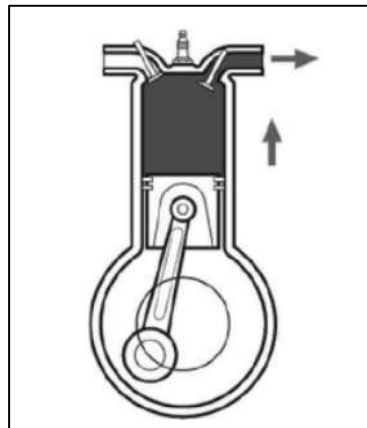


Fuente: [16]

Cuarto tiempo (Escape)

En la figura 9 en el escape, el pistón se eleva y expulsa los gases nocivos como CO_2 ; N; NO_x quemados por la válvula de escape, el cigüeñal da $\frac{1}{2}$ revolución.

Figura 9 Diagrama del ciclo de escape.



Fuente: [16]

Potencial energía renovable en el Perú

Las fuentes de energía renovable como se ve en la figura 10, se obtienen a partir de fuentes renovables que se producen, como solar, eólica y biomasa. Con respecto a nuestro país generalmente su generación se basa en energías renovables, hasta el año 2002 las centrales hidroeléctricas han representado un %85 del total de energía del país del cual se emplea, al usarse el gas Camisea para la generación de energía eléctrica la participación de las hidroeléctricas se ha reducido a un %41, en el Perú la energía que más se utiliza es la no renovables de los cuales en unos años se podría agotar, lo contrario sería las energías renovables de las cuales están ligados a ciclos naturales de nuestro planeta. [21]

Figura 10 Aplicación de las energías renovables

RECURSO	TECNOLOGÍA	ELEMENTOS	APLICACIÓN
SOLAR	Fotovoltaica	Células solares	Electricidad
	Térmica	Coletores	Calor, electricidad
	Pasiva	Muros, ventanas, etc.	Calor, iluminación
EÓLICA	Generación eléctrica	Aerogeneradores	Electricidad
	Fuerza motriz	Aerobombas	Fuerza motriz
BIOMASA	Digestión anaerobia	Biodigestión	Biogás combustible
	Gasificación	Gasificador	Gas combustible
	Pinos	Pinos	Combustible
	Fermentación	Destilería	Bioetanol
	Alcohólica		
	Esterificación	Unidad de esterificación	Biodiesel
HIDRÁULICA	Combustión	Hornos, calderas	Calor, electricidad
	Centrales	Pequeñas centrales	Electricidad
	Hidroeléctricas	Hidráulica	
OCEANOS	Pequeños aprovechamientos	Banda, turbinas	Fuerza motriz
	Mareas	Barreras, turbinas	Electricidad
	Olas	Flotadores, columnas, aparatos focalizadores	Electricidad
GEOTERMIA	Diferencias de temperaturas	Turbinas condensadoras	Electricidad
	Cometas marinas		Electricidad
	Generación eléctrica	Plantas de energía	Electricidad
	Uso directo	Agua termal	Calor, recreación, salud

Fuente: [21]

- El hidrogeno

El hidrogeno es el elemento más simple de todos, ya que está compuesto por un único protón en su núcleo y acompañado de un electrón, esto es la causa de que fuera el primer elemento en formarse después del Big Bang junto con el helio, debido a ello empezó a integrarse en nubes de gas que darían lugar a las primeras estrellas y más tarde a galaxias, como es bien sabido la reserva de hidrocarburos según el MINAM los combustibles fósiles solo duraran de 10 a 50 años esto quiere decir que para el 2050 el petróleo será cosa del pasado, pero ello ocurrirá de forma inesperada teniendo en cuenta eso los países buscan nuevas formas de generar energías limpias y no contaminantes, uno de ellos es el hidroxí. [22]

La energía radiante que recibimos del sol es causada por átomos de hidrogeno que cuando se combinan con los átomos de helio y se libera una cantidad extraordinaria de energía, la energía estelar es uno de los factores primarios que permiten el mantenimiento de vida en la tierra, otros de los factores es el equilibrio del contenido de agua en todas sus fases (líquida, sólida y gaseosa), que juntos con los demás agentes cósmicos han llevado al planeta a una condición de equilibrio termodinámico en la que afortunadamente, se puede preservar la atmósfera para protegernos de las radiaciones nocivas del espacio exterior, e impide que la superficie de nuestro mundo baje a unas temperaturas que harían prácticamente imposible la vida. [23]

El hidrogeno (H) es un gas incoloro e insípido, y muy inflamable, así como también es el elemento más abundante, ya que constituye aproximadamente el 70% de toda la materia viva del universo. [23]

Tabla 1 Propiedades del "H".

Propiedad	Valor
Numero atómico	1
Densidad	0.0899kg/m ³
Masa atómica	1.00794 u
Punto de ebullición	-253,268 °C
Punto de fusión	-259°C

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 2 otros conceptos que tiene este elemento como el hidrógeno es que tiene una capacidad calorífica de 1437 g / kg * K, lo que significa que es 6 veces mayor que la de la gasolina a 25 ° C y una presión de 1 atm. En un motor, la chispa requerida para encender este combustible (hidrógeno) en el aire requiere una potencia mínima como se muestra en la Tabla 2 para diferentes presiones. [22]

Tabla 2 Energía mínima para la ignición del hidrógeno en el aire.

Energía mínima de la chispa (mJ)	Presión (kPa)
0.017	101.3
0.09	5.1
0.56	2.03

Fuente: [22]

Lo más relevante de este combustible es que su límite de emisiones contaminantes es nulo que es lo más resaltante al diseñar un sistema que repercuta a favor al cambio climático, los datos de emisiones por CO₂ de cada combustible se encuentran valorados sobre el uso de unidad de energía en (MJ) como vemos en la tabla 3 con respecto a cada combustible.

Tabla 3 Emisiones de CO2 respecto a cada combustible.

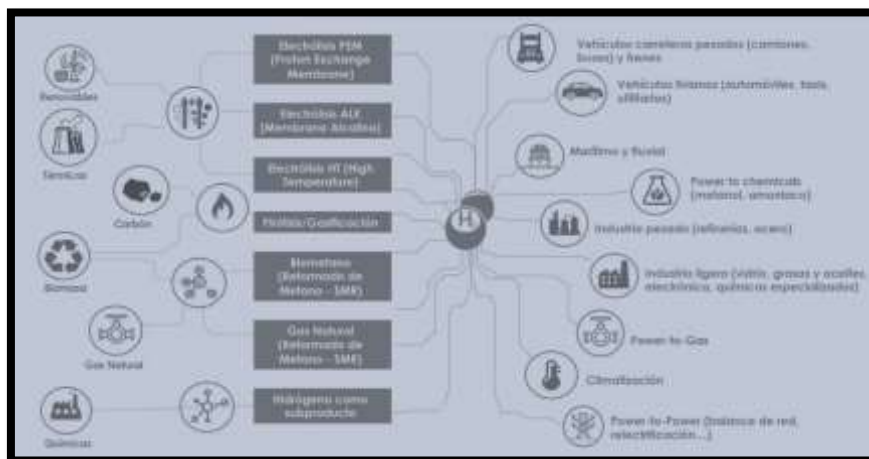
Combustible	Emisiones CO2 (G/MJ)
etanol	71.38
Biodiesel	77.34
metano	54.97
DME	66.34
Hidrogeno	0 (cero emisiones)
Gasolina	73.84

Fuente: [1]

Tipos de procesos de generación de Hidrógeno

Una de las grandes ventajas del hidrógeno es que se puede producir a partir de muchas fuentes potenciales figura 11, como agua, combustibles fósiles y materia orgánica. Se presenta una amplia gama de métodos de producción de hidrógeno y hay muchas formas diferentes de producir hidrógeno, pero tomar hidrógeno de productos fósiles se contradice como una fuente de energía limpia, porque su extracción producirá dióxido de carbono, debido al escape de gas, se le llama hidrógeno sucio. [22]

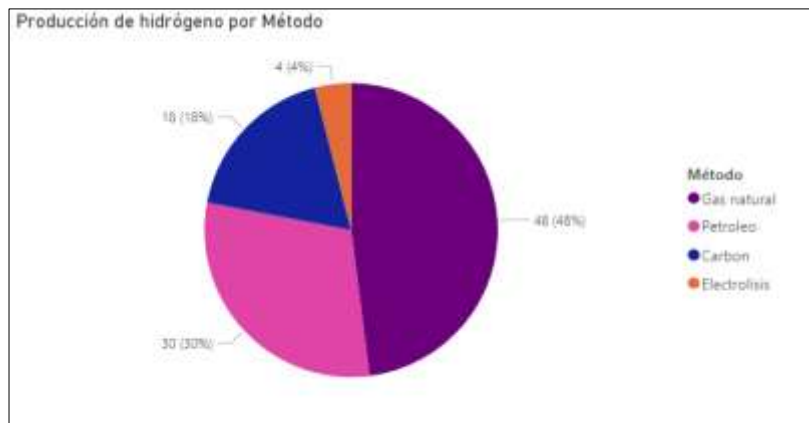
Figura 11 Producción de hidrogeno y sus fines.



Fuente: [22]

Como muestra la figura 12 en los últimos años, se ha realizado una gran cantidad de investigaciones para encontrar formas de limpiar o descontaminar el medio ambiente. Estos métodos no nuevos generalmente tienen una cosa en común, que es reducir o no producir emisiones a la atmósfera. Así como también se espera que sea más eficiente. [24]

Figura 12 Participación de la fuente de hidrógeno en la producción mundial.

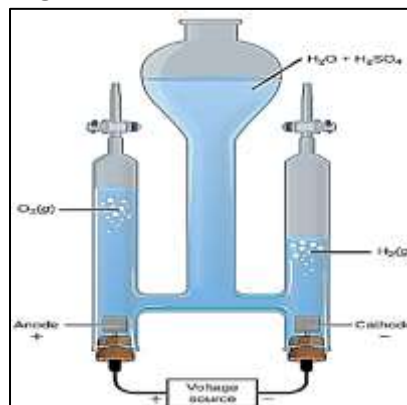


Fuente: Elaboración propia

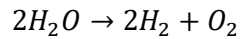
Existen diversos métodos de obtención de hidrógeno entre ellos mediante:

Electrólisis

Figura 13 Electrólisis.



Fuente: [25]



El voltaje mínimo para la producción de hidrógeno por electrólisis es de 1.23 voltios a 25 ° C, para limpiar la corriente en este proceso debe provenir de una fuente renovable no contaminante, indicadores de generación de hidrógeno con respecto a la corriente dividida por la superficie del electrodo, en amperios para cada área. Las celdas de electrolito de superficie son confiables. Tiene una eficiencia energética del 65% y el 80% y funciona a densidades a partir de 2000 A / m². [26]

Ley de Faraday en la electrólisis

También conocida como ley de electrólisis, fue descubierta en 1834 por Miguel Faraday que determinó las relaciones entre cantidad de electricidad que circula a través de un electrolito directamente proporcional a la cantidad depositada en el electrodo [27], de esta se dio lugar a dos leyes como:

$$M = \frac{PE * Q}{F}$$

Donde:

M: Masa del gas (Kg)

PE: peso de la sustancia (Kg/Kmol)

Q: Carga eléctrica

F: constante de Faraday 96500 Coulomb

$$M = I * T$$

Donde:

I: Intensidad de corriente (A)

T: Tiempo (S)

$$PE = \frac{PA}{V}$$

Donde:

PA: Peso atómico del elemento químico (g)

V: Número de valencia

Ley de Pouille en electrólisis

Se detalla que los conductores ofrecen una resistencia al paso de corriente, la resistencia de un material es directamente proporcional a su longitud (mts), si como inversamente proporcional a su área transversal del conductor eléctrico (m^2). [27]

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Donde:

R: Resistencia del conductor (Ω)

ρ : resistividad del conductor eléctrico (m)

A: área transversal del conductor eléctrico (m^2)

Ley de ohm

Se usa para determinar la relación entre la tensión, corriente y resistencia en el circuito eléctrico.[28]

$$V = I * R$$

Donde:

V: Voltaje o tensión (V)

I: Intensidad (A)

R: Resistencia (Ω)

Una amplia gama de aplicaciones para este sistema se encuentra en flotas de vehículos, donde el producto del electrólisis del agua es combustible (hidrógeno) y se puede agregar un oxidante a la mezcla de combustible como se ve en la tabla 4 de los mejores electrolitos para este proceso el cual lo hará más conductora mediante un flujo de corriente, como parte final del proceso, es la obtención de este gas acompañado para su paso final en la inyección de la admisión de aire del motor obteniendo beneficios como:

Una combustión más completa de combustibles fósiles, ya que en un motor Otto, la bujía emite un arco eléctrico y enciende el combustible, por lo que el encendido se produce por completo, se enciende hidrógeno altamente volátil, tres veces más rápido que la propia gasolina, esto enriquece el sistema y permite que este sea más completo en el sistema..[28]

Tabla 4 Resumen de los mejores electrolitos para una mejor conducción de corriente.

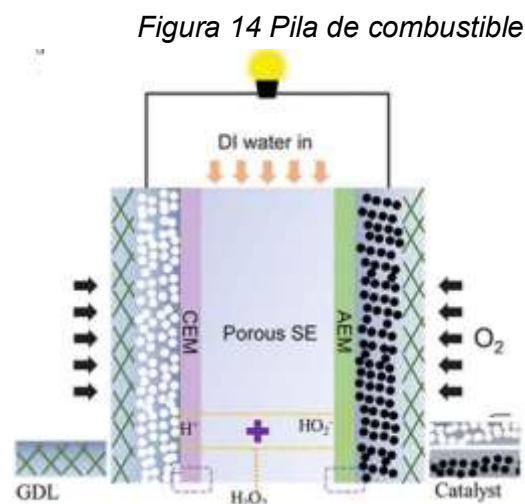
Producto	Formula química	Aplicaciones		
		Voltaje	Amperaje	Temperatura
Sulfato de magnesio	Mgso4	Indiferente	Bajo	Baja
Hidróxido de potasio	Koh	Indiferente	Alto	Alta
Hidróxido de sodio	Naoh	Indiferente	Alto	Media
Sulfato de sodio	Na2sO ₄	Bajo	Bajo	Media
Ácido sulfúrico diluido	H ₂ sO ₄	Bajo	Medio	media

Fuente: [18]

Tipología del reactor de generación de Hidrógeno

Tipo PEM

También llamado pila de combustible, este es un dispositivo electroquímico que convierte la energía química directamente en energía eléctrica, con alta eficiencia, bajas emisiones contaminantes, ruido, rápida instalación y sin partes internas móviles. La celda de combustible funciona como una batería, excepto que necesita un suministro constante de hidrógeno para generar electricidad constantemente. Funcionan según el principio de intercambio de cargas entre el ánodo y el cátodo. Cuando se utiliza hidrógeno como combustible primario, se produce una hidrólisis inversa, este se muestra en la figura 14. [29]



Fuente: [29]

Reactor por Celdas

Hay dos tipos de electrolizadores, celda húmeda y celda seca, estos sistemas se clasifican comercialmente como grupos HHO o sistemas de vehículos de hidrógeno.

- Celda húmeda.- Las celdas de electrolito o celdas con una configuración de electrodos sumergidos en la solución de electrolito en el tanque se denominan celdas húmedas.

- Celda seca.- Este tipo de celda se debe a que los electrodos no se sumergen en el baño de electrolito, por lo que estas placas paralelas se separan, se cierran con una serie de juntas y el electrolito, y se bombean a través de la celda.

Sistemas Híbridos de alimentación para mejora de Motores Existentes

Sistema bi-fuel

Este sistema de suministro de biocombustible (Bi-fuel) permite que el automóvil funcione con dos tipos de combustible al mismo tiempo, en cuyo caso el conductor puede elegir entre ellos. La conversión a este sistema permite la adaptación al motor de gasolina sin tener que cambiar o modificar el diseño del motor. Los componentes del sistema están instalados fuera del motor y no requieren ninguna modificación o alteración del motor.

Sistema dual fuel

El sistema de suministro de combustible envía dos tipos de alimentos a las cámaras de combustión para ser premezclados con el motor de admisión y luego esta mezcla se envía a las cámaras de combustión. Se suele utilizar gasolina como combustible principal y como recambio tenemos etanol, GLP o hidrógeno, entre los más utilizados, en el mismo caso el motor no ha sufrido modificaciones para adaptarse al sistema con componentes instalados al aire libre.

Gases producidos por la contaminación “inofensivos-contaminantes”

La mayoría de las emisiones contaminantes en el Perú, generalmente entre el 70 y el 80%, son generadas por flotas de vehículos, por lo que la Organización Mundial de la Salud estima que el 80% de las muertes están relacionadas con la contaminación del aire en el exterior. Se debe generalmente a enfermedades cardíacas y accidentes cardiovasculares. El porcentaje se debió a neuropatía obstructiva crónica o

infecciones respiratorias agudas y el 6% a cáncer de pulmón; A continuación, se muestran los gases con tasas de incidencia más altas.[30]

Gases inofensivos

Como se muestra en la Tabla 5 sobre la composición del agua, de ella sabemos que está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O), es incoloro, inodoro e insípido, y también se encuentra naturalmente en sólidos, líquidos y gases. El término agua generalmente se refiere a una sustancia en estado líquido, pero como producto de la combustión, se considera un gas (vapor) o un líquido, dependiendo de las condiciones ambientales. [31]

Tabla 5 Propiedades del (H₂O).

Propiedad	Valor
Masa molecular	1,801,528
Temperatura de ebullición	100°C
Temperatura crítica	374°C
Presión crítica	217.7 atm
Punto de fusión	0°C

Fuente: Elaboración propia

El Agua (H₂O) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno, incolora, inodora e insípida además se puede encontrar en estado líquido, gaseoso o natural.

Oxigeno (O₂) es componente del aire más importante que respiramos en un (21%) es un componente necesario para la combustión con una mezcla ideal, el

consumo de combustible debe ser total, pero en caso de combustión incompleta, el oxígeno restante se ventilará a través del colector de escape.

Como se describe en la tabla 6, el nitrógeno (N) es un elemento químico que es un componente esencial del aire, por lo que constituye el 78% del aire atmosférico, este gas inodoro, incoloro e insípido ingresa al aire y forma parte de la combustión, la mayoría de las veces el Nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape.

Tabla 6 Propiedades del (N).

Propiedad	Valor
Densidad	1.2506 Kg/m ³
Masa atómica	14,0067 u
Punto de ebullición	-196 °C
Punto de fusión	-210°C

Fuente: Elaboración propia

El dióxido de carbono (CO_2) o también conocido como óxido de carbón, anhídrido carbónico o gas carbónico, es un gas cuya composición está dada por dos átomos de oxígeno y uno de carbono, gas incoloro, denso y poco reactivo, se estima que se produce CO_2 y llega a la atmósfera entre 30 a 40 millones de toneladas, a continuación, se detalla en la tabla 7 sus propiedades.

Tabla 7 Propiedades del CO_2 .

Propiedad	Valor
Densidad	1.98 kg/m ³
Masa molar	44.01 g/mol
Punto de fusión	-78°C

Punto de ebullición	-57°C
Soluble en	agua

Fuente: Elaboración propia

Según las tasas de crecimiento anual promedio en la atmósfera las concentraciones de CO₂ y CH₄ son 0.04% y 0.75%, respectivamente. En áreas densamente pobladas, las emisiones del tráfico son una fuente significativa de gases. tabla 8

Tabla 8: Contaminación ambiental según departamento

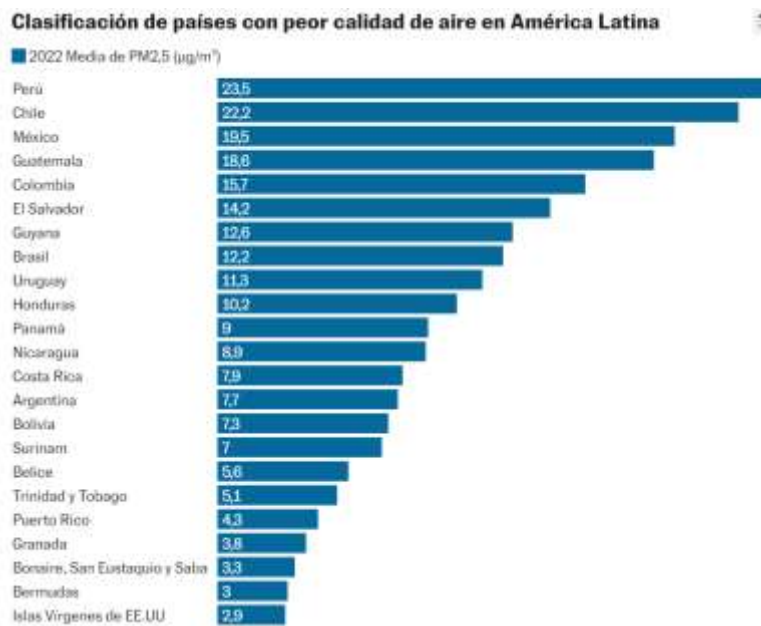
Departamento	2020		2021	
	Municipalidades Informantes	Distritos con elementos contaminantes	Municipalidades Informantes	Distritos con elementos contaminantes
Total	1,872	1,726	1,874	1,733
Amazonas	84	75	84	69
Áncash	166	151	166	153
Apurímac	84	74	84	77
Arequipa	109	99	109	102
Ayacucho	119	105	119	103
Cajamarca	127	116	127	113
Callao 1/	7	7	7	7
Cusco	112	106	112	111
Huancavelica	100	90	100	90
Huánuco	84	75	84	77
Ica	43	42	43	41
Junín	124	115	124	118
La Libertad	83	78	83	77
Lambayeque	38	38	38	35
Lima Metropolitana 2/	43	42	43	42
Lima 3/	126	115	128	120
Loreto	53	47	53	48
Madre de Dios	11	10	11	10
Moquegua	20	20	20	19
Pasco	29	28	29	27
Piura	65	65	65	64
Puno	110	103	110	101
San Martín	77	73	77	74
Tacna	28	23	28	25
Tumbes	13	12	13	13
Ucayali	17	17	17	17

Fuente:[32]

El principal producto de la combustión es CO₂, ya que se liberan otros tipos de gases simultáneamente. Algunos de estos son de corta duración, mientras que otros son de larga duración, como CO₂, CH₄, N₂O, CO y H₂, que tienen efectos globales en la atmósfera, investigación realizada en Perú por World Resources Institute (WRI) muestra resultados de alrededor del 0,34% de las emisiones, que representan el 3,5% de las emisiones en América y el Caribe. Una de las emisiones más altas en Perú es en Puno debido a que es el CO₂, que proviene de la combustión de combustibles fósiles derivados del transporte, la que en el Perú ocupa el 70% de contaminación la flota de coches, en Perú este a aumentado en un 63% en los últimos 10 años.[30]

La ciudad de Lima en la actualidad mediante el ranking realizado por la IQAir y Greenpeace, en consecuencia de quema de combustibles, minería e incendios forestales en cinco países de la región la concentración de PM_{2.5} en el aire, a superando entre tres a cinco veces las directrices aprobadas por la OMS(Organización mundial de la salud), según se observa en la figura 15.

Figura 15 : Rankine calidad del aire en América Latina.

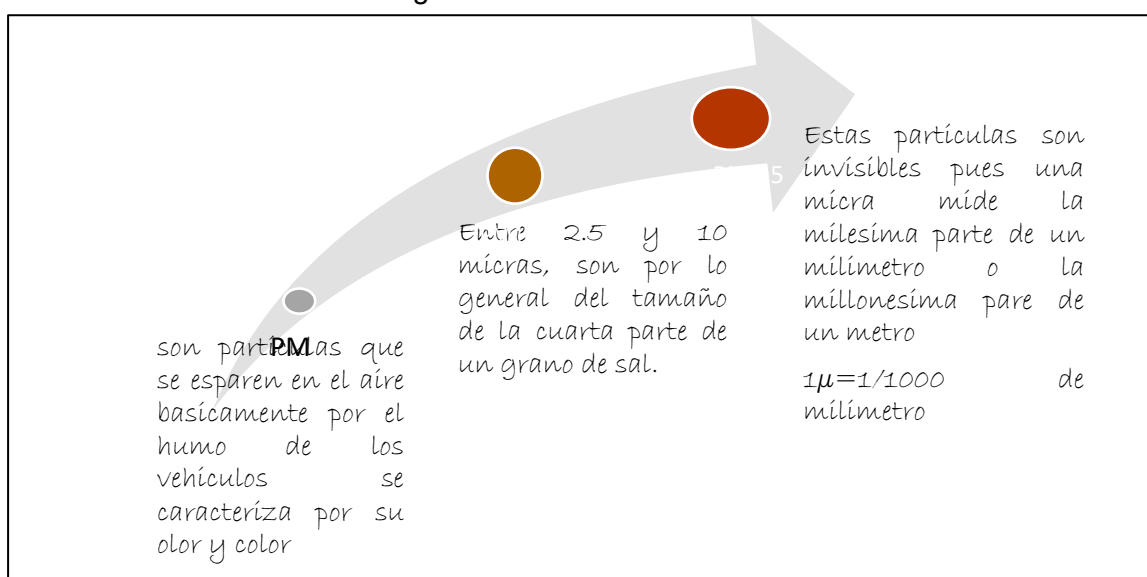


Fuente: [33]

Dicho hecho después de 15 años nuevos valores propuestos de exposición anual de PM2.5 ya no sería de 10 microgramos por metro cubico, sino de 5, donde nuestro país se aparta mucho de esta cifra, figura 15

Por otra parte, cuando el aire es puro en su composición básicamente tienen oxígeno y nitrógeno, pero por más puro que sea el aire siempre tendrá partículas de la materia (PM), por lo que es cierto que en nuestras ciudades se dividen en tres clases (PM) como se aprecia en la figura 18

Figura 16 Niveles de Partículas de la Materia



Fuente: Elaboración propia

Gases nocivos

El Monóxido de Carbono (CO) también denominado anhídrido carbonoso lo cual se produce por la combustión incompleta de combustibles, a continuación, se detalla sus propiedades en la tabla 9.

Tabla 9 Propiedades del (CO).

Propiedad	Valor
Densidad	1.15 kg/m ³
Masa molar	28,01g/mol
Denominación IUPAC	carbonmonoxide
Punto de ebullición	-191.5°C
Soluble en	Agua, cloroformo, Ácido acético, Benceno, Etanol

Fuente: Elaboración propia

Los óxidos de nitrógeno (NO) Son un grupo de gases formados por óxido nítrico y dióxido de nitrógeno (NO₂). El término óxidos de nitrógeno se refiere a una mezcla de dos sustancias como se muestra en la tabla 10 por sus propiedades. El dióxido de nitrógeno es un contaminante importante de los óxidos de nitrógeno y se forma como subproducto de la combustión a alta temperatura. Es una sustancia amarilla producida durante la combustión en automóviles y centrales eléctricas.

Tabla 10 Propiedades del NO₂.

Propiedad	Valor
Masa molecular	46.01 g/mol
Punto de ebullición	21,2°C
Punto de fusión	-11,2°C
Temperatura crítica	158°C
Soluble en agua	Buena

Fuente: Elaboración propia.

Los óxidos nitrosos liberados al aire por causa de las combustiones forman contaminantes secundarios como el nitrato de potasio que forma el smog fotoquímico o niebla como consecuencia se produce la lluvia acidas, asi mismo una exposición al NO_x puede causar irritación ocular y respiratoria.

Plomo (P_b) este compuesto es altamente peligroso para la salud debido a que puede acumularse en los huesos y la sangre.

Los valores establecidos a nivel nacional, para vehículos en circulación ya sean nuevos o importados ensamblados en nuestro país, tienen un límite de emisiones según el DS N° 010-2017 MINAM, figura 17, para garantizar el un valor mínimo de emisiones.

Figura 17 Límite permisible de emisiones.

Año de fabricación (*)	Altitud (msnm)	CO (%-v/v)	HC (ppm)
Hasta 1995	0 a 1800	4,5	2000
	>1800	4,5	2100
1996 a 2012	0 a 1800	4,5	2000
	>1800	4,5	2100
2013 en adelante	A cualquier altitud	4,5	2000

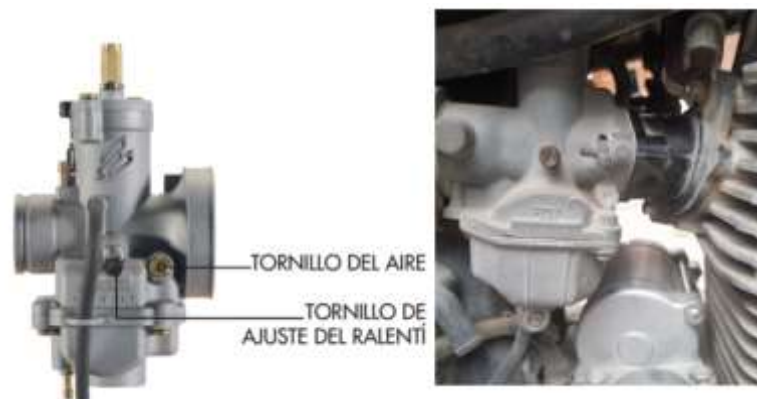
Fuente: [34]

Métodos de introducción de Hidrogeno al motor

Por carburación

Esta tecnología está cambiando de un motor de gasolina a un motor de hidrógeno, otra ventaja es que la presión de suministro de combustible no es tan alta como otros suministros, y la principal desventaja es que el carburador es más sensible a la combustión. Aparte de que una mayor cantidad de aire / mezcla de hidrógeno dentro del canal exagera los efectos de la ignición, la misma figura se detalla en la figura 18. [35]

Figura 18 Imagen del carburador



Fuente: [35]

Otro resultado positivo de la inyección del carburador es una sincronización de inyección más consistente (mayor número de inyecciones), pudiéndose remover los inconvenientes de pre encendido y reflujos de llama, en otros términos ya que comúnmente, El combustible se inyecta en el colector desde el inicio de la carrera de admisión, lo que reduce las formas en que se puede realizar la pre-ignición de hidrógeno, el aire que ingresa a la cámara de combustión enfría ligeramente la

habitación, por lo que es probable que cualquier lado o área caliente actúe como una fuente de ignición, en este sistema, el aire se suministra inicialmente al motor por separado de la carrera de admisión, lo que, como se mencionó anteriormente, alivia el exceso de aire y enfría los puntos calientes que puedan quedar. Bueno, habrá menos gas (aire o hidrógeno) en el colector de admisión en todo momento, y cualquier

Por sistemas de inyección en la toma de aire

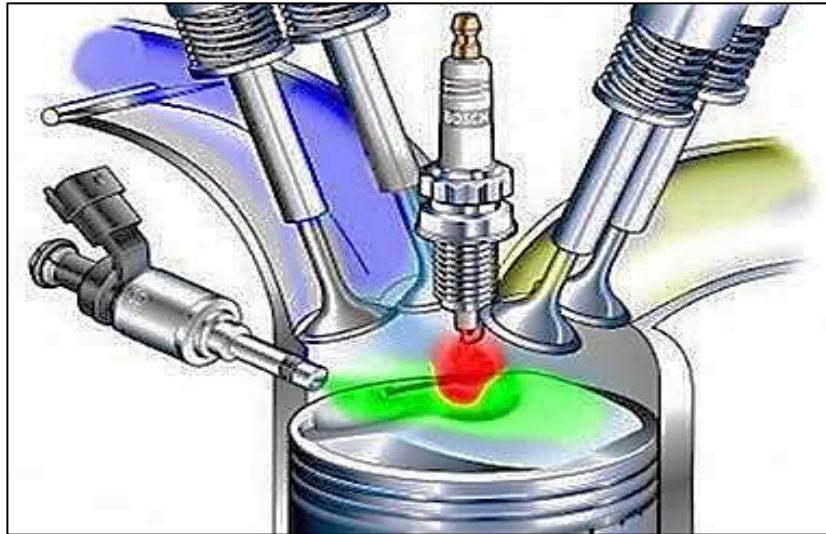
El hidrogeno puede ser inyectado en el ducto de admisión usando inyectores los cuales son accionados electrónicamente a volumen constante, este diseño de inyector electrónico tiene un diseño robusto con cierto control sobre la sincronización y la duración de la inyección, lo que es adecuado para operar en condiciones de alta velocidad.[36]

Inyección directa

Estos sistemas son inyectados dentro de la cámara de combustión, como el hidrógeno tiene una difusión inmediata la mezcla de hidrógeno se enciende instantáneamente. Frecuenta ser un sistema que se usa para el encendido tanto la compresión como bujía, gracias a estar la inyección directa, el rendimiento es superior al del sistema. [37]

Existen 2 tipos de inyectores utilizados en los sistemas de inyección directa. Uno de ellos es el inyector directo de baja presión y el otro es el inyector directo de alta presión. Los inyectores de baja presión inyectan combustible rápidamente cuando la válvula de admisión está cerrada y la presión es baja dentro del cilindro, mientras que los inyectores de alta presión inyectan combustible al final de la carrera de compresión. El más grande problema referente con la utilización de los sistemas de inyección directa es que este debe poder tolerar una temperatura de combustión bastante alta, para de esta forma eludir la corrosión del inyector gracias a los gases de escape como vemos en la figura 19.[38]

Figura 19 Inyección directa



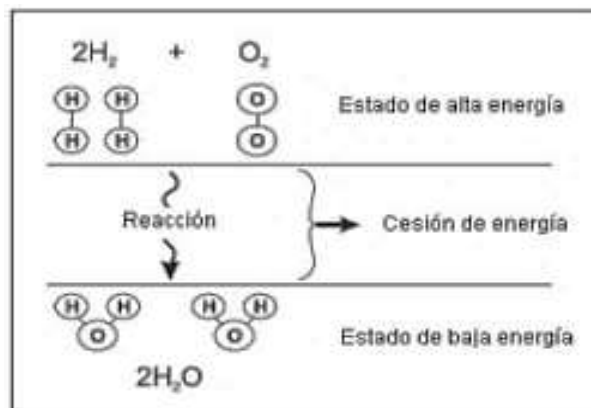
Fuente: [39]

Propiedades químicas

Reactividad

La reactividad es una propiedad esencial de todo tipo de combustibles químicos, una reacción química ocurre cuando las moléculas de combustible forman enlaces con el oxígeno en el aire, por lo que las moléculas que reaccionan tienen menos energía que en su estado inicial, y cuando reaccionan con el cambio resultante, el estado de energía viene con una fracción de la energía que podemos usar para producir trabajo.[40]

Figura 20 Estados de la energía.



Las reacciones químicas, como se puede ver en la figura 20, generalmente requieren una cierta cantidad de energía de activación, por lo que cuando le das una pequeña cantidad de energía a una mezcla de hidrógeno y oxígeno, por ejemplo, en forma de chispa, reacciona liberando algo de calor y producción de agua. Este principio se basa en la producción de hidrógeno por electrólisis.

Si hablamos de contaminación, entonces este combustible, se convierte en la figura necesaria para ello, ya que no contiene los elementos carbono o azufre para producir CO , CO_2 , SO_x , mucho menos produce hollín.

Inflamabilidad

Son indispensables tres cosas para que ocurra una explosión, tipos tabla 10

- combustible (Hidrogeno)
- Agente oxidante (oxigeno, mezclado con el combustible en cantidades apropiadas).
- una fuente de ignición (chispa).

Tabla 11 Inflamabilidad.

Combustible	Punto de Inflamación
Hidrogeno	<-253°C
Metano	-188°C
Propano	-104°C
Gasolina	Aproximadamente a -43°C
Metanol	11°C

Temperatura de autoencendido

En otras palabras, es la manera por la que el mismo combustible llega a cierto límite de temperatura hasta que se inflama como vemos en la tabla 12 las diferentes temperaturas para el autoencendido; así mismo para el hidrógeno el autoencendido

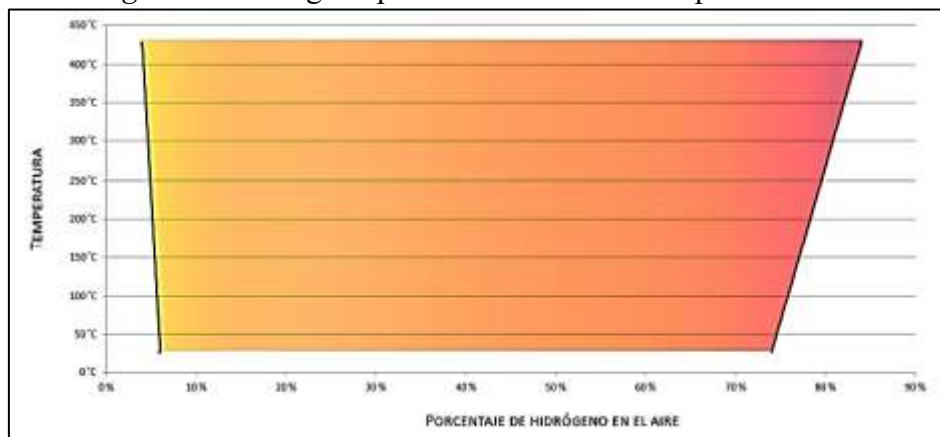
es relativamente alta, lo que dificulta encender la mezcla de aire / hidrógeno con calor, sin una fuente de ignición como chispa. [41]

Tabla 12 Temperatura de autoencendido.

Combustible	Temperatura de autoencendido
Hidrogeno	585°C
Metano	540°C
Propano	490°C
Metanol	385°C
Gasolina	Entre 230°C y 480°C

Por ende, la temperatura de autoencendido es la mínima para que se inicie la combustión en casos de ausencia de una fuente de ignición, por lo que podemos ver que la temperatura de autoencendido es alta, a continuación, se muestra en la figura 21 los límites de inflamabilidad del hidrogeno en función a su temperatura.

Figura 21 Hidrógeno presente a diferentes temperaturas.



Fuente:[42]

Numero de octanos

El hidrógeno tiene un alto contenido de octanaje, lo que lo hace a prueba de golpes incluso cuando se quema con mezclas muy pobres; El índice de octano representa las propiedades antidetonantes del combustible cuando lo usamos en el motor de combustión, a continuación, se representa en la tabla 13 el número de octanos de los combustibles.[41]

Tabla 13 Número de Octanos.

Combustible	Número de Octanos
Hidrógeno	130
Metano	125
Propano	105
Gasolina	87
Diésel	30
Octano	100

Fuente: [41]

II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

- Investigación aplicada: Es explicativa debido a las variables experimentales no comprobados con el fin de adaptar este sistema de generación de hidrógeno a los motores de combustión ciclo Otto.
- Diseño: Es Pre-experimental en la aplicación tecnológica en el área de la optimización de la combustión al aplicar hidrógeno como apoyo para reducción de hidrocarburos.

2.2. Variables, operacionalización

Variable del diseño

Tabla 14 Variables dependientes e independientes.

	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
INTERVINIENTES	IMPACTO DEL PARQUE AUTOMOTOR	Vehículos que circulan en la región y cuya repercusión es la contaminación producto de la quema de combustibles fósiles	Número de unidades vehiculares (autos, motos, buses, etc.)	($\mu g/m^3$)	Documentos – Informes
	ENTORNO SOCIAL	Está formado por las condiciones de vida.	Establecer una marcha lineal y segura.		Nominal
	CONTAMINACION DEL AIRE EN EL LA REGION	Sustancia o elementos que en determinados niveles generan riesgos para la salud y bienestar humano	número de unidades vehiculares	Material particulado ($\mu g/m^3$)	Documentos-Indicadores
DEPENDIENTES	Cantidad óptima para el funcionamiento del sistema	Es la cantidad del hidrogeno que es inyectado en la cámara de combustión.	Cantidad Max del hidrogeno para el sistema	M3	Nominal
	Selección de los componentes del sistema.	Conjunto de equipos para la separación del hidrogeno.	Resistividad de los materiales para el funcionamiento a altas temperaturas de emisión del motor	Temperatura Presión Amperaje	Nominal

Tabla 15 Variables dependientes e independientes.

	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
DEPENDIENTES	Distribución del espacio para la implementación del reactor del vehículo.	Verificación del área a implementar	Seguridad del sistema ante impactos	Volumen	Nominal
	Desperdicio en la combustión	Debido a que no se quema por completo los hidrocarburos ya que solo se utiliza el 30%.	Al haber mayor desperdicio disminuye la eficiencia del combustible.	Litros/kilometro	Porcentual
	Temperatura máxima de combustión	Es la temperatura que resiste la cámara de combustión.	Al pasar la temperatura Max podría haber defectos en los materiales.	°c	Nominal
	Material de la estructura	Son materiales de alta resistencia utilizados en el sistema	Materiales resistentes a la corrosión.	-	Porcentual
	Voltaje mínimo para la disociación de hidrogeno.	Cierta cantidad de intensidad de corriente para la obtención del hidrogeno mediante electrolisis.	Mantener una cantidad estable de intensidad para un óptimo funcionamiento del sistema y así evitar la variación del sistema en su producción.	Amperios	Nominal
	Rutina diaria del usuario y actividad laboran.	Es la forma de vida y las actividades de trabajo realizados en su juventud.	Definir la velocidad / consumo	-	Razón

2.3. Población de estudio y muestra

Población

Se basó en el estudio del parque automotor de nuestro país y beneficio que podría obtener este sistema a los usuarios.

Muestra

Se seleccionó una cierta parte de usuarios para recolectar datos de motores y consumo diario.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

A. Análisis Documentario

Se utiliza principalmente para recopilar información de fuentes secundarias como libros, boletines, revistas científicas, etc. La recopilación de datos maestros variables, así como las pautas o parámetros específicos relevantes para la encuesta, tiene una función clara del diseño.

B. Observación

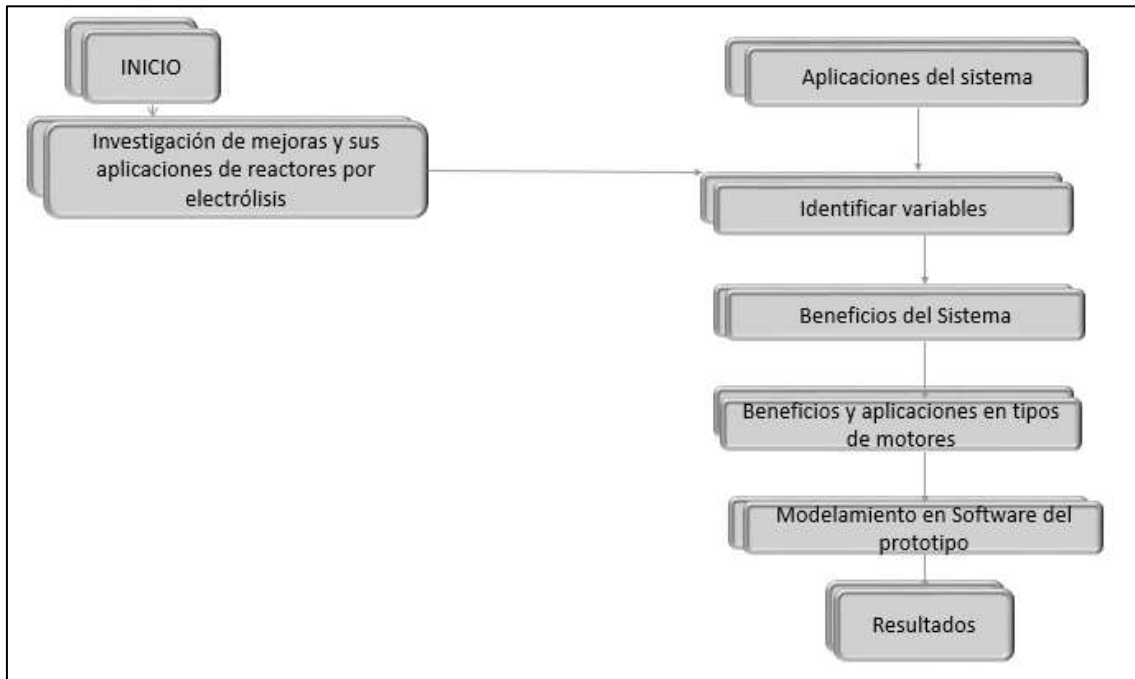
Anotan el entorno de investigación como proceso, causa y efecto, etc. Las características nos conducen a la organización y relaciones de los datos de investigación, que se colocan en condiciones relativamente controladas y son percibidos por el investigador sin necesidad de análisis.

C. Encuestas

Esta técnica recolecta datos que conducen a la creación de interacciones con unidades observadas con ciertas características específicas a través de un conjunto de cuestionarios aplicados por medios como el teléfono, la correspondencia, los recursos humanos e Internet, para generar una investigación basada en la opinión.

D. Diagrama de flujo de procesos

Figura 22 Diagrama de flujo de Procesos.



Fuente: Elaboración Propia

2.5. Procedimiento de análisis de datos

Estos son los pasos o procesos generales que se seguirán en este proyecto para lograr su desarrollo:

1. Investigar y documentar el estado del arte de los diversos dispositivos de celda seca para electrólisis de hidrógeno para vehículos de combustión: información de investigación para encontrar dispositivos de venta oficiales relevantes para nuestro tema, así como investigación de nuevas tecnologías que aparecen en revistas de tecnología.
2. Elaboración de la encuesta: utilizando información actualizada, compilamos un informe sobre la aceptabilidad y facilidad de uso de los dispositivos que utilizan, así como su exactitud en el cuestionario.
3. Ejecución de la encuesta: mediante personas que viven de esto como los taxistas o mismos compañeros que tienen vehículos como también en el centro de prácticas.

4. Identificar las variables más significativas que intervienen en el movimiento: especifica las variables de kilometraje y el número de acciones que realiza, así como variables electromecánicas como el diseño y los requisitos del usuario.
5. Realizar primeras posibles configuraciones del diseño del dispositivo: gracias a la matriz morfológica que nos permite determinar la calidad de cada oferta que ofrecemos y así tenemos una forma digital para elegir el diseño óptimo.
6. Selección de los componentes electrónicos teniendo el diseño elegido.

2.6. Criterios éticos

En este proyecto de investigación, los principios que tendremos en cuenta serán la base de nuestros valores como la dedicación, la responsabilidad y la honestidad. Se basará en dos documentos principales: Código de Ética del Colegio de Ingenieros (CIP, 1999) y el Código de Ética de Investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS, 2017).

Código de Ética del Colegio de Ingenieros (CIP)

Aprobado en la III sesión ordinaria del congreso nacional de consejos departamentales del periodo 1998– 1999 en la ciudad de Tacna 22, 23, 24 abril 1999.

Art. 2.- Los ingenieros deben promover y defender la integridad, el honor y la dignidad de su profesión, contribuyendo con su conducta a que el consenso público se forme y mantenga un cabal sentido de respeto hacia ella y sus miembros, basado en la honestidad e integridad con que la misma se desempeña. Por consiguiente, deben ser honestos e imparciales. Sirviendo con fidelidad al público, a sus empleadores y a sus clientes; deben esforzarse por incrementar el prestigio, la calidad y la idoneidad de la ingeniería y deben apoyar a sus instituciones profesionales y académicas.

Art. 5.- los ingenieros cuidaran que los recursos humanos, económicos, naturales y materiales, sean racional y adecuadamente utilizados, evitando sus abusos dispendio, respetaran y aran respetar las disposiciones legales que garanticen la preservación del medio ambiente.

Código de Ética de Investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS)

Ratificado por acuerdo de consejo universitario con resolución rectoral N° 0851-2017/USS

ART. 2º: Finalidad

El Código de Ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS), tiene como finalidad proteger los derechos, la vida, la salud, la intimidad, la dignidad y el bienestar de la(s) persona(s) que participan en una actividad de investigación Científica, Tecnológica e innovación, ciñéndose a los principios éticos acogidos por la normativa nacional e internacional, y los acuerdos suscritos por nuestro país en la materia.

ART. 3º: Alcance

El presente código de ética de investigación es de cumplimiento obligatorio para todas las autoridades académicas, administrativas, docentes, estudiantes, egresados y administrativo de la Universidad Señor de Sipán.

Principios de rigor científico

En este proyecto de investigación se tendrán en cuenta principios de rigor científico como la generalización, validez, fiabilidad y replicabilidad.

Generalización

Componente importante del proceso científico, se proporcionará para que la información extraída de una encuesta o entrevista esté debidamente organizada y ejecutada.

Validez

Se prestará especial atención al seleccionar las variables que sean particularmente relevantes para el problema de investigación.

Fiabilidad

Cuando se obtengan las mediciones, se ajustarán a una metodología científica precisa.

Replicabilidad

Los reglamentos y técnicas están destinadas a acelerar la iteración del experimento con el fin de fomentar la subcontratación de resultados en futuros proyectos de Investigación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Identificar el rendimiento actual de un motor de 200 CC y el nivel de contaminantes que genera el motor.

El caso de estudio se presentará en un motor 200 CC marca Ssenda modelo Xtrail figura 23, cuyas características principales consta con un ciclo de funcionamiento de cuatro tiempos, el motor planteado para la propuesta tiene que tener dos características principales los cuales son que trabajen a cuatro tiempos y que estructuralmente sea de baja cilindrada para así tener una mayor demanda del combustible, de la cual se observan sus características en la tabla 16.

Figura 23 Moto SSEND A XTRAIL 200.



Fuente: [43]

Tabla 16 Características Técnicas.

Características	Datos
Marca	SSEND A
Modelo	X-TRAIL200
Motor	OHV/EURO III
Ciclo de trabajo	4 tiempos
Tipo de lubricación	Aceite
Combustible	Gasolina 95
Sistema de combustible	Por carburador
Cilindrada	200 cc
Velocidad angular máxima (RPM)	7500
Potencia (hp)	13.87
Capacidad del tanque	11 L

Rendimiento

Para entender el rendimiento que hay entre la distancia del vehículo que puede recorrer y la capacidad de litros de combustible consumidos para poder recorrer dicha distancia esto se expresa en Kilómetros por litro "Km/L", dicho de otra forma, un vehículo necesitara un litro de cierta cantidad de combustible para recorrer una distancia especifica, a continuación mediante la figura 24, se realizó por el método volumétrico para así poder saber su eficiencia a precisión mas exacta.

El rendimiento podrá variar por diversas causas tales como peso, tamaño del motor, las condiciones por donde se conduce, caben mencionar que a mayor rendimiento mayor será el ahorro de combustible.

Figura 24 Medición volumétrica para muestra.

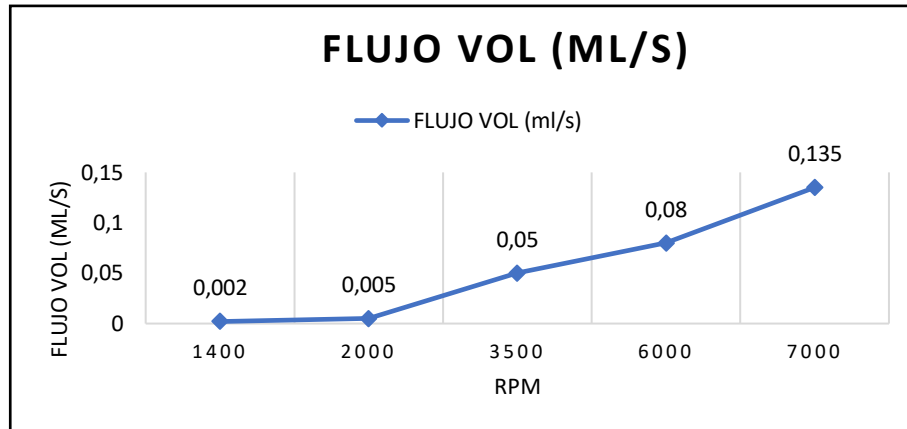


Fuente: Tomado de [44]

El la figura 25 se representa los resultados de las pruebas del consumo de combustible en RALENTI, para ciertas revoluciones 600; 700; 1000; 6000 y 7000 con el fin de medir el tiempo transcurrido durante el tiempo de consumo de combustible en esta prueba se usó el método volumétrico como se aprecia en la figura 24 lo cual permitirá la medición de la cantidad de gasolina que se inyecta al carburador, se estima un promedio de 6 pruebas a diferentes revoluciones, en este primer ensayo se vaso solo pruebas con gasolina sin el diseño del generador de

hidrógeno para luego establecer los valores pertinentes y comparativos entre ambos como también la comparativa de emisiones que promueve el diseño.

Figura 25 Comportamiento del combustible con respecto a las RPM.



Fuente: Elaboración Propia

Una ventaja más eficiente será proyectada al implementar un generador de hidrógeno implantado en la toma de aire del carburador de la mezcla de aire y combustible (sistema Dual Fuel), esto permitirá enriquecer y aumentar la eficiencia del combustible trayendo consigo una reducción en su consumo.

En la tabla 16 se muestran diversos temas de investigación de la cual las celdas de hidrogeno implementadas a motores de combustión interna se obtuvo gran relevancia y notables beneficios, pero donde más eficiencia se obtuvo fue en los vehículos de baja cilindrada donde se aprecia en la imagen 26 en un balance específico.

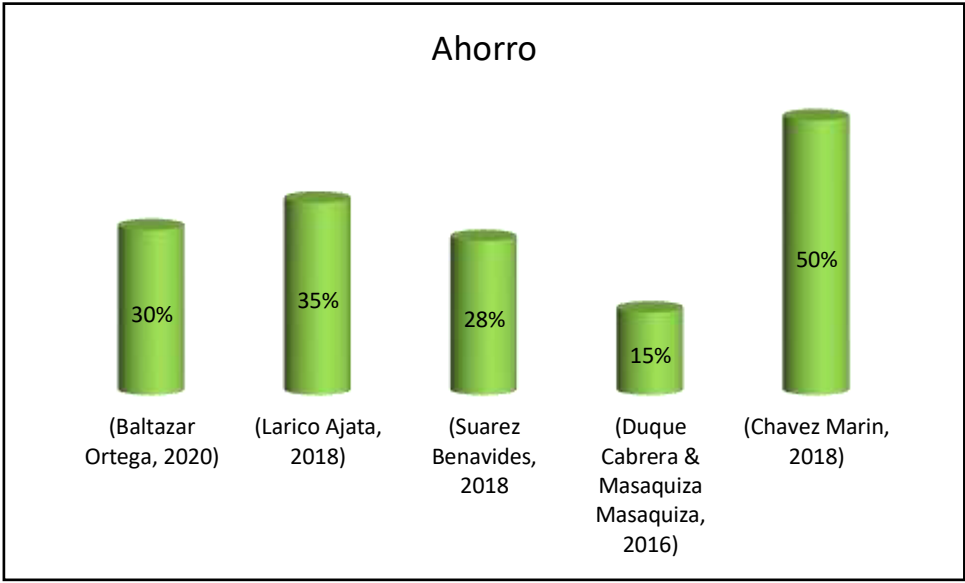


Figura 26 Beneficio de la Celda instalada en autos y motos

Tabla 17 Eficiencia de la celda en su ejecución de diferentes tesis.

Titulo	Celda	Referencia	Beneficio %	Aplicación
“Diseño de un generador de hidrógeno para optimizar la combustión de un motor volswagen 1.5 L en la ciudad de Huancayo”	Celda seca	[2]	30%	Motor de 1.5 cc de auto
“Adaptación de un motor de combustión interna usando hidrogeno como combustible para reducir emisiones contaminantes”	Celda seca	[3]	20-40%	Motor de 150 cc de moto
Generador de hidrogeno como reductor de gases contaminantes para motores Kia”	Celda seca	[4]	28%	Motor de 1.8 cc de auto
Implementación de un generador e inyector de hidrogeno en un motor de vehículo Mazda BT-50 2.2 L para reducir emisiones de gases contaminantes”	Celda seca	[5]	15%	Motor de 2.2 cc de auto
Motor de combustión interna adaptado para funcionar con hidrogeno autogenerado mediante electrolisis.	Celda seca y húmeda	[6]	Celda seca = 35% Celda húmeda= 40%	Motor de 107 cc

Prueba de gases contaminantes

En esta prueba se verifico la cantidad de gases emitidos por la combustión para ello se utilizó un analizador de gases modelo AVL DISMOKE 4000 figura 27 el cual está diseñado para medir la concentración de gases del motor de combustión a prueba mediante el método de infrarrojo no dispersivo (INDIR) y el captador de RPM (DiSpeed) este analizador toma lecturas de hidrocarburos lo cual corresponde a la gasolina mal quemada “contaminante. CO_2 (Dióxido de carbono) de la gasolina”.

Figura 27 AVL DISMOKE 4000.



Fuente: Elaboración Propia

Como se ve en la figura 28 se procedió a la realización de la prueba de gases del tubo de escape de la motocicleta la cual se midieron los porcentajes volumétricos con respecto a la variación de RPM y los PPM.

Figura 28 Medición de gases a gasolina sin el prototipo.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18 podemos observar que el nivel de emisiones está por debajo del límite permisible mediante el DS:010-2017-MINAM, figura 17 de límite de emisiones, lo cual determina su correcto funcionamiento y nivel de emisiones.

Tabla 18 Prueba de emisiones a gasolina – sin el prototipo.

PRUEBAS DE EMISIONES A GASOLINA- SIN EL PROTOTIPO					
	CO	HC	CO2	O2	LAMBDA
RALENTI	1.15	112 PPM	3.50	14.55	2.787
6780RPM	3.93	1334PPM	4.30	11.78	1.573
7000RPM	2.80	1714PPM	2.60	14.40	2.174
7200RPM	1.79	235PPM	3.90	13.52	2.307
7500RPM	1.72	356 PPM	3.80	13.61	2.132

Proponer conceptos de solución utilizando un reactor de hidrógeno

Para el desarrollo en este punto se tendrá en cuenta una “caja negra” teniendo sus entradas específicas para así poder obtener las salidas esperadas. Figura 29.

Figura 29 Black box



Fuente: Elaboración Propia

3.1.2.1 Estructura de Funciones






















Funciones del generador de Hidrogeno o reactor de hidrogeno son:

- **Alimentar:** El generador a diseñar será alimentado con cierta cantidad de agua con alguna solución al 20%

- **Disociar:** Una vez el caudal de agua entra al diseño del Generador de Hidrogeno mediante ductos se procede a la separación de moléculas mediante una tensión DC de 12 v.
- **Filtrar:** Después del proceso anterior pasa a un filtro para su paso final que sería la inyección en la toma de aire de la motocicleta
- Por último, se verifica la eficiencia del elemento en la moto para la obtención de notables beneficios y la cantidad de emisiones reducidos con este elemento.

Matriz Morfológica

Tabla 19 Matriz Morfológica.

	Alternativas de diseño		
	1	2	3
Batería de 12 V		11 placas 	13 placas 
Forma del Área del generador	Rectangular 	Circular 	Octogonal 
Tipos de electrodos	Cobre	Acero Inoxidable	Granito
Tipo de tanque	Metal 	Plástico 	Vidrio 
Tipos de ductos	Manguera de alta presión.	Manguera de baja presión.	Manguera de media presión.
Relay	De estado solido 	Mecánicos 	Electromecánicos 
Chapa de contacto	Contacto	Acondicionado por aire	Golpe
Conducto eléctrico	Cables solidos 	Cable reforzado 	Cable de hilo 
Juntas soportes	Caucho	Aluminio	Acero estructural
Pernos tuercas	Cromados 	Acero 	Fierro negro 
Válvula anti retorno	Válvula check 	Con Filtro 	Sin Filtro 
Resultados	Solución 1	Solución 2	Solución 3

CONCEPTO DE SOLUCIÓN	TIPO DE LÍNEA
1	-----
2	—————
3	—————

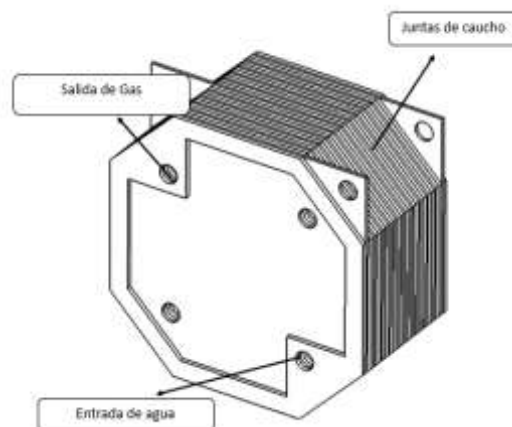
Determinación de proyecto

La matriz morfológica propuesta se obtuvo tres posibles soluciones de diseño del generador de hidrógeno lo cual se representa a continuación mediante una representación en un bosquejo para tener una idea del posible diseño final el cual cumpla con la mayor eficiencia de desempeño.

➤ Solución 1

Este diseño de la figura 30 es más viable, se tiene en cuenta ya que es muy eficiente lo cual consta de una alimentación de una batería de 12 V y de 11 placas de acero 316 L de forma octogonal y juntas de caucho el sistema se protegerá con un relé mecánico y la alimentación hacia la batería será a través de cables de Hilo para así producir la disociación del gas que finalmente llegará a través de ductos de baja presión hacia la toma de aire del carburador.

Figura 30 Prototipo de solución 1.

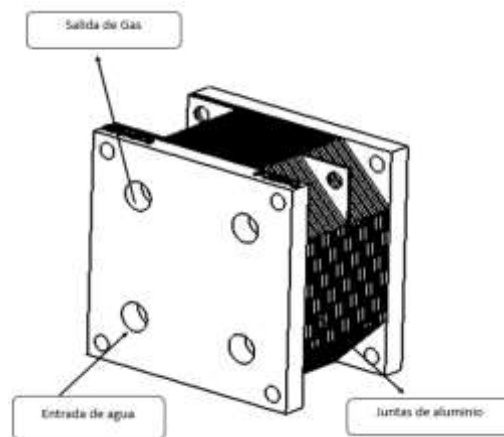


Fuente: Elaboración propia.

➤ Solución 2

En esta segunda alternativa se consideran las funciones principales de diseño de forma cuadrada con juntas de aluminio alimentado con una batería de 12 V de 11 placas los cuales tendrán dos ductos que serán mangueras de media presión y serán ensambladas a pernos de acero figura 31.

Figura 31 Prototipo de solución 2.

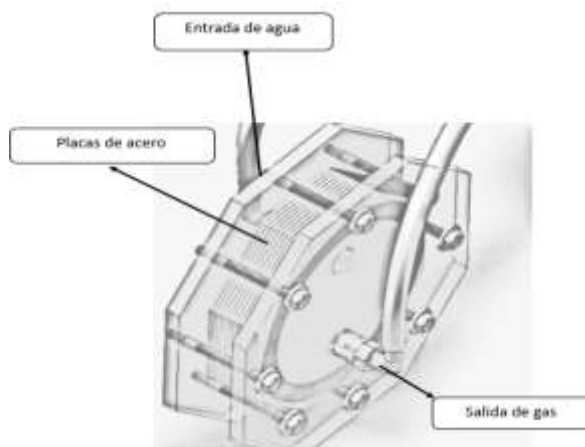


Fuente: Elaboración propia.

➤ Solución 3

Este posible diseño se consideraron los siguientes elementos como una batería de 12 v de 13 placas este generador tendrá una estructura redonda con juntas de caucho y placas de acero el cual en un lado ingresa agua y por el otra se obtiene el hidrogeno producido con este.

Figura 32 Prototipo - Solución 05.



Fuente: Elaboración propia.

Evaluación Técnica Económica

Anteriormente se presentaron posibles soluciones mediante las tres soluciones mostradas, mediante la evaluación técnica económica se tendrá en cuenta un método de calificación para ver el proyecto preliminar al que se puede ajustar posible diseño a desarrollar.

- Puntaje considerado de 0- 4 (P) según VDI 2225.
- Rango (4 Muy Bien (ideal), 3=Bien, 2=Satisface, 1= Puede Satisfacer, 0=No Satisface).
- Ponderación de acuerdo al proyecto evaluado (0-9) (g).

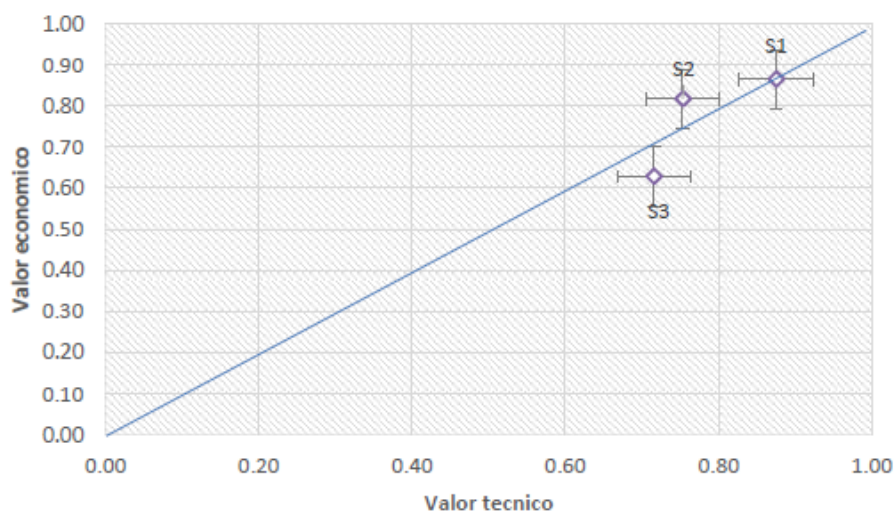
Tabla 20 Solución Mediante el Cálculo de Valores Ponderados- Evaluación técnico

DISEÑO MECANICO-EVALUACION TECNICO (Xi)										AREA DE DISEÑO		
Proyecto: Generador de Hidrogeno												
CRITERIOS DE EVALUACION PARA DISEÑOS EN FASE DE PROYECTOS												
Nº	Criterios de Evaluación	g	SOL-1			SOL-2			SOL-3		LOGRO	
			p	gp	p	gp	p	gp	p	gp		
1	FORMA	8	4	32	2	16	4	32	4	32		
2	DISEÑO	9	3	27	2	18	2	18	4	36		
3	FABRICACION	9	3	27	3	27	2	18	4	36		
4	MONTAJE	7	4	28	2	14	2	14	4	28		
5	EFICIENCIA	9	2	18	3	27	1	9	4	36		
6	MANTENIMEINTO	7	3	21	4	27	2	14	4	28		
7	SEGURIDAD	8	4	32	2	16	2	16	4	32		
8	RESISTENCIA	9	4	36	3	27	3	18	4	36		
9	RUIDO	6	3	18	4	24	3	18	4	24		
10	ECOAMIGABLE	9	4	36	4	36	4	36	4	36		
	VALOR MAX		34	275	29	232	25	193	10	324		
	Valor técnico Xi			0.84		0.71		0.59				
	SOLUCION			1		2		3				

Tabla 21 Solución Mediante el Cálculo de Valores Ponderados-Evaluación Económico.

POSIBILIDAD DE DISEÑO-EVALUACION ECONOMICO (Yi)										AREA DE DISEÑO	
Proyecto: Reactor de Hidrogeno											
CRITERIOS DE EVALUACION PARA DISEÑOS EN FASE DE PROYECTOS											
Nº	VARIANTES DEL PROYECTO	SOL-1			SOL-2			SOL-3		LOGRO	
		g	P	gp	P	gp	p	gp	p	Gp	
1	Costo de mano de obra	9	4	36	4	36	4	36	4	28	
2	Costo de materiales	6	3	18	1	6	2	12	4	28	
3	Costo de ensamblado	8	4	32	2	16	3	24	4	28	
4	Costo de montaje	7	3	21	2	14	3	21	4	28	
5	Costo de fabricación	7	3	21	3	21	4	28	4	28	
VALOR MAX		37	17	128	12	93	121		148		
Valor técnico Yi		0.86			0.63			0.82		1.00	
SOLUCION		1			2			3			

Figura 33 Solución Mediante el Cálculo de Valores Ponderados-Evaluación Técnico-Económico.



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente podemos observar de la figura 33, que la opción más factible para la elaboración del diseño según el diagrama técnico-económico es la solución 1 por lo que a continuación se empezara a desarrollar el proyecto con esta solución óptima.

Dimensionar los componentes del reactor de hidrógeno, adaptándolos a la parte interna del vehículo.

Figura 34 Estructura del diseño.

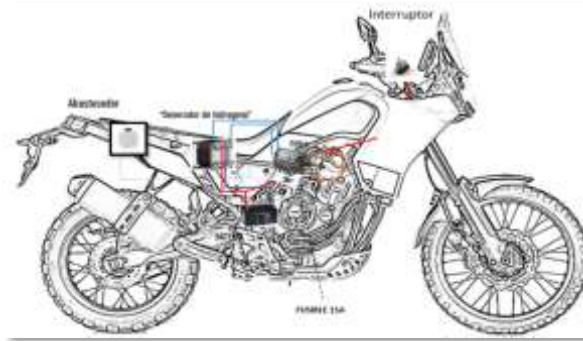


Fuente: Elaboración Propia.

Configuración del sistema preliminar

La presente propuesta del reactor de hidrogeno se utilizó el sistema proyectado en la figura 35, lo cual se considera un reactor de hidrogeno de 11 placas conectadas a una batería de 12 V con un sistema de protección contra sobrecarga de 15 A, donde se permitirá de manera óptima su trabajo en el sistema sin ningún problema de sobrecargo.

Figura 35 Instalación Propuesta.



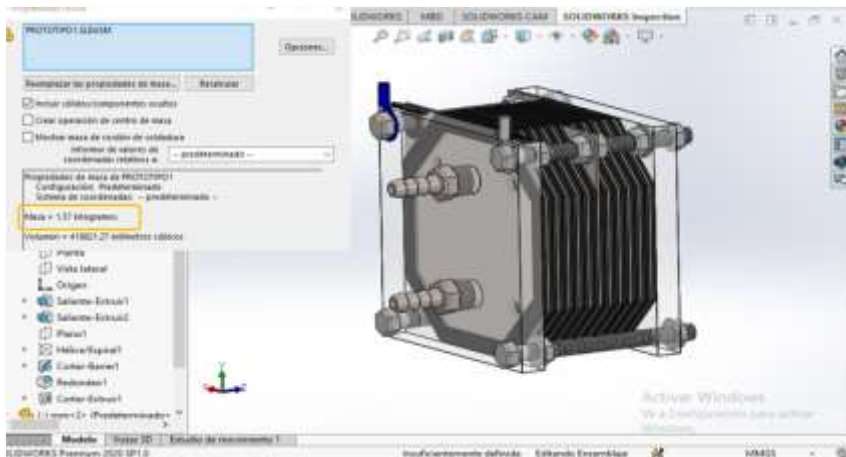
Fuente: Elaboración Propia

Calcular el óptimo porcentaje de hidrogeno inyectado en el sistema de combustión.

Construcción del prototipo

Para la construcción se utilizó el programa SolidWorks para así dimensionar la realización de propuesta real del bosquejo seleccionado, con ello tenemos en cuenta las partes del proyecto a utilizar como juntas, área de los electrodos, placas neutras, pernos y conectores, para el reactor de hidrogeno tipo celda seca (DRY CELL) figura 36, donde se puede estimar un peso aproximado de 1.37 kg.

Figura 36 Diseño propuesto.

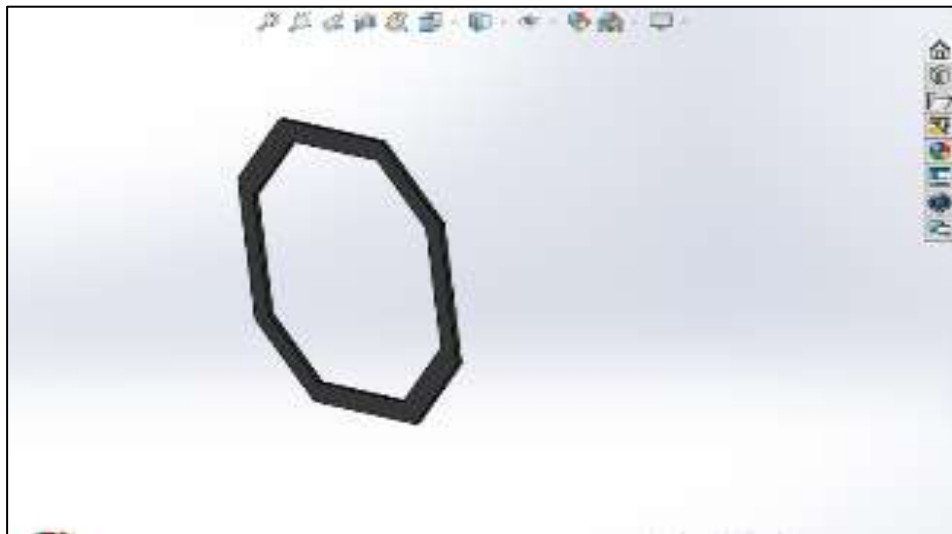


Fuente: Elaboración Propia

Juntas

Las juntas figuran 37 que servirán como un aislante de agua entre placas, estas juntas son de caucho y se adhieren a las placas mediante la sujeción de pernos, ejerciendo presión total entre ellos para así fortalecer la hermeticidad del diseño.

Figura 37 Diseño propuesto-junta de caucho.

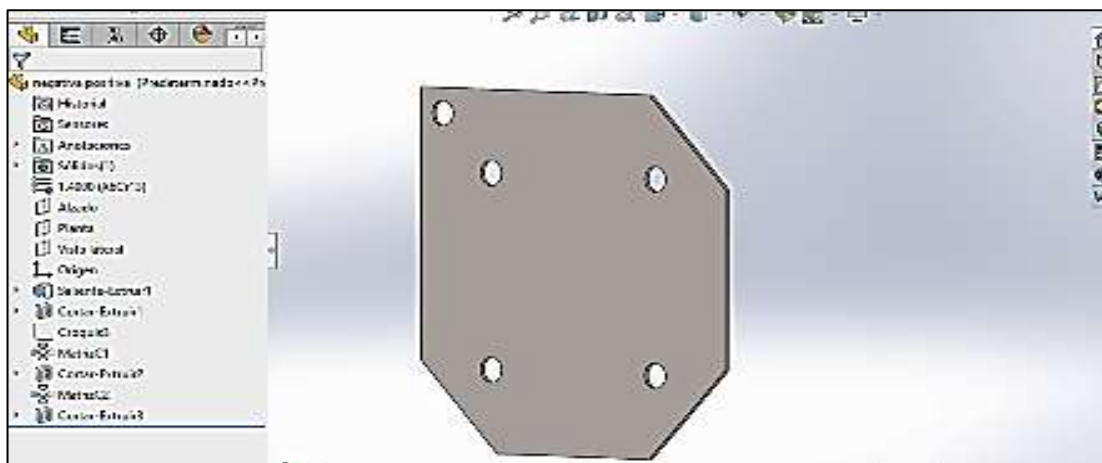


Fuente: Elaboración Propia

Electrodos

Los electrodos como se aprecia en la figura 36, es la parte indispensable del diseño por ello se utilizará un material de acero para ello el que cumpla con las principales características de resistencia es el AISI 316L este material no forma parte de la reacción química por lo que actúa de manera neutral y de manera resistente a la corrosión.

Figura 38 Diseño propuesto – placa de acero 11x11x5.



Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la Tracción		Límite de Fluencia			Relación de maquinabilidad			
MPa	Kgf/mm ²	Ksi	MPa	Kgf/mm ²	Ksi	Alargamiento en 2%	Reducción de área %	1212 ef=
								100%
316	510	52	74	206	21	30		
316L	481	49	70	176	18	26	40	50
								45

Levantamiento de requerimientos

[45]En este presente artículo menciona que el material de acero 316 es mucho más resistente a la corrosión que el 304, en especial cuando se trata de corrosión por picaduras, porque los elementos que producen este tipo de corrosión son por lo general el Flúor, cloro, bromo y el yodo a los que generalmente se le llama halógenos, por lo que el más conocido y se encuentra presente en el mar, a continuación, se presenta las propiedades mecánicas entre el acero 316 y el 136L tabla 22.

Tabla 22 Propiedades mecánicas del acero AISI 316-316L.

Fuente:[45]

De lo expuesto anteriormente se optó por la opción de un electrolizador de celda seca debido a las perdidas menores a comparación con el de celda húmeda.

Este diseño propuesto de la figura 39 servirá como apoyo al combustible del motor de combustión, este permitiéndole una explosión más completa y así poder tener más beneficios tanto:

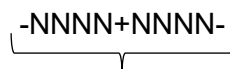
- Económicos
- Beneficios en el motor (debido a la combustión más rica que se presenta acompañado con este elemento)
- Aumento de potencia en el motor
- 60 % menos ruido en el motor
- Menos emisión de GEI

Figura 39 Diseño propuesto-solidworks.



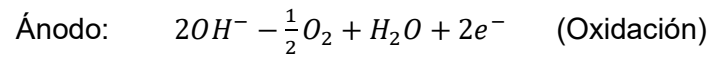
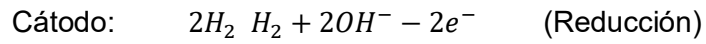
Fuente: Elaboración propia

Para la configuración del electrolizador se tomó en cuenta ciertos parámetros mencionados líneas arriba por lo que es necesario para producirse la electrolisis a unos 1.24V para su disociación, suponiéndose las caídas de potencia se basó en la configuración:



11 PLACAS

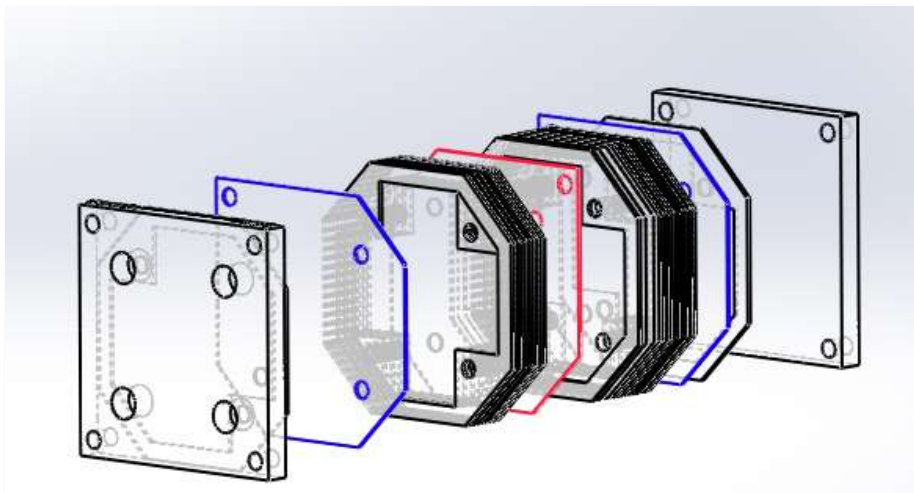
Donde:



Dimensión de la celda propuesta. -

En este punto aplicaremos métodos matemáticos para los cuales fueron desarrollados teniendo en cuenta la precisión y la trayectoria en la prueba preliminar, los cálculos desarrollados se obtuvieron basándose en consumo, eficiencia y desempeño tanto del motor como del reactor, en la imagen 40 podemos ver el diseño desde una vista explosionada y sus elementos.

Figura 40 Diseño propuesto-SolidWorks vista explosionada.



Fuente: Elaboración propia.

Las placas positivas y negativas son placas que su principal función es la disociación por electrolisis. (figura 41).

Nº de placas positivas: 1 (Ánodo)

Nº de placas negativas: 2 (Cátodo)

Placa octagonal

Perímetro: $p = 40 \text{ cm}$

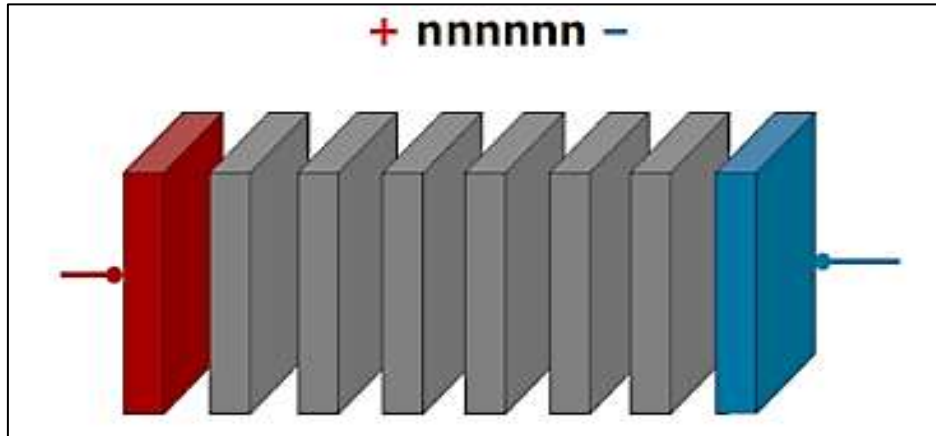
Alto $x = 11 \text{ cm}$

Ancho $y = 11 \text{ cm}$

Apotema: $a = 5.5 \text{ cm}$

Espesor: $e = 0.1 \text{ cm}$

Figura 41 Configuración de la celda.



Fuente: Propia

Placas neutras

Las placas neutras son los espacios donde se almacenará el hidrogeno y oxigeno mediante la disociación por electrolisis.

Número de placas neutras: $n_p = 8$

Ancho: $a = 11 \text{ cm}$

Alto: $h = 11 \text{ cm}$

Espesor: $e = 0.1 \text{ cm}$

N° de placas 11

N° de celdas 13

- Área de placa positiva y negativa, mediante el área de cuadrado.

$$A_{p_{-}}^{+} = (L * l) \quad (1)$$

Donde:

$A_{p_{-}}^{+}$: Área de placa positiva y negativa, [cm^2].

L: Lado, [11 cm].

a: Lado, [11 cm].

$$A_{p_{-}}^{+} = (a * h) = 11 * 11 = 121 \text{ cm}^2$$

$$A_{p_{-}}^{+} = \text{Área de la placa (+) - (-)}$$

- Área total de placas positiva y negativa (cm^2)

$$A_{t_{-}}^{+} = (A_{p_{-}}^{+}) (P_{-}^{+}) \quad (2)$$

Donde:

$A_{t_{-}}^{+}$: Área total de las placas, [cm^2].

$A_{p_{-}}^{+}$: Área de placa positiva y negativa, [cm^2].

P_{-}^{+} : Numero de placas, [cm^2].

$$A_{t-}^+ = (121\text{cm}^2)(3)$$

$$A_{t-}^+ = (363\text{cm}^2)$$

A_{t-}^+ = Área total de la placa (+) - (-)

➤ Área de cada placa neutra

$$A_{pn-}^+ = (L * l) \tag{3}$$

Donde:

A_{pn-} : Área de cada placa neutra, [cm²].

L: Perímetro, [cm].

l: Apotema, [cm].

$$A_{pn-}^+ = 11 * 11 = 121\text{cm}^2$$

❖ Área total de placas neutras

$$A_{tn-}^+ = (A_{p-}^+) (P^+) \tag{4}$$

Donde:

A_{tn-}^+ : Área total de placas neutras, [cm²].

A_{p-}^+ : Área de cada placa neutra, [cm²].

P^+ : Numero de placas neutras, [8].

$$A_{tn-}^+ = 121\text{cm}^2 * 8 = 968\text{cm}^2$$

❖ Área total de placas

$$A_t = A_t + A_{tn}$$

Donde:

A_t : Área total , [cm²].

A_t : Área total entre placas positivas y negativas [cm²].

A_{tn} : Area total de placas neutras[cm²].

$$A_t = 363 \text{ cm}^2 + 968 \text{ cm}^2$$

$$A_t = 1331 \text{ cm}^2$$

❖ Área del aislante por cada celda (cm²):

$$A_{pa} = (h * a) - (h - 1)(a - 1)$$

Donde:

a: Ancho, [cm²].

h: alto [cm²].

A_{pa} : Área del aislante por cada celda[cm²].

$$A_{pa} = (121 \text{ cm}^2) - (10)(10) = 21 \text{ cm}^2$$

$$A_{pa} = (21 \text{ cm}^2)$$

❖ Área subtotal del aislante por todas las placas

$$A_a = A_{pa} * Pt \tag{5}$$

Donde:

A_a : Área subtotal del aislante, [cm²].

A_{pa} : Área del aislante, [cm²].

Pt: número de celdas.

$$A_a = (21 \text{ cm}^2)(13) = 273 \text{ cm}^2$$

❖ Área total de las placas en contacto con el electrolito (cm²):

$$A_t = A_t + A_{pn}^+ \quad (6)$$

Donde:

A_t : Área total de las placas, [cm²].

A_t : Área total de las placas neutras, [cm²].

A_{pn}^+ : Área total de las placas positivas y negativas, [cm²].

$$A_t = 1331 \text{ cm}^2 - 273 \text{ cm}^2 = 1058 \text{ cm}^2$$

❖ Volumen entre placas (cm³):

$$V_p = (h - 1)(a - 1)(a)$$

$$V_p = (10)(10)(0.2 \text{ cm}) = 20 \text{ cm}^3$$

❖ Volumen total entre placas (cm³):

$$V_{tp} = (100) * 0.2 \text{ cm} * 13 = 260 \text{ cm}^3$$

Para la conductividad del electrolito. - De la cual se establece

Datos:

Voltaje:	12V
Amperaje:	5.620
Ancho de la celda:	a=0.2cm
Área de la placa:	A=A _{pn} - A _{pa} = 100cm ²

$$V = I \cdot R \quad (7)$$

Donde:

V: Voltaje, [V].

I: Intensidad, [Amp.].

R: Resistencia, [ohm].

$$R = \frac{12V}{5.62A} = 2.135 \Omega$$

Según [7] Para la descomposición del agua mediante electrolisis se consume la energía, entonces la energía necesaria para descomponer un mol de agua es:

$$\Delta H_f = 285.84 \text{ KJ/mol} = 285840 \text{ J/mol}$$

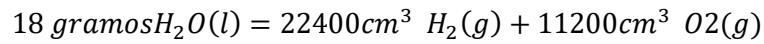
[7]La constante de Faraday es la cantidad de carga eléctrica en un mol de electrones, entonces 96485.34 C (culombios) por cada mol de agua

$$F = 96485.34 \text{ C/mol}$$

Teniendo en cuenta que

$$1 \text{ mol H}_2\text{O} = 18 \text{ gramos H}_2\text{O(l)}$$

En condiciones normales obtenemos:



Faraday menciona que se necesita 96485.34 C (culombios) por cada 18 gramos de agua y así obtenemos $22400 \text{ cm}^3 H_2$ y $11200 \text{ cm}^3 O_2$ en estado de gas

Es decir, por cada 1C obtenemos: $0.232 \text{ cm}^3 H_2(g)$ y $0.116 \text{ cm}^3 O_2(g)$

En consideración:

¿Cuánto caudal podemos obtener de H_2 y O_2 por cada espacio celda?

-Primer dato " H_2 " (Hidrogeno)

$$Q_H = (V_H)(A)(t)$$

Donde:

Q_H : caudal de hidrogeno (cm^3/min)

V_H : volumen (cm^3)

A: Amperios (A)

t: tiempo (seg)

$$Q_H = (0.232 \text{ cm}^3 H_2)(5.62)(1 \text{ min})(60 \text{ seg})$$

$$Q_H = 78.23 \text{ cm}^3/\text{min}$$

-Segundo dato O_2 (Oxigeno)

$$Q_O = (V_H)(A)(t)$$

$$Q_O = (0.116 \text{ cm}^3 O_2)(5.62)(1 \text{ min})(60 \text{ seg}) = 39.1152 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Para todas las celdas el caudal obtenido es:

Primer dato H_2 (Hidrogeno)

$$Q_{th} = (Q_H)(Pt)$$

Donde:

Q_{th} : Caudal total de hidrogeno (cm^3/min)

Q_H : Caudal de hidrogeno $cm^3./min$

Pt: Número de celdas 13

$$Q_{th} = \left(\frac{78.23cm^3}{min} \right) (13) = 1016,99cm^3/min$$

Segundo dato O_2 (Oxigeno)

$$Q_o = (Q_H)(Pt)$$

Donde:

Q_o : Caudal total de oxígeno (cm^3/min)

Q_H : Caudal de hidrogeno cm^3/min

Pt: Número de celdas 13

$$Q_o = \left(\frac{39.1152cm^3}{min} \right) (13) = 508,49cm^3/min$$

❖ Caudal total generado de la producción de HHO

$$Q_{t_{HHO}} = Q_{th} + Q_{to}$$

Donde:

$Q_{t_{HHO}}$: Caudal total de hidrógeno y oxígeno

Q_{th} : Total de hidrógeno

Q_{to} : Total de oxígeno

$$Q_{t_{HHO}} = 1016,99 \text{ cm}^3/\text{min} + 508,49 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$Q_{t_{HHO}} = 1525,48 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Para el cálculo de fluido a través de las tuberías

Las tuberías que se utilizan tienen un diámetro de 1.0 cm con lo que se espera que se tenga un flujo uniforme, a continuación, verificamos la velocidad del fluido.

$$D = 1.0 \text{ cm}$$

$$Q = 1290.74 \text{ cm}^3/\text{min} = 21.51 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

-calculamos la velocidad de flujo a través de la tubería (v)

$$Q = A * V$$

Donde:

Q: Caudal, [cm^3/seg].

A: Área, [cm^2]

V: Velocidad, [cm/seg].

$$V = \frac{Q}{\pi(0.5 \text{ cm})^2}$$

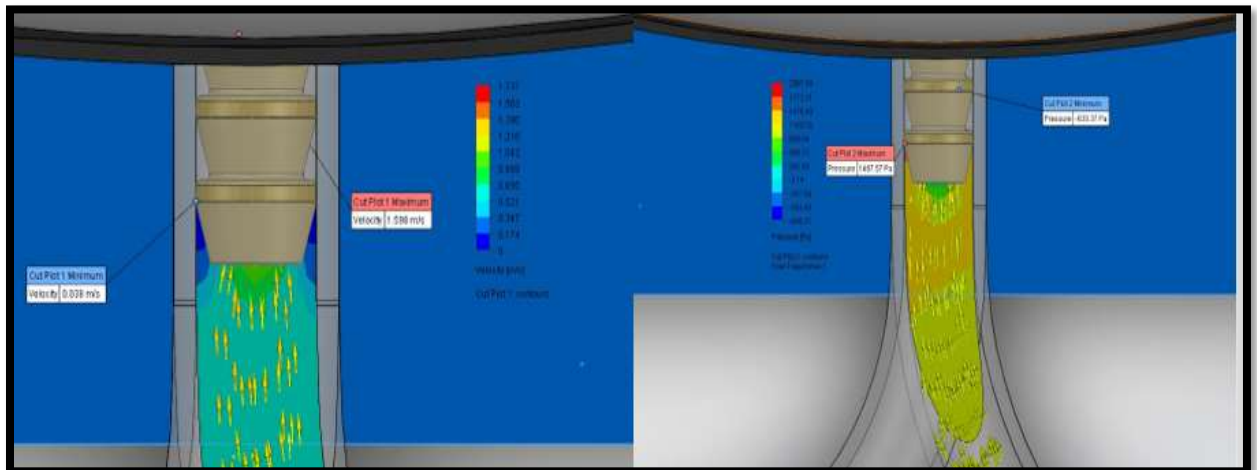
$$V = \frac{21.51 \text{ cm}^3/\text{seg}}{\pi(0.5 \text{ cm})^2} = 3,21 \text{ cm}/\text{seg}$$

$$V = 0.0321 \text{ m}/\text{seg}$$

➤ **Para la velocidad del flujo a través de las tuberías.**

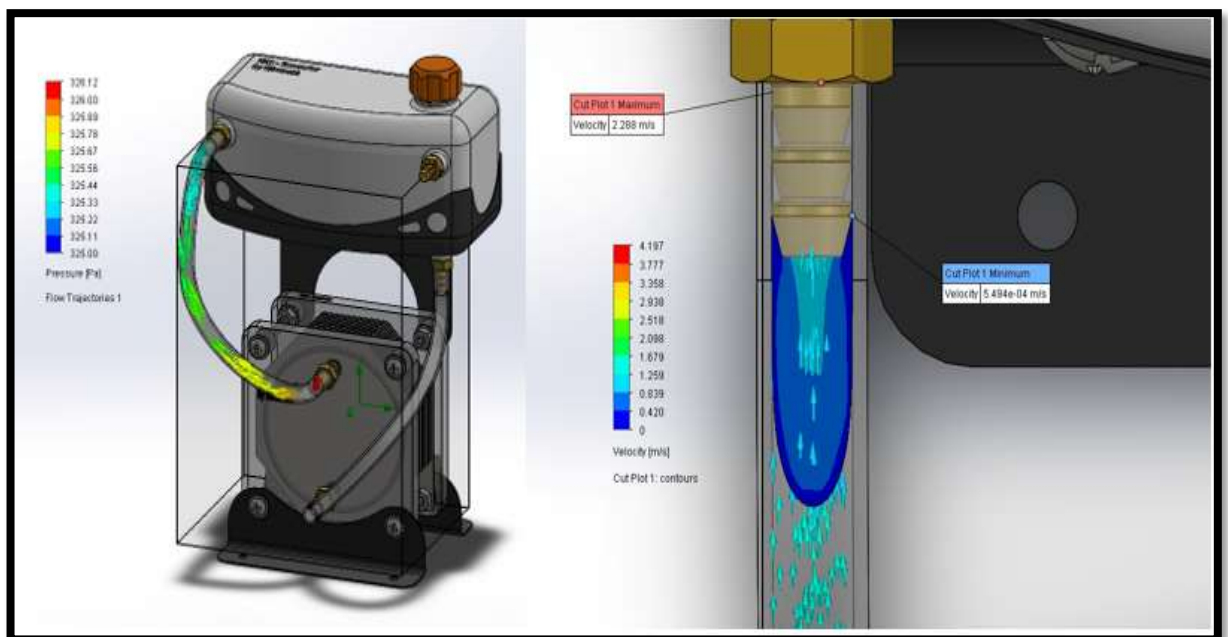
En la figura 42 la velocidad máxima de entrada al rector es de 1.598m/s y teniendo una mínima de 0.038m/s de como se muestra en la imagen.

Figura 42 Simulación de la velocidad de caudal de flujo en el reactor.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 43 Simulación de la velocidad de salida de los gases.



Fuente: Elaboración propia

Para la salida

En la imagen 43 podemos ver la salida de los gases a una velocidad Max 2.288 m/s y Min de 5.494×10^{-4} m/s.

Calculamos la masa de hidrogeno (m_h)

$$m_h = v_h * d_h$$

Donde:

m_h : Masa del hidrógeno, [gO₂].

v_h : Volumen del hidrógeno, [cm³].

d_h : Densidad del hidrógeno, [0.0899 kg/m³]

$$m_h = 860.53 \text{ cm}^3 \text{ H}_2 * \left(\frac{(1\text{m})^3}{(100\text{cm})^3}\right) \left(\frac{0.0899\text{kg}}{(1\text{m})^3}\right) \left(\frac{1000\text{g}}{1\text{kg}}\right)$$

$$m_h = 0.07736 \text{ gO}_2$$

Para la masa de oxígeno:

$$m_o = v_o * d_o$$

Donde:

m_o = Masa del oxígeno.

v_o : Volumen del oxígeno.

d_o = Densidad del oxígeno, [1.429 kg/m³].

$$m_o = 430.26 \text{ cm}^3 \text{ O}_2 * \left(\frac{(1\text{m})^3}{(100\text{cm})^3}\right) \left(\frac{1.429\text{kg}}{(1\text{m})^3}\right) \left(\frac{1000\text{g}}{1\text{kg}}\right)$$

$$m_o = 0.6148 \text{ gO}_2$$

Por ende, la masa total por minuto:

$$m_{HHO} = m_h + m_o$$

$$m_{HHO} = 0.6148 \text{ gO}_2 + 0.07736 \text{ gO}_2 = 0.6921 \text{ h HHO}$$

En esta relación la gasolina aproximada por min

$$m_g = 31 \text{ g}$$

m_g = Masa de la gasolina

Para el cálculo de la relación de HHO/gasolina:

$$m = \frac{m_g}{m_h}$$

Donde:

m : (g)

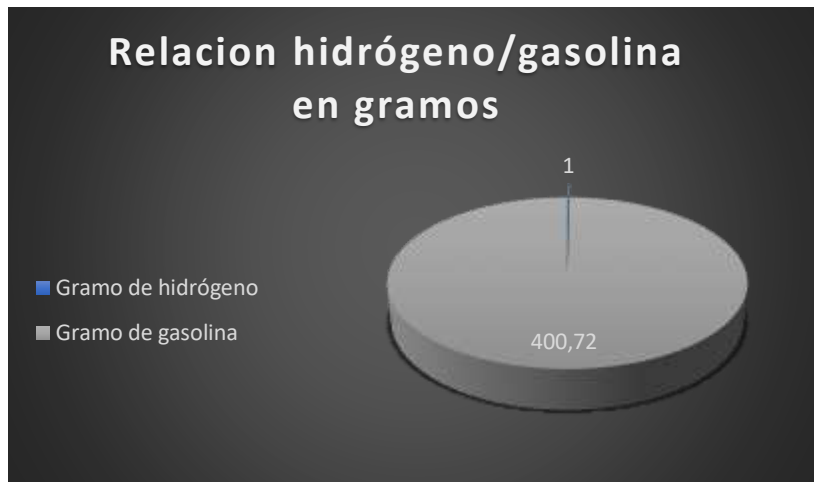
m_h =Masa del hidrogeno, [0.007736g].

m_g =Masa de la gasolina, [31].

$$m = \frac{31}{0.007736g} = 400.72g$$

Por lo que cada 400.72g de gasolina que ingresa al motor, ingresa 1g de hidrógeno como se puede apreciar en la imagen 44 de una forma más detallada

Figura 44 Relación de hidrógeno/gasolina que ingresa al motor.



Fuente: Elaboración propia

Análisis económico

Para este punto económico se basó en el desarrollo de pruebas reales del sistema integrado en el motor detallando así las posibles mejoras o deficiencias presentadas en ello, para ello se tomaron en cuenta ciertos parámetros de funcionamiento y el rendimiento como lo propuesto, a continuación, se muestra en la imagen 45 prototipo real diseñado, este se basó tanto en la evaluación técnica como económica y las posibles soluciones planteadas anteriormente.

Figura 45 Diseño Real del reactor.



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra las características de diseño de la celda propuesta para su mejor detalle en la tabla 23.

Tabla 23 Características del Generador de Hidrogeno.

Datos	Características
Número de Placas	11 placas
Dimensiones	11cm x11cm x 0.1
Peso	980 g
Material de la Placa	Acero SAE 316L
Producción	1-1.5L por minuto
Amperaje Máximo	5-8 A

Accesorios del generador

Reservorio de solución de agua y electrolito

En la presente imagen 46 se muestra el reservorio de agua con el electrolito para abastecer a la celda mediante mangueras de alta presión que hacen la función de paso de caudal.

Figura 46: Diseño Real del reactor.



Fuente: Elaboración propia

Reactor

El reactor se instaló en la parte baja del asiento como se ve en la figura 47, permitiéndole al abastecedor tener un ángulo de caída para llenarlo producto de la disociación por electrolisis.

Figura 47 Reservorio de agua instalada en la parte trasera de la moto



Fuente: Elaboración propia

Burbujeador

El burbujeado hace el trabajo de paso y reductora presión para su paso al cilindro como se ve en la figura 48

Figura 48 Burbujeador de agua de agua instalada en la parte interna de la moto.



Fuente: Propia

Filtro

El filtro nos ayudara de forma que al pasar por los demás sistemas no lleven consigo parte de humedad (agua) consecuencia de esto que ingrese al motor como se ve en la figura 49.

Figura 49 Filtro



Fuente: Elaboración propia

Pruebas a desarrollar

La prueba a desarrollar se basó antes y después de su instalación del sistema, teniendo consigo las comparaciones entre rendimiento como emisiones contaminantes generadas, estas pruebas tienen un promedio de tiempo para sus diferentes condiciones.

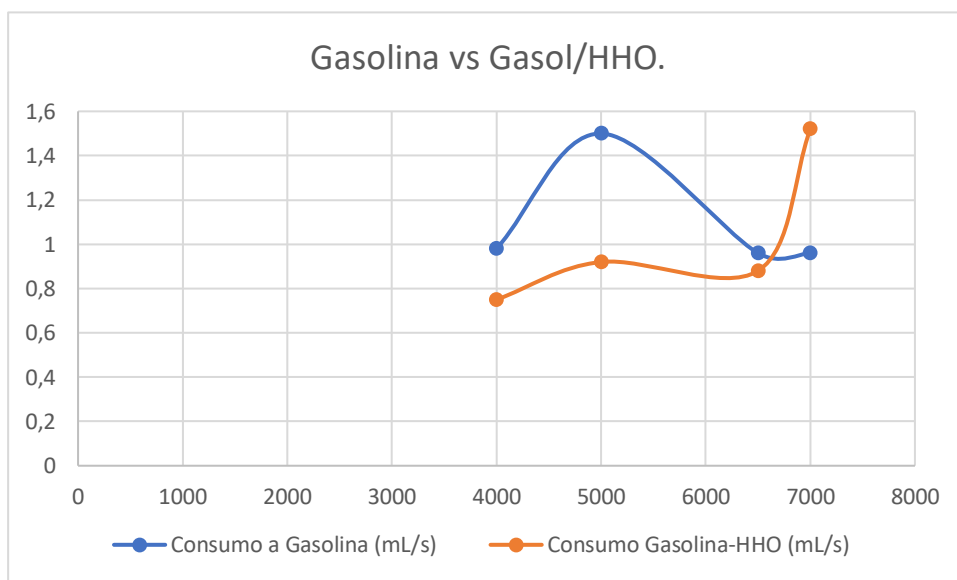
Consumo de Gasolina – Gasol/ HHO

Mediante la simulación con el sistema lo cual se ve el nivel considerable de eficiencia a diferentes revoluciones podemos apreciar que el sistema se ve más eficiente mientras trabaja a menos revoluciones, para el caso de elevar las revoluciones vemos que el sistema que comporta menos eficiente, como se advierte en la tabla 24.

Tabla 24 Tiempo de consumo de Gasolina y Gasol/HHO.

CARGA rpm	Consumo a Gasolina (mL/s)	Consumo Gasolina-HHO (mL/s)	Diferencia porcentual
4000	0.98	0.75	40,60%
5000	1.5	0.92	33,00%
6500	0.96	0.88	15,00%
7000	0.96	1.52	8,00%

Figura 50 Tiempo de consumo de Gasolina y Gasol/HHO.



Fuente: Elaboración propia

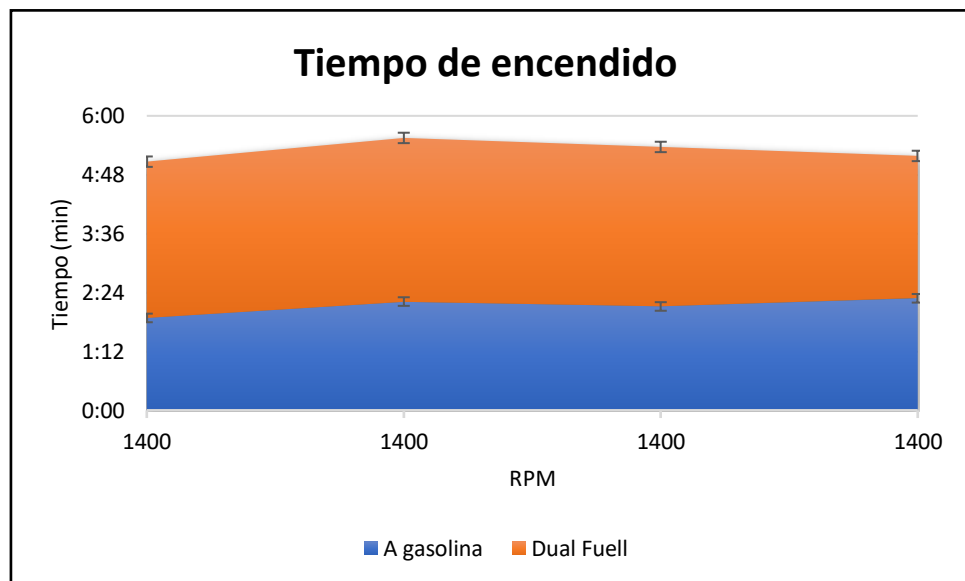
Tiempo de encendido en ralentí con Gasolina-Gasol/HHO

Para la siguiente prueba se basó en dos tipos el primero solo a gasolina y el segundo con ambos combustibles a gasolina e hidrogeno para ello calculamos el tiempo de encendido del motor en ralentí hasta el momento de su apagado como se muestra en la siguiente tabla vemos que si se puede notar considerables tiempos de encendido cuando trabaja solo que cuando se le inyecta ambos a la vez.

Tabla 25 Tiempo de encendido del motor

CARGA	Tiempo de consumo (min) Gasolina	Tiempo de Consumo (min), Gasolina-HHO
1	01:53	03:11
2	02:13	03:20
3	02:07	03:15
4	02:17	02:54

Figura 51 Tiempo de consumo de Gasolina y Gasol/HHO.



Fuente: Elaboración propia

Costos

Para este punto se promedia una cantidad de costos para su construcción del diseño donde se detalla en la siguiente tabla 26.

Tabla 26 Costo para su elaboración.

Ítem	Nº	Detalle	Material	Precio
1	2	Acrílico	Plástico 1cm	S/ 30
2	2x1m	Lamina acero	Acero SAE 316L	S/270
3	1x1	Plancha	caucho	S/10
4	1	Abastecedor	Polímero	S/40
5	4m	Cable automotriz	AWG 14	S/8
6	1	Burbujeador	Polímero	S/20
7	6	Niples escamados	Bronce	S/30
8	1	Filtro	Polímero	S/10
9	2	Soportes	Acero	S/2
10	3m	Mangueras de presión	Caucho	S/30
11	4	Pernos	Acero	S/20
PRECIO TOTAL				S/470

Costos Adicionales

En costos adicionales se consideran costos del diseño como ensamble y algunos detalles extras.

Tabla 27 Costos adicionales

Detalle	Cantidad	Material	Precio
Gramos de NaCl	200	sal	S/4
	1kg	Sosa caustica	S/30
Sujetadores	6	Acero	S/12
Pernos para el generador	2	Acero	S/10
PRECIO TOTAL			S/56

Tabla 28 Costo total.

Ítem	Detalle	Precio
1	Costo para su elaboración	S/470
2	Otros costos	S/56
3	Montaje y ensamblado	S/110
TOTAL		S/636

IV. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Mediante el producto de este sector energético lo cual produce el dispositivo ayudara enriquecer la cantidad de hidrocarburo no quemado en la combustión, de esta manera incrementar la eficiencia de este y a su vez ayudar con la mínima cantidad de emisiones debido a que cuando se produce la combustión de ambos gases con el enriquecimiento del hidrógeno el sistema se recircula obteniendo consigo vapor de agua.

Se obtuvo una cantidad considerable de caudal de hidrógeno + oxígeno de con un diseño de 11 placas el cual 3 serán las conductoras y 8 neutras, solo alimentado con una batería de 12 V.

La nueva forma de inyección por admisión de aire tiene gran repercusión debido a que está más cerca al cilindro por ende conlleva a la rápida detonación en la cámara.

Al hacer las pruebas se pudo obtener que el sistema propuesto tubo un rendimiento de gasolina de casi el 35% con ello un ahorro económico.

Se tiene en cuenta para el momento de la elaboración de reactor que el amperaje no debe sobrepasar a 8A, ya que si sobrepasa generará mayor producción de vapor y reduciría la eficiencia del diseño.

La cantidad de hidrógeno producida dependerá de las placas negativas, ya que son las productoras de hidrógeno.

4.2. Recomendaciones

Se requiere unos filtros de paso ante la salida del reactor para suavizar la calidad de este, en conclusión, podría producir daños internos en el motor cuando se produce la detonación.

Se recomendaría implementar un laboratorio para pruebas de rendimiento como también emisiones en la USS para así tener datos más cercanos y las posibles mejoras de solución con este sistema para proyectos futuros.

Es posible la realización del sistema a solo hidrogeno más oxigeno lo que conlleva a una cantidad máxima de corriente para la producción de este.

Es favorable no acelerar en rutas largas el vehículo, ya que se considera esto como un mayor consumo en el reactor y mayor temperatura en el diseño.

REFERENCIAS

- [1] N. Golovanov, S. Gheorghe, and N. Mogoreanu, "El Papel de las Soluciones de Hidrogeno en la fase de transición energética en Rumania," 2022.
- [2] Z. Li, W. Zhang, R. Zhang, and H. Sun, "Development of renewable energy multi-energy complementary hydrogen energy system (A Case Study in China): A review," *Energy Exploration and Exploitation*, vol. 38, no. 6, pp. 2099–2127, Nov. 2020, doi: 10.1177/0144598720953512.
- [3] D. Burchart, M. Gazda-Grzywacz, P. Grzywacz, P. Burmistrz, and K. Zarębska, "Life Cycle Assessment of Hydrogen Production from Coal Gasification as an Alternative Transport Fuel," *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.3390/EN16010383.
- [4] K. P. Paco Izarra, P. D. C. E. Villegas, A. K. I. Ramos, and D. M. G. Jiménez, "Zero emissions in the production of hydrogen fuel using seawater as the main resource through the artificial leaf tool: a proposal for a bibliographic review," *Decision Science Letters*, vol. 12, no. 2, pp. 169–178, Mar. 2023, doi: 10.5267/J.DSL.2023.3.002.
- [5] "Sci-Hub | Diseño e Implementación de un Sistema de Control para un Electrolizador Alcalino. 2018 IEEE ANDESCON | 10.1109/ANDESCON.2018.8564687." Accessed: Jul. 14, 2023. [Online]. Available: <https://sci-hub.st/10.1109/ANDESCON.2018.8564687>
- [6] "IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Natural gas system decarbonization by green hydrogen injection: a distributed approach", doi: 10.1088/1755-1315/1106/1/012004.
- [7] J. A. Muñoz Fernández, W. A. Beleño Mendoza, and H. Díaz Consuegra, "Analysis of the potential of the use of green hydrogen to reduce carbon emissions in Colombia," *Fuentes el Reventon Energetico*, vol. 20, no. 1, pp. 57–72, Jan. 2022, doi: 10.18273/REVFUE.V20N1-2022006.
- [8] I. A. Moujдин, M. S. Khan, H. A. Abulkhair, A. A. Shaiban, H. A. Organji, and A. O. Alsaiari, "Influence of hydrogenated diesel/H₂O₂ blend fuel on diesel engine performance and exhaust emission characterization," *Sci Rep*, vol. 13, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1038/S41598-023-27569-5.
- [9] "9 th LACCEI International Multi-Conference for".
- [10] Manuel Francisco Buendía Pissani, Jhonatan De La Cruz Ledesma, Juan Carlos Gallardo Esteves, and Marquiño Huamani Villena, "Análisis de viabilidad de generación de hidrógeno verde en la región sur del Perú para determinar su competitividad en la matriz energética," 2022.
- [11] C. Tealdo and J. A. Deutsch, "Emissions of a direct injection diesel engine by adding hydrogen to the inlet manifold," *2020 IEEE International Conference on Engineering Veracruz, ICEV 2020*, Oct. 2020, doi: 10.1109/ICEV50249.2020.9289676.
- [12] Marta Muñoz Dominguez and A. Rovira, "Motores de Combustion Interna," 2015.

- [13] H. Liu, J. Qin, X. Xiu, C. Ha, and P. Dong, "Comparative study of fuel types on solid oxide fuel cell – gas turbine hybrid system for electric propulsion aircraft," *Fuel*, vol. 347, Sep. 2023, doi: 10.1016/J.FUEL.2023.128426.
- [14] J. Miralles, A. Giménez, L. Domenech, and V. García, "Efecto de la relación de compresión en el rendimiento de motores de combustión interna a diferentes altitudes," *Informacion Tecnologica*, vol. 26, no. 4, pp. 63–74, Aug. 2015, doi: 10.4067/S0718-07642015000400009.
- [15] "idUS - Diseño, análisis y comparación de un motor Stirling y un motor de cuatro tiempos." Accessed: May 10, 2023. [Online]. Available: <https://idus.us.es/handle/11441/126884>
- [16] E. J. Kates and W. E. Luck, "Motores Diesel y Gas de alta compresión.," 2019.
- [17] J. Castillo and V. Rojas, "Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático," 2019.
- [18] D. G. Calleja, *Mantenimiento de motores térmicos de dos y cuatro tiempos*. 2015.
- [19] "Ciclo Otto." Accessed: Jul. 18, 2023. [Online]. Available: https://navarrof.orgfree.com/Docencia/Termodinamica/CiclosGeneracion/ciclo_otto.htm
- [20] A. C. Mateos and I. Iván Tavera, "EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES DEL ESCAPE DIESEL EN *Tillandsia capillaris* Y *Ramalina celastri* MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO," 2022.
- [21] H. Lucchini Condory, *Generación distribuida con energía renovable en Perú*. 2020.
- [22] N. M. Ahmed and A. Naser M, "MEJORA DE LAS PROPIEDADES DE DETECCIÓN DE GAS HIDRÓGENO DEL ÓXIDO DE ZINC DOPADO CON ALUMINIO PREPARADO MEDIANTE OXIDACIÓN TÉRMICA," 2022.
- [23] Carmen Gómez Delicado, "Hydrogen Demand Projections for European Countries applying Econometric Techniques," 2022.
- [24] "wix."
- [25] P. Flowers and A. Martinez, "La Electrólisis," 2020.
- [26] B. Tobías and A. Heinritz, *Referencia de gas ideal para reacciones de asociación/disociación: sesgo de concentración y tensión/potenciales de referencia cinética en electrólisis*. 2023.
- [27] "PLAN COMÚN ÁREA: Ciencias Básicas y Sus Tecnologías DISCIPLINA: Química".
- [28] "Vista de Conocimiento Didáctico del Contenido sobre la Ley de Ohm: estudio de caso de una profesora de física de enseñanza secundaria en Costa Rica." Accessed: Jul. 16, 2023. [Online]. Available: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35270/35408>
- [29] X. Huang, M. Song, J. Zhang, T. Shen, G. Luo, and D. Wang, "Avances recientes de electrocatalizadores y CelúlaDiseñado paraHidrógenoProducción de peróxido," 2023.

- [30] Eliana Quispe Calmett, "Perú anurio de estadísticas ambientales.," 2019.
- [31] "La química en el siglo XIX - Eugenio Portela - Google Libros." Accessed: Jul. 16, 2023. [Online]. Available: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Z7LSZsTk0VMC&oi=fnd&pg=PA7&dq=Le+y+de+Pouille+en+electr%C3%B3lisis&ots=NgvEwr6vGb&sig=KnGzscrOn6vbU2vKTOh1pKi9T_A#v=onepage&q&f=false
- [32] INEI, "MUNICIPALIDADES QUE INFORMARON QUE EXISTEN ELEMENTOS QUE ORIGINAN CONTAMINACIÓN AMBIENTAL," <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/#url>.
- [33] MARÍA MÓNICA MONSALVE, "Asfixiados: Perú, Chile, México, Guatemala y Colombia, los países más contaminados de Latinoamérica," 2023.
- [34] "Sistema nacional de información ambiental.," *SINIA*, Accessed: Sep. 01, 2023. [Online]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/establecen-limites-maximos-permisibles-imp-emisiones-atmosfericas>
- [35] "Instrucciones Carburador Cp - Polini Motori." Accessed: Jul. 18, 2023. [Online]. Available: <https://www.polini.com/es/area-tecnica-2/carburadores-cp-polini/instrucciones/>
- [36] "Liebherr presenta la inyección directa de H2 para motores de combustión de servicio pesado | Liebherr." Accessed: Sep. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.liebherr.com/es/int/actualidad/noticias-y-comunicados-de-prensa/detalle/liebherr-presenta-la-inyecci%C3%B3n-directa-de-h2-para-motores-de-combusti%C3%B3n-de-servicio-pesado.html>
- [37] "Inyección en Motores Diésel: Todo lo que tienes que saber." Accessed: Sep. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.autonocion.com/inyeccion-diesel-motor/>
- [38] "Sistema Diesel Common Rail :Tipos de inyectores." Accessed: Sep. 27, 2023. [Online]. Available: <https://autosoporte.com/tipos-de-inyectores-en-sistema-diesel-common-rail/>
- [39] blog, "Carburador de Moto ¿que es y como funciona?," 2021.
- [40] A. A. E. S. Mohamed, R. F. D. Monaghan, G. Bourque, and H. Curran, "Ignition delay times of C1–C7 natural gas blends in the intermediate and high temperature regimes: Experiment and correlation," *Fuel*, vol. 354, Dec. 2023, doi: 10.1016/J.FUEL.2023.129299.
- [41] C. F. Luis Vicente and J. E. Alvarez Gavilanes, "Combustibles líquidos perjudica el buen vivir de los moradores del Cantón La Libertad, Provincia de Santa Elena Ecuador," *Pacha. Revista de Estudios Contemporáneos del Sur Global*, vol. 3, no. 9, p. e210125, Sep. 2022, doi: 10.46652/PACHA.V3I9.125.
- [42] D. Gamez Franco, *El Hidrógeno y sus aplicaciones Enegeticas*. 2010.
- [43] "X-TRAIL 200."
- [44] "Vista de Análisis de un generador de HHO de celda seca para su aplicación en motores de combustión interna | Revista UIS Ingenierías." Accessed: Jul. 17, 2023. [Online].

Available:

<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/6976/7865>

- [45] EDWIN GAMBOA POVEDA and ROBINSON ALVAREZ MARTINEZ, "ACERO INOXIDABLE 316 Y 316 L PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS," 2019.

ANEXOS

Nivel de misión de gases en una moto de 200cc.



Analizador AVM DISMOKER 4000



Resultados a 5600 rpm

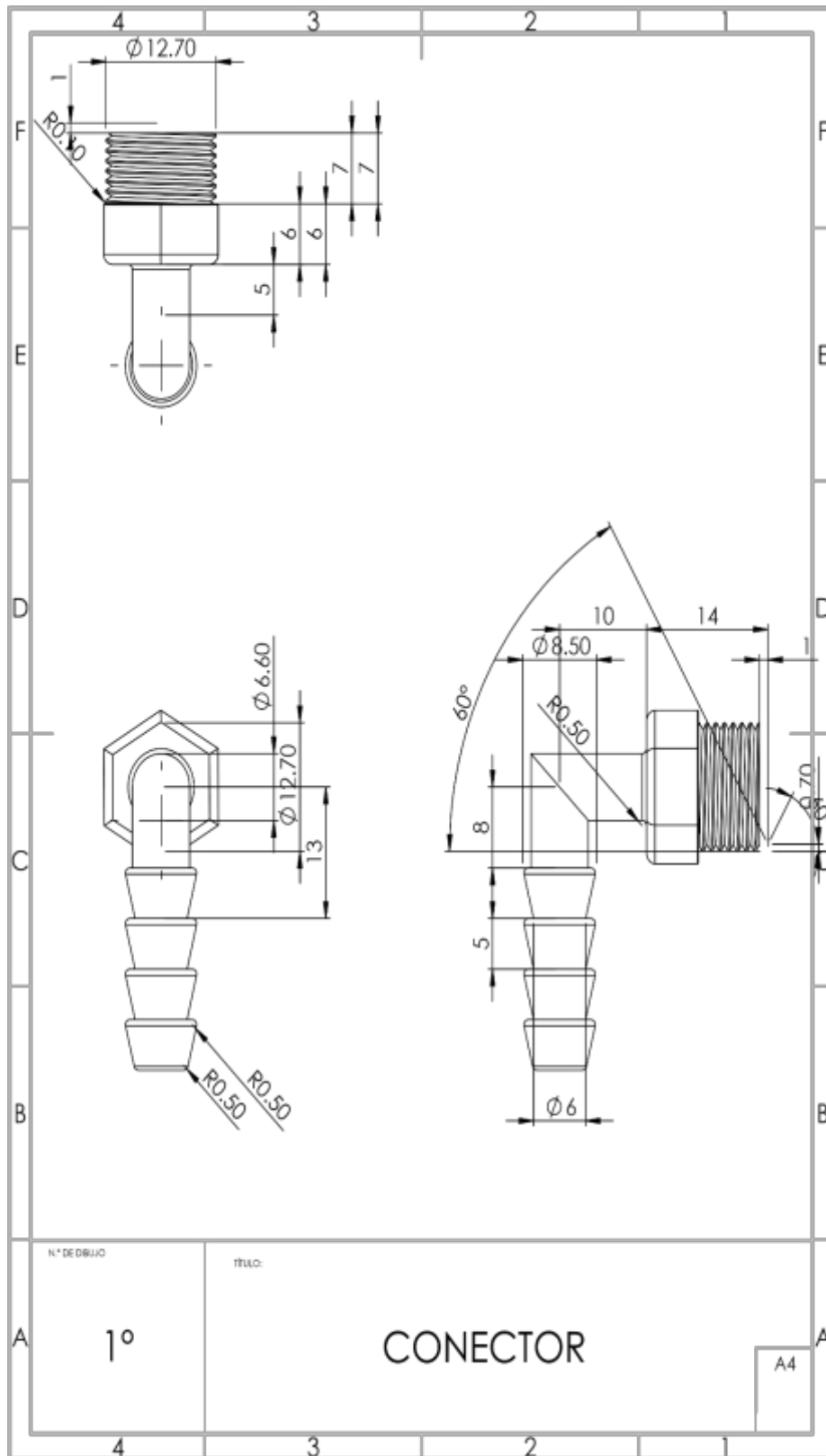


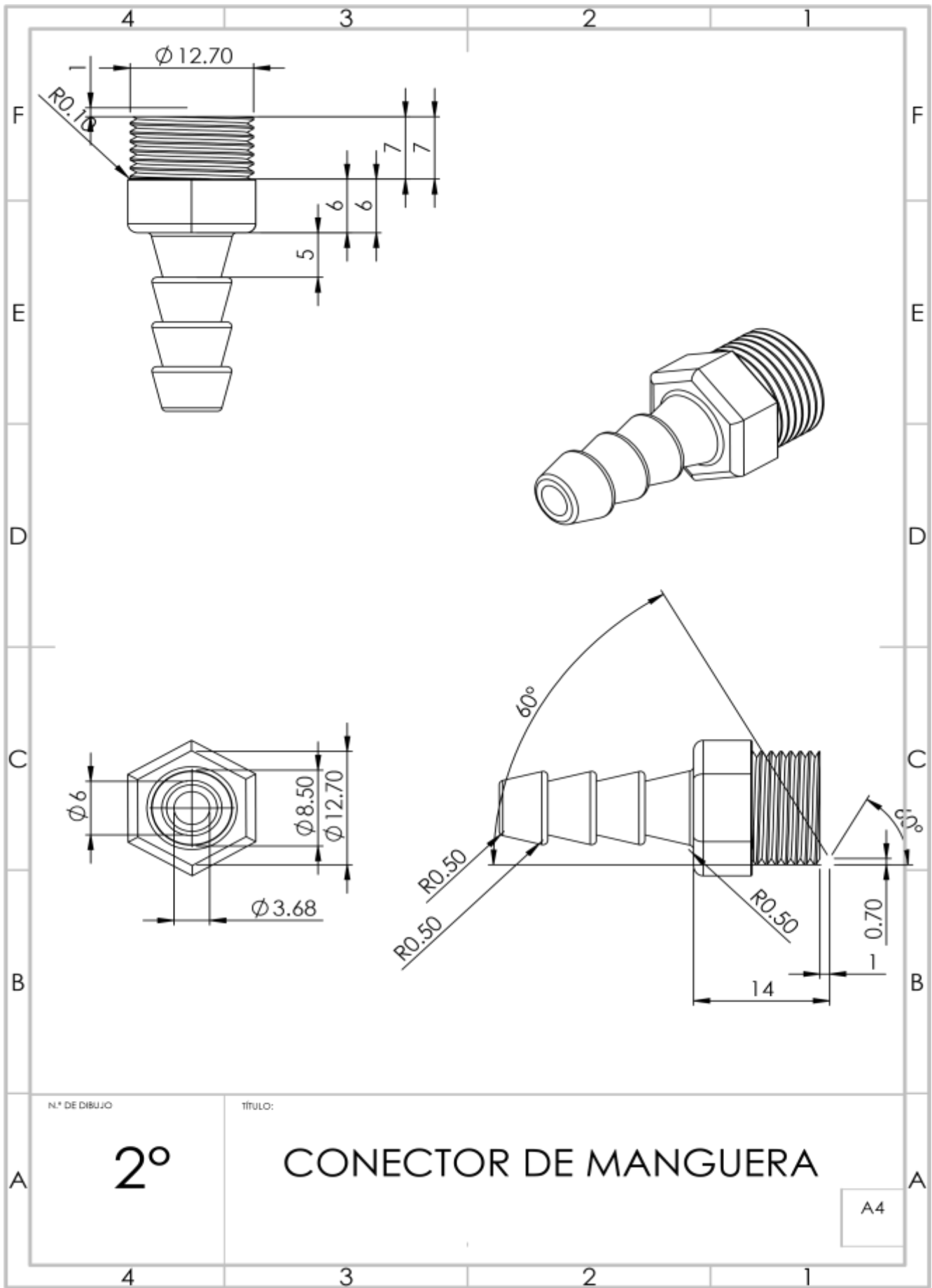
Pruebas con el rector

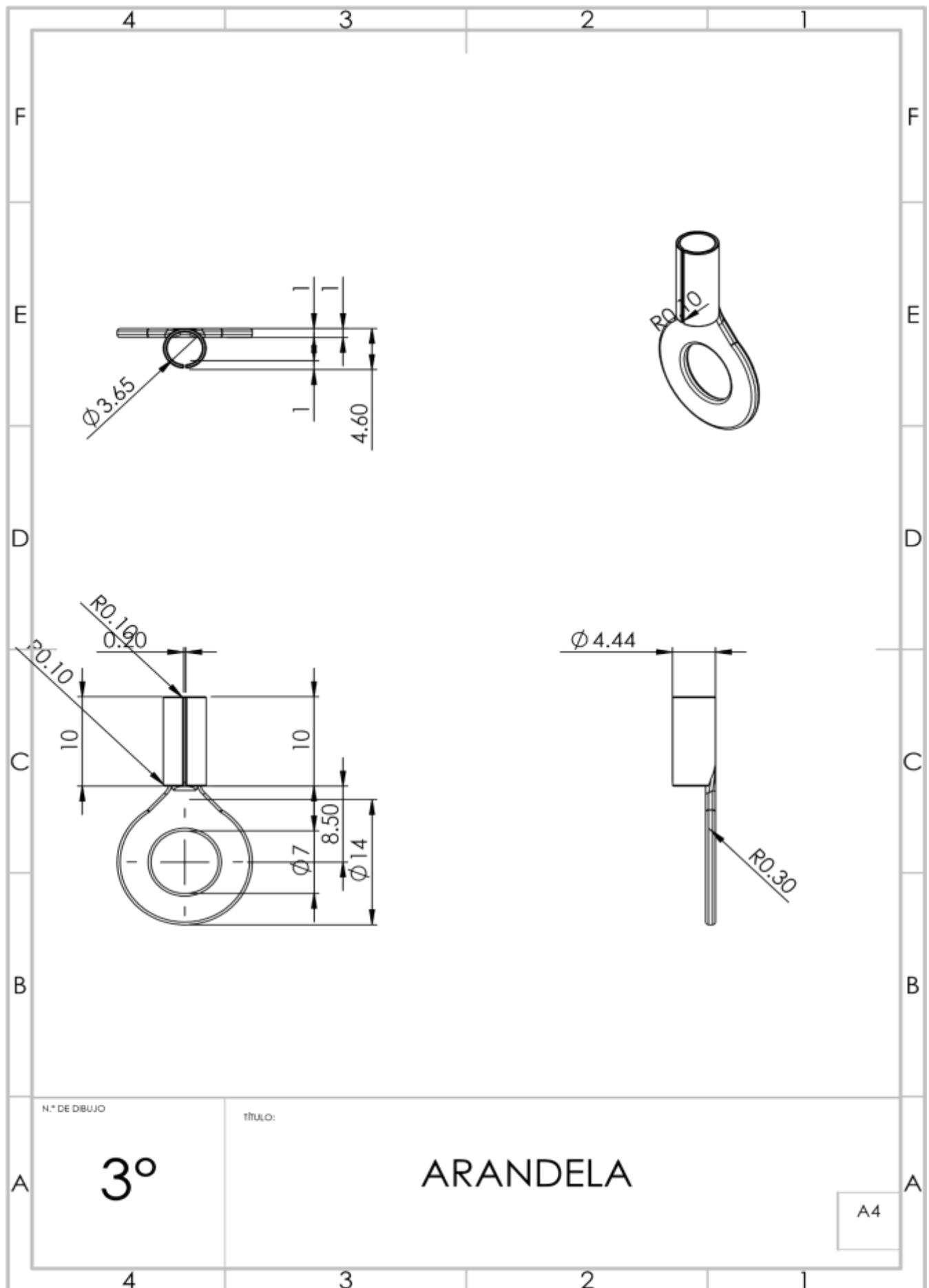


ANEXO 2

Planos







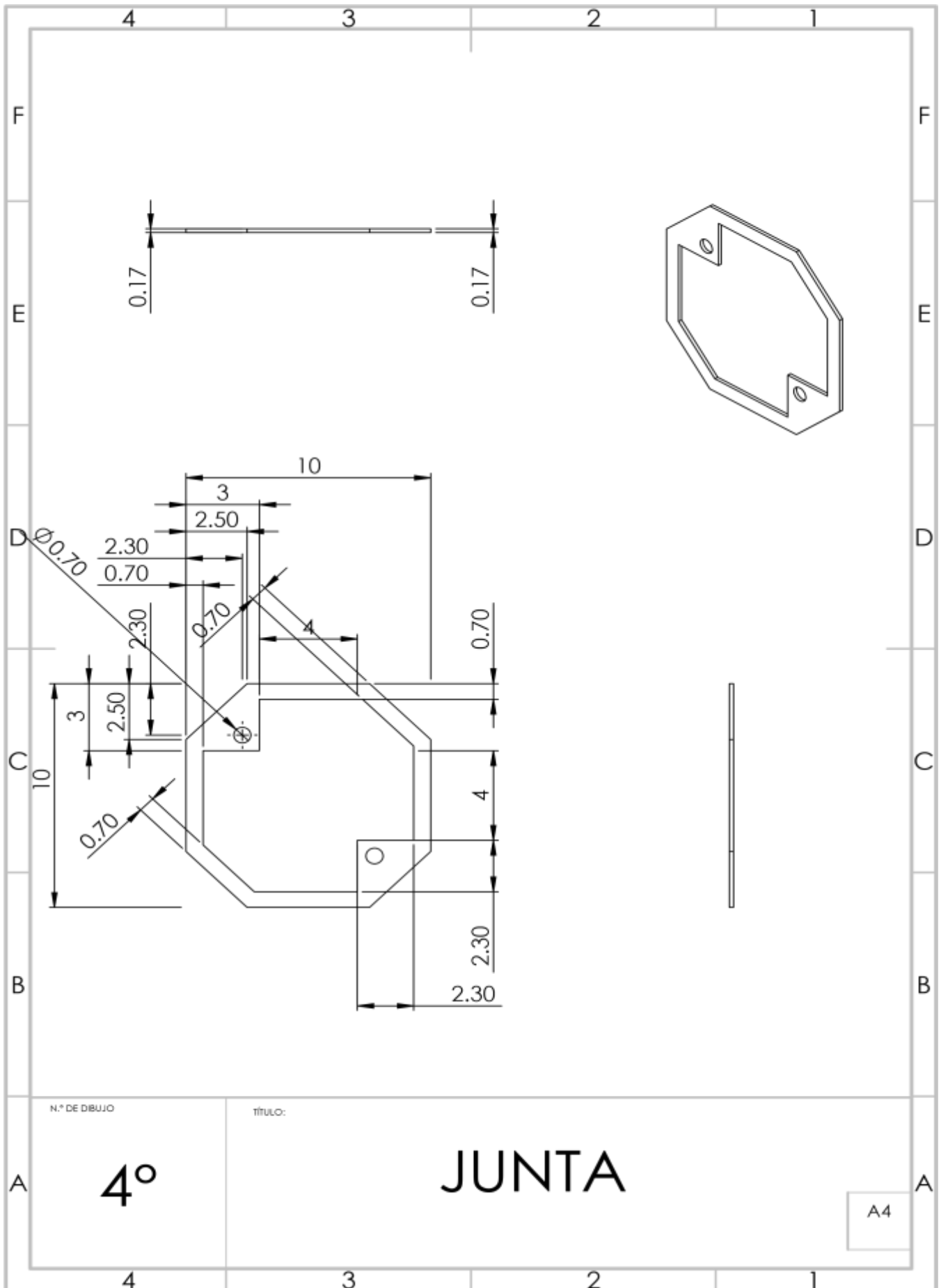
N.º DE DIBUJO

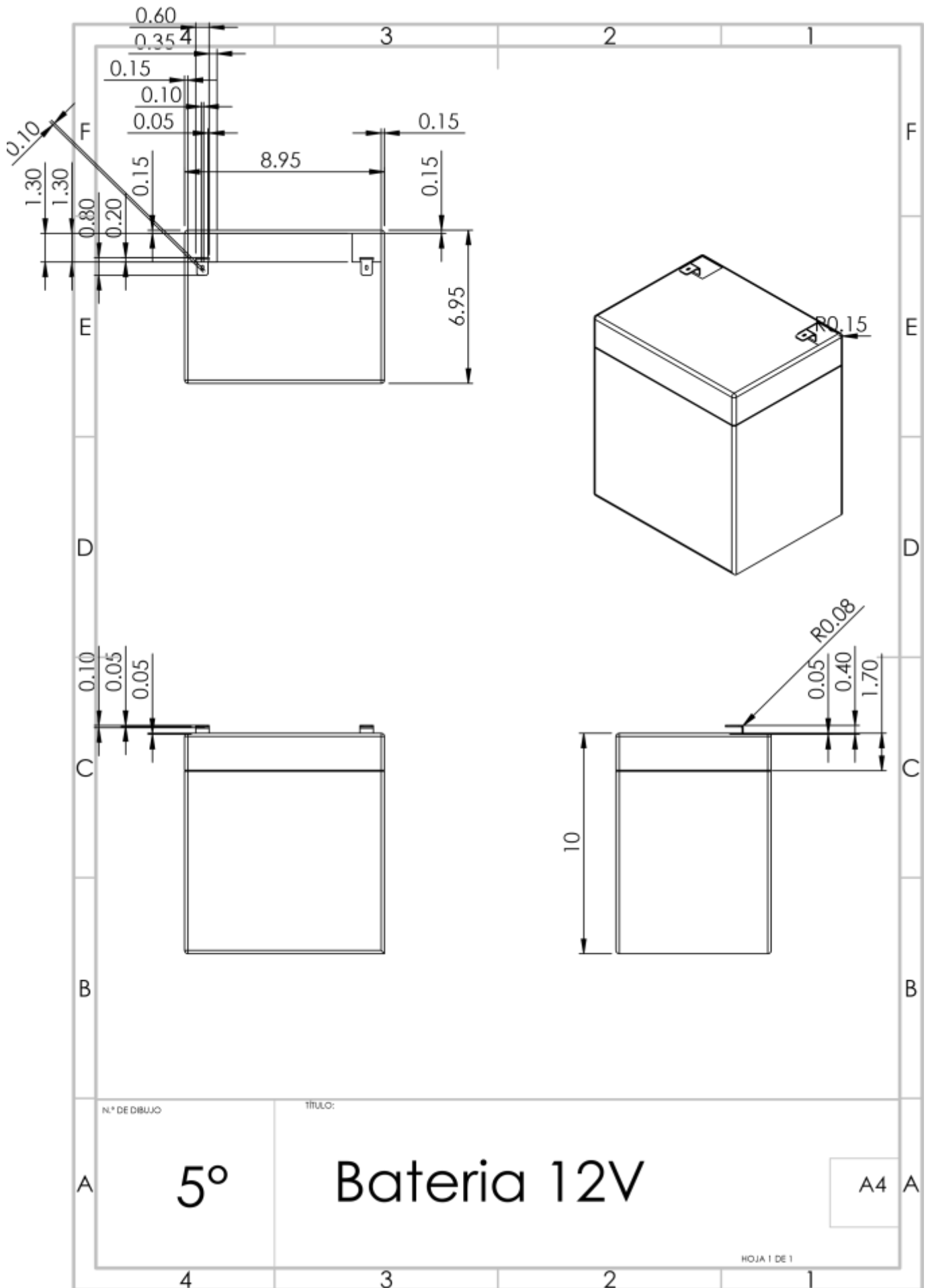
3º

TÍTULO:

ARANDELA

A4





N.º DE DIBUJO

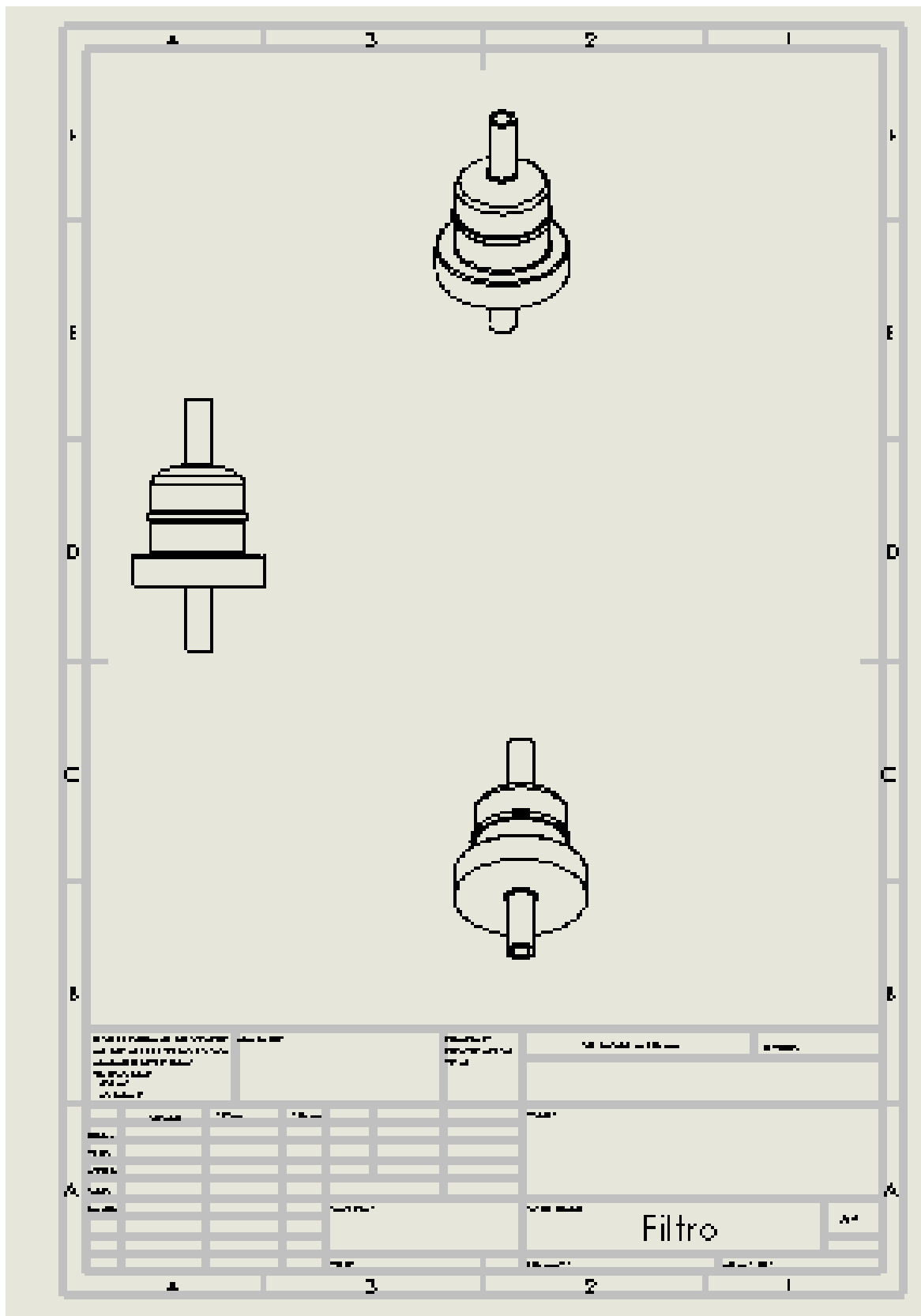
TÍTULO:

5º

Bateria 12V

A4

HOJA 1 DE 1



NOMBRE DEL TRABAJO

**DISEÑO DE UN REACTOR DE HIDROGEN
O DE CELDA SECA PARA EL ACOPLAMIE
NTO EN UN MOTOR DE 200 CC**

AUTOR

Kevin Arnold puican cabrera

RECUENTO DE PALABRAS

12859 Words

RECUENTO DE CARACTERES

66708 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

81 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.8MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 7, 2023 10:55 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 7, 2023 10:56 PM GMT-5

● 25% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 24% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 15% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)