



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

Tendencias del desarrollo del hidrógeno verde  
para la optimización de la matriz energética  
peruana

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTORES:**

Aguirre Ruiz, Jesus Anibal ([orcid.org/0000-0002-7746-6082](https://orcid.org/0000-0002-7746-6082))  
Torres Guevara, Miguel ([orcid.org/0000-0001-7404-3035](https://orcid.org/0000-0001-7404-3035))

**ASESOR:**

Dr. Salazar Mendoza, Anibal Jesus ([orcid.org/0000-0003-4412-8789](https://orcid.org/0000-0003-4412-8789))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Trasmisión y Distribución

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO - PERÚ

2023

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar este trabajo de investigación a Dios, quien guía mis pasos hacia el éxito profesional con formación de valores, y por haberme brindado la familia que tengo, familia que me apoya constantemente para lograr mis sueños.

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer a toda mi familia y a la Universidad Cesar Vallejo, por el tiempo que me acogió y me formó como profesional en esta excelente carrera como la Ingeniería Mecánica Eléctrica. Agradecer también a su plana docente y a mis asesores de tesis por enriquecer esta investigación tecnológica.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	13
3.2. Variables y operacionalización.....	13
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos técnicas de .....	13
3.5. Procedimientos.....	14
3.6. Método de análisis de datos .....	15
3.7. Aspectos éticos .....	15
IV. RESULTADOS.....	16
4.1. Determinar las Principales Alternativas Tecnológicas de Producción De Los Distintos Tipos De Hidrógeno Obtenido .....	16
4.2. Descripción Detallada De Las Tecnologías, De Hidrólisis Y Pila De Combustible Para La Utilización Del Hidrógeno Verde.....	27
4.3. Determinar Y Dimensionar Las Principales Características De Producción Del Hidrógeno Verde En La Actual Situación Energética Del Perú .....	39
4.4. Determinar El Costo Nivelado Del Hidrógeno Verde Y Su Utilización En La Hidrólisis Y Pilas De Combustible Y Verificar La Viabilidad Económica Y Financiera De Los Proyectos .....	51
V. DISCUSIÓN.....	62
VI. CONCLUSIONES.....	67
VII. RECOMENDACIONES .....	69
REFERENCIAS .....	70

## Índice de tablas

Tabla 1. Evolución prevista del mercado del transporte por carretera .....	8
Tabla 2. Tipos autorizados de combustibles celdas, análisis, comparativo diferencial .....	30

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Crecimiento del uso del hidrógeno, periodo 1975 - 2050</i> .....	2
Figura 2. <i>Potencial anual de crecimiento de los proyectos de hidrógeno 21 – 30</i> .....	3
Figura 3. <i>Electrolisis ALK</i> .....	10
Figura 4. <i>Electrolizador PEM</i> .....	11
Figura 5. <i>Análisis comparativo a las tecnologías electrolizadoras ALK y PEM</i> .	12
Figura 6. <i>Demanda global de energía suministrada con hidrógeno PWH</i> .....	17
Figura 7. <i>Tecnologías de producción de H<sub>2</sub> , a partir de ciertas ER</i> .....	17
Figura 8. <i>Métodos de almacenamiento de H<sub>2</sub></i> .....	17
Figura 9. <i>Rutas para el aprovechamiento energético del H<sub>2</sub></i> .....	19
Figura 10. <i>Costos de producción de hidrógeno (USD/Kg)</i> .....	19
Figura 11. <i>Costos de producción de H<sub>2</sub>, a partir de varias fuentes</i> .....	20
Figura 12. <i>Estimación de costos de insumos para la producción de H<sub>2</sub>V</i> .....	20
Figura 13. <i>Costos de USD/día del viaje ida y retorno en buque metanero</i> .....	20
Figura 14. <i>Costos de flete en barco</i> .....	21
Figura 15. <i>Estimación de costos de los procesos para la producción de H<sub>2</sub>V</i> ..	21
Figura 16. <i>Factores que afectan el costo proyectado de H<sub>2</sub>V para el año 202023</i>	
Figura 17. <i>Sensibilidad de costo H<sub>2</sub>V al año 2030</i> .....	23
Figura 18. <i>Proceso de producción de hidrógeno a través de la gasificación del carbón</i> .....	24
Figura 19. <i>Producción de hidrógeno por electrólisis</i> .....	24
Figura 20. <i>Proceso de fabricación de hidrógeno verde a partir del ERNC</i> .....	25
Figura 21. <i>Utilización del hidrógeno verde en locomoción terrestre</i> .....	25
Figura 22. <i>Funciones que desempeñan los países arquetipo en los mercados del hidrógeno renovable</i> .....	26

Figura 23. PEMFC, Esquema principal de funcionamiento de intercambio de protones.....	30
Figura 24. Batería de litio .....	32
Figura 25. Conducción ciclo ejecución .....	33
Figura 26. Diferentes condiciones totales de tiempos planificados en total .....	34
Figura 27. Seleccionado de ciclo de características .....	34
Figura 28. Carga y descarga de la principal ruta, en vista de sectores superiores	34
Figura 29. Ciclo de conducción característico y su respectivo perfil de velocidades.....	35
Figura 30. Ciclo de conducción de característica de perfil en alturas .....	35
Figura 31. Principales usos del H <sub>2</sub> a nivel mundial .....	38
Figura 32. Buck convertidor con circuito equivalente.....	42
Figura 33. Buck cerrado, modalidad de conducción continua.....	43
Figura 34. Función usual del catalizador en la energía activada .....	45
Figura 35. Pila de combustible y su curva polarizada.....	46
Figura 36. Relación gráfica entre los multi ciclos y la DOD .....	47
Figura 37. Electrolisis PEM y sus esquema del proceso principal .....	48
Figura 38. Sistema y estructura .....	49
Figura 39. Pila de combustible, gráfica de voltaje y flujo de corriente.....	50
Figura 40. Esquema de costos de seguros de vehículos .....	55
Figura 41. Historial de calidad ambiental de los combustibles en el Perú.....	56
Figura 42. Análisis conceptual de fallas en sistemas de protección .....	58
Figura 43. Relación entre el PBI y el incremento de la demanda eléctrica .....	59
Figura 44. Variación de la tarifa del usuario residencial .....	60
Figura 45. Variaciones de las tarifas eléctricas .....	60
Figura 46. Tarifas eléctricas en el ámbito de Latino América .....	61

## Resumen

El hidrógeno verde es un término que se utiliza para describir el hidrógeno producido a partir de fuentes de energía renovable, como la energía solar o eólica, en un proceso llamado electrólisis del agua. En este proceso, se utiliza electricidad para separar las moléculas de agua ( $H_2O$ ) en hidrógeno ( $H_2$ ) y oxígeno ( $O_2$ ), sin generar emisiones de carbono.

El desarrollo del hidrógeno verde es cada vez más importante debido a su potencial para desempeñar un papel clave en la transición hacia una economía baja en carbono y libre de combustibles fósiles. A continuación, se presentan algunos aspectos importantes relacionados con el desarrollo del hidrógeno verde:

**Producción:** La producción de hidrógeno verde implica el uso de energía renovable para alimentar la electrólisis del agua. Los sistemas de energía solar y eólica son las fuentes más comunes de energía utilizadas para este fin. A medida que la capacidad de generación de energía renovable continúa aumentando y los costos disminuyen, se espera que la producción de hidrógeno verde sea cada vez más viable a gran escala.

**Almacenamiento y distribución:** El hidrógeno verde puede ser almacenado y distribuido para su uso posterior en una variedad de aplicaciones. Se pueden utilizar tecnologías de almacenamiento como la compresión, la licuefacción o la absorción en materiales sólidos para almacenar hidrógeno. Además, se están desarrollando infraestructuras para su distribución, incluyendo gasoductos y estaciones de carga de hidrógeno.

**Aplicaciones:** El hidrógeno verde se puede utilizar en una amplia gama de aplicaciones, como la producción de electricidad y calor en pilas de combustible, la movilidad a través de vehículos de hidrógeno, la producción de productos químicos y la descarbonización de la industria pesada. También puede utilizarse como un medio de almacenamiento de energía para equilibrar la intermitencia de la energía renovable.

**Desafíos:** Aunque el hidrógeno verde tiene un gran potencial, también enfrenta

desafíos significativos. Uno de los principales desafíos es el costo de producción, ya que la electrólisis del agua todavía es relativamente cara en comparación con otros métodos de producción de hidrógeno. Además, se requiere una infraestructura adecuada para su almacenamiento y distribución, lo que requiere inversiones significativas.

**Iniciativas y políticas:** Muchos gobiernos y organizaciones en todo el mundo están promoviendo activamente el desarrollo del hidrógeno verde a través de iniciativas y políticas. Se están implementando incentivos fiscales y programas de financiamiento para apoyar la investigación, el desarrollo y la implementación de tecnologías relacionadas con el hidrógeno verde.

En resumen, el desarrollo del hidrógeno verde es una parte fundamental de la transición hacia una economía baja en carbono. A medida que se superan los desafíos técnicos y económicos, se espera que el hidrógeno verde desempeñe un papel cada vez más importante en la descarbonización de múltiples sectores y contribuya a la mitigación del cambio climático.

**Palabras clave:** Hidrógeno, electrólisis, reformado, metano.

## **Abstract**

Green hydrogen is a term used to describe hydrogen produced from renewable energy sources, such as solar or wind power, in a process called water electrolysis. In this process, electricity is used to separate water (H<sub>2</sub>O) molecules into hydrogen (H<sub>2</sub>) and oxygen (O<sub>2</sub>), without generating carbon emissions.

The development of green hydrogen is becoming increasingly important due to its potential to play a key role in the transition to a low carbon economy free of fossil fuels. Here are some important aspects related to the development of green hydrogen:

**Production:** The production of green hydrogen involves the use of renewable energy to power the electrolysis of water. Solar and wind power systems are the most common sources of energy used for this purpose. As renewable energy generation capacity continues to increase and costs fall, green hydrogen production is expected to become increasingly viable on a large scale.

**Storage and distribution:** Green hydrogen can be stored and distributed for later use in a variety of applications. Storage technologies such as compression, liquefaction, or absorption in solid materials can be used to store hydrogen. In addition, infrastructures for its distribution are being developed, including gas pipelines and hydrogen charging stations.

**Applications:** Green hydrogen can be used in a wide range of applications, such as the production of electricity and heat in fuel cells, mobility through hydrogen vehicles, the production of chemical products and the decarbonization of heavy industry. It can also be used as a means of energy storage to balance the intermittency of renewable energy.

**Challenges:** Although green hydrogen has great potential, it also faces significant challenges. One of the main challenges is the cost of production, since water electrolysis is still relatively expensive compared to other methods of hydrogen production. In addition, an adequate infrastructure is required for its storage and distribution, which requires significant investments.

**Initiatives and Policies:** Many governments and organizations around the world are actively promoting the development of green hydrogen through initiatives and policies. Tax incentives and financing programs are being put in place to support

the research, development, and deployment of green hydrogen-related technologies.

In short, the development of green hydrogen is a fundamental part of the transition to a low carbon economy. As technical and economic challenges are overcome, green hydrogen is expected to play an increasingly important role in decarbonizing multiple sectors and contributing to climate change mitigation.

**Keywords:** Hydrogen, electrolysis, reforming, methane.

## I. INTRODUCCIÓN

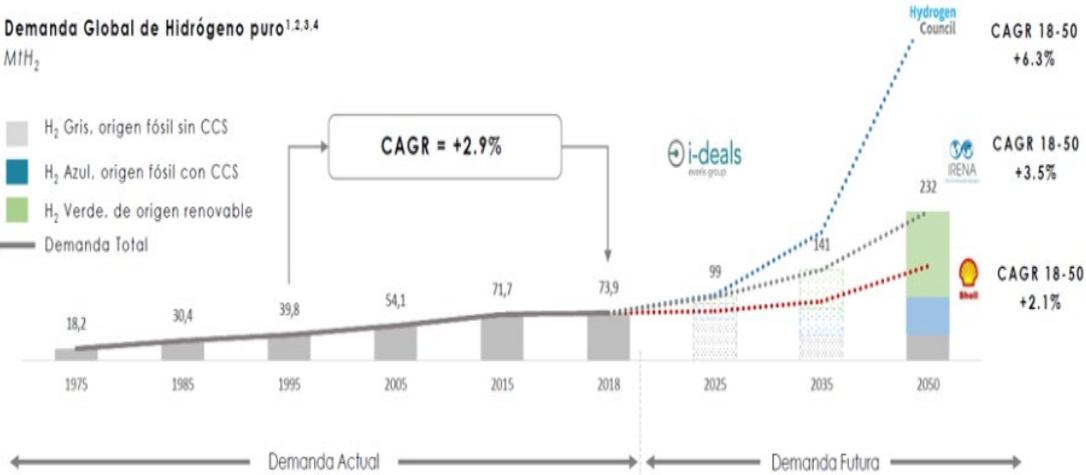
En países de Europa y América, se han anunciado, que para el año 2035, no se fabricarán vehículos que utilicen combustibles derivados del petróleo, con ello, se busca disminuir la cantidad de emisiones de carbono, y tendría un gran impacto en la cantidad de gases en el aire atmosférico. La crisis actual que ocurre en Europa, en el cual países del Europa del Este, enfrentan conflictos, lo cual tiene consecuencia directa con la exportación de gas y petróleo; ello ha llevado a la búsqueda de nuevos combustibles, y llegar al final de la dependencia del Petróleo. Países como España, Francia, Alemania entre otros, tienen en la mira la utilización de otros recursos energéticos, sin embargo, las tecnologías para la masificación de su uso, es la principal barrera que se afronta actualmente. (Gonzales, 2022).

El Perú, un país con 200 años de independencia, ha logrado tener un crecimiento económico importante, entre los años 2000 y 2020, teniendo entre muchas razones, las políticas energéticas que se trazaron, siendo el ingreso del gas natural de Camisea, uno de sus mayores a la generación de energía; sin embargo, los índices de contaminación se han incrementado. (OSINERGMIN, 2021).

El gas natural (metano), en el Perú, es el principal recurso energético que se utiliza, ello involucra grandes cantidades de emisiones de dióxido de carbono hacia el medio ambiente; teniendo en cuenta que existe un compromiso firmado por el Estado Peruano, en la reunión del COP29, que se realizó en el año 2021, en el cual, hacia el año 2030, se debe reducir las emisiones anuales de dióxido de carbono de 288 Millones de Toneladas, a 218 Millones de Toneladas.

El problema de las emisiones de gases hacia el medio ambiente, por la combustión del gas natural, en las turbinas de ciclo combinado, las cuales son monitoreadas por el COES, deben de reducirse con el uso de nuevas tecnologías, es decir dejar de tener la dependencia del Gas Natural. Ello si es posible mediante el moderno procedimiento de reformado del gas natural para la producción de hidrógeno y anhídrido carbónico, el cual no es vertido a la atmósfera, si no es inyectado al sub suelo, rellenando las cavernas producidas por la extracción del mismo gas natural, o por la extracción de petróleo, por ejemplo en la cuenca de Talara o la cuenca del capirona en la selva norte del Perú, emulando los procesos CCS (carbón captura y almacenaje).

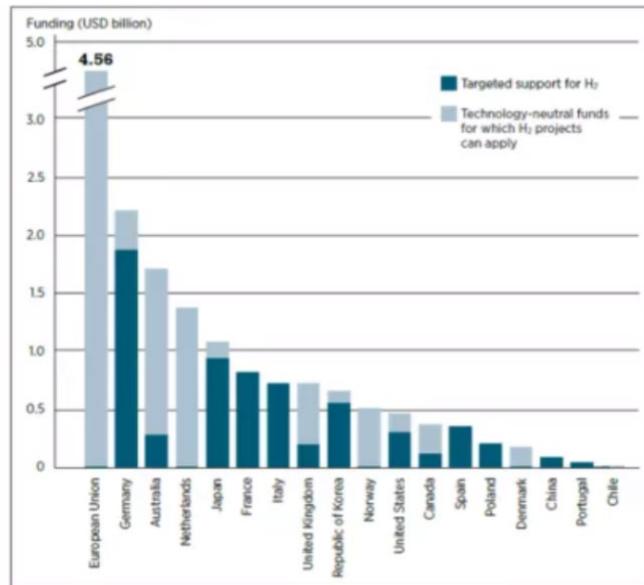
Figura 1. Crecimiento del uso del hidrógeno, periodo 1975 - 2050



Fuente: IRENA

Se formuló la presente investigación de la forma siguiente: ¿Cómo se podría optimizar la matriz energética peruana, si se realiza un estudio de las tendencias del desarrollo del hidrógeno verde?

Figura 2. Potencial anual de crecimiento de los proyectos de hidrógeno 2021 - 2030



Fuente: IRENA

Se justificó la investigación de manera técnica, económica, social y ambiental. De manera técnica, es porque cada vez se tiene mayores investigaciones en la forma como obtener hidrógeno a partir de recursos energéticos existente, sin tener que recurrir a la combustión; de manera económica se justificó el estudio, porque se analizó los costos de la generación de energía eléctrica utilizando el hidrógeno. La investigación se justificó de manera social, porque busca cubrir el déficit de generación eléctrica, destinado a los grandes proyectos en el Perú, y de índole ambiental, es donde tiene mayor importancia el estudio, porque se logra con el estudio, la determinación de las tendencias de descarbonizar la atmosfera.

El objetivo general de la presente investigación es analizar las tendencias del hidrógeno verde para optimizar la matriz energética peruana, teniendo como objetivos específicos: Determinar las principales alternativas tecnológicas de producción de los distintos tipos de hidrógeno obtenido; describir detalladamente las tecnologías, de hidrólisis y pila de combustible

para la utilización del hidrógeno verde; Determinar y dimensionar las principales características de producción del hidrógeno verde, en la actual situación energética del Perú, y finalmente determinar el costo nivelado del hidrógeno verde y su utilización en la hidrólisis y pilas de combustible y verificar la viabilidad económica y financiera de los proyectos.

## II. MARCO TEÓRICO

Las investigaciones referentes al uso del hidrógeno como fuente de energía, están enmarcadas dentro de las políticas energéticas de algunos países, a fin de tener menor dependencia de los combustibles fósiles; entre las investigaciones, se menciona:

Con la profunda filosofía, que la misión principal es definir hasta donde ha llegado el conocimiento y el arte de medir este, y con las investigaciones realizadas, hasta este punto se ha visto diferentes tipos de recolectores de energía oceánica, gran parte de esta variedad se encuentra en (Ali et al. 2021) la descripción de tipos de generadores lineales de imán permanente (PM) con diferentes geometrías, tales como, tubular, octogonal, de reluctancia cambiante, y de generador de flujo cambiante. También, se describe brevemente como se pueden optimizar estas geometrías por algoritmos genéticos o curvas Biezer. Además de ello, propone nuevos modelos de generadores como el generador lineal de superconductor del modelo (MFSPMLG), el cual es analizado por FEM magnético en ANSYS haciendo la comparación del performance entre un superconductor y el cobre utilizado para el estator. Entre las últimas propuestas de convertidores de energía, (Fang et al. 2019) analiza un generador de engranajes magnéticos integrados, en el cual se mezcla un engranaje magnético de magnetización tipo Halbach para el rotor exterior y magnetización radial 5 para el rotor interior y un generador síncrono de imanes permanentes con estructura de polos excéntricos del rotor. A este modelo se le analizo mediante FEM el comportamiento de su campo de flujo magnético, de esta manera se logró entender la influencia de los polos magnéticos con

diferentes excentricidades y su influencia en el campo de flujo del entrehierro. Esto sirvió para ver sus ventajas como tener una estructura más compacta, un bajo par de arrastre y alta fiabilidad. Sin embargo, para poder optimizar el modelo geométrico de estos convertidores es necesario considerar otros factores.

Así, como en (Fang et al. 2018) que considera diferentes parámetros como el ángulo de incidencia de la ola y el número de ola incidente. Para optimizar se utilizó un algoritmo de evolución diferencial (Differential Evolution – DE), el cual es más sencillo para su procedimiento y más robusto al momento de buscar soluciones para optimizar. Para mejorar este algoritmo se propuso un operador de mutación, el cual ayuda en la convergencia del algoritmo DE, de tal manera que resulta más rápida y con mejor precisión. Para los casos se estudió el comportamiento de diferentes conversores de energía de olas (WEC) del tipo flotante, como interactúan y como deberán de optimizarse respecto a su posición. De este estudio se obtiene un aumento de generación de energía si existe un aumento en la cantidad de conversores de energía, y también cuando estos no mantienen una formación lineal al ser instalados. Entre las innovaciones más importantes de estos dispositivos de conversión, se encuentra que en (Molla et al. 2020) se mejora la potencia eléctrica generada por un generador lineal oceánico mediante una optimización tipo “Winding”, para lo cual se diseñó un LG y se evaluó mediante MAXWELL en ANSYS. Según estos resultados se aplicó la optimización Winding, la que por consecuencia redujo el peso y ganancia para este modelo. Además, este modelo propuesto basa su peso

dimensionado según el grosor del conductor, buscando un punto óptimo de funcionamiento. Además de ello en el modelo se incorpora un sistema 6 refrigerante que mantiene en las temperaturas óptimas al mecanismo, mejorando la recolección de energía eléctrica hasta un 42 %. Por último, se contrasta los estudios teóricos con un prototipo a escala. Desde una perspectiva global, en (Liu 2021) se ve como resumen las diferentes tecnologías documentadas hasta ese momento, evaluando sus pro y contras. Se observa que basados en la clasificación de la Agencia Internacional de Energía (IEA) ellos se centran en estudiar los convertidores de energía de mar del tipo dispositivo directo (Direct-Drive wave power take off) o conocido por sus siglas DDPTO, el cual trabaja con generador de imanes lineales permanentes (PMLG). Este evalúa las problemáticas que presentan estos dispositivos en sus diferentes presentaciones, realizando un resumen de las empresas y universidades que poseen dispositivos con esta tecnología. Finalmente, se realizó un contraste entre el desarrollo industrial y su desarrollo en el laboratorio hasta ese momento.

En este tema de definir el estado del arte y su principal afán de delimitar el estado de la ciencia y el arte, debemos definir, cual es el estado de la ciencia de los autos de motor a combustión interna con regulación electrónica con ECU y programación posible y potente para manejar los parámetros y por ejemplo con un mismo motor definir las alternativas de potencias obtenidas con la variación de potencia con las ECUS y demás aplicaciones, pero también apreciaremos las alternativas posibles y probables que utilizan la biomasa tan abundante en el norte del país, con énfasis en la carbonización hidrotermal o la producción de carbono, que sirve para producir también,

carbón con fines de limpieza y procedimientos químicos, pero también viendo la posibilidad de utilizar tecnologías menos recientes, tales como la pirólisis moderna y la pirólisis fundamental, la gasificación elemental y la simple combustión a condiciones de presión y temperatura normales.

Tabla 1. *Evolución prevista del mercado del transporte por carretera*

ENERGIAS	PARQUE (Nº de vehículos)		INFRAESTRUCTURA ACCESIBLE PÚBLICO (Nº de estaciones)	
	ACTUAL (Aprox.)	ESTIMADO 2020	ACTUAL	ESTIMADO 2020
GNC	4.400	17.200	34	85 (20 en construcción y 31 en proyecto)
GNL	250	800	15	44 (9 en construcción y 20 en proyecto)
ELECTRICIDAD	18.200	150.000	1.659	3.300
GLP	50.000	200.000 - 250.000	468	800-1.000
HIDRÓGENO	Proyectos Demostración	500	6	20 (4 en proyecto)
BIOCARBURANTES	Evolución marcada por el Real Decreto 1085/2015, de diciembre, de fomento de los biocarburos			

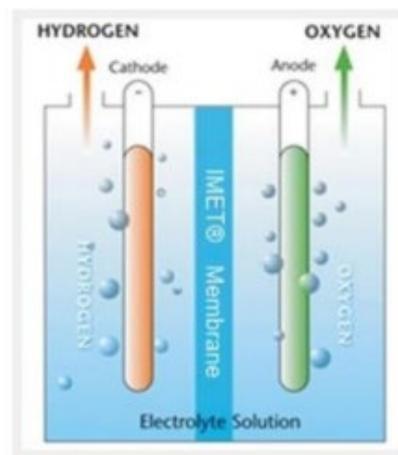
Fuente: MTC.

Debido al avance tecnológico en estos últimos años se han abierto diferentes oportunidades tecnológicas para la recolección de energía, entre ellas destaca la energía marina de las olas, la cual debido a su complejidad requiere un análisis integral de temas como la dinámica de fluidos computacional, comportamiento estructural y estudio de optimización geométrica de convertidores de energía que envuelven comportamientos magnéticos. Estos temas cada vez son mejor abordados, superando la complejidad de los mismos gracias a las nuevas herramientas computacionales, que hoy en día son más robustas para representar dichos estudios. IRENA (International Renewable Energy Agency) (IRENA, 2018) señala que Perú en el año del 2018 presentó dos fuentes de mayor alcance para la red energética, las fuentes de combustibles sólidos y de potencial

hídrico (represas), siendo esta última el 41% de la oferta energética total. Sin embargo, se viene ampliando la variedad de energías renovables que se van agregando a la red nacional, entre ellas, la producción de energía por fuentes solares o de viento, que llegó a ser aproximadamente el 3% de la oferta máxima en el año 2018. Además, se observa que la brecha actual entre la oferta y demanda de energía asciende a una cantidad de 10,000 TJ (Tera Joules) aproximadamente (considerando pérdidas por transformación energética), teniendo un crecimiento anual de consumo eléctrico de 7% aproximadamente (López et al., 2015). Por otro lado, se evidencia que el crecimiento de la oferta por energías renovables viene en crecimiento considerable, el año 2019 creció aproximadamente un 77% de expansión total respecto al año anterior, viendo un incremento sustancial en la producción de energía mediante generación solar, siendo la producción total en energías renovables de 72 GW (Giga Watts). (Weiss et al., 2018) realizó diversos estudios sobre tecnologías renovables que se aplican en el Perú, entre ellas, destaca las tecnologías offshore, las cuales se vuelven atractivas debido al cambio tecnológico, haciéndose viables como fuentes de energía. A pesar de que en mar abierto es muy prometedor la implementación de plantas eólicas marinas, la energía mareomotriz toma un protagonismo importante, al ser más constante y predecible que la energía eólica o undimotriz los cuales dependen más del clima y variación de temperaturas, evaluándose así su viabilidad como fuente de generación de energía verde. El índice de viabilidad a nivel mundial del uso de energía mareomotriz, el cual señala una viabilidad mayor al 0.7 para las costas peruanas, en comparación con gran parte del caribe, centro Asia, y las costas orientales

americanas. Esto da una ventaja competitiva para la implementación de esta tecnología, que tiene un potencial aun sin explotar a nivel industrial. Otro factor para considerar es que a diferencia del océano atlántico que existe el riesgo de diferentes tipos de desastres naturales, desde mozones 8 hasta huracanes de alto impacto, en el océano pacifico por el contrario se ve que las condiciones climáticas son más predecibles y de menor riesgo de desastres naturales. Por ello, optar por recolectar energía mareomotriz en las costas peruanas puede llegar a tener un sólido desarrollo.

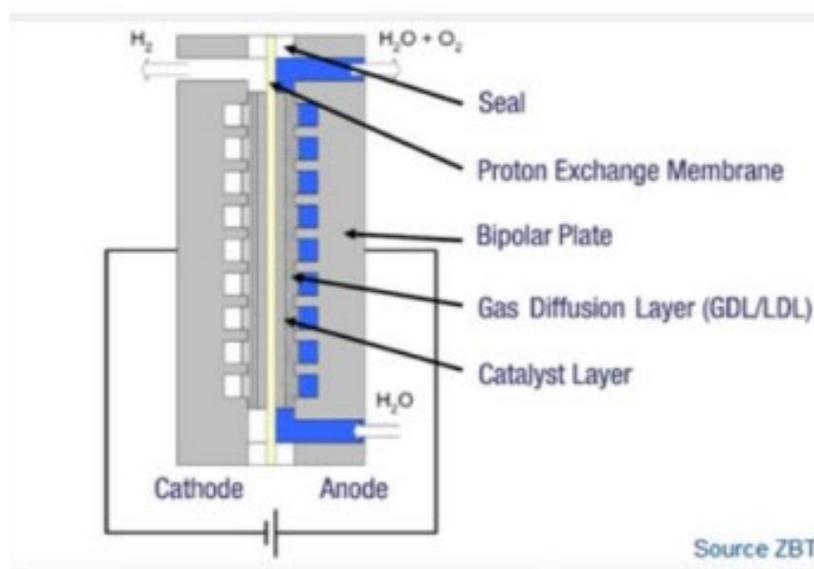
Figura 3. *Electrolisis ALK*



Fuente: *Elaboración propia*

Las oportunidades de implementarla este tipo de 9 generación de energía en Perú, la cual resulta más provechosa que en otras zonas del mundo, esta conclusión se llega evaluando el potencial de la energía mareomotriz respecto a su factor como recurso, idoneidad, logística y distancia respecto a la zona en la que será utilizada por esta tecnología. El Perú se ubica entre los veinte países con más posibilidad de utilizar esta tecnología y la cantidad en TWh/mes que se podría extraerse del mar sería aproximadamente 75 TWH/mes como producción debido a la energía mareomotriz.

Figura 4. *Electrolizador PEM*



*Fuente: Elaboración propia*

Hoy en día, existe una creciente por buscar diferentes fuentes de energía, optando por energías renovables, como la energía eólica, energía solar, energía hidroeléctrica, energía de las mareas, energía geotérmica, energía por biomasa, según lo menciona (Ghaffour et al. 2015). Particularmente, la energía de las mareas o energía por olas utiliza diferentes convertidores, los cuales pueden ser de columnas oscilantes, cuerpos activados por las olas y de sobrepaso, (Kovaltchouk et al. 2015). Este sistema de tipo de energía y convertidor generan gran interés por parte de los investigadores para poder implementar una correcta obtención de la energía renovable. Esta tendencia actual de implementar generación de energías renovables por olas es actualmente observada en países como Brasil, Chile y Argentina, desarrollando investigaciones que son financiadas no solamente por los propios estados sino en colaboración por las empresas privadas, que en cooperación generan un aporte importante para el desarrollo sostenible de estos países. En el caso del Perú, este tipo de 14 implementación tecnológica aún está iniciándose, observándose poco interés, debido a la

complejidad que este tipo de fenómenos presenta. La importancia de su optimización geométrica garantiza una gran eficiencia en la conversión. Un caso interesante que se cita de una inadecuada utilización de estos convertidores es el caso del proyecto de Majes (Energy 2015), en donde las pérdidas del sistema de generación de energía por olas fueron muy altas, haciendo poco rentable su posterior implementación en otros puntos del litoral brasileño. Este trabajo, se justifica por implementar una metodología para evaluar este tipo de convertidores de energía por olas, el cual es crucial en la etapa de conversión de la energía y aportar de manera significativa a esta línea de investigación que el Perú comienza a desarrollar. La presente metodología será comentada en este plan de tesis, resaltando el aporte dado mediante simulaciones numéricas para la optimización de los convertidores de energía por olas.

Figura 5. Análisis comparativo a las tecnologías electrolizadoras ALK y PEM

Características tecno-económicas de las ALK y PEM electrolizadoras (2017, 2025)				
Tecnología [Unidades]	ALK		PEM	
	2017	2025	2017	2025
Eficiencia [KW electricidad/kg H2]	51	49	58	52
Eficiencia (LHV) [%]	56	68	57	64
Lifetime stack [Horas operación]	80.000	90.000	40.000	50.000
CAPEX [€/kW]	750	480	1200	700
OPEX [%CAPEX inicial/año]	2%	2%	2%	2%
CAPEX-stack replacement[€/kW]	340	215	420	210
Presión típica de salida [Bar]	Atmosférica	15	30	60
Vida útil del sistema [Años]	20		20	
Características de operación dinámica				
	ALK		PEM	
Rango de carga	15-100% de la carga nominal		0-160% de la carga nominal	
Tiempo de arranque	1-10 mins		1-5seg	
Rampa de subida/bajada	0.2-20%/seg		100%/seg	
Tiempo de parada	1-10mins		Segundos	

Fuente: IRENA

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Aplicada,

Diseño de investigación: Diseño no experimental Transversal.

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable 1:** Aumento del uso del hidrógeno verde.

**Variable 2:** Matriz energética peruana optimizada

#### 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

La población: Alternativas de obtención del Hidrógeno Verde.

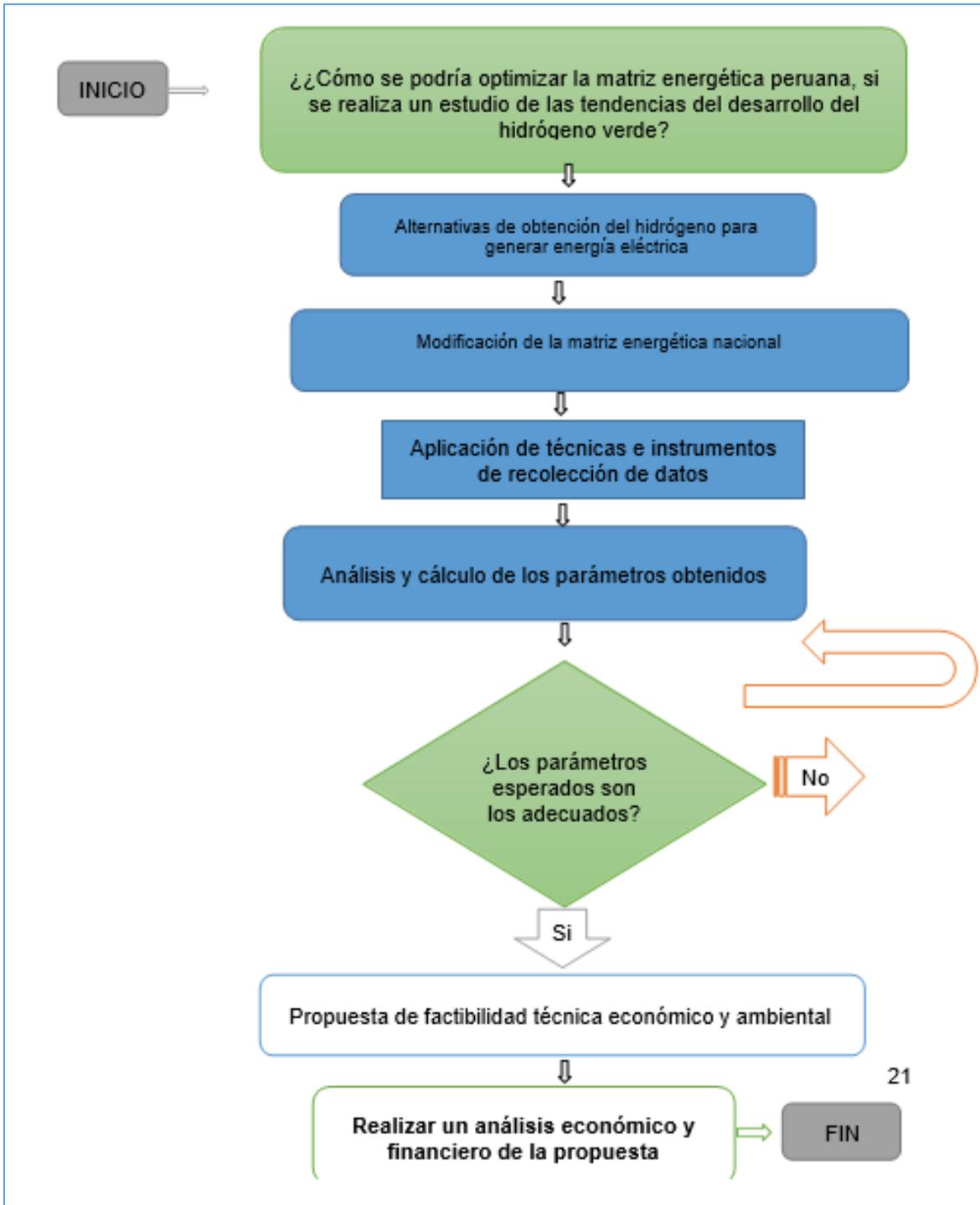
La muestra : La muestra coincide con la población.

El muestreo : No probabilístico, porque no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación

#### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos técnicas de

TÉCNICA	USO	INSTRUMENTO
Revisión documental.	Se revisaran los trabajos de Investigación, artículos científicos, y manuales de los fabricantes para el diseño.	Ficha de revisión bibliográfica. Evaluación Documentaria.

### 3.5. Procedimientos



### **3.6. Método de análisis de datos**

En este estudio se utilizó la estadística descriptiva como método para analizar los datos obtenidos con nuestra herramienta. Entre ellos, el análisis cuantitativo se refiere al estudio, medición y análisis estadístico de los cambios que produce de forma fácilmente cuantificable.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se respetó la autoría de los autores citados.

## **IV. RESULTADOS.**

### **4.1. Determinar las Principales Alternativas Tecnológicas de Producción De Los Distintos Tipos De Hidrógeno Obtenido**

Entre uno de los ciclos de potencia más empleados para una central geotérmica es el Ciclo Orgánico Rankine (ORC, por sus siglas en el idioma inglés), por lo que es necesario escoger un adecuado fluido de trabajo para optimizar la extracción de energía en el ciclo. Entre los más empleados se tiene a los siguientes:

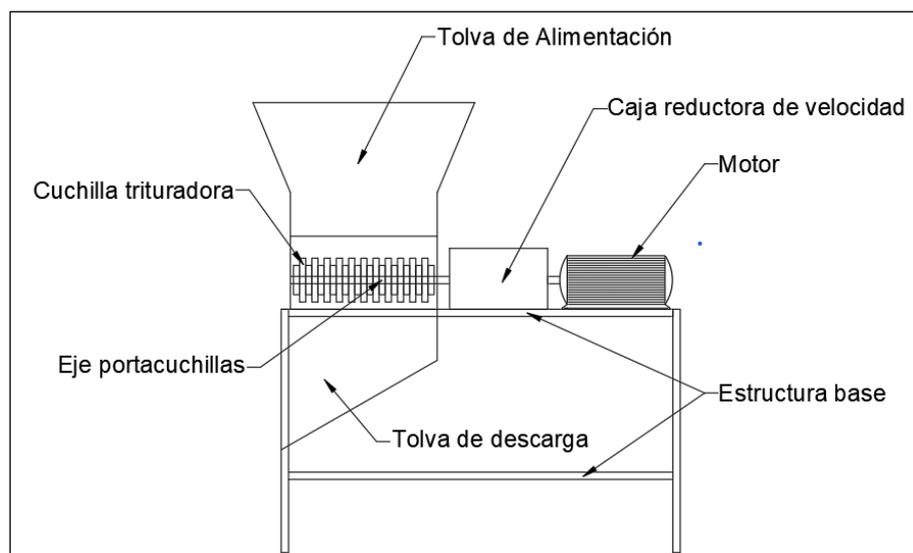
**R12.** Este gas refrigerante, llamado Diclorofluorometano, se le consideró un nivel alto de peligro por la Unión Europea (UE) para el ambiente y esencialmente para la capa de ozono. En concordancia con el Reglamento N°2037/2000, su generación, uso y distribución quedó prohibida en el continente europeo, pero se puede emplear bajo ciertas excepciones. Por ejemplo, Estados Unidos prohibió su utilización, para cumplir con el Protocolo de Montreal. (Parlamento Europeo, 2010)

#### **CARACTERÍSTICAS DEL R12**

Entre las características que posee este gas refrigerante se tienen a las siguiente: Gas incoloro. Y Genera un efecto negativo en la capa de ozono, por ello se ha buscado sustituirlo.

**PRECIOS DEL R12.** El costo de dicho refrigerante puede ser variado de un país a otro, aunque al buscar por internet, se tiene un costo que puede variar entre \$ 20 hasta \$ 50. Aunque en el precio también puede verse afectado dependiendo del cilindro que almacene al gas y su masa. (Gasica, 2020)

Figura 6. Demanda global de energía suministrada con hidrógeno PWH



Fuente: McKimsey & Co.

Figura 7. Tecnologías de producción de  $H_2$ , a partir de ciertas ER

Tecnología	Materia Prima	Eficiencia (%)	Desarrollo tecnológico
Gasificación	Biomasa	35-50	Comercial
Fotólisis	Luz + agua	0,5	Largo plazo
Fermentación oscura	Biomasa + luz	0,1	Largo plazo
Foto fermentación	Biomasa + luz	0,1	Largo plazo
Electrólisis microbiana	Biomasa + electricidad	78	Largo plazo
Electrólisis alcalina	Agua + electricidad	50-60	Comercial
Electrólisis PEM	Agua + electricidad	55-70	Corto plazo
Electrólisis oxido sólido	Agua + electricidad + calor	40-60	Mediano plazo
Rompimiento termoquímico	Agua + calor	nd	Largo plazo
Rompimiento foto electroquímico	Agua + luz	12	Largo plazo

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Métodos de almacenamiento de  $H_2$

Proceso	Estado Físico	Modo de almacenamiento	Aplicaciones
Compresión	Gas	Cavernas, cilindros, tanques	Estacionarias, móviles
Licuefacción	Líquido	Depósitos criogénicos	Estacionarias, móviles
Absorción	Gas	Hidruros metálicos, químicos	Móviles, portátiles
Adsorción	Gas	Carbón activado, nano estructuras de carbono	Móviles, portátiles
Compresión	Gas	Microesferas de vidrio	Portátiles

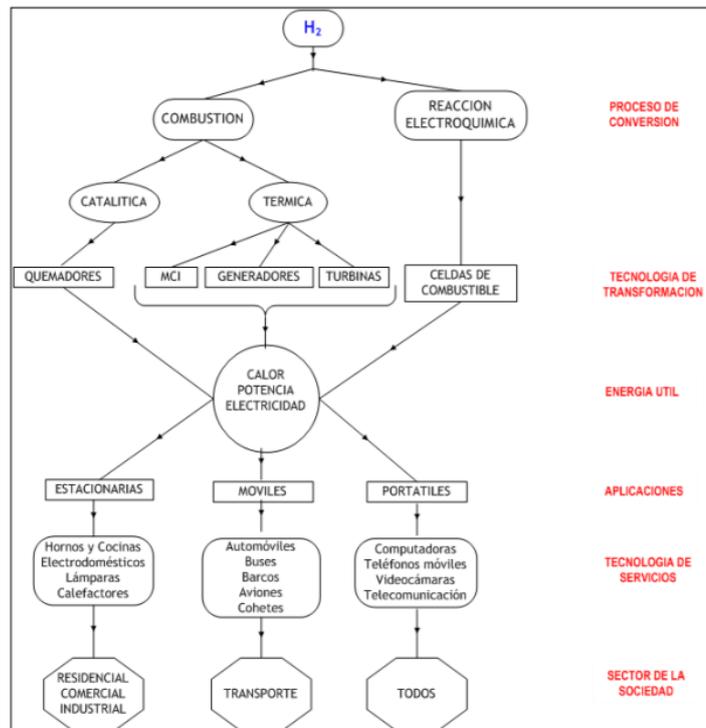
Fuente: Elaboración propia.

**R134a.** Viene a ser un tipo de refrigerante hidrofluorocarbonos puro, sustituyendo a los que son contaminantes como el R12 en nuevas instalaciones. Dichos refrigerantes HFC vienen a ser gases fluorados de 3era generación que se han generado a partir de átomos de hidrógeno, flúor y carbono, y como no poseen cloro en su composición, ya no originan un agotamiento de la capa de ozono, donde su utilización ahora es considerada ecoamigable. (Pochteca Perú, 2021)

Su capacidad calorífica es algo inferior que la del R12, aunque su ventaja significativa es su nulo daño a la capa de ozono porque no posee nada de cloro, ya que, si existen accidentes de fugas, se pueden rellenar los equipos sin problema y fácilmente; pero el compresor empleado debe ser algo mayor que para otros gases refrigerantes hidrofluorocarbonos, siendo altamente eficiente energéticamente, no es tóxico, ni irritante, no corrosivo y es no inflamable. (Pochteca Perú, 2021)

En los sistemas de acondicionamiento de aire vehicular, dicho gas ofrece un beneficio de que no posee ningún tipo de olor extraño, ayudando a mitigar la contaminación ambiental, con una humedad menor al 0.001% brindando una nula corrosión al sistema de refrigeración. Adicionalmente, su contenido de ácido es menor al 0.00001% y su rastro de evaporación es inferior al 0.01%. (Pochteca Perú, 2021)

Figura 9. Rutas para el aprovechamiento energético del H<sub>2</sub>



Fuente: SCIELO.

En cuanto la reducción de precios, debemos de anotar que estos están en constante reducción, y que pueden ser expresados en la siguiente figura:

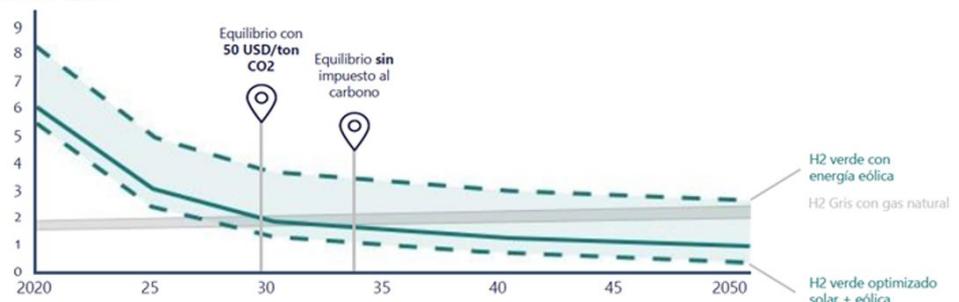
Figura 10. Costos de producción de hidrógeno (USD/Kg)



## Reducción de costos de las tecnologías para producirlo

Costo de producción de hidrógeno (USD/kg)

(Fuente: McKinsey & Co)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Costos de producción de H<sub>2</sub> , a partir de varias fuentes

Fuente	Proceso	Costo (US\$ kg <sup>-1</sup> )
Gas natural	Reformado	2,33 - 3,17
Carbón	Gasificación	1,05 - 1,50
Solar FV	Electrólisis	5,78 - 6,05
Solar térmica	Electrólisis	5,10 - 6,46
Eólica	Electrólisis	3,50 - 6,61
Biomasa	Gasificación	1,99 - 2,83
Biomasa	Pirólisis	1,47 - 2,57

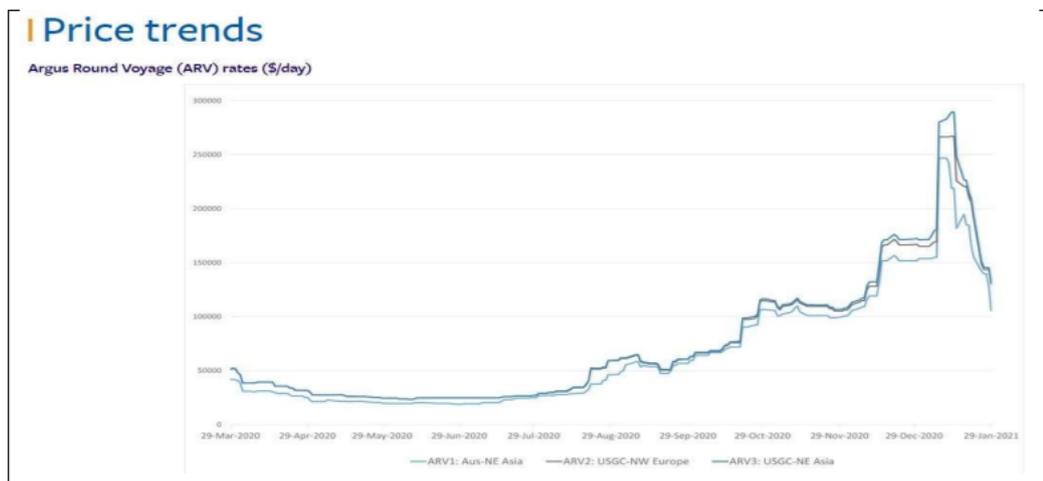
Fuente: MASKANA.

Figura 12. Estimación de costos de insumos para la producción de H<sub>2</sub>

Insumo	2020	2025	2030
Potencia del electrolizador (MW)	40	40	40
Factor de planta del electrolizador	30 - 40 -50%	30 - 40 -50%	30 - 40 -50%
Costo electricidad FV en-sitio (USD/MWh)	30 -35 -40	25 - 30 -40	20 - 25 - 30
Eficiencia proceso electrólisis	64 - 67 - 70%	68 - 71 - 74 %	72 - 76 - 78%
Horas efectivas anuales (más probable)	3.504	3.504	3.504
Consumo energético anual (MWh)	140.160	140.160	140.160
Costo de electricidad anual electrolizador (USD)	4.905.600	4.204.800	3.504.000
Producción de hidrógeno (kg H <sub>2</sub> )	2.820.036	2.988.396	3.198.847
<b>Costo de energía electrólisis (USD/kg H<sub>2</sub>)</b>	<b>1,740</b>	<b>1,407</b>	<b>1,095</b>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Costos de USD/día del viaje ida y retorno en buque metanero



Fuente: Argus 2021.

Figura 14. Costos de flete en barco

Destino	Duración (días)	Costo diario (USD/día)	Costo Viaje (USD)	Carga (ton)	Costo (USD/kg)
Rotterdam	21,3	120.235	2.561.000	70.488	0,036
Kobe	34,9	120.235	4.196.200	69.500	0,060
Pyeongtaek-Dangjin	34,6	120.235	4.160.100	69.500	0,060

Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Estimación de costos de los procesos para la producción de H<sub>2</sub>

Ítem	2020	2025	2030
Inversión global (50% adicional) (USD/MW)	54.000.000	48.000.000	42.000.000
CAPEX (USD/kg)	<b>1,149</b>	<b>0,964</b>	<b>0,788</b>
Otros costos (personal, etc..) 10% Electrolisis	0,174	0,141	0,110
Metanación 2% electrolisis	0,035	0,028	0,022
Licuefacción	0,050	0,050	0,050
Carguío, almacenamiento provisional (1% electro)	0,017	0,014	0,011
Transporte como metano	0,036	0,036	0,036
<b>Total (USD/kg)</b>	<b>3,201</b>	<b>2,640</b>	<b>2,112</b>

Fuente: Elaboración propia.

## R410a

Hablando químicamente, es una mezcla binaria, llamada azeotrópica, donde se han empleado dos gases refrigerantes hidrofluorocarbonos (HFC). Dichos gases son el HFC R125 llamado pentafluoroetano y el HFC R32 llamado diclorometano. Se le llama mezcla azeotrópica porque viene a ser una combinación de compuestos distintos donde la temperatura de ebullición es generalmente constante y no varía en el tiempo. (Frikko, 2020)

## CARACTERÍSTICAS DEL R410A

El R410a posee características similares a las de un azeótropo, por ello su comportamiento es como si fuera un solo refrigerante. Entre una de sus propiedades más destacadas es que posee características frigoríficas, donde su nivel de inflamabilidad es bajísimo, o, mejor dicho,

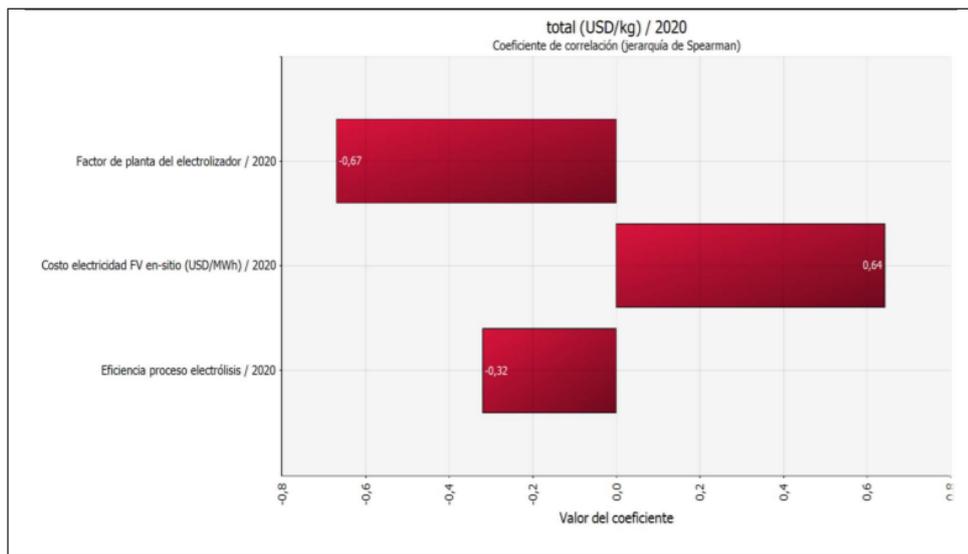
nulo.

- No tóxico.
- Eco amigable, con un impacto nulo para la capa de ozono.
- Los sistemas de acondicionamiento de aire que emplean R410a tienen un consumo menor de energía y un rendimiento más alto.
- Nulo contenido de cloro.
- Opera de forma altamente silenciosa.
- Según la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) es un gas con clasificación A1/A1, que quiere decir que es no tóxico y no inflamable, aunque se dieran accidentes de fugas.
- Por ser azeotrópico, es un gas altamente estable, que puede volver a recargarse nuevamente en su fase de líquido.
- Tiene excelentes propiedades termodinámicas.
- Posee una capacidad volumétrica frigorífica superior al R22.
- Posee un elevado rendimiento cuando es usado en modo “calor”.
- No produce dióxido de carbono.
- Debido a sus propiedades termodinámicas elevadas mejoran el tamaño y calidad de los sistemas de acondicionamiento de aire, permitiendo emplear compresores más pequeños, menor diámetro en las tuberías y altas velocidades.
- No se logra separar en el interior del sistema y debido a su composición no varía su fase, aunque exista caso de fuga., nulo.

## APLICACIONES DEL R410A

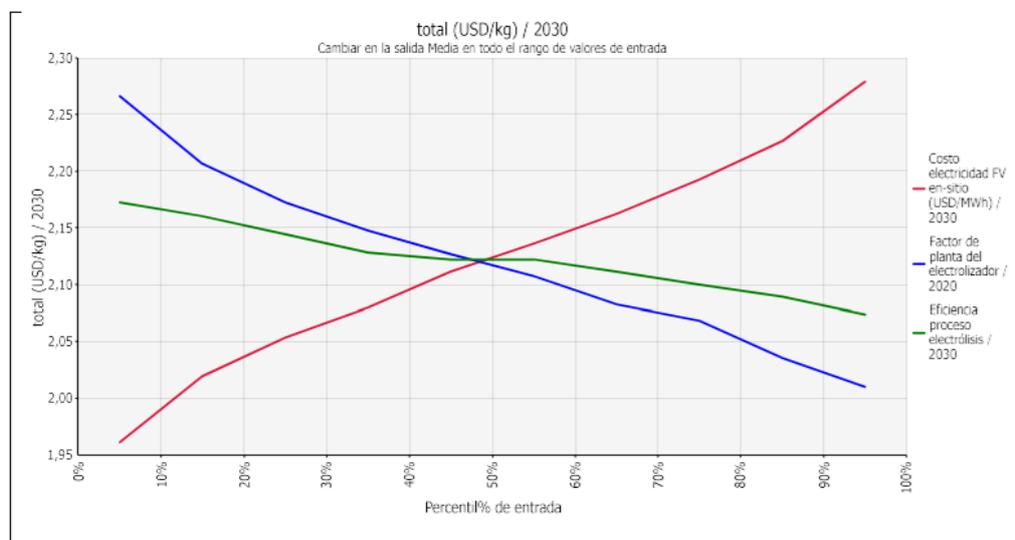
En la actualidad, es más empleado para sistemas de acondicionamiento de aire domésticos y comerciales por sus excelentes propiedades. También se puede emplear en sistemas de bombas de calor, deshumidificadores, refrigeración y aplicaciones HVAC. (Solquimia, 2023)

Figura 16. Factores que afectan el costo proyectado de  $H_2$  para el año 2020



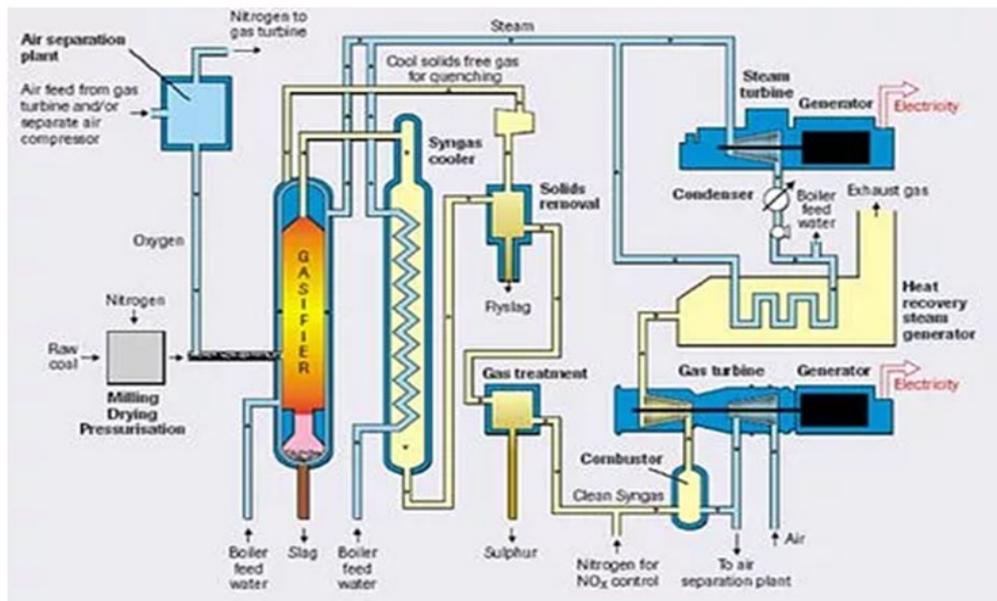
Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Sensibilidad de costo  $H_2$  V al año 2030



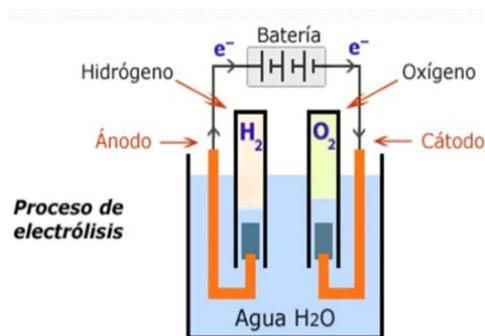
Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Proceso de producción de hidrógeno a través de la gasificación del carbón

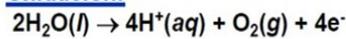


Fuente: Institute for automotive engineering.

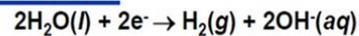
Figura 19. Producción de hidrógeno por electrólisis



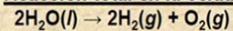
**Oxidación:**



**Reducción:**

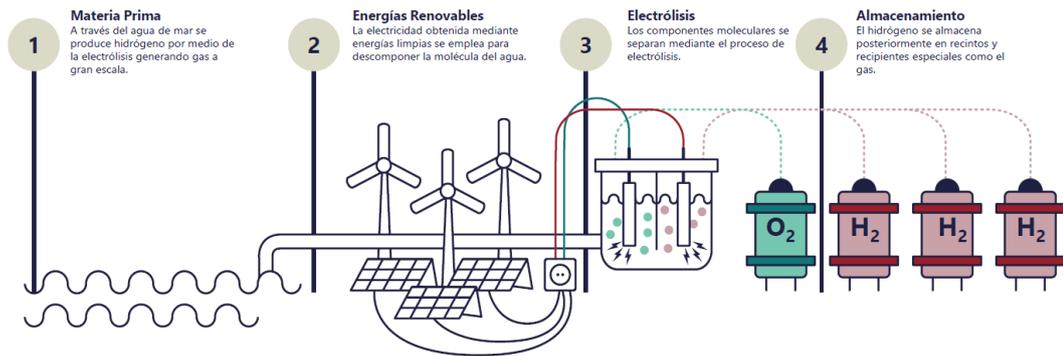


**Reacción total en la celda**



Fuente: Elaboración propia.

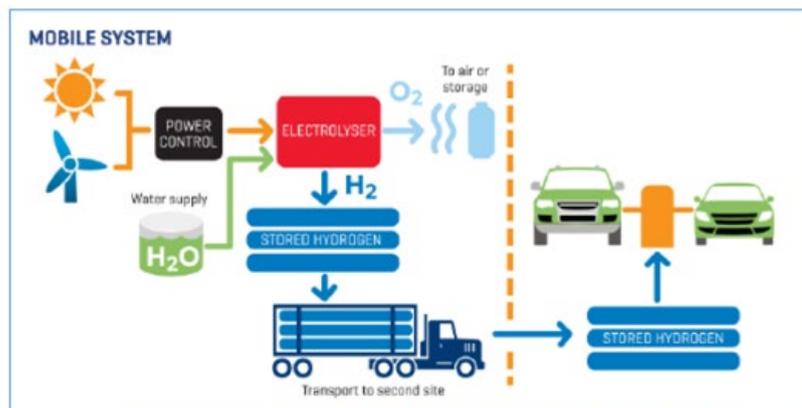
Figura 20. *Proceso de fabricación de hidrógeno verde a partir del ERNC*



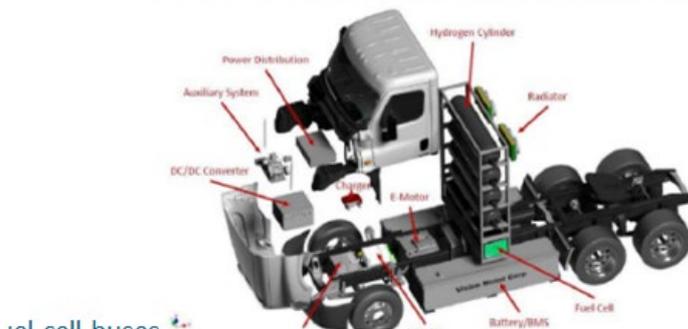
Fuente: MEC 2020.

Utilización del hidrógeno verde en el Perú y en América Latina en locomoción, terrestre, marítima y aérea.

Figura 21. *Utilización del hidrógeno verde en locomoción terrestre*



<http://www.antsolutions.com.au/our-solutions/hydrogen-for-mobility/>



Fuente: Industry bulletin 2020.

En el mercado del hidrógeno mundial, los países juegan distintos roles,

que procederemos a describir:

Figura 22. *Funciones que desempeñan los países arquetipo en los mercados del hidrógeno renovable*

<b>Función</b>	<b>Recursos de energías renovables</b>	<b>Disponibilidad de agua dulce</b>	<b>Potencial de infraestructuras</b>	<b>Ejemplos de países</b>
«Líderes en exportación»	Muy altos	Alta	Alta	Australia, Estados Unidos, Marruecos, Noruega
«Productores con limitaciones de agua»	Muy altos	Muy baja	Alta	Arabia Saudí, posiblemente China
«Grandes importadores»	Bajos	Alta	Alta	Japón, Corea, partes de la UE
«Productores autosuficientes»	Altos	Alta	Alta	Turquía, España, Tailandia
«Productores con limitaciones de infraestructuras»	Altos	Media	Baja	La India, la mayor parte de Sudamérica, posiblemente Rusia

*Fuente: Pflugmann y De Blasio 2020.*

#### **4.2. Descripción Detallada De Las Tecnologías, De Hidrólisis Y Pila De Combustible Para La Utilización Del Hidrógeno Verde**

Debemos de empezar, distinguiendo los principales y más usuales, tipos de celdas de combustibles, que son compatibles técnicamente, académicamente, ambientalmente, y socialmente, con el uso y abuso del hidrógeno, es decir vamos a profundizar esta investigación realizada en la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo, pues vamos a debelar, poner en evidencia y describir, diferentes maneras, procedimientos, tipos, oportunidades de clasificar, ordenar, ilustrar, las celdas de combustible, y sus principales, más notables, y perfectas tipos de celdas de combustible, con énfasis a las importantes, características, tales como son: el material sintético, artificial y mineral raro extraño y caro, utilizado para su fabricación, en las líneas de producción, del rango de potencia que la producen y, hasta describir los tipos de combustible que usan y no se usan con cuidado y dedicación, para lo cual analizaremos bajo la dirección de nuestro querido y estimado asesor, los principales, detalles de los tipos de celdas de combustible que utilizan hidrógeno como combustible, clasificadas en función al electrolito principal que utilizan y reutilicen para disminuir la huella de carbono, presente y ausente, por lo que la pila alcalina (AFC) en este tipo de espacial y estroboscópica tipo de celdas, utilizan las mejores membranas del tipo alcalina para dejar en su lugar y dejar pasar los tipos de protocolos, análisis pendientes y ausentes para el principal y normalizado combustible, dejando en claro que la alcalina solución es muy útil y susceptible de impurezas, interferencias y posible contaminación integral y diferencial por el gradiente dado de manera clara y magistral por dióxido de

carbono (CO<sub>2</sub>) con absoluta facilidad integral, por lo que debido a esto, sólo es posible emplear por la presencia de oxígeno puro, dejando de lado a por lo menos una mayor cantidad de aire puro y limpio que purifique los pulmones y el medio ambiente. Por lo que a la fecha actual y presente, representa una o la celda con mayor grado de desarrollo tecnológico en términos de confiabilidad, durabilidad, eficiencia, bajos costos de producción y experiencia positiva en torno a mayores campos de acción en el ínterin, dejando por lo tanto huellas del más elevado desarrollo tecnológico permanente, alcanzando la mayor efectividad de una de las elevadas en caso especial e indiciario de tecnologías, habiéndose registrado en los anales de la historia, hasta rendimientos y accesorios, por el orden del porcentaje simple y alentador del 75 %.

Capítulo y tema muy aparte lo constituye el llamado ácido fosfórico (PAFC), que es muy utilizado para la estacionaria, fija y hábil producción total, marginal y remanente, para la alimentación importante y principal de los grandes vehículos de mayor tonelaje útil, que es lo que importa, por todo lo dicho con detalle y detenimiento, para la alimentación principal de vehículos muy pesados, como trenes y demás transportes pesados, como el tren longitudinal de la costa, tren de penetración marginal y de uso minero transformador, y cualquier otra constructiva y no destructiva, tal como la que se dio en Chile, durante los años 1970 a 1973, quedando con la firme convicción que este tipo de celda es relativamente limpia, sana, novedosa e innovadora, goza de un mucho mayor costo debido a las altas cantidades de platino y demás metales preciosos o tierras raras, que tienen que utilizarse con mucho cuidado y ahínco, para lograr lo mejor de la historia total que se deben utilizar en los catalizadores de la misma, de

las otras, de la previa y de la revista, total, si es posible resaltar y cabe destacar que son bastante pesadas en relación a su potencia variable, controlada por la respectiva ECU, y demás temas de detalle, en donde podemos estudiar las reprogramaciones y sobre todo el cambio de concepto de potencia única y no variable para describir un pequeño y ligero motor perfecto e integral en todo momento y todo presente, debido a la baja eficiencia termodinámica, energética, lumínica, anímica y todas las consideraciones muy inherentes al caso y que tienen, que lograr lo más importante y subyacente en este tipo de casos para no caer en el caos, integral y total, pues debemos de seguir este detallado estudio simbólico y duro.

También destaca de manera clara y diáfana, la tecnología modular integral y derivada de las membrada de intercambio protónico (PEMFC), muy utilizadas en las aplicaciones donde sea necesario utilizar la densidad de alta potencia, alta energía, alta factor de potencia y frecuencia debida y medida, donde este tipo de combustión y celdas se distinguen y caracterizan por trabajar a muy bajas temperaturas, ser poderosas, blindadas, robustas, fuertes, duraderas y eficientes. Son muy utilizadas en el transporte por detalladas características, propuesta es esta celda para el presente trabajo de investigación de título en la reconocida Universidad Cesar Vallejo sede Chiclayo.

El tema del fundido carbonato, en el fondo izquierdo del horno, con mucha potencia y frecuencia (MCFC), funcionan y operan a muy altas temperaturas, determinando lo que las hace ciclos de compatibilidad y accesorios con recargados ciclos de cogeneración y las liberan de

catalizadores a necesitar y aunar al desarrollo de nobles metales (platino, iridio, iodo, entre otros). Se determina que esta notable característica hace posible obtener unas eficiencias de hasta un 85 %. Ya que funcionan a altas temperaturas y no necesitan de tecnologías para reformar componentes de hidrocarburos fósiles (petróleo, gas natural, gas licuado de petróleo, biogás de relleno sanitario, biomasa del bagazo de caña de azúcar, biomasa de cascarilla de arroz) en verde, azul, marrón, amarillo, rosado hidrógeno, lo que su costo, precio, esfuerzo reduce y simplifica su alta complejidad. Por lo que se determina que también se hace con el gas metano, que lo encontramos en el desarrollo de las principales aplicaciones en centrales eléctricas. Se encuentran en desarrollo para aplicaciones en centrales eléctricas, militares e industriales.

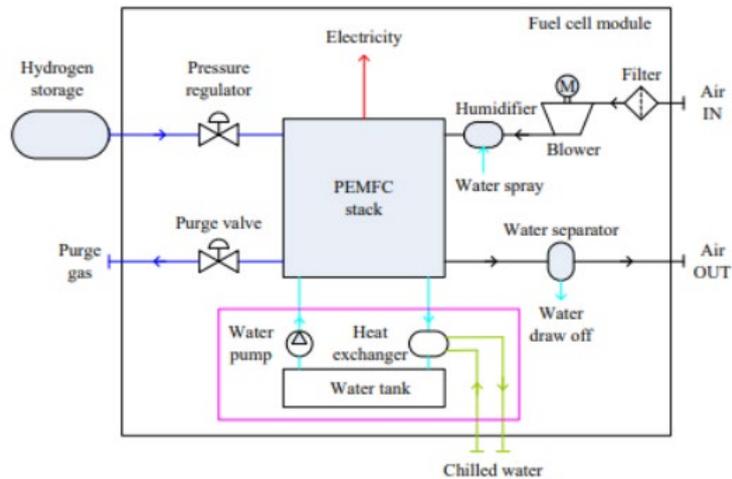
Lo cual podemos de forma marginal, simplificar con la tabla de tipos de celdas diferentes y aunadas en el ejercicio profesional del tema:

Tabla 2. *Tipos autorizados de combustibles celdas, análisis, comparativo diferencial*

Tipo de pila	Electrolito	Catalizador	Temperatura de Operación (°C)	Potencia	Eficiencia eléctrica (%)
PEMFC	Polimero Solido	Platino	80-95	0,1 - 100 (KW)	40 - 60 (pila) 30 - 50 (sistema)
AFC	Solucion de Hidroxido de Potasio en Agua	Metales no preciosos	105-245	10 - 100 (KW)	60 - 70 (pila) 62 (sistema)
PAFC	Acido Fosforico Liquido	Platino sobre base de carbono	180-205	>10 (MW)	55 (pila) 36 - 42 (sistema)
SOFC	Solido Ceramico	Material de los electrodos (no Platino)	800-1000	>100 (KW)	60 - 65 (pila) 50 - 60 (sistema)
MCFC	Carbonatos Alcalino sobre una matriz	Material de los electrodos (no Platino)	650	100 (W)	50 - 60 (pila) 47 (sistema)

Fuente: Baldor

Figura 23. *PEMFC, Esquema principal de funcionamiento de intercambio de protones*



Fuente: Vigo 2018.

Las publicitadas y marquetorías, baterías de litio, del que abunda en Sudamérica, es decir Bolivia, Perú, Argentina, llamada y reconocida también por el público consumidor, como baterías de Li Ion, que se simplifica de manera ejemplar a un poderoso dispositivo, de dos, tres o más celdas de potencia, energía, fuerza y disponibilidad, para el gran y poderoso aislamiento y almacenamiento de energía eléctrica que es utilizada de manera taciturna y diáfana como electrolito de una mezcla de sal de litio que contiene más de los iones súper ranqueados y necesarios para la reacción electroquímica reversible que se da entre el cátodo y el ánodo, de las deseadas propiedades de las poderosas y fuertes baterías de Li-ion, como la simpleza y complejidad de sus principales componentes, su capacidad elevada y energética y mucha resistencia a la descarga, en los llamados ciclos profundos, para que junto al efecto repetitivo y abundante del memoria que sufren, o su funcional capacidad para elevados número y sin números de ciclos de regeneración, que a la larga logran permitir el diseño de ligeros y complejos acumuladores ligeros, tamaño pequeño y multi variadas formas y conformas, con un alto

energético y luminoso rendimiento, adaptados de manera especial en las aplicaciones de la industria electrónica de gran consumo como es la bendecida y muy pronunciada electromovilidad.

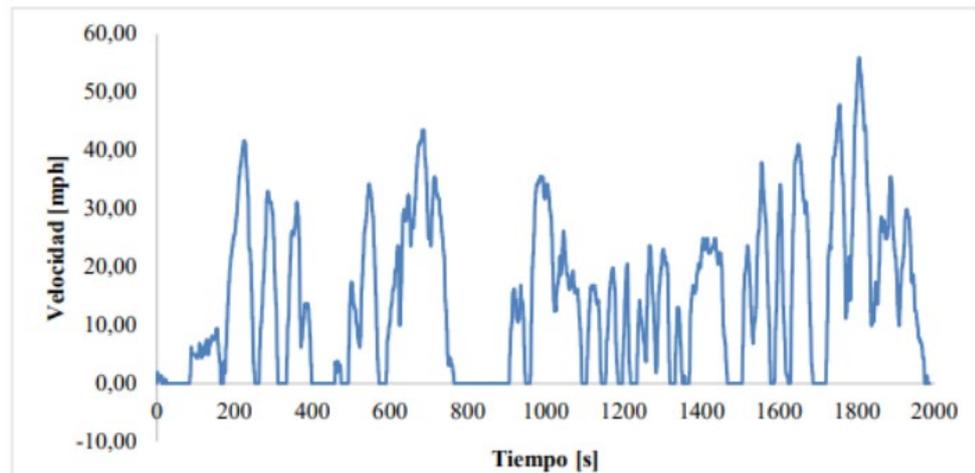
Figura 24. *Batería de litio*



*Fuente: Varta 2018.*

En cuanto a la detallada descripción, estudio y conducción de ciclos perfectos, debemos de indicar que se tratan de estudios de naturaleza estadística descriptiva y estadística inferencial de acrisolados ciclos de conducción, que nos permiten tener un vehículo con una determinada y fundada velocidad, que están basados en estadística de una determinada región, lo cual nos permite un velocidad, perfil amplio y grande para la respectiva caracterización del vehículo funcional, convertido en herramienta de mucha utilidad de la automotriz pasión e industria.

Figura 25. *Conducción ciclo ejecución*



*Fuente: Monteverde 2019*

Después de un profundo análisis y una rigurosa selección de la optimizada ruta utilizada, y con los siguientes principales criterios utilizados:

Distancia recorrida en promedio ponderado libre: Se utiliza y reconsidera la principal ruta que posea la característica y virtud de una gran distancia entre la descarga y la carga, dentro del promedio de las principales rutas de más cercana optimización y la frecuencia del promedio de las más notables rutas. Se debe enfatizar en los recorridos y su frecuencia y así mismo se debe tener en consideración la ruta que sea utilizada con mucha frecuencia.

La consideración del factor importante del tiempo en servicio de operación y equipaje: Se tiene presente y se considera una ruta que tenga una distribución de tiempos en bajada principal a lo planificado, pero también a lo aleatorio o no planificado.

Para el caso de las pendientes: Se toma en cuenta la ruta, que tenga el mejor resultado posible de topografía minera selecta y selectiva; los principales camiones se consideran en subida o bajada, de tal manera que las pendientes son inferiores o mayores a los  $6^\circ$  y  $-6^\circ$

respectivamente.

Figura 26. Diferentes condiciones totales de tiempos planificados en total



Fuente: Antamina 2017

Siendo los detalles minoristas de la ruta seleccionada, acabada y practicada los siguientes:

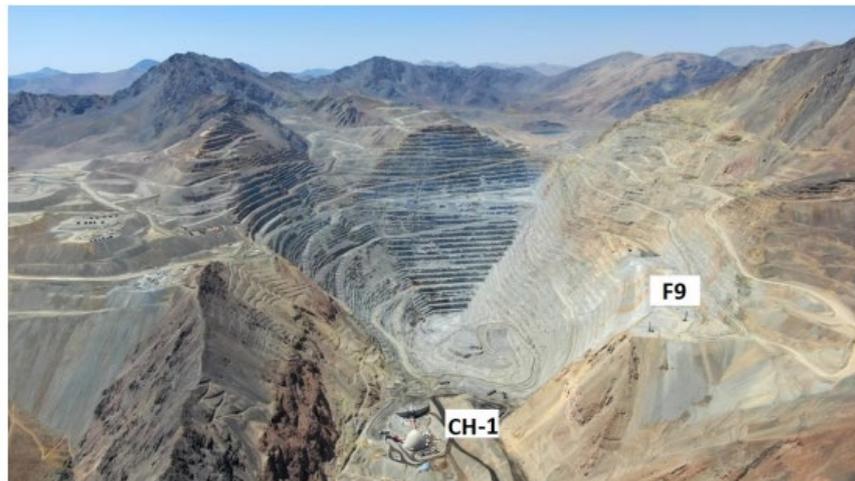
Figura 27. Selección de ciclo de características

Lugar de carga	F9SE
Lugar de descarga	CH-1
Distancia Promedio (km)	7,45
Tiempo Promedio (s)	3000
Tiempo entre mediciones (s)	30
Pendiente de subida (°)	6
Pendiente de bajada (°)	6
Carga promedio (Ton)	300

Fuente: Antamina 2019

Bajo una ruta de las siguientes características reflejadas en la siguiente ruta:

Figura 28. Carga y descarga de la principal ruta, en vista de sectores superiores

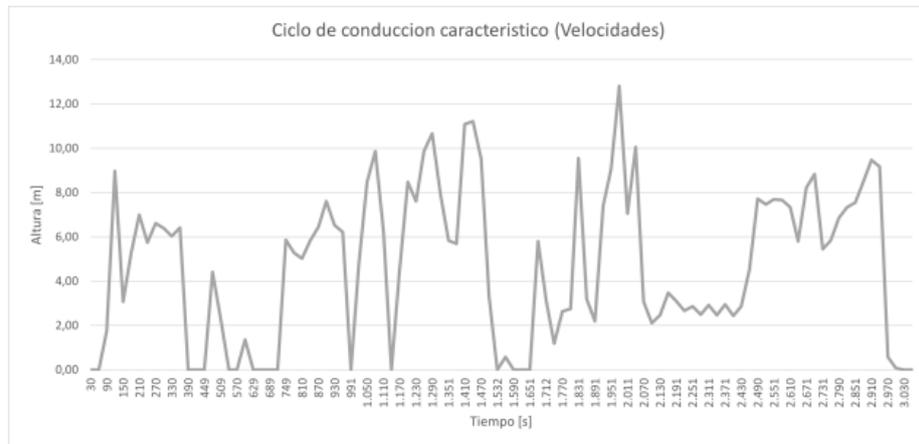


Fuente: Antamina 2019

Luego con la data secundaria recaudada para el siguiente trabajo de

investigación, procedemos a elaborar el siguiente perfil de velocidades promedio registradas y calculadas:

Figura 29. *Ciclo de conducción característico y su respectivo perfil de velocidades*



Fuente: ARAPER 2017

Y en cuanto a las alturas o cotas logradas y alcanzadas debemos de notar y tener muy en cuenta, para su respectivo análisis y sencillez actuante:

Figura 30. *Ciclo de conducción de característica de perfil en alturas*



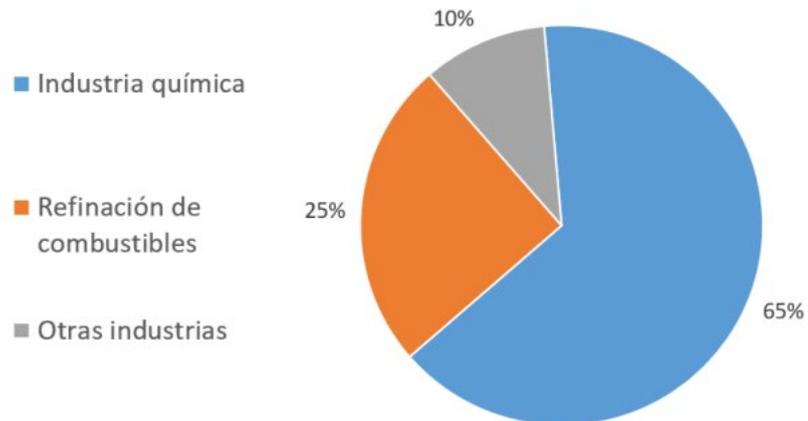
Fuente: Antamina 2019

Otro de los aspectos problemáticos a desarrollar, con mucho interés y análisis ingenieril en la presente tesis de investigación por parte de la Universidad Cesar Vallejo, es las variadas soluciones asociadas de transporte en ductos, largos, cortos, anchos, delgados que se necesitan para transportar el hidrógeno y que pueden ser de primera y más simple

idea brillante de ingeniero y no jurista, la de utilizar con mucho éxito intrínseco, las numerosas redes de transporte de gas natural que existen en el Perú y que existirán a futuro, como el Gaseoducto Camisea – City Gate en Lima, Gaseoducto del Sur, que empieza también desde Camisea, hasta Tacna, pasando por Ayacucho, Cuzco, Arequipa, Puno, Ilo entre otros principales centros industriales, el Gaseoducto del Norte, empezando desde Camisea, pasando por Lima, Chimbote, Trujillo, Cajamarca, Chiclayo, entre otros y mezclar e inyectar en ellas cierto proporción hidrógeno verde o azul. Este procedimiento y comportamiento metódico y metodista de transporte ya se ha revisado y aplicado incluso alrededor del mundo, en Estados Unidos se piensa aprovechar los millones de kilómetros de ductos de gas existentes y se realiza, implementa, aprovecha sin modificaciones mayores a la red, sin contar en el inventario actualizado los puntos de inyección y retiro donde se deben aislar para el bien del proyecto y separar los gases. Podemos visualizar con detalle y detenimiento que a pesar de que inyectar hidrógeno en las tuberías de metano de Camisea disminuye la magnitud de gas natural movilizad, la experiencia experimental positiva, nos dice que se debe usar porcentajes menores de hidrógeno –10 % - 20 %–, lo cual está demostrado con evidencia empírica, debidamente validada, no perjudica demasiado el transporte de gas natural ya que se logra aun el objetivos de movilizar lo justo y necesario de lo solicitado y requerido por la demanda, pero se observa que su procedimiento y comportamiento no se puede llevar, consentir mucho más hidrógeno pues dada densidad pequeña, baja del amado hidrógeno se desabastecería la demanda de

gas natural sin ofrecer suficiente hidrógeno y pensar en una ecuación polinómica de compensación numérica. Problema, único asociado a este transporte, movilización alternativa, es lo que se presenta, en ciertas soluciones ductorales de transporte se presenta en ciertas tuberías de gas, especialmente las construidas a partir de acero comercial, pero también aceros aleados, con sus parámetros de diseño mejorados, como resistencia a la fluencia, al desgaste, fluencia a los procesos de oxidación – corrosión y otras metalúrgica aleaciones de dicho metal, debido al fenómeno conocido como embrittlement el cual se trata y describe con detalle; consiste en ligeras pérdidas de hidrógeno por medio del material debido a que las moléculas del hidrógeno gaseoso son mucho más pequeñas que el espacio entre moléculas del metal, este fenómeno aumenta a medida que aumenta la proporción de gas en la cañería, la fuerza absoluta y la fuerza por unidad de área neta, pensando que se pierde el grosor de las cañerías. Se tiene que evitar la utilización de los metales metaloides y despejados con más pequeño espacio entre materiales y moléculas constituidos por artificiales polímeros sintéticos, extraídos, obtenidos y producidos del plástico. Por último, debemos de pensar, filosofar, que inyectar hidrógeno a tuberías de natural gas natural, lo que se puede realizar de manera simultánea y paralela, es construir cañerías dedicadas exclusivamente al transporte y distribución del hidrógeno, diseñándolas con un mayor radio y por lo tanto lo hacemos capaz, de usar materiales que evitan el embrittlement.

Figura 31. Principales usos del H<sub>2</sub> a nivel mundial



Fuente: AIE

Donde podemos apreciar, que en la actualidad la demanda de hidrógeno, es la de un gas industrial, por lo que se comercializa, por intermedio de empresas transnacionales, como Linde, Air Products, entre otros, pero de acuerdo a todos los pronósticos, oráculos y delfos, se proyecta la estimación que su demanda total mundial de H<sub>2</sub> subirá como la espuma, pues aumentara de manera notable en los años venideros, debido al enorme potencial del vector hidrógeno como vector de campo energético.

#### **4.3. Determinar Y Dimensionar Las Principales Características De Producción Del Hidrógeno Verde En La Actual Situación Energética Del Perú**

Empezamos con la detallada descripción de manera lenta y minuciosa del dispositivo pequeño y concentrado que se denomina o llama electrolizador y que sobre el cual recae la misión difícil pero no imposible de separar las partículas, moléculas de hidrógeno, oxígeno que están reposando el sueño de los justos, en la cristalina agua mediante conductores, electrodos y para los cuales el proceso por el que pasa y se desarrolla la materia del presente trabajo de investigación, que es la electrólisis, este extenso y largo camino se lleva a través y por intermedio de un extenso proceso que se consiste en llevar a cabo el poder pasar una corriente eléctrica por los sumergidos, húmedos pero aislados electrodos que quedan debajo del agua, observándose con mucho cuidado y detenimiento, que se produce la siguiente reacción en su total desarrollo único:



En el Mundo actual, es decir Estados Unidos, Europa, Canadá, China, Japón, Corea, esta versión de la técnica y tecnología, está bien avanzada con un desarrollo lo más óptimo, automatizado, racional y moderno posible y se expresa y manifiesta, en una serie de variedades de electrolizadores, entre los cuales pasamos a describir por orden de presencia, importancia, novedad tecnológica y baja huella ambiental:

Alcalinos electrolizadores, donde se narra al detalle, que estos utilizan una poderosa solución de electrolito, por más complejo que sea y persista,

donde destaca el ejemplo del potasio con su mayor y mejor disposición que es el potasio de hidróxido y agua pura, y se pueden utilizar en aplicaciones de escala mucho mayor, por detalles del mejor ambiente de funcionamiento y reposo.

Otra interesante e intrigante tecnología, es la membrana hecha de polímeros de hidrocarburos, descritos por fórmulas polinómicas, en integración de electrolizadores, detallándose como la mejor opción que más se tiene en cuenta en el importante cuidado del ambiente y sus ecosistemas integrantes y con acciones de mutualismo, comensalismo, ya que pesados metales son utilizados, accionados, fabricados, desgastados antes, durante y después de su amplia construcción y conducción con normas de calidad, en el sentido de asegurar la calidad, o lo que se llama calidad total, con filosofías de orden, responsabilidad, eficiencia y cualidades morales, puras como los que se arriesgan por el bien común y no como los que no quieren salir de sus zonas de confort y beneplácito. Advertimos de acuerdo a la estadística de la experiencia que se maneja en el presente trabajo de investigación, son los más utilizados para muy pequeñas, medias o grandes escalas de volumen y responsabilidad, favoreciendo de esta manera así el uso, flujo y reflujo de una popular fuente de energía renovable y retórica para su mayor operación de producción, fabricación y serie compuesta en el tiempo perpetuo, pero con seriedad de la prueba y no inventos mentales subjetivos e irresponsables.

Por ultimo no debemos de dejar de estudiar, mencionar y analizar, la tecnología de altas temperaturas de electrolisis, que está basado en la

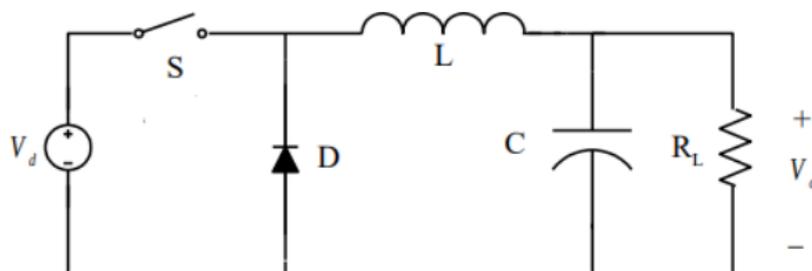
principal tecnología de la combustión completa a muy altas temperaturas, eutéctica, es decir temperatura de rompimiento por cambio de fase, por lo que hacemos ahorros contables y financieros de energía eléctrica para romper el agua, así por ejemplo la energía para romper a 750°C es bastante inferior para romper a 100°C; en el proceso materia del presente análisis, como lo es la electrolisis, simple, convexa o compleja degrade, esto se traduce que los llamados electrolizadores a altas temperaturas, pueden operar a una mucha mayor eficiencia y paciencia que los de orden y rutina aburrida procesos clásicos de electrolización, pues a altas temperaturas, los procesos son mucho más reversibles y sensibles y en la celda de combustible se revierte e invierte más fácilmente la eterna electrolisis reactiva.

Instrumentos muy importantes, son los denominados y muy útiles inversores de corriente continua o directa a corriente alterna, muy utilizados y presentes, para el abastecimiento de energía eléctrica o térmica que viene de poderosos orígenes y fuentes como es la aplicación de los singulares paneles solares, donde los cuales se entregan o llevan la corriente continua, usualmente se detecta e inyecta el uso de inversores poderosos y potentes para poder de esta manera alimentar la doméstica instalación total y completa. Siendo por lo tanto el inversor un capaz y muy potente dispositivo utilizado en la transformación de la corriente continua en poderosa corriente alterna, que muestra y comparte pantalla de los avances de clase, señalados y computarizados por demás y con los demás, estos se caracterizan por tener una eficiencia alta, que puede variar, de manera pendular entre 85% y 92%. Esto nos lleva a un

escenario de desorden y entropía total, que está determinado por las pérdidas distintas y constantes, las cuales las podemos localizar, geo localizar de los lugares y espacios más recónditos, pérdidas que nos juntamos para encontrar en el arduo sistema de cómo lo pueden ser los diferentes elementos generadores y disruptivos pasivos. Notándose, además, que la mayor parte de la gloria y per gloria, será el clasificar en inversores monofásicos o trifásicos, donde la clasificación sea mucha más exhaustiva donde este sería la de cómo se dispone y compone en total conexión:

Si entramos a la etapa, del convertidor más utilizado por la avanzada tecnología reflexiva, actualizada, debemos de empezar por el tipo más buscado o tipo buck, que bajo la jerga técnica se le conoce como un convertidor tipo Buck, este reductor convertidor, es decir convertidor de tensión en el sentido de la reducción de tensión de salida, en su noble y loable funcionamiento implica dos posibles y probables estados, el estado ON, que se da cuando el dispositivo logra y consigue que la corriente pueda circular y el estado OFF, que es cuando el circuito se quede o se trabaje abierto desapareciendo la circulación, aislando de esta manera la entrada regulada de tensión extendida y profunda.

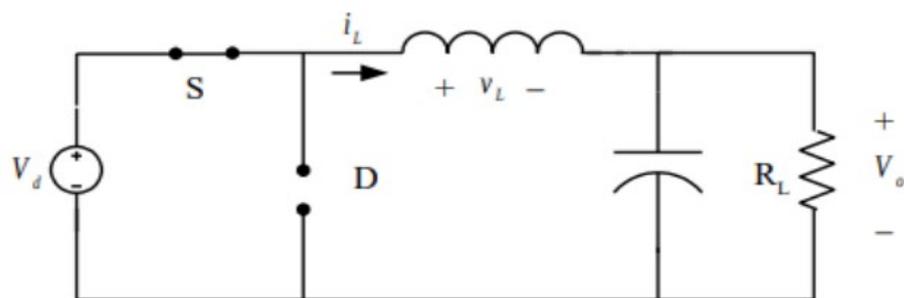
Figura 32. Buck convertidor con circuito equivalente



Fuente: Heredia 2018

Uno de los estados más frecuentes y comunes, es el estado del modo de continua conducción, en la cual el conmutado estado se posesiona en el ilustrado intervalo TON, que lo que nos dice y termina de transmitir, es que esta en continuo modo, por lo que se supone que la corriente está circulando por los distintos lugares y recónditos pasajes

Figura 33. Buck cerrado, modalidad de conducción continua



Fuente: Cieza 2019

En cuanto a la pila poderosa y hacendosa de hidrógeno, debemos de aclarar, que los combustibles, pilas son generadores elementales, electroquímica consistencia, fabricación y orientación que hacen que sea posible la transformación a energía eléctrica, de manera dura y perdura, razón por la cual se permite, se produce y se observa de manera detenida, la transformación de química, mecánica, isoentrópica naturaleza total y compleja que hace posible el pase de un estado de energía química, basada en las uniones iónicas y neutrónicas, a energía de flujo eléctrica y mecánica libre de fuerzas, tensiones, momentos y torques reactivos y reluctantes, por lo que debemos de hacer ver, que las mayores características de las oxidación – reducción, se logren pasar a través de complejos operativos de oxidación-reducción que posibilitan gracias a la ciencia y la experiencia, la aparición de la energía directa, limpia, rectilínea

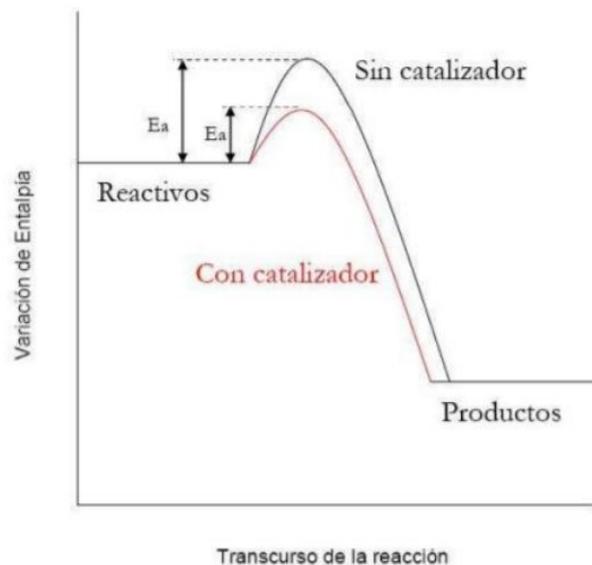
y continua en función del tiempo, de la energía de electricidad, en sus formas y vertientes de potencia y energía a todo dar y a todo cuete. Debemos de observar la principal ventaja operativa de no emitir gases contaminantes de efecto invernadero o ir en contra. Aunque existen diversos tipos de pilas con distintas configuraciones, modos de funcionamiento y combustibles utilizados; este proyecto se centra en las pilas de hidrógeno, concretamente en las denominadas Pilas de Membrana de Intercambio Protónico a las que también nos referiremos más adelante como PEM o PEMFC (Protón Exchange Membrana Fuel Cella). Este tipo de pilas son las más extendidas, debido principalmente a que tienen una monta y desmonta con parámetros muy simples y fáciles, para el mejor manejo, montaje relativamente sencillo y a que operan en condiciones poco exigentes de temperatura y presión por lo que tenemos razón, sin tener ningún criterio técnico - empresarial, que apunte en contra y no de acuerdo a lo visto, por lo que las PEMFC se usan muy a menudo y muy seguido como combustible vector energético del futuro y para el futuro de larga data y maduración, de hidrógeno (H<sub>2</sub>) de pureza muy alta, lugareña persistencia y lugar común en el muestrario de la grandeza del alma, que reacciona con oxígeno (O<sub>2</sub>) y dando como resultado exclusivamente agua (H<sub>2</sub>O).

No debemos de perder de vista las perdidas técnicas y las perdidas no técnicas, en donde la realidad de un colectivo de ideas, lugares comunes que configura la realidad nos dibujan el conjunto de pérdidas que realizan y hacen posible que ese deseo, ese quehacer potencial baje y rebaje, de manera principal y feliz en el mundo perfecto, estas dichas pérdidas

son:

La poderosa energía de activación: expresada por la necesidad de la exergía energética interna, externa útil y necesaria para que la reacción se pueda lograr o producir de manera independientemente de la exergía y lugar de residencia y que nos cueste llevar a cabo y por su intermedio la posible reacción o que aporte esta soñada y esperada reacción en la misma transcurrida y preludia por éxito y cara limpia ante la fresca y la apatía, del transcurso de la misma, son importantes a bajas densidades de corriente observado y conservado en el tiempo total.

Figura 34. *Función usual del catalizador en la energía activada*

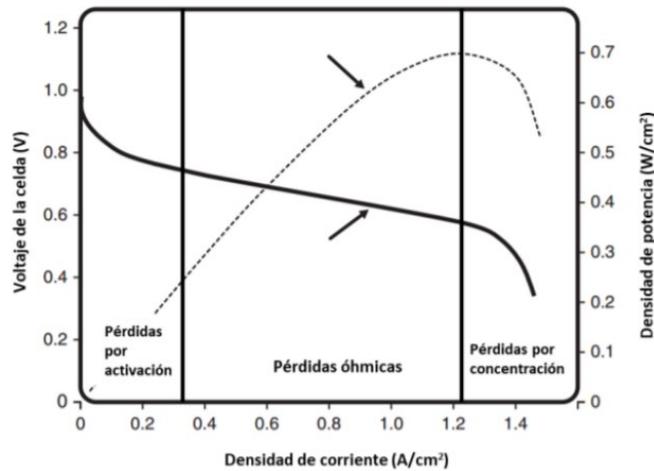


Fuente: Heredia 2018

Del profundo análisis exegético del estado del arte, a través de la literatura de los papers de revistas de alto impacto conectadas, debemos de pensar que la literatura usa un tipo de relación que perdura para el rendimiento, medir y lucrar como los nacionales rectores, bajo una diversidad de reacciones y situaciones de mucha carga, creándose de esta manera la llamada curva polarizada y oscurecida por seguridad, en donde en ella se

representa la relación existente entre la corriente de la pila y su elevada tensión, en donde después de mucha paciencia podemos observar la típica curva de la polarizada función de una PEMFC.

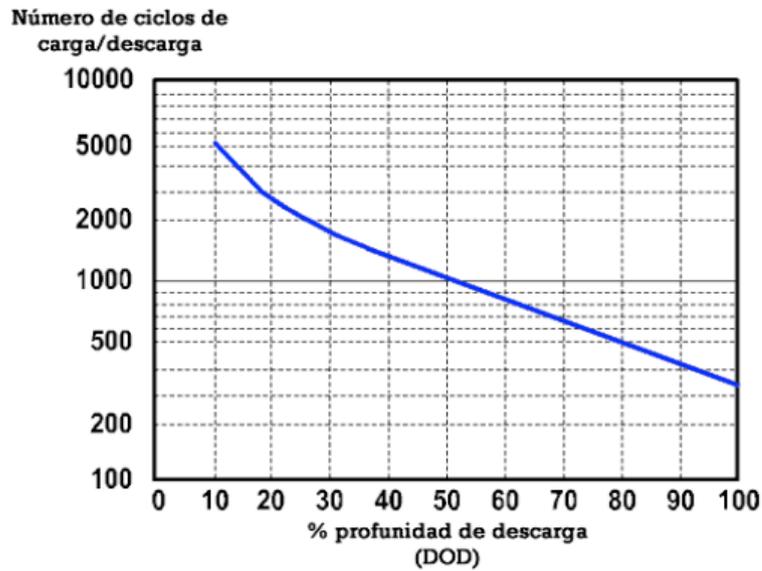
Figura 35. Pila de combustible y su curva polarizada



Fuente: Heredia 2018

En cuanto a la mayor profundidad de descarga nos indica que está representado por el valor que en tanto por ciento que se ha sacado y discutido por la cargada batería distribuida y descargada en ciclo duradero, es así como distinguimos superficiales descargas entre las cuales, son calculadas de manera aproximada al 20% de la nominal y variable dentro de rango de capacidad, y las descargas profundas, superficiales e intermedias, que van del 65% al 85% de la nominal capacidad, es este tipo que debe ser tomado muy en cuenta ya que cuanto mayor sea la profundidad de la descarga de la batería, para los efectos prácticos de ingeniería y más profundidad, menos ciclos duraderos y lucidos, por lo que su vida útil económica y rentable en series de tiempo se verá afectada y superada.

Figura 36. Relación gráfica entre los multi ciclos y la DOD



Fuente: EnelX.

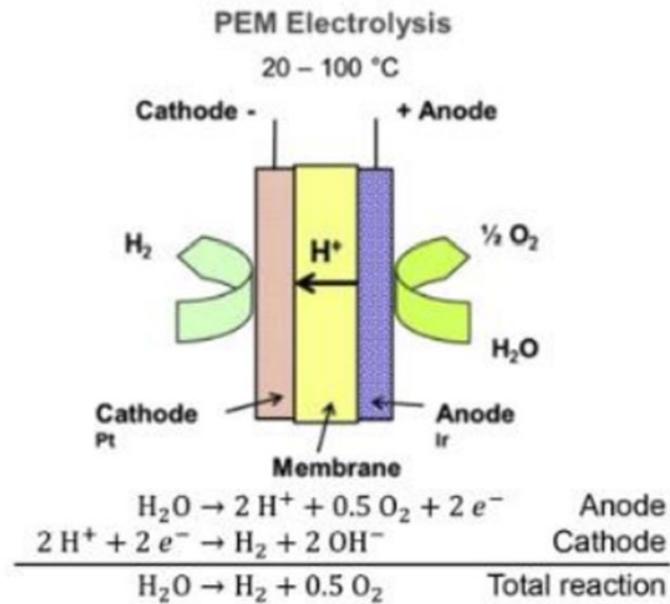
En cuanto a las principales acciones de diseño debemos de empezar de manera escolástica y escolarizada, con el electrolizador, que es donde de manera didáctica ingenieril, sin caer en la huachafería de la llamada educación por competencias, como si de trabajadores manuales se tratara, por lo que en el electrolizador idealmente obtenemos la reacción en sentido contrario en la poderosa pila de combustible, por lo tanto de acuerdo al sobre potencial mínimo y máximo variable, para que la reacción se produzca es el mismo pero en contrario y transverso sentido:

$$E_{rev} = -1.229V$$

Y de acuerdo a similar situación a la pila de combustible tenemos las mismas pérdidas encontradas e ilustradas de este caso y hacen posible aumentar el sobre voltaje para que la reacción se produzca sin retroceso.

$$E_{cell} = E_{rev} + \eta_{ohm} + \eta_{conc} + \eta_{activ}$$

Figura 37. Electrólisis PEM y su esquema del proceso principal



Fuente: Tissoc 2015

En cuanto los principales términos utilizados debemos de destacar las baterías, para los principales cálculos de la batería capacitiva y su razón o performance para la batería integral y su alta capacidad de la batería se ha tenido muy presente los principales casos previstos, contemplados y tenidos muy en cuenta:

1- Solo vivienda.

2- Vivienda al cual le añadimos el puesto de carga en súper modo.

Lo cual lo comprobamos debido a la capacidad diferenciada para poder distinguir la enorme capacidad de poder sumarse a la instalación libre y posterior a la instalación del puesto de carga. Donde se puede apreciar que se ha debido tener presente el electrolizador como recarga y extraño comportamiento de las baterías.

Como análisis holístico final, debemos de considerar la importancia de las estructuras principales:

Primero el circuito de potencia DC consistirá en fuentes de potencia DC:

La placa solar

La pila de hidrógeno

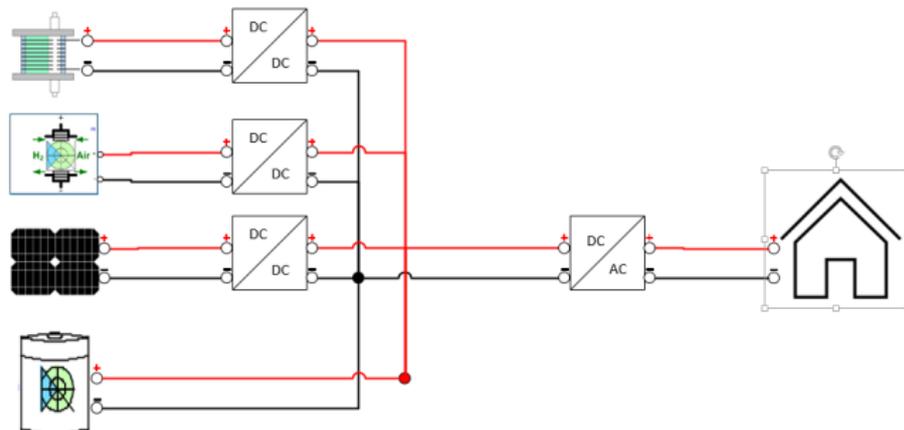
Las dos cargas de baterías

El electrolizador

La entrada del inversor

Teniendo en cuenta que todo ello será conectado a un potente bus colector.

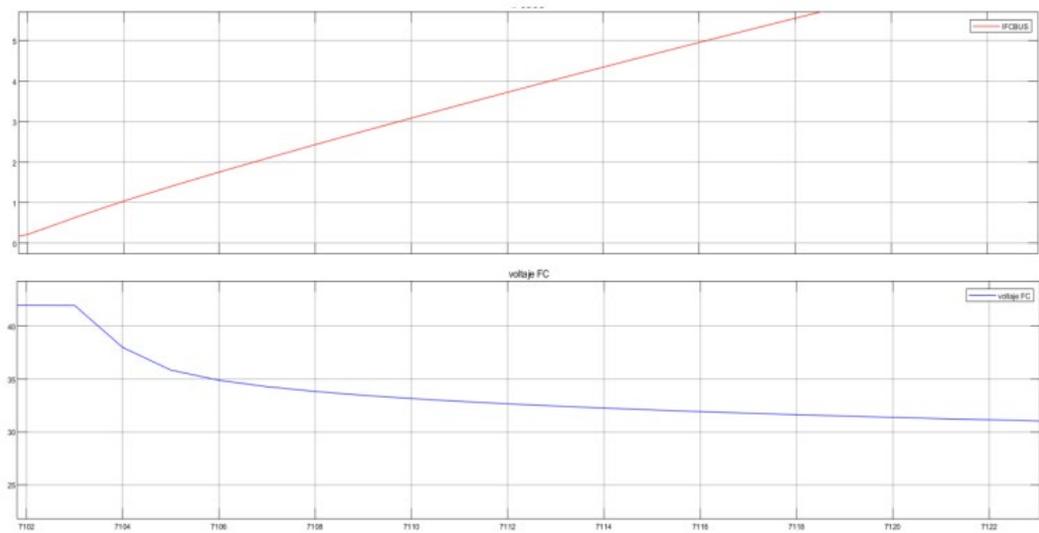
Figura 38. Sistema y estructura



Fuente: Ching 2019

Luego se analizan las curvas producidas por las simulaciones numéricas realizadas teniendo como principal referencia la corriente nominal de la combustión de la pila estandarizada, por la corriente nominal variable con la enseñanza a los tribunales, multiplicada por los relés que en campo booleano nos permite recrear un relé físico del circuito y a su vez permitir introducir el control referencial y la pasada referencia por un buen ratio limitado del muestreo temporal.

Figura 39. Pila de combustible, gráfica de voltaje y flujo de corriente



Fuente: Ramos 2013

#### **4.4. Determinar El Costo Nivelado Del Hidrógeno Verde Y Su Utilización En La Hidrólisis Y Pilas De Combustible Y Verificar La Viabilidad Económica Y Financiera De Los Proyectos**

Para la comparación de costos entre alternativas energéticas en un ecosistema energético de cambio de paradigma, pues gracias a la investigación y posterior desarrollo, así como al correspondiente proceso de innovación tecnológica, comercial y de servicios, es necesario una metodología que permite la comparación o verificación de costos y gastos no de manera puntual, marginal y específica, si no a través de tiempo total de la vida útil económica del proyecto, siendo esta la duración del negocio, en este caso infinita, pues la necesidad de energía para iluminar y mover las maquinas es para siempre y la vida de las instalaciones de generación (energías renovables no convencionales), los procesos de hidrólisis y posterior proceso complementario de pilas de combustible y el proceso de reformado del metano, con captura geológica de anhídrido carbónico, o sin captura de carbono, utilización de micro reactores de energía atómica, como los reactores nucleares tecnología SMR, es decir reactores nucleares pequeños, del rango de los 300 MW, que es la cuarta parte de los retores nucleares normales y usuales, que son de crecimiento modular, de acuerdo al crecimiento de la demanda agregada diferencial total, que son fabricados en serie de cadena de producción y no por esto se traduce en una menor presencia antropogénica con potencia, energía o fuerza exterior para detener los sistemas de operación diversos, pues se trata de sistema de regulación pasiva, que depende de parámetros naturales, tales como la circulación natural, la convención, la gravedad y la auto presurización, locales pueden ser reforzados y en todos los casos

posibles, se produce una drástica disminución de la posibilidad y probabilidad, que se presenten fugas al ambiente o medio ecológico, de radioactividad específico; debemos de tener muy en cuenta de manera adicional, que gran número de entidades privadas y públicas, participan de manera activa en los encaminados esfuerzos para sacar adelante la tecnología de los SMR en esta la tercera década del siglo XXI, donde vemos aparecer en el mercado del mundo, centrales del orden de los 36MW, pero térmicas, con diversos diseños comerciales, con diversos resultados y para diversas aplicaciones como lo son la electricidad, sistemas energéticos híbridos, la calefacción en los llamados distritos térmicos, la desalinización del agua, muy utilizados en el Perú actual por los grandes proyectos de extracción de mineral de cobre y el vapor para procesos industriales que podría aplicarse para actualizar el proyecto de planta térmica, eléctrica y generación de vapor de contrapresión única en la región Lambayeque y que abastezca de vapor al proceso de fabricación del azúcar; se ha llegado a la conclusión operativa que los reactores clase SMR, gozan de un costo de capital inicial bajo y su viabilidad técnica económica y financiera en operación todavía tiene que validarse con la investigación científica como los trabajos similares a la presente investigación.

Por lo que para la producción de hidrógeno en todas sus posibilidades técnicas, como verde, para el caso de producción en base a energía eléctrica de origen renovable, no convencional, fotovoltaica, termo solar, geotérmica profunda y geotérmica superficial, mareomotriz, undimotriz en costa, undimotriz mar adentro, entre otras tecnologías en fase de

desarrollo; celeste, para la que se producen a partir del reformado del metano, presente en el gas natural con captura y sin captura de dióxido de carbono y almacenamiento en cavernas de minas de socavón, pozos de petróleo agotados, pozos agotados de gas natural de Camisea, entre otras fuentes de almacenamiento; amarillo, provenientes de la energía nuclear y la tecnología SMR muy utilizada en la actualidad; negro producido a partir de la combustión de carbón mineral, ya sea lignítico, carbón joven con bajo poder calorífico y alta humedad, carbón bituminoso, carbón de edad geológica intermedia, bajos volátiles, tal como lo comprobó el proyecto Alto Chicama, que concluyo que solo pulverizado se podría utilizar con eficiencia energética, por su poca volatibilidad, las cenizas en lugar de expandirse, disminuir su densidad específica, más bien se contrae, aumenta su densidad específica y determina de manera drástica, que solo combustione los bordes, dejando al núcleo o corazón intacto y por último el carbón antracítico, no presente en nuestro país, pues las vetas existentes tienen un pronunciado ángulo de buzamiento y una potencia menor a un metro, lo cual deja como única opción de aprovechamiento, la opción de tajo abierto con los costos de movimiento de tierras necesarios, los costos medio ambientales ligados y los correspondientes costos sociales.

Por lo cual definimos los siguientes conceptos

Costo total de Tecnología = Costo de Tenencia + Costo de Operación y Manto, de donde podemos definir:

#### COSTO DE TENENCIA

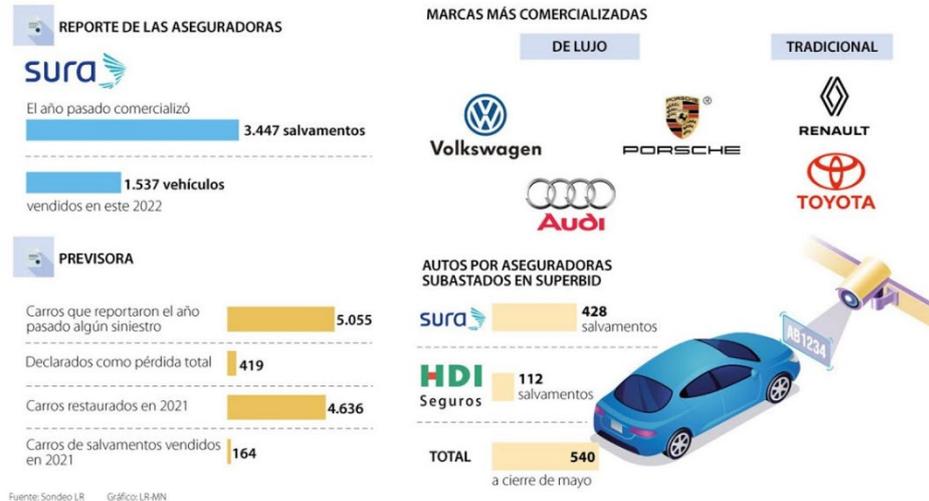
Costo que involucra a la anualidad o al costo de oportunidad del capital

invertido en un ambiente de competencia perfecta e involucra la definición de una vida útil económica, calculada en base a los ingresos y costos marginales, correspondientes, una curva de depreciación, normas de promoción de las inversiones y además de un costo de oportunidad del dinero, expresado en forma matemática – estadística en una tasa de interés o descuento que puede ser calculada como un costo promedio rutinario de las tasas de interés o costos intrínsecos de todas las fuentes de liquidez de la empresa, tales como deudas a proveedores, deudas a colaboradores, deudas al estado (Central, Regional y Local), préstamos bancarios a corto plazo (sobregiros, pagares, cuotas), préstamos bancarios mediano y largo plazo (hipotecas, leasing financiero, leasing comercial), avances en cuenta, bonos secundarios en bolsa de valores, bonos primarios con derecho o sin derecho, a través de conasev y demás organismos reguladores, así como el valor de recupero o valor de rescate a ser determinado por los diversos artículos del Reglamento Nacional de Tasaciones, RNT, RM N°172 – 2016 –Vivienda, que permite determinar con precisión el valor financiero de las máquinas y equipos al final de la vida económica de las máquinas.

También debemos de tener en cuenta que la gerencia moderna diluye costos a través de los seguros que no es más que la zona política de trasladar costos inesperados, no programados de siniestros, accidentes menores (tales como ralladuras, roturas de espejos y parabrisas, abolladuras, fallas menores de origen, sobrecalentamiento localizados o conatos de incendio entre otros), pero también siniestros mayores, tales como accidentes a más de 40 km por hora, incendios totales, rotura de

motor, falla de ECU y sistemas eléctricos y electrónicos integrales entre otros, fallas de programación, etc.

Figura 40. Esquema de costos de seguros de vehículos



Fuente: SURA 2021

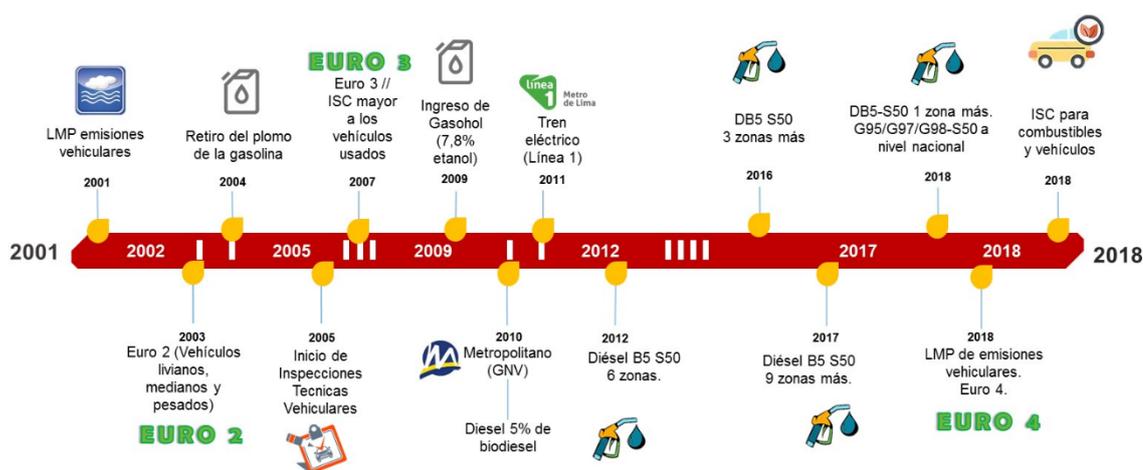
## COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En cuanto a los costos de operación y mantenimiento los debemos de analizar con calma, filosofía y paciencia de la siguiente manera; Primero los costos de operación, en donde debemos de considerar los siguientes costos:

Costos de los energéticos, en la actualidad gasolina regular o gasolina premium, de acuerdo a la nueva normatividad del ministerio de energía y minas, que depende del poder antidetonante y del grado de impurezas, coherente con la norma Euro o Tier, ISO pertinente y mide en grado de presencia de impurezas en ppm, la más conocida es la presencia de azufre, que es precursor de ácido sulfúrico en la atmosfera y la consiguiente lluvia acida, pero también el gas licuado de petróleo en la actualidad con alto componente importado, de acuerdo al mercado Mont Belivu o mercado del Golfo de México o del gas natural esperanza

energética del Perú en el corto y mediano plazo, cuya utilización con la presencia de gaseoductos debemos de apoyar con fuerza y corazón, y que se define en precios de acuerdo a la referencia Henry Hub, en el Puerto de Manzanillo en México Occidental, sin pasar por el canal de Panamá, y por ultimo debemos de agregar los nuevos y emergentes energéticos del mercado peruano, tales como el hidrógeno en todas sus usos emergentes, así como de la electricidad verde limpia y renovable.

Figura 41. Historial de calidad ambiental de los combustibles en el Perú



Fuente: Minam 2020

En cuanto a los costos de Mantenimiento, debemos de tener en cuenta que la amplitud de la maquinaria y equipos de las centrales de generación eléctrica renovable no convencional, es amplia e incluye los principales elementos entre los cuales podemos mencionar:

Costo de mantenimiento de paneles solares, con tecnología perovskita.

Costo de mantenimiento de espejos concentradores bicóncavos, de eje central recto y profundo.

Costo de mantenimiento de flotadores oscilantes con mecanismos mecánicos e hidráulicos de acumulación de energía en centrales

undimotrices tanto en costa o en el mar adentro.

Costos de mantenimiento de turbinas hélice y de bulbo de generación eléctrica por diferencia de niveles entre la pleamar y la bajamar.

Costos de mantenimiento de generadores síncronos, con caja de cambios electrónica, para la generación de corriente alterna trifásica, que garantiza frecuencia y estabilidad de parámetros eléctricos como voltaje, frecuencia, intensidad y ausencia de perturbaciones o Flicker, ausencia de huecos de tensión y cualquier anomalía eléctrica.

Costos de mantenimiento de transformadores eléctricos de potencia de tensión y de corriente, así como todos los equipos de protección y control de media y alta tensión, equipos que de manera general son:

Transformadores de medida.

Transformadores de tensión.

Transformadores de corriente.

Transformadores de corriente para protección.

Transformador de potencia, con sus bornes de alta tensión y bornes de baja tensión, que pueden ser de manera indiferente de entrada y de salida, con o sin refrigeración y ventilación natural o forzada, con refrigeración por aceite o refrigeración secos, con Tabs de regulación de voltaje y amperaje entre otras principales características.

Bancos de capacitores o bancos de condensadores, y que nos permiten tener un manejo del factor de potencia, en cualquier lugar del momento de carga, de acuerdo a su respectivo diagrama de control total y general,

esto permite disminuir la potencia aparente o ideal y concentrar el análisis a potencia real, implican un ahorro en calibre de conductores y dimensiones de equipos de protección en general.

Pararrayos o mejor expresado aparta rayos, por la descripción de la función que realizan, permiten crear un paraguas y su proyección geométrica y equipotencial que protege a los equipos eléctricos de un patio de llaves de una central eléctrica, los pararrayos pueden ser del tipo auto valvular, de resistencia variable en un rango amplio o estrecho de acuerdo a la programación disponible, o del tipo explosor a gap y que todos cumplan con la fundamental función de evitar que las sobretensiones, sobrepasen a tierra con la corriente y este en valores normales de operación y de dirigir a tierra cuando se produzcan sobretensiones peligrosas, interruptores de potencia que tienen sus principales funciones resumidas en el siguiente esquema:

Figura 42. Análisis conceptual de fallas en sistemas de protección



Fuente: ABB 2021

Interruptores en atmosfera protegida SF6

Seccionadores, que a su vez se clasifican en:

Por aspectos funcionales, se clasifican en:

Seccionadores de maniobra.

Seccionadores de puesta a tierra

Por criterios operacionales a su vez se dividen en:

Con cuchillas giratorias.

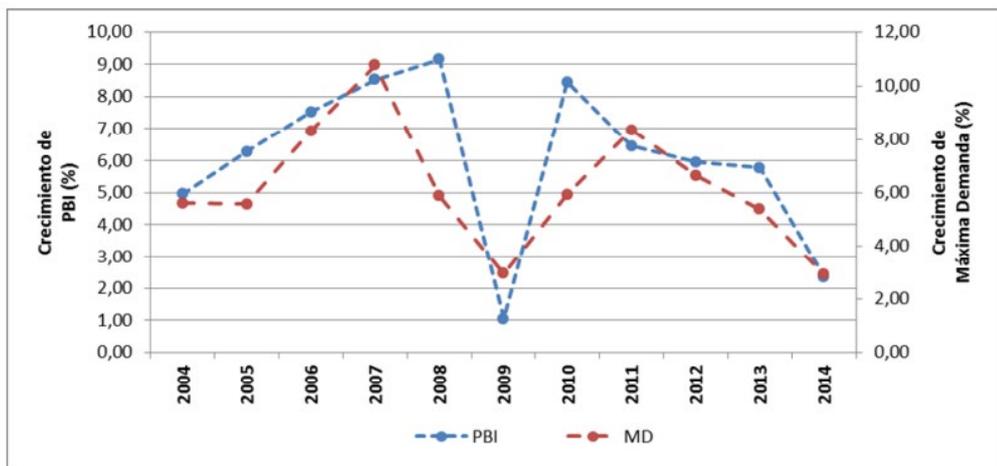
Con cuchillas deslizantes.

Con auxilio de pantógrafo.

Tipo rodilla el semi pantógrafo.

En cuanto a los costos de operación, el principal costo de operación es de la energía eléctrica tanto en energía, como en potencia, que los podemos resumir su variación en los tiempos de acuerdo a los siguientes criterios:

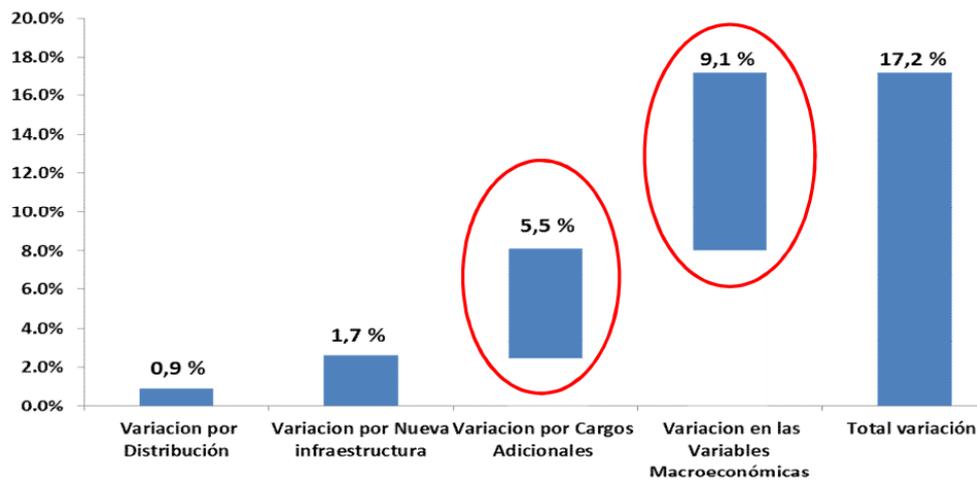
Figura 43. Relación entre el PBI y el incremento de la demanda eléctrica



Fuente: MEM 2019

En cuanto a los precios de energía y su variación en los últimos años, debemos de mencionar que:

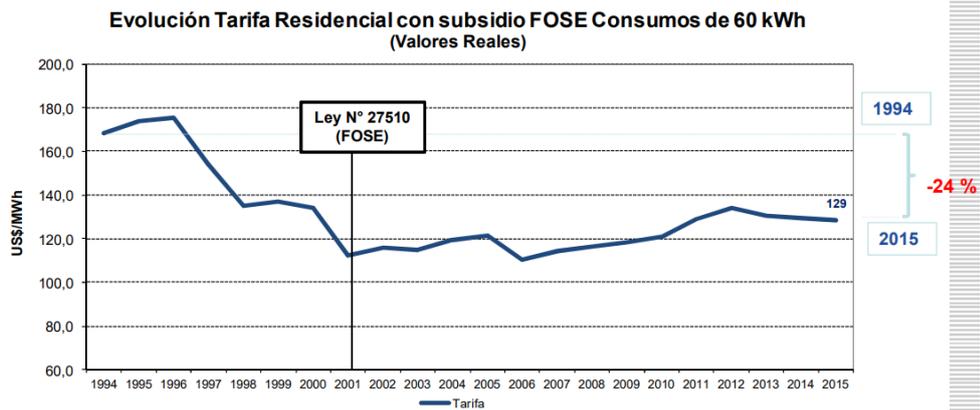
Figura 44. Variación de la tarifa del usuario residencial



Fuente: MEM 2018

En cuanto la variación de la tarifa de mayor impacto social, que es la residencial debemos de tener en cuenta los siguientes datos, de mucha importancia y relevancia en esta presente investigación:

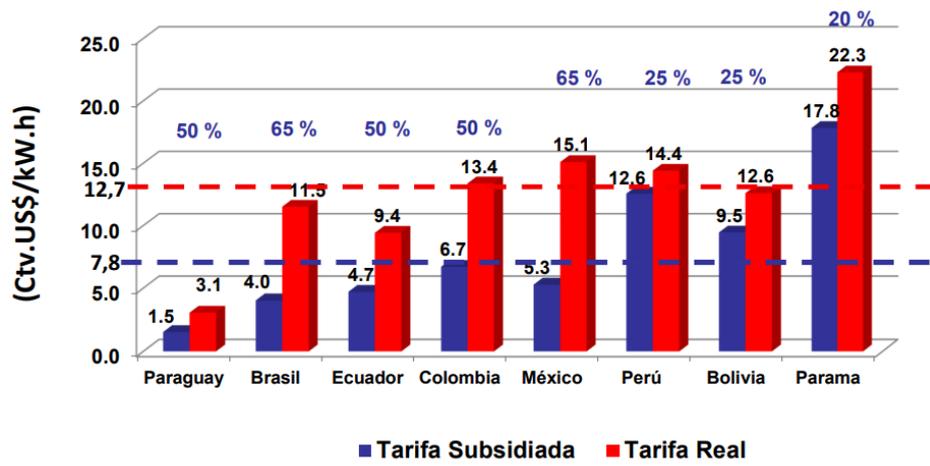
Figura 45. Variaciones de las tarifas eléctricas



Fuente: MEM 2018

Realizando un detallado análisis comparativo, con otros países de América Latina, debemos de analizar lo que está ocurriendo con mucho detalle.

Figura 46. Tarifas eléctricas en el ámbito de Latino América



Fuente: MEM 2018.

## V. DISCUSIÓN

La crisis del cambio climático que vemos todos los días, en el Perú acaban de declarar el estado de emergencia por el fenómeno del niño, que se ha convertido en un fenómeno cada vez más recurrente, pues en la región Lambayeque se dio el año 1925, desde allí no se repitió hasta el año 1972, luego el año 1983, luego el año 1998, luego el año 2017 y ahora en su versión ciclón Yaku se ha presentado los años 2023, lo cual ha determinado que las Naciones Unidas, a través del panel intergubernamental, propicie acciones contra el cambio climático en todas las regiones y provincias del Perú, con medidas para evitarlos, mitigarlo y corregir sus consecuencias. Los procesos de combustión de hidrocarburos líquidos (petróleo pesado, diésel, gasolinas ahora en su versión regular y premium, así como el gas licuado de petróleo y gas natural), han ocasionado la acumulación de carbono y demás gases efecto invernadero en la atmosfera; estudios profundos nos indican que los niveles pre industriales de la Industria 1.0 del orden de los 260 ppm han subido hasta niveles de 420 ppm, los cuales por motivo de la pandemia del COVID, han disminuido ligeramente por la baja de la actividad industrial, por varios meses continuos y estos rápidamente se han recuperado; es importante anotar que en su origen en la Tierra, estos eran los gases dominantes y que poco a poco fueron siendo desplazados por el oxígeno, lo cual permitió refrigerar y disminuir la temperatura en la Tierra y por lo tanto posibilitar la vida abundante y santa que tenemos, esto mismo no ocurrió en venus, en donde la acumulación de gases invernaderos prosiguió ocasionando un aumento de la temperatura y condiciones de vida insostenibles, ausencia de agua, vegetación, fauna y vida al menos como la

conocemos.

Debemos de empezar distinguiendo los principales y más usuales tipos de celdas de combustibles, que son compatibles técnicamente, académicamente, ambientalmente y socialmente con el uso y abuso del hidrógeno, es decir vamos a profundizar esta investigación realizada en la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo, pues vamos a debelar, poner en evidencia y describir, diferentes maneras, procedimientos, tipos, oportunidades de clasificar, ordenar, ilustrar, las celdas de combustible y sus principales, más notables y perfectos tipos de celdas de combustible, con énfasis a las importantes características, tales como son: el material sintético, artificial y mineral raro extraño y caro, utilizado para su fabricación, en las líneas de producción, del rango de potencia que la producen y hasta describir los tipos de combustible que usan y no se usan con cuidado y dedicación, para lo cual analizaremos bajo la dirección de nuestro querido y estimado asesor, los principales detalles de los tipos de celdas de combustible que utilizan hidrógeno como combustible, clasificadas en función al electrolito principal y presentan que utilizan y reutilicen para disminuir la huella de carbono, presente y ausente, por lo que la pila alcalina (AFC), en este tipo de espacial y estroboscópica tipo de celdas, utilizan las mejores membranas del tipo alcalina para dejar en su lugar y dejar pasar los tipos de protocolos y análisis pendientes y ausentes para el principal y normalizado combustible, dejando en claro que la alcalina solución es muy útil y susceptible de impurezas, interferencias, posible contaminación integral y diferencial por el gradiente dado de manera clara y magistral por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con absoluta facilidad integral, por lo

que debido a esto, sólo es posible emplear por la presencia de oxígeno puro, dejando de lado a por lo menos una mayor cantidad de aire puro y limpio que purifique los pulmones y el medio ambiente. Por lo que a la fecha actual y presente, representa una o la celda con mayor grado de desarrollo tecnológico en términos de confiabilidad, durabilidad, eficiencia, bajos costos de producción y experiencia positiva en torno a mayores campos de acción en el ínterin, dejando por lo tanto huellas del más elevado desarrollo tecnológico permanente y alcanzado la mayor efectividad de una de las elevadas en caso especial e indiciario de tecnologías, habiéndose registrado en los anales de la historia, hasta rendimientos y accesorios, por el orden del porcentaje simple y alentador del 75 %.

La tecnología del hidrógeno verde en el Perú, cada vez tiene mayor auge en el año 2021, a iniciativa de la empresa privada, se creó la Sociedad Peruana del Hidrógeno y ha realizado múltiples estudios para patrocinar e impulsar el hidrógeno verde, es decir el producido por la hidrólisis a partir de energía eléctrica de la energías renovables no convencionales, tales como la solar y la eólica entre otras energía limpias, con Zero emisiones en su etapa de funcionamiento, mas no en su etapa de fabricación y montaje en donde si presentan una llamada mochila ecológica, muy profunda y amplia, asimismo destacan los esfuerzos de varias universidades como la Universidad Nacional de Ingeniería, la cual cumpliendo su rol científico y técnico alejado de la política partidaria, ha construido una planta de hidrólisis para la producción de hidrógeno; así mismo con el apoyo de la Cooperación Técnica Canadiense de la provincia de Alberta, se han iniciado con el apoyo de Olade, los estudios para la aplicación del reformado del metano – gas natural

tan abundante en el Perú por los yacimientos de Camisea, los cuales están pendiente de mayores estudios de exploración y puesta en valor de reservas posibles que pasan al nivel de reservas probadas y se investiga la posibilidad de almacenarlos, utilizando los viejos pozos petroleros de más de 100 años de antigüedad de la zona de Zorritos, Lobitos, La Brea y Pariñas, así como los pozos antiguos de Camisea y las antiguas minas subterráneas polimetálicas existentes en el Perú Minero, pero las acciones también van por el lado de la demanda por ejemplo en la infraestructura de distribución en donde la empresa del grupo Enel, Enel X, ha realizado importantes estudios y ensayos de prueba de la tecnología y la operatividad de los surtidores y tanques cisternas de hidrógeno, tal como la actual línea de distribución de combustibles de hidrocarburos líquidos y gaseosos existentes en la actualidad.

En cuanto a los costos de mantenimiento, debemos de tener en cuenta que la amplitud de la maquinaria y equipos de las centrales de generación eléctrica renovable no convencional, es amplia e incluye los principales elementos entre los cuales podemos mencionar: costo de mantenimiento de paneles solares, con tecnología de la Perovskita; costo de mantenimiento de espejos concentradores bicóncavos, de eje central recto y profundo; costo de mantenimiento de flotadores oscilantes con mecanismos mecánicos e hidráulicos de acumulación de energía en centrales undimotrices tanto en costa o en el mar adentro; costos de mantenimiento de turbinas hélice y de bulbo de generación eléctrica por diferencia de niveles entre la pleamar y la bajamar; costos de mantenimiento de generadores síncronos con caja de cambios electrónica para la generación de corriente alterna trifásica, que

garantiza frecuencia y estabilidad de parámetros eléctricos como voltaje, frecuencia, intensidad y ausencia de perturbaciones o Flicker, ausencia de huecos de tensión y cualquier anomalía eléctrica; costos de mantenimiento de transformadores eléctricos de potencia de tensión y de corriente, así como todos los equipos de protección y control de media y alta tensión, equipos de manera general: transformadores de medida, transformadores de tensión, transformadores de corriente, transformadores de corriente para protección, transformador de potencia, bancos de capacitores o bancos de condensadores y pararrayos o mejor expresado aparta rayos.

## VI. CONCLUSIONES

- Se comprueba que se puede diferenciar la enorme capacidad de poder sumarse a la instalación libre y posterior a la instalación del puesto de carga. Donde se puede apreciar que se ha debido tener presente el electrolizador como recarga y extraño comportamiento de las baterías que se dimensionan únicamente para soportar.
- Como análisis holístico final, debemos de considerar la importancia de las estructuras principales: Primero el circuito de potencia DC que consistirá en 3 fuentes de potencia DC.
- En cuanto el tema de los costos debemos de tener en cuenta, Costo total de Tecnología = Costo de Tenencia + Costo de Operación y Manto; de donde podemos definir, Costo de Tenencia = costo que involucra a la anualidad o al costo de oportunidad del capital invertido en un ambiente de competencia perfecta e involucra la definición de una vida útil económica, calculada en base a los ingresos y costos marginales correspondientes, una curva de depreciación, normas de promoción de las inversiones y además de un costo de oportunidad del dinero expresado en forma matemática – estadística, en una tasa de interés o descuento que puede ser calculada como un costo promedio rutinario de las tasas de interés o costo intrínsecas de todas las fuentes de liquidez de la empresa, tales como deudas a proveedores, deudas a colaboradores, deudas al estado (Central, Regional y Local), préstamos bancarios a corto plazo (sobregiros, pagares, cuotas), préstamos bancarios mediano y largo plazo (hipotecas, leasing financiero, leasing comercial), avances en cuenta, bonos secundarios en bolsa de valores,

bonos primarios con derecho o sin derecho, a través de conasev y demás organismos reguladores, así como el valor de recupero o valor de rescate a ser determinado por los diversos artículos del Reglamento Nacional de Tasaciones, RNT, RM N° 172 – 2016 –Vivienda, que permite determinar con precisión el valor financieros de las máquinas y equipos al final de la vida económica de las maquinas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

La crisis energética del Cenit del Petróleo, de acuerdo a la teoría de Hubbert, así como el efecto invernadero que obliga a la política de emisiones Zero y de acuerdo a los compromisos del estado peruano en el IPCC – Panel intergubernamental, determinan que el presente trabajo de investigación no solo debe tener el apoyo de la Universidad Cesar Vallejo, si no del Gobierno Municipal Provincial, Gobierno Regional y la sociedad científica y Civil en general de la Región Lambayeque.

## REFERENCIAS

1. **Amrami, L. 2022.** *Estudio y diseño de un sistema híbrido para producción de hidrógeno.* SEVILLA : USES, 2022.
2. **Angarita, J. 2022.** *Herramientas para el modelamiento y la simulación de tendencias futuras en el área de la movilidad urbana.* SANTIAGO : CEPAL, 2022.
3. **Arista. 2014.** *Metodología de la Investigación.* Lima : EDUSMP, 2014.
4. **Ariza, A. 2022.** *El hidrógeno como activo de inversión en proyectos sostenibles en España.* MADRID : COMILLAS, 2022.
5. **Atienza, I. 2022.** *Producción y Suministro de Hidrógeno a partir de Energías Renovables.* MADRID : COMILLAS, 2022.
6. **Berrio, Ever. 2022.** *Análisis de la movilidad sostenible. Coche eléctrico vs Coche Hidrógeno vs Uso de Bio carburantes.* GIJON : DIGIBUO, 2022.
7. **Brijaldo, M. 2021.** *Principales Rutas en la Producción de Hidrógeno.* BOGOTA : SCIELO, 2021.
8. **Buendia, M. 2022.** *Análisis de viabilidad de Generación de Hidrógeno verde en la Región Sur del Peru.* LIMA : ESAN, 2022.
9. **Campos , Juan. 2022.** *Modelado en Dinámica de Sistemas del Sector del Hidrógeno en la transición Energética.* Vallalodis : UVADOC, 2022.
10. **Cancino, R. 2021.** *Producción y almacenamiento de Hidrógeno Verde para aplicaciones energéticas en Chile.* SANTIAGO : UCHPRESS, 2021.
11. **Capote, P. 2021.** *Análisis de Sistemas del Balance de Planta en vehículos*

- propulsados por pilas de Combustible de Hidrógeno.* SEVILLA : USESEDU, 2021.
12. **Cardona, M. 2018.** *Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia.* BOGOTA : MIMEN, 2018.
  13. **Castellanos , J. 2022.** *Lineamientos Técnicos para la comercialización del Hidrógeno para uso de vehículos en los distribuidores minoristas de Combustibles en Colombia.* SANTANDER : UDECO, 2022.
  14. **Castellanos , Jorge . 2022.** *Lineamientos técnicos para la comercialización del Hidrógeno para uso vehicular.* SANTANDER : UDESEDU, 2022.
  15. **COGENERACION . 2022.** *Optimización de Cogeneración y producción de Hidrógeno Verde .* SANTIAGO : COGENERACION , 2022.
  16. *Development of a correlation to estimate per capita municipal solid waste generation rates in São Paulo state, Brazil: population, per capita income and electricity consumption influences.* **Pisani Junior, Reinaldo, Avezum Alves de Castro, Marcus Cesar and Álvarez da Costa, Antonio. 2018.** 2, 2018, Engenharia Sanitaria e Ambiental, Vol. 23, pp. 415-424.
  17. **Estevez, B. 2022.** *Diseño de un Sistema Híbrido autónomo para la generación de electricidad e Hidrógeno verde para una vivienda.* BARCELONA : UPCPRESS, 2022.
  18. **Frikko. 2020.** Qué es el gas refrigerante R410 para aires acondicionados. [En línea] 25 de marzo de 2020. <https://www.frikko.com/noticias/que-es-el-gas-refrigerante-r410/>.
  19. *Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa:*

- Consensos y disensos*. **Sánchez Flores, F A. 2019**. 1, 2019, Revista digital de investigación en Docencia Universitaria, Vol. 13, págs. 102-122.
20. **Garcia, P. 2022**. *Análisis de la Situación de la Industria del Hidrógeno y mapeo de la cadena de valor en España*. MADRID : Comillas, 2022.
21. **Garcia, S. 2021**. *El futuro de los coches de Hidrógeno*. MADRID : COMILLAS, 2021.
22. **Garcia, V. 2021**. *Competividad de renovables y almacenamiento descentralizado prospectiva 2050*. BILBAO : EHUES, 2021.
23. **Gardel, C y Rosado, O. 2017**. *Hidrógeno Verde en Paraguay y Colombia*. ASUNCION : LEXUS, 2017.
24. **Garfias, A. 2017**. *Modernas técnicas de mantenimiento y su prospectiva*. Lima : UNI, 2017.
25. **Gasica. 2020**. Gas R12. [En línea] 2020. <https://gastica.es/gas-r12/#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20del%20gas%20R%2D12&text=Es%20m%C3%A1s%20pesado%20que%20el,superar%20el%200%2C0004%25..>
26. **Goncalves, A. 2021**. *Análisis del Potencial del Hidrógeno para reducir las emisiones de CO2 en el Parque automotor de Tenerife*. TENERIFE : LAGUNA, 2021.
27. **Granados, Jorge. 2022**. *Análisis Técnico Económico de Generación de Hidrógeno Verde*. MADRID : COMILLAS, 2022.
28. **Hernández Sampieri, Roberto y Mendoza Torres, Christian Paulina. 2018**. *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y*

- mixta*. s.l. : Mc Graw Hill, 2018.
29. **INEI. 2020.** *Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Provincia y Distrito, 2018 - 2020 (Boletín Especial N°26)*. s.l. : INEI, 2020.
30. *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*. **Lozada, José. 2015.** 1, 2015, CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, Vol. 3, págs. 34-39.
31. **JIMENEZ, L. 2021.** *Diseño e implementación de una celda de Hidrógeno en un Motor de Combustión Interna*. BOGOTA : CALDAS, 2021.
32. **Lopez, J. 2021.** *El Hidrógeno Verde en la Unión Europea, una vía necesaria para la transición energética*. MADRID : RODSEDU, 2021.
33. **IUCENTINI, I. 2021.** *Producción de Hidrógeno a partir de Amoniaco en Reactores de Paredes Catalíticas*. Barcelona : UPCPRESS, 2021.
34. **Mahou, J. 2022.** *Modelo de expansión de los sectores eléctricos y de transporte, análisis del rol del Vehículo de Hidrogeno*. MADRID : COMILLAS, 2022.
35. *Mantenimiento en Sub Estaciones Eléctricas*. **Reynaldo. 2018.** 2018, Ingeniería del Mantenimiento, págs. 45, 61.
36. **Marin , A. 2022.** *El hidrógeno como futuro de los combustibles de automoción*. MADRID : CEDEX, 2022.
37. **Matute, G. 2022.** *Modelo Técnico Económico de Electrolizador para la producción de Hidrógeno como vector energético*. ZARAGOZA : UNIZAR, 2022.

38. **Montani, P. 2016.** *Hidrógeno Verde en la Cuencia del Rio de la Plata.* MONTEVIDEO : LIMUSA, 2016.
39. **Muñoz, B. 2022.** *Producción de Hidrógeno verde para descarbonizar las actividades económicas en Costa Rica.* SAN Jose : UCR, 2022.
40. **Muregesan , P. 2022.** *Fppd waste valorisation via gasificacion a review on emerging concepts propects and challeges .* CALCUTA : SCIENCE, 2022.
41. **Ñaupas, Pedro. 2016.** *Metodología de la investigación científica en Ingeniería.* Bogota : Limusa, 2016.
42. **Parlamento Europeo. 2010.** Gas refrigerante R12. [En línea] 29 de octubre de 2010. [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-7-2010-9424\\_ES.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-7-2010-9424_ES.html).
43. **Pochteca Perú. 2021.** Gas Refrigerante R-134a Características. [En línea] 30 de septiembre de 2021. <https://peru.pochteca.net/caracteristicas-del-gas-refrigerante-r-134a/>.
44. **Rivera, B. 2021.** *Prospectiva de uso de sub productos agro industriales para producción de Bioetanol.* MEDELLIN : TECHNICA, 2021.
45. **Rivera, P. 2016.** *Optimización del despacho económico, caso subestaciones eléctricas de potencia.* Miami : Willey, 2016.
46. **Rodriguez, Alvaro. 2022.** *Estudio de combustión de mezclas de Hidrógeno y Gas Natural en motores de encendido provocado.* VALLADOLID : UVADOC, 2022.
47. **Sazali, N. 2020.** *Emerging technologies by Hydrogen .* DENVER :

- SPRINGLER, 2020.
48. **SIGERSOL. 2021.** Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos. [En línea] 2021.  
<https://sistemas.minam.gob.pe/SigersolMunicipal/#!/accesoLibre/generacion>.
49. **Silva, V. 2022.** *Diseño de un piloto de Celdas de Combustible de Hidrógeno como fuente de energía para camiones CAEX.* SANTIAGO : UCHPRESS, 2022.
50. **Solquimia. 2023.** Refrigerantes – Climatización. *Suministro y carga de gases refrigerantes para climatización.* [En línea] 2023.  
<http://www.solquimia.com/refrigerantes-climatizacion/>.
51. **Thian, L. 2020.** *Almacenamiento Químico de la Energía Eólica, producción de Hidrógeno.* BARCELONA : POSIT, 2020.
52. **Tianxiao , A. 2022.** *Mejora del Reformado Electrocatalítico de CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>, Con interfaces de óxido de metal en celda de electrólisis.* PEKIN : SCIENCE, 2022.
53. **Torre, C. 2022.** *Estudio de las características del Hidrógeno como combustible y de las aplicaciones sobre el diseño y funcionamiento.* VALENCIA : UPVLEX, 2022.
54. **Torrentes , Gerald. 2021.** *Retropectiva del Desarrollo de las Generaciones de Bio Combustibles.* SAN JUAN : TICO, 2021.
55. **Ugarriza, N. 2016.** *Instrumentos para la investigación educativa.* Lima : UNMSM, 2016.

56. **Uricochea, N. 2021.** *Análisis técnico ambiental del uso de Pilas de Combustible de Hidrógeno en sector transporte.* BOGOTA : AMERICA, 2021.
57. **Vasquez, A. 2021.** *Viabilidad Técnico - Económica para la exportacion de Hidrógeno.* SANTIAGO : UTALCA, 2021.
58. **Villasante, M. 2013.** *Diseño de un proyecto de Investigación.* Cuzco : IIUR, 2013.
59. **Yuanyu, T. 2022.** *Efecto de la Atmosfera de Hidrógeno y el Catalizador de Biocarbon.* Wuhuan : ESTRELLA, 2022.
60. **Zamora , A. 2022.** *Diseño e implemetación de una planta de obtención de hidrógeno mediante electrólisis.* valencia : upv, 2022.

Anexos: Matriz de operacionalización de variables

Variable: Aumento del uso del hidrógeno verde.

Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Consiste en la determinación de la forma de obtener hidrógeno a partir de los recursos energéticos, sin la utilización de combustibles que tengan carbono en su composición química-.	Se mide esta variable, considerando la cantidad de energía que se puede generar a partir del hidrógeno.	Aspectos mecánicos	Razón
		Aspectos Eléctricos.	Razón

Variable: Matriz energética peruana optimizada

<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
Son la cuantificación de las fuentes energéticas con las cuales se genera energía eléctrica y que se inyecta al Sistema Eléctrico Interconectado del Perú.	Se mide en términos porcentuales, teniendo como el total a la potencia instalada de las diferentes fuentes de generación eléctrica.	Energía Hidráulica. Energía Eólica Energía Solar. Energía Térmica. Energía utilizando hidrógeno.	Nominal. Nominal. Nominal. Nominal.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "TENDENCIAS DEL DESARROLO DEL HIDRÓGENO VERDE PARA LA OPTIMIZACION DE LA MATRIZ ENERGÉTICA PERUANA", cuyos autores son TORRES GUEVARA MIGUEL, AGUIRRE RUIZ JESUS ANIBAL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 27.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 03 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS <b>DNI:</b> 16720249 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4412-8789	Firmado electrónicamente por: AJSALAZARM el 03- 07-2023 10:34:59

Código documento Trilce: TRI - 0565849