

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

EI HIDRÓGENO COMO PROYECTO DE COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE EN BOGOTÁ

AUTORES

CAROLINA SILVA MÁRQUEZ

DAVID QUINTERO RODRÍGUEZ

SERGIO ANDRES ROA SAAVEDRA

VIVIAN LA FARINA CARVAJAL

TUTOR

PABLO CESAR OCAMPO VELEZ

BOGOTÁ. D.C. 22 OCTUBRE DE 2022

Contenido

LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABLAS	4
RESUMEN	5
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	8
2. PREGUNTA DE INVESTIGACION	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 Objetivo General	13
3.2 Objetivos Específicos	13
4. JUSTIFICACIÓN	14
5. ESTADO DEL ARTE	16
5.1 El Hidrógeno como fuente de energía alternativa	17
5.2 Clasificación del Hidrógeno	18
5.3 El hidrógeno como combustible alternativo en el transporte	19
5.4 Marco Contextual	21
5.5 Consumo de Energía por el sector transporte en Colombia	21
5.6 Movilidad de transporte en Bogotá	22
5.9 Hoja de Ruta del Hidrógeno en Colombia	27
5.10 Alternativas ambientales	29
5.11 Teorías, metodologías y modelos en gestión de proyectos	30
5.11.1 Modelos de Madurez en la Gestión de proyectos	32
5.11.2 Colombian Project Management Maturity Model (CP3M) V5.0	33
5.11.3 OPM3	34
6. METODOLOGÍA	35
6.1 Primer nivel	35
6.1.1 Enfoque, alcance y diseño de la investigación	35
6.1.2 Definición de Variables	36
6.1.3 Población y Muestra	37
6.2 Segundo nivel	37
6.2.1 Selección de métodos o instrumentos para recolección de información	37

7. RESULTADOS	40
CONCLUSIONES	43
REFERENCIAS	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	22
Figura 2	27
Figura 3	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	18
Tabla 2	24
Tabla 3	26
Tabla 4	30
Tabla 5	33
Tabla 6	38
Tabla 7	39
Tabla 8	42

RESUMEN

En este documento se realiza la evaluación y análisis de las oportunidades, fortalezas, capacidades y barreras que enfrenta el sistema de transporte del Distrito Capital de Bogotá en la planeación de proyectos de Hidrógeno para el sistema de transporte de la ciudad a mediano y largo plazo, esto sustentado en la evaluación de modelos de dirección y gestión de proyectos, para incorporar por medio de las prácticas en gerencia de proyectos, energías alternativas y sostenibles con el medio ambiente como el Hidrógeno, con el ánimo de presentar una propuesta diagnóstica que este encaminada en el logro y el cumplimiento de las metas trazadas por el gobierno nacional para acelerar la transición energética en Colombia.

Lo anterior, pretende aportar una investigación enfocada a que el sistema de transporte de Bogotá pueda ver otras opciones diferentes a los combustibles fósiles para su operación donde la energía del Hidrógeno juega un papel crucial. Para esto, se considera el uso de un enfoque cuantitativo que permite explorar y describir sucesos como el que se deriva de usar combustibles alternativos que aún no son masivos en los sistemas de transporte de Bogotá, velando por la descarbonización y la sostenibilidad, de igual manera, se hace uso de un enfoque exploratorio con un diseño no experimental dado que este trabajo se limita a la observación y evaluación del hidrógeno como fuente de combustible.

Al respecto, es importante tener en cuenta que el hidrógeno se vislumbra como una forma de energía viable para reemplazar el petróleo y otras fuentes de energía petroquímica, proteger el medio ambiente natural y aliviar la escasez de energía, se espera que con el apoyo del estado colombiano y los avances en tecnologías se presenta un espacio fructífero para migrar a este tipo de energías autosostenibles.

Palabras Clave: Transición energética, Hidrógeno, sostenibilidad, energías renovables, población, combustible, sistemas de transporte, Bogotá, Hoja de Ruta, buenas prácticas.

ABSTRACT

This document evaluates and analyzes the opportunities, strengths, capabilities and barriers faced by the transportation system of the Capital District of Bogota in the planning of Hydrogen projects for the city's transportation system in the medium and long term, based on the evaluation of leadership and project management models, to incorporate by means of the practices in project management, alternative and environmentally sustainable energies such as hydrogen, with the aim of presenting a diagnostic proposal that is aimed at achieving and fulfilling the goals set by the national government to accelerate the energy transition in Colombia.

The above, aims to provide a research focused on the transportation system of Bogota can see other options other than fossil fuels for its operation where hydrogen energy plays a crucial role. For this, it is considered the use of a quantitative approach that allows exploring and describing events such as the one derived from using alternative fuels that are not yet massive in the transportation systems of Bogota, ensuring decarbonization and sustainability, likewise, it is used an exploratory approach with a non-experimental design since this work is limited to the observation and evaluation of hydrogen as a fuel source.

In this regard, it is important to take into account that hydrogen is seen as a viable form of energy to replace oil and other petrochemical energy sources, protect the natural environment and alleviate energy shortages, it is expected that with the support of the Colombian state and advances in technologies, there is a fruitful space to migrate to this type of self-sustainable energy.

Key Words: *Energy transition, Hydrogen, sustainability, renewable energies, population, fuel, transportation systems, Bogotá, Roadmap, best practices.*

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La preocupación por el impacto del cambio climático y las emisiones de gases efecto invernadero, ha conllevado a que las naciones definan e implementen estrategias y acuerdos a nivel internacional, que sirvan de herramientas para contribuir al cuidado del planeta y a la reducción de las altas tasas de emisiones y uso desmedido de los recursos naturales no renovables por medio del proceso denominado Transición Energética¹.

En este contexto de transición y en el marco de los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), Colombia se ha propuesto metas desafiantes tales como la de disminuir el 51% de las emisiones de gases de efecto invernadero a 2030 y lograr la carbono neutralidad en 2050 (DNP, 2022), lo que ha venido acompañando con la definición de un marco regulatorio y fiscal, también por políticas públicas y programas que establecen una senda que incentiva, promueve y desarrolla Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) por medio de proyectos de: Hidrógeno, energía solar, energía eólica, entre otros (Minenergía, 2022).

Con base en lo expuesto por Orlando Castiblanco y Dany José Cárdenas (2020) en su artículo “Producción de hidrógeno y su perspectiva en Colombia: una revisión”, se observa que los proyectos de Hidrógeno en Colombia tienen muchas oportunidades de materializarse como energía sostenible, no solo porque se puede extraer de variadas fuentes: combustibles fósiles, el agua, la biomasa; entre otros, sino también porque, como dicen los autores anteriormente mencionados, el Hidrógeno puede ser agregado a la cadena energética del país como recurso energético y materia prima de la industria.

¹ La Transición energética hace referencia a la descarbonización de la economía de un país o territorio que busca mitigar el impacto y reducir el consumo de energías fósiles a través de su remplazo progresivo por energía renovable y otras con menores emisiones de gases de efecto invernadero (Círculo de empresarios, 2020).

A pesar de lo anterior, el proceso de transición energética en Colombia y sus entes territoriales² es aún confuso, de hecho, el “Qué” – carbono neutralidad - es claro, pero el “Cómo” - cómo lograrlo? - no está del todo claro (Minenergía, 2021), lo que no ha generado la trascendencia y el músculo económico, financiero y técnico para que la Nación empiece a diversificar su matriz energética que hoy en día, frente a países desarrollados continua con la dependencia de los combustibles fósiles para mover su economía.

El ¿Cómo?, se convierte en el elemento fundamental para lograr el camino hacia la descarbonización y aquí es donde la disciplina de Dirección y Gestión de Proyectos es un actor relevante para aunar los esfuerzos del gobierno y alcanzar el desempeño y los resultados en el tiempo esperado.

Se destaca que para el 2021, el Gobierno Nacional por medio del Ministerio de Minas y Energía, precisó un plan estratégico ambicioso denominado "La Ruta del Hidrógeno con el ánimo posicionar a Colombia como un abanderado en la transición energética, la cual se basa en aspectos que pretenden (Minenergía, 2022):

1. Contribuir a la descarbonización de la economía.
2. Satisfacer la demanda interna de Colombia.
3. Crear un HUB de exportación del Hidrógeno

Para el sector del transporte en la hoja de ruta del hidrógeno se definieron varias metas como (Minenergía, 2022):

1. Contar con entre 1.500 y 2.000 vehículos ligeros de pila de combustible.

² Son entidades territoriales los departamentos, municipios, distritos y territorios indígenas, los cuales conforman los diferentes niveles de organización territorial de la república – Constitución Política de Colombia - Artículo 286. (Secretaría del Senado, 2022)

2. Entre 1.000 y 1.500 vehículos pesados de pila de combustible
3. Tener en servicio entre 50 y 100 hidrogeneras de acceso público en todo el país para el año 2030.

De igual manera, como herramienta de medición y registro de los avances en el tema, el gobierno, liderado por el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Transporte, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Departamento Nacional de Planeación han realizado el CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social), una política que documenta y recopila los avances y logros que ha realizado el gobierno durante el último periodo de gestión y que han convertido a Colombia en un referente internacional, en este documento se presentan nuevos incentivos, tecnologías incorporadas, aliados estratégicos y metas por las que se trabaja para avanzar en el tema (DNP, 2022).

Para lograr los anteriores objetivos, por otra parte, se vienen desarrollando mecanismos y leyes tal como la Ley 2169 de 2021, artículo 30, que han puesto el andamiaje para incentivar proyectos y ejecución de obras para la producción y almacenamiento de hidrógeno verde declarándolos como de utilidad pública y social (Presidencia de la Republica, 2021).

En el 2022, el Ministerio de Minas y Energía dispuso lineamientos por medio del decreto 1476 del 3 agosto de 2022 con el fin de adoptar disposiciones dirigidas a promover proyectos para la innovación, investigación, producción, almacenamiento, distribución y uso de hidrógeno, (Presidencia de la Republica, 2022).

La nueva reglamentación estableció también el marco institucional para el desarrollo del mercado de este energético, definiendo las competencias de los distintos ministerios que juegan un rol importante en la implementación de proyectos de Hidrógeno (Minenergía, 2022).

Para el caso del Ministerio de Transporte, se dio la facultad de expedir y actualizar los requisitos, procedimientos, condiciones, e incentivos, para el uso del hidrógeno en el sector transporte (Presidencia de la Republica, 2022).

De acuerdo con la información publicada por el Ministerio de Transporte, el uso del hidrógeno como energético tiene varias ventajas (Mintransporte, 2022):

1. Permite que los vehículos con celda de combustible operen sin generar emisiones.
2. Permite recorrer mayores distancias antes de repostaje o recarga de hidrógeno, frente a otros energéticos (diésel, gasolina, gas o la electricidad) por la alta densidad energética disponible por peso o volumen de hidrógeno.
3. El peso es similar a los de combustión en vehículos pesados, lo que representa no generar retrasos en la homologación de buses y camiones.
4. Para camiones, adicionalmente, significa no sacrificar capacidad de carga por aumento de peso de tanques de almacenamiento de energía.

Así entonces, la situación descrita anteriormente hace evidente las oportunidades y necesidades del país y de los entes territoriales, como el distrito capital de Bogotá para incorporar en sus planes de desarrollo, la promoción, planeación y ejecución de proyectos de Hidrógeno en los sistemas de transporte, sustentado en metodologías de dirección de proyectos efectivas que permitan migrar de energías fósiles a energías no convencionales y así potenciar una matriz energética balanceada para el País.

Por lo anterior, se busca con esta investigación llevar a cabo una evaluación, análisis y diagnóstico acerca de las necesidades, particularidades y capacidades del distrito capital de

Bogotá para incorporar de manera exitosa proyectos de infraestructura³ de Hidrógeno y con base en los resultados obtenidos, definir estrategias para incorporar en los planes de desarrollo del gobierno local.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Está el distrito capital de Bogotá preparado para la formulación de proyectos de Hidrógeno a ser aplicados en el sistema de transporte con los cuales se puedan eliminar o reducir considerablemente las emisiones de contaminantes a la atmósfera?

³ Los proyectos de infraestructura de Hidrógeno son aquellos que permiten suministrar la energía al usuario final, en este caso los sistemas de transporte

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Realizar una propuesta diagnóstica de las capacidades, fortalezas y oportunidad del distrito capital en la planeación de proyectos de Hidrógeno para el sistema de transporte de la ciudad de Bogotá a mediano y largo plazo sustentado en la evaluación de modelos de dirección y gestión de proyectos para generar valor y contribuir en el campo investigativo del estudio de acciones que permitan reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

3.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un análisis bibliométrico referente a las oportunidades que brindan los proyectos de hidrógeno (infraestructura) a los Sistemas de Transporte.
2. Determinar y establecer las teorías, modelos, factores y variables en Gestión de Proyectos que se han utilizado para estructurar y desarrollar proyectos de Hidrógeno como combustible en los sistemas de transporte de forma exitosa.
3. Identificar la madurez en la incorporación proyectos de Hidrógeno en los sistemas de transporte de Bogotá en el mediano y largo plazo.
4. Realizar una propuesta diagnóstica de acuerdo con los principales hallazgos.

4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad hay un consenso generalizado sobre la necesidad de cambiar los modos de producir y consumir energía para contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y, en consecuencia, mitigar el aumento de la temperatura media mundial (Rodríguez, 2021).

Todo como resultado de los comportamientos consumistas y las tendencias de contaminación existentes, razón por la cual el tema de la contaminación, las energías limpias y sobre todo la transición energética, se vuelve uno de los retos tecnológicos de mayor magnitud de este siglo.

La lucha contra el cambio climático causado por el impacto de la actividad humana en el planeta Tierra (Martín, 2022) es responsabilidad común y debe ser tomada como un tema principal de atención por parte de las políticas públicas que formulen los diferentes gobiernos a nivel mundial.

En este sentido, se debe tener presente que la creciente demanda mundial de energía, especialmente en el sector industrial, ha renovado la búsqueda de nuevos recursos energéticos, energías limpias y alternativas que permitan tanto la diversificación de la matriz energética, como la mitigación de impactos ambientales (Céspedes S. , 2022)

Por lo anterior, resulta razonable que las energías limpias y las energías alternativas se hayan convertido en áreas importantes de investigación en todo el mundo para el desarrollo energético sostenible, al respecto, se debe mencionar que entre las áreas importantes de investigación y desarrollo se encuentran la producción y purificación de hidrógeno y gas de

síntesis, así como el procesamiento de combustible para pilas de combustible (Castiblanco, 2021).

Del mismo modo, se encuentra la energía eólica, pero esta es una de las que más se ha desarrollado en los últimos años, al pasar de 180,000 MW en 2010 a 622,000 MW en 2019, aquí se destaca que los países con mayor capacidad de energía eólica instalada (MW) son: China (210,478), Estados Unidos (103,584), Alemania (60,822), India (37,505) y España (25,553) (Zepeda, 2021).

Además de esto, se debe tener presente que, en el contexto internacional, el hidrógeno está tomando un rol importante; una muestra de esto es que el Departamento de Energía de los Estados Unidos, el Ministerio Japonés de Economía, Comercio e Industria y muchos otros agentes gubernamentales de gran importancia a nivel mundial están haciendo un llamado a la inclusión de programas de hidrógeno en los escenarios de sus países (Menaca R, 2022).

Por ejemplo, la Agencia Internacional de Energía Renovable plantea un escenario en el cual, para el 2050, el mundo hará un consumo del 5 % de la energía total final a través del hidrógeno producido a partir de fuentes renovables. (Menaca R, 2022).

Ahora bien, Colombia y la comunidad mundial se encuentran en un punto de inflexión en la historia energética mundial (Minenergía, 2021), no obstante, considerando que esta investigación tiene como enfoque el territorio colombiano se encuentra una situación preocupante ya que, el país tiene una economía mundial de casi 90 billones de dólares que depende en un 80% de los combustibles fósiles; por lo tanto, el petróleo y el gas seguirán siendo parte de la matriz energética en las próximas décadas, y durante esas décadas.

Para Colombia, los ingresos del petróleo y el gas natural serán importantes tanto para financiar las necesidades sociales como para ayudar a financiar la transición energética

(Minenergía, 2021), por lo que se requiere contar con una medición precisa del impacto generado para lograr la obtención de recursos necesarios para la financiación de proyectos de transición energética, así mismo, la importancia de contar con reconocimiento y apoyo internacional para que dicho impacto no sea mayor ni afecte en mayor medida el planeta.

Así, el proyecto propuesto “el hidrógeno como proyecto de combustible alternativo para los sistemas de transporte en Bogotá.” inscrito en la línea de Energías Renovables y Eficiencia Energética, se realiza para tener un panorama que potencie la senda hacia la transición energética desde el sistema de transporte del distrito capital de Bogotá buscando proponer las herramientas, buenas prácticas y lineamientos que el distrito capital de Bogotá pueda apropiarse para incentivar la formulación, planeación y ejecución de proyectos de Hidrógeno.

Este proceso permite evaluar y analizar el consumo de energía derivados de los sistemas de transporte en el distrito capital de Bogotá, y permite estudiar proyectos referentes de otros países bajo las buenas prácticas en la gestión de proyectos que orienten la formulación, planeación y ejecución para migrar a tecnologías energéticas autosostenibles como el Hidrógeno. En esta investigación se buscan comparar e interpretar datos que serán útiles para proponer lineamientos que promuevan e incentiven el uso de proyectos de Hidrógeno.

5. ESTADO DEL ARTE

Con el desarrollo del documento el hidrógeno como proyecto de combustible alternativo para los sistemas de transporte en Bogotá, se quiere revisar, evaluar y analizar si realmente el distrito capital de Bogotá tiene el espacio, las oportunidades y está preparado para construir un camino hacia la diversificación de sus fuentes de energía y la transición energética, que le

permitan optimizar su sistema de transporte, el cual hoy en día es un factor crítico para una de las más grandes ciudades del mundo.

En este numeral se desarrolla el análisis de la literatura frente a asuntos fundamentales como el Hidrógeno como fuente de energía alternativa, los beneficios de los proyectos de que involucran este tema en el sistema de transporte y las metodologías de proyectos exitosas utilizadas.

5.1 El Hidrógeno como fuente de energía alternativa

Hoy en día el hidrógeno ha venido tomando una gran relevancia como fuente de energía alternativa siendo una opción muy viable que se puede utilizar para sustituir los combustibles fósiles, en especial para los sistemas de transporte.

Una muestra de esto es que el Departamento de Energía de los Estados Unidos, el Ministerio Japonés de Economía, Comercio e Industria y muchos otros agentes gubernamentales de gran importancia a nivel mundial están haciendo un llamado a la inclusión de programas de hidrógeno en los escenarios de sus países. (Menaca R. , 2022, pág. 34).

Con base en informe publicado por la Agencia Internacional de Energía Renovable – IRENA (2019) el hidrógeno tiene el potencial para abordar los retos que implica pasar de energías fósiles a otras fuentes, destacándose entre sus beneficios:

1. Ofrecer formas de descarbonizar una variedad de sectores, tales como: el transporte, la industria química, la industria del hierro y el acero, donde es difícil reducir significativamente las emisiones.

2. Ayudar a mejorar la calidad del aire y fortalecer la seguridad energética.
3. Aumentar la flexibilidad en los sistemas de potencia.
4. Proporcionar versatilidad en términos de almacenamiento, transporte, suministro y uso, ya que es un portador de energía libre que puede ser producido por muchas fuentes de energía.
5. Ofrecer menores costos para almacenar grandes cantidades de electricidad durante días, semanas o incluso meses.
6. Transportar energía de fuentes renovables a largas distancias.

El Hidrógeno como fuente alternativa ha tenido tanto auge a nivel mundial que hoy en día existe una iniciativa voluntaria denominada Hydrogen Initiative (H2I), la cual es liderada por la Agencia Internacional de Energía – IEA, quien “coordina y apoya los esfuerzos de los países participantes hacia la promoción de políticas y proyectos que aceleren la comercialización y el despliegue de tecnologías de hidrógeno y celdas de combustible en todas las áreas de la economía” (IEA, 2022, pág. 13).

5.2 Clasificación del Hidrógeno

De acuerdo con Rodríguez (2021), no cuenta hoy en día con una clasificación o tipología acordada para el hidrógeno, según la autora lo que se utiliza como criterios para categorizar este elemento son la forma en que es producido en cuanto a tecnología y fuente de energía utilizada.

Ávila Rodríguez (2021) presenta los tipos de conformidad con la siguiente tabla:

Tabla 1.

Tipología de clasificación del hidrógeno

Tipo	Descripción
Hidrógeno electrolítico	Hidrógeno producido mediante la electrólisis de agua (en un electrolizador alimentado por electricidad), independientemente de la fuente de electricidad.
Hidrógeno Renovable / Hidrógeno Verde	Hidrógeno producido mediante la electrólisis de agua (en un electrolizador alimentado por electricidad), y con la electricidad procedente de fuentes renovables, tales como: biogás (en lugar de gas natural) o de la conversión bioquímica de biomasa
Hidrógeno Limpio	Que alude al hidrógeno renovable
Hidrógeno Gris	Hidrógeno a partir de gas natural u otros hidrocarburos ligeros como metano o gases licuados de petróleo mediante procesos de reformado
Hidrógeno Negro	Hidrógeno que se produce a partir de carbón
Hidrógeno Marrón	Hidrógeno que se produce a partir de la energía nuclear.
Hidrógeno Azul	Hidrógeno producido a partir de combustibles fósiles y de la captura de carbono. Aquí se capturan las emisiones de gases de efecto invernadero como parte del proceso de producción de hidrógeno

Fuente: Elaboración propia.

5.3 El hidrógeno como combustible alternativo en el transporte

En este artículo los autores observan que el sector del transporte es uno de los grandes consumidores de energía a nivel global que no aportan a la sostenibilidad ambiental, de igual manera consideran que el transporte, es responsable del 20% del aumento previsto en la demanda mundial de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero hasta el año 2030 y por esta razón opinan que una de las estrategias para conseguir un ambiente limpio y batallar contra el cambio climático requiere de un transporte libre de emisiones apoyado en el hidrógeno como una fuente de combustible (Gallego, 2014).

En la investigación del Hidrógeno en el transporte automotor, el autor presentó que los vehículos automotores pueden contar (Granna, 2006):

1. Con motores de combustión interna (MCI), convenientemente adaptados en hidrógeno.
2. Con motores dotados de un conjunto de pilas o celdas de combustibles fabricados con hidrógeno.

Adicionalmente, Menaca & Bedoya-Caro (2022) han estudiado que la utilización del hidrógeno, bien sea en fase líquida o gaseosa en los motores de combustión interna (MCI), se estructuran a la fecha, en 3 tipologías conceptuales:

1. Motores tradicionales (motores Otto y diésel) que adicionan pequeñas cantidades de hidrógeno como aditivo al combustible piloto.
2. Motores de hidrógeno con un mezclado externo y una ignición forzada de la mezcla hidrógeno-aire.
3. Motor dual con inyección directa del hidrógeno.

Así mismo, Menaca & Bedoya-Caro (2022) resaltan que si bien en estos días ya hay progresos de estudios y proyectos del hidrógeno como fuente de combustible, en Colombia los avances en estudios no han sido demasiados, los relacionados por los autores se centran en:

- El funcionamiento de motores de encendido por chispa con mezclas de combustibles gaseosos que incluyen el hidrógeno.
- Estudios en motores duales diésel-hidrógeno.
- Estudio experimental de adición hidrógeno a biogás, donde se obtuvo una mezcla de combustibles gaseosos para funcionar en un motor diésel en modo dual

Con fundamento de lo anterior, se concluye que en:

“Reemplazar los combustibles fósiles con celdas de combustible de hidrógeno puede resolver de manera efectiva problemas ambientales causados por las emisiones de CO₂” (Vaca, 2020).

5.4 Marco Contextual

En este numeral se exponen las principales cifras y datos que permiten contextualizar y caracterizar el uso de la energía en el sector transporte en Colombia, así como se presentan las proyecciones del hidrogeno como fuente de combustible futura.

5.5 Consumo de Energía por el sector transporte en Colombia

Con base en las cifras presentadas por el Departamento Nacional de Planeación (2017), el consumo del sector transporte compuesto por los subsectores de uso final, carretero, ferroviario, fluvial, marítimo y aéreo, representa el 39% del total del sector energético.

El sector transporte en Colombia consume principalmente combustibles fósiles, con una participación importante de los combustibles derivados del petróleo y una baja participación (0.06%) de consumo eléctrico.

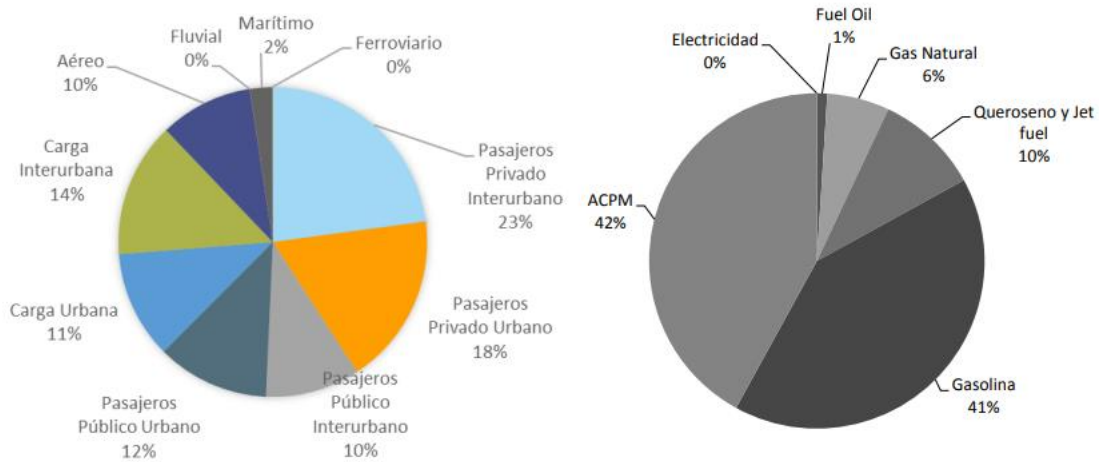
Adicionalmente, teniendo en cuenta que el subsector de transporte aéreo demanda prácticamente todo el querosene y Jet A1 del sector (10%), se deduce que la alta participación del subsector transporte por carretera en el consumo (88%) se suple principalmente con gasolina y ACPM.

Los vehículos de transporte público y carga, por su tecnología, consumen en su prácticamente todo el ACPM, mientras que los vehículos de uso particular consumen gasolina motora, en su gran mayoría.

En las imágenes a continuación se presenta gráficamente esta composición en Colombia.

Figura 1

Consumo de subsectores (izq.) y tipo de energéticos (der.) en el sector transporte



Fuente: MME - plan de acción indicativo de eficiencia energética 2016 - 2021 (DPN, 2017)

Al respecto, se debe destacar que la proporción de vehículos que hace uso de energías eléctricas fue del 0% para el 2021, energía que podría ser potenciada para mejorar la calidad del aire y disminuir las altas emisiones que se ven como consecuencia de un uso mayoritario de ACPM (42%) y gasolina (41%), es decir de un 0% contra un 83%.

5.6 Movilidad de transporte en Bogotá

Según el informe de encuesta INRIX (2021), la capital de Colombia, Bogotá durante el año 2021 fue posicionada como la ciudad No. 1 en congestión a nivel nacional, y en el puesto No. 8 como la más congestionada del mundo, donde los ciudadanos pueden llegar a perder 94 horas de viaje en el año ocasionado a la congestión del tráfico y los embotellamientos.

5.7 Pronósticos de Hidrógeno Verde

Se espera que el mercado mundial de hidrógeno (DatabaseUN, 2022) crezca de \$ 692,7 millones en 2021 a \$ 5685,0 millones en 2026 a un ritmo tasa de crecimiento anual compuesto del 52,3%. El crecimiento en el período de pronóstico se puede atribuir al aumento iniciativas hacia el uso de fuentes renovables para la generación de energía y el aumento de las colaboraciones e inversiones globales para desarrollar una sólida economía de hidrógeno.

El organismo anunció que casi duplicará su objetivo para los electrolizadores ecológicos de 25 gigavatios en 2020 a 45 gigavatios para 2027. La Comisión Europea (Comisión Europea, 2021) también ha adoptado un conjunto de propuestas legislativas para descarbonizar el mercado del gas de la UE facilitando la adopción de energías renovables y de bajo consumo. En la siguiente gráfica se puede observar el pronóstico 2021, 2026 y 2031.

Ilustración 1

Mercado global de hidrogeno verde, pronostico, 2021 - 2026, 2021F, millones de dólares

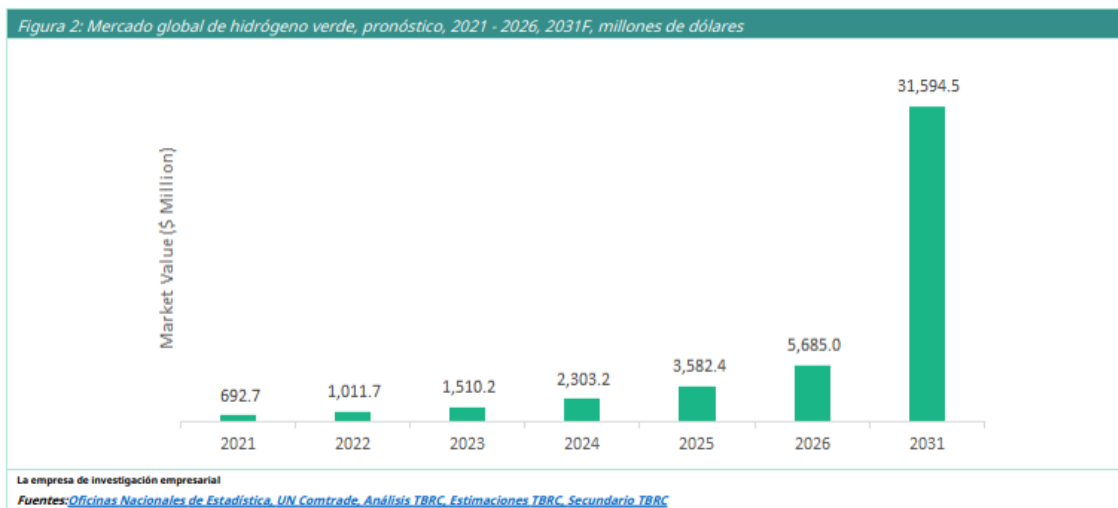


Tabla 2

Mercado global de hidrogeno verde, pronostico, 2021 - 2026, 2031 F millones de dólares

Tabla 2: Mercado global de hidrógeno verde, pronóstico, 2021 - 2026, 2031F, millones de dólares									
Mercado	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2031	CAGR (2021 - 2026)	CAGR (2026 - 2031)
hidrógeno verde	692.7	1,011.7	1,510.2	2,303.2	3.582,4	5,685.0	31.594,5	52,3%	40,9%

La empresa de investigación empresarial
 Fuentes: Oficinas Nacionales de Estadística, UN Comtrade, Análisis TBRC, Estimaciones TBRC, Secundario TBRC

A nivel internacional, se observa a Asia y Europa con una tendencia hacia potencializar la demanda, por ejemplo: descarbonizar sectores intensivos en carbono como la industria y el transporte. Por el contrario, los países de Oriente Medio y África del Norte se han venido fortaleciendo la oferta.

5.8 Proyectos e Historias de Éxito del Hidrógeno

Hydrogen Council⁴ (2021) en asocio con McKinsey & Company llevo a cabo la publicación del informe: “*Hydrogen Insights 2021: una perspectiva sobre la inversión, el despliegue y la competitividad de costes del hidrógeno*”.

En el reporte se estima que la inversión total asociada hasta 2030 ascenderá a USD 500 mil millones como se muestra en la siguiente ilustración, soportado en tres fuentes: 1. Inversión de USD 130 mil millones directamente asociada a los proyectos definidos. 2. 120 mil millones de USD de inversión directa adicional para alcanzar los objetivos gubernamentales y proyectos

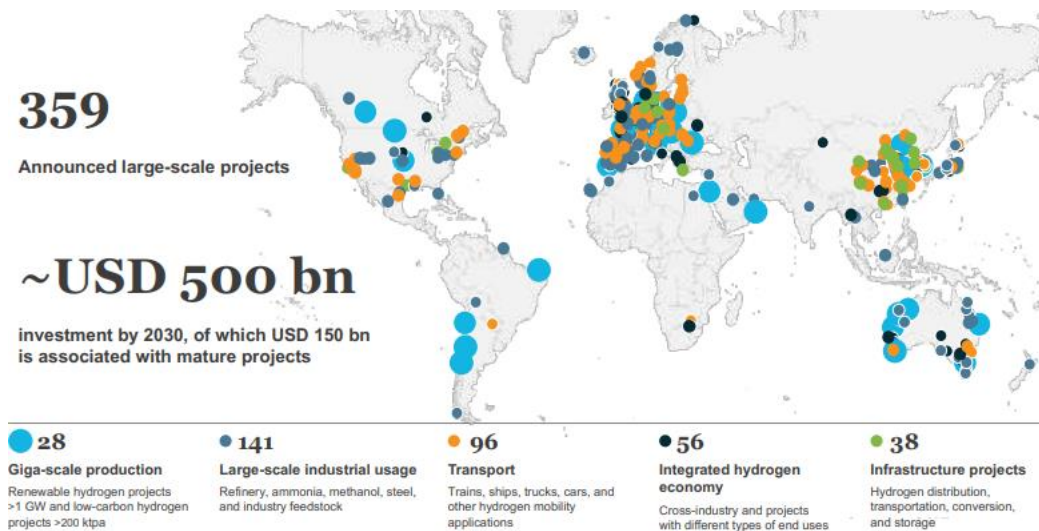
⁴ Hydrogen Council es una iniciativa global liderada por directores generales que reúne a empresas líderes con una visión unida y una ambición a largo plazo para que el hidrógeno fomente la transición hacia la energía limpia.

planificados. 3. Inversión de USD 250 mil millones de OEM y proveedores para respaldar la inversión directa requerida de proyectos anunciados públicamente y objetivos gubernamentales.

De la inversión total, USD 150 mil millones, o el 30 %, pueden considerarse “maduros”, lo que significa que la inversión está en una etapa de planificación, ha pasado una decisión final de inversión o está asociada con un proyecto que ya está en construcción, encargado o actualmente en funcionamiento.

Ilustración 2

Proyectos globales de hidrógeno e inversión en toda la cadena de valor



Fuente: Hydrogen Council (2021)

De la anterior ilustración y del informe de Hydrogen Council (2021), se destaca que hay más de 30 países con hojas de ruta de hidrógeno y 228 proyectos de hidrógeno a gran escala anunciados en toda la cadena de valor, con 85% ubicados en Europa, Asia y Australia.

A nivel mundial se han estimado 131 proyectos a gran escala, entre los proyectos más destacados de acuerdo con el Hydrogen Council se resaltan los que aparecen en la tabla a continuación:

Tabla 3

Proyectos exitosos en Hidrógeno

País /Compañía	Proyecto	Costo/presupuesto Aproximado
Sudáfrica	Valle del hidrógeno, donde se abarca toda la cadena de valor del hidrógeno, desde la investigación y el desarrollo, la ingeniería y el mantenimiento, hasta la capacitación y la divulgación, a través del abastecimiento, la producción, el transporte, el almacenamiento y aplicaciones como la fabricación de celdas de combustible. Actualmente se han identificado nueve proyectos piloto individuales para los sectores del transporte, la industria y la construcción.	Entre \$4-\$9000 millones USD
Japón – Australia	Suiso Frontier construido por Kawasaki Heavy Industries de Japón. Portaaviones diseñado y desarrollado para proporcionar un medio de transporte de hidrógeno licuado a 1/800 de su volumen original en estado gaseoso, enfriado a -253 grados centígrados, de forma segura y en grandes cantidades a largas distancias por mar. Se pueden transportar alrededor de 75 toneladas de hidrógeno licuado en un viaje.	USD \$ 359 MM
Francia	Almacenamiento Piloto de Hidrógeno para la Replicación de Grandes Ecosistema. Construcción del primer demostrador de almacenamiento de hidrógeno verde en una caverna de sal, que permite la replicación de grandes ecosistemas (HyPSTER), este tiene como objetivo utilizar el almacenamiento en cavernas de sal para conectar la inyección de hidrógeno por electrólisis a usos industriales y de movilidad,	13MM de euros
Hyundai Motor Group	HTWO es una marca comercial basada en un sistema de pila de combustible de hidrógeno de Hyundai Motor Group. HTWO significa 'H2'. Con HTWO, Hyundai Motor Group expande las aplicaciones a varias áreas, como aplicaciones marinas, movilidad aérea regional (RAM), generación de energía y tranvía de hidrógeno.	No disponible

Fuente: Elaboración propia (Hydrogen Council, 2021)

5.9 Hoja de Ruta del Hidrógeno en Colombia

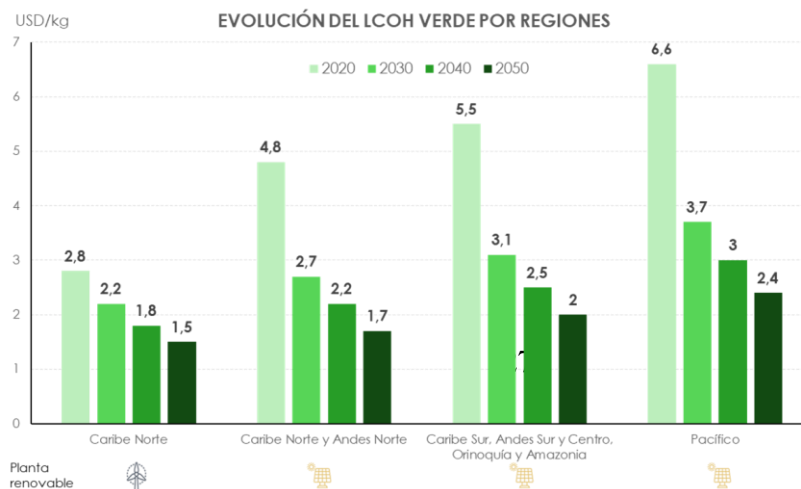
Colombia como parte del plan nacional de crecimiento del país, ha desarrollado una hoja de ruta que pretende a nivel general (MinEnergía, 2022):

- Para el año 2050 alcanzar una demanda de 1.850 Kt de H₂.
- Hacer inversiones entre 2.500 – 5.500 M USD.
- Durante la década del 2020 hasta el 2030, buscar proyectar la creación desde 7.000 hasta 15.000 empleos directos e indirectos
- Implementar alternativas para la movilidad sostenible con celdas de combustible de hidrogeno.

A continuación, se presentan algunas cifras relevantes tomadas del proyecto denominado Ruta del hidrógeno, cuya información es suministrada en la página web del Ministerio de Energía (Energía, 2022):

Figura 2

Evolución del cálculo del precio del hidrógeno verde por regiones desde el año 2020, 2030, 2040, 2050

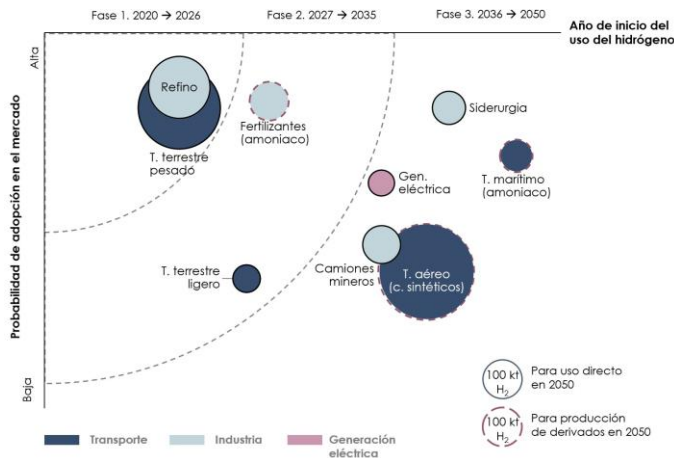


Fuente: Tomado datos de la hoja de ruta del hidrógeno en Colombia.

Como se observa en la figura anterior para el 2030, se espera que el precio del Hidrógeno disminuya a medida en 2,4 usd/kg para la región Centro, donde se ubica el distrito capital de Bogotá, lo cual permite inferir que para el 2030 se espera poner en ejecución proyectos que aumenten la oferta del hidrógeno.

Figura 3

Desarrollo de aplicaciones del hidrógeno



Fuente: Tomado datos de la hoja de ruta del hidrogeno en Colombia.

La gráfica anterior presenta la posibles fases y sectores donde se desarrollaran los proyectos de hidrogeno, la fase No. 1 que corresponde al año 2020-2026 se busca una alta perspectiva de adopción en el mercado de la industria de transporte terrestre pesado y refinería, para la fase No. 2 que corresponde al año 2027-2035 su perspectiva está orientada en el transporte terrestre ligero y fertilizantes (amoniaco), para la fase No. 3 correspondiente para el año 2036-2050, está proyectado para la generación de energía eléctrica, camiones mineros, transporte aéreo, siderurgia y transporte marítimo (amoniaco). Se espera que la demanda de amoníaco crezca en los próximos años, lo que permitirá a los proveedores de hidrógeno verde y

bajo en carbono satisfacer la creciente demanda. A largo plazo, la fabricación de acero y otras industrias de alta temperatura se beneficiarán del enorme potencial del hidrógeno bajo en carbono. Sin embargo, debido a la complejidad tecnológica y la gran cantidad de energía limpia requerida, la industria necesitará apoyo político y precios bajos de electricidad renovable para acceder a esta oportunidad de descarbonización. El desarrollo de la nueva tecnología del hidrógeno requiere una gran experiencia en la selección de materiales, el desarrollo de conceptos de seguridad y los requisitos de prueba y certificación. Por lo tanto, el hidrógeno bajo en carbono es una inversión gratificante pero compleja para muchas empresas.

5.10 Alternativas ambientales

De acuerdo con el grupo Energía de Bogotá, se tiene un plan centrado en la transformación energética y el futuro de las energías renovables, buscando masificar la producción de hidrógeno en Colombia, esto considerando que de acuerdo con la compañía, si en Colombia hay una fuente de hidrógeno verde esa será solar y eólica en La Guajira, se tiene infraestructura eólica que podría traer ese hidrógeno a los centros de consumo, de hecho, en el momento en que eso se viabilice, se cree que va a ser un eje importante de la transición energética de Colombia, además de la transición a movilidad sostenible de vehículos pesados y la opción de combustibles limpios o de transición como la energía eléctrica o el gas licuado (GEB, 2021).

Al respecto, también se debe tener en cuenta que desde el gobierno y las diversas entidades implicadas en el proceso, se han realizado análisis y planes para realizar evaluaciones del impacto, la importancia y la magnitud que tiene realizar inversiones en la hoja de ruta del hidrógeno en Colombia.

Esto a fin de aprovechar los recursos con los que ya se cuenta y analizar el beneficio y riesgo en el mediano y largo plazo, entendiendo que la transición energética es un tema que compete a todos y requiere cooperación de múltiples empresas a nivel nacional, así como de esfuerzos por parte de entidades públicas y entes gubernamentales.

5.11 Teorías, metodologías y modelos en gestión de proyectos

En este numeral, se presentarán las teorías y metodologías en gestión de proyectos que permiten al equipo orientar su investigación para proceder a identificar los modelos, elementos y factores claves que incentiven e incorporen proyectos de Hidrógeno en los sistemas de transporte de Bogotá en el mediano y largo plazo.

Por lo anterior, se consultaron una variedad de fuentes para delimitar los marcos de referencia que puedan adecuarse para el objetivo y desarrollo del estudio, en esa línea se toma en consideración a Pastor-Fernández, y otros, (2013) quienes realizaron una evaluación crítica y el comparativo de las distintas guías y cuerpos de conocimiento en cuanto a la administración de Proyectos, indicando entre las metodologías más conocidas y robustas las establecidas en la tabla 4:

Tabla 4

Análisis Comparativo en lo Dirección de Proyectos

Guías o norma de referencia	Bases para la Competencia en Dirección de Proyectos (ICB v3.0)	Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK® Guide 5th)	Gestionando Proyectos exitosos con PRINCE2	Gestión de Programas y Proyectos para la Innovación en las empresas	ISO 21500:2012 Guía para la Dirección de Proyectos.
Organización	IPMA	PMI	PRINCE2	P2M	ISO
Contexto	Internacional	Estados Unidos, Internacional	Reino Unido, Europa	Japón	Internacional
Alcance	Proyecto, Programa, Cartera	Proyecto, Programa y Portafolio	Proyecto	Proyecto y Programa	Proyecto
Enfoque	Competencias Técnica, Comportamiento y Contextuales	10 áreas de conocimiento	8 procesos y 45 subprocesos	11 componentes	10 grupos temáticos
Proceso de Certificación	Personas, proyectos y organizaciones	Personas y proyectos	Personas y organizaciones	Personas	
Metodología de Certificación	Informe del director de proyectos, Informe del proyecto, Evaluación oral y Examen escrito	Examen escrito	Examen Escrito	Examen Escrito y Evaluación oral	
Acreditación de la Certificación	ISO 9001 e ISO 17024 (ENAC en España)	ISO 9001 e ISO 17024	ISO 17024	Sin acreditación	
Objetivo	Promover la dirección de proyectos a los negocios y organizaciones	Definir un subconjunto de prácticas comúnmente aceptadas para una buena dirección de proyectos	Ofrecer una guía de dominio público para la aplicación de las mejores prácticas	Creación de un nuevo modelo de negocio para obtener valor en las empresas	Garantizar una descripción de alto nivel de los conceptos y procesos que son considerados como buenas prácticas
Proyectos	Todo tipo	Todo tipo	Todo tipo	Complejos, fundamentalmente	Todo tipo

Fuente: Adaptado de Fernández, 2013.

Así mismo, otros autores han afirmado que:

Los estándares de dirección de proyectos se pueden clasificar de acuerdo con los fines de la profesión en proyectos individuales, la gestión de proyectos en la empresa, y la evaluación y certificación de personas, que se pueden categorizar de la siguiente forma:

- Proyectos: Conocimientos y prácticas para la dirección de proyectos individuales (Project Management Body of Knowledge, Association Project Management Body of Knowledge, British Standard, International Organization for Standardization, International Competence Baseline, Project and program management for enterprise innovation).

- Organizaciones: Conocimientos y prácticas para dirección de proyectos de empresa (Organizational Project Management Maturity Model, Project Management Maturity Model, Projects in Controlled Environments).
- Personas: Desarrollo, asesoramiento, registro y certificación de personas (National Competency Standards for Project Management, Project Manager Competency Development Framework, South African Qualifications Authority, Engineering Construction Industry Training Board) (Montes, 2013).

Llama la atención que a nivel de organizaciones se visualiza como herramienta el modelo de madurez en proyectos, lo que obliga a pensar que puede ser un referente adecuado para evaluar los esfuerzos de Colombia en la ruta del hidrógeno.

5.11.1 Modelos de Madurez en la Gestión de proyectos

Con base en (Calderón, 2020) hay cerca de cuarenta y seis (46) modelos de madurez, los cuales permiten conocer la capacidad de una organización para adelantar portafolios, programas y proyectos con base en estándares y buenas prácticas. Los autores referencian como los tres (3) modelos más reconocidos y utilizados por las organizaciones a:

- (1) Modelo de madurez de capacidades CMM del CMMI Institute,
- (2) Organizational Project Management Maturity Model (OPM3®) del Project Management Institute PMI,
- (3) Portafolio, Programme, Project Management Maturity Model P3M3 de AXELOS

Igualmente se encuentra que entre los modelos referenciados en la investigación al Modelo de Madurez Colombiano en Gestión de Proyectos CP3M© un modelo propuesto por el Grupo de Investigación en Gestión y Evaluación de Programas y Proyectos de la Universidad del Valle, sencillo, aplicable y centrado en estándares internacionales, a continuación se exponen dos modelos a analizar para la investigación.

5.11.2 Colombian Project Management Maturity Model (CP3M) V5.0

El Grupo de Investigación en Gestión y Evaluación de Programas y Proyectos de la Universidad del Valle (2005) diseño el Modelo de Madurez en Gerencia de Proyectos CP3M© como una herramienta para medir la madurez de la administración o gerencia de los proyectos en una organización por medio de un proceso evaluativo se ubicándolo en una escala que va desde cero (0) -más bajo- hasta cinco (5) -más alto y donde cada nivel refleja un estado de madurez que se manifiesta mediante un conjunto de características, tal como se observa en la tabla:

Tabla 5

Características de los niveles de madurez del modelo CP3M

Características de los niveles de Madurez del Modelo CP3M©		
Nivel	Descripción	Características
Nivel 0	sin procesos definidos	<ul style="list-style-type: none"> No hay procesos estándares establecidos No hay metodología formalizada No se realizan, ni se usan los procesos básicos de Gerencia de Proyectos.
Nivel 1	herramientas mínimas	<ul style="list-style-type: none"> Los procesos fundamentales están enunciados. Los procesos se ejecutan y se usan a criterio de cada funcionario o en ocasiones ni siquiera se producen y usan, Informalidad en las acciones y decisiones.
Nivel 2	procesos esenciales	<ul style="list-style-type: none"> Procesos fundamentales definidos e informados Procesos implantados parcialmente Roles definidos, objetivos escritos y conocidos, evaluación de desempeño, planeamiento de las acciones. La producción y uso de los procesos es más frecuente.
Nivel 3	procesos operativos	<ul style="list-style-type: none"> Procesos estándares establecidos Procesos utilizados por la mayoría de las personas Procesos fundamentales definidos y establecidos Utilización de listas de chequeo, validación de las acciones y compromisos, comunicación estándar y fluida Utilización de modelos, metodología integral y única establecida Revisiones permanentes, administración de riesgos en proyectos Gestión particular para las acciones correctivas.
Nivel 4	Procesos completos	<ul style="list-style-type: none"> Proceso estabilizados y adoptados por todos Información histórica estructurada con acceso por toda la organización base de datos de estimaciones, métricas y lecciones aprendidas Evaluación de los procesos y medición de la satisfacción Utilización de herramientas específicas de Gerencia de Proyectos Los factores críticos de éxito están definidos, escritos y conocidos por todos, formalidad y rigurosidad en las acciones. Trabajo en equipo y plan de reconocimiento y recompensas Tablero de control de la organización establecido y utilizado Departamento de proyectos en funcionamiento.
Nivel 5	mejora continua	<ul style="list-style-type: none"> Realización permanente de evaluaciones y mejoras, <i>benchmarking</i>. Planes de desarrollo del personal formales. Evaluación y aplicación de mejores prácticas. Desarrollo de la disciplina de administración de proyectos con respecto al estado del arte.

Adaptado de (Grupo de Investigación en Gestión y Evaluación de Programas y Proyectos, 2005).

5.11.3 OPM3

De acuerdo con el estándar OPM (2018), la metodología OPM es un marco, conocido como modelo de madurez que tiene como fin ofrecerle a las organizaciones un enfoque que permite medir determinada compañía, unidad o grupo dentro de una organización con respecto las Buenas Prácticas, relacionadas a determinadas capacidades, ayudando a la mejora e incremento el nivel de madurez, proporcionando calidad y eficiencia en el logro de los objetivos organizacionales frente a las prácticas de gestión de proyectos.

Entre los principales Beneficios del OPM3®, se encuentran lograr una mayor participación del mercado, satisfacción de consumidores, beneficios competitivos, optimización de las cadenas de valor, procesos y costos, eficiencia y eficacia organizacional, la implementación de estrategia (Project Management Institute (PMI), 2008, pág 6), así mismo este modelo es flexible y adaptable a cualquier compañía, lo que nos permite revisar uno de sus componentes frente al manejo de proyectos por parte del distrito capital de Bogotá.

6. METODOLOGÍA

6.1 Primer nivel

6.1.1 Enfoque, alcance y diseño de la investigación

El enfoque de la investigación que se llevará a cabo para el desarrollo del proyecto el hidrógeno como proyecto de combustible alternativo para los sistemas de transporte en Bogotá se ha determinado considerar un enfoque cuantitativo, debido a que permite explorar y describir sucesos como el que se deriva de usar combustibles alternativos que aún no son masivos en los sistemas de transporte de Bogotá en los esfuerzos hacia la descarbonización y la sostenibilidad. Adicionalmente, se indagan los asuntos previos del Hidrógeno y se comparan a fin de ir observando lo que ha acontecido para propósitos de la evaluación a realizar.

El alcance de la investigación bajo la mirada cuantitativa se clasifica como “exploratorio” ya que conlleva a revisar un problema de investigación poco estudiado en la ciudad de Bogotá y

que pretende identificar factores que posteriormente incentiven a investigaciones más profundas y complejas (Sampieri, 2018).

Para el diseño de la investigación, se seleccionó la investigación no experimental puesto que para este trabajo se tiene como fin observar y evaluar el hidrógeno como fuente de combustible, lo que bajo las particularidades del país pueden ofrecer al sistema de transporte de Bogotá un contexto que se puede analizar para establecer propuestas de tratamiento (Sampieri, 2018).

Para este tipo de diseño se deben considerar las siguientes premisas:

Describir variables en un grupo de casos (muestra o población).

Evaluar la situación, comunidad, evento, fenómeno o contexto en un punto del tiempo.

Analizar la incidencia de determinadas variables, así como su interrelación en un momento, lapso o periodo.

6.1.2 Definición de Variables

Al tratarse de una investigación no experimental según Hernandez (2018) no se manipulará las variables de control o variable independiente, solo se medirán las variables tal como ocurren naturalmente. Para el estudio aquí mencionado la definición de variables se llevará a cabo bajo el modelo de madurez seleccionado OPM3 donde se realizará una autoevaluación por parte del equipo investigador.

Es importante destacar que la evaluación se realiza en función del objetivo de identificar la madurez de los proyectos de hidrógeno en los sistemas de transporte de Bogotá, para lo anterior se realizó un análisis documental centrado en la ruta del Hidrógeno para Colombia.

6.1.3 Población y Muestra

El estudio presente no contempla una población, sin embargo, al ser una investigación cuantitativa se circunscribe al análisis de la madurez de los proyectos de Hidrógeno en el sistema de transporte del distrito capital de la ciudad de Bogotá a mediano y largo plazo.

6.2 Segundo nivel

6.2.1 Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

Para poder aplicar el modelo de madurez en las variables claves a utilizar se tomó como base el formato de autoevaluación del modelo de Madurez (OPM3), el cual permite “evaluar la madurez organizativa con una base de 501 preguntas que se corresponden con el Modelo de Madurez de Gestión de Proyectos Organizativos (OPM3®)” (PMI, 2022) .

El formulario está estructurado con base en el PMBOK e incluye los grupos del proceso: Iniciación, Planificación, Ejecución, Monitoreo y control, y Cierre, así mismo, las área de conocimiento, tales como: gestión de la integración del proyecto, gestión del alcance, gestión del tiempo, gestión del costo, gestión de la calidad, gestión de los recursos humanos, gestión de las comunicaciones, gestión de los riesgos, gestión de las adquisiciones, entre otras, y también las divisiones de los facilitadores organizativos (OE) en Estructura, Cultural, Tecnológico y Recursos Humanos, que serán las que tendremos en cuenta para el desarrollo de esta investigación.

El equipo investigador analizó el formulario y considero para la herramienta definida, la selección de 5 preguntas de cada Etapa Procesos de Mejora (SMCI): Estandarizar, Medir, Controlar y Mejorar para un total de veinte (30) preguntas, así:

Tabla 6

Herramienta de medición de madurez organizacional en gerencia de proyectos

# preguntas	Dominio	Niveles de madurez	Nº	Preguntas
1	PY	S	1	La inversión en el proyecto es fuerte para su desarrollo y sostenibilidad en el largo plazo.
2	PY	S	2	Las políticas de gestión interna a nivel estatal están diseñadas de manera estratégica y con indicadores de medición.
3	PY	S	3	Se conoce con claridad a los grupos de interés.
4	PY	S	4	Se cuenta con herramientas de medición para el alcance de las metas propuestas.
5	PY	S	5	Se cuenta con programas de desarrollo alternativos para la gestión.
6	PY	S	6	Se ha desarrollado el análisis de impacto considerando costos y beneficios del proyecto.
7	PY	S	7	La cultura de trabajo y de gestión es acorde con la importancia de la aceptación del riesgo
8	PY	S	8	Se cuenta con buenas relaciones con los distintos implicados y grupos de interés.
9	PY	S	9	Existe una agenda de planeación estratégica para la evaluación constante.
10	PY	S	10	Se cuenta con un comité de evaluación y gestión de resultados
11	PY	S	11	Es comparado de manera periódica el desempeño de la empresa en relación con las metas y resultados esperados.
12	PY	S	12	Se realizan sesiones o se usan métodos para la socialización y aplicación de estrategias de mejora.
13	PY	S	13	Se utiliza el benchmarking o comparación como herramienta para la mejora y adaptación constante.
14	PY	S	14	Se cuenta con estándares claros y transmisibles según los intereses de cada grupo de interés.
15	PY	S	15	Se facilita el desarrollo del Project manager.
16	PY	M	16	Se dispone de los recursos suficientes.
17	PY	M	17	Se realiza capacitación constante.
18	PY	M	18	La gestión del entorno es adecuada considerando la visión del mediano y largo plazo
19	PY	M	19	Se realizan incentivos para la toma de riesgos.
20	PY	M	20	Las auditorias son planeadas y preparadas considerando la importancia del trabajo efectivo.
21	PY	C	21	¿Su organización "demuestra la competencia de gestión"?
22	PY	S	22	¿Su organización "Establece Procesos de Asignación y Optimización de Recursos"?
23	PY	S	23	¿Su organización provee "mentoría a los gerentes de proyecto"?
24	PY	M	24	¿Su organización "Personaliza la Metodología de Gestión de Proyectos"?
25	PY	C	25	¿Su organización "demuestra competencia en el monitoreo y control de un proyecto"?
26	PY	C	26	¿Su organización "demuestra competencia para cerrar un proyecto"?
27	PY	MC	27	¿Su organización "Demostrar Competencia de Comunicación"?
28	PY	MC	28	¿Su organización "Establece Procesos de Competencia de Gerentes de Proyectos"?
29	PY	MC	29	¿Su organización "define las métricas de éxito de OPM"?
30	PY	MC	30	¿Su organización "Demuestra Competencia de Profesionalidad"?

Dominio = Proyecto (PY), Programa (PM) Portfolio (PF)

Nivel de Madurez = Estandarizar (S), Medir (M), Controlar (C) Mejorar Continuamente (MC)

Es importante destacar que para realizar la autoevaluación de la madurez para proyectos de Hidrógeno en los sistemas de transporte de Bogotá bajo el modelo OPM3, se utilizará la siguiente escala:

Tabla 7

Criterios de evaluación

0- No implementado para los Resultados de una Mejor Práctica	No se encuentra implementado (No existe Proceso ni Procedimiento implementado)
1- Parcialmente Implementado para los Resultados de una Mejor Práctica	Parcialmente Implementado (Proceso y Procedimiento No Completo)
2- Aplica Plenamente, no de manera consistente para los Resultados de una Mejor Práctica	Aplica Plenamente pero no se encuentra de manera consistente (Proceso y Procedimiento disponible y completo pero no todos los involucrados lo aplican y lo cumplen)
3- Aplica en su Totalidad, de forma coherente, para los Resultados de una Mejor Práctica	Aplica en su Totalidad (Existe Proceso y Procedimiento, todos los involucrados lo cumplen)

Es importante anotar que a la anterior tabla se dio un peso que va así: 0,25; 0,5; 0,75 y 1.

7. RESULTADOS

Tomando en cuenta el ejercicio que desarrollo el equipo de investigación donde se revisó las distintas fuentes de información aquí mencionadas y con base en ese criterio y juicio profesional se llevó a cabo la autoevaluación del OPM3, a continuación, se presenta el análisis de los datos de acuerdo con el proceso evaluado:

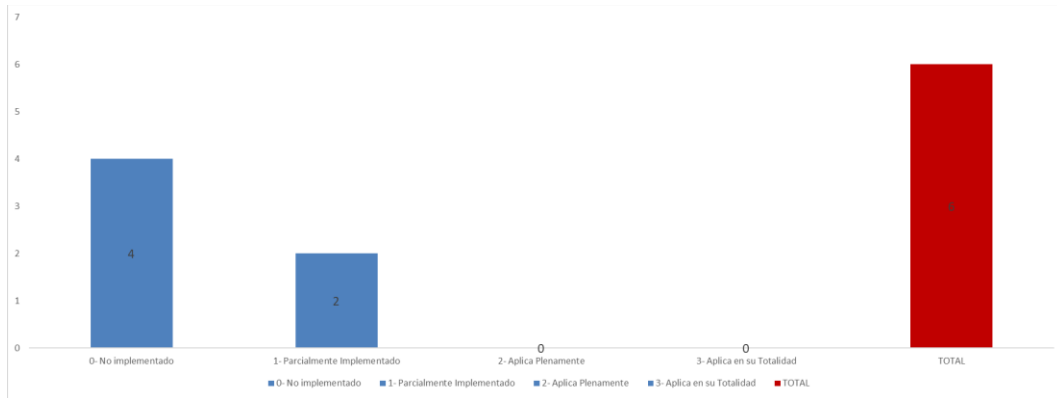
Figura 4
 Madurez según criterio “Estandarización”



Para el criterio de “Estandarización”, se puede observar que, de las 17 preguntas evaluadas, predomina el criterio de “parcialmente implementado” y “no implementado” y esto se debe a que si bien existe bases y criterios que permiten el desarrollar proyectos en el sistema de transporte en Bogotá estos están en un estado incipiente y aún no se vislumbra claramente para el alcance de esta investigación.

Figura 5

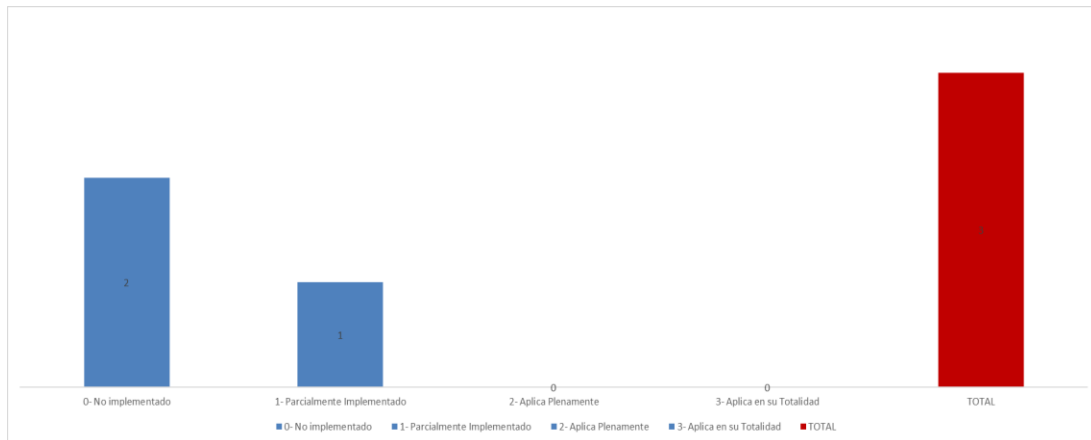
Madurez según criterio “Medición”



La madurez en cuanto a “medición” para los proyectos de hidrogeno en el sector de transporte del distrito capital de Bogotá, no se ha implementado aún ya que en este momento los proyectos del distrito tienen como bandera la construcción de la primera línea del metro.

Figura 6

Madurez según criterio “Control”



A nivel de control, el equipo de investigación considera que al no estar como foco en el distrito los proyectos de hidrogeno para el sistema de transporte de Bogotá, tanto la fase de

control como de mejora es complejo observarlas para el alcance de la investigación. Por lo tanto, esta investigación no califica el criterio de Mejorar Continuamente.

Finalmente, la madurez para este ejercicio se puede resumir en la siguiente tabla:

Tabla 8

Resultados evaluación nivel de madurez

Etapa del proceso	No de preguntas	% de cumplimiento	Nivel de madurez
Estandarizar	17	45.6%	Medio
Medir	6	33.3%	Bajo
Controlar	3	33.3%	Bajo
Mejorar	4	0%	Bajo

Como se observa en la tabla el nivel de nivel de madurez para los proyectos del sistema de transporte de Bogotá es bajo, influenciado principalmente por el no desarrollo de proyectos en energías alternativas para el distrito, el cual se ha centrado principalmente en aunar esfuerzos para la movilidad por medio de la implementación de la primera línea del metro.

CONCLUSIONES

El horizonte del hidrógeno en las prácticas en el país muestran un panorama optimista, con bastantes desafíos y también oportunidades, esto considerando que la energía del hidrógeno se puede usar ampliamente en vehículos de celdas de combustible, generación de energía, almacenamiento de energía y también se puede mezclar con gas natural para uso industrial y civil, de hecho, su amplia aplicación puede reemplazar parcialmente al petróleo y al gas natural y convertirse en una parte importante del consumo de energía.

Para esto se debe otorgar gran importancia a la formulación de la hoja de ruta nacional de desarrollo de la industria de la energía del hidrógeno, por medio de la construcción de la industria de la energía del hidrógeno y su infraestructura en varios lugares, seleccionando fuentes de hidrógeno y métodos de transmisión y almacenamiento de hidrógeno que contribuyen en la investigación y estudio de los recursos relacionados con el hidrógeno y la producción y el uso de electricidad en sus regiones.

De este modo, al construir la industria de la energía del hidrógeno, se debe combinar cuidadosamente las condiciones sociales, económicas y de recursos locales, adoptar información y datos precisos y confiables, realizar análisis e investigaciones científicas y prácticas, calcular con precisión la eficiencia de utilización de energía, reducir las emisiones de carbono, por lo anterior es pertinente seguir avanzando y se deja esta investigación como una apertura para seguir construyendo conocimiento para seguir marchando hacia una nueva industria funcional para el sistema nacional.

Al respecto, se debe tener en cuenta que la construcción de un nuevo tipo de sistema de almacenamiento de energía de hidrógeno ayudará a promover la reforma del suministro de la industria energética y garantizará la seguridad del suministro nacional de energía, visibilizando como el desarrollo de la industria de la energía del hidrógeno requiere perspectivas diversificadas y planificación estratégica orientada a la formulación de proyectos con metodología Green Project Management, puesto que, la realización de proyectos en un área orientada al futuro como el hidrógeno plantea exigencias muy especiales en el presupuesto y financiación de los proyectos, esto debido a la alta proporción de trabajo de desarrollo técnico en los proyectos y la experiencia a veces baja de los proveedores y otras partes interesadas. Por esto, el control de las finanzas, los plazos, los hitos y los riesgos, moldeado por la experiencia y la previsión, deben ser elementos fundamentales de cada proyecto que se desarrolle en pro de la ruta para migrar hacia proyectos de hidrogeno, considerando la integración de diversos grupos de interés que son generadores de valor en los proyectos, las principales actividades relacionadas con estos son:

- Organizar la mano de obra y los recursos materiales para llevar a cabo la planificación de desarrollo ascendente y descendente de la industria de la energía del hidrógeno en el país y la región, e implementar las políticas de apoyo requeridas; no solo tener políticas de incentivos para los vehículos de energía del hidrógeno, sino también para la generación y almacenamiento.
- Organizar a las universidades, institutos de investigación y empresas e industrias relacionadas para llevar a cabo activamente investigaciones sobre el desarrollo y la aplicación de generación de energía de hidrógeno, tecnología y equipos de almacenamiento de energía.

- En vista de las necesidades del desarrollo diversificado de la industria de la energía del hidrógeno, es necesario organizar y formular regulaciones que puedan calcular con precisión la eficiencia energética y las emisiones de carbono relacionadas con la energía del hidrógeno, y unificar métodos y datos.
- Alentar a las empresas a participar activamente en la formulación y revisión de las normas y estándares de la industria de la energía del hidrógeno. Establecer un sistema de control de calidad para la industria de la energía del hidrógeno y fortalecer la inspección de calidad, las instituciones de control de la seguridad y los laboratorios de la industria de la energía del hidrógeno.

REFERENCIAS

- Arboleda, G. (2014). *PROYECTOS Identificación, formulación, evaluación y gerencia*. Mexico: Alfaomega. <https://virtual.universidadean.edu.co/courses/4489/modules/items/104675>
- Armijo, J. (2020). Flexible production of green hydrogen and ammonia from variable solar and wind energy: Case study of Chile and Argentina. *International Journal of Hydrogen Energy*, 1541-1558. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0360319919342089>
- Ávila Rodríguez, C. M. (2021). Cuestiones jurídicas sobre el papel de los entes locales en la transición energética: hacia la producción y el consumo del hidrógeno renovable. *Revista de Estudios de la Administración Local y Autonómica*, 71 - 97.
- Benet, Á. (2022). Knowledge gaps in fuel cell-based maritime hybrid power plants and alternative fuels. *Journal of Power Sources*. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0378775322010436>
- Calderón, Q. (2020). *Percepción del Grado de Madurez Organizacional en Dirección de Proyectos de una Empresa de Ingeniería, Procura y Construcción del Sector Eléctrico*. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/10346/CalderonLina2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calderón-Quintero, L. J., & Caro-Porras, L. J. (2020). Percepción del Grado de Madurez Organizacional en Dirección de Proyectos de una Empresa de Ingeniería, Procura y Construcción del Sector Eléctrico. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/10346/CalderonLina2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carboni, D. J. (2018). *Sustainable Project Management: The GPM*.

<https://greenprojectmanagement.org/gpm-standards/the-gpm-reference-guide-to-sustainability-in-project-management#the-previous-edition>

Castiblanco, U. (2021). Estudio Y simulación De Un Gasificador Con Captura De CO2 Para La

producción De hidrógeno Azul Partiendo De carbón Colombiano. *Revista UIS*

Ingenierías, 20(4), 91-100. [https://doi.org/https://doi.org/10.18273/revuin.v20n4-](https://doi.org/https://doi.org/10.18273/revuin.v20n4-2021007)

2021007

Céspedes, S. (2022). *Technical and Environmental Feasibility Study of the Co-Production of*

Crude Oil and Electrical Energy from Geothermal Resources: First Field Trial in

Colombia. <https://doi.org/10.3390/pr10030568>

Céspedes, S., Cano, N., Foo, G., Jaramillo, D., Martinez, D., Gutiérrez, M., . . . Franco, C.

(2022). Technical and Environmental Feasibility Study of the Co-Production of Crude

Oil and Electrical Energy from Geothermal Resources: First Field Trial in Colombia.

Processes, 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/pr10030568>

Chirino, J. B. (2016). *Introducción a las técnicas de muestreo*. Difusora Larousse - Ediciones

Pirámide.

Chirino, J. B. (2016). *Introducción a las técnicas de muestreo*. Difusora Larousse - Ediciones

Pirámide.

Comisión Europea. (2021). La Comisión propone un nuevo marco de la UE para descarbonizar

los mercados del gas, promover el hidrógeno y reducir las emisiones de metano.

Comunicado de prensa, 1-2.

file:///C:/Users/Casa/Downloads/La_Comisi_n_propone_un_nuevo_marco_de_la_UE_pa

ra_descarbonizar_los_mercados_del_gas_promover_el_hidrogeno_y_reducir_las_emisiones_de_metano.pdf

Corzo Santamaría, T. (2022). Early market efficiency testing among hydrogen players. *International Review of Economics and Finance*, 723-742. https://www-scopus-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85135987109&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=market*+Hydrogen*&sid=016240891f4c1ecda21fbb165dbb8a16&sot=b&sdt=b&sl=32&s=TITLE-ABS-KEY%28market*+Hydrogen*%29&rel

DatabaseUN, C. (2022). Mercado global de hidrógeno verde, pronóstico, 2021 - 2026, 2031F, millones de dólares. *UN Comtrade Database*, 17. https://www-emis-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/php/search/docpdf?pc=XX&sv=EMIS&doc_id=761247868&numresult=7&search_log_id=0f6a6ed9-33a2-4af7-9ea4-a5abb7b17862&search_log_event_id=af20aec4-f656-4d1a-a91d-8d2478bacd79

DNP. (30 de Marzo de 2022). *Aprobado CONPES de transición energética que consolidará el proceso hacia un desarrollo y crecimiento económico sostenible*. <https://www.dnp.gov.co/Paginas/CONPES-de-Transicion-Energetica-que-consolidara-el-proceso-hacia-un-desarrollo-y-crecimiento-economico-sostenible-aprobado.aspx#:~:text=El%20CONPES%20convierte%20la%20transici%C3%B3n,Tecnolog%C3%ADa%20e%20Innovaci%C3%B3n%20y>

DPN. (2017). <https://www.dnp.gov.co/>. <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Energia/MCV%20-%20Energy%20Demand%20Situation%20VF.pdf>

DRIP. (23 de 10 de 2022). <https://www.dripcapital.com>. <https://www.dripcapital.com/es-mx/recursos/blog/que-es-capex>

Energia, M. d. (2022). Hoja de ruta del hidrogeno en Colombia.

<https://www.minenergia.gov.co/es/micrositios/enlace-ruta-hidrogeno/>

Gallego Navarro, J., Larrode-Pellicer, E., Silicia-Montalvo, J. A., Royo-Agustin, B., & Fraile-del-pozo, A. (2014). Metodología de dimensionamiento y optimización de la infraestructura necesaria para la incorporación del hidrógeno al sector transporte. *DYNA - Ingeniería e Industria*, 1-9.

Gallego, J. (2014). Metodología del dimensionamiento y optimización de la infraestructura necesaria para la incorporación del hidrógeno al sector transporte. *DYNA- Ingeniería e Industria*, 1-9.

GEB. (27 de Agosto de 2021). *GEB invertiría con socios para desarrollar hidrógeno en Colombia*. <https://www.valoraanalitik.com/2021/08/27/geb-invertiria-socios-para-desarrollar-hidrogeno-en-colombia/>

Gitushi, K. (2022). Hydrogen gas dispersion studies for hydrogen fuel cell vessels II: Fuel cell room releases and the influence of ventilation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 21506-21516. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0360319922018845>

González, J. V. (2014). *Proyectos evaluación y formulación*. Alfaomega.
<https://www.alphaeditorialcloud.com/reader/proyectos-evaluacion-y-formulacion?location=17>

- Goodman, A. S. (2015). “*Planning Aids.*” *Chap. 7 in Infrastructure Planning, Engineering, and Economics. 2nd ed.* New York: McGraw-Hill. <https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9780071850131/chapter/chapter7>
- Granna, P. (2006). El hidrógeno en el transporte automotor. *Revista tanspotre, desarrollo y medio ambiente*, 42-44.
<https://doi.org/https://login.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/login?qurl=https://eds.s.ebscohost.com%20feds%20pdfviewer%20pdfviewer%30%26sid%3022a2ad95-4ec0-4251-96cd-b4ee5a3386b7%2540redis>
- Grupo de Investigación en Gestión y Evaluación de Programas y Proyectos. (2005). EL COLOMBIAN PROJECT MANAGEMENT MATURATY MODEL (CP3M©).
<http://gyepro.univalle.edu.co/enlaces/pon2.htm>
- Guo, X. (2022). Economic and environmental assessment of interconnected hub systems in the presence of thermal, water and hydrogen storage systems. *Scopus*. https://www-scopus-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85136674716&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=market*+Hydrogen*&sid=016240891f4c1ecda21fbb165dbb8a16&sot=b&sdt=b&sl=32&s=TITLE-ABS-KEY%20market*+Hydrogen*%29&rel
- Hernandez, R. (2018). *Metodologia de la investigacion las rutas cuantitativa, cualitativas y mixta*. Mexico: Mc GRAW HILL.
- Hydrogen Council. (07 de 2021). <https://hydrogencouncil.com>. <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/07/Hydrogen-Insights-July-2021-Executive-summary.pdf>
- IBM. (s.f.). *Software IBM SPSS*. Software IBM SPSS: <https://www.ibm.com/co-es/spss>

- IEA. (2019). El futuro del hidrógeno. *International Energy Agency*.
<https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
- IEA. (09 de 2022). *Global Hydrogen Review 2022*. <https://www.iea.org>:
<https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2022>
- INRIX. (2021). *INRIX 2021 Cuadro de Mando de Tráfico Global*. INRIX Global Traffic
Scorecard: <https://inrix.com/scorecard-city/?city=Bogota&index=8>
- IRENA. (2019). *Hydrogen: A renewable energy perspective*. Abu Dhabi: International
Renewable Energy Agency.
- Kaneberg, E. (2022). Hydrogen technology for supply chain sustainability: The Mexican
transportation impacts on society. *International Journal of Hydrogen Energy*, 29999-
30011. [https://www-sciencedirect-
com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0360319922011168](https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0360319922011168)
- Khisty, C. J. (2012). *Systems Engineering with Economics, Probability and Statistics (2nd
Edition)*. J. Ross Publishing. [https://app-knovel-
com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/web/view/khtml/show.v/rcid:kpSEEPSE14/cid:kt00C84CR6/viewerType:khtml//root_slug:systems-engineering-with/url_slug:triple-
bottom-line-framework?b-q=Triple%20Bottom%20Line&include_synonyms=no&sort_o](https://app-knovel-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/web/view/khtml/show.v/rcid:kpSEEPSE14/cid:kt00C84CR6/viewerType:khtml//root_slug:systems-engineering-with/url_slug:triple-bottom-line-framework?b-q=Triple%20Bottom%20Line&include_synonyms=no&sort_o)
- López, D. S., & Fera, J. F. (2019). La integración en la gestión de proyectos: diagnóstico y
buenas prácticas a implementar en la UCI. *Serie Científica De La Universidad De Las
Ciencias Informáticas*, 10. <https://doi.org/Recuperado a partir de>
<https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/109>
- Lugo, S. (2014). *Estadística descriptiva, introducción al análisis de datos*. Ediciones de la U.
<https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=5759>

- Manna, o. (2021). Opportunities for green hydrogen production in petroleum refining and ammonia synthesis industries in India. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38212-38231. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0360319921035448>
- Maricela I. Montes-Guerra, Faustino N. Gimena Ramos, H. Mauricio Díez-Silva. (2013). Estándares y metodologías: Instrumentos esenciales para la aplicación de la dirección de proyectos. *Journal Technology*, 11-23.
- Marshall, M. (2022). Chapter 13 - Major test facilities, pilot plants, and R&D projects. *Machinery and Energy Systems for the Hydrogen Economy*, 545-576. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/B9780323903943000047>
- Martín, M. (2022). El papel del hidrógeno verde en la transición energética de la industria. *Revista DYNA*, 96(2), 200-206. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7811753>
- McGrawHill. (2003). *Dictionary of Scientific and Technical Terms*. Nueva York: McGraw-Hill. https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/search?f%5B0%5D=book_title%3AHandbook+of+Petroleum+Refining+Processes%2C+4th+Edition&query=hydrogen+&items_per_page=25&scope=selection
- Menaca, R. (2022). Una revisión del uso del hidrógeno en motores de encendido por compresión (diésel) y un análisis de su posible uso en motores duales en Colombia. *Revista UIS Ingenierías*, 33-54.

- Menaca, R., & Bedoya-Caro, I. D. (2022). Una revisión del uso del hidrógeno en motores de encendido por compresión (diésel) y un análisis de su posible uso en motores duales en Colombia. *Revista UIS Ingenierías*, 33-54. <https://eds-s-ebsohost-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=ba7119bfa82-4865-b884-442b62188d18%40redis>
- Minenergía. (17 de 09 de 2022). <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-no-convencionales-de-energ%C3%ADa-renovable-fnccer/#:~:text=Se%20consideran%20FNCCER%20la%20biomasa,verde%20y%20el%20hidrogeno%20azul>.
- Minenergía. (04 de 2022). *Estudios Complementarios Hoja de Ruta*. https://www.minenergia.gov.co/documents/8596/Recomendaciones_Certificacion_de_origen_hidrogeno.pdf
- Minenergía. (17 de 09 de 2022). *Hoja de Ruta del Hidrogeno*. https://www.minenergia.gov.co/static/ruta-hidrogeno/src/document/Hoja%20Ruta%20Hidrogeno%20Colombia_2810.pdf
- MinEnergía. (10 de 2022). *Hoja de Ruta del Hidrogeno en Colombia*. https://www.minenergia.gov.co/static/ruta-hidrogeno/src/document/Hoja%20Ruta%20Hidrogeno%20Colombia_2810.pdf
- Minenergía. (22 de 07 de 2022). *Noticia*. <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/colombia-avanza-en-la-regulaci%C3%B3n-para-la-producci%C3%B3n-de-hidr%C3%B3geno-de-cero-y-bajas-emisiones-y-el-uso-de-geotermia/>

- Ministerio de Energía. (2020). Hoja de Ruta del Hidrógeno en Colombia. *Hoja de Ruta del Hidrógeno en Colombia*. https://www.minenergia.gov.co/static/ruta-hidrogeno/src/document/Hoja%20Ruta%20Hidrogeno%20Colombia_2810.pdf
- Mintransporte. (17 de 03 de 2022). *Colombia adelanta acciones para que el hidrógeno ingrese al sector transporte*. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/10776/colombia-adelanta-acciones-para-que-el-hidrogeno-ingrese-al-sector-transporte/>
- Montes, M. (2013). Estándares y metodologías: Instrumentos esenciales para la aplicación de la dirección de proyectos. *Journal Technology*, 11-23.
<https://doi.org/https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/757>
- Nag, A. (2021). *Principios de biocombustibles y gas hidrógeno: producción y rendimiento del motor*. Nueva York: McGrawHill. <https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9781260456424>
- Orlando Castiblanco, & D. (2020). Producción de hidrógeno y su perspectiva en Colombia: una revisión. *Gestión y Ambiente*, 23. <https://doi.org/https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.15446/ga.v23n2.86466>
- Ozturk, M. (2021). A comprehensive review on power-to-gas with hydrogen options for cleaner applications. *A comprehensive review on power-to-gas with hydrogen options for cleaner applications*, 31511-31522. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0360319921027075>
- Palacios, A. (2022). Hydrogen production in Mexico: State of the art, future perspectives, challenges, and opportunities. *International Journal of Hydrogen Energy*, 30196-30212.
<https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0360319922014744>

Pastor-Fernández, A., Otero-Mateo, M., Portela-Núñez, J., Repeto-García, D., Viguera-Cebrián, J., & Arcos-Reina, Á. (2013). Análisis crítico del estándar internacional ISO 21500:2012, de guía en la Dirección de Proyectos. *DYNA - Ingeniería e Industria*, 400-404.

Phillips, J. (2022). "Controlling Quality in a Project." Chap. 8.3 in *PMP Project Management Professional All-in-One Exam Guide. 1st ed.* New York: McGraw Hill. <https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9781260467475/toc-chapter/chapter8/section/section20>

Pividal Grana, D. (2006). El hidrógeno en el transporte automotor. *Revista transporte, desarrollo y Medio Ambiente*, 42-44. <https://eds-s-ebsohost-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=22a2ad95-4ec0-4251-96cd-b4ee5a3386b7%40redis>

PMI. (2018). *The Standar for organizational project management (OPM)*. Newtown Square: PMI.

PMI. (27 de 09 de 2022). *projectmanagement.com*. <https://www.projectmanagement.com/deliverables/555781/OPM3--Self-Assessment-Questionnaire--Spanish->

Presidencia de la Republica. (22 de 12 de 2021). *Presidencia*. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202169%20DEL%2022%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202021.pdf>

Presidencia de la Republica. (3 de 08 de 2022). *decreto 1476 de 2022*. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201476%20DEL%2003%20DE%20AGOSTO%20DE%202022.pdf>

Project Management Institute (PMI). (2008). *Organizational Project Management Maturity Model*. Pennsylvania: PMI.

Project Management Institute, (. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – 7th Edition and The Standard for Project Management*. Project Management Institute. https://app-knovel-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/kn/resources/kpSPMAGPMP/toc?q=pmbok&include_synonyms=no&q=pmbok&sort_on=default

RAE. (23 de 10 de 2022). <https://dle.rae.es/subsidio>

Rang, S. (2022). Reactivity of hypergolic hybrid solid fuel with industrial grade hydrogen peroxide,. *sciencedirect*. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0016236122023766>

Sampieri, R. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=6443>

Secretaria del Senado. (17 de 09 de 2022). *Constitución Política de Colombia*.

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991_pr009.html#286

Silva, A. (2019). Hydrogen productive chain in Brazil: An analysis of the competitiveness' drivers. *Journal of Cleaner Production*, 751-763. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0959652618328804>

Taghvaei, V. M. (2022). Sustainable development goals and transportation modes: Analyzing sustainability pillars of environment, health, and economy. *World Development Sustainability*. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S2772655X22000180>

- Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Mexico: Limusa.
https://books.google.com.co/books?id=BhymmEqkkJwC&pg=PA11&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false
- Thomas, M. (2005). *Measure Phase.* ” Chap. 13 in *Six Sigma Black Belt Handbook (Six SIGMA Operational Methods)*. 1st ed. New York: McGraw-Hill. <https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9780071443296/chapter/chapter13>
- Vaca, A. (2020). Effect of urban trips on stress and cognitive performance, a study in Bogotá, Colombia. *Journal of Transport & Health*, 2. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S2214140519301082>
- Villuendas, T. (2022). Advancing in the decarbonized future of natural gas transmission networks through a CFD study. *International Journal of Hydrogen Energy*, 15832-15844. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0360319922010692>
- Wang, Q. (2022). Day-ahead economic optimization scheduling model for electricity–hydrogen collaboration market. *Scopus*, 1320-1327. https://www-scopus-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85137111377&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=market*+Hydrogen*&sid=016240891f4c1ecda21fbb165dbb8a16&sot=b&sdt=b&sl=32&s=TITLE-ABS-KEY%28market*+Hydrogen*%29&rel
- Wu, Q. (2022). Economy environment energy benefit analysis for green hydrogen based integrated energy system operation under carbon trading with a robust optimization model. *Scopus*. https://www-scopus-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85137111377&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=market*+Hydrogen*&sid=016240891f4c1ecda21fbb165dbb8a16&sot=b&sdt=b&sl=32&s=TITLE-ABS-KEY%28market*+Hydrogen*%29&rel

- com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85137165193&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Hydrogen+market*&sid=0cc453b6e64183f7119bc8a28f967865&sot=b&sdt=b&sl=31&s=TITLE-ABS-KEY%28Hydrogen+market*%29&relpo
- Xu, X. (2022). The future of hydrogen energy: Bio-hydrogen production technology. *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0360319922033961>
- Yang, K. (2004). "Multivariate Statistical Methods and Quality." Chap. 1 in *Multivariate Statistical Methods in Quality Management*. 1st ed. New York: McGraw-Hill. <https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9780071432085/chapter/chapter1>
- Yuni, J. (2014). *Técnicas para investigar, recurso metodológico para la Preparación de Proyectos de Investigación, volumen 1*. Argentina: Brujas. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/01/LIBRO-T%C3%A9nicas-para-investigar-1.pdf>
- Zepeda, R. (2021). Potencial social y ambiental de la industria eólica para una transición energética en América Latina. (30), 5-66. <https://doi.org/https://revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes/article/view/4598>
- Zini, G. (2016). Almacenamiento de energía eléctrica verde: ciencia y finanzas para la sustitución total de combustibles fósiles . En G. Zini, *Almacenamiento de energía eléctrica verde: ciencia y finanzas para la sustitución total de combustibles fósiles* . (pág. Cap. 2.2). Nueva York: McGraw-Hill Education. <https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9781259642838/toc-chapter/chapter2/section/section3>

