

Prototipo Generador De Hidrogeno Para La Cocción De Alimentos En Hogares Rurales

Jhon David Ortiz González

Facultad De Ingeniería, Universidad EAN

Proyecto De Grado

Lina María Chacón Rivera.

30 de noviembre de 2023

Resumen Ejecutivo

Problema

En el sector rural colombiano, la cocción de alimentos con leña es una práctica común que tiene consecuencias negativas para la salud y el medio ambiente. El humo de la leña puede causar enfermedades respiratorias, como neumonía, asma y bronquitis, especialmente en niños y mujeres. También puede contribuir a la deforestación, ya que la tala de árboles para obtener leña es una de las principales causas de la pérdida de bosques en Colombia.

Solución

La implementación de generadores de hidrógeno para la cocción de alimentos en el sector rural es una solución viable para reducir los riesgos para la salud y el medio ambiente. Los generadores de hidrógeno utilizan energía eléctrica para producir hidrógeno, un gas combustible que puede ser utilizado para cocinar de manera segura y eficiente.

Metodología

El proyecto se llevará a cabo en tres fases:

- Investigación: Se realizará una investigación para evaluar la viabilidad técnica y económica de los generadores de hidrógeno.
- Desarrollo: Se diseñará y construirá un prototipo de generador de hidrógeno óptimo para la cocción de alimentos de acuerdo con el cronograma (Anexo).
- Validación de prototipo: Se realizará una prueba práctica para validar el funcionamiento del prototipo de generador de hidrógeno.

Resultados Esperados

Los resultados esperados del proyecto son:

- Funcionamiento adecuado del prototipo; obtención de una llama aprovechable.

Prototipo Generador De Hidrogeno Para La Cocción De Alimentos En Hogares Rurales

En Colombia, la cocción de alimentos con leña es una práctica común en el sector rural que está ligada a tradiciones ancestrales y al sabor que la leña les imprime a los alimentos. Además, la madera es de fácil acceso para los habitantes de estas zonas, ya que pueden obtenerla de los bosques que circundan sus viviendas lo cual no les representa ningún costo económico.

Por estas razones, la leña se considera la mejor opción para la cocina. Sin embargo, se deben tener en cuenta las consecuencias negativas que genera para la salud y el medio ambiente. En primer lugar, el humo de la leña puede causar enfermedades respiratorias, principalmente en niños y ancianos, así como el daño por material particulado. En segundo lugar, la tala de árboles para obtener leña contribuye a la deforestación y al cambio climático.

En la búsqueda de soluciones para erradicar el uso de leña, el gas natural y el propano, son las primeras opciones en la mira. Sin embargo, el costo de estos servicios y la accesibilidad, debido a las redes, representan una barrera para que estas comunidades puedan disfrutar de ellos. Una solución a este problema es el uso de fuentes de energía emergentes, como el hidrógeno. A través de aplicaciones como los generadores de hidrógeno, se puede producir gas combustible a partir de agua y electricidad. Este gas puede ser utilizado para cocinar alimentos sin generar humo ni gases nocivos.

Este proyecto de grado tiene como objetivo diseñar y construir un generador de hidrógeno que sea asequible y accesible para la cocción de alimentos. Con esto, se busca contribuir a la mejora de la salud y el bienestar de las comunidades rurales y el medio ambiente en Colombia.

Objetivo General

Desarrollar un prototipo generador de hidrógeno que pueda usarse en la cocción de alimentos en hogares rurales.

Objetivos Específicos

- Investigar diferentes tecnologías desarrolladas para la generación de hidrógeno
- Presentar un diseño adecuado del sistema de generación de hidrogeno con sus características técnicas.
- Construir un prototipo de fácil construcción, implementación, y bajo costo.
- Validar la operación del prototipo para que pueda ser usado en una estufa.
- Establecer estrategias para la implementación del prototipo en comunidades rurales por medio de los gobiernos locales.

Definición Del Problema

La exposición al humo de leña es un problema de salud pública importante en zonas rurales de Colombia. Se estima que el 68% de las personas que viven en estas zonas expuestas al humo de leña pueden sufrir afecciones respiratorias como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). La EPOC es una enfermedad crónica que puede causar dificultad para respirar. Además, la tala de árboles para obtener leña para cocinar es una de las principales causas de deforestación en Colombia, lo que tiene un impacto negativo en el medio ambiente.

Sumado a lo anterior, las personas que viven en zonas rurales a menudo no tienen los medios económicos para adquirir un mejor servicio para cocinar sus alimentos, lo que las obliga a usar leña, un combustible que es peligroso para la salud y el medio ambiente. El desarrollo de alternativas más asequibles para cocinar, como un generador de hidrógeno, tiene el potencial de mejorar la salud de las personas que viven en zonas rurales y de reducir el impacto de la deforestación en el medio ambiente.

Justificación

El desarrollo de este proyecto de generador de hidrogeno permitiría reducir los problemas respiratorios presentados en esta población, donde por necesidad, se cocina con leña. El prototipo utilizará energía de la red eléctrica o solar para cocinar alimentos, lo que eliminaría la necesidad de usar leña.

Los beneficios potenciales de su desarrollo incluyen:

- Reducción de enfermedades respiratorias: La inhalación del humo de leña es una causa de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y otras afecciones. El uso de hidrogeno para cocinar alimentos eliminaría la exposición al humo de leña, lo que podría ayudar a reducir el riesgo de enfermedades respiratorias.
- Protección de los bosques: La deforestación es un problema importante que afecta el medio ambiente. Este prototipo que aporta en la cocina de alimentos reduciría la demanda de leña, lo que podría ayudar a proteger los bosques.
- Mejora de la calidad del aire: El ambiente recibe material particulado, que contribuye a la contaminación del aire. Con este proyecto se busca eliminar la emisión de estos contaminantes, lo que podría ayudar a mejorar la calidad del aire y aportar a la descarbonización del planeta.
- Confort habitacional: La quema de leña genera hollín, que va degenerando estética y funcionalmente los hogares. Este cambio en la fuente de energía para la cocción eliminaría la emisión de este hollín, lo que podría ayudar a mejorar el confort habitacional.

Análisis De Requerimientos

Tabla 1

Análisis de requerimientos

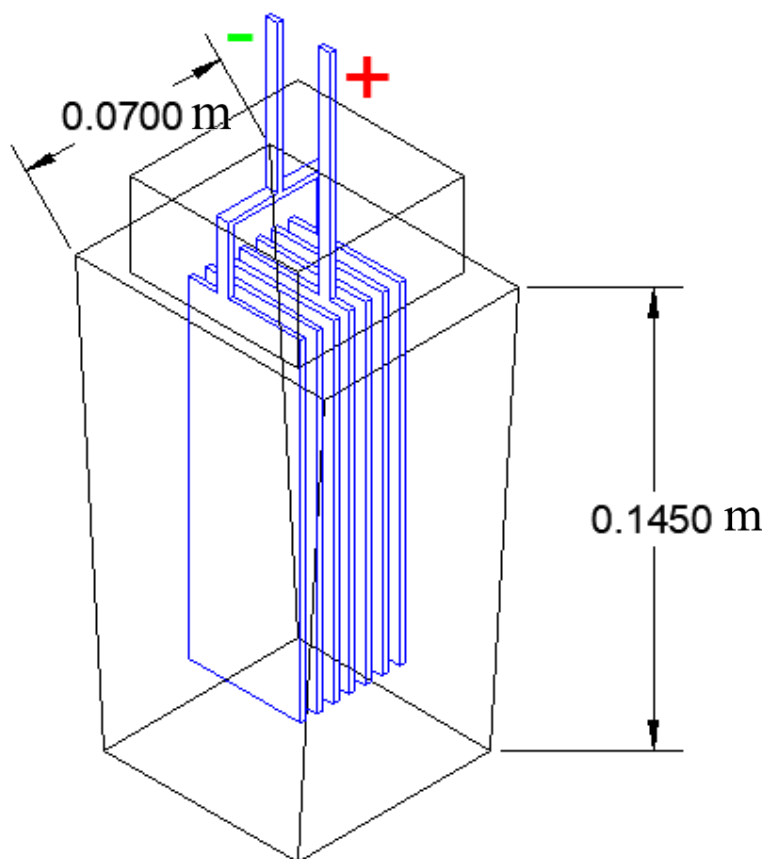
Partes Interesadas	Intereses	Expectativas
Habitantes de zona rural	<ul style="list-style-type: none"> - Ahorro de dinero. - Mejorar la salud. - Reducir la contaminación del aire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de usar. - Que sea asequible. - Que sea seguro.
Universidad EAN	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar una tecnología innovadora. - Tener un impacto positivo en las comunidades rurales. - Obtener reconocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que el proyecto sea exitoso. - Aceptación por las comunidades rurales. - Tener un impacto positivo en el medio ambiente.
Diseñador	<ul style="list-style-type: none"> - Tener un impacto positivo en el medio ambiente. - Obtener reconocimiento por el trabajo. - Comercializar el producto. - Generar ganancias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que el proyecto sea exitoso. - Aceptación por las comunidades rurales. - Rentabilidad.

Nota: Elaboración propia

Parámetros De Diseño

Figura 1

Diseño preliminar del generador de Hidrógeno



Nota: Elaboración propia

Tabla 2

Listado de materiales

Materiales

-
- 7 láminas de acero de 0.12*0.04*0.002 m
 - Contenedor de vidrio con tapa plástica
 - Lámina de acero
 - Acrílico de 3mm
-

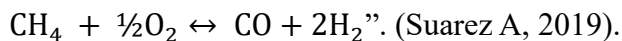
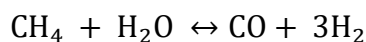
-
- Tornillo de acero con tuerca y arandela
 - Manguera da gas propano
 - Galón de suavizante
 - Pegamento instantáneo
 - Agua destilada
 - Bicarbonato de sodio
 - Amarres plásticos
 - Botella plástica con tapa
 - Agua destilada
 - Tubo metálico IMC 1/2"
 - Terminales 1/2"
 - Esponjilla de alambre
 - Abrazadera metálica de 1/2"
 - Jeringa con aguja
 - Arena de rio

Nota: Elaboración propia

Marco Teórico

El hidrogeno es el elemento más abundante en el universo, su símbolo es H y su número atómico es el 1. Está conformado por un protón y un electrón y se conoce también con el nombre de protio. Si se adicionan uno o dos neutrones, se obtiene deuterio y tritio respectivamente. Es un gas inodoro, incoloro y muy inflamable. El hidrógeno puede encontrarse en la naturaleza formando parte de muchos compuestos debido a su facilidad para reaccionar con los demás elementos; Puede encontrarse por ejemplo como parte de una molécula de agua al mezclarse (en su molécula diatómica) con el oxígeno.

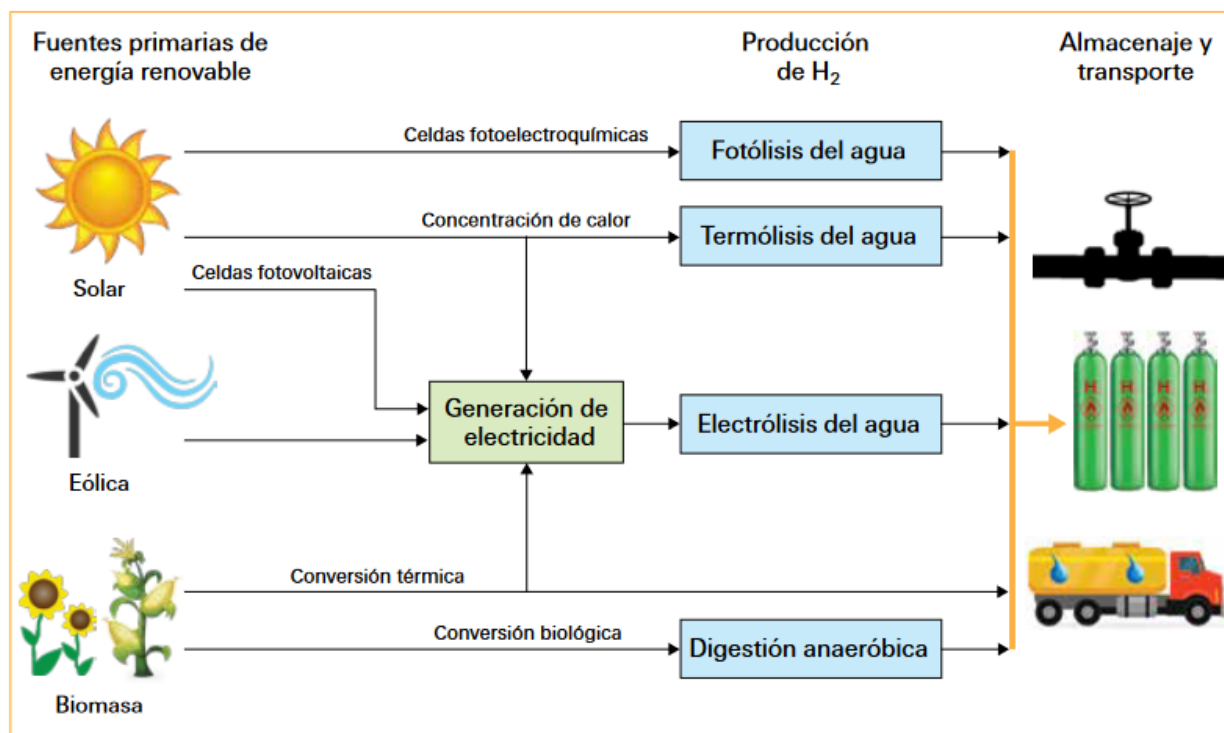
Puede obtenerse “por reformación catalítica: al metano o gas natural (CH_4) se le quita el hidrógeno mediante altas temperaturas, catalizadores y agua:



La producción del Hidrogeno se busca que no tenga impacto en el medio ambiente, por lo que se usan energías renovables como eólica o solar, y hablando de medios de producción sustentable tenemos entonces la fotólisis, termólisis, electrólisis y digestión anaerobia, tal y como se ilustra a continuación en la figura 1:

Figura 2

Producción sustentable de hidrógeno



Nota: Suarez A (2019), Producción sustentable de hidrógeno, ciencia,

https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/70_1/PDF/Hidrogeno.pdf.

De los procesos ilustrados, en este proyecto se trabaja la producción de hidrógeno por electrólisis, que corresponde al uso de electricidad para poder descomponer la molécula de agua;

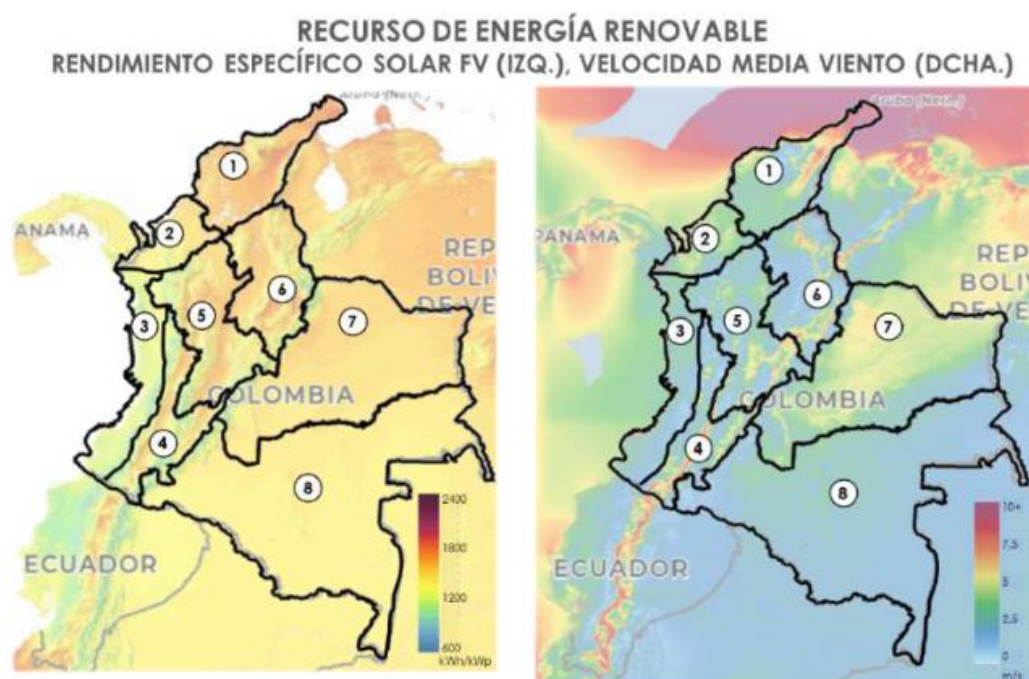
para esto, se busca construir un generador que consta de un montaje en láminas de acero a través del cual circulará una corriente eléctrica en DC, y que permitirá ese rompimiento de las moléculas de agua. El resultado final es la obtención de hidrogeno que se busca pueda ser usado para generar una llama constante de fuego que pudiese usarse posteriormente en la cocción de alimentos en hogares rurales.

Es importante anotar que existen tecnologías alternas para su obtención, en donde, dependiendo del combustible usado, ya sea fósil o renovable, y el tratamiento que se le dé a las emisiones contaminantes, pueden obtenerse varios “tipos” de hidrógeno como el negro, marrón, gris, azul, turquesa, rosa, amarillo y blanco, pero para efectos del proyecto, del modelo de sostenibilidad deseado y de la descarbonización de la matriz energética (ministerio de energía – Minenergía, 2023), puede centrarse en la producción de hidrógeno verde, el cual es obtenido a partir energías renovables (eólico, solar, hidroeléctrica). Es importante resaltar que Colombia cuenta con una matriz energética “limpia” en su mayoría, y que permite obtener un beneficio a la hora de la generación y tratamiento del hidrógeno.

Geográficamente, además de tener una riqueza hídrica, el país cuenta con una zona especialmente privilegiada con recursos tanto eólicos como fotovoltaicos, la zona caribe y de la Guajira de la manera como se ilustra en la figura siguiente:

Figura 3

Separación de Colombia por zonas de recurso renovable



Nota: Minenergía (2023), Separación de Colombia por zonas de recurso renovable.

https://www.minenergia.gov.co/documents/5861/Hoja_Ruta_Hidrogeno_Colombia_2810.pdf

Para el 2030 se busca que los costos para los proyectos de energía solar fotovoltaica disminuyan, y de esta manera se pueda tener un mayor impacto en la generación del hidrógeno verde, que finalmente para el 2050, se espera sea la alternativa más competitiva en el país (Minenergía, 2023). Hasta que eso suceda, el uso de energía proveniente de la red eléctrica puede ser un medio importante para la generación de los proyectos de hidrogeno que se vienen realizando.

La demanda de hidrógeno en Colombia, actualmente se centra en el sector de refinерías y otros usos industriales (materia prima); otras aplicaciones en el sector transporte (combustibles) y energético (almacenamiento de energía) presentan una demanda de gran impacto, pero en una menor escala.

Se espera que con los avances tecnológicos y la creciente demanda internacional que se enfoca en países europeos (Minenergía, 2023), Colombia se posicione de manera importante en el mercado energético mundial, el cual está basando sus esfuerzos en la descarbonización y disminución de las emisiones contaminantes por CO₂ principalmente, todo esto con el fin de alcanzar metas nacionales en primera estancia a 2030 de la manera representada en la figura 3:

Figura 4

Metas de país en materia de hidrógeno a 2030



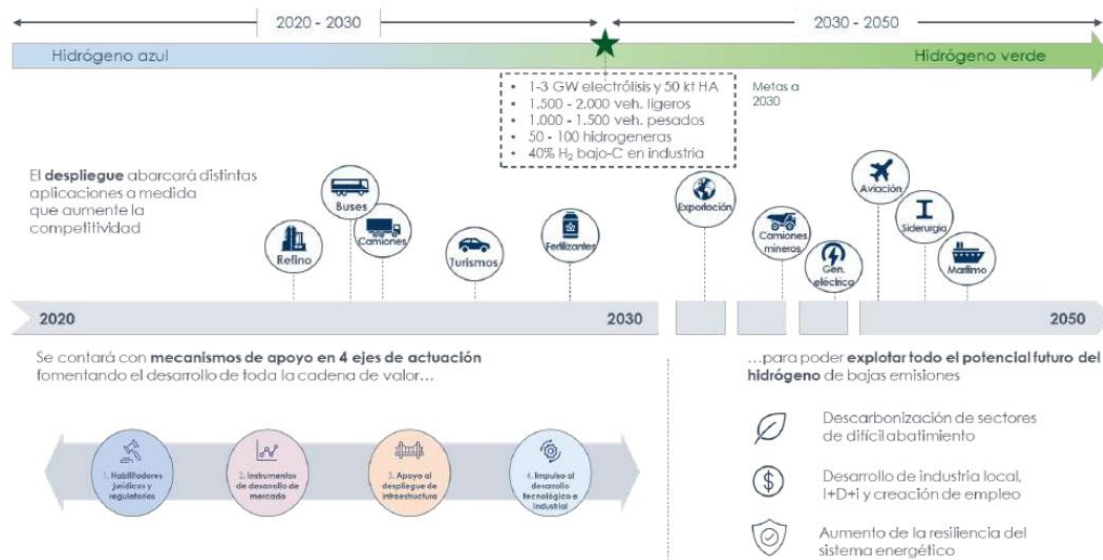
Nota. Minenergía (2023), Metas de país en materia de hidrógeno a 2030.

https://www.minenergia.gov.co/documents/5861/Hoja_Ruta_Hidrogeno_Colombia_2810.pdf

De igual manera, se tienen metas claras para el año 2050, en donde se busca la transición del hidrogeno azul al verde, hasta que este último sea el actor principal en el mercado de generación de hidrogeno. Cabe aclarar que como se trata de una transición, la implementación se llevará por sectores enfocados en primer lugar en transporte masivo y finalmente a los medios de transporte de gran consumo como la aviación, buques, y carga de tipo industrial. Lo anterior se puede visualizar a continuación:

Figura 5

Estrategia nacional a 2050 en materia de hidrógeno de bajas emisiones.



Nota: Minenergía (2023). Estrategia nacional a 2050 en materia de hidrógeno de bajas emisiones.

https://www.minenergia.gov.co/documents/5861/Hoja_Ruta_Hidrogeno_Colombia_2810.pdf

El desarrollo de esta tecnología no podría lograrse si no se diseñan e implementan políticas “orientadas a establecer un marco regulatorio claro, coherente y justo” (Minenergía, 2023), en donde se busque una competencia justa y una participación de la inversión privada, además de hacer que el mercado del hidrógeno verde sea atractivo, para los sectores económicos; eficiente, en la generación y transporte; sostenible en los ámbitos social, económico y ambiental.

El artículo 21 de la ley 2099 de 2021, hace referencia a: “Promoción a la producción y uso del hidrogeno El Gobierno nacional definirá los mecanismos, condiciones e incentivos para promover la innovación, investigación, producción, almacenamiento, distribución y uso de hidrógeno destinado a la prestación del servicio público de energía eléctrica, almacenamiento de energía, y descarbonización de sectores como transporte, industria, hidrocarburos, entre otros” (Congreso de la república de Colombia, 2021), y allí se citan los beneficios como deducción de impuestos y aranceles de acuerdo con la regulación y planeación reglamentada. Asimismo, en el

artículo 23 de la presente ley se apoya a la investigación, desarrollo e innovación de este tipo de tecnologías.

Análisis De Las Restricciones

Tabla 3

Análisis de restricciones

Ambientales

El proceso de electrólisis del agua utiliza energía eléctrica, lo que puede generar emisiones de gases de efecto invernadero si la electricidad se genera a partir de combustibles fósiles.

El hidrógeno es un gas incoloro, sin olor, insípido, altamente inflamable y no es tóxico.

Económicas

El costo de la electricidad utilizada para alimentar el generador puede ser un factor para considerar, especialmente en áreas rurales donde la población no cuenta con las condiciones económicas para la prestación del servicio.

Para la generación de hidrógeno verde es indispensable el uso de energía proveniente de alguna fuente de energía renovable, lo cual puede representar un costo alto en la construcción del sistema generador de energía eléctrica; sistemas que actualmente son aún difíciles de adquirir por poblaciones de pocos recursos, Por lo que el presupuesto para el desarrollo ideal del proyecto puede ser alto si no se tiene un apoyo por parte de terceros.

Legales

La superintendencia de industria y comercio en su resolución número 53026 de 2015 adopta medidas definitivas sobre la comercialización y el uso de un producto para evitar que se cause daño o perjuicio a la salud e integridad de los consumidores; para este caso aplican restricciones al almacenamiento y manejo de hidrogeno en su numeral 5.1.3.3.

La norma Técnica NTC 2505:2006 establece los requisitos que se deben cumplir en el diseño y construcción de instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.

Seguridad

El hidrógeno es un gas inflamable, por lo que es importante tomar medidas de seguridad para evitar accidentes.

Operar junto con un dispositivo (burbujeador) que pueda mitigar posibles explosiones a causa de la combustión del gas.

Ubicar el generador en un área con buena ventilación.

Evitar la acumulación de hidrógeno en el área circundante.

No fumar cerca del generador.

No utilizar el generador en presencia de llamas abiertas o chispas.

Evitar el calentamiento de los componentes del generador.

No operar al sol directo.

Socioculturales

Cambio en las costumbres y tradiciones culinarias.

Resistencia al cambio por parte de la población local.

Nivel educativo de los usuarios.

Operativas

El consumo de energía.

La corrosión de los componentes.

Producción de hidrógeno.

Espacio amplio y ventilado

Uso de sustancias químicas.

Nota: Elaboración propia

Análisis De Alternativas

Con base en la información consultada (Acciona, 2020) y las consideraciones de sostenibilidad, costos e impacto ambiental, se destaca la electrólisis del agua como la opción preferente para la obtención de hidrógeno tal y como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 4.

Alternativas para la generación de hidrógeno

Método	Transformación Molecular	Gasificación	Electrólisis del Agua
Descripción	Utiliza reacciones químicas para obtener hidrógeno del gas natural. Es el método más utilizado.	Busca obtener hidrógeno a partir de la combustión a altas temperaturas de carbón o biomasa.	Rompe la molécula de agua utilizando corriente eléctrica para obtener hidrógeno.
Contaminantes Generados	Dióxido de carbono	Monóxido de carbono	No genera contaminantes gaseosos como dióxido de carbono o monóxido de carbono.
Sostenibilidad	Menos sostenible	Menos sostenible	Método más sostenible de producción, ya que no emite gases

Método	Transformación Molecular	Gasificación	Electrólisis del Agua
			contaminantes y utiliza materiales reciclados.
Costos	Puede requerir costos elevados y tecnologías complejas.	Puede ser costoso y requerir tecnologías avanzadas.	Menores costos y no requiere tecnologías complejas.
Impacto Ambiental	Genera gases de efecto invernadero.	Puede contribuir a la contaminación atmosférica.	Impacto positivo debido a la ausencia de emisiones contaminantes y el uso de materiales reciclados.
Eficiencia Energética	Variable	Variable	La eficiencia depende de la fuente de energía utilizada, pero puede ser alta con fuentes renovables.
Tecnología Necesaria	Tecnologías complejas	Tecnologías avanzadas	Tecnología simple y accesible.

Nota: Elaboración propia.

Este método es más sostenible, económico y tiene un menor impacto ambiental en comparación con la transformación molecular y la gasificación. Además, el uso de materiales

reciclados en el modelo seleccionado refuerza su enfoque positivo hacia la responsabilidad ambiental

Definición Del Diseño Del Generador De Hidrogeno

Como se mencionó anteriormente, con el proyecto se busca construir un generador de hidrógeno por medio del proceso de hidrólisis. La reacción se lleva a cabo en un medio conformado por una mezcla de agua y bicarbonato de sodio, y el efecto de una corriente eléctrica que circula a través de una disposición de placas de acero inoxidable. La solución de agua con bicarbonato actúa como electrolito, y las láminas de acero inoxidable como electrodos. El agua con bicarbonato se utiliza como electrolito porque tiene una conductividad eléctrica relativamente alta (1.05 dSm^{-1} a 25°C) y permite que la corriente fluya con facilidad, lo que es necesario para que el proceso de electrólisis sea eficiente.

El generador funciona aplicando una corriente eléctrica a los electrodos. Esto provoca una reacción química que separa el agua en sus elementos básicos, hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno se produce en el ánodo, y el oxígeno en el cátodo. El conjunto de láminas de acero inoxidable está dispuesto de manera que los electrodos estén separados por una distancia muy pequeña para aumentar la eficiencia del proceso de electrólisis, ya que la superficie de contacto entre los electrodos y la solución es mayor.

Es importante tener en cuenta que el contenedor debe ser hermético para prevenir fugas del gas producto de la reacción. Asimismo, es necesaria la construcción de un segundo contenedor que tenga un papel de barrera en caso de que se presente combustión en la utilización del hidrógeno generado al final del sistema. Como en el sistema no se contempla un almacenamiento del gas, la utilización del servicio depende de la operación temporal del generador.

En el diseño y construcción del generador, se utilizan materiales de reducido costo y que representen un bajo riesgo al contacto y operación. Básicamente son elementos a los que se puede tener un fácil acceso, esto con el fin de que las comunidades puedan adquirir o construir su propio generador.

Análisis De Costos

Tabla 5

Costos preliminares

Item	Descripción	Cant.	Valor unitario	Valor total
Generador de H2				
1	Contenedor de vidrio con tapa plástica	1	\$ -	\$ -
2	Lámina de acero	13	\$ 3,000.00	\$ 39,000.00
3	Acrílico de 3mm	1	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00
4	Tornillo de acero con tuerca y arandela	4	\$ 3,400.00	\$ 13,600.00
5	Manguera da gas propano	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
6	Galón de suavizante	1	\$ -	\$ -
7	Pegamento instantáneo	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00
8	Agua destilada	1	\$ -	\$ -
9	Bicarbonato de sodio	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
10	Amarres plásticos	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
Burbujeador				
11	Botella plástica con tapa	1	\$ -	\$ -
12	Agua destilada	1	\$ -	\$ -

Item	Descripción	Cant.	Valor unitario	Valor total
Salida				
13	Tubo metálico IMC 1/2"	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
14	Terminales 1/2"	2	\$ 4,000.00	\$ 8,000.00
15	Esponjilla de alambre	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
16	Abrazadera metálica de 1/2"	1	\$ 1,700.00	\$ 1,700.00
17	Jeringa con aguja	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
18	Arena de rio	1	\$ -	\$ -
Mano de obra				
19	Diseño y construcción	6	\$ 65,000.00	\$ 390,000.00
Total Construcción:				\$ 493,800.00

Nota: Elaboración propia. Los materiales que no cuentan con precio de compra son reciclados.

Análisis de Impacto

Tabla 6

Impactos del generador de Hidrogeno

Área de Impacto	Positivo	Negativo
Salud	<p>Reduce la exposición al humo de leña, disminuyendo el riesgo de enfermedades respiratorias como la EPOC.</p> <p>Mejora la calidad del aire en las comunidades rurales.</p>	

Área de Impacto	Positivo	Negativo
<i>Ambiental</i>	Reduce la demanda de leña, promoviendo así la sostenibilidad ambiental.	La producción de hidrógeno verde requiere energía renovable, lo que puede tener un impacto en el medio ambiente.
	Minimiza las emisiones contaminantes, contribuyendo a la descarbonización.	
<i>Social</i>	Mejora la calidad de vida al proporcionar una alternativa más segura y saludable para la cocción de alimentos.	Puede enfrentar resistencia cultural, ya que las comunidades rurales están acostumbradas a cocinar con leña.
	Genera independencia energética para las comunidades rurales.	El costo inicial del generador y su operación con energía eléctrica podrían ser barreras económicas, especialmente en áreas con limitado acceso a servicios eléctricos.
<i>Económico</i>	Puede generar ahorros económicos a los habitantes de zonas rurales al eliminar o reducir la necesidad de adquirir leña.	El costo inicial del generador y su operación con energía eléctrica podrían ser barreras económicas, especialmente
	Genera empleos en la producción y distribución del hidrógeno.	

Área de Impacto	Positivo	Negativo
		en áreas con limitado acceso a servicios eléctricos.
Educativo	El proyecto implica un cambio en la forma de cocinar, lo que requiere programas educativos para garantizar un uso seguro y eficiente del generador. Genera oportunidades de aprendizaje y capacitación para las comunidades rurales.	El nivel educativo de los usuarios podría influir en la aceptación y adopción del nuevo sistema.
Regulatorio	La legislación actualmente apoya la producción y uso de hidrógeno en Colombia, lo cual es beneficioso para el proyecto. El gobierno colombiano ha establecido metas de descarbonización que favorecen el uso del hidrógeno verde.	Deben seguirse normativas de seguridad y regulaciones para el manejo del hidrógeno.

Nota: Elaboración propia con base en datos de Acciona. (Acciona, 2020)

Análisis de viabilidad

Técnica

La tecnología de electrólisis del agua es conocida y probada, pero el diseño del generador propuesto presenta algunos desafíos. El generador está hecho de materiales de bajo costo, pero se

debe verificar su capacidad para soportar las condiciones de funcionamiento previstas. También se debe realizar una validación práctica para confirmar que el generador cumple con los requisitos de rendimiento deseados.

Económica

Aunque el generador utiliza materiales de bajo costo, los costos de operación y mantenimiento podrían aumentar en el futuro. También se debe considerar el costo de las fuentes de energía renovable para la electrólisis. Para hacer el proyecto más accesible, se podría explorar la posibilidad de subsidios o financiamientos.

Ambiental

La adopción del hidrógeno verde y la generación sostenible son aspectos positivos del proyecto. La elección de fuentes de energía renovable para la electrólisis contribuye a la viabilidad ambiental del proyecto.

Social

La aceptación de la población y la superación de resistencias culturales son factores clave para el éxito del proyecto. Programas educativos y de concientización son esenciales para garantizar una transición suave.

Legal

El proyecto se alinea con la legislación actual que promueve el uso de hidrógeno. Se debe garantizar el cumplimiento de normativas de seguridad y regulaciones para evitar problemas legales.

Operativa

La operación del generador debe ser segura y eficiente. Se deben establecer protocolos para la manipulación del hidrógeno y asegurar un funcionamiento continuo y confiable del generador.

Registro Fotográfico

Figura 6

Contenedor de vidrio, láminas de acero, acrílico y cinta teflón

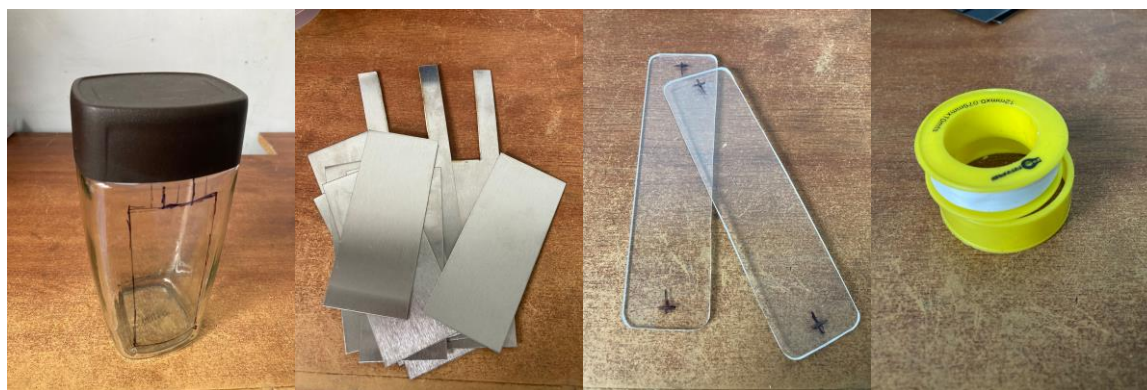


Figura 7

Pegamento instantáneo, amarres plásticos, aguja de jeringa y bicarbonato de sodio



Figura 8

Esponjilla de acero, terminales de 1/2", tubo IMC de 1/2", tarro de suavizante

**Figura 9**

Manguera de gas propano, arena, tarro plástico y bicarbonato (15g),

**Figura 10**

Núcleo de la celda de acero y generador de hidrógeno



Figura 11

Taller de trabajo. disposición en laboratorio.



Conclusiones

El proyecto aborda de manera efectiva las consecuencias negativas para la salud y el medio ambiente asociadas con la práctica común de cocinar con leña en el sector rural colombiano. La exposición al humo de leña, que contribuye a enfermedades respiratorias, y la deforestación resultante de la tala de árboles para obtener leña son problemas de salud pública y ambientales significativos.

La propuesta de implementar generadores de hidrógeno para la cocción de alimentos se presenta como una solución innovadora y sostenible. El uso de esta tecnología, alimentada por energía eléctrica, tiene el potencial de reducir de manera efectiva los riesgos para la salud y el medio ambiente, ofreciendo una alternativa segura y eficiente a la cocción con leña.

La metodología del proyecto, dividida en tres fases (investigación, desarrollo y validación del prototipo), demuestra un enfoque estructurado y planificado. Este método garantiza la evaluación integral de la viabilidad técnica y económica de los generadores de hidrógeno, así como la construcción y validación práctica del prototipo.

Es importante tener en cuenta los parámetros eléctricos bajo los cuales el generador opera efectivamente, ya que, al tener valores de voltaje y corriente insuficientes, el dispositivo no

generará adecuadamente y sería ineficiente la propuesta. Por esto, es ideal pensar en su operación con un panel solar o una fuente de corriente adecuada.

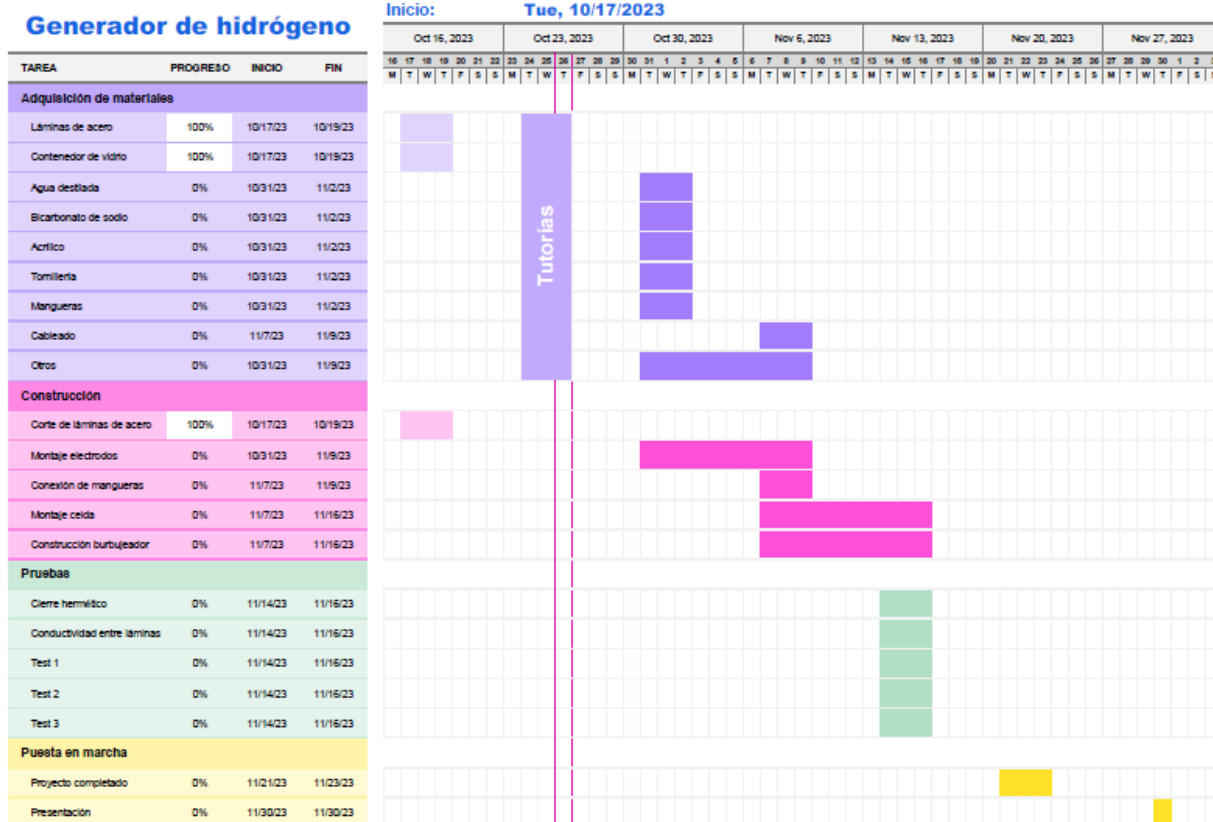
La investigación destaca la realidad económica de las comunidades rurales, donde la leña se percibe como la opción más accesible y económica para cocinar. La propuesta de un generador de hidrógeno asequible y accesible busca atender específicamente las necesidades de estas comunidades, superando las barreras económicas y de accesibilidad asociadas con otras fuentes de energía.

El desarrollo del generador de hidrógeno no solo apunta a reducir enfermedades respiratorias al eliminar la exposición al humo de leña, sino que también promete impactos positivos en la protección de los bosques, la mejora de la calidad del aire y el confort habitacional. Estos beneficios potenciales subrayan la integralidad del proyecto y su contribución a la salud y el bienestar general de las comunidades rurales y el medio ambiente en Colombia

ANEXOS

Figura 12.

Cronograma de construcción del proyecto



Nota: Elaboración propia

Referencias

Acciona. (2020). El hidrógeno verde: la energía del futuro en la clave de la descarbonización.

https://www.acciona.com/es/hidrogeno-verde/?_adin=02021864894

Agroproductores. (2018). Conductividad eléctrica. <https://agroproductores.com/conductividad-electrica>

Congreso de la república de Colombia. (2021). Ley 2099 de 2021.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166326>

El angelito. (2021). Generador de hidrógeno casero - Super Eficiente y Duradero.

<https://www.youtube.com/watch?v=aiOhPl4F8oQ&t=1438s>

ICONTEC. (2006). Norma técnica Colombiana NTC 2505:2006, Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales. <https://tienda.icontec.org/gp-instalaciones-para-suministro-de-gas-combustible-destinadas-a-usos-residenciales-y-comerciales-ntc2505-2006.html>

Ministerio de energía. (2023). Hoja de ruta del hidrógeno en Colombia.

https://www.minenergia.gov.co/documents/5861/Hoja_Ruta_Hidrogeno_Colombia_2810.pdf

Suarez A. Karina. (2019). Un poco de todo sobre el Hidrógeno, Ciencia, Volumen 70.

https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/70_1/PDF/Hidrogeno.pdf

Superintendencia de industria y comercio. (2015). Resolución número 53026 de 2015, medidas definitivas sobre la comercialización y el uso de un producto para evitar que se cause daño o perjuicio a la salud e integridad de los consumidores.

<https://www.andi.com.co/Uploads/Resoluci%C3%B3n%2053026%20para%20la%20Prohibici%C3%B3n%20del%20Inflado%20de%20Globos%20con%20Hidr%C3%B3geno%20Casero.PDF>