

Universidad Católica de Santa María

Escuela de Postgrado

Maestría en Ingeniería de Mantenimiento



“DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA DEMOSTRAR LA RENTABILIDAD ECONÓMICA Y AMBIENTAL POR EL USO DEL HIDROGENO EN MOTORES OTTO Y DIÉSEL”

Tesis presentada por el Bachiller:

Montagne Velásquez, Richard Adnán

Para optar el Grado Académico de:

Maestro en Ingeniería de Mantenimiento

Asesor:

Dr. Ticse Villanueva, Edwing

Arequipa – Perú

2018

Informe 034-2018

De: Ing. Edwing Ticse Villanueva
A: Dr. José Villanueva Salas
Director de la Escuela de Post Grado de la UCSM
Asunto: Borrador de tesis del Bachiller Richard Adnán Montagne Velásquez
Fecha: 10-10-2018

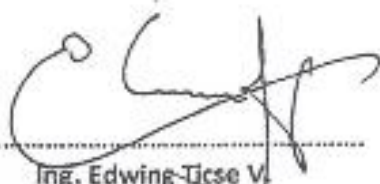
Mediante la presente manifiesto que se ha revisado el Borrador de Tesis del Sr. Richard Adnán Montagne Velásquez titulado:

Desarrollo de un software para demostrar la rentabilidad económica y ambiental por el uso del hidrógeno en motores Otto y Diésel

Se han realizado las observaciones en el ejemplar del alumno que se adjunta

Agradeciendo la atención prestada a la presente, le expreso a usted mis sentimientos de estima personal.

Atentamente



Ing. Edwing Ticse V.
Código 1341

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 01 de Octubre de 2018

Señor Doctor
Hugo Tejada Pradell
Director de la Escuela de Postgrado de la Universidad Católica de Santa María
Ciudad.-

De mi consideración:

Dictamen sobre el Borrador de Tesis de Maestría titulado "DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA DEMOSTRAR LA RENTABILIDAD ECONÓMICA Y AMBIENTAL POR EL USO DEL HIDRÓGENO EN MOTORES OTTO Y DIÉSEL" presentado por el Bachiller MONTAGNE VELÁSQUEZ, Richard Adnan, con el que pretende optar el grado académico de MAESTRO EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO.

Al respecto el dictamen es:


APROBADO CON OBSERVACIONES:

Siendo las siguientes:

1. Uniformizar tamaño y tipo de letra.
2. Los formatos utilizados pueden ser de mayor tamaño que el A4, conservando las disposiciones del reglamento de grados y títulos y el formato APA.
3. En las gráficas utilizar color si este se ajusta a normativas.
4. Aportes sobre caracterización y gestión ambiental respecto al tema propuesto en términos de impacto ambiental y mitigación.

Es todo lo que tengo que informar.

Atentamente,



Dr. Ing. Rolando M. Valencia Becerra
COD. 1780



DICTAMEN DE PROYECTO DE TESIS

A: Dr. José Villanueva Salas
Director de la Escuela de Postgrado

De: Doctor Abraham A. Pacheco Oviedo
Miembro del Jurado Dictaminador.

Asunto: Dictamen del Proyecto de Tesis: *DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA DEMOSTRAR LA RENTABILIDAD ECONOMICA Y AMBIENTAL POR EL USO DEL HIDROGENO EN MOTORES OTTO Y DIESEL*

Maestría: MONTAGNE VELASQUEZ, Richard Adnán

Fecha: Arequipa 25 de Octubre del 2018.

Visto el documento en mención y realizadas observaciones, teniendo conocimiento de su levantamiento, soy de la opinión que se pase a la siguiente etapa, salvo mejor parecer.



Ing. Abraham A. Pacheco Oviedo
DNI: 29278441
Código: 1842

DEDICATORIA

A mi hermosa madre que en todo momento me ayudo en la base de mi formación personal y profesional, quien supo guiarme por el camino correcto, e hizo de mí una persona de bien.

A mi amada esposa, por su amor, paciencia y confianza que puso en mí, para poder cumplir uno de mis objetivos anhelados, y su constante apoyo y aliento.

A mi hermano y hermana, que fueron la base de mi inspiración y educación para ser ingeniero y cumplir con la sociedad en hacer un mundo mejor.

INTRODUCCIÓN

Se ha observado a lo largo de la evolución humana, la capacidad y desarrollo para proponer el uso de recursos energéticos. No obstante este medio de energía y su desarrollo se vieron involucrados con la política entre países que subsisten gran parte de su economía gracias al petróleo y sus derivados que viene siendo la principal fuente de energía actual, no obstante este no dispone de una fuente ilimitada, por lo que ahora en la actualidad, se busca recursos energéticos renovables y limpios en los que el principal objetivo es la de conservar el medio ambiente y sea rentable.

Este proyecto busca incentivar y concientizar a futuras generaciones sobre el uso del hidrogeno en la mecánica automotriz. Los especialistas en economía sostuvieron la teoría que este tipo de combustible no saldría al mercado, si no se soluciona como implantar este tipo de combustible al medio de transporte.

La demanda actual por energía, crece con un ritmo alarmante, fundamentalmente con reservas de combustibles fósiles, lo que a medida que pase el tiempo este disminuirá progresivamente y su uso dañara en gran parte al ecosistema que hoy en día disfrutamos.

Otro problema con los combustibles fósiles derivados del petróleo, es que el suministro de crudo viene siendo influenciado por aspectos políticos, sociales, y económicos, por lo que se deduce que la dependencia de este combustible no proviene de un solo gobierno.

RESUMEN

Desarrollo de un software para demostrar la rentabilidad económica y ambiental del hidrogeno en motores Otto y Diésel y estimar la reducción de emisiones contaminantes producidos por el uso netamente del combustible fósil se hizo con una programación de Visual Basic en Excel, tomando de referencia una base datos, parámetros y fórmulas de investigaciones que fueron hechas a través del tiempo, este software fue hecho para quienes muestren interés en los sistemas híbridos de combustible fósil e hidrogeno y así reducir el uso y las emisiones contaminantes que provoca el combustible fósil en vehículos de motor Otto y Diésel. Para el uso del software se necesitara el ingreso de datos de la placa y datos básicos del uso del vehículo como es la distancia recorrida del vehículo, cantidad de galones que se utilizó, el costo del combustible y el tiempo que se necesitó para recorrer dichos kilómetros, los mismos que al finalizar la aplicación mostrara los resultados sobre la rentabilidad económica y ambiental en una hoja de Excel.

Palabras clave: Hidrogeno, contaminación, software, rentabilidad.

ABSTRACT

Development of a software to demonstrate the economic and environmental profitability of hydrogen in Otto and Diesel engines and estimate the reduction of polluting emissions produced by the use of fossil fuels was done with Visual Basic programming in Excel, taking as reference a database , parameters and formulas of research that were made over time, this software was made for those who show interest in the hybrid systems of fossil fuel and hydrogen and thus reduce the use and pollutant emissions caused by fossil fuel in Otto and Diesel motor vehicles. For the use of the software, it will be necessary to enter data of the plate and basic data on the use of the vehicle, such as the distance traveled from the vehicle, the number of gallons used, the cost of fuel and the time needed to travel said kilometers. , the same ones that at the end of the application will show the results on economic and environmental profitability in an Excel sheet.

Keywords: Hydrogen, contamination, software, profitability.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
INTRODUCCIÓN	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPITULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. Descripción del problema	2
1.1.1. Situación energética mundial	2
1.1.2. Contaminación ambiental por el uso de combustible fósil.....	4
1.1.3. Emisiones de CO ₂	10
1.2. Justificación del problema	12
1.3. Objetivos de la investigación	13
1.3.1. Objetivo General	13
1.3.2. Objetivo Secundario	13
1.4. Hipótesis del proyecto.....	13
1.5. Cuadro de Variables.....	14
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	15
2. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes de la investigación	16
2.2. Sustento teórico.....	19
2.2.1. Hidrogeno	19
2.2.2. Ambiente y contaminación en el mundo.....	30
2.2.3. Sustancias de los gases de escape	35
CAPITULO III DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN	39
3. DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN.....	40
3.1. Tipo y diseño de investigación	40
3.2. Técnicas e instrumentos para recolectar información.....	40
3.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	41
CAPITULO IV RESULTADOS	42
4. RESULTADOS.....	43
4.1. Resultados del software	43
4.2. Procesamiento de datos en el resultado	49
4.3. Rentabilidad Económica	51

4.4. Rentabilidad Ambiental	52
CAPITULO V ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	53
5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	54
5.1. Análisis de los resultados.....	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
ANEXOS	66



ÍNDICE DE TABLAS

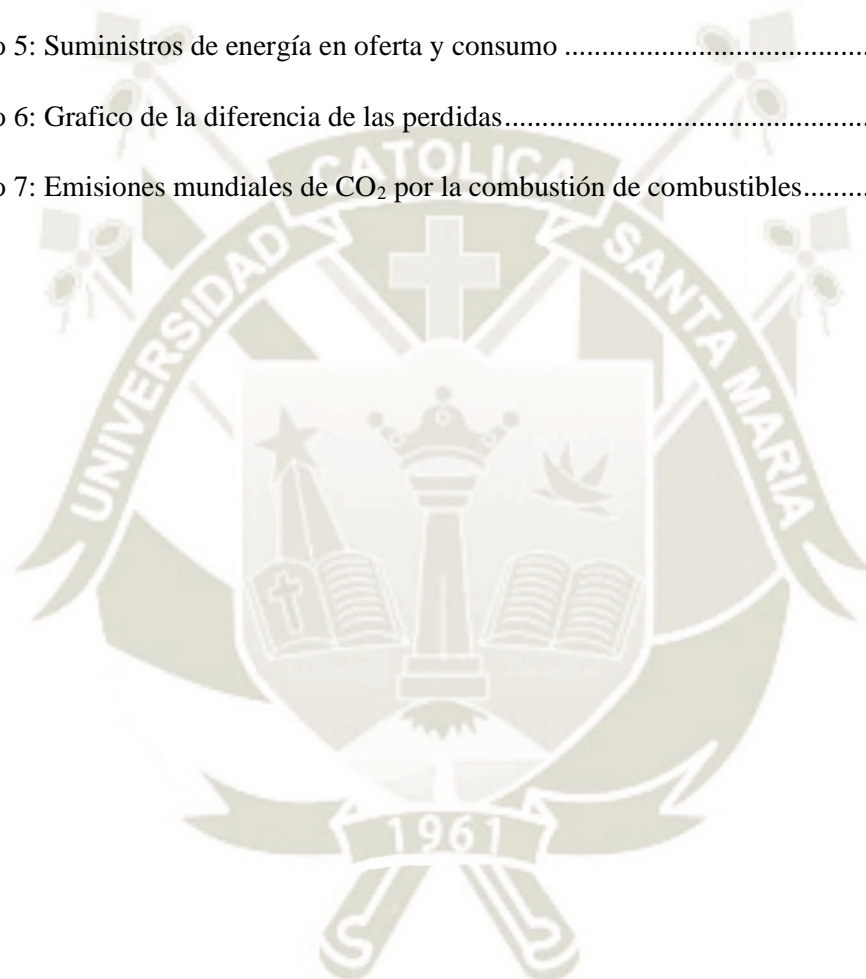
Tabla 1: Suministro total de energía primaria por combustible 2014	3
Tabla 2: Cuadro de variables Elaboración: Propia.....	14
Tabla 3: Comparación de la densidad de energía de varios combustibles	28
Tabla 4: Temperaturas de autoencendido	29
Tabla 5: Punto de inflamación de algunos combustibles	29
Tabla 6: Emisiones mundiales de CO ₂ por la combustión de combustibles.....	32
Tabla 7: Suministros de petróleo y gas natural en el Perú desde el 2004 al 2015	34
Tabla 8: Indicadores de tiempo	44
Tabla 9: Indicadores de configuración	45
Tabla 10: Indicadores de espesor de placa.....	45
Tabla 11: Indicadores de tipo de electrolito.....	46
Tabla 12: Tipo de materiales, electrolito, potencia, y referencia	46
Tabla 13: Resultados exportados en una plantilla de Excel	48
Tabla 14: Balance termodinámico para electrolisis a 1 atm.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Gases de efecto invernadero afectado por actividades humanas	9
Cuadro 2: Emisiones de CO ₂ en el mundo procedentes de combustibles fósiles	9
Cuadro 3: Información general del hidrogeno	19
Cuadro 4: Propiedades físicas del hidrogeno	21
Cuadro 5: Densidad del hidrogeno	23
Cuadro 6: Técnicas e instrumentación para recolectar información	40
Cuadro 7: Explicación del Primer Cuadro del software.....	49
Cuadro 8: Explicación del Segundo Cuadro del software.....	49
Cuadro 9: Explicación del Tercer Cuadro del software	49
Cuadro 10: Explicación del Cuadro 4 A del software.....	50
Cuadro 11: Explicación del Cuadro 4 B del software.....	50
Cuadro 12: Explicación del Cuadro de Resultados del software	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Suministro total de energía primaria por combustible 2014	2
Gráfico 2: Suministro mundial total de energía primaria 1971 – 2014 (Mtep).....	4
Gráfico 3: Emisiones mundiales de CO ₂ procedentes de la combustión de combustible a partir de 1971 a 2014 por el combustible.....	11
Gráfico 4: Emisiones de CO ₂	11
Gráfico 5: Suministros de energía en oferta y consumo	30
Gráfico 6: Grafico de la diferencia de las perdidas.....	31
Gráfico 7: Emisiones mundiales de CO ₂ por la combustión de combustibles.....	32



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de la lluvia acida Fuente: (Gámez Franco, 2010)	7
Figura 2: Efecto invernadero Fuente: (Gámez Franco, 2010).....	10
Figura 3: Relación de expansión del hidrogeno de líquido a gas	23
Figura 4: Estado de la energía química.....	25
Figura 5: Derivados del petróleo	31
Figura 6: Componentes de los gases de escape del Motor Otto.....	33
Figura 7: Componentes de los gases de escape del Motor Diesel.....	33
Figura 8: Primer cuadro del software, elección entre Motor Otto y Motor Diésel.....	43
Figura 9: Segundo cuadro del software, información básica del vehículo	43
Figura 10: Tercer cuadro del software, eleccion de tipo del generador de hidrogeno	44
Figura 11: Cuadro 4 A, datos del generador de hidrogeno – placas.....	45
Figura 12: Cuadro 4 B, datos del generador de hidrogeno – varillas	47



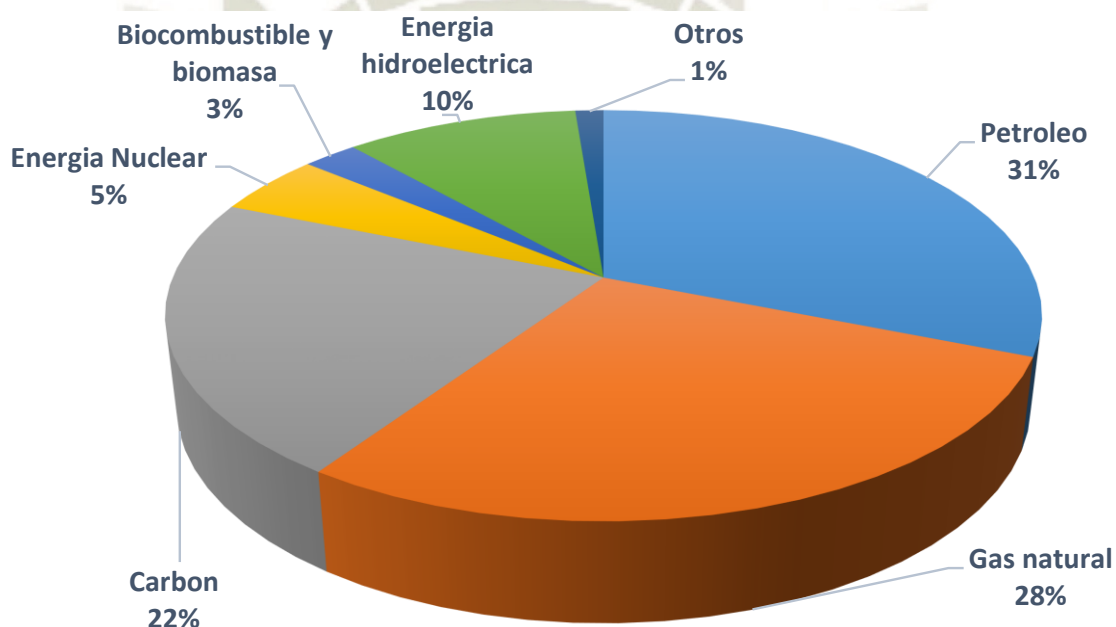
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

1.1.1. Situación energética mundial

En el 2014 la demanda del suministro de energía fue de 273.9 mbep/d, del cual 85.1 mbep/d es petróleo, 77.7 mbep/d es carbón, 59.6 mbep/d es gas natural, 13.2 mbep/d es nuclear, 6.6 mbep/d es hidroeléctrico, 28.2 es biomasa, 3.4 otras energías renovables¹.

Gráfico 1: Suministro total de energía primaria por combustible 2014



Fuente: (Ban, Arellano, Alawami, Aguilera, & Tallett, 2016)
Elaboración: Propia

Lo que anualmente produce es de 99,937 mbep, del cual el 31.08% corresponde al petróleo, el 28.38% al carbón, el 21.77% al gas natural, el 4.82% a la energía nuclear, el 2.41% a la hidroeléctrica, y 1.24% a otras energías renovables.

¹ Datos extraídos del Anexo 01

Dado a que el consumo energético se ha triplicado en los últimos 60 años, y hasta el momento esto sigue siendo exponencial, se buscara fuentes de recursos renovables e ilimitados, como es el caso de los sistemas fotovoltaicos, eólicos, hidroeléctricas, bioquímicos, biomasa, y entre muchos otros.

Tabla 1: Suministro total de energía primaria por combustible 2014

ITEM	Cantidad mbep/d	Porcentaje
Petroleo	85.1	31.08%
Carbon	77.7	28.38%
Gas natural	59.6	21.77%
Energia Nuclear	13.2	4.82%
Biocombustible y biomasa	6.6	2.41%
Energia hidroelectrica	28.2	10.30%
Otros	3.4	1.24%
TOTAL	273.8	100.00%

Fuente: (Lichtblau, 1985)

Elaboración: Propia

Para el 2040 el consumo total podría ser de 382.1 mbep/d según la WOO 2016, para la cual hasta ese entonces la demanda del petróleo será de 99.8 mbep/d².

El incremento de la demanda de combustible aumenta porcentualmente cada año, el sistema energético está empezando a considerar a las fuentes energéticas renovables por encima de los combustibles fósiles, por los riesgos que estos están provocando en nuestro planeta, como es el calentamiento global y efecto invernadero los cuales son los principales problemas.

Esta cifra es muy comparable a lo que en la Key World Stadistic 2016 se muestra, para convertir el Mtep a Mbep, se utilizara el Anexo 04, tabla de conversiones, para lo cual el Mbep equivale a 0.13708 Mtep.

² Datos extraídos del Anexo 01

1.1.2. Contaminación ambiental por el uso de combustible fósil

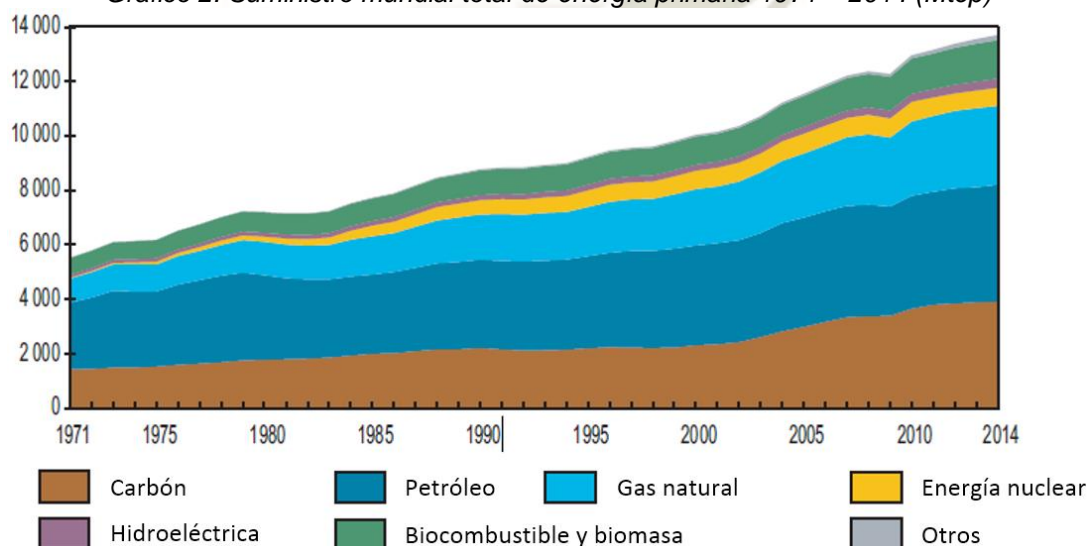
Los combustibles fósiles son utilizados para diversos fines, pero desde su extracción, elaboración, transporte y combustión es la causa principal de los diferentes cambios climáticos que se demuestran en todo el mundo.

La utilización de los derivados del petróleo en el medio automotriz, tales como la gasolina, diésel, provoca el calentamiento global, efecto invernadero, ceniza, lluvia acida, y otros que traen efectos sobre la salud y el aumento de la concentración atmosférica de gases tóxicos, como son el CO₂, CO, NO_x, N, etc.

La cantidad de gases emitidos por el petróleo, gas natural y carbón, constituye 81.23% del total de emisiones según la Key World Statistic 2016, su incremento se debe a la demanda que tiene en el mercado, ya que cada año aumenta fábricas, autos, productos secundarios a base de combustible fósil, etc.

Las emisiones de millones de toneladas de contaminantes producidos por la combustión de este combustible cada año sigue aumentando según su demanda, mostrado en el siguiente gráfico.

Gráfico 2: Suministro mundial total de energía primaria 1971 – 2014 (Mtep)



Fuente: (International Energy Agency, 2016)

De 1750 que era 280 ppm hasta el 2005 que fue 379 ppm, se estima que dos tercios de las emisiones provienen de la quema de combustibles, mientras que un tercio proviene de la deforestación, utilización del suelo, entre otros. En octubre del 2016, el nivel se sitúa en torno a 402.31 partes de CO₂ ppm (Solomon et al., 2007).

Y según los expertos, esto se podría evitar por la utilización de combustibles fósiles en los medios de transporte e industrias, este medio energético limpio y renovable podría frenar el alza de la temperatura en 2°C (Solomon et al., 2007).

Para evitar efectos desastrosos a causa del cambio climático, los expertos recomiendan en su informe, reducir entre un 50 % y un 85 % las emisiones de gases contaminantes en el horizonte de 2050, para lo cual el combustible fósil no tendría que ser una opción al futuro, las energías renovables en los medios de transporte sería lo ideal en esta transformación (Solomon et al., 2007).

Más del 80% de la energía que consume el mundo depende de los combustibles fósiles, para reducir dichas proporciones de contaminantes en todo el mundo, no solo depende de los cambios voluntarios de los combustibles que aun usamos, sino que también de las políticas que están rigen, de la económica que afecta a cada país, y las consecuencias medioambientales que cada día se hacen más evidentes.

El problema del petróleo y sus derivados, no solo es el efecto invernadero, la lluvia acida, ceniza etc., sino que también se debe tener en cuenta los derrames de crudos o los efectos que puede tener sobre la salud y el aumento en la concentración atmosférica de los gases contaminantes que se producen por la combustión de estas fuentes energéticas.

Algunos de los problemas que ocasiona el uso de los combustibles fósiles son:

1.1.2.1. Lluvia ácida

La lluvia acida se produce cuando los combustibles fósiles son quemados, el azufre, el nitrógeno y el carbono desprendidos se combinan con el oxígeno del aire para formar óxidos: dióxido de azufre (SO_2), monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de carbono (CO_2), respectivamente, que a su vez reaccionan químicamente con el vapor de agua de la atmósfera, formando ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido nítrico (HNO_3) y ácido carbónico (H_2CO_3) (Gámez Franco, 2010: 17).

Ya que las precipitaciones de las lluvias acidas, pueden recorrer grandes distancias por vientos, lo cual es perjudicante para cualquier área verde y que además causa deterioros en el medio ambiente dado que su nivel de pH reside entre 5 a 3, ya que normalmente la lluvia ligeramente acida presenta 5.65 de pH. La acidificación de las aguas en los lagos, ríos y mares dificulta el desarrollo de la vida acuática en ellas, lo que aumenta en gran medida la mortalidad de peces. Y en el suelo produce un empobrecimiento en ciertos nutrientes esenciales y el denominado estrés en las plantas, que las hace más vulnerables a las plagas. La lluvia acida, por su carácter corrosivo también daña infraestructura, y pudiendo disolver edificaciones construidas con mármol o caliza.

La mortalidad de las especies marinas también depende de calidad del agua en el que viven, la acidificación de las aguas de los lagos, mares y ríos dificultan el desarrollo de la vida acuática. En donde también afecta en gran

medida es en la vegetación, produciendo daños en las zonas forestales y cultivos, a la vida en la naturaleza. Un efecto indirecto que resulta ser muy importante es que los protones (H^+) procedentes de la lluvia acida arrastran ciertos iones del suelo (cationes de hierro, calcio, aluminio, plomo, zinc, etc.) como consecuencia, se produce empobrecimiento en ciertos nutrientes esenciales y el denominado estrés en las plantas, que las hace más vulnerable a las plagas.

En un estudio actual, los efectos de la contaminación marítima, es provocada por la contaminación atmosférica, el CO_2 que absorbe el océano, provoca la acidez de este, tanto como la vida humana y la marítima se enfrentan a un desafío que compromete el ecosistema y biodiversidad.

Según Alexis Peña, los mares son como esponjas que absorben CO_2 , pero están llenando su capacidad, el pH que se obtuvo en 1970 era un promedio de 8.2, y en la actualidad es de 8.1, convirtiéndose en 46 años más acida, y que en un promedio para el 2100 se tendrá un pH de 7.9.

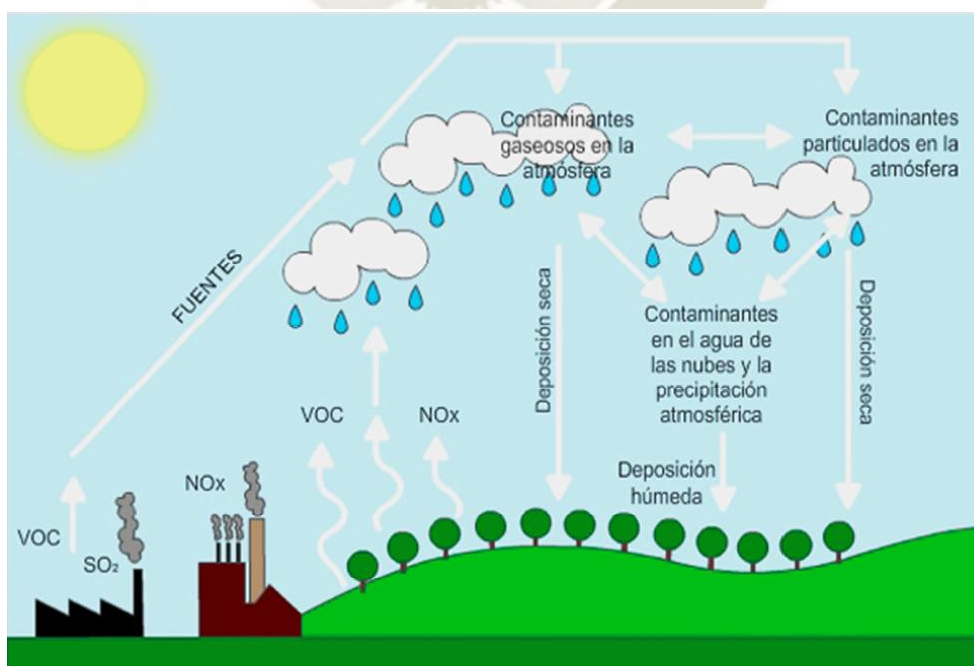


Figura 1: Ciclo de la lluvia acida
Fuente: (Gámez Franco, 2010)

La lluvia ácida por su carácter corrosivo, también afecta a construcciones y a las infraestructuras, llegando a disolver por ejemplo el carbonato de calcio (CaCO_3) y de esta manera afecta a los monumentos y edificaciones construidas de mármol o caliza.

Lo que en el momento se considera para reducir la emisión de los contaminantes precursores de este problema es según Gámez Franco; Reducir el nivel máximo de azufre en diferentes combustibles, introducir tecnologías para el control de las emisiones de óxidos en las industrias y establecer unos límites legales, impulsar el uso de energías alternativas en la industria y en el transporte, introducir el convertidor catalítico de tres vías, adición de un compuesto alcalino en lagos y ríos para neutralizar el pH (2010: 18).

1.1.2.2. Ceniza

La ceniza en su definición son partículas sólidas no quemadas esparcidas entre el suelo y aire cuando sale por el tubo de escape del vehículo en la combustión de combustibles fósiles. Actualmente hay normas que regulan la quema de los derivados del petróleo que emiten grandes cantidades de ceniza, las cuales afectan a casi todo organismo vivo alrededor y que los mismos producen problemas respiratorios.

Aunque el petróleo y el gas natural generan menos cenizas que el carbón, la contaminación que produce las cenizas emitidas del combustible de los automóviles pueden ser un problema en las ciudades que concentran gran cantidad de vehículos de gasolina y otros derivados del petróleo (Gámez Franco, 2010).

1.1.2.3. Efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero o gases invernadero, responsables del efecto descrito, son principalmente el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), los óxidos de nitrógeno (N₂O), el ozono (O₃) y los clorofluorocarbonos (CFCl₃) (Gámez Franco, 2010).

Estos gases han estado presentes en la atmósfera en cantidades muy reducidas durante la mayor parte de la historia de la Tierra, aunque a partir de la Revolución Industrial y debido principalmente al uso intensivo de los combustibles fósiles en las actividades industriales y el transporte, se han producido sensibles incrementos en las cantidades de estos gases emitidas a la atmósfera, con el agravante de que otras actividades humanas, como la deforestación, han limitado la capacidad regenerativa de la atmósfera para eliminar el dióxido de carbono, principal responsable del efecto invernadero. (Gamez Franco, 2010) Por tanto, es preciso diferenciar entre el efecto invernadero natural del originado por las actividades de los hombres. Todo esto, de acuerdo con la mayoría de la comunidad científica, está acentuado el efecto invernadero en la Tierra (Gámez Franco, 2010: 18).

Cuadro 1: Gases de efecto invernadero afectado por actividades humanas

DESCRIPCIÓN	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC-11	HFC-23	CF ₄
CONCENTRACIÓN PRE INDUSTRIAL	280 PPM ⁴	700 PPB	270 PPB	0	0	40 PPT
CONCENTRACIÓN EN 1998	365 PPM	1.745 PPB	314 PPB	268 PPT	14 PPT	80 PPT
PERMANENCIA EN LA ATMÓSFERA	DE 5 A 200 AÑOS	12 AÑOS	114 AÑOS	45 AÑOS	260 AÑOS	< 50.000 AÑOS

Fuente: (Gámez Franco, 2010)

Cuadro 2: Emisiones de CO₂ en el mundo procedentes de combustibles fósiles

DESCRIPCIÓN	1990	1995	2000	2005	2007	% CAMBIO 90-07
CO ₂ EN MILLONES DE TONELADAS	20.980	21.810	23.497	27.147	28.962	38,0%
POBLACIÓN MUNDIAL EN MILLONES	5.259	5.675	6.072	6.382	6.535	25,7%
CO ₂ POR CÁPITA EN TONELADAS	3,99	3,84	3,87	4,20	4,38	9,8%

Fuente: (Gámez Franco, 2010)

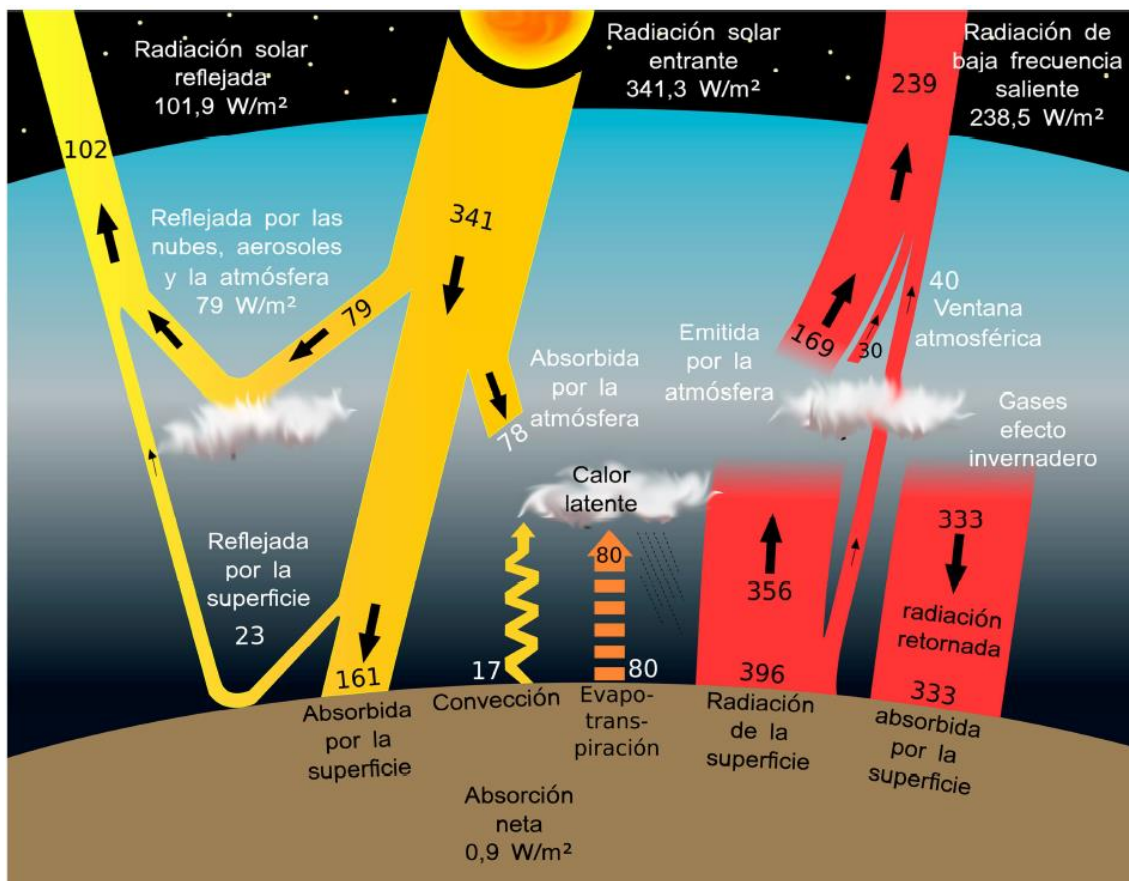


Figura 2: Efecto invernadero
Fuente: (Gómez Franco, 2010)

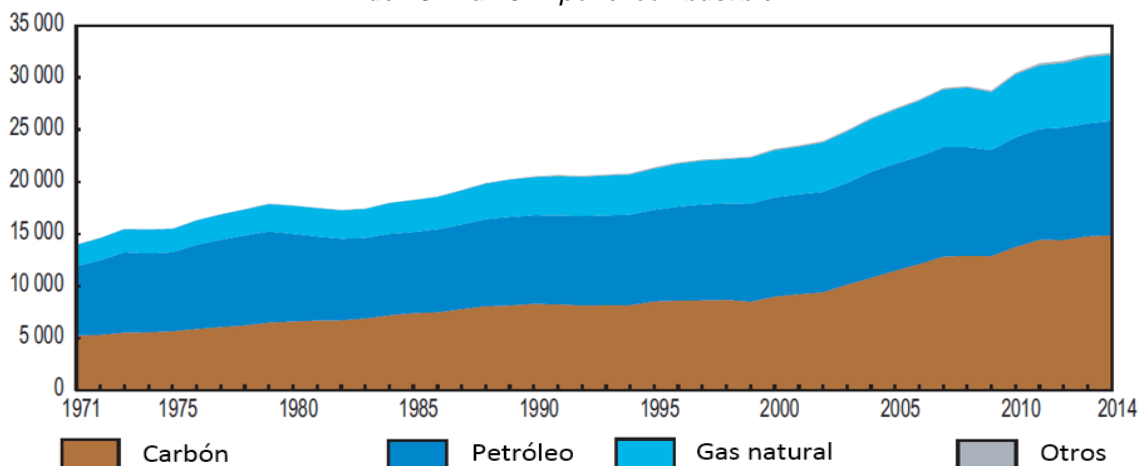
La concentración de CO₂ atmosférico se ha incrementado desde el año 1750 de un valor de 280 ppm a un valor de 379 ppm al 2005, y a agosto del 2018 a 406.99 ppm (McGee, 2018). Para este valor, el 45% permanece en la atmósfera, el 30% es absorbido por los océanos y el restante 25% pasa a la biosfera terrestre. Por lo que se deduce que no solo debemos preocuparnos por la atmósfera en la concentración de CO₂, sino que también por los océanos y la biosfera.

1.1.3. Emisiones de CO₂

En el sector energético, los gases de efecto invernadero son el resultado de la producción, transformación, manejo y consumo de medios energéticos,

tales como el combustible fósil, que se cree según expertos, que dos tercios del total de la contaminación pertenece a la quema de combustibles fósiles (Gámez Franco, 2010).

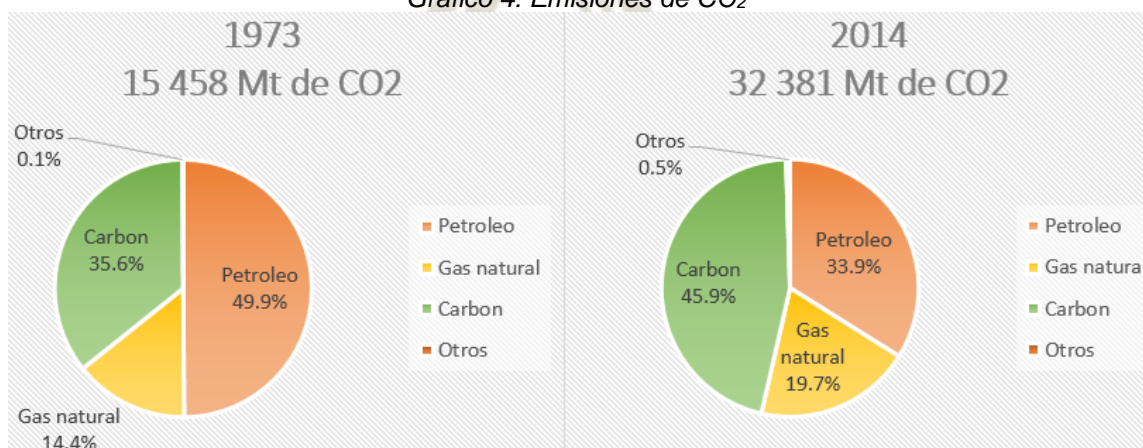
Gráfico 3: Emisiones mundiales de CO₂ procedentes de la combustión de combustible a partir de 1971 a 2014 por el combustible



Fuente: (International Energy Agency, 2016)

Los consumos cada año subieron por la creciente demanda del petróleo y sus derivados, sin considerar las consecuencias que estos traerían a largo plazo, su efecto sobre el medio ambiente provocara que necesitemos de un sustento de energía limpia y renovable, del cual el hidrogeno es el más óptimo para reemplazar los combustibles derivados del petróleo.

Gráfico 4: Emisiones de CO₂



Fuente: (International Energy Agency, 2016)

Elaboración: Propia

Desde 1973 hasta el 2014, muestra un incremento de 16,923 Mt de CO₂, por lo que en el 2014 se tuvo 10,977 Mt de CO₂ provenientes del Petróleo, 14,863 Mt de CO₂ provenientes del carbón, y 6,379 Mt de CO₂ provenientes del Gas Natural, y 162 Mt de CO₂ provenientes de otras fuentes.

El último objetivo de los gobiernos actuales es limitar el calentamiento global a un promedio de no más de 2°C relativamente a los niveles pre-industriales. Esto debe implicar la transformación del sector de la energía, ya que representa aproximadamente dos terceras partes de todas las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero.

1.2. Justificación del problema

El mundo busca reducir las emisiones de gases contaminantes producidas por el uso de combustible fósil que hoy en día utilizamos como energía en el medio de transporte, industria, y otros procesos. Por tal motivo este proyecto recopilará datos de distintas fuentes que involucren al hidrogeno como energía, y en un análisis de datos recopilados, se hará un formulario para demostrar la rentabilidad económica y ambiental.

La industria automotriz se somete continuamente a procesos de renovación y diseños de construcción en sus motores, con el propósito que este consuma menos en todos sus ámbitos y sea más rentable, eficiente, y menos contaminante, este proyecto con la intención de mejorar todos estos aspectos plantea el consumo de un combustible renovable, limpio y no toxico, que es el hidrogeno. Que a pesar de que tuvo muchos inconvenientes para su utilización, este resultado ser muy beneficioso para cualquier tipo de motor.

En la actualidad, al tomar decisiones intuitivamente se corre el riesgo de afectar la económica financiera de una empresa, por lo que se hace necesario la actualización de información real y concisa, para que estas puedan ser elegidas según su conveniencia. Este es el caso para el uso de un software que requiere actualizaciones en condiciones reales que permitan analizar su rentabilidad en el mercado energético que hoy requiere.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un software que demuestre la rentabilidad económica y ambiental del hidrogeno en motores Otto y Diésel.

1.3.2. Objetivo Secundario

Estimar la reducción de contaminantes producidos por el combustible fósil contra el hidrogeno.

Proporcionar un software que permita a futuros investigadores analizar la rentabilidad de sus proyectos relacionados con el hidrogeno.

1.4. Hipótesis del proyecto

Dado a que el hidrogeno es el medio perfecto como uso alternativo de combustible por sus propiedades físicas y químicas, así mismo su combustión no emite gases que contaminan el medio ambiente por ser renovable y limpio.

Es probable que con el desarrollo de un software enfocado al uso del hidrogeno en los motores Otto y Diésel pueda mejorar la rentabilidad económica y ambiental.

1.5. Cuadro de Variables

VARIABLES	TIPOS DE VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDAD	INDICADORES	HERRAMIENTAS	DESCRIPCION CONCEPTUAL	DESCRIPCION OPERATIVA
Software	Independiente	Soles	Inversion	Bienes, activos, materiales.	Es la accion y el efecto de invertir dinero para poner en marcha el proyecto	Bienes, activos, materiales, y energia utilizada a traves del tiempo para el desarrollo del software
	Independiente	Soles	Costos	Proyeccion de los costos	El costo es el gasto economico que representa la fabricacion del software y la implementacion del mismo	Valores economicos durante la inciaion, tiempo del proyecto en marcha, hasta su finalizacion.
	Independiente	Unidad/motor	Demanda	Estadisticas de investigaciones, proyecciones del mercado	Cantidad y calidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos a los diferentes precios que propone el mercado por un consumidor o por un conjunto de consumidores en un momento determinado.	Ley de la demanda, a mayor precio, menor demanda y a menor precio, mayor demanda
	Independiente	Soles	Financiamiento	Propio	Es el conjunto de recursos monetarios financieros para llevar a cabo una actividad económica, con la característica de que generalmente se trata de sumas tomadas a préstamo que complementan los recursos propios	Ley de la demanda, a mayor precio, menor demanda y a menor precio, mayor demanda
Rentabilidad	Dependiente	Soles	Reduccion en contaminacion	Volumetria, gravimetria, fotometria infrarroja (analizador de CO), espectrofotometria (SO ₂), Quimioluminiscencia (NO _x).	Es el indice que mide la reduccion de contaminacion según sus ppm en un determinado volumen o area.	Determinacion de la tasa de variacion según su valor promedio en la determinacion de medida que produce tales combustibles
			Aumento en la economia de la empresa	Flujo de caja	Es un índice que mide la relación entre utilidades o beneficios, y la inversión o los recursos que se utilizaron para obtenerlos	Determinación la tasa de variación o crecimiento que ha tenido el monto inicial (inversión), al convertirse en el monto final (utilidades).

Tabla 2: Cuadro de variables
Elaboración: Propia



2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Básicamente todos los experimentos conocidos sobre el rompimiento de la molécula de agua fueron realizados por el autodidacta Ingles, físico experimental Michael Faraday (1791 – 1867), a quien se le considera fundador del electromagnetismo y la electroquímica, de los cuales muchos de sus experimentos fueron a partir de la tecnología que se centraron en los usos diversos de la electricidad. Quien también Investigo, Desarrollo, Mejoro, y Genero el término “electrolisis”.

Henry Cavendish, Martinus Van Marum, y Antonie Lavoisier, quienes también por accidente y quien también es conocido por descubrir y analizar el hidrogeno y la composición del agua, sobre todo el “aire inflamable” (hidrogeno) y aire estable (dióxido de carbono).

Estos fueron algunos de los precursores que aportaron mucho de lo que uso Faraday para sus hipótesis y posteriores teorías. Por lo que en sus investigaciones muestra resultados con muy pocas palabras y en un formato muy científico, lo que su primera ley decía: la cantidad de Hidrogeno que se obtenía es proporcional a la cantidad de corriente que fluye por el electrolito. Lo que en sus resultados muestra una producción de gas proporcional al flujo de corriente que pasa al agua que se va a romper.

Se demostró que el voltaje optimo entre las dos placas de electodos es de 1.24 volt., lo cual se sigue tomando en consideración para futuras bases de cálculos y diseños de los generadores de hidrogeno en la actualidad, lo cual es explicado a gran detalle. Por tal motivo, se piensa que lo restante que de 15 o 12 voltios, es para calentar el agua, lo que usualmente ocurre.

En el año 1860 Jean Joseph Etienne Lenoir construyó el primer carro que producía su propio combustible de hidrógeno, gracias al proceso de la electrolisis y una batería, su invento no tuvo impacto en el mercado, dado a que requería costos muy altos y producía muy poca cantidad.

Hasta 1890, hubo muchos experimentos, pero todos ellos eran muy caros para su mantenimiento y su implementación. Todos estos experimentos estaban basados en electricidad, la cual en ese entonces era exclusiva.

El primer patente relacionada con la generación de hidrógeno y oxígeno para uso vehicular data del 9 de abril de 1918 creador por el inventor Charles H. Frazer de Columbus Ohio, el invento fue denominado “Booster de Hidrógeno” o “generadores de hidro-oxígeno”, en el cual se menciona la ausencia de carbones que se adhiere en las partes metálicas de la cámara de combustión y por tanto permanecía limpia tal cámara, era de uso exclusivo para motores de combustión interna.

En 1922 Yull Brown reconocido profesor que desempeñó como Ingeniero Eléctrico, inventor, y profesor universitario, también conocido como Gas de Brown, que implicaba un método muy eficiente para lograr la electrolisis del agua y su uso de la mezcla resultante de oxígeno e hidrógeno. Indicaba en su método que el gas obtenido, se podía reducir la radioactividad de muchos materiales. Uno de sus mayores usos fue el de la soldadura autógena de agua y gas de Brown (en reemplazo del acetileno) y oxígeno, del cual se ha derivado muchos de los logros y experimentos de muchas personas al pasar del tiempo.

En 1962 William A. Rhodes de USA en Arizona, es el primer inventor que se conoce que patentó un aparato de electrolisis, que producía gas que ahora llamamos el Gas de Brown. Del cual Charles T. Weber patentó en 1982 un

“Aparato para la generación de un combustible gaseoso para motores de combustión interna” del cual, hasta la actualidad, este nombre perduro en el tiempo para dichos experimentos posteriores a base de la electrolisis en los motores de combustión interna.

Todas estas patentes y experimentos, fueron respaldados por ensayos realizados en universidades, institutos y laboratorios de EE.UU., Europa, Asia, y en muchos otros países, donde las empresas productoras de motores de combustión interna y de propulsión para aviones mostraron interés.



2.2. Sustento teórico

2.2.1. Hidrogeno

El termino hidrogeno proviene del francés Hydrogène, que su vez proviene del latín hydrogenium, el átomo de hidrogeno se representa en la tabla periódica como (H), siendo el elemento de mayor abundancia en el universo, no toxico, y por sus propiedades físicas y químicas, es el combustible ideal para todo tipo de motor.

Cuadro 3: Información general del hidrogeno

PROPIEDADES ATÓMICAS		PROPIEDADES FÍSICAS	
MASA ATÓMICA	1,00797 Da	ESTADO	GASEOSO
	1,007825 Da (H ¹)	ESTRUCTURA CRISTALINA	HEXAGONAL
VOLUMEN ATÓMICO	14,4 cm ³ /MOL	COLOR	INCOLORO
RADIO ATÓMICO	0,79 Å	VOLUMEN ATÓMICO	14,24 cm ³ /MOL
RADIO MEDIO	25 PM	DENSIDAD	0,08988 KG/M ³
RADIO COVALENTE	0,32 Å	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	0,1815 W/(M·K)
RADIO DE VAN DER WAALS	120 PM	CALOR ESPECÍFICO	14304 J/KG·K
RADIO IÓNICO	2,08 o 154 PM	PUNTO DE FUSIÓN	14,025 K
NÚMERO DE OXIDACIÓN (ÓXIDO)	1 (ANFÓTERO)	ENTALPÍA DE FUSIÓN	0,05868 KJ/MOL
POTENCIAL 1º DE IONIZACIÓN (eV)	13,65	PUNTO DE EBULLICIÓN	20.268 K
ELECTRONEGATIVIDAD	2,1 (PAULING)	ENTALPÍA DE VAPORACIÓN	0,44936 KJ/MOL
POTENCIAL DE IONIZACIÓN	1.312 KJ/MOL	PRESIÓN DE VAPOR	209 Pa a 23 K
AFINIDAD ELECTRÓNICA	73 KJ/MOL	VELOCIDAD DEL SONIDO	1270 M/s

VALORES EN EL SI (SISTEMA INTERNACIONAL) Y EN CONDICIONES NORMALES (0°C Y 1 ATM), SALVO QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

Fuente: (Gámez Franco, 2010)

Entre las principales ventajas que representa el empleo del hidrogeno como fuente de energía, son:

- Reservas ilimitadas.
- No generan cantidades netas de gases de efecto invernadero ni de otro tipo de contaminantes.

Cabe resaltar que las cantidades de hidrogeno en el universo son cuantiosas, y sus métodos de obtención que actualmente existen provienen de diferentes fuentes.

2.2.1.1. Propiedades Físicas

El hidrogeno es el segundo elemento de la tabla periódica que dispone de los puntos de ebullición y de fusión más bajos, después del helio.

Se encontrará en estado líquido por debajo de su punto de ebullición, a 252.77°C Y se encontrará en estado sólido por debajo de su punto de fusión a 259.2°C y presión atmosférica (Gámez Franco, 2010: 39).

Dichas temperaturas son extremadamente bajas al punto de ser criogénicas cuando estas se encuentren por debajo de -73°C , con los que todos los líquidos a estas temperaturas se denominan criogénicos.

El punto de ebullición de un combustible es un parámetro crítico, ya que define la temperatura a la cual debe ser enfriado para ser almacenado y poderlo utilizar en su estado líquido. Los combustibles que se encuentran en este estado líquido ocuparan menos espacio para su almacenamiento que los combustibles gaseosos, además de ser más fáciles de transportar.

El hidrógeno reacciona con oxígeno para formar agua y esta reacción es extraordinariamente lenta a temperatura ambiente; pero si la acelera un catalizador, como el platino, o una chispa eléctrica, se realiza con violencia explosiva

El hidrógeno es constituyente de un número muy grande de compuestos que contienen uno o más de otros elementos. Esos compuestos incluyen el agua, los ácidos, las bases, la mayor parte de los compuestos

orgánicos y muchos minerales. Los compuestos en los cuales el hidrógeno se combina sólo con otro elemento se denominan generalmente hidruros.

Preparación: Se pueden aplicar muy diversos métodos para preparar hidrógeno gaseoso. La elección del método depende de factores como la cantidad de hidrógeno deseada, la pureza requerida y la disponibilidad y costo de la materia prima. Entre los procesos que más se emplean están las reacciones de metales con agua o con ácidos, la electrólisis del agua, la reacción de vapor con hidrocarburos u otros materiales orgánicos, y la descomposición térmica de hidrocarburos.

Cuadro 4: Propiedades físicas del hidrogeno

Propiedades físicas	
Estado ordinario	Gas
Densidad	0.0899 kg/m ³
Punto de fusión	14.025 K (-259 °C)
Punto de ebullición	20.268 K (-253 °C)
Punto de inflamabilidad	255 K (-18 °C)
Entalpía de vaporización	0.8985 kJ/mol
Entalpía de fusión	0.1190 kJ/mol
Presión de vapor	209 Pa a 23 K
Punto crítico	23.97 K (-249 °C)
	1,293x10 ⁶ Pa
Volumen molar	22,42x10 ⁻³ m ³ /mol

Fuente: (Climate-Data, n.d.)

2.2.1.2. OLOR, COLOR Y GUSTO

El hidrógeno puro es inodoro, no tiene color y es insípido. Si se produjese un escape de hidrógeno, éste resultaría casi invisible en la luz del día (Gámez Franco, 2010: 39).

El hidrógeno obtenido a partir de otros combustibles fósiles viene acompañado generalmente por nitrógeno, dióxido de carbono (CO₂), monóxido

de carbono (CO) y otros gases, la mayoría de los cuales son también inodoros, descoloridos e insípidos (Gámez Franco, 2010: 39).

No obstante, existen métodos para detectar fugas y llamas de hidrógeno, así como para dotarlo de un olor que nos permita la detección de fugas de manera olfativa (Gámez Franco, 2010: 39).

2.2.1.3. TOXICIDAD

El hidrógeno en si no resulta tóxico, pero puede actuar como asfixiante ya que desplaza el oxígeno que se encuentra en el aire (Gámez Franco, 2010: 39).

Los niveles de oxígeno por debajo del 19,5% resultan insuficientes para los seres humanos. Los efectos de la deficiencia de oxígeno pueden incluir la hiperventilación, una disminución de las capacidades mentales, coordinación muscular deteriorada, falta de juicio, depresión, inestabilidad emocional y fatiga (Gámez Franco, 2010: 40).

Es por eso que se debe tener precaución en caso de manipular hidrógeno en recintos pequeños y cerrados, ya que una fuga podría llegar a causar la muerte por asfixia, además de ser una mezcla inflamable, con los riesgos que comporta su inhalación (Gámez Franco, 2010: 40).

La mezcla del hidrogeno con otros gases contaminantes resulta perjudicial para el organismo que lo asimile, como puede ser el monóxido de carbono, nitrógeno, etc.

2.2.1.4. DENSIDAD

El hidrogeno dispone de una densidad a 1 atm (760 mm Hg), según el siguiente cuadro.

Cuadro 5: Densidad del hidrogeno

ITEM	T	Densidad	
	°C	g/cm ³	kg/m ³
Liquido	-253	0.07	70
Gas	0	0.0000899	0.0899

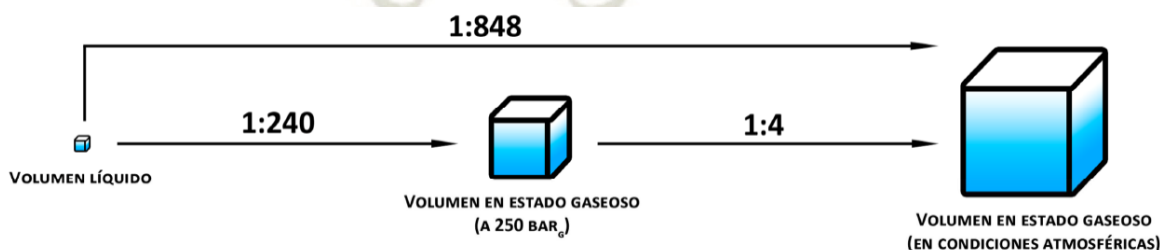
Elaboración: Propia

2.2.1.5. RELACIÓN DE EXPANSIÓN

Cuando el hidrogeno se almacena en estado líquido, este se evapora durante su expansión a condiciones atmosféricas, con un aumento correspondiente en su volumen, dado a que debe estar en -253°C para conservar su estado líquido (Gámez Franco, 2010: 40)

Su relación de expansión es de 1:848, lo que quiere decir es que el hidrogeno en su estado gaseoso en condiciones atmosféricas, ocupa 848 veces más que cuando se encuentra en estado líquido (Gámez Franco, 2010: 40).

Figura 3: Relación de expansión del hidrogeno de líquido a gas



Fuente: (Gámez Franco, 2010)

Nota: Volumen líquido a temperatura -253°C a condición atmosférica

2.2.1.6. FUGAS

Las moléculas del gas de hidrógeno son mucho más pequeñas que las del resto de gases, con lo que pueden difundirse a través de muchos materiales considerados herméticos o impermeables a otros gases. Esta característica hace del hidrógeno un elemento más difícil de contener que otros gases. Si se produce un escape de hidrógeno líquido, la fuga se evaporará muy rápidamente, ya que el punto de ebullición del hidrógeno es, como ya se ha dicho anteriormente, extremadamente bajo (Gámez Franco, 2010: 41)

Las fugas de hidrógeno son peligrosas, ya que con ellas existe el riesgo de que se produzca fuego al mezclarse con el aire. No obstante, el pequeño tamaño de la molécula que aumenta la probabilidad de que se produzca una fuga, también da lugar a que el hidrógeno que haya escapado del lugar donde estaba almacenado se diluya rápidamente, especialmente si nos encontramos al aire libre. Cuando el hidrógeno se utiliza como combustible, el hecho de que pueda producirse una fuga hace necesario prestar una especial atención en el diseño del sistema de carburante, para asegurarse de que cualquier fuga pueda dispersarse y diluirse de la forma más fácil posible (Gámez Franco, 2010: 41)

Ya que el sistema empleado será híbrido, de combustible fósil más el hidrógeno, las fugas posibles del sistema repercutirá siempre y cuando este confinado, mientras que lo normal sería expuesto al aire que circula por debajo del capó.

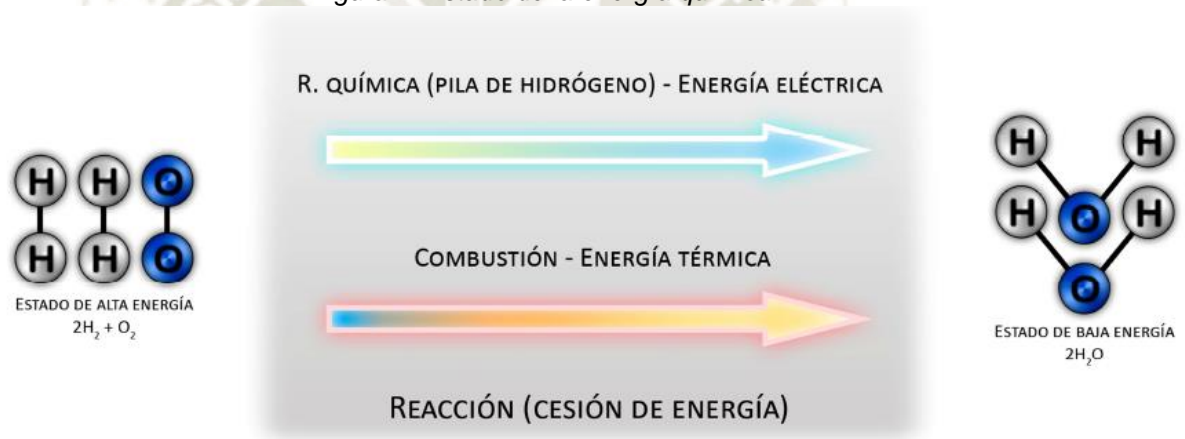
2.2.1.7. Propiedades químicas

La alta reactividad es una característica de todos los combustibles químicos. En cada caso, se produce una reacción química cuando las moléculas de combustible forman enlaces con el oxígeno que hay en el aire, de modo que al final, las moléculas que han reaccionado dispondrán de menor energía que cuando se encontraban en su estado inicial, sin reaccionar (Gámez Franco, 2010: 41).

Cuando las moléculas reaccionan, el cambio producido en el estado de su energía va acompañado de una cesión de energía que podremos utilizar para producir trabajo útil (Gámez Franco, 2010: 41).

Para que se produzca una reacción química de este tipo, será necesario un aporte de energía de activación, en el caso de una combustión, o el uso de catalizadores que faciliten la reacción, en el caso de las pilas de combustible. Una vez iniciada la reacción, obtendremos energía ya sea eléctrica o calorífica, que podrá ser aprovechada, y agua como producto de la reacción (Gámez Franco, 2010: 41).

Figura 4: Estado de la energía química



Fuente: (Gámez Franco, 2010)

Las reacciones químicas de este tipo, para que se produzcan es necesario a menudo una cierta cantidad de energía de activación.

Cuando se proporciona una pequeña cantidad de energía explosiva a una mezcla de hidrógeno y oxígeno, estas moléculas reaccionan de forma instantánea y rápidamente, lanzando una cantidad de calor considerable, y se obtiene por producto final agua.

La producción de agua mediante el proceso de combustión del hidrógeno con el oxígeno es reversible, es decir, que si disponemos de agua en

un estado de baja energía, y si aplicamos una pequeña cantidad de energía para separar las moléculas de hidrógeno y oxígeno, podremos obtener el principio en el que se basa la producción de hidrógeno a base de agua.

En términos de reducción de la contaminación, el hidrógeno se convierte en un combustible casi ideal, ya que no contiene elementos carbonosos o sulfurosos, con lo que no se producirá CO, CO₂, SO_x, NO_x ni hollín durante su combustión (Gámez Franco, 2010).

2.2.1.8. Energía

La energía de la combustión que se produce en la cámara de combustión, tiene dos factores, las cuales son el poder calorífico superior (PCS) y el poder calorífico inferior (PCI).

- **PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS):** Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de 1 kg de combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado y se contabiliza, por consiguiente, el calor desprendido en este cambio de fase. También es llamado poder calorífico neto (Gámez Franco, 2010: 42).
- **PODER CALORÍFICO INFERIOR (PCI):** Calor realmente aprovechable de la reacción de combustión (el producido sin aprovechar la energía de la condensación del agua y otros procesos de pequeña importancia) (Gámez Franco, 2010: 42)

En el caso del hidrógeno, éste dispone de un PCS de 141,86 kJ/g (a una temperatura de 25°C y una presión de 1 atm.); y de un PCI de 119,93 kJ/g (en las mismas condiciones anteriores) (Gámez Franco, 2010: 42).

El hidrógeno dispone de la relación peso – energía más alta que cualquier combustible, al ser el elemento más ligero y no disponer de ningún átomo de carbón pesado. Es por esta razón que el hidrógeno se ha utilizado extensivamente en los diferentes programas espaciales, donde el peso resulta un elemento crucial (Gámez Franco, 2010: 42).

La cantidad de energía liberada durante la combustión del hidrógeno, es cerca de 2,5 veces el calor producido en la combustión de los hidrocarburos más comunes (gasolina, diésel, metano, propano, etc.) (Gámez Franco, 2010: 42).

2.2.1.9. Densidad de la energía

La densidad de energía indica la cantidad de energía que hay en un cierto volumen de combustible y es el producto del contenido en energía (PCI) y de la densidad de un combustible determinado (Gámez Franco, 2010: 42).

La densidad de la energía del hidrógeno es bastante pobre (ya que este elemento dispone de una densidad muy baja), aunque su relación peso – energía es la mejor de todos los combustibles, precisamente al ser tan ligero. No obstante, para su uso en vehículos urbanos (coches, motos...), esto supone un problema, ya que se nos presenta el desafío de tener que desarrollar un conjunto depósito – combustible capaz de contener una buena densidad de energía sin tener un peso excesivo ni una escasa duración (Gámez Franco, 2010: 42).

La densidad de la energía de un combustible variará si éste se almacena como un líquido o como un gas y, en el caso de almacenarse en estado gaseoso, influirá también a qué presión se ha efectuado (Gámez Franco, 2010: 42).

Tabla 3: Comparación de la densidad de energía de varios combustibles

COMBUSTIBLE	DENSIDAD DE ENERGÍA (PCI)	ESTADO
HIDRÓGENO	10.050 kJ/M ³	GAS A 1 ATM Y 15 °C
	1.825.000 kJ/M ³	GAS A 200 BAR _G Y 15 °C
	4.500.000 kJ/M ³	GAS A 690 BAR _G Y 15 °C
	8.491.000 kJ/M ³	LÍQUIDO
METANO	32.560 kJ/M ³	GAS A 1 ATM Y 15 °C
	6.860.300 kJ/M ³	GAS A 200 BAR _G Y 15 °C
	20.920.400 kJ/M ³	LÍQUIDO
PROPANO	86.670 kJ/M ³	GAS A 1 ATM Y 15 °C
	23.488.400 kJ/M ³	LÍQUIDO
GASOLINA	31.150.000 kJ/M ³	LÍQUIDO
DIÉSEL	31.435.800 kJ/M ³	LÍQUIDO
METANOL	15.800.100 kJ/M ³	LÍQUIDO
ETANOL	21.100.000 kJ/M ³	LÍQUIDO

Fuente: (Gámez Franco, 2010)

2.2.1.10. Inflamabilidad

Son necesarios tres cosas para que se produzca fuego o alguna explosión: combustible, comburente y una fuente de ignición. Ejemplo, hidrogeno con oxígeno y una chispa respectivamente

Todos los combustibles se queman únicamente cuando se encuentran en estado gaseoso o de vapor, los cuales la gasolina, diésel, entre otros, se encuentran en estado líquido, por lo que primero tienen que ser evaporados para ser quemados, mientras que el hidrogeno o el metano ya se encuentran en estado gaseoso, por lo que resulta más fácil el proceso de combustión.

Tabla 4: Temperaturas de autoencendido

COMBUSTIBLE	TEMPERATURA DE AUTOENCENDIDO
HIDRÓGENO	585 °C
METANO	540 °C
PROPANO	490 °C
GASOLINA	DE 230 °C A 480 °C
DIÉSEL	DE 204,4 °C A 260 °C
METANOL	385 °C
ETANOL	428,8 °C

Fuente: (Gámez Franco, 2010)

La característica que describe la facilidad de evaporar los combustibles es su punto de inflamación o flashpoint y se define como la temperatura mínima a la cual el combustible desprende vapores inflamables suficientes a presión atmosférica, que arden al entrar en contacto con una fuente de ignición, pero sin propagarse la combustión a la masa líquida del combustible (Gámez Franco, 2010: 42).

El punto de inflamación es siempre más bajo que el punto de ebullición del combustible. Para los combustibles que se encuentren en estado gaseoso en condiciones atmosféricas, el punto de inflamación se encuentra muy por debajo de la temperatura ambiente y tiene poca importancia, puesto que el combustible ya se encuentra totalmente vaporizado (Gámez Franco, 2010: 42).

El punto de inflamación es el momento más propicio para el peligro de incendio de los combustibles líquidos y su conocimiento es de suma importancia (Gámez Franco, 2010: 42).

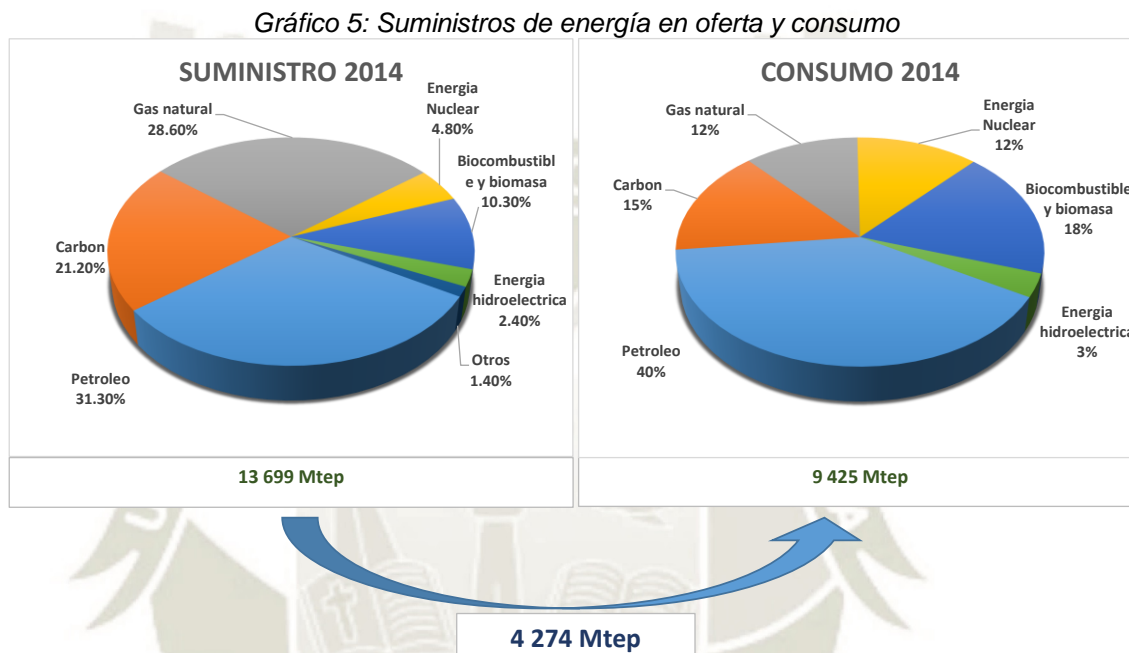
Tabla 5: Punto de inflamación de algunos combustibles

COMBUSTIBLE	PUNTO DE INFLAMACIÓN
HIDRÓGENO	< -253 °C
METANO	-188 °C
PROPANO	-104 °C
GASOLINA	-43 °C
DIÉSEL	ENTRE 52 °C Y 96 °C
METANOL	-11 °C
ETANOL	13 °C

Fuente: (Gámez Franco, 2010)

2.2.2. Ambiente y contaminación en el mundo

Las emisiones contaminantes provenientes de la combustión de combustibles fósiles en el mundo, tanto el suministro, consumo y pérdidas de generación en energía mundial produce contaminación, según la siguiente gráfica.



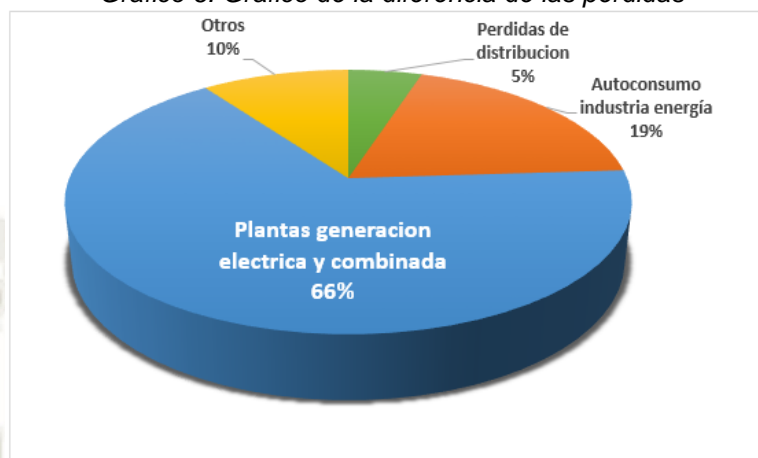
Fuente: (International Energy Agency, 2016)
Elaboración: Propia

El petróleo es la fuente primaria más consumida, la diferencia entre suministro y consumo es del 31% aproximadamente, dado a que las actividades de transformación consumen energía son por pérdidas de distribución 5%, autoconsumo industria energía 19%, plantas de generación eléctrica y combinada 66%, entre otros 10%, lo cual la suma de todos estos corresponde a 4274 Mtep.

Por otra parte el 31% aproximado que corresponde a 4274 Mtep que se desperdicia en la transformación de estos elementos, se descompone por el 5%

en pérdidas de distribución, el 19% en autoconsumo de la industria para producir energía, 66% en plantas de generación eléctrica y combinada, y el 10% en otros.

Gráfico 6: Grafico de la diferencia de las perdidas

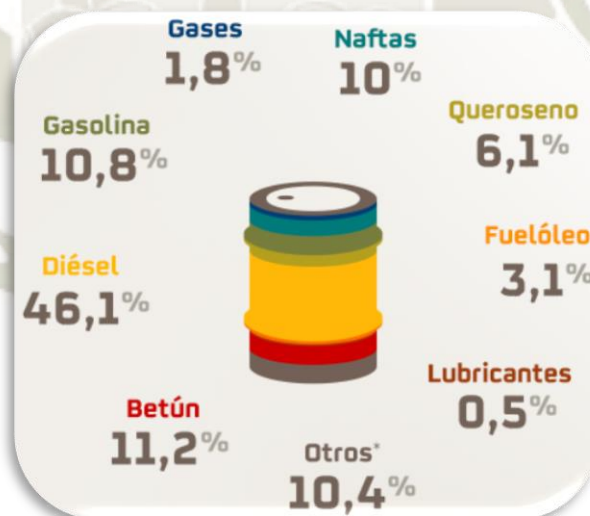


Fuente: (International Energy Agency, 2016)

Elaboración: Propia

No obstante, el petróleo se deriva en:

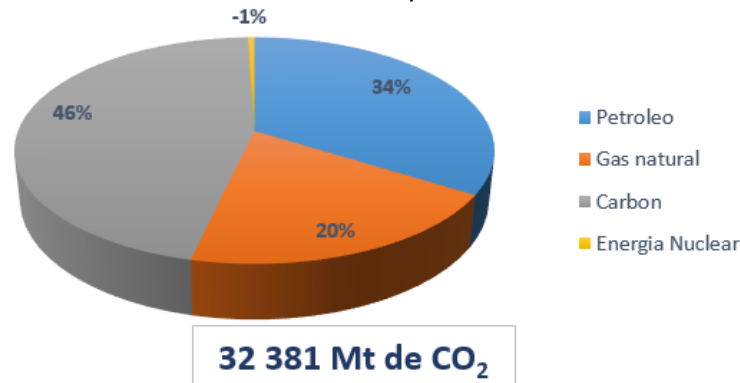
Figura 5: Derivados del petróleo



Fuente: (Shenawy, 2015)

Para lo cual este consumo del combustible emitió un total de 32381 Mt de CO₂, del cual el petróleo le corresponde 33.9%, al gas natural el 19.7%, al carbón el 45.9%, y otros el 0.5%.

Gráfico 7: Emisiones mundiales de CO₂ por la combustión de combustibles



Fuente: (International Energy Agency, 2016)

Elaboración: Propia

Las emisiones de CO₂ provocadas por los combustibles se focaliza en estos tres elementos, petróleo, gas natural, y carbón, del cual se obtuvo el 99.5% del total, según la siguiente gráfica.

Tabla 6: Emisiones mundiales de CO₂ por la combustión de combustibles

ITEM	Cantidad CO ₂ Mtep	Porcentaje
Petróleo	10977	33.90%
Gas natural	6379	19.70%
Carbon	14863	45.90%
Otros	162	0.50%
TOTAL	32381	100.00%

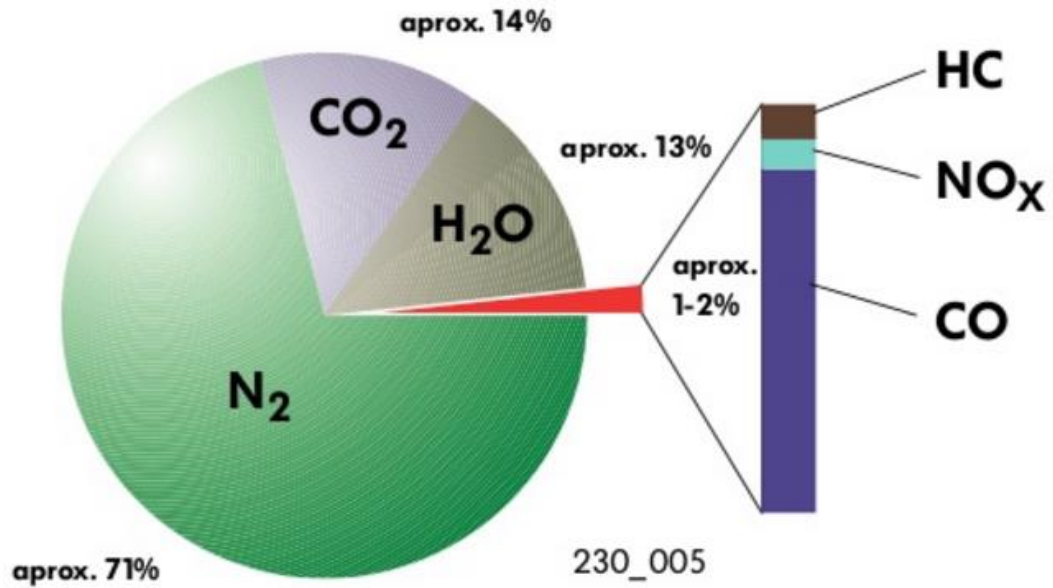
Fuente: (International Energy Agency, 2016)

Elaboración: Propia

Tan solo por la combustión del petróleo, según la Key World Statistic 2016, este componente emite 10977 Mtep anualmente.

Los demás componentes principales que emanan tóxicos de los gases de escape de los motores Otto y Diésel se desglosa en elementos tóxicos que son el Monóxido de carbono, hidrocarburos, y Óxidos de nitrógeno; por otra parte también expulsa gases no tóxicos, los cuales son el Dióxido de carbono, Oxígeno, y el Agua.

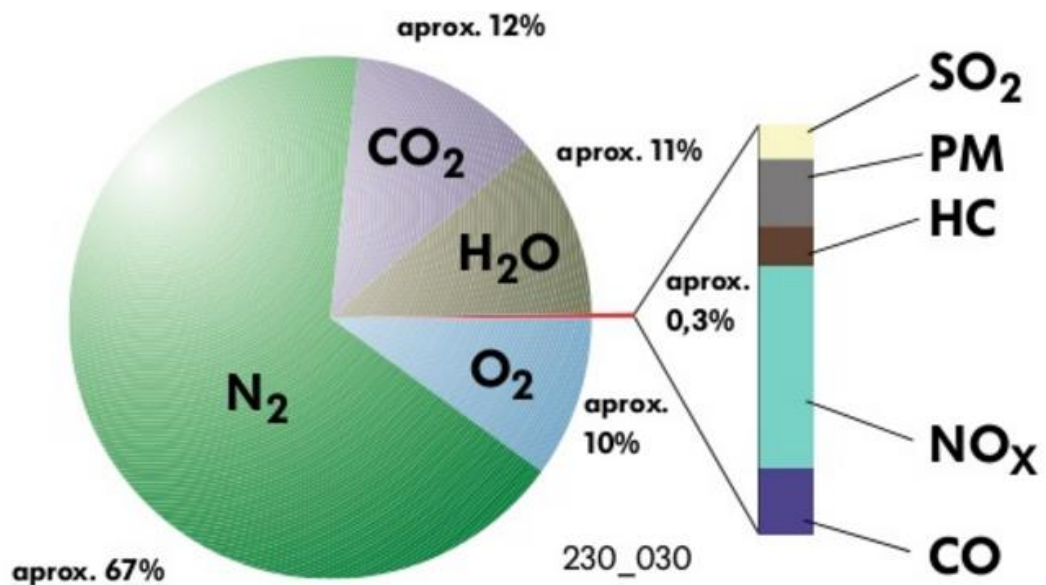
Figura 6: Componentes de los gases de escape del Motor Otto



Fuente: (Volkswagen AG, 2005)

De los cuales los elementos son el nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂), agua, (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂), hidrocarburos (HC), partículas de hollín (PM).

Figura 7: Componentes de los gases de escape del Motor Diesel



Fuente: (Volkswagen AG, 2005)

Tabla 7: Suministros de petróleo y gas natural en el Perú desde el 2004 al 2015

Nº	ITEM		2,004	2,005	2,006	2,007	2,008	2,009	2,010	2,011	2,012	2,013	2,014	2,015
1	PETRÓLEO													
1.1	Produccion	Barriles/dia	95,500	120,000	116,933	113,867	110,800	148,000	157,200	152,600	160,400			
	Hidrocarburos Liquidos	Barriles/dia		111,294	115,581	113,870	120,029	145,280	157,158	152,707	152,982	168,750	172,741	149,405
	Promedio petróleo	Barriles/dia		75,454	77,573	77,114	76,577	71,033	72,688	69,544	66,655	62,678	69,304	58,008
	Promedio LGN	Barriles/dia		35,840	38,008	36,756	43,452	74,247	84,470	83,163	86,327	106,072	103,437	91,397
1.2	Consumo	Barriles/dia	156,000	161,950	167,900	170,000	163,500	157,000	189,000	188,000	189,330	187,000	187,670	
1.3	Exportaciones	Barriles/dia	49,000	69,090	68,865	68,640	43,760	18,880	17,790	16,700	15,610			
1.4	Importaciones	Barriles/dia		115,600	124,350	133,100	116,345	99,590	88,080	93,835	99,590			
1.5	Reservas comprobadas													
	PETRÓLEO	MBLS	379,316	382,866	415,769	447,382	532,662	530,905	582,030	579,163	632,906	741,219	682,681	473,100
1.6	Per capita (barriles/dia por 1000 habitantes)		5.85	5.77	5.55	5.44	5.75	5.75	5.25	5.15	6.40			
2	GAS NATURAL													
2.1	Produccion de gas natural	MMPCD		147	172	259	328	336	700	1,099	1,144	1,180	1,250	1,209
	Consumo	MMm3	86	132	178	259	339	444	549					
2.2	Reservas comprobadas													
	LIQUIDO DEL GAS NATURAL	MBLS	717,986	695,392	681,519	674,103	658,201	631,720	657,968	626,995	789,772	875,733	727,166	
	GAS NATURAL	MMPC	11,489	11,928	11,842	11,821	12,201	12,003	12,462	12,700	15,376	15,047	14,625	
2.3	Per capita (m3 por habitante)		13.43	32.59	32.15	29.99	61.00	115.07	113.35	124.79	123.52	181.24	182.10	

Fuente: (Barrientos & Soria, 2016; Petro-Perú, 2015)

Elaboración: Propia

Nota: Los datos sombreados con gris, se extrajeron de la página <http://www.indexmundi.com/>

Los datos sombreados con amarillo, se extrajeron de Perú Petro – Estadística petrolera 2015

Los datos con verde se incluyeron a criterio del investigador

MBLS: Miles de barriles

MMPCD: Miles de millones de pies cúbicos por día

MMPC: Miles de millones de pies cúbicos

2.2.3. Sustancias de los gases de escape

Nitrógeno (N₂):

El nitrógeno es un gas no combustible, incoloro e inodoro, se trata de un componente esencial del aire que respiramos (78 % nitrógeno, 21 % oxígeno, 1 % otros gases) y alimenta el proceso de la combustión conjuntamente con el aire de admisión. La mayor parte del nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape; sólo una pequeña parte se combina con el oxígeno O₂ (óxidos nítricos NO_x) (Volkswagen AG, 2005: 7)

Oxígeno (O₂):

“Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es el componente más importante del aire que respiramos (21 %)” (Volkswagen AG, 2005: 7) Es imprescindible para el proceso de combustión, con una mezcla ideal el consumo de combustible debería ser total, pero en el caso de la combustión incompleta, el oxígeno restante es expulsado por el sistema de escape (Augusto Nuñez, 2018)

Agua (H₂O):

“Es aspirada en parte por el motor (humedad del aire) o se produce con motivo de la combustión “fría” (fase de calentamiento del motor). Es componente inofensivo de los gases de escape” (Volkswagen AG, 2005: 8), un componente del producto de la combustión, y es tóxico ya que al salir por el tubo de escape, este está mezclado con otros componentes nocivos para la salud..

Dióxido de carbono (CO₂):

“Es un gas incoloro, no combustible. Se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono (p. ej. gasolina, gasoil). El carbono se combina durante esa operación con el oxígeno aspirado” (Volkswagen AG, 2005: 8).

El dióxido de carbono CO₂ a pesar de ser un gas no tóxico, reduce el estrato de la atmósfera terrestre que suele servir de protección contra la penetración de los rayos UV (la tierra se calienta). Las discusiones generales en torno a las alteraciones climatológicas (efecto “invernadero”), el tema de las emisiones de CO₂ se ha hecho consciente en la opinión pública (Augusto Nuñez, 2018)

Monóxido de carbono (CO):

Se produce con motivo de la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono. Es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico. Bloquea el transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos. Es mortal, incluso en una baja concentración en el aire que respiramos. En una concentración normal en el aire ambiental se oxida al corto tiempo, formando dióxido de carbono CO₂ (Volkswagen AG, 2005).

Óxidos nítricos (NO_x):

Son combinaciones de nitrógeno N₂ y oxígeno O₂ (p. ej. NO, NO₂, N₂O). Los óxidos de nitrógeno se producen al existir una alta presión, alta temperatura y exceso de oxígeno durante la combustión en el motor. El monóxido de nitrógeno (NO), es un gas incoloro, inodoro e insípido. Al combinarse con el oxígeno del aire, es transformado en dióxido de nitrógeno (NO₂), de color pardo rojizo y de olor muy penetrante, provoca una fuerte irritación de los órganos respiratorios. Las medidas destinadas a reducir el consumo de combustible suelen conducir lamentablemente a un ascenso de las concentraciones de óxidos nítricos en los gases de escape, porque una combustión más eficaz produce temperaturas más altas. Estas altas

temperaturas generan a su vez una mayor emisión de óxidos nítricos (Volkswagen AG, 2005: 8).

Dióxido de azufre (SO₂):

El dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso propicia las enfermedades de las vías respiratorias, pero interviene sólo en una medida muy reducida en los gases de escape. Es un gas incoloro, de olor penetrante, no combustible. Si se reduce el contenido de azufre en el combustible es posible disminuir las emisiones de dióxido de azufre (Volkswagen AG, 2005: 9).

Plomo (Pb):

Ha desaparecido por completo en los gases de escape de los vehículos. En 1985 se emitían todavía a la atmósfera 3.000 t, debidas a la combustión de combustibles con plomo (Volkswagen AG, 2005: 9).

El plomo en el combustible impedía la combustión detonante debida al auto ignición y actuaba como una sustancia amortiguadora en los asientos de las válvulas. Con el empleo de aditivos ecológicos en el combustible sin plomo se han podido mantener casi idénticas las características antidetonantes (Volkswagen AG, 2005: 9).

HC – Hidrocarburos:

Son restos no quemados del combustible, que surgen en los gases de escape después de una combustión incompleta (Volkswagen AG, 2005: 9). La mala combustión puede ser debido a la falta de oxígeno durante la combustión (mezcla rica) o también por una baja velocidad de inflamación (mezcla pobre), por lo que es conveniente ajustar la riqueza de la mezcla (Keenan, Niinemets, Sabate, Gracia, & Peñuelas, 2009)

“Los hidrocarburos HC se manifiestan en diferentes combinaciones (p. ej. C_6H_6 , C_8H_{18}) y actúan de diverso modo en el organismo. Algunos de ellos irritan los órganos sensoriales, mientras que otros son cancerígenos (p. ej. el benceno)” (Volkswagen AG, 2005: 9).

“Son generadas en su mayor parte por los motores diésel, se presentan en forma de hollín o cenizas. Los efectos que ejercen sobre el organismo humano todavía no están aclarados por completo” (Volkswagen AG, 2005: 9).



CAPITULO III

DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN

3. DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y diseño de investigación

Investigación experimental, dado a que el tema del hidrogeno como fuente de combustible alterna renovable para uso en motores de ciclo Otto y Diésel, es escaso y desconocido por la mayoría.

Investigación descriptiva, porque a través de la descripción de las actividades y procesos planteados, se llegara a conocer los beneficios del hidrogeno como fuente de energía renovable en los motores Otto y Diésel.

Investigación aplicada, porque a través de los procedimientos aplicados y los resultados teóricos, estos pueden ser plasmados a la realidad.

Investigación Exploratoria, porque los estudios de esta investigación fueron poco estudiados y reconocidos, la cual tiene una visión a una determinada realidad.

El tipo de diseño es exploratorio, debido que el problema de investigación ha sido poco.

3.2. Técnicas e instrumentos para recolectar información

Los medio de recolección de datos de información, será a partir de cada artículo, bibliografía, informe, etc., que se relacione con el generador de hidrogeno en motores de ciclo Otto y Diesel.

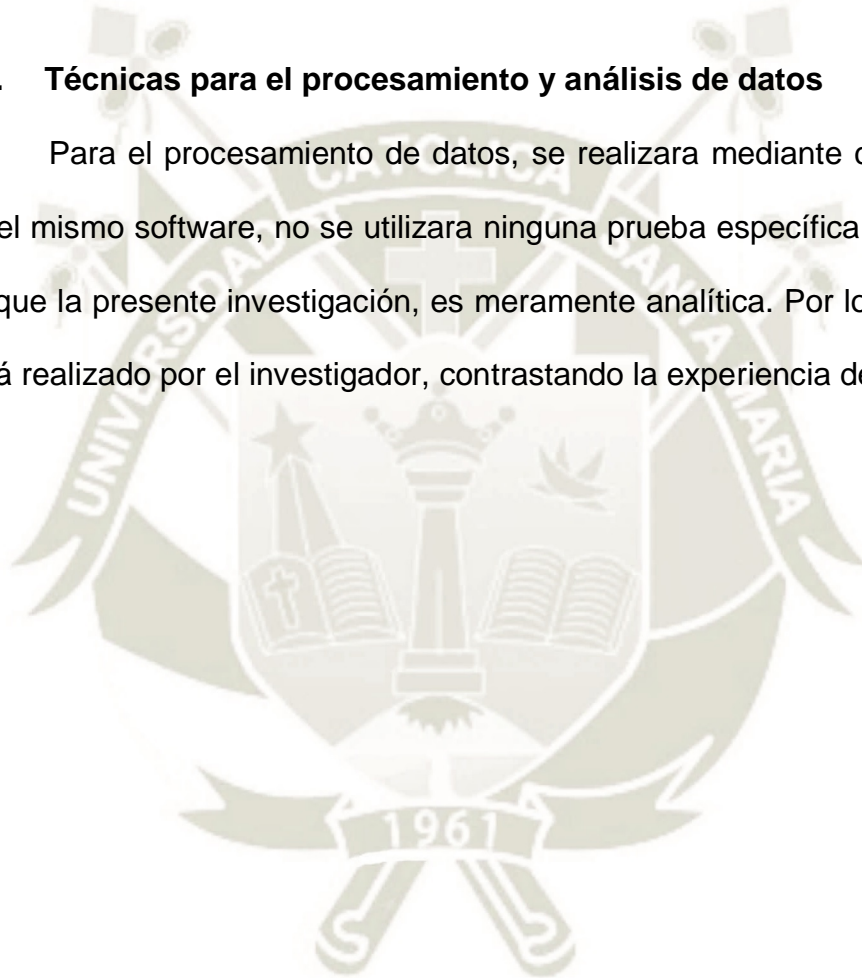
Cuadro 6: Técnicas e instrumentación para recolectar información

Técnicas	Instrumentos
Se utilizara "Análisis documental", la cual consiste en recolectar datos de fuentes	Ficha de registro de datos

<p>secundarias. Libros, boletines, revistas, folletos, y artículos científicos, que se utilizan como fuentes para recolectar datos sobre las variables de interés.</p>	
--	--

3.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos, se realizara mediante cálculos hechos en el mismo software, no se utilizara ninguna prueba específica y/o estadística, ya que la presente investigación, es meramente analítica. Por lo que el análisis será realizado por el investigador, contrastando la experiencia de otros autores.



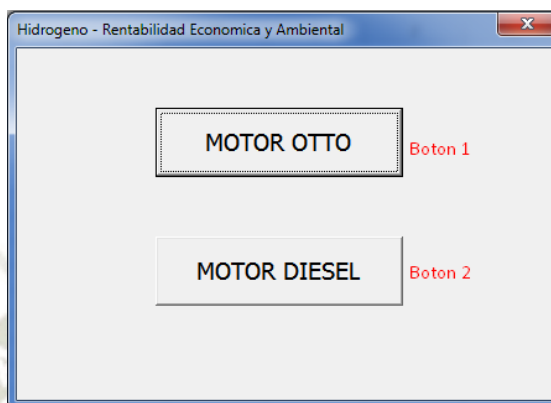


4. RESULTADOS

4.1. Resultados del software

El software creado tendrá cuadros como:

1.- Que tipo de motor utiliza el vehículo.

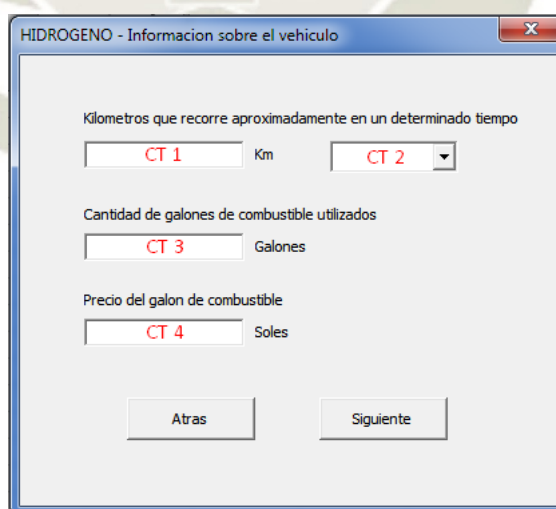


*Figura 8: Primer cuadro del software, elección entre Motor Otto y Motor Diésel
Elaboración: Propia*

Nota: Letras de color rojo, son para la explicación, no incluye en el software.

Para lo cual, se tendrá que elegir cual motor utilizara el vehículo.

2.- Los kilómetros que recorre habitualmente el vehículo en un determinado tiempo, cuanto es el costo del combustible.



*Figura 9: Segundo cuadro del software, información básica del vehículo
Elaboración: Propia*

Nota: Letras de color rojo, son para la explicación, no incluye en el software.

ITEM
1 Día
1 Semana
1 Mes

Tabla 8: Indicadores de tiempo
Elaboración: Propia

La tabla 8 muestra los indicadores que el cuadro desplegable al costado de kilómetros.

3.- Una vez que se tiene los datos primarios o iniciales, se procede a saber si quiere trabajar con placas o varillas en el software generador de hidrogeno.

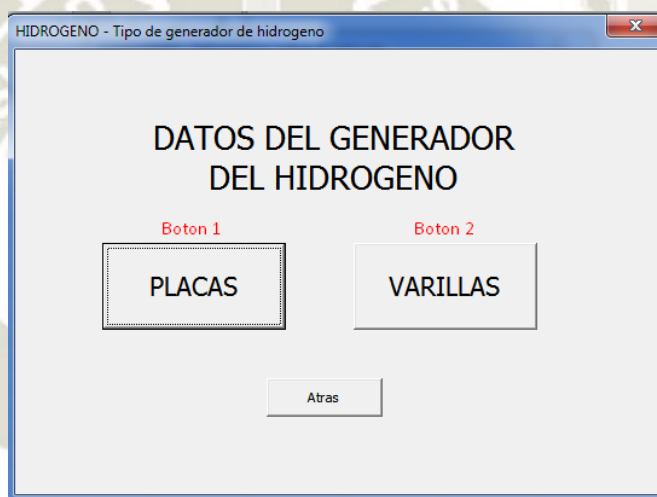


Figura 10: Tercer cuadro del software, eleccion de tipo del generador de hidrogeno
Elaboración: Propia

Nota: Letras de color rojo, son para la explicación, no incluye en el software.

4.- En el anterior cuadro, existe dos opciones, si el generador de hidrogeno tendrá placas o varillas.

4.1.- Si se eligió placas, el siguiente cuadro necesita la siguiente información como:

- La configuración de las placas.
- Los datos de las placas, altura, largo y espesor.
- La cantidad de cátodos, neutros y ánodos.

- Tipo de electrolito.
- Y por último el material de las placas.

Figura 11: Cuadro 4 A, datos del generador de hidrogeno – placas

Elaboración: Propia

Nota: Letras de color rojo, son para la explicación, no incluye en el software.

Para el cuadro desplegable de “Configuración” contiene los siguientes indicadores en la siguiente tabla.

ITEM	
+	-
+	N -
+	2N -
+	3N -
+	4N -
+	6N -

Tabla 9: Indicadores de configuración

Elaboración: Propia

Para el cuadro desplegable de “Espesor” contiene los siguientes indicadores en la siguiente tabla.

Espesor (cm)
0.1
0.2
0.3

Tabla 10: Indicadores de espesor de placa

Elaboración: Propia

Para el cuadro desplegable de “Tipo de Electrolito” contiene los siguientes indicadores en la siguiente tabla.

Electrolito
1.0 M NaOH
0.1 M KOH
1.0 M KOH
0.1 M H ₂ SO ₄
0.5 M H ₂ SO ₄

Tabla 11: Indicadores de tipo de electrolito
Elaboración. Propia

Para el cuadro desplegable de “Material de las placas” contiene los siguientes indicadores en la siguiente tabla.

CATALISIS	ELECTROLITO	SOBREPOTENCIAL HER mV	Referencia
SS (acero inoxidable)	1.0 M KOH	315 @ 10 mA cm ⁻²	(Anantharaj et al., 2018)
N,S-CN	0.5 M H ₂ SO ₄	290 @ 10 mA cm ⁻²	(Qu et al., 2017)
N-GMT	1.0 M KOH	432 @ 10 mA cm ⁻²	(B. Zhang et al., 2016)
Nanotubos de carbono oxidados	0.5 M H ₂ SO ₄	220 @ 10 mA cm ⁻²	(Cui, Liu, Cheng, Asiri, & Sun, 2014)
N and S grafeno nanoporoso co-dopado	0.5 M H ₂ SO ₄	280 @ 10 mA cm ⁻²	(Ito, Cong, Fujita, Tang, & Chen, 2015)
C ₃ N ₄ @NG	0.5 M H ₂ SO ₄	240 @ 10 mA cm ⁻²	(Zheng et al., 2014)
N and P grafeno co-dopado	0.5 M H ₂ SO ₄	420 @ 10 mA cm ⁻²	(Zheng et al., 2014)
MoS ₂ /CoSe ₂	0.5 M H ₂ SO ₄	68 @ 10 mA cm ⁻²	(Gao et al., 2015)
MoS ₂ /Ni ₃ S ₂	1.0 M KOH	110 @ 10 mA cm ⁻²	(J. Zhang et al., 2016)
WC	0.5 M H ₂ SO ₄	125 @ 10 mA cm ⁻²	(Garcia-Esparza et al., 2013)
WSe ₂	0.5 M H ₂ SO ₄	300 @ 10 mA cm ⁻²	(Wang et al., 2013)
MoSe ₂	0.5 M H ₂ SO ₄	250 @ 10 mA cm ⁻²	(Kong et al., 2013)
1T-WS ₂	0.5 M H ₂ SO ₄	142 @ 10 mA cm ⁻²	(Lukowski et al., 2014)
Mo ₂ C/grafeno	0.5 M H ₂ SO ₄	~175 @ 10 mA cm ⁻²	(Pan et al., 2014)
MoN	0.5 M H ₂ SO ₄	300 @ 38.5 mA cm ⁻²	(Xie et al., 2014)
MoP/Ti	0.5 M H ₂ SO ₄	90 @ 10 mA cm ⁻²	(McEnaney et al., 2014)
1T-MoS ₂	0.5 M H ₂ SO ₄	~187 @ 10 mA cm ⁻²	(Lukowski et al., 2013)
MoS ₂ /grafeno	0.5 M H ₂ SO ₄	~140 @ 10 mA cm ⁻²	(Y. Li et al., 2011)
ECA-CoMn-S@NiO/CC	1.0 M KOH	232 @ 100 mA cm ⁻²	(Q. Li, Xing, Wang, Sun, & Yang, 2016)
FeP NAs/CC	0.5 M H ₂ SO ₄	58 @ 10 mA cm ⁻²	(Liang, Liu, Asiri, Sun, & Luo, 2014)
NiFe LDHs	1.0 M NaOH	210 @ 10 mA cm ⁻²	(Luo et al., 2014)
CoNi@NC	0.1 M H ₂ SO ₄	140 @ 10 mA cm ⁻²	(Deng, Ren, Deng, & Bao, 2015)
Co-P/NC	1.0 M KOH	191 @ 10 mA cm ⁻²	(Deng et al., 2015)
Ni ₂ P	1.0 M KOH	220 @ 10 mA cm ⁻²	(Stern, Feng, Song, & Hu, 2015)
NiSe/NF	1.0 M KOH	96 @ 10 mA cm ⁻²	(Tang, Cheng, Pu, Xing, & Sun, 2015)
Ni ₃ S ₂ /NF	1.0 M NaOH	223 @ 10 mA cm ⁻²	(Feng et al., 2015)
Ni-Mo nanopolvos	1.0 M NaOH	80 @ 10 mA cm ⁻²	(McKone, Sadtler, Werlang, Lewis, & Gray, 2013)
Ni/NiO-CNT	1.0 M KOH	<100 @ 100 mA cm ⁻²	(Gong et al., 2014)
Ru ₂ P/RGO-20	0.5 M H ₂ SO ₄	22 @ 10 mA cm ⁻²	(Liu et al., 2018)
Ru@C ₂ N	1.0 M KOH	17 @ 10 mA cm ⁻²	(dos Santos et al., 2017)
3Ru/C ₃ N ₄ /C	0.1 M KOH	79 @ 10 mA cm ⁻²	(Zheng et al., 2016)
Pt/C	0.1 M KOH	22 @ 5 mA cm ⁻²	(Oh et al., 2016)

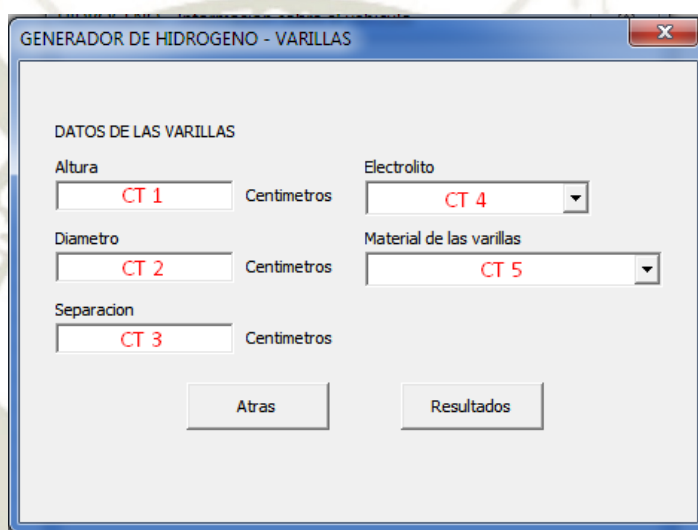
Tabla 12: Tipo de materiales, electrolito, potencia, y referencia

M: mol L⁻¹

Una vez que se elige el tipo de electrolito, esta se debe mezclar con agua destilada.

4.2.- Si se eligió varillas, el cuadro necesita la siguiente información como:

- Los datos de la placa, altura, diámetro, y separación.
- El tipo de electrolito.
- Material de las varillas.



GENERADOR DE HIDROGENO - VARILLAS

DATOS DE LAS VARILLAS

Altura Centimetros

Electrolito

Diametro Centimetros

Material de las varillas

Separacion Centimetros

Atras Resultados

Figura 12: Cuadro 4 B, datos del generador de hidrogeno – varillas

Elaboración: Propia

Nota: Letras de color rojo, son para la explicación, no incluye en el software.

5.- Y el resultado de los cuadros exportado en una plantilla de Excel.

La plantilla vacía de Excel se muestra según la siguiente tabla 13, mientras que algunos ejemplos se encuentran en el Anexo 04.

RENTABILIDAD ECONOMICA Y AMBIENTAL

DATOS INICIALES

- 1.1 Kilometros: km
 1.2 Tiempo:
 1.3 Cantidad de galones: gls
 1.4 Precio del combustible: soles
- 1.5 Tipo de generador de Hidrogeno:
- A) Cantidad TOTAL
 Catodo: u
 Neutro: u
 Anodo: u
- B) Dimensiones
 Alto: cm
 Largo: cm
 Espesor: cm
- C) Material:
 D) Electrolito:
 E) Configuracion:

COSTOS SIN USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
COSTOS																						

RENTABILIDAD ECONOMICA CON USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
COSTOS																						

EMISIONES CONTAMINANTES POR USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
CO2																						
N2																						
H2O																						
OTROS																						

RENTABILIDAD AMBIENTAL CON USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
CO2																						
N2																						
H2O																						
OTROS																						

*Tabla 13: Resultados exportados en una plantilla de Excel
 Elaboración: Propia*

4.2. Procesamiento de datos en el resultado

Para la presente tesis se desarrolló un software para hallar la rentabilidad económica y ambiental del hidrogeno en motores Otto y Diésel, para lo cual, la explicación y el procesamiento de datos en los cuadros anteriores se debe a la siguiente información:

Cuadro 1		
Item	Explicación	Referencia
Botón 1: Motor Otto	El usuario al seleccionar esta casilla, diseñara un generador de hidrogeno para un motor Otto	Figura 8: Primer cuadro del software
Botón 2: Motor Diésel	El usuario al seleccionar esta casilla, diseñara un generador de hidrogeno para un motor Diésel	

*Cuadro 7: Explicación del Primer Cuadro del software
Elaboración: Propia*

Cuadro 2		
Item	Explicación	Referencia
CT 1: Kilómetros que recorre (km)	Los kilómetros que usualmente hace en un día, una semana o un mes.	Figura 9: Segundo cuadro del software
CT 2: Tiempo que recorrió los kilómetros	El tiempo que recorrió los kilómetros de acuerdo a la casilla 1 Lista: Tabla 8	
CT 3: Cantidad de galones utilizados	Cantidad de galones utilizados en un determinado tiempo de acuerdo a la casilla 2 o los kilómetros que recorrió de acuerdo a la casilla 1	
CT 4: Precio del combustible	Precio que cuesta 1 galón de combustible	

*Cuadro 8: Explicación del Segundo Cuadro del software
Elaboración: Propia*

Cuadro 3		
Item	Explicación	Referencia
Botón 1: Placas	Generador de hidrogeno con uso de Placas	Figura 10: Tercer cuadro del software
Botón 2: Varillas	Generador de hidrogeno con uso de varillas	

*Cuadro 9: Explicación del Tercer Cuadro del software
Elaboración: Propia*

Cuadro 4 A		
Item	Explicación	Referencia
CT 1: Configuración	Configuración que tendrá el generador de hidrogeno. Lista: Tabla 9	Figura 11: Cuadro 4 A
CT 2, CT 3, CT 4: Cantidad de placas Ánodo, Neutro, Cátodo	Cantidad de placas de cátodos, neutros y ánodos que tendrá el generador de hidrogeno	
CT 5, CT 6, CT 7, CT 8: Dimensiones de la placa	Altura, largo, espesor, y separación de las placas Lista espesor: 10	
CT 9: Tipo de Electrolito	Tipo de Electrolito que se usara con el agua destilada. Lista: Tabla 11	
CT 10: Material de las placas	Material de la placa con el que generara hidrogeno a partir de la energía consumida de la batería Lista: Tabla 12	

*Cuadro 10: Explicación del Cuadro 4 A del software
Elaboración: Propia*

Cuadro 4 B		
Item	Explicación	Referencia
CT 1, CT 2, CT 3: Datos de las varillas	Altura, diámetro y separación de las varillas	Figura 12: Cuadro 4 B
CT 4: Electrolito	Tipo de Electrolito Lista: Tabla 11	
CT 5: Material de las varillas	Material de las varillas Lista: Tabla 12	

*Cuadro 11: Explicación del Cuadro 4 B del software
Elaboración: Propia*

Cuadro 5		
Item	Explicación	Referencia
DATOS INICIALES	Muestra los datos principales sobre el consumo del combustible, tipo de combustible, los kilómetros recorridos en un determinado tiempo. Además el tipo de generador y todo lo que incluye a este generador ya mencionado y explicado en los cuadros anteriores	Tabla 13: Resultados exportados en Excel
COSTOS SIN USO DE HIDROGENO	El uso convencional de uso del vehículo sin el uso de hidrogeno en el combustible	
RENTABILIDAD ECONÓMICA CON USO DE HIDROGENO	Es el beneficio que tendrá el usuario en bases a costos, si este resulta ser rentable para el vehículo con los datos proporcionados.	
EMISIONES CONTAMINANTES POR USO DE	En el uso convencional del vehículo con combustibles fósiles, provoca las emisiones de dióxido de carbono, oxido de carbono, nitrógeno,	

COMBUSTIBLES FÓSILES	agua, hidrocarburos, entre otros pequeños que son perjudiciales para el medio ambiente	
RENTABILIDAD AMBIENTAL CON USO DE HIDROGENO	La combinación del combustible fósil con hidrogeno reduce ampliamente las emisiones contaminantes que se da solo con combustibles fósiles.	

Cuadro 12: Explicación del Cuadro de Resultados del software
Elaboración: Propia

4.3. Rentabilidad Económica

Para el Desarrollo de un software para demostrar la rentabilidad económica y ambiental por el uso del hidrogeno en motores Otto Y Diésel, uno de los factores importantes a tomar en cuenta es el costo de combustible utilizado, si este resulta tener un beneficio a base del costo utilizado.

Para el cual el software tomara datos del segundo cuadro, como la distancia recorrida, el costo del combustible y el precio del mismo.

Este lo procesara de acuerdo a la necesidad planteada en el cuadro 4-A o 4-B, y por ultimo mostrara los resultados de cuan rentable resulto el uso de hidrogeno para el vehículo a través de los años.

$$Rentabilidad\ Economica = \frac{Beneficio\ Bruto}{Recursos\ Totales\ aportados} \quad (1)$$

El beneficio bruto es la cantidad de dinero retribuido con el uso del hidrogeno en un año, en este software lo calculara para un horizonte de 20 años. Para este beneficio se tomó en cuenta la reducción de compra de combustible en soles para el vehículo, el mantenimiento del motor y la eficiencia del motor.

Los recursos totales aportados es la cantidad de dinero invertido en el proyecto. Como es la implementación del generador de hidrogeno en el vehículo, el mantenimiento del generador de hidrogeno y la reinserción de electrolito en el generador.

4.4. Rentabilidad Ambiental

Demostrar la rentabilidad ambiental de acuerdo al cuadro de resultados mediante el uso de los datos iniciales y datos de tipo de placa y sus características, este nuevo sistema de combustión de combustible fósil e hidrogeno, reducirá las principales emisiones como lo son el nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂), agua, (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), y entre otros que son pequeñas proporciones de los gases emitidos.

$$\text{Rentabilidad Ambiental} = \frac{\text{Emisiones combustible fosil más hidrogeno}}{\text{Emisinoes combustible fosil}} \quad (2)$$

Las emisiones contaminantes de combustible fósil más hidrogeno es la combinación de la combustión del combustible fósil más el HHO si es por placas o varillas, si el sistema requiere de H₂ netamente, este diseño tendrá que ser modificado para el aprovechamiento del 99% de hidrogeno puro

Las emisiones de combustible fósil, ya sea de gasolina o petróleo son el total de uso cotidiano, sin el uso de otro aditivo para reducir los contaminantes.



CAPITULO V
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Análisis de los resultados

En el primer cuadro, no hay ninguna fórmula, por lo cual en este solo se deberá elegir entre Motor Otto o Diésel.

En el segundo cuadro, para saber el costo de los galones que se consumirán en un año, será según la siguiente información.

Si en el tiempo se eligió 1 día.

$$G = A * 360 * Pr \quad (3)$$

Si en el tiempo se eligió 1 semana.

$$G = A * 48 * Pr \quad (4)$$

Si en el tiempo se eligió 1 mes.

$$G = A * 12 * Pr \quad (5)$$

Donde:

G = Costo de los galones utilizados en un año

A = Cantidad de galones de combustible utilizados insertado en el segundo cuadro del software CT 3 (gls)

Pr = Precio del galón insertado en el segundo cuadro del software CT 4 (soles)

En el tercer cuadro no hay ecuación que mostrar, mientras que si el análisis para la elección de qué tipo de generador utilizara el usuario.

En el cuarto cuadro A, CT1 la configuración dependerá de cuanto se quiere inyectar en voltaje a los electrodos de placas, el amperaje dependerá del material y de las dimensiones que estos tengan. La primera configuración de (+ -) se entiende que el voltaje que correrá del cátodo al ánodo será 12 voltios, y la segunda configuración (+ N -) tendrá una placa neutra incluida, para lo cual el

voltaje se dividirá de cátodo a neutro en 6 voltios, de neutro a ánodo en 6 voltios, y de cátodo a ánodo en 12 voltios. Para la tercera configuración (+ NN -) tendrá dos placas neutrales, para lo cual el voltaje se dividirá entre cada placa continua a 4 voltios, y de cátodo a ánodo 12 voltios. La cuarta configuración (+ NNN -) tendrá 3 placas neutrales, para lo cual el voltaje se dividirá entre cada placa continua a 3 voltios. La quinta configuración (+ NNNNN -) tendrá 5 placas neutrales, para lo cual el voltaje se dividirá entre cada placa continua a 2 voltios.

En la cantidad de placas CT2, CT3 y CT4 se deberá incluir la cantidad correspondiente y consecuente a la configuración CT1.

En los datos de cada placa CT5, CT6, CT7 y CT8 se deberá incluir cada dimensión y separación de las placas.

En el tipo de electrolito CT9 el tipo de electrolito será consecuente con su investigación hecha para hallar la reacción evolutiva del hidrogeno según muestra la tabla 12.

Para el material de la placa CT10 el material será consecuente con el tipo de electrolito de la tabla 11 que se eligió por su reacción evolutiva del hidrogeno según investigación.

Para el cuarto cuadro B, CT1, CT2 y CT3 son las dimensiones que utilizara el usuario en su generador de hidrogeno y según el espacio suficiente dentro del capó.

En el tipo de electrolito CT4 el tipo de electrolito será consecuente con su investigación hecha para hallar la reacción evolutiva del hidrogeno según muestra la tabla 12.

Para el material de la placa CT5 el material será consecuente con el tipo de electrolito de la tabla 11 que se eligió por su reacción evolutiva del hidrogeno según investigación.

La generación de hidrogeno, se obtendrá según la siguiente tabla:

Temperatura	Δh (kJ/mol)	Δg (kJ/mol)	$T\Delta s$ (kJ/mol)
25 °C	285.830	237.75	48.08
1000 °C	249.87	72.17	177.66

Tabla 14: Balance termodinámico para electrolisis a 1 atm

Elaboración: Propia

La electricidad (Δg) necesaria para romper 1 mol de agua líquida a 25 °C es 237.75 kJ del cual quedara 1 mol de hidrogeno. El consumo eléctrico 237.75 kJ equivale a 241.82 kJ de hidrogeno, es decir se produce 1.02 de hidrogeno a 25 °C por cada kJ eléctrico consumido, y por lo que a 1000 °C produce 1.36 kJ de hidrogeno.

Para el voltaje en la celda se calculara mediante:

$$V_{cell} = V_d + N_a + N_c + R_e I + R_m I \quad (6)$$

En donde:

V_d = Voltaje de descomposición en el electrodo

N_a = Sobrevoltaje en el ánodo

N_c = Sobrevoltaje en el cátodo

R_e = Resistencia eléctrica en los electrodos

R_m = Resistencia en el electrolito

I = Corriente en la celda

Para este voltaje en la celda, es necesaria saberla para no exceder en el consumo conjuntamente con todos los dispositivos eléctricos y electrónicos en

el vehículo del usuario. Para lo cual el usuario debe saber el porcentaje de consumo libre del vehículo o aproximarse.

El voltaje de descomposición sobresale de la Ecuación de Nernst

$$V_d = E^0 + \frac{RT}{ZF} \ln(A_e) \quad (7)$$

Donde:

E^0 = Potencia del electrodo estándar

R = Constante de gas

T = Temperatura absoluta

Z = Número de electrones transferidos en la reacción

A_e = Actividad del electrolito fundido

Para el E^0 se calcula de Δg , que es la energía libre de formación del electrolito a temperatura estándar de 25 °C o 1000 °C como lo muestra la tabla 14, o 450 °C como lo proporciona Wicks y Block.

$$E^0 = \frac{-\Delta g}{ZF} \quad (8)$$

Para la caída de voltaje en el electrolito.

$$R_m I = \frac{L I}{K' A} \quad (9)$$

Donde:

L = Espacio entre electrodos

$\frac{I}{A}$ = Densidad de la corriente

K' = Difiere de K conductividad electrolítica absoluta

$$K' = K(1 - E)^{1.5} \quad (10)$$

Donde:

E = Es la fracción de gas en volumen





CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El desarrollo del software para demostrar la rentabilidad económica y ambiental del hidrogeno fue creado principalmente para incentivar a futuras generaciones sobre el aprovechamiento del hidrogeno en motores de ciclo Otto y Diésel, con placas o varillas electrolíticas y la combinación de la soda caustica o potasa caustica con el agua destilada. Del cual los resultados serán exportados a una plantilla de Excel y para que luego sea impreso para el usuario.

Las emisiones reducirían ampliamente si este sistema se encuentra en condiciones óptimas y con un mantenimiento periódico de las placas o varillas electrolíticas que tendrá el vehículo, el aproximado de reducción es de NO_x 10%-15%, CO 15%-20%, HC 12%-16% y esto dependerá normalmente del combustible no utilizado y de las condiciones del motor .

El software busca incentivar y concientizar a futuros investigadores sobre el empleo del uso combinado del hidrogeno y combustible fósil que necesita los motores de ciclo Otto y Diésel, los usuarios tendrán un fácil acceso al software y con un buen uso de los datos básicos, este tendría un gran impacto positivo para el ahorro de combustible y reducción de emisiones contaminantes.

RECOMENDACIONES

El software estará disponible para futuras generaciones, y este mismo será mejorado a través del tiempo y con nuevas investigaciones, se sugiere al investigador en la rama del uso del hidrogeno en motores de combustión interna, implementar o mejorar a este mismo software, ya que este esta diseñado para demostrar la rentabilidad económica y ambiental del hidrogeno combinado con el combustible.

En tanto a las reducciones de emisiones contaminantes provocados por la combustión de los combustibles fósiles en los motores de combustión interna, se sugiere tener presente que el exceso de electrolito o el exceso de potencia para producir HHO en el generador de hidrogeno, no resulta conveniente si se quiere hacer un sistema rentable, por mas que este sea mejorado con mas electrolito o mas potencia para la generación de HHO, dado a que los resultados en investigaciones son negativas si se trata de economizar.

Se sugiere tener presente el análisis correcto del vehículo para la correcta implementación de datos básicos en el software, dado a que el software no esta automatizado para buscar la mayor eficiencia del hidrogeno.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencias/Madrid. (n.d.). La ONU fija 2015 como límite para las emisiones de CO₂ - GuiaONGs.org. Retrieved September 16, 2015, from <https://www.guiaongs.org/noticias/la-onu-fija-2015-como-limite-para-las-emisiones-de-co2-2-1-1176/>
- Albertorios. (n.d.). BALANCE ENERGÉTICO DEL PERÚ 2015. Retrieved September 8, 2018, from <http://albertorios.eu/?p=2103>
- Anantharaj, S., Chatterjee, S., Swaathini, K. C., Amarnath, T. S., Subhashini, E., Pattanayak, D. K., & Kundu, S. (2018). Stainless Steel Scrubber: A Cost Efficient Catalytic Electrode for Full Water Splitting in Alkaline Medium. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 6(2), 2498–2509. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b03964>
- Augusto Nuñez, C. (2018). Análisis de emisiones combustión gasohol. Bogota.
- Barrientos, M., & Soria, C. (2016). IndexMundi - Country Facts. Retrieved September 8, 2018, from <https://www.indexmundi.com/>
- Botas, J., Calles, J., Dufour, J., & Miguel, G. S. (2005). La economía del hidrogeno. Una vision global sobre la revolucion energética del siglo XXI. Producción y almacenamiento de hidrógeno. *La Economía Del Hidrógeno—Una Visión ...*, 1–12. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Producci?n+y+almacenamiento+de+hidr?geno#1>
- Carranza, R. (2004). Gestion de la Calidad del Aire Causas , Efectos y Soluciones. Intituto de Investigación de Ingeniería Industrial UNMSM, 1, 119.
- Climate-Data. (n.d.). Datos climáticos mundiales - Climate-Data.org. Retrieved September 8, 2018, from <https://es.climate-data.org/>
- Cui, W., Liu, Q., Cheng, N., Asiri, A. M., & Sun, X. (2014). Activated carbon nanotubes: a highly-active metal-free electrocatalyst for hydrogen evolution reaction. *Chem. Commun.*, 50(66), 9340–9342. <https://doi.org/10.1039/C4CC02713B>
- Deng, J., Ren, P., Deng, D., & Bao, X. (2015). Enhanced Electron Penetration through an Ultrathin Graphene Layer for Highly Efficient Catalysis of the Hydrogen Evolution Reaction. *Angewandte Chemie International Edition*, 54(7), 2100–2104. <https://doi.org/10.1002/anie.201409524>
- dos Santos, K. G., Eckert, C. T., De Rossi, E., Bariccatti, R. A., Frigo, E. P., Lindino, C. A., & Alves, H. J. (2017). Hydrogen production in the electrolysis of water in Brazil, a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 563–571. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2016.09.128>
- Feng, L.-L., Yu, G., Wu, Y., Li, G.-D., Li, H., Sun, Y., ... Zou, X. (2015). High-Index Faceted Ni₃S₂ Nanosheet Arrays as Highly Active and Ultrastable Electrocatalysts for Water Splitting. *Journal of the American Chemical Society*, 137(44), 14023–14026. <https://doi.org/10.1021/jacs.5b08186>
- Gámez Franco, D. (2010). El hidrogeno y sus aplicaciones energéticas, 134.
- Gao, M.-R., Liang, J.-X., Zheng, Y.-R., Xu, Y.-F., Jiang, J., Gao, Q., ... Yu, S.-H. (2015). An efficient molybdenum disulfide/cobalt diselenide hybrid catalyst for electrochemical hydrogen generation. *Nature Communications*, 6(1), 5982. <https://doi.org/10.1038/ncomms6982>

- García-Esparza, A. T., Cha, D., Ou, Y., Kubota, J., Domen, K., & Takanabe, K. (2013). Tungsten Carbide Nanoparticles as Efficient Cocatalysts for Photocatalytic Overall Water Splitting. *ChemSusChem*, 6(1), 168–181. <https://doi.org/10.1002/cssc.201200780>
- Gong, M., Zhou, W., Tsai, M.-C., Zhou, J., Guan, M., Lin, M.-C., ... Dai, H. (2014). Nanoscale nickel oxide/nickel heterostructures for active hydrogen evolution electrocatalysis. *Nature Communications*, 5(1), 4695. <https://doi.org/10.1038/ncomms5695>
- Gouveia, N., & Mildred, M. (2005). Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de Améric Latina y el Caribe. Organización Panamericana de La Salud, 1–72.
- International and Energy Forum Publication. (2014). A Comparison of Recent IEA and OPEC Outlooks. 4th IEA - IEF - OPEC Symposium on Energy Outlooks, (February), 16.
- International Energy Agency. (2016). Key World Energy Statistics 2016. Statistics, 80. https://doi.org/10.1787/key_energ_stat-2016-en
- IPCC. (2014). Mitigación del cambio climático. *Cambio Climático*, 1–33. <https://doi.org/10.1256/004316502320517344>
- Ito, Y., Cong, W., Fujita, T., Tang, Z., & Chen, M. (2015). High Catalytic Activity of Nitrogen and Sulfur Co-Doped Nanoporous Graphene in the Hydrogen Evolution Reaction. *Angewandte Chemie International Edition*, 54(7), 2131–2136. <https://doi.org/10.1002/anie.201410050>
- Jaramillo, T. F., Jorgensen, K. P., Bonde, J., Nielsen, J. H., Horch, S., Chorkendorff, I., ... Grätzel, M. (2007). Identification of Active Edge Sites for Electrochemical H₂ Evolution from MoS₂ Nanocatalysts. *Science*, 317(5834), 100–102. <https://doi.org/10.1126/science.1141483>
- Keenan, T., Niinemets, Ü., Sabate, S., Gracia, C., & Peñuelas, J. (2009). Process based inventory of isoprenoid emissions from European forests: Model comparisons, current knowledge and uncertainties. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9(12), 4053–4076. <https://doi.org/10.5194/acp-9-4053-2009>
- Kong, D., Wang, H., Cha, J. J., Pasta, M., Koski, K. J., Yao, J., & Cui, Y. (2013). Synthesis of MoS₂ and MoSe₂ Films with Vertically Aligned Layers. *Nano Letters*, 13(3), 1341–1347. <https://doi.org/10.1021/nl400258t>
- Li, Q., Xing, Z., Wang, D., Sun, X., & Yang, X. (2016). In Situ Electrochemically Activated CoMn-S@NiO/CC Nanosheets Array for Enhanced Hydrogen Evolution. *ACS Catalysis*, 6(5), 2797–2801. <https://doi.org/10.1021/acscatal.6b00014>
- Li, Y., Wang, H., Xie, L., Liang, Y., Hong, G., & Dai, H. (2011). MoS₂ Nanoparticles Grown on Graphene: An Advanced Catalyst for the Hydrogen Evolution Reaction. *Journal of the American Chemical Society*, 133(19), 7296–7299. <https://doi.org/10.1021/ja201269b>
- Liang, Y., Liu, Q., Asiri, A. M., Sun, X., & Luo, Y. (2014). Self-Supported FeP Nanorod Arrays: A Cost-Effective 3D Hydrogen Evolution Cathode with High Catalytic Activity. *ACS Catalysis*, 4(11), 4065–4069. <https://doi.org/10.1021/cs501106g>
- Lichtblau, J. (1985). World oil outlook. *The Leading Edge*, 4. <https://doi.org/10.1190/1.1439163>
- Liu, T., Wang, S., Zhang, Q., Chen, L., Hu, W., & Li, C. M. (2018). Ultrasmall Ru₂P nanoparticles on graphene: a highly efficient hydrogen evolution reaction electrocatalyst in both acidic and alkaline media. *Chemical Communications*, 54(27), 3343–3346. <https://doi.org/10.1039/C8CC01166D>
- Lukowski, M. A., Daniel, A. S., English, C. R., Meng, F., Forticaux, A., Hamers, R. J., & Jin, S. (2014). Highly active hydrogen evolution catalysis from metallic WS₂ nanosheets. *Energy*

Environ. Sci., 7(8), 2608–2613. <https://doi.org/10.1039/C4EE01329H>

- Lukowski, M. A., Daniel, A. S., Meng, F., Forticaux, A., Li, L., & Jin, S. (2013). Enhanced Hydrogen Evolution Catalysis from Chemically Exfoliated Metallic MoS₂ Nanosheets. *Journal of the American Chemical Society*, 135(28), 10274–10277. <https://doi.org/10.1021/ja404523s>
- Luo, J., Im, J.-H., Mayer, M. T., Schreier, M., Nazeeruddin, M. K., Park, N.-G., ... Gratzel, M. (2014). Water photolysis at 12.3% efficiency via perovskite photovoltaics and Earth-abundant catalysts. *Science*, 345(6204), 1593–1596. <https://doi.org/10.1126/science.1258307>
- McEnaney, J. M., Crompton, J. C., Callejas, J. F., Popczun, E. J., Biacchi, A. J., Lewis, N. S., & Schaak, R. E. (2014). Amorphous Molybdenum Phosphide Nanoparticles for Electrocatalytic Hydrogen Evolution. *Chemistry of Materials*, 26(16), 4826–4831. <https://doi.org/10.1021/cm502035s>
- McGee, M. (2018). Monthly CO₂. Retrieved September 8, 2018, from <https://www.co2.earth/monthly-co2>
- McKone, J. R., Sadtler, B. F., Werlang, C. A., Lewis, N. S., & Gray, H. B. (2013). Ni–Mo Nanopowders for Efficient Electrochemical Hydrogen Evolution. *ACS Catalysis*, 3(2), 166–169. <https://doi.org/10.1021/cs300691m>
- Meijer, J., & Pullus, T. (n.d.). *Energía. Orientación Del IPCC Sobre Las Buenas Prácticas y La Gestión de La Incertidumbre En Los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*, 1–103.
- Miguel, G. S., Dufour, J., Calles, J. A., & Botas, J. A. (2005). *La Economía Del Hidrógeno – 2*.
- Moratilla Soria, B. Y., & Linares Hurtado, J. I. (n.d.). *El hidrógeno y la energía*. (A. N. de I. del ICAI & U. P. Comillas, Eds.).
- Murphy, A. C. (n.d.). *Revista Galileo - NOTÍCIAS - “Hidrogênio é o futuro...”* Retrieved September 8, 2018, from <http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI112846-17774,00-HIDROGENIO+E+O+FUTURO.html>
- Oh, A., Sa, Y. J., Hwang, H., Baik, H., Kim, J., Kim, B., ... Lee, K. (2016). Rational design of Pt–Ni–Co ternary alloy nanoframe crystals as highly efficient catalysts toward the alkaline hydrogen evolution reaction. *Nanoscale*, 8(36), 16379–16386. <https://doi.org/10.1039/C6NR04572C>
- Oyanguren, H., Prieto, L., & Ferrada, L. (1970). Contaminación atmosférica. *Revista Medica de Chile*, 98(1), 34–41.
- Pan, L. F., Li, Y. H., Yang, S., Liu, P. F., Yu, M. Q., & Yang, H. G. (2014). Molybdenum carbide stabilized on graphene with high electrocatalytic activity for hydrogen evolution reaction. *Chem. Commun.*, 50(86), 13135–13137. <https://doi.org/10.1039/C4CC05698A>
- Petro-Perú. (2015). *Estadística Petrolera 2015*.
- Qu, K., Zheng, Y., Zhang, X., Davey, K., Dai, S., & Qiao, S. Z. (2017). Promotion of Electrocatalytic Hydrogen Evolution Reaction on Nitrogen-Doped Carbon Nanosheets with Secondary Heteroatoms. *ACS Nano*, 11(7), 7293–7300. <https://doi.org/10.1021/acsnano.7b03290>
- Shenawy, K. El. (2015). *Qué se obtiene de un barril de petróleo - Autofácil*. Retrieved September 8, 2018, from <https://www.autofacil.es/investigacion/2015/03/29/obtiene-barril-petroleo/24192.html>

- Solomon, Quin, D., Manning, R. B., Alley, T., Berntsen, T., Bindoff, N. L., ... Kattsov, V. (2007). Technical Summary. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge y New York.
- Staff. (n.d.-a). El aumento de la concentración de gases de efecto invernadero alcanza un nuevo récord | Organización Meteorológica Mundial. Retrieved September 8, 2018, from <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-aumento-de-la-concentración-de-gases-de-efecto-invernadero-alcanza-un>
- Staff. (n.d.-b). Hydrogen Basics - Production. Retrieved September 8, 2018, from <http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/hydrogen/basics/production.htm>
- Staff. (n.d.-c). Situación energética mundial. Retrieved September 8, 2018, from <https://sites.google.com/site/biofuelscr2015/e-situacion-energetica-mundial>
- Stern, L.-A., Feng, L., Song, F., & Hu, X. (2015). Ni₂P as a Janus catalyst for water splitting: the oxygen evolution activity of Ni₂P nanoparticles. *Energy & Environmental Science*, 8(8), 2347–2351. <https://doi.org/10.1039/C5EE01155H>
- Tang, C., Cheng, N., Pu, Z., Xing, W., & Sun, X. (2015). NiSe Nanowire Film Supported on Nickel Foam: An Efficient and Stable 3D Bifunctional Electrode for Full Water Splitting. *Angewandte Chemie International Edition*, 54(32), 9351–9355. <https://doi.org/10.1002/anie.201503407>
- Volkswagen AG. (2005). Emisiones de gases de escape de vehículos, 28.
- Wang, H., Kong, D., Johanes, P., Cha, J. J., Zheng, G., Yan, K., ... Cui, Y. (2013). MoSe₂ and WSe₂ Nanofilms with Vertically Aligned Molecular Layers on Curved and Rough Surfaces. *Nano Letters*, 13(7), 3426–3433. <https://doi.org/10.1021/nl401944f>
- Xie, J., Li, S., Zhang, X., Zhang, J., Wang, R., Zhang, H., ... Xie, Y. (2014). Atomically-thin molybdenum nitride nanosheets with exposed active surface sites for efficient hydrogen evolution. *Chem. Sci.*, 5(12), 4615–4620. <https://doi.org/10.1039/C4SC02019G>
- Zhang, B., Wang, H.-H., Su, H., Lv, L.-B., Zhao, T.-J., Ge, J.-M., ... Chen, J.-S. (2016). Nitrogen-doped graphene microtubes with opened inner voids: Highly efficient metal-free electrocatalysts for alkaline hydrogen evolution reaction. *Nano Research*, 9(9), 2606–2615. <https://doi.org/10.1007/s12274-016-1147-1>
- Zhang, J., Wang, T., Pohl, D., Rellinghaus, B., Dong, R., Liu, S., ... Feng, X. (2016). Interface Engineering of MoS₂/Ni₃S₂ Heterostructures for Highly Enhanced Electrochemical Overall-Water-Splitting Activity. *Angewandte Chemie International Edition*, 55(23), 6702–6707. <https://doi.org/10.1002/anie.201602237>
- Zheng, Y., Jiao, Y., Li, L. H., Xing, T., Chen, Y., Jaroniec, M., & Qiao, S. Z. (2014). Toward Design of Synergistically Active Carbon-Based Catalysts for Electrocatalytic Hydrogen Evolution. *ACS Nano*, 8(5), 5290–5296. <https://doi.org/10.1021/nn501434a>
- Zheng, Y., Jiao, Y., Zhu, Y., Li, L. H., Han, Y., Chen, Y., ... Qiao, S.-Z. (2016). High Electrocatalytic Hydrogen Evolution Activity of an Anomalous Ruthenium Catalyst. *Journal of the American Chemical Society*, 138(49), 16174–16181. <https://doi.org/10.1021/jacs.6b11291>



ANEXO 01

Demanda mundial de energía primaria por tipo de combustible

	Levels <i>mboe/d</i>				Growth <i>% p.a.</i>
	2014	2020	2030	2040	2014-2040
Oil	85.1	90.7	96.7	99.8	0.6
Coal	77.7	82.7	88.9	91.5	0.6
Gas	59.6	66.9	84.0	101.7	2.1
Nuclear	13.2	15.5	19.5	23.4	2.2
Hydro	6.6	7.6	8.9	9.9	1.5
Biomass	28.2	30.7	34.6	38.1	1.2
Other renewables	3.4	5.7	11.0	17.9	6.6
Total world	273.9	299.9	343.6	382.1	1.3

Fuente: (Ban, Arellano, Alawami, Aguilera, & Tallett, 2016)

Anexo 02:

CUADRO 3.2.1 FACTORES DE EMISIÓN DE CO ₂ POR DEFECTO DEL TRANSPORTE TERRESTRE Y RANGOS DE INCERTIDUMBRE ^a			
Tipo de combustible	Por defecto (kg/TJ)	Inferior	Superior
Gasolina para motores	69 300	67 500	73 000
Gas/Diesel Oil	74 100	72 600	74 800
Gases licuados de petróleo	63 100	61 600	65 600
Queroseno	71 900	70 800	73 700
Lubricantes ^b	73 300	71 900	75 200
Gas natural comprimido	56 100	54 300	58 300
Gas natural licuado	56 100	54 300	58 300

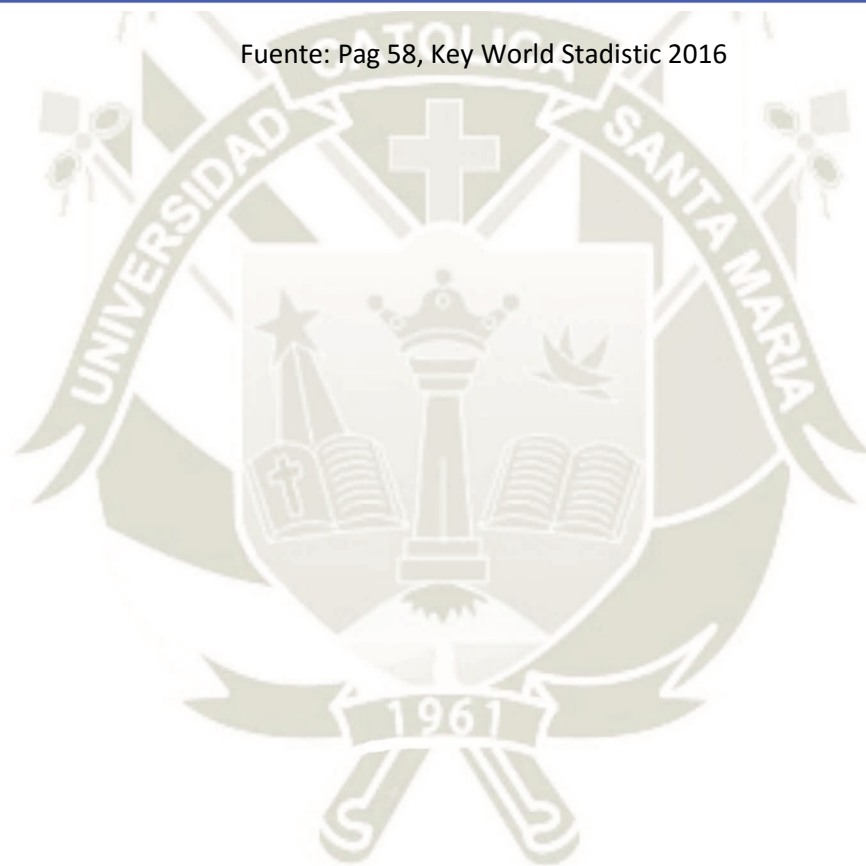
Fuente: Cuadro 1.4 del capítulo Introducción del Volumen Energía.
Notas:
^a Los valores representan el 100 por ciento de oxidación del contenido de carbono del combustible.
^b Véase el Recuadro 3.2.4 Lubricantes en la combustión móvil para obtener una orientación acerca de los usos de los lubricantes.

Fuente: Capítulo 3, pag. 16, IPCC 2006 Combustion móvil

Anexo 03

To:	TJ	Gcal	Mtoe	MBtu	GWh
From:	multiply by:				
TJ	1	2.388×10^2	2.388×10^{-5}	9.478×10^2	2.778×10^{-1}
Gcal	4.187×10^{-3}	1	1.000×10^{-7}	3.968	1.163×10^{-3}
Mtoe	4.187×10^4	1.000×10^7	1	3.968×10^7	1.163×10^4
MBtu	1.055×10^{-3}	2.520×10^{-1}	2.520×10^{-8}	1	2.931×10^{-4}
GWh	3.600	8.598×10^2	8.598×10^{-5}	3.412×10^3	1

Fuente: Pag 58, Key World Stadistic 2016



Anexo 04

RENTABILIDAD ECONOMICA Y AMBIENTAL

DATOS INICIALES

1.1 Kilometros:	100 km
1.2 Tiempo:	1 Día
1.3 Cantidad de galones:	3 gls
1.4 Precio del combustible:	13.3 soles

1.5 Tipo de generador de Hidrogeno:

A)	Cantidad	15 TOTAL
	Catodo:	4 u
	Neutro:	7 u
	Anodo:	4 u
B)	Dimensiones	
	Alto:	15 cm
	Largo:	16 cm
	Espesor:	0,2 cm
C)	Material:	MoS2/Ni3S2
D)	Electrolito:	1.0 M KOH
E)	Configuracion:	+ N -

COSTOS SIN USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COSTOS	14563.5	29127	43690.5	58254	72817.5	87381	101944.5	116508	131071.5	145635	160198.5	174762	189325.5	203889	218452.5	233016	247579.5	262143	276706.5	291270	305833.5

RENTABILIDAD ECONOMICA CON USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COSTOS	11072.45	21016.9	31461.35	41405.8	51850.25	61794.7	72239.15	82183.6	92628.05	102572.5	113017	122961.4	133405.9	143350.3	153794.8	163739.2	174183.7	184128.1	194572.6	204517	214961.5

EMISIONES CONTAMINANTES POR USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO2 (Kg)	9533.555	19067.11	28600.67	38134.22	47667.78	57201.33	66734.89	76268.44	85802	95335.55	104869.1	114402.7	123936.2	133469.8	143003.3	152536.9	162070.4	171604	181137.5	190671.1	200204.7
N2 (Kg)	48491.53	96983.06	145474.6	193966.1	242457.6	290949.2	339440.7	387932.2	436423.7	484915.3	533406.8	581898.3	630389.9	678881.4	727372.9	775864.4	824356	872847.5	921339	969830.6	1018322
H2O (Kg)	8827.945	17655.89	26483.83	35311.78	44139.72	52967.67	61795.61	70623.56	79451.5	88279.45	97107.39	105935.3	114763.3	123591.2	132419.2	141247.1	150075.1	158903	167731	176558.9	185386.8
OTROS (K)	1326.264	2652.528	3978.792	5305.056	6631.32	7957.584	9283.848	10610.11	11936.38	13262.64	14588.9	15915.17	17241.43	18567.7	19893.96	21220.22	22546.49	23872.75	25199.02	26525.28	27851.54

RENTABILIDAD AMBIENTAL CON USO DE HIDROGENO

AÑO (Kg)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO2 (Kg)	8103.522	16207.04	24310.57	32414.09	40517.61	48621.13	56724.65	64828.17	72931.7	81035.22	89138.74	97242.26	105345.8	113449.3	121552.8	129656.3	137759.9	145863.4	153966.9	162070.4	170174
N2 (Kg)	41217.8	82435.6	123653.4	164871.2	206089	247306.8	288524.6	329742.4	370960.2	412178	453395.8	494613.6	535831.4	577049.2	618267	659484.8	700702.6	741920.4	783138.2	824356	865573.8
H2O (Kg)	9710.739	19421.48	29132.22	38842.96	48553.7	58264.44	67975.17	77685.91	87396.65	97107.39	106818.1	116528.9	126239.6	135950.3	145661.1	155371.8	165082.6	174793.3	184504	194214.8	203925.5
OTROS (K)	928.3848	1856.77	2785.154	3713.539	4641.924	5570.309	6498.694	7427.078	8355.463	9283.848	10212.23	11140.62	12069	12997.39	13925.77	14854.16	15782.54	16710.93	17639.31	18567.7	19496.08

RENTABILIDAD ECONOMICA Y AMBIENTAL

DATOS INICIALES

1.1	Kilometros:	120 km
1.2	Tiempo:	1 Semana
1.3	Cantidad de galones:	3.3 gls
1.4	Precio del combustible:	12.9 soles
1.5 Tipo de generador de Hidrogeno:		
A)	Cantidad	13 TOTAL
	Catodo:	2 u
	Neutro:	9 u
	Anodo:	2 u
B)	Dimensiones	
	Alto:	15 cm
	Largo:	29 cm
	Espesor:	0,2 cm
C)	Material:	NiFe LDHs
D)	Electrolito:	1.0 M NaOH
E)	Configuracion:	+ 3N -



COSTOS SIN USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COSTOS	2213.64	4427.28	6640.92	8854.56	11068.2	13281.84	15495.48	17709.12	19922.76	22136.4	24350.04	26563.68	28777.32	30990.96	33204.6	35418.24	37631.88	39845.52	42059.16	44272.8	46486.44

RENTABILIDAD ECONOMICA CON USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COSTOS	1906.548	3206.096	5005.644	6305.192	8104.74	9404.288	11203.84	12503.38	14302.93	15602.48	17402.03	18701.58	20501.12	21800.67	23600.22	24899.77	26699.32	27998.86	29798.41	31097.96	32897.51

EMISIONES CONTAMINANTES POR USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO2 (Kg)	1494.026	2988.051	4482.077	5976.102	7470.128	8964.154	10458.18	11952.2	13446.23	14940.26	16434.28	17928.31	19422.33	20916.36	22410.38	23904.41	25398.44	26892.46	28386.49	29880.51	31374.54
N2 (Kg)	7599.22	15198.44	22797.66	30396.88	37996.1	45595.32	53194.54	60793.76	68392.98	75992.2	83591.42	91190.64	98789.86	106389.1	113988.3	121587.5	129186.7	136786	144385.2	151984.4	159583.6
H2O (Kg)	1383.448	2766.896	4150.343	5533.791	6917.239	8300.687	9684.134	11067.58	12451.03	13834.48	15217.93	16601.37	17984.82	19368.27	20751.72	22135.16	23518.61	24902.06	26285.51	27668.96	29052.4
OTROS (K)	207.8419	415.6838	623.5258	831.3677	1039.21	1247.052	1454.893	1662.735	1870.577	2078.419	2286.261	2494.103	2701.945	2909.787	3117.629	3325.471	3533.313	3741.155	3948.996	4156.838	4364.68

RENTABILIDAD AMBIENTAL CON USO DE HIDROGENO

AÑO (Kg)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO2 (Kg)	1269.922	2539.844	3809.765	5079.687	6349.609	7619.531	8889.452	10159.37	11429.3	12699.22	13969.14	15239.06	16508.98	17778.9	19048.83	20318.75	21588.67	22858.59	24128.51	25398.44	26668.36
N2 (Kg)	6459.337	12918.67	19378.01	25837.35	32296.69	38756.02	45215.36	51674.7	58134.03	64593.37	71052.71	77512.05	83971.38	90430.72	96890.06	103349.4	109808.7	116268.1	122727.4	129186.7	135646.1
H2O (Kg)	1521.793	3043.585	4565.378	6087.17	7608.963	9130.755	10652.55	12174.34	13696.13	15217.93	16739.72	18261.51	19783.3	21305.1	22826.89	24348.68	25870.47	27392.27	28914.06	30435.85	31957.64
OTROS (K)	145.4893	290.9787	436.468	581.9574	727.4467	872.9361	1018.425	1163.915	1309.404	1454.893	1600.383	1745.872	1891.361	2036.851	2182.34	2327.83	2473.319	2618.808	2764.298	2909.787	3055.276

RENTABILIDAD ECONOMICA Y AMBIENTAL

DATOS INICIALES

- 1.1 Kilometros: 500 km
 1.2 Tiempo: 1 Semana
 1.3 Cantidad de galones: 17 gls
 1.4 Precio del combustible: 13.4 soles

1.5 Tipo de generador de Hidrogeno:

- A) Cantidad 11 TOTAL
 Catodo: 2 u
 Neutro: 8 u
 Anodo: 1 u
- B) Dimensiones
 Alto: 18 cm
 Largo: 30 cm
 Espesor: 0,2 cm
- C) Material: SS (acero inoxidable)
 D) Electrolito: 1.0M KOH
- E) Configuracion: + 4N -



COSTOS SIN USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COSTOS	11845.6	23691.2	35536.8	47382.4	59228	71073.6	82919.2	94764.8	106610.4	118456	130301.6	142147.2	153992.8	165838.4	177684	189529.6	201375.2	213220.8	225066.4	236912	248757.6

RENTABILIDAD ECONOMICA CON USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COSTOS	8988.92	17030.84	25572.76	33614.68	42156.6	50198.52	58740.44	66782.36	75324.28	83366.2	91908.12	99950.04	108492	116533.9	125075.8	133117.7	141659.6	149701.6	158243.5	166285.4	174827.3

EMISIONES CONTAMINANTES POR USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO2 (Kg)	7696.496	15392.99	23089.49	30785.98	38482.48	46178.97	53875.47	61571.96	69268.46	76964.96	84661.45	92357.95	100054.4	107750.9	115447.4	123143.9	130840.4	138536.9	146233.4	153929.9	161626.4
N2 (Kg)	39147.5	78295	117442.5	156590	195737.5	234885	274032.5	313180	352327.5	391475	430622.5	469770	508917.5	548065	587212.5	626360	665507.5	704655	743802.5	782950	822097.5
H2O (Kg)	7126.852	14253.7	21380.56	28507.41	35634.26	42761.11	49887.97	57014.82	64141.67	71268.52	78395.37	85522.23	92649.08	99775.93	106902.8	114029.6	121156.5	128283.3	135410.2	142537	149663.9
OTROS (K)	1070.701	2141.402	3212.102	4282.803	5353.504	6424.205	7494.906	8565.606	9636.307	10707.01	11777.71	12848.41	13919.11	14989.81	16060.51	17131.21	18201.91	19272.61	20343.32	21414.02	22484.72

RENTABILIDAD AMBIENTAL CON USO DE HIDROGENO

AÑO (Kg)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO2 (Kg)	6542.021	13084.04	19626.06	26168.09	32710.11	39252.13	45794.15	52336.17	58878.19	65420.21	71962.23	78504.26	85046.28	91588.3	98130.32	104672.3	111214.4	117756.4	124298.4	130840.4	137382.4
N2 (Kg)	33275.37	66550.75	99826.12	133101.5	166376.9	199652.2	232927.6	266203	299478.4	332753.7	366029.1	399304.5	432579.9	465855.2	499130.6	532406	565681.3	598956.7	632232.1	665507.5	698782.8
H2O (Kg)	7839.537	15679.07	23518.61	31358.15	39197.69	47037.22	54876.76	62716.3	70555.84	78395.37	86234.91	94074.45	101914	109753.5	117593.1	125432.6	133272.1	141111.7	148951.2	156790.7	164630.3
OTROS (K)	749.4906	1498.981	2248.472	2997.962	3747.453	4496.943	5246.434	5995.924	6745.415	7494.906	8244.396	8993.887	9743.377	10492.87	11242.36	11991.85	12741.34	13490.83	14240.32	14989.81	15739.3

RENTABILIDAD ECONOMICA Y AMBIENTAL

DATOS INICIALES		DIESEL
1.1	Kilometros:	90 km
1.2	Tiempo:	1 Día
1.3	Cantidad de galones:	2 gls
1.4	Precio del combustible:	12.5 soles
1.5 Tipo de generador de Hidrogeno:		
A)	Cantidad	16 TOTAL
	Catodo:	3 u
	Neutro:	10 u
	Anodo:	3 u
B)	Dimensiones	
	Alto:	16 cm
	Largo:	20 cm
	Espesor:	0,2 cm
C)	Material:	N-GMT
D)	Electrolito:	1.0 M KOH
E)	Configuracion:	+ 2N -

COSTOS SIN USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COSTOS	9125	18250	27375	36500	45625	54750	63875	73000	82125	91250	100375	109500	118625	127750	136875	146000	155125	164250	173375	182500	191625

RENTABILIDAD ECONOMICA CON USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COSTOS	9027.5	16990	25452.5	33415	41877.5	49840	58302.5	66265	74727.5	82690	91152.5	99115	107577.5	115540	124002.5	131965	140427.5	148390	156852.5	164815	173277.5

EMISIONES CONTAMINANTES POR USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO2 (Kg)	7184.708	14369.42	21554.12	28738.83	35923.54	43108.25	50292.96	57477.67	64662.37	71847.08	79031.79	86216.5	93401.21	100585.9	107770.6	114955.3	122140	129324.7	136509.5	143694.2	150878.9
N2 (Kg)	40064.23	80128.45	120192.7	160256.9	200321.1	240385.4	280449.6	320513.8	360578	400642.3	440706.5	480770.7	520834.9	560899.2	600963.4	641027.6	681091.8	721156.1	761220.3	801284.5	841348.7
H2O (Kg)	6631.32	13262.64	19893.96	26525.28	33156.6	39787.92	46419.24	53050.56	59681.88	66313.2	72944.52	79575.84	86207.16	92838.48	99469.8	106101.1	112732.4	119363.8	125995.1	132626.4	139257.7
OTROS (K)	179.5983	359.1965	538.7948	718.393	897.9913	1077.59	1257.188	1436.786	1616.384	1795.983	1975.581	2155.179	2334.777	2514.376	2693.974	2873.572	3053.17	3232.769	3412.367	3591.965	3771.563

RENTABILIDAD AMBIENTAL CON USO DE HIDROGENO

AÑO (Kg)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO2 (Kg)	6825.473	13650.95	20476.42	27301.89	34127.36	40952.84	47778.31	54603.78	61429.25	68254.73	75080.2	81905.67	88731.15	95556.62	102382.1	109207.6	116033	122858.5	129684	136509.5	143334.9
N2 (Kg)	46073.86	92147.72	138221.6	184295.4	230369.3	276443.2	322517	368590.9	414664.7	460738.6	506812.4	552886.3	598960.2	645034	691107.9	737181.7	783255.6	829329.5	875403.3	921477.2	967551
H2O (Kg)	7294.452	14588.9	21883.36	29177.81	36472.26	43766.71	51061.16	58355.62	65650.07	72944.52	80238.97	87533.42	94827.88	102122.3	109416.8	116711.2	124005.7	131300.1	138594.6	145889	153183.5
OTROS (K)	167.0264	334.0527	501.0791	668.1055	835.1319	1002.158	1169.185	1336.211	1503.237	1670.264	1837.29	2004.316	2171.343	2338.369	2505.396	2672.422	2839.448	3006.475	3173.501	3340.527	3507.554

RENTABILIDAD ECONOMICA Y AMBIENTAL

DATOS INICIALES		Diesel
1.1	Kilometros:	300 km
1.2	Tiempo:	1 Mes
1.3	Cantidad de galones:	5.5 gls
1.4	Precio del combustible:	13 soles
1.5 Tipo de generador de Hidrogeno:		
A)	Cantidad	8 TOTAL
	Catodo:	4 u
	Neutro:	0 u
	Anodo:	4 u
B)	Dimensiones	
	Alto:	15 cm
	Largo:	16 cm
	Espesor:	0.2 cm
C)	Material:	Ni-Mo nanopolvos
D)	Electrolito:	1.0 M NaOH
E)	Configuracion:	+ -



COSTOS SIN USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COSTOS	858	1716	2574	3432	4290	5148	6006	6864	7722	8580	9438	10296	11154	12012	12870	13728	14586	15444	16302	17160	18018

RENTABILIDAD ECONOMICA CON USO DE HIDROGENO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COSTOS	1084.2	1606.4	2628.6	3150.8	4173	4695.2	5717.4	6239.6	7261.8	7784	8806.2	9328.4	10350.6	10872.8	11895	12417.2	13439.4	13961.6	14983.8	15506	16528.2

EMISIONES CONTAMINANTES POR USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO2 (Kg)	649.5764	1299.153	1948.729	2598.305	3247.882	3897.458	4547.034	5196.611	5846.187	6495.764	7145.34	7794.916	8444.493	9094.069	9743.645	10393.22	11042.8	11692.37	12341.95	12991.53	13641.1
N2 (Kg)	3622.245	7244.49	10866.74	14488.98	18111.23	21733.47	25355.72	28977.96	32600.21	36222.45	39844.7	43466.94	47089.19	50711.43	54333.68	57955.92	61578.17	65200.41	68822.66	72444.9	76067.15
H2O (Kg)	599.544	1199.088	1798.632	2398.176	2997.72	3597.264	4196.808	4796.352	5395.896	5995.44	6594.984	7194.528	7794.072	8393.616	8993.16	9592.704	10192.25	10791.79	11391.34	11990.88	12590.42
OTROS (K)	15.23765	32.4753	48.71295	64.9506	81.18825	97.4259	113.6636	129.9012	146.1389	162.3765	178.6142	194.8518	211.0895	227.3271	243.5648	259.8024	276.0401	292.2777	308.5154	324.753	340.9907

RENTABILIDAD AMBIENTAL CON USO DE HIDROGENO

AÑO (Kg)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO2 (Kg)	617.0975	1234.195	1851.293	2468.39	3085.488	3702.585	4319.683	4936.78	5553.878	6170.975	6788.073	7405.17	8022.268	8639.366	9256.463	9873.561	10490.66	11107.76	11724.85	12341.95	12959.05
N2 (Kg)	4165.582	8331.164	12496.75	16662.33	20827.91	24993.49	29159.07	33324.65	37490.24	41655.82	45821.4	49986.98	54152.56	58318.14	62483.73	66649.31	70814.89	74980.47	79146.05	83311.64	87477.22
H2O (Kg)	659.4984	1318.997	1978.495	2637.994	3297.492	3956.99	4616.489	5275.987	5935.486	6594.984	7254.482	7913.981	8573.479	9232.978	9892.476	10551.97	11211.47	11870.97	12530.47	13189.97	13849.47
OTROS (K)	15.10101	30.20203	45.30304	60.40406	75.50507	90.60609	105.7071	120.8081	135.9091	151.0101	166.1112	181.2122	196.3132	211.4142	226.5152	241.6162	256.7172	271.8183	286.9193	302.0203	317.1213