



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA


ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial
y Diseño Industrial

Generación y almacenamiento de hidrógeno verde para
suministro de energía en una vivienda unifamiliar

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Ledesma Ramírez, Manuel

Tutor/a: Marí Soucase, Bernabé

Cotutor/a: Guaita Pradas, Inmaculada

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Generación y almacenamiento de Hidrógeno Verde para suministro de energía en una vivienda unifamiliar

Manuel Ledesma Ramírez

ETSID-UPV

1-1-2024

Tutor: Bernabé Mari Soucase

Índice

1. Introducción	1
1.1. Resumen	1
1.2. Objetivo	1
1.3. Glosario	2
2. Marco teórico	3
2.1. Cambio climático.....	3
2.1.1. ¿Qué es un cambio climático?.....	3
2.1.2. ¿En que afecta a los humanos y al resto de seres vivos?.....	4
2.1.3. Soluciones al efecto invernadero.....	7
2.2. Transición energética.....	8
2.2.1 Importancia de España en la transición energética.....	8
2.2.2 H2MED	8
2.2.3 HYDEAL.....	9
2.2.4 Repsol.....	12
2.2.5 H2Future.....	12
2.3. ¿Qué es el hidrogeno?.....	13
2.4. ¿Cómo obtener el hidrogeno?.....	13
2.5. ¿Cómo se almacena y transporta el hidrogeno?	14
2.6. ¿Para qué se usa el hidrogeno?	15
3. Elección instalación.....	16
3.1. Resumen de la instalación.	16
3.2. Definición de la instalación.	16
3.3. Elementos de la instalación.	17

4.	Estudio.....	18
4.1.	Condiciones iniciales.....	18
4.2.	Análisis de la demanda.....	19
4.3.	Consumo prototipo.....	22
4.4.	Diseño de los componentes.....	23
4.4.1	Producción.....	23
4.4.2	Compresión.....	33
4.4.3	Suministro de agua.....	36
4.4.4	Almacenamiento.....	39
4.4.5	Pila de combustible.....	43
4.4.6	Monitorizador.....	45
4.4.7	Estructura de anclaje.....	46
4.4.8	Cables y protecciones.....	47
4.4.9	Instalación final.....	48
5.	Fuentes de energía en la actualidad.....	48
5.1	Combustibles utilizados para el transporte.....	49
5.2	Ejemplos de uso de hidrogeno en la movilidad.....	55
6.	Tecnología de hidrogeno.....	57
7.	Ventajas y desventajas frente a otros combustibles.....	58
7.1.	Combustibles sólidos.....	58
7.2.	Combustibles líquidos.....	62
7.3.	Combustibles gaseosos.....	64
7.4.	Combustibles nucleares.....	65
8.	Presupuesto.....	66

8.1.	Coste de la instalación	66
8.2.	Coste mantenimiento anual	68
8.3.	Flujo de caja	69
8.4.	Tabla de amortización	71
8.5.	Subvenciones del estado.....	76
8.5.1	Requisitos	76
8.5.2	Personas que puedes beneficiarse de esta ayuda.	77
8.5.3	Cuantía de la ayuda.....	77
9.	Conclusión del proyecto.....	78
10.	Bibliografía.....	79

Tabla de gráficos

Gráfico 1	Temperatura global. Fuente Global Climate Change	5
Gráfico 2	Emisiones d gases de efecto invernadero totales. Fuente: Banco mundial	6
Gráfico 3	Emisiones de dióxido de carbono mundial en millones de toneladas. Fuente: Bp	6
Gráfico 4	Indice de precio del gas Fuente: MIBGAS, 2023	11
Gráfico 5	Produccion de energia mensual del sistema FV fijo Fuente PVGIS.....	26
Gráfico 6	Irradiación mensual sobre plano fijo Fuente PVGIS.....	27
Gráfico 7	Comparacion consumo vs produccion Fuente propia	33
Gráfico 8	Uso de los combustibles en el mundo Fuente Bp.....	51
Gráfico 9	Uso de los combustibles en Europa Fuente Bp	51
Gráfico 10	Balance de energia mundial Fuente IEA 2018.....	59
Gráfico 11	Fuentes de energía mundial Fuente Global Electricity Review de Ember 2022	61

Gráfico 12 Generacion de carbon a nivel mundial por paises Fuente Global Electricity Review de Ember 2022.....	62
Gráfico 13 Generacion de gas a nivel mundial por paises Fuente Global Electricity Review de Ember 2022.....	64
Gráfico 14 Generacion de energia nuclear a nivel mundial por paises Fuente Global Electricity Review de Ember 2022.....	65

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 Los proyectos de hidrogeno verde más grande del mundo Fuente: IRENA, 2022	10
Ilustración 2 plano placa solar	24
Ilustración 3 placa solar	24
Ilustración 4 Rendimiento de un sistema FV Fuente PVGIS	25
Ilustración 5 Inversor seleccionado Fuente Autosolar	29
Ilustración 6 Electrolizador seleccionado Fuente H2B2	30
Ilustración 7 Compresor seleccionado Fuente Wenling Toplong Electrical & Mechanical Company.....	34
Ilustración 8 Aparato de osmosis seleccionado Fuente Leroy Merlin.....	36
Ilustración 9 Batería seleccionada Fuente Autosolar	40
Ilustración 10 Bombona selccionada Fuente SYC Cylinders.....	41
Ilustración 11 Pila de combustible seleccionada Fuente H2sys	43
Ilustración 12 Monitorizador Autosolar Fuente Autosolar.....	45
Ilustración 13 Diagrama destilación petróleo Fuente Frumecar.....	50
Ilustración 14 Motor de hidrogeno de Airbus Fuente Airbus.....	55
Ilustración 15 Toyota Mirai Fuente Toyota.....	56
Ilustración 16 Hyundai Nexo Fuente Hyundai	56
Ilustración 17 Balance de energia mundial Fuente IEA 2018.....	59

Tabla de tablas

Tabla 1 Consumo medio de energia en España Fuente: idae	20
Tabla 2 Consumo medio de energia en España desglosado por tipos Fuente: idae	20
Tabla 3 Desglose de tipos de combustible usados para calefacción en España Fuente: Idae	20
Tabla 4 Número de horas de sol en España por meses y provincias Fuente: INE	21
Tabla 5 Datos consumo y producción de energía y hidrogeno	31
Tabla 6 Trabajo necesario para la compresion por mes	35
Tabla 7 Consumo de agua y energia del proceso de osmosis.....	38
Tabla 8 Calculo de numero de bombonas para almacenamiento por mes.....	42
Tabla 9 Energia producida por la pila de combustible por mes	44
Tabla 10 Costes variables	68
Tabla 11 Flujo de caja	70
Tabla 13 Tabla de amortización	72
Tabla 14 Resumen del prestamo.....	73
Tabla 15 Tabla de amortizacion	74
Tabla 12 VAN	75

1. Introducción

1.1. Resumen

Este proyecto tiene como objetivo principal desarrollar un sistema de energía sostenible para una vivienda residencial, con el propósito de reducir significativamente la huella de carbono relacionada con el consumo energético. Para lograrlo, se diseñará un sistema de paneles solares para la generación de energía y se seleccionarán baterías de almacenamiento de energía solar de manera cuidadosa. Además, se innovará mediante el desarrollo de un sistema de producción y almacenamiento de hidrógeno, que sustituirá a las tradicionales baterías de litio. Esto se hace con la convicción de que las bombonas de hidrógeno ofrecen una solución más duradera y sostenible, con un menor impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida. Se diseñará también un sistema de pilas de hidrógeno para una conversión eficiente del hidrógeno en electricidad, con el objetivo de lograr la autosuficiencia energética de la vivienda y contribuir activamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y al impacto ambiental positivo en las tecnologías de almacenamiento energético.

1.2. Objetivo

El objetivo central es desarrollar un sistema integral de energía sostenible para una vivienda residencial, con el propósito de reducir significativamente la huella de carbono relacionada con el consumo energético. Para alcanzar esta meta, se llevarán a cabo las siguientes acciones:

Diseñar un sistema de paneles solares para la generación de energía, aprovechando fuentes de energía renovable y reduciendo la dependencia de fuentes contaminantes.

Innovar mediante el desarrollo de un sistema de producción y almacenamiento de hidrógeno como alternativa a las tradicionales baterías de litio, con el objetivo de proporcionar una solución más duradera y sostenible, minimizando el impacto ambiental en su ciclo de vida.

Diseñar un sistema de pilas de hidrógeno para una conversión eficiente del hidrógeno en electricidad, para conseguir la autosuficiencia energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Se espera que en el futuro muchas de las casas unifamiliares sobre todo las del extrarradio puedan dotarse de esta tecnología para no depender de la red eléctrica tal como la conocemos hoy.

1.3. Glosario

- Vector energético. Entendemos este término como energía que puede ser almacenada y transportada, desde el lugar en el que se produce hasta el lugar de consumo, como por ejemplo las baterías de iones de litio en nuestro smartphone o el hidrógeno.
- Electrolisis. Es un proceso químico que descompone un material sumergido en una disolución utilizando electricidad, cuando los electrones viajan por la solución, van descomponiéndola en sus elementos básicos en cada electrodo.
- Electrolizador. Es el dispositivo donde se produce la electrolisis, formado por dos electrodos, ánodo y un cátodo, sumergidos en una solución. Se aplicará una corriente en los electrodos y la solución cerrará el circuito.
- Ánodo, es el electrodo con carga positiva, en él, se produce la oxidación, o, en otras palabras, pierde electrones, por lo que se convierten en iones con carga positiva.
- Cátodo, es el electrodo con carga negativa, la energía viaja del ánodo al cátodo, de esta manera se crearán iones cargados negativamente
- Gasificación de combustibles sólidos: consiste en transformar en gas cualquier sustancia carbonosa incandescente con la presencia de oxígeno, por debajo de la estequiometría, obteniendo gas formado por CO , CO_2 , H_2 , entre otras sustancias.
- Foto-electrólisis, es un proceso de electrolisis con la diferencia de que se usa un material foto sensible para producir la reacción, de esta manera se utiliza la luz del sol para producir el proceso químico.
- Energías renovables o verdes, son fuentes de energía que se obtienen a partir de recursos naturales ilimitados o que se auto regeneran de manera natural, como por ejemplo la luz solar, la eólica, hidráulica entre otras. Se caracterizan por su sostenibilidad y contaminación reducidas.
- Pila de combustible, es un dispositivo electroquímico, en el que se almacena normalmente hidrógeno para reaccionar con oxígeno obteniendo de esta manera electricidad, la inversa de la electrolisis, y generado como producto agua únicamente.

- Electrón, es uno de los componentes básicos del átomo, es la menos pesada y con carga negativa. Al estar en la corteza del átomo crean enlaces químicos y son los portadores de la electricidad.
- Protón, es uno de los componentes básicos del átomo, tiene carga positiva, se encuentra en el núcleo del átomo, además tiene alrededor de dos mil veces más masa que el electrón
- Neutrón, es uno de los componentes básicos del átomo, con una masa similar al protón, tiene carga neutra, es decir no está cargado, se encuentra en el núcleo del átomo.
- Autonomía, en automóviles es la distancia que puede recorrer con una determinada energía. En los coches eléctricos se habla de kilómetros con una carga completa, mientras que en los motores de combustión se usa la relación kilómetros por litro de combustible.
- Dióxido de carbono equivalente, es una medida comúnmente utilizada para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero, convierte las emisiones de otros gases de efecto invernadero como el metano y el óxido nitroso a su equivalente en términos de dióxido de carbono, para poder compararlas y sumarlas en una única medida.
- Hidrógeno verde, es el hidrogeno que se obtiene a partir de la electrolisis del agua, utilizando únicamente energías que provienen de fuentes renovables como la solar, eólica o hidráulica entre otras.

2. Marco teórico

2.1. Cambio climático.

El cambio climático es un tema crucial en la actualidad, ya que se refiere a los cambios en el clima a lo largo del tiempo. Este fenómeno no solo afecta al clima, sino que también tiene un impacto significativo en las personas y en la vida de otros seres en nuestro planeta. A continuación, vamos a explorar qué significa exactamente el cambio climático, cómo afecta a los humanos y a otros seres vivos, y qué soluciones se proponen para abordar el problema del efecto invernadero.

2.1.1. ¿Qué es un cambio climático?

En los tiempos que corren no es ningún secreto que se está produciendo un cambio climático en nuestro planeta Tierra.

Según el United Nations (2023) el cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo en las temperaturas y patrones climáticos, que pueden ser causados tanto por factores naturales como por actividades humanas. Sin embargo, desde el siglo XIX, las actividades humanas, especialmente la quema de combustibles fósiles, han sido el principal impulsor del cambio climático. La quema de combustibles fósiles libera gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano, que atrapan el calor del sol en la atmósfera y elevan las temperaturas. Otras actividades humanas, como la deforestación y la gestión de residuos, también pueden contribuir a las emisiones de gases de efecto invernadero. La energía, la industria, el transporte, los edificios, la agricultura y el uso del suelo son algunos de los sectores que contribuyen significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero y, por lo tanto, al cambio climático.

2.1.2. ¿En que afecta a los humanos y al resto de seres vivos?

El cambio climático, causado principalmente por la actividad humana como la quema de combustibles fósiles, está provocando un aumento de la temperatura de la Tierra y una serie de consecuencias graves, como sequías, incendios, aumento del nivel del mar, inundaciones, deshielo de los polos, tormentas catastróficas y disminución de la biodiversidad. Estas consecuencias afectan no solo al medio ambiente, sino también a los humanos, incluyendo la salud, la capacidad de cultivar alimentos, la vivienda, la seguridad y el trabajo. Algunos humanos son más vulnerables a estos impactos, como las que viven en islas o países en desarrollo. Limitar el aumento de la temperatura global a no más de 1,5 °C es necesario para evitar los peores impactos climáticos y mantener un clima habitable, y se requiere una acción global.

Además, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de la ONU publicó un informe en agosto de 2021 en el que alerta sobre la necesidad urgente de tomar medidas drásticas y rápidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Los expertos recomiendan tomar medidas efectivas y urgentes para reducirlas, el cambio climático tendrá impactos graves e irreversibles en la vida en la Tierra. El informe también destaca que los efectos del cambio climático ya se están sintiendo en todo el mundo, incluyendo el aumento de las temperaturas y la intensificación de eventos climáticos extremos.

Según la web oficial de la NASA la temperatura media de la Tierra de la superficie, a lo largo de los años ha ido aumentando con respecto a la temperatura media normal, sobre todo a partir de los años 70 hasta la actualidad, donde la temperatura media esta casi un grado Celsius por encima de la normal.

GLOBAL LAND-OCEAN TEMPERATURE INDEX

Data source: NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS).

Credit: NASA/GISS

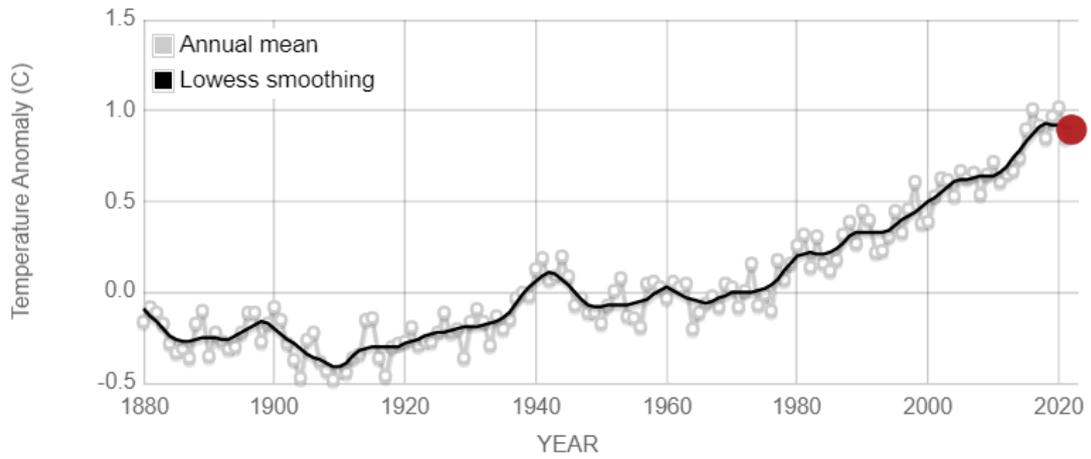


Gráfico 1 Temperatura global. Fuente Global Climate Change

Emisiones de gases de efecto invernadero totales (kt de equivalente de CO2)

Comisión Europea, Centro Común de Investigación (JRC)/Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos (PBL). Base de Datos de Emisiones para la Investigación Atmosférica Global (EDGAR), EDGARv4.2 FT2012: edgar.jrc.ec.europa.eu.

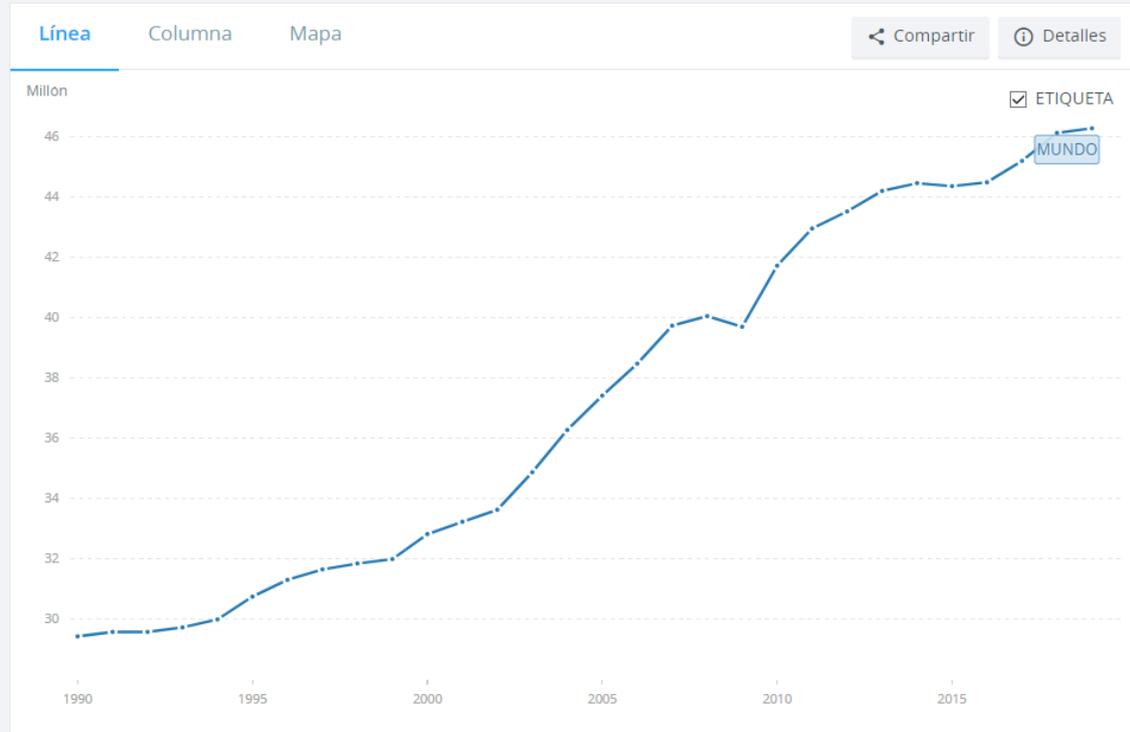


Gráfico 2 Emisiones d gases de efecto invernadero totales. Fuente: Banco mundial

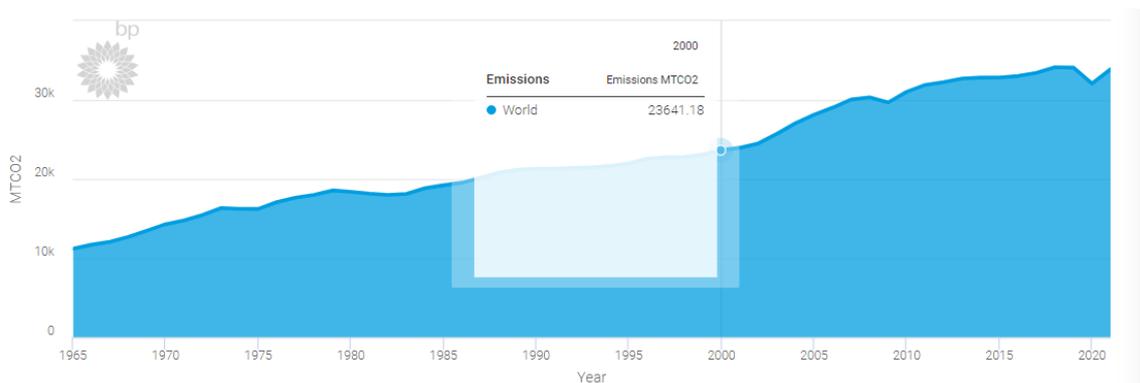


Gráfico 3 Emisiones de dióxido de carbono mundial en millones de toneladas. Fuente: Bp

Las emisiones de dióxido de carbono equivalente siguen aumentando, alcanzando en 2019 los más de 46 millones de kilotoneladas al año a nivel mundial. En lo alto de la lista de los países más productores de estos gases se encuentran, Estados Unidos, China y Rusia.

Las emisiones brutas de gases de efecto invernadero (GEI) en España se estiman para el año 2020 en 274,7 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. Según la edición de 2022 del informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero por el ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico de España.

2.1.3. Soluciones al efecto invernadero.

- Energías renovables, como la energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica y de biomasa. Estas fuentes de energía emiten mucho menos gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles, que hoy en día siguen siendo las más utilizadas en el mundo.
- Eficiencia energética, reduciendo el consumo de energía en edificios, hogares, vehículos y otros sectores, mediante la mejora del aislamiento, adoptar tecnologías más eficientes y la evitar el derroche de energía.
- Transporte sostenible, utilizando transporte público, bicicletas o caminar, o utilizando vehículos eléctricos o de pila de hidrogeno que emiten menos gases de efecto invernadero.
- Agricultura y ganadería sostenibles, adoptando prácticas agrícolas y ganaderas más sostenibles que reduzcan la emisión de gases de efecto invernadero que provienen entre otras de la ganadería de grandes animales o los aerosoles de los insecticidas, para ello se podría llevar a cabo la reducción del uso de fertilizantes y el cambio a prácticas de pastoreo más sostenibles.
- Conservación y restauración de bosques, evitando su deforestación por incendios provocados por el hombre que son alrededor del 90%, por voluntad o por accidente. Una manera de combatir este efecto es replantar los bosques destruidos y luchar por reducir a cero los incendios provocados.

La necesidad imperiosa de crear nuevas formas de energía sostenible para la movilidad y el uso en la industria ha llevado a la tecnología a perfeccionar métodos de obtención de energía como los molinos de viento, centrales hidroeléctricas, plantas solares. Incluso combustibles sintéticos o pilas de hidrogeno, tecnologías más jóvenes, aun en desarrollo, pero muy prometedoras para lograr una movilidad sostenible de cero emisiones a la atmosfera.

2.2. Transición energética

En el contexto global de la transición hacia energías más sostenibles, España destaca como un actor clave. Con un enfoque en la generación de energía renovable, el país se encuentra en el centro de iniciativas significativas como H2Med, HyDeal Ambition, y proyectos de empresas destacadas como Repsol. A lo largo de este análisis, exploraremos el papel crucial de España en la transición energética, examinando proyectos clave que delinean su impacto tanto a nivel nacional como internacional.

2.2.1 Importancia de España en la transición energética.

Desde Europa se están tomando medidas para convertir el continente en uno más limpio y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la creación de energías renovables para no depender más del petróleo importado. La Unión Europea ve en España una gran privilegiada para liderar este cambio, por eso, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de España, aprobado en julio de 2021, España recibirá un total de 69.528 millones de euros en transferencias directas de la UE entre 2021 y 2026.

España cuenta con la mejor posición demográfica para las plantas de electricidad sostenible. En primer lugar, es el país de Europa con más horas y días de sol, lo que incrementa la producción de energía a partir de centrales solares. Además, cuenta con mucho terreno llano, para la instalación de parques eólicos. Cercanía con África, que promete ser uno de los continentes que más produzca energías renovables.

Según la Estrategia Nacional del Hidrógeno presentada por el Gobierno de España en 2020, se prevé que España alcance una capacidad de producción de hidrógeno verde de al menos 4 GW en 2030 que supondría alrededor de un 15% de la energía consumida en España en un año, basándose en una estimación con el consumo del 2020.

2.2.2 H2MED

El proyecto H2Med es una iniciativa para crear una infraestructura de hidrógeno verde que conecte la Península Ibérica (España y Portugal) con la ciudad francesa de Marsella. Este proyecto es el primer gran corredor de hidrógeno en la Unión Europea y se espera que transporte el 10% del consumo de hidrógeno de la UE para el año 2030. Además, la similitud con el gas natural podría favorecer a que

se use la infraestructura actual de gasoductos y se utilicen para hidrogeno en un futuro próximo.

La importancia del proyecto radica en que el hidrógeno verde es una fuente de energía limpia y sostenible, un combustible que no emite gases de efecto invernadero ni contaminantes, únicamente agua. Además, el proyecto es una muestra de la cooperación entre países de la UE, a los que recientemente se le ha unido Alemania en la lucha contra el cambio climático y la transición hacia un modelo energético más sostenible.

En resumen, el H2Med es un proyecto de gasoducto que conectará Portugal, España, Francia y otros países europeos para abastecer a la UE con hidrógeno verde y un paso hacia la descarbonización del sector energético y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la UE, y su impacto puede extenderse a nivel global.

2.2.3 HYDEAL

HyDeal Ambition es una plataforma industrial creada por Soladvent (una empresa) en 2020, con el objetivo de hacer que el hidrógeno verde sea competitivo con los combustibles fósiles que dominan el mercado actual. La plataforma reúne a 30 empresas que cubren toda la cadena de valor del hidrógeno verde, desde la generación de energía solar hasta la fabricación de electrolizadores, ingeniería de proyectos, transmisión y almacenamiento de gas, aplicaciones industriales en acero, productos químicos y energía, financiación de deuda y capital (Acosta, S., 2022).

El objetivo de HyDeal Ambition en 2030 es producir 3,6 millones de toneladas de hidrógeno verde con una capacidad de 95 GW de energía solar y 67 GW de electrolizadores. Esto se logrará gracias a empresas de España, Francia y Alemania, lo que lo convierte en el proyecto de hidrógeno verde más grande del mundo según la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA).



Ilustración 1 Los proyectos de hidrogeno verde más grande del mundo Fuente: IRENA, 2022

HyDeal Ambition ha desarrollado un modelo industrial y financiero disruptivo que aborda el hidrógeno verde como materia prima energética a gran escala. Este modelo se basa en la integración de la cadena de valor, la producción de energía solar, la industrialización de electrolizadores, los gasoductos de hidrógeno dedicados y la agregación de la demanda. Como resultado, HyDeal Ambition puede producir hidrógeno verde a 1,5 €/kg (38 €/MWh - sin incluir los costos de transmisión y almacenamiento), lo que lo convierte en una fuente de energía más barata que el gas natural en Europa, que a finales de 2022 rondaba los 80€ el MWh. Aquí se muestra un gráfico con el histórico de precios del gas natural según MIBGAS (mercado ibérico del gas)

Índice de precio y volumen del día de gas

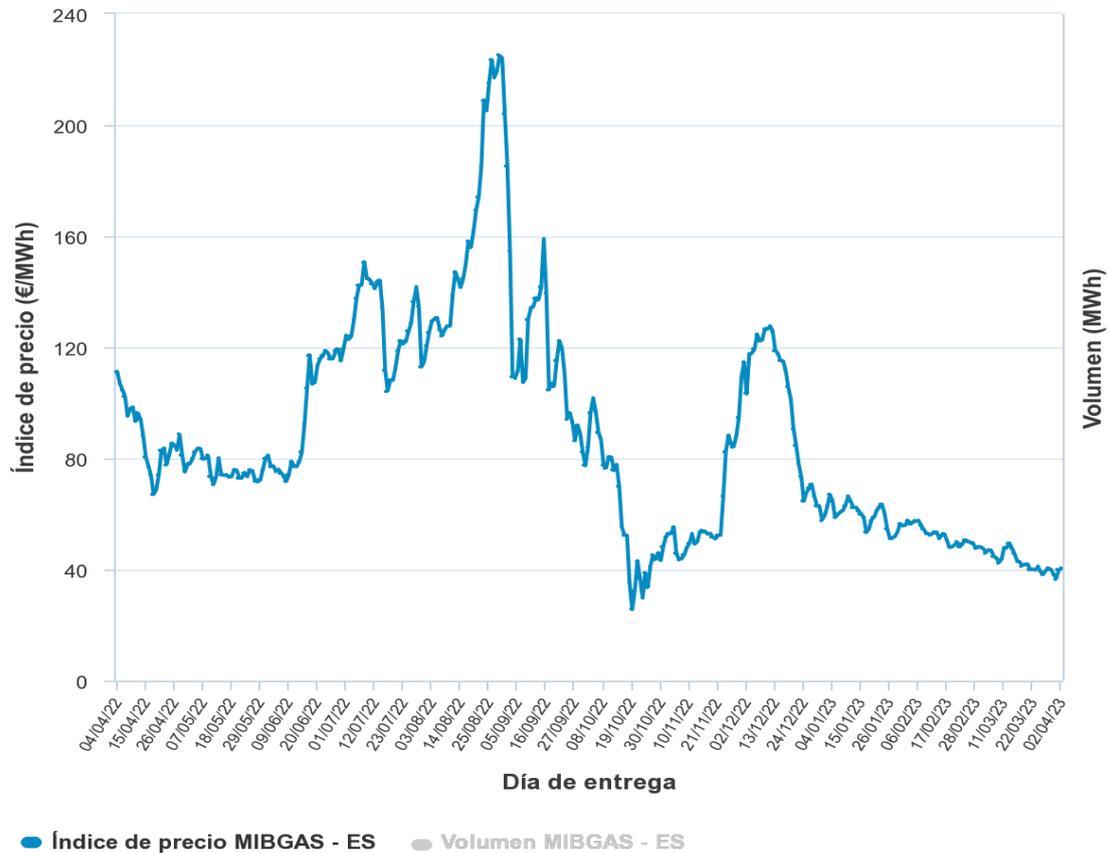


Gráfico 4 Índice de precio del gas Fuente: MIBGAS, 2023

HyDeal España es la continuación en nuestro país que desarrollará infraestructuras de producción y transmisión de hidrógeno verde en España. Los patrocinadores principales incluyen Enagás Renovables, DH2 Energy, Enagás, ArcelorMittal, Fertiberia y Soladvent. El proyecto suministrará un complejo industrial en Asturias desde instalaciones ubicadas en el norte de España a un precio competitivo con los combustibles fósiles. Se espera que la producción comience en 2025 y alcance una capacidad total instalada de 9,5 GW de energía solar y 7,4 GW de electrolizadores para 2030. ArcelorMittal y Fertiberia se comprometen a comprar 6,6 millones de toneladas de hidrógeno verde durante 20 años, lo que permitirá la producción de acero y fertilizantes verdes y otros productos industriales y energéticos con cero emisiones de carbono. El proyecto permitirá a España reemplazar los combustibles fósiles por hidrógeno verde a gran escala en la industria, la energía y la movilidad, lo que posiciona a las

empresas patrocinadoras como líderes europeos en sus respectivos mercados. El proyecto también generará empleos sostenibles, un paso más hacia la independencia energética.

2.2.4 Repsol

Repsol, una de las 10 empresas más grandes de España está invirtiendo en varios proyectos, además de Iso que ya hemos mencionado Hydeal y H2MED, esta llevando a cabo iniciativas relacionadas con el hidrógeno en España, incluyendo el "Proyecto Mares" para producir hidrógeno verde a partir de la energía eólica en alta mar y la construcción de una planta de producción de hidrógeno verde en el complejo industrial de Petronor en el País Vasco, o a partir de una planta solar en Cartagena. Además, la empresa está desarrollando tecnologías de producción de hidrógeno verde a partir de biomasa, residuos y otros recursos renovables, así como tecnologías de almacenamiento y distribución de hidrógeno para su uso en el transporte y la industria. Repsol también está colaborando con otras empresas y organizaciones en proyectos de investigación y desarrollo relacionados con el hidrógeno, como el proyecto europeo "H2Future".

2.2.5 H2Future

H2Future es un proyecto de investigación y desarrollo financiado por la Unión Europea que se inició en 2016 y finalizó en 2021. El objetivo del proyecto era desarrollar tecnologías para la producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno a gran escala, utilizando tecnologías avanzadas de electrólisis e integrando energías renovables en el proceso de producción.

La iniciativa contó con la participación de 9 socios de diferentes países europeos, incluyendo empresas, universidades y centros de investigación. Durante los años de desarrollo, se lograron importantes avances en la producción de hidrógeno verde, la reducción de costes y la mejora de la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental.

En la actualidad, los resultados y tecnologías desarrolladas están siendo utilizados en otros proyectos relacionados con el hidrógeno como los arriba mencionados.

2.3. ¿Qué es el hidrogeno?

El hidrógeno es un elemento químico presente en la tabla periódica, con el número atómico 1 y símbolo H. Es el elemento más ligero y sencillo de todos, compuesto por un solo electrón y protón en su núcleo sin neutrones. En condiciones normales se encuentra como moléculas diatómicas H_2 en estado gaseoso, es incoloro, inoloro y desaborido.

Es el átomo que más abunda en el universo, siendo el 75% aproximadamente de la materia, como las estrellas, o combinado con otros elementos como el agua o el CO_2 .

2.4. ¿Cómo obtener el hidrogeno?

Existen varios procesos para disociar la molécula de hidrogeno, según de que materia prima se obtenga y que energía se utilice para llevarlo a cabo, a continuación, se enumeran unos ejemplos.

Termólisis, utiliza la temperatura, el agua calentada a más de 2500 grados Celsius comienza a separarse en moléculas de oxígeno e hidrogeno. Alcanzar temperaturas tan elevadas conlleva un gran aporte de energía y una instalación compleja, dado que se necesitan varios ciclos termoquímicos, que calientan el agua en varios pasos usando la regeneración, hasta alcanzar la temperatura para que se produzca la separación del hidrogeno.

Reformado y gasificación de combustibles fósiles, como la biomasa o hidrocarburos. El reformado se utiliza más para hidrocarburos ligeros, mientras que la gasificación es común en los pesados. Además de obtener hidrogeno con estos procesos, también permiten almacenar CO_2

Electrolisis, es el método más popular para la obtención de hidrogeno. Consiste en mediante corriente continua, a través de dos electrodos, ánodo (positivo) y cátodo (negativo). Las moléculas de hidrogeno aparecen en el cátodo mientras que las de oxígeno aparecerán en el ánodo. Este proceso es más complicado en el agua pura, puesto que no es apenas conductora de la electricidad, sin embargo, el agua de mar si lo es, debido a su concentración de sales.

Cabe destacar que según los métodos utilizados en la obtención del hidrogeno, podrá ser verde, si se obtiene a partir de agua y electrolisis, utilizando energía de fuentes renovables (como la solar, eólica...) siendo esta la más respetuosa con el

medioambiente. Después tendremos el hidrogeno rosa, muy parecido al verde, pero utilizando energía nuclear, no emite CO_2 u otras sustancias nocivas, pero los residuos de la energía nuclear son dañinos. También existe el hidrogeno azul, gris o marrón/negro, siendo esta ultima la menos ecológica, puesto que proviene de la gasificación del carbón y es la más contaminante. Sin embargo, la gris se obtiene a partir del metano, que también libera CO_2 . El azul sería una versión mejorada del gris o el marrón, puesto que se captura el CO_2 liberado para que no se desprenda en la atmosfera.

2.5. ¿Cómo se almacena y transporta el hidrogeno?

Como la mayoría de las materias, la demanda no suele ser en el mismo lugar donde se produce, por lo tanto, surge el problema de trasportar a cada una de las zonas donde se necesite esa materia prima. Para poder trasportarla, al ser un gas tan ligero que se disipa y reacciona muy fácilmente con otros elementos de la tierra, tenemos que asegurarnos de que la carga de hidrogeno vaya aislada.

Además, si queremos usar el hidrogeno como vector energético, para almacenar energía para su uso posterior es necesario hacer uso de diferentes mecanismos para almacenarlo, entre los que se encuentran los siguientes.

Gas comprimido, se comprime en bombonas a unos 200 bares de presión. Conlleva pocos costes y permite un uso a pequeña escala, es muy utilizado en soldadura, medicina y otros usos industriales.

Hidrogeno líquido, requiere además de altas presiones muy bajas temperaturas, por lo que es necesario un buen aislamiento térmico d la botella. Esta peculiaridad hace que sea mucho más costoso. Pero gracias a su mayor densidad se pueden almacenar más kg de hidrogeno que si estuviera en estado gaseoso.

Hidruros metálicos, donde el hidrogeno reacciona con metales sólidos, esta reacción es reversible, por lo tanto, los metales serian como una especie de soporte que mantiene el hidrogeno en estado sólido. El inconveniente sería el peso que conlleva que estén hecho de metales, además de ser caros.

Nanotubos de carbono, aun en desarrollo. Se ha comprobado que el nanotubo absorbe el hidrogeno como si de una esponja se tratara. Permitiría hacer grandes estructuras ligeras.

2.6. ¿Para qué se usa el hidrogeno?

Bien, lo más importante es si de verdad el hidrogeno tiene un uso real del que pueda sacar provecho la sociedad, y si puede competir con las alternativas actuales que son algo más contaminantes, teniendo en cuenta su eficiencia, y costes.

En 2022 la demanda global de hidrogeno alcanzo los 94 millones de toneladas, siendo de estas solo 1 hidrogeno verde, debido al alto coste que supone con respecto al marrón o gris. (De Aragon, E., 2022)

Sus usos son múltiples hoy en día, tanto para procesos de producción como para usos unifamiliares o comunidades de propietarios. Por ejemplo, para la calefacción o energía de una finca, que en lugar de abastecerse con electricidad de la red exclusivamente, se apoya de la energía verde que le proporciona el hidrogeno.

Industrias como la metalurgia, petroquímica y química, que actualmente suponen un gran impacto en el medio ambiente debido a la gran cantidad de CO_2 que liberan en los procesos, algo que podría ser solucionado utilizando hidrogeno verde que como hemos visto no libera dióxido de carbono.

También se puede utilizar para el transporte, tanto de aviación como de automóviles particulares pasando por barcos, debido a su versatilidad. Gracias a la globalización podemos obtener mercancías de otros países y continentes, pero el uso de hidrocarburos hace muy contaminantes estos portes. Sería interesante que los barcos transatlánticos provenientes de Asia utilizaran hidrogeno verde para impulsarse, junto con los camiones tráiler que mueven las mercancías nacionalmente.

Mucha de la energía que se vierte a la red eléctrica no se utiliza, puesto que la oferta de energía no va ligada a la demanda, de este modo el sol, el viento, el agua, no están a pleno rendimiento durante las 24 horas del día, por eso se hace interesante guardar el exceso de energía de las centrales eléctricas. Es posible utilizar ese sobrante de energía para fabricar hidrogeno, para su después conseguir más energía, en el momento en el que sea necesaria, en los momentos donde la demanda de energía supera a la oferta. A diferencia de las baterías de litio que conocemos, estas pilas de hidrogeno pueden ser más duraderas y con mayor rapidez de carga.

3. Elección instalación.

3.1. Resumen de la instalación.

Describiremos una instalación para generar hidrogeno, a partir del excedente de energía de una disposición de placas solares de uso doméstico, en viviendas unifamiliares. Como es para uso familiar la instalación será a pequeña escala intentando minimizar costes.

La parte más importante será el electrolizador, que va a ser lo que produzca el hidrogeno a partir de la energía solar. Un sistema para almacenar el hidrogeno en depósitos y un sitio donde acopiar estos. También hará falta suministro de agua hasta el electrolizador pues será la materia prima de la que sacaremos el hidrogeno, y suministro de electricidad proveniente de placas fotovoltaicas. Por último, un software que controle la instalación, y nos monitorice todos los parámetros relevantes de la misma para saber que todo está funcionando correctamente o no, para agilizar futuros mantenimientos.

3.2. Definición de la instalación.

En este proyecto, se ha seleccionado una instalación de placas solares para abastecer de energía a una vivienda unifamiliar o chalé. Estos paneles solares proporcionarán la energía necesaria para cubrir el consumo eléctrico habitual de la vivienda, y el excedente generado se utilizará para la producción de hidrógeno mediante el proceso de electrolisis.

Para que este proyecto sea viable, se requieren ciertos requisitos. En primer lugar, es necesario contar con una ubicación geográfica que presente un clima favorable con abundantes días soleados a lo largo del año, como por ejemplo Valencia, Murcia, Almería y otras ciudades del sur de España. Además, se deberá disponer de una superficie lo suficientemente amplia para instalar la cantidad necesaria de paneles solares y generar un excedente de energía. Por último, será necesario contar con la financiación necesaria para llevar a cabo el proyecto.

Una vez obtenido el hidrógeno mediante el proceso de electrolisis, este se convertirá nuevamente en energía. Esta energía se utilizará para abastecer la vivienda en días con menor disponibilidad de luz solar, proporcionando electricidad para el funcionamiento de electrodomésticos. Además, el hidrógeno podrá ser empleado como combustible en una caldera de agua para calentar el agua sanitaria y la calefacción de la vivienda. Esta

solución sostenible reemplaza a las calderas convencionales que utilizan combustibles fósiles, reduciendo así las emisiones contaminantes.

Es importante destacar que la elección de una instalación de placas solares para la generación de energía renovable ofrece numerosos beneficios, tanto desde el punto de vista económico como medioambiental. Además de reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables, contribuye a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y promueve un estilo de vida más sostenible.

3.3. Elementos de la instalación.

En este apartado, se detallarán todos los elementos necesarios para el correcto funcionamiento del proyecto de instalación de placas solares y producción de hidrógeno. Se requieren los siguientes componentes:

- a. Paneles solares fotovoltaicos: Estos dispositivos captan la energía solar y la convierten en electricidad utilizable mediante células solares compuestas por materiales semiconductores. La ubicación estratégica y orientación adecuada hacia el sol maximizan la eficiencia de captación de energía solar.
- b. Inversores: Se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna, que es la forma de electricidad utilizada en el proyecto. Además de esta conversión, los inversores cumplen funciones de monitoreo y control, asegurando un funcionamiento eficiente del sistema y garantizando la compatibilidad con los dispositivos de la vivienda.
- c. Electrolizador: Es un componente esencial en el proceso de producción de hidrógeno. El electrolizador utiliza la electricidad generada por los paneles solares para descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno a través de la electrólisis. Esta reacción química es fundamental para obtener el hidrógeno que será almacenado y utilizado posteriormente como fuente de energía.
- d. Tanques de almacenamiento de hidrógeno: Serán los encargados de almacenar de manera segura y eficiente el hidrógeno producido mediante la electrólisis. Estos tanques están diseñados para contener el hidrógeno en su estado gaseoso, garantizando la integridad y la estanqueidad a largo plazo. Al acumular el hidrógeno durante períodos de mayor generación solar, se asegura su disponibilidad en momentos de menor disponibilidad de luz solar, optimizando así el uso y la gestión de la energía generada por los paneles solares.

- e. Sistema de purificación de hidrógeno: Es un componente crucial para garantizar la pureza y calidad del hidrógeno producido. Este sistema se encarga de eliminar impurezas y componentes no deseados del hidrógeno, asegurando que esté limpio y listo para su utilización en diferentes aplicaciones energéticas.
- f. Sistema de control y monitorización: Desempeña un papel crítico en la instalación al permitir supervisar y gestionar de manera eficiente la generación, almacenamiento y consumo de energía. A través de dispositivos y software especializados, se recopilan y analizan datos en tiempo real sobre la producción de energía solar, el almacenamiento de hidrógeno y el consumo eléctrico. Esto facilita la toma de decisiones informadas para optimizar el funcionamiento del sistema, además de permitir la detección temprana de posibles fallos o problemas en la instalación.

Además de los componentes mencionados anteriormente, la instalación requerirá diversos materiales adicionales para asegurar su correcto funcionamiento. Se realizará la instalación de cablearía adecuada para la distribución de la corriente eléctrica generada por los paneles solares y su conexión con los inversores. Asimismo, se emplearán tuberías de multicapa para

4. Estudio

4.1. Condiciones iniciales

Partimos de una vivienda en la urbanización de Calicanto, un chalet de una sola planta con una superficie de 150 metros cuadrados. Esta vivienda, aunque actualmente cuenta con suministro eléctrico proporcionado por Iberdrola, aspira a lograr la independencia total de la red eléctrica convencional.

El tejado de esta vivienda presenta características clave para la instalación de placas solares. Su orientación es suroeste a 10 grados con respecto al sur, lo que lo convierte en un lugar ideal para aprovechar la radiación solar durante gran parte del día. El tejado dispone de una superficie útil de 51 metros cuadrados y una inclinación de 28 grados, lo que permite una disposición eficiente de los paneles solares para maximizar la captación de energía solar.

En lo que respecta al consumo energético actual, la casa unifamiliar de una planta mantiene un perfil predecible y manejable. Sin embargo, el propietario busca reducir su dependencia de la red eléctrica convencional de Iberdrola. Esto no solo implica reducir

costos, sino también abrazar una forma de energía más sostenible y amigable con el medio ambiente.

En resumen, la casa en Calicanto, un chalet de una planta con 150 metros cuadrados busca emanciparse de la red eléctrica convencional proporcionada por Iberdrola. Esta aspiración se basa en la ubicación geográfica favorable y en el tejado orientado al suroeste a 10 grados con respecto al sur, con una superficie útil de 51 metros cuadrados y una inclinación de 28 grados. La instalación de placas solares se perfila como una solución estratégica para lograr estos objetivos.

4.2. Análisis de la demanda.

El análisis de la demanda eléctrica en España desempeña un papel fundamental en la concepción y desarrollo de proyectos de energía solar, como el caso de la vivienda en la urbanización de Calicanto. Este análisis sienta las bases para comprender las necesidades energéticas específicas de la vivienda y diseñar un sistema de placas solares a medida que satisfaga estas demandas de manera eficiente y sostenible.

En este contexto, el Instituto Nacional de Estadística (INE) proporciona datos valiosos y actualizados que permiten estudiar los patrones de consumo eléctrico en el país. Estos datos son esenciales para la toma de decisiones informadas y la planificación precisa en proyectos de energía solar, y respaldan la aspiración de la vivienda en Calicanto de lograr la independencia energética y la sostenibilidad.

Zona Climática				
tep/hogar	Atlántico Norte	Continental	Mediterránea	España
Pisos	0,628	0,842	0,527	0,649
Unifamiliares	1,289	1,690	1,139	1,334
España	0,799	1,087	0,719	0,853

Zona Climática				
kWh/hogar	Atlántico Norte	Continental	Mediterránea	España
Pisos	7.306	9.796	6.128	7.544
Unifamiliares	14.987	19.653	13.239	15.513
España	9.293	12.636	8.363	9.922

Nota 3: Medias referidas al parque total de viviendas

Tabla 1 Consumo medio de energía en España Fuente: idae

Unidad: ktep	España		Pisos		Unifamiliares	
Calefacción	6.892	47,0%	2.529	32,2%	4.349	63,9%
Agua caliente sanitaria	2.776	18,9%	2.038	26,0%	729	10,7%
Cocina	1.090	7,4%	644	8,2%	447	6,6%
Refrigeración	123	0,8%	79	1,0%	44	0,7%
Iluminación	606	4,1%	413	5,3%	193	2,8%
Electrodomésticos	3.188	21,7%	2.149	27,4%	1.039	15,3%
Frigoríficos	975	6,6%	675	8,6%	300	4,4%
Congeladores	193	1,3%	81	1,0%	112	1,6%
Lavadoras	378	2,6%	263	3,4%	114	1,7%
Lavavajillas	193	1,3%	125	1,6%	68	1,0%
Secadoras	107	0,7%	65	0,8%	42	0,6%
Horno	263	1,8%	181	2,3%	82	1,2%
TV	388	2,6%	259	3,3%	129	1,9%
Ordenadores	237	1,6%	163	2,1%	74	1,1%
Stand-by	341	2,3%	247	3,1%	95	1,4%
Resto Electrodomésticos	112	0,8%	90	1,1%	22	0,3%
TOTAL	14.676	100%	7.851	100%	6.800	100%

Nota 2: no ha sido posible diferenciar por tipo de viviendas las fuentes energéticas "pellets" y "Otra biomasa sólida", por lo cual la suma de los consumos asociados a los pisos y viviendas unifamiliares presenta una diferencia de 24 ktep.

Tabla 2 Consumo medio de energía en España desglosado por tipos Fuente: idae

		España	Pisos	Unifamiliares
Calefacción	Electricidad	46,3%	68,3%	22,4%
	Gas Natural	32,0%	25,8%	20,3%
	GLP	4,5%	2,6%	7,5%
	Gasóleo	14,3%	1,7%	43,5%
	Carbón	0,9%	0,9%	2,9%
	Renovables	1,9%	0,8%	3,4%

Tabla 3 Desglose de tipos de combustible usados para calefacción en España Fuente: Idae

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), en España, las viviendas unifamiliares de clima mediterráneo tienen un consumo promedio de 13.239 kWh al año. Dentro de este consumo, el 47% se destina a calefacción, mientras que el 18.9% se utiliza para agua caliente sanitaria. En el caso específico de la calefacción, el combustible más utilizado en estas viviendas es el gasóleo, superando en más del doble el consumo de electricidad y gas natural. Estos datos revelan la importancia de optimizar la eficiencia energética en los sistemas de calefacción y agua caliente para reducir el impacto ambiental y los costos asociados. (Idae)

Cabe aclarar que en estos datos se contemplan todas las fuentes de energía, como gasóleo, electricidad, etc. Por lo que no solo abasteceríamos la demanda de luz, sino también las de gasóleo y otras fuentes de energía.

1.1. Por comunidades y observatorios meteorológicos

(Conclusión)

Año	Comunitat Valenciana			Extremadura		Galicia				
Mes	Alicante/ Alacant	Castellón/ Castelló (Almanzora)	Valencia	Badajoz	Cáceres	A Coruña	Lugo (Las Rozas)	Ourense	Santiago de Compostela	Pontevedra
Número de horas de sol										
2011	2.987	..	2.678	2.997	3.076	1.977	2.354
2012	3.182	3.092	2.929	3.004	3.193	2.259	1.961	2.245	..	2.300
2013	3.291	2.948	2.789	2.983	3.121	2.090	1.892	2.220	..	2.288
2014	3.274	3.027	2.731	2.934	3.060	2.069	1.803	2.044	1.590	1.950
2015	3.260	3.058	2.726	2.994	3.218	2.207	1.964	2.269	2.047	2.242
2014 Diciembre	218	206	199	161	179	60	45	79	70	82
2015 Enero	244	236	221	172	187	71	95	102	105	97
Febrero	190	187	161	198	201	93	81	87	90	86
Marzo	249	212	206	240	261	180	177	201	179	216
Abril	276	293	242	233	253	232	184	184	197	202
Mayo	353	360	299	365	372	277	252	299	255	273
Junio	375	341	298	349	352	304	243	305	299	304
Julio	367	322	289	395	410	256	255	323	233	286
Agosto	329	301	265	346	367	197	203	248	186	231
Septiembre	245	229	210	270	297	226	178	228	184	234
Octubre	212	181	164	123	168	154	127	127	121	129
Noviembre	228	225	224	194	223	105	108	97	114	109
Diciembre	192	172	147	109	125	113	62	69	84	77

Tabla 4 Número de horas de sol en España por meses y provincias Fuente: INE

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE) (2023), la Comunidad Valenciana se caracteriza por contar con un promedio aproximado de 3000 horas de sol al año, aunque este número puede variar de un año a otro. Esta abundancia de horas de sol favorece significativamente nuestra instalación de paneles solares, ya que garantiza una mayor disponibilidad de radiación solar para la generación de energía.

La Hora Solar Pico (HSP) es un parámetro fundamental en el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica, ya que indica la cantidad de energía solar recibida por una superficie durante una hora a una radiación de 1.000 W/m². La HSP varía según la ubicación y la época del año. En el caso de Valencia, de acuerdo con los datos del INE, se estima que cuenta con alrededor de 2.808 horas de sol al año, con una HSP de 5,73. Esto significa que aproximadamente se generarían 5,73 kWh/m² al día.

Estos datos respaldan la viabilidad y eficiencia de una instalación de paneles solares en Valencia, ya que se cuenta con un significativo potencial de generación de energía solar debido a la abundancia de horas de sol. La información proporcionada por la HSP es esencial para calcular y conocer la capacidad de generación de una instalación solar, permitiendo aprovechar de manera óptima la radiación solar disponible. En resumen, la Comunidad Valenciana, ofrece condiciones favorables para la instalación de paneles solares y la generación de energía sostenible.

4.3. Consumo prototipo

En el contexto del proyecto de placas solares para la vivienda en Calicanto, se ha empleado una metodología que se basa en el análisis de datos reales de consumo eléctrico. Estos datos, obtenidos a lo largo de un período de tres años y representados en forma de medias mensuales, provienen exclusivamente de la vivienda objeto del proyecto.

La recopilación y análisis de estos datos de consumo proporciona una visión detallada de los patrones de consumo eléctrico específicos de la vivienda en Calicanto a lo largo del tiempo. La información obtenida incluye tendencias estacionales, picos de consumo y períodos de menor demanda, elementos cruciales para la planificación y el dimensionamiento precisos del sistema de placas solares.

La incorporación de datos de consumo reales en el proyecto contribuye a una toma de decisiones más fundamentada, permitiendo la determinación adecuada de la capacidad del sistema, estrategias de almacenamiento y evaluación de la rentabilidad. Estos datos representan una sólida base para la consecución de los objetivos del proyecto, que incluyen la reducción de la dependencia de la red eléctrica convencional y la promoción de la sostenibilidad ambiental.

4.4. Diseño de los componentes

En esta etapa de nuestro proyecto, nos adentraremos en el análisis detallado de los componentes fundamentales de la instalación de placas solares para la vivienda en Calicanto. A lo largo de esta sección, se presentarán datos concretos, cálculos precisos y las razones detrás de las elecciones realizadas en la planificación y selección de estos componentes.

La selección adecuada de componentes es un paso esencial en la implementación de un sistema solar eficiente y rentable. Esto implica elegir cuidadosamente los paneles solares, inversores, estructuras de montaje, sistemas de almacenamiento (si es necesario) y otros elementos que conformarán el sistema en su conjunto. Cada elección debe respaldarse con datos técnicos y cálculos sólidos que garanticen el rendimiento óptimo del sistema y la satisfacción de las necesidades energéticas de la vivienda.

En esta sección, se presentarán no solo los componentes seleccionados, sino también los motivos detrás de esas elecciones. Se examinarán las especificaciones técnicas de cada componente, tales como eficiencia, capacidad, durabilidad y compatibilidad. Además, se abordarán aspectos relacionados con la adaptación a las condiciones climáticas locales y las particularidades del sitio de instalación en Calicanto.

Este análisis de los componentes de la instalación de placas solares proporcionará una comprensión integral de cómo se ha diseñado el sistema, garantizando su capacidad para generar energía eléctrica de manera eficiente y sostenible. A lo largo de las próximas secciones, se detallarán los datos y cálculos específicos, así como las justificaciones detrás de cada elección, ofreciendo una visión completa de la implementación del proyecto de energía solar en la vivienda de Calicanto.

4.4.1 Producción

Placas solares

Las placas solares que vamos a utilizar en nuestra instalación son de la marca FuturaSun se destacan por su excepcional rendimiento y durabilidad. Estas placas cuentan con una garantía de producto y rendimiento de 30 años, lo que garantiza una larga vida útil y un alto rendimiento constante a lo largo del tiempo. Gracias a su tecnología avanzada, que combina half-cut y multi-busbar, reducen la corriente operativa y la resistencia interna, logrando una alta eficiencia de hasta el 22.1%, equivalente a 221.0 Wp/m². Además, estas

placas solares presentan un excelente coeficiente de temperatura ($-0.26\%/^{\circ}\text{C}$) y hasta un 85% de factor de bifacialidad, lo que significa que pueden aprovechar la luz solar incidente desde ambos lados del panel.

Son mecánicamente resistentes gracias a su configuración de doble cristal, reduciendo riesgos de daño y corrosión causados por condiciones ambientales adversas. También ofrecen una mejor uniformidad del color y son resistentes al LID (Light Induced Degradation), lo que garantiza un rendimiento óptimo incluso en condiciones de baja irradiación. Además, sus dimensiones de 2094 x 1038 x 30 mm las hacen adecuadas para su instalación



Ilustración 3 placa solar

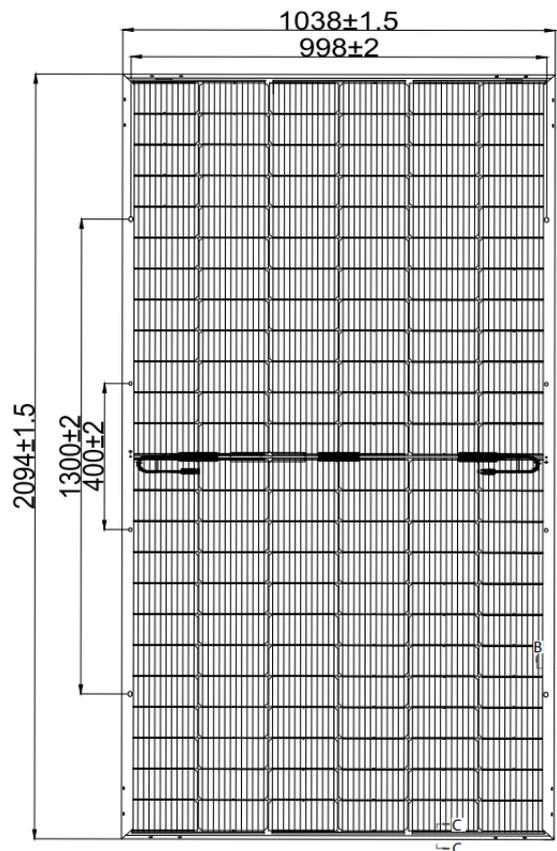


Ilustración 2 plano placa solar

A continuación, se analizará la producción de energía solar a partir de las placas solares en el contexto de la vivienda en Calicanto. Los datos sobre la capacidad de generación de energía del sistema solar se obtuvieron de la herramienta PVGIS, que proporciona estimaciones precisas basadas en la potencia nominal de los paneles solares, la ubicación

geográfica específica y otros parámetros relevantes. Además, se presentarán cálculos relevantes y una descripción detallada de cómo se espera que funcione la instalación.

La producción de energía solar es un elemento clave en la implementación exitosa de un sistema de placas solares. La eficiencia y la cantidad de energía generada influirán en la capacidad del sistema para satisfacer las necesidades energéticas de la vivienda y, en última instancia, en la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 39.433,-0.552
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-SARAH2
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 4.8 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 29 °
 Ángulo de azimut: 10 °
 Producción anual FV: 7130.78 kWh
 Irradiación anual: 2035.95 kWh/m²
 Variación interanual: 215.41 kWh
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -2.6 %
 Efectos espectrales: 0.55 %
 Temperatura y baja irradiancia: -13.37 %
 Pérdidas totales: -27.03 %

Perfil del horizonte en la localización seleccionada

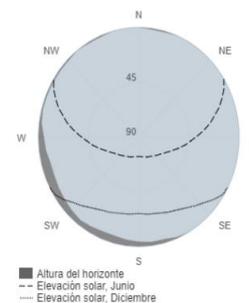


Ilustración 4 Rendimiento de un sistema FV Fuente PVGIS

Los datos de PVGIS ofrecen una visión completa de la producción estimada de energía solar en la vivienda de Calicanto. Esto incluye información sobre la ubicación geográfica precisa, la tecnología de paneles solares, la capacidad del sistema solar, las pérdidas estimadas y dos aspectos clave: el ángulo de inclinación de los paneles, que se encuentra a 29 grados con respecto a la horizontal, y la orientación, que está fijada a 10 grados respecto al sur geográfico. Estos ajustes son fundamentales para optimizar la producción de energía solar y asegurar que el sistema funcione eficientemente. En conjunto, estos datos permiten estimar una producción anual de energía solar de 7130.78 kWh, basada en una irradiación anual de 2035.95 kWh/m² en la ubicación de la vivienda en Calicanto.

Las temperaturas elevadas, la baja intensidad de la luz solar y las pérdidas del sistema (que ascienden al 14%) pueden reducir la eficiencia de los paneles solares. Cuando los paneles se calientan en exceso debido a altas temperaturas, su capacidad para generar electricidad disminuye. De manera similar, en condiciones de baja irradiancia, como en días nublados o durante la noche, la producción de energía solar se ve afectada negativamente. Además, otros factores, como el ángulo de incidencia y los efectos

espectrales, también influyen en las pérdidas totales del sistema, que alcanzan un 27.03%. Es esencial tener en cuenta estas pérdidas al calcular la producción real de energía solar y al dimensionar el sistema para satisfacer las necesidades de la vivienda en Calicanto.

Producción de energía mensual del sistema FV fijo:

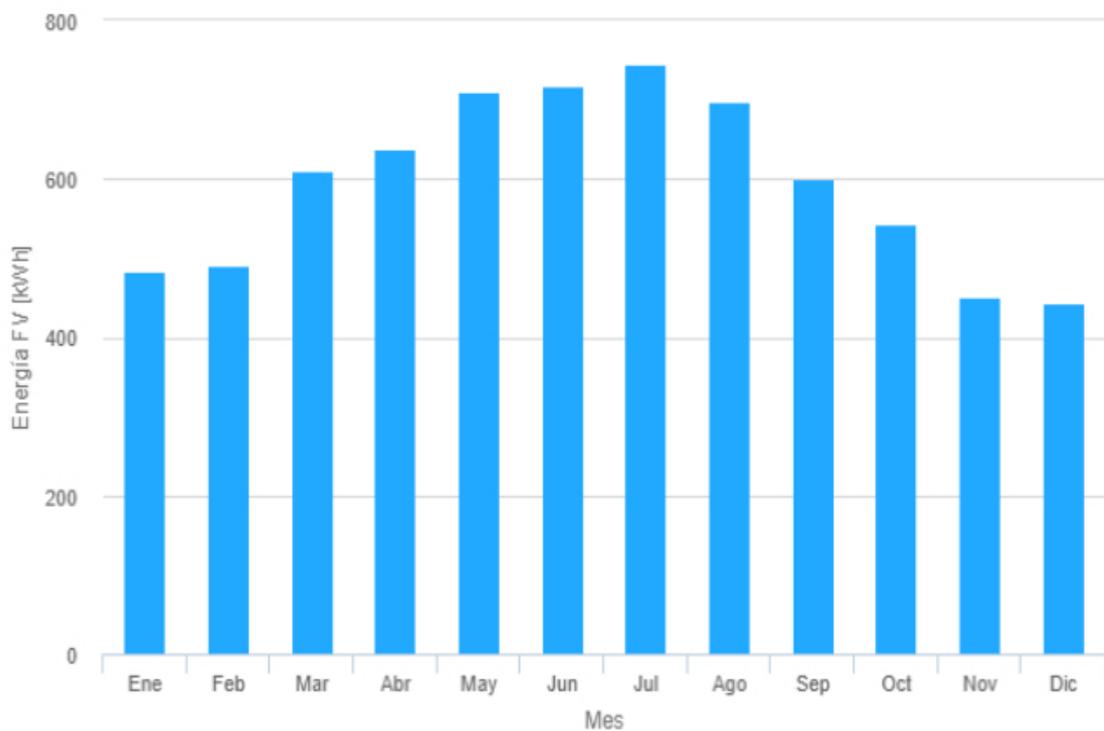


Gráfico 5 Producción de energía mensual del sistema FV fijo Fuente PVGIS

El gráfico de producción de energía de la instalación de placas solares en la vivienda de Calicanto proporciona una visión clara de cómo el sistema solar rinde a lo largo del año. Este gráfico representa la cantidad de energía eléctrica generada por el sistema en cada uno de los doce meses.

En la mayoría de los casos, observaremos un patrón estacional en el gráfico. Durante los meses de verano, como junio y julio, la producción de energía solar alcanza su punto máximo, siendo julio el mes de mayor producción con 744 kWh. Esto se debe a que estos

meses suelen tener más horas de sol y una radiación solar intensa. En contraste, en los meses de invierno, como diciembre, la producción tiende a disminuir, alcanzando su punto más bajo en diciembre con 444 kWh, debido a la menor radiación solar y a los días más cortos.

Es importante destacar que el sistema continúa generando algo de energía incluso en los meses de menor radiación, lo que contribuye al autoconsumo y a la independencia energética de la vivienda. El análisis de este gráfico permite ajustar el consumo de energía a los patrones de generación solar y puede ayudar a optimizar el almacenamiento de energía, si se utiliza algún sistema de baterías.

Este gráfico de producción de energía proporciona información valiosa para comprender cómo el sistema de placas solares se adapta a las condiciones climáticas estacionales y cómo puede contribuir de manera efectiva a la satisfacción de las necesidades energéticas de la vivienda en Calicanto.

Irradiación mensual sobre plano fijo:

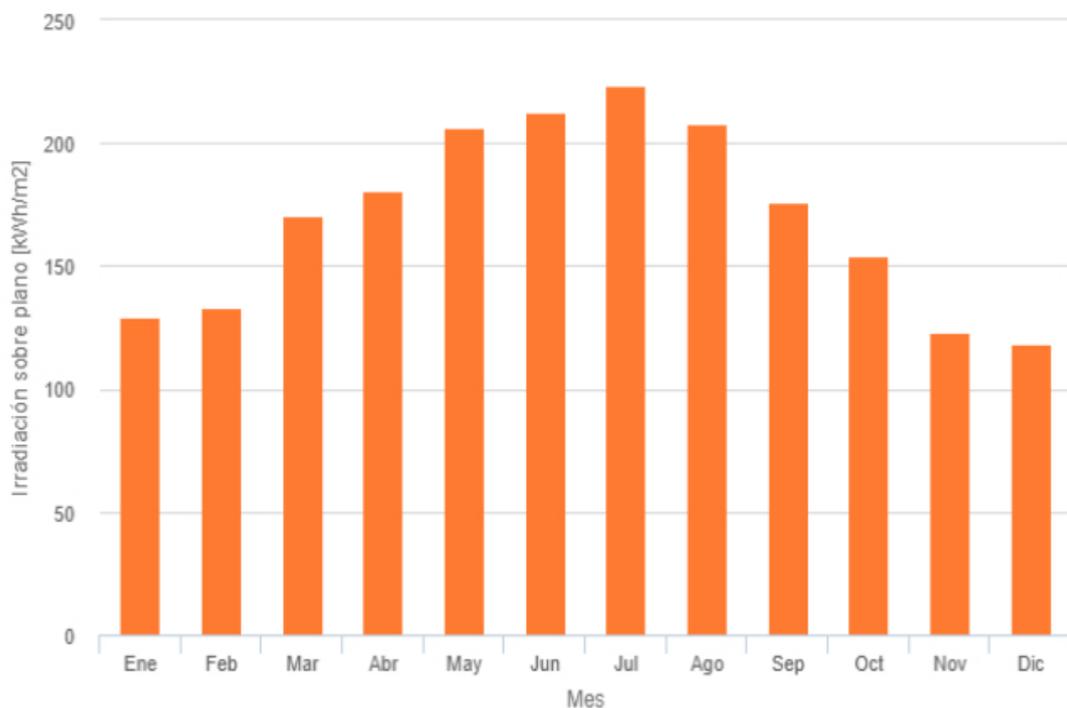


Gráfico 6 Irradiación mensual sobre plano fijo Fuente PVGIS

El gráfico de irradiación solar muestra la cantidad de radiación solar incidente en la ubicación de la vivienda en Calicanto a lo largo de los meses del año. Esta radiación es

esencial para la generación de energía solar, ya que cuanto mayor sea la irradiación, mayor será la capacidad del sistema de placas solares para producir electricidad.

En el gráfico, es común observar un patrón estacional similar al de la producción de energía. Durante los meses de verano, como junio y julio, la irradiación solar alcanza su punto máximo, proporcionando condiciones ideales para la generación de energía solar. En contraste, en los meses de invierno, la irradiación disminuye debido a la menor intensidad de la luz solar y a los días más cortos.

Este gráfico de irradiación solar es fundamental para comprender la variabilidad de las condiciones climáticas a lo largo del año y cómo influyen en la producción de energía solar en la vivienda de Calicanto.

Inversor

El inversor solar desempeña un papel fundamental en cualquier sistema de energía solar, ya que convierte la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA) que se utiliza en los hogares y edificios. La selección adecuada del inversor es esencial para maximizar la eficiencia y el rendimiento de todo el sistema de energía solar.

A continuación, presentaré los detalles y las razones que respaldaron la elección del inversor específico utilizado en la instalación de la vivienda de Calicanto. Por favor, proporciona los datos del inversor para que pueda ofrecer una explicación detallada de esta elección.



Ilustración 5 Inversor seleccionado Fuente Autosolar

El inversor seleccionado para la instalación solar en la vivienda de Calicanto es una elección sólida y eficiente. Con una potencia nominal de 6000 W, se adapta perfectamente a la capacidad pico de generación solar de 4.8 kWp, proporcionando un margen de seguridad adecuado. Su compatibilidad con un conjunto fotovoltaico de hasta 9000 Wp STC ofrece la posibilidad de futuras expansiones si se desea aumentar la capacidad de generación.

Este inversor cuenta con dos rastreadores MPPT independientes, lo que garantiza un seguimiento eficiente de la máxima potencia de diferentes cadenas de paneles solares, incluso en condiciones de sombra parcial o desigualdad de paneles. En términos de salida de CA, ofrece una potencia nominal de 6000 W y es compatible con diferentes tensiones de CA, asegurando una salida de energía eléctrica confiable y de calidad.

Además, su capacidad de ajustar el factor de potencia permite una adaptación efectiva a las condiciones de la red eléctrica, maximizando la eficiencia energética. Con una corriente máxima de salida de red de 30 A, el inversor es capaz de manejar la carga eléctrica de la vivienda de manera efectiva. En resumen, la elección de este inversor se basa en su capacidad adecuada, su flexibilidad en términos de entrada fotovoltaica y salida de CA, así como su eficiencia en el seguimiento de la máxima potencia solar

Electrolizador

La elección del electrolizador E11N de H2B2 para nuestra instalación de energía solar y producción de hidrógeno se basa en una serie de factores clave que hacen que este dispositivo sea la opción más adecuada para nuestros objetivos.



Ilustración 6 Electrolizador seleccionado Fuente H2B2

En primer lugar, el electrolizador E11N ha demostrado un alto nivel de eficiencia en la conversión de energía eléctrica en hidrógeno. Esto significa que podemos aprovechar al máximo la energía generada por nuestras placas solares, garantizando un rendimiento óptimo en la producción de hidrógeno verde. Esto es fundamental para lograr una instalación completamente autosuficiente y maximizar la utilización de energía renovable.

Además, el electrolizador E11N es conocido por su durabilidad y bajo mantenimiento, lo que nos brinda la confianza de que funcionará de manera fiable a lo largo de su vida útil. Esta fiabilidad es esencial para garantizar la continuidad en la producción de hidrógeno y la estabilidad de nuestra instalación.

En cuanto al aspecto económico, el electrolizador E11N de H2B2 ofrece un excelente equilibrio entre calidad y precio. Su costo es competitivo en comparación con otros electrolizadores de características similares en el mercado. Esta relación costo-eficacia es fundamental para garantizar la viabilidad económica de nuestro proyecto a largo plazo.

En resumen, la elección del electrolizador E11N de H2B2 se basa en su eficiencia probada, su durabilidad, su relación calidad-precio y su capacidad para maximizar el uso de la energía solar generada localmente. Estos factores son esenciales para avanzar hacia una instalación energética sostenible y rentable

	CONSUMO	PRODUCCION			Nm3 de H2
	Promedio mensual (kwh)	Promedio mensual (kwh)	Diferencia (kwh)	Diferencia diaria (kwh)	
Enero	686	483,9	-202,1	-6,74	0,00
Febrero	413	489,7	76,7	2,56	11,12
Marzo	442	611,8	169,8	5,66	24,61
Abril	338	637,9	299,9	10,00	43,46
Mayo	227	709,8	482,8	16,09	69,97
Junio	236	716,9	480,9	16,03	69,70
Julio	365	744,0	379,0	12,63	54,93
Agosto	299	698,2	399,2	13,31	57,86
Septiembre	290	600,9	310,9	10,36	45,06
Octubre	266	543,8	277,8	9,26	40,26
Noviembre	438	449,9	11,9	0,40	1,72
Diciembre	880	444,0	-436	-14,53	0,00
TOTAL	4880	Total, diferencia	2250,8	75,03	418,68

Tabla 5 Datos consumo y producción de energía e hidrogeno

Cálculos de producción

Los cálculos realizados a partir de la tabla proporcionan una visión detallada de cómo varía el equilibrio entre el consumo y la producción de energía eléctrica en la vivienda de Calicanto a lo largo del año. Estos cálculos se basan en el consumo promedio mensual de energía eléctrica en la vivienda y la producción promedio mensual de energía a partir de las placas solares instaladas.

La columna "Diferencia" nos muestra la diferencia entre el consumo y la producción de energía en cada mes. Un valor negativo indica que se consumió más electricidad de la que se produjo localmente, mientras que un valor positivo significa que se generó más energía de la que se consumió.

La columna "Diferencia diaria" nos proporciona una idea de cómo varía la autosuficiencia energética a lo largo de un día promedio. Muestra la diferencia promedio en kilovatios-hora entre el consumo y la producción de energía durante un día típico. Y nos servirá, para calcular la producción de hidrógeno en el electrolizador.

Por último, la columna "Nm³ de H₂" calcula la cantidad de hidrógeno en metros cúbicos normales que podría producirse a partir del excedente de energía generada por el sistema de placas solares en cada mes. Esta producción de hidrógeno adicional puede ser valiosa para almacenar energía o utilizarla como fuente de energía adicional.

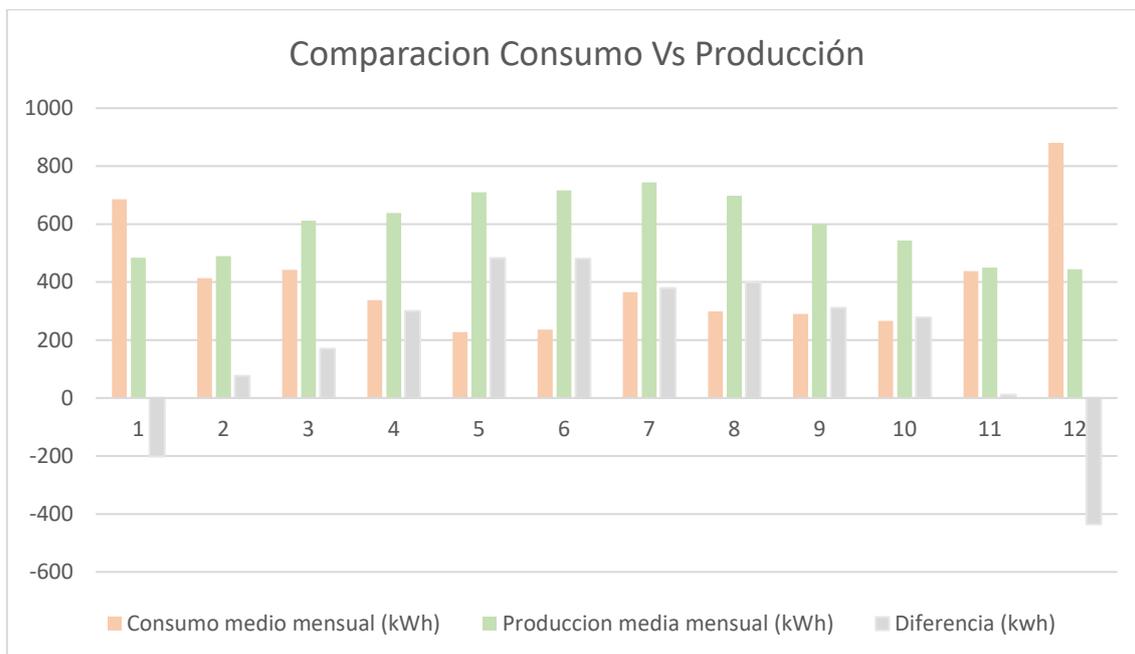


Gráfico 7 Comparación consumo vs producción Fuente propia

En resumen, con esta grafica de un vistazo podemos ver estos cálculos que nos permiten comprender cómo la instalación de placas solares en la vivienda contribuye a la autosuficiencia energética a lo largo del año y cómo el excedente de energía podría ser utilizado de manera efectiva, en la producción de hidrógeno.

4.4.2 Compresión

La compresión y el almacenamiento del hidrógeno son componentes fundamentales en la implementación exitosa de un sistema de energía sostenible basado en este valioso gas. Para llevar a cabo esta etapa crucial, hemos seleccionado un compresor de hidrógeno de alta eficiencia y confiabilidad: el modelo HV-5/30, diseñado para trabajar específicamente con hidrógeno seco. Este compresor, que opera sin la necesidad de aceites ni lubricantes, desempeña un papel esencial en la preparación del hidrógeno para su almacenamiento seguro y eficiente.



Ilustración 7 Compresor seleccionado Fuente Wenling Toplong Electrical & Mechanical Company

El compresor de hidrógeno que utilizaremos en nuestra instalación es el modelo HV-5/30. Este compresor está diseñado para manejar hidrógeno seco y se caracteriza por ser completamente libre de aceite, lo que garantiza que el hidrógeno comprimido se mantenga en un estado limpio y puro, sin contaminantes que puedan comprometer su calidad.

El modelo HV-5/30 opera en un arreglo tipo V, lo que significa que tiene dos etapas de compresión y dos cilindros. Esta configuración permite alcanzar las presiones necesarias para comprimir el hidrógeno a los niveles requeridos para su almacenamiento y utilización posterior, en este caso, a una presión de 200 bares.

Es importante destacar que la compresión del hidrógeno a 200 bares tiene un impacto significativo en el volumen del gas resultante. A medida que el hidrógeno se comprime a esta alta presión, su volumen se reduce considerablemente. Esto es fundamental para garantizar que el hidrógeno pueda ser almacenado de manera eficiente y ocupando un espacio mínimo en el sistema de almacenamiento.

La capacidad nominal del compresor, expresada en Nm³/h (metros cúbicos normales por hora), define cuánto hidrógeno se puede comprimir por hora en estas condiciones de alta presión. Este dato es esencial para dimensionar adecuadamente el sistema de compresión en función de la producción de hidrógeno y las necesidades de almacenamiento de la instalación.

En resumen, el compresor de hidrógeno modelo HV-5/30, que opera con hidrógeno seco y sin aceites, desempeña un papel crítico en la preparación del hidrógeno para su almacenamiento, garantizando que se mantenga en un estado limpio y seguro a una presión de 200 bares. Su capacidad nominal es un factor clave en el diseño de la instalación, asegurando que se pueda manejar de manera eficiente el hidrógeno producido a partir de las placas solares y el electrolizador en la vivienda de Calicanto, teniendo en cuenta el impacto en el volumen del gas resultante.

Mes	Compresión			
	Moles	Kg entrada H ₂	Horas funcionamiento	Trabajo (Kwh)
Enero	0,00	0,00	0,00	0,00
Febrero	461,86	0,92	2,22	6,67
Marzo	1022,48	2,04	4,92	14,77
Abril	1805,90	3,61	8,69	26,08
Mayo	2907,27	5,81	13,99	41,98
Junio	2895,83	5,79	13,94	41,82
Julio	2282,22	4,56	10,99	32,96
Agosto	2403,86	4,81	11,57	34,71
Septiembre	1872,14	3,74	9,01	27,03
Octubre	1672,82	3,35	8,05	24,16
Noviembre	71,66	0,14	0,34	1,03
Diciembre	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL		34,79		251,21

Tabla 6 Trabajo necesario para la compresión por mes

En esta tabla, podemos observar los resultados de los cálculos relacionados con la compresión de hidrógeno en la instalación. Los datos muestran la cantidad de hidrógeno comprimido en moles y kilogramos, así como el tiempo de funcionamiento del compresor en horas y la cantidad de trabajo realizado en kilovatios-hora (kWh) para cada mes. Estos cálculos son fundamentales para comprender el consumo de energía y los requisitos operativos del sistema de almacenamiento de hidrógeno. Destaca el aumento significativo

de la compresión de hidrógeno durante los meses de mayo y junio, coincidiendo con una mayor producción de energía solar, lo que subraya la importancia de esta fase en la gestión eficiente de la energía.

4.4.3 Suministro de agua

Osmosis

La pureza y calidad del agua son fundamentales para el correcto funcionamiento del electrolizador, ya que el agua utilizada en el proceso de electrólisis debe estar libre de impurezas que puedan afectar la eficiencia y durabilidad de las celdas electrolíticas. Por lo tanto, en nuestra instalación hemos implementado un sistema de ósmosis inversa para purificar el agua que alimenta el electrolizador.

La ósmosis inversa es un proceso de purificación del agua que se basa en la presión para forzar el paso del agua a través de una membrana semipermeable. Esta membrana retiene la mayoría de las impurezas, incluyendo minerales, metales pesados y compuestos químicos indeseados, mientras permite que el agua pura pase a través de ella. Como resultado, se obtiene agua con un alto grado de pureza y baja concentración de sólidos disueltos.



Ilustración 8 Aparato de osmosis seleccionado Fuente Leroy Merlín

El sistema de ósmosis inversa de la marca philips se ha incorporado a la instalación por varias razones fundamentales. En primer lugar, este proceso de purificación de agua elimina eficazmente las impurezas y contaminantes presentes en el suministro de agua de Valencia, garantizando así que el agua utilizada en el proceso de electrólisis del electrolizador esté completamente libre de sustancias indeseadas. Esto, a su vez, preserva la integridad y eficiencia de las celdas electrolíticas, extendiendo su vida útil y maximizando la producción de hidrógeno.

Además, la calidad del agua directamente influye en la eficiencia de la electrólisis, asegurando una producción de hidrógeno óptima y sostenible. En resumen, el sistema de ósmosis inversa es esencial en la instalación para garantizar la disponibilidad de agua de alta pureza, libre de impurezas que podrían afectar al electrolizador. Esto contribuye a mantener la eficiencia del sistema y la calidad del hidrógeno producido, lo que es crucial para el éxito y la durabilidad de la instalación de energía solar y producción de hidrógeno.

También es importante destacar las características técnicas clave del sistema de ósmosis inversa implementado en la instalación. Este sistema presenta un caudal de entrada de 2 litros por minuto, que tras el proceso de purificación reduce el caudal de salida a 1.05 litros por minuto. La potencia requerida para el funcionamiento del sistema es de 0.055 kilovatios (KW). Estas especificaciones técnicas son esenciales para entender la capacidad de procesamiento y la eficiencia de la ósmosis inversa en la purificación del agua utilizada en el proceso de electrólisis del hidrógeno. En conjunto, estas características técnicas respaldan la necesidad de este sistema para garantizar un suministro de agua de alta pureza y su importancia.

Cálculos de purificación del agua.

Mes	Osmosis			
	Agua filtrada mes (L)	Agua filtrada día (L)	Consumo energía (KWh)	Agua de red (L)
Enero	0,00	0,00	0,00	0,00
Febrero	2,22	0,07	0,00	4,45
Marzo	4,92	0,16	0,00	9,84
Abril	8,69	0,29	0,01	17,39
Mayo	13,99	0,47	0,01	27,99
Junio	13,94	0,46	0,01	27,88
Julio	10,99	0,37	0,01	21,97
Agosto	11,57	0,39	0,01	23,14
Septiembre	9,01	0,30	0,01	18,02
Octubre	8,05	0,27	0,01	16,10
Noviembre	0,34	0,01	0,00	0,69
Diciembre	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL			0,08	167,47

Tabla 7 Consumo de agua y energía del proceso de osmosis

Los resultados obtenidos del sistema de ósmosis inversa a lo largo de los meses ofrecen una visión clara de su desempeño y su contribución al proyecto en la vivienda de Calicanto. Durante los primeros meses del año, enero y febrero, no se registró producción de agua filtrada debido a condiciones de arranque. Sin embargo, a medida que el sistema se puso en marcha, se observó un aumento constante en la producción de agua filtrada a partir de marzo. Este aumento progresivo continuó durante los meses de abril, mayo y junio, coincidiendo con la temporada de mayor producción de energía solar.

Es relevante notar que el consumo de energía asociado al sistema de ósmosis inversa se mantuvo en niveles bajos y constantes, con una cantidad acumulada de 0.08 kWh a lo largo del año. Este aspecto resalta la eficiencia del sistema en términos energéticos. Además, se puede apreciar que el sistema logró filtrar un total de 167.47 litros de agua de la red durante el año, proporcionando un suministro confiable de agua de alta pureza para el electrolizador, esencial para la producción de hidrógeno de calidad.

En resumen, los resultados muestran que el sistema de ósmosis inversa ha sido efectivo en la producción constante de agua filtrada, garantizando un suministro de alta calidad para el proceso de electrólisis, al mismo tiempo que ha mantenido un consumo de energía

bajo y constante a lo largo del año. Estos datos respaldan su contribución esencial a la operación exitosa de la instalación de energía solar y producción de hidrógeno.

Tubería

Para asegurar un suministro eficiente de agua a la unidad de ósmosis inversa, será necesario una canalización de tuberías de multicapa que lleven el agua de la acometida hasta el aparato de purificación de agua. Este componente es esencial, ya que garantiza el flujo constante de agua que alimenta el proceso de ósmosis.

Las tuberías utilizadas en esta instalación están diseñadas para cumplir con los más altos estándares de calidad y seguridad. Se han seleccionado materiales de polietileno reticulado (PEX) resistentes a la corrosión y al desgaste para garantizar la durabilidad del sistema. Además, se han establecido medidas de control de presión y caudal para optimizar el rendimiento y la eficiencia de la ósmosis inversa.

La disposición de estas tuberías ha sido estratégicamente planificada para minimizar pérdidas de presión y asegurar que el agua llegue al sistema de purificación en condiciones óptimas. Esto es fundamental para maximizar la producción de agua filtrada y mantener el funcionamiento eficiente del sistema de ósmosis inversa.

4.4.4 Almacenamiento.

En este apartado, exploraremos las soluciones de almacenamiento energético que se han implementado para asegurar un suministro constante de energía, tanto en forma de hidrógeno como a través de una batería. Estas estrategias de almacenamiento son esenciales para garantizar la disponibilidad de energía durante períodos de baja producción solar o alta demanda, asegurando así un suministro continuo y confiable. A continuación, analizaremos en detalle la gestión de almacenamiento de hidrógeno para épocas con escasez de irradiación solar y la instalación de batería para los periodos de noche.

Baterías

La elección de la batería de litio LiFePO₄ para este sistema de energía solar y producción de hidrógeno en la vivienda de Calicanto se basa en sus características técnicas excepcionales que la hacen ideal para proporcionar energía durante la noche y en períodos de baja producción solar. Esta batería cuenta con una capacidad total de 4.9 kWh y una

capacidad utilizable de 4.6 kWh, lo que permite almacenar suficiente energía para cubrir las necesidades de la vivienda durante la noche y otros períodos de alta demanda.



Ilustración 9 Batería seleccionada Fuente Autosolar

La potencia nominal de carga y descarga de 3.0 kW garantiza una recarga eficiente durante el día y la capacidad de suministrar energía de manera rápida cuando sea necesario. Además, la batería puede proporcionar una potencia máxima de 6 kW durante 3 segundos, lo que es útil para manejar picos de demanda.

Con un voltaje nominal de 51.2 V y una corriente nominal de 60 A, esta batería está diseñada para operar de manera segura y eficiente.

Otro aspecto relevante es el alto ciclo de vida de la batería, con una garantía de 10 años y una vida útil estimada de más de 15 años. Esto asegura una inversión a largo plazo y confiabilidad en el suministro de energía nocturna para la vivienda de Calicanto.

En resumen, la elección de esta batería de litio LiFePO4 se basa en su capacidad de almacenamiento, potencia de carga/descarga, durabilidad y garantía extendida, lo que la convierte en una solución óptima para garantizar la disponibilidad de energía durante la noche y en períodos de baja producción solar en esta instalación.

Hidrógeno

Se ha implementado un sistema de almacenamiento que involucra la compresión del hidrógeno a una presión de 200 bares, seguido de su almacenamiento en bombonas especialmente diseñadas para mantener esta alta presión. Este enfoque garantiza la disponibilidad del hidrógeno producido a partir de la electrólisis solar y permite su uso posterior en diversas aplicaciones.

A continuación, exploraremos en detalle este sistema de almacenamiento de hidrógeno, destacando los datos técnicos clave y las razones fundamentales que respaldaron su elección en la instalación de Calicanto.

Las bombonas de almacenamiento de hidrógeno seleccionadas para esta instalación presentan las siguientes características técnicas. Por un lado, una capacidad volumétrica de 50 litros, estas bombonas brindan una capacidad de almacenamiento adecuada para gestionar la producción de hidrógeno generada mediante la electrólisis solar.

Además, su diseño compacto con un diámetro de 230 mm y una presión de trabajo de 200 bares garantiza una solución de almacenamiento eficiente y segura. Estas bombonas están equipadas con una válvula estándar para el mercado español, con una rosca de 21,7 mm x 1/14" derechas y un fondo cóncavo que facilita su manejo e instalación.

Ilustración 10 Bombona
seleccionada Fuente SYC
Cylinders



Cabe destacar que cumplen con las normativas UNE-EN 1089 en cuanto a su pintura y seguridad. Sin embargo, es importante mencionar que estas bombonas no incluyen la carga de gas, lo que permite una mayor flexibilidad en términos de llenado y uso. La elección de estas bombonas se basa en su capacidad de almacenamiento adecuada, su diseño seguro y su conformidad con las normativas aplicables, lo que las convierte en la opción ideal para el almacenamiento de hidrógeno en la instalación de Calicanto.

Los datos mensuales de almacenamiento de hidrógeno en bombonas se presentan en la tabla a continuación. Esta tabla muestra el volumen de hidrógeno producido y consumido (entrada y salida en litros) para cada mes, así como el número de bombonas requeridas para almacenar el hidrógeno. Estos valores son esenciales para garantizar un suministro

constante y para determinar la cantidad de espacio necesario para el almacenamiento adecuado.

Cálculos para el almacenamiento.

Mes	Almacenamiento		
	V entrada (L)	V salida (L)	N.º bombonas
Enero	0,00	0,00	0,00
Febrero	11115,94	56,32	1,13
Marzo	24608,70	124,67	2,49
Abril	43463,77	220,20	4,40
Mayo	69971,01	354,49	7,09
Junio	69695,65	353,10	7,06
Julio	54927,54	278,28	5,57
Agosto	57855,07	293,11	5,86
Septiembre	45057,97	228,28	4,57
Octubre	40260,87	203,97	4,08
Noviembre	1724,64	8,74	0,17
Diciembre	0,00	0,00	0,00
TOTAL	418681,16	2121,14	43,00

Tabla 8 Cálculo de número de bombonas para almacenamiento por mes

La tabla presenta datos mensuales relacionados con el almacenamiento de. El "Volumen de Entrada" representa la cantidad de hidrógeno producido cada mes mediante la electrólisis solar, mientras que el "Volumen de Salida" refleja la cantidad de hidrógeno que sale del compresor a 200 bares. El "Número de Bombonas" indica cuántas bombonas de almacenamiento de hidrógeno se necesitarían para garantizar un espacio suficiente para todo el hidrógeno potencial generado. Cada bombona tiene una capacidad de 50 litros. Estos datos son básicos para evaluar la disponibilidad y el uso de hidrógeno en la instalación a lo largo del año.

Para organizar las 43 bombonas de almacenamiento de hidrógeno de manera eficiente en el chalé, hemos optado por una disposición en forma de cuadrado. Este cuadrado constará de 6 filas de bombonas, cada una con 7 bombonas en línea. Esto nos permite acomodar 42 bombonas dentro del cuadrado principal. Sin embargo, para completar el total de 43 bombonas, ubicaremos la bombona número 43 en algún lugar fuera del cuadrado, pero cercano a él, de manera que sea fácilmente accesible y segura.

Cada bombona mide 230mm de diámetro, por lo que, las dimensiones de este arreglo serían las siguientes: aproximadamente 1.61 metros de alto, 1.61 metros de largo de ancho para las 42 bombonas ubicadas dentro del cuadrado. La bombona restante, número 43, estará cercana a este cuadrado principal. Esta disposición cuadrada nos permite aprovechar al máximo el espacio disponible en el chalé, garantizando un almacenamiento seguro y accesible del hidrógeno producido a partir de la electrólisis solar.

4.4.5 Pila de combustible.

La pila de combustible de hidrógeno representa un componente fundamental en el sistema de energía de la vivienda de Calicanto. Su función principal es proporcionar energía eléctrica en momentos en que la producción de energía solar no es suficiente, especialmente durante los meses más fríos. En este apartado, exploraremos en detalle cómo funciona esta tecnología y las razones que respaldan su elección en esta instalación.



Ilustración 11 Pila de combustible seleccionada Fuente H2sys

La pila de combustible de hidrógeno es una tecnología avanzada que convierte directamente el hidrógeno en electricidad mediante una reacción electroquímica. Su

funcionamiento se basa en el suministro continuo de hidrógeno, que se combina con oxígeno del aire en una celda de combustible para generar electricidad, liberando solo agua como subproducto. Esta tecnología ofrece ventajas significativas, ya que es altamente eficiente y produce electricidad de manera constante, independientemente de las condiciones climáticas o la disponibilidad de luz solar.

En el caso de la vivienda de Calicanto, la elección de una pila de combustible de hidrógeno se basa en la necesidad de contar con una fuente de energía confiable durante los meses más fríos, cuando la producción solar puede ser limitada. La pila de combustible garantiza un suministro continuo de electricidad, respaldando el confort y la operatividad de la vivienda en todo momento. Además, su bajo consumo de hidrógeno, con tan solo 68 g de hidrógeno por kWh generado, la convierte en una opción eficiente y sostenible, alineada con los objetivos de reducción de emisiones de carbono.

La pila de combustible de hidrógeno se posiciona como una solución clave para la autonomía energética de la vivienda de Calicanto, asegurando un suministro eléctrico constante y respetuoso con el medio ambiente, incluso en las condiciones más desafiantes. Su elección se basa en la combinación de eficiencia, sostenibilidad y fiabilidad, lo que la convierte en un componente esencial de este innovador sistema de energía.

Cálculos de la energía obtenida a partir de hidrogeno.

Mes	Pila de combustible	
	Kg entrada H2	Energia producida(kWh)
Enero	0,00	0,00
Febrero	0,92	13,58
Marzo	2,04	30,07
Abril	3,61	53,11
Mayo	5,81	85,51
Junio	5,79	85,17
Julio	4,56	67,12
Agosto	4,81	70,70
Septiembre	3,74	55,06
Octubre	3,35	49,20
Noviembre	0,14	2,11
Diciembre	0,00	0,00
TOTAL	34,79	511,65

Tabla 9 Energía producida por la pila de combustible por mes

La tabla proporciona información detallada sobre el rendimiento mensual de la pila de combustible de hidrógeno en la vivienda de Calicanto. La columna "Kg entrada H2" indica la cantidad de hidrógeno consumida por la pila en cada mes, mientras que la columna "Energía producida (kWh)" muestra la cantidad de electricidad generada por la pila durante el mismo período.

Es fundamental destacar que la pila de combustible de hidrógeno se utiliza únicamente en los meses de enero y diciembre. Esto se debe a que, en estos dos meses, la producción de energía solar no es suficiente para cubrir la demanda eléctrica de la vivienda, lo que resulta en un déficit de -200 kWh en enero y -435 kWh en diciembre en la columna "Energía producida (kWh)". Estos dos meses actúan como períodos de acumulación de energía, preparando la pila de combustible para su uso en momentos en que la producción solar no sea suficiente. En los demás meses, la vivienda se abastece principalmente con energía solar, y la pila de combustible no se requiere, lo que demuestra su capacidad para proporcionar un suministro constante y confiable de energía eléctrica, asegurando que la vivienda esté bien abastecida incluso en condiciones climáticas menos favorables.

4.4.6 Monitorizador

Este dispositivo es esencial para controlar y supervisar el funcionamiento de todos los componentes del sistema, brindando información en tiempo real y datos históricos que permiten una gestión eficiente y un rendimiento óptimo.



Ilustración 12 Monitorizador Autosolar Fuente Autosolar

El monitorizador se conecta a los paneles solares, inversor, baterías, electrolizador y otros elementos clave, recopilando información sobre la producción de energía, el estado de carga de las baterías, la generación de hidrógeno y otros parámetros relevantes. Esta información se presenta de manera accesible a través de una interfaz de usuario que permite a los propietarios de la vivienda y los técnicos de mantenimiento supervisar el sistema y tomar decisiones informadas.

Además de brindar un control preciso sobre la instalación, el monitorizador también puede detectar y notificar cualquier anomalía o problema potencial. Esto es esencial para garantizar que cualquier inconveniente se aborde de manera oportuna y que el sistema funcione de manera confiable.

La elección de un monitorizador adecuado para esta instalación se basa en su capacidad para gestionar la complejidad de un sistema que combina energía solar y producción de hidrógeno. La monitorización precisa y en tiempo real es esencial para maximizar la eficiencia, la seguridad y la durabilidad.

4.4.7 Estructura de anclaje

Estos elementos, a menudo pasados por alto pero esenciales, son los pilares que sostienen el funcionamiento confiable y duradero de todo el sistema. Y cada elemento de la instalación tiene un sistema de soporte diferente y específico, a continuación, se van a detallar,

Los paneles solares, por ejemplo, se encuentran firmemente sujetos al tejado de la vivienda gracias a soportes y estructuras de montaje cuidadosamente diseñadas. Estos anclajes no solo mantienen los paneles en su lugar, sino que también aseguran que estén debidamente orientados para captar la máxima cantidad de luz solar.

El inversor, un componente clave de la instalación, se fija con seguridad en una pared o soporte adecuado para evitar movimientos no deseados y garantizar un rendimiento óptimo. De manera similar, las baterías de almacenamiento y el electrolizador se mantienen estables mediante anclajes diseñados para prevenir vibraciones y daños.

La disposición de las bombonas de almacenamiento de hidrógeno es un aspecto crítico para su seguridad y accesibilidad. Los anclajes utilizados en su ubicación evitan cualquier riesgo de caídas o desplazamientos, manteniendo intacta la presión de almacenamiento a 200 bares.

La pila de combustible de hidrógeno, encargada de suministrar energía cuando la producción solar es insuficiente, también se sujeta de manera segura para garantizar su estabilidad durante su funcionamiento.

En resumen, los anclajes y soportes de esta instalación son invisibles pero vitales, asegurando que todos los componentes funcionen de manera segura y eficiente, sin

importar las condiciones climáticas o las variaciones en la producción de energía solar. Su elección y diseño adecuados son esenciales para el éxito y la durabilidad de todo el sistema.

4.4.8 Cables y protecciones

Es vital seleccionar el tipo de cableado adecuado para garantizar la seguridad y el rendimiento óptimo.

Se han seleccionado cables de alta calidad de tipo PV (fotovoltaico) con un grosor de al menos 10 mm² para la conexión de los paneles solares al inversor. Además, se utilizan cables con una capacidad de carga adecuada para soportar las corrientes eléctricas generadas por los componentes del sistema, lo que incluye conexiones entre el inversor y las baterías, el electrolizador y el monitorizador. Esta elección de cables robustos y específicos para aplicaciones fotovoltaicas garantiza una transmisión eficiente de la energía producida por los paneles solares y otros componentes del sistema.

Además del cableado estándar, se ha incorporado un cuadro de control general (CGP) que actúa como centro de distribución y protección. Este cuadro incluye dispositivos de protección diferencial y otros dispositivos de seguridad eléctrica. Los interruptores automáticos y los interruptores de corriente diferencial residual (IDR) son esenciales para desconectar la energía en caso de una falla o un problema eléctrico. También se han incorporado dispositivos de protección contra sobretensiones para proteger el sistema de eventos climáticos adversos.

Los datos específicos sobre la intensidad y el voltaje de la instalación son fundamentales para dimensionar correctamente el cableado y seleccionar los dispositivos de protección adecuados. Estos datos aseguran que la instalación cumpla con las normativas de seguridad eléctrica y funcione de manera segura y eficiente.

En resumen, el cableado y el cuadro de control general desempeñan un papel esencial en la instalación de energía solar y producción de hidrógeno en Calicanto. La elección de los componentes y dispositivos adecuados garantiza la seguridad, la confiabilidad y el rendimiento óptimo del sistema en su conjunto.

4.4.9 Instalación final

La instalación en la vivienda de Calicanto tiene como objetivo principal minimizar el uso de la batería de almacenamiento y reducir la dependencia de la red eléctrica convencional durante los periodos de déficit de energía solar. Para lograr este objetivo, se ha diseñado un sistema integral que aprovecha al máximo la energía solar disponible y la convierte en múltiples formas de energía útil.

En primer lugar, las placas solares de alta eficiencia se han orientado y configurado para maximizar la producción de electricidad a partir de la radiación solar incidente. Esta producción de energía solar es esencial para abastecer la demanda de la vivienda y, al mismo tiempo, para alimentar el proceso de electrólisis del electrolizador. El hidrógeno producido durante los meses de mayor radiación solar se almacena de manera segura en bombonas de alta presión para su uso posterior.

Cuando se producen déficits prolongados de energía solar, como en enero y diciembre, se activa una batería de litio LiFePO_4 de 4.9 kWh de capacidad. Esta batería se utiliza estratégicamente para suministrar energía durante cortos periodos de baja producción solar, minimizando así la extracción de energía de la red eléctrica convencional y reduciendo la contaminación asociada con la generación eléctrica convencional.

Además, durante los periodos de mayor demanda eléctrica o cuando la producción solar no es suficiente, una pila de combustible aprovecha el hidrógeno almacenado para generar electricidad adicional, contribuyendo aún más a la reducción de la dependencia de la red eléctrica.

En resumen, la instalación se enfoca en optimizar el uso de la energía solar y minimizar la utilización de la batería de almacenamiento, lo que se traduce en una reducción significativa de la contaminación y una mayor eficiencia en la gestión de la energía. Este enfoque integral permite que la vivienda funcione de manera sostenible y eficiente, incluso en condiciones de déficit prolongado de energía solar.

5. Fuentes de energía en la actualidad

A medida que avanzamos en el siglo XXI, el mundo se encuentra en un punto crítico de su historia. El fenómeno del cambio climático, impulsado principalmente por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, se ha convertido en una amenaza

apremiante para nuestro planeta. Como hemos destacado en la sección anterior, las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano, se han elevado a niveles alarmantes, contribuyendo al aumento de las temperaturas globales y desencadenando una serie de impactos devastadores, desde sequías e incendios forestales hasta el aumento del nivel del mar y eventos climáticos extremos.

El sector energético desempeña un papel esencial en este panorama, ya que gran parte de las emisiones provienen de la quema de combustibles fósiles en la generación de energía, el transporte y la industria. En esta sección, nos adentraremos en el corazón de este desafío global al explorar las fuentes de energía en la actualidad. Examinaremos cómo el petróleo, el carbón y otros recursos no renovables continúan siendo protagonistas en nuestra matriz energética, alimentando la movilidad, la producción y la vida cotidiana.

Sin embargo, no nos limitaremos a analizar el problema. También exploraremos soluciones y alternativas prometedoras para abordar esta crisis climática. Desde las energías renovables, como la solar y la eólica, hasta la eficiencia energética y las opciones de transporte sostenible, exploraremos un abanico de posibilidades que podrían allanar el camino hacia un futuro más limpio y sostenible. Además, destacaremos la importancia de la conservación y la restauración de nuestros recursos naturales, como los bosques, como parte integral de la lucha contra el cambio climático.

5.1 Combustibles utilizados para el transporte

En la actualidad muchos de los combustibles que se usan en el transporte tanto cotidiano como industrial se extrae de la refinería del petróleo. Aquí observamos un diagrama de destilación del petróleo en el que se ven varios tipos de combustibles que nos resultan familiares, como el diésel, la gasolina, la parafina, el queroseno, dependiendo de la composición de la molécula que se obtenga, basándose en el número de átomos de carbono y de hidrogeno.

Podemos observar que los combustibles más ligeros son las moléculas con menos átomos, por lo que se quedan por encima de las más pesadas, siendo el más liviano el gas natural de petróleo, y el más pesado que sería el petróleo, dejando residuos de betún y alquitrán.

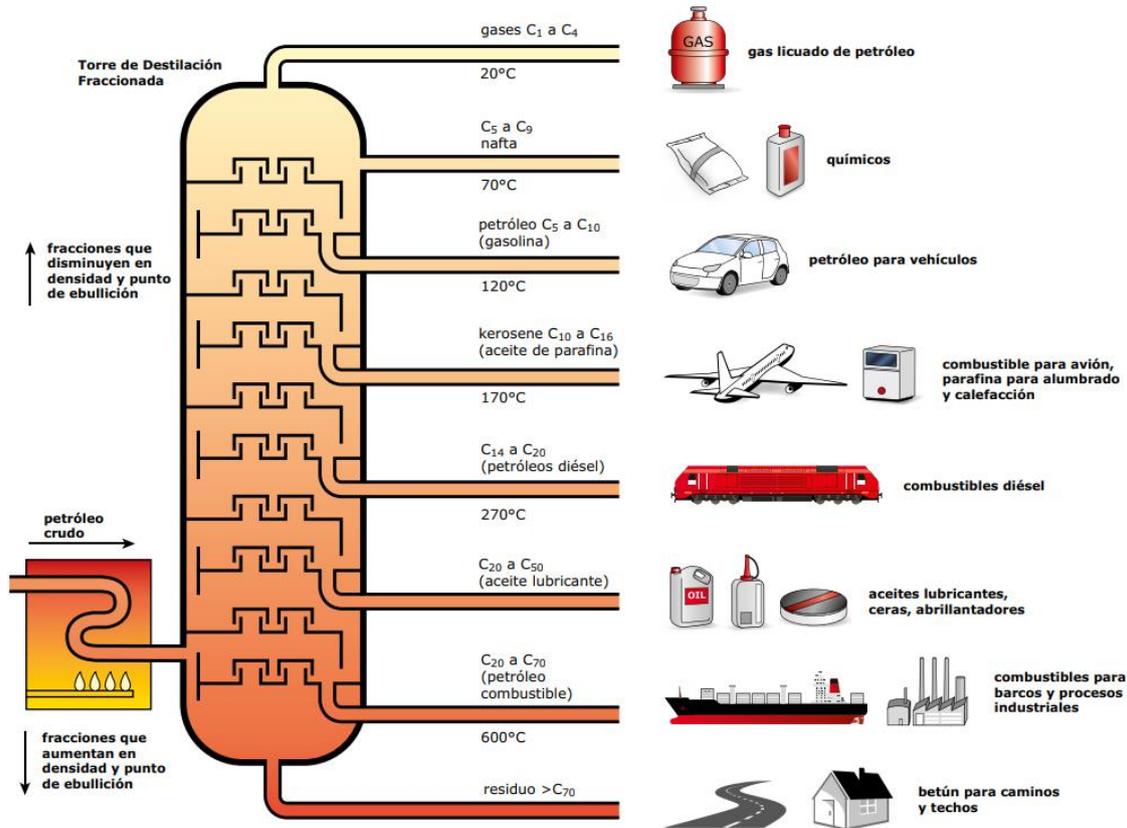


Ilustración 13 Diagrama destilación petróleo Fuente Frumecar

En el siguiente grafico se muestra el consumo de los 4 combustibles mas usados, siendo las unidades en miles de barriles al dia (kilo barrells per day). Si observamos la evolucion del consumo de estos combustibles en el ultimo siglo, notaremos rapidamente que el diesel es el mas consumido en el mundo entero, seguido por la gasolina. En el ultimo siglo la demanda se ha visto un poco incrementada en los combustibles mas populares, y al contrario para el queroseno y el fueloil.

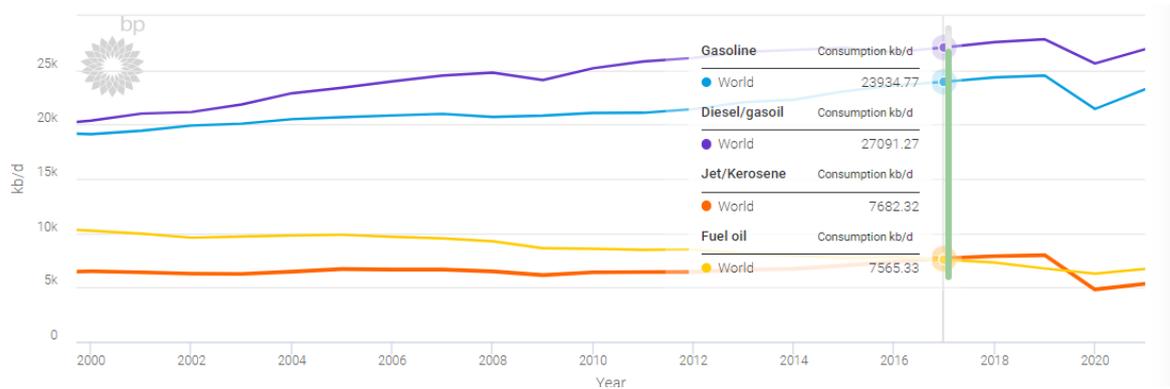


Gráfico 8 Uso de los combustibles en el mundo Fuente Bp

Si en lugar del mundo entero analizamos el consumo de Europa encontramos grandes disparidades, dado que la gasolina ha ido perdiendo su importancia, mientras que el diesel sigue siendo el lider.

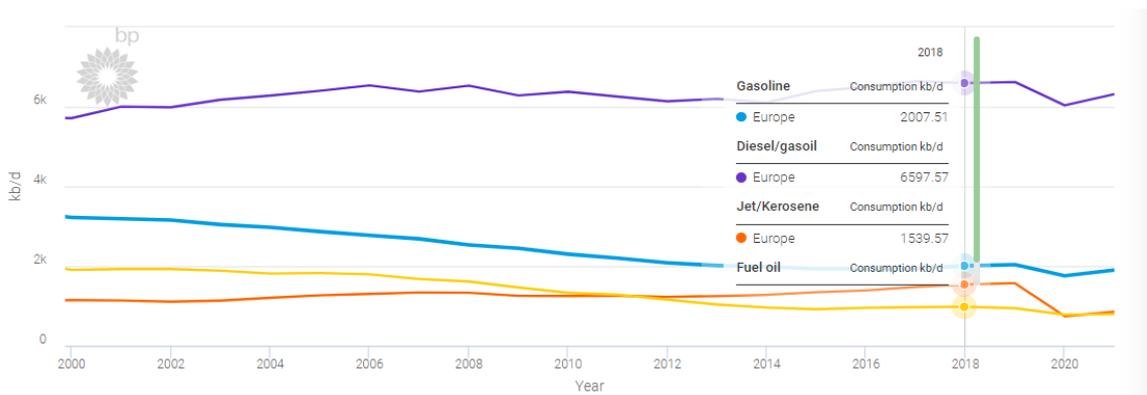


Gráfico 9 Uso de los combustibles en Europa Fuente Bp

Para comparar las emisiones entre diésel y gasolina utilizaremos el coche más vendido en Europa durante los últimos 10 años, el Volkswagen Golf 2022, de esta manera, compararemos el mismo fabricante con un motor distinto. Cabe destacar que estos motores se desarrollan para cumplir las expectativas de prestaciones y consumo, además de unos requisitos de emisiones a nivel europeo que recoge la siguiente tabla, unidades en g/km

- a. Diesel o gasóleo, se extrae del refinado del petróleo, es en un 75% hidrocarburos saturados, parafinas en mayor medida. Con una densidad media de 850kg/m^3 es de los combustibles más pesados, por encima de la gasolina y el queroseno. No puede arder en condiciones normales si se le aplica un foco de calor, si no que en

los motores diésel se utiliza una presión muy alta para entonces inyectar el diésel para su combustión. Su PCI ronda los 42MJ/Kg.

En el refinado de los barriles de crudo, se obtiene alrededor de un 45% de diésel. Esto hace que sea el combustible fósil más abundante, lo que explicaría su elevada demanda y coste bajo en comparación con otros combustibles que ahora veremos.

En cuanto a la contaminación de este combustible, se caracteriza por tener unas emisiones de CO_2 muy bajas, sin embargo, emite gran cantidad de óxidos de nitrógeno y partículas matter, que son el resultado de una mala combustión, por lo tanto, no se quema todo el combustible.

En el ejemplo que estamos tratando, el Volkswagen Golf TDI 2022 emite 109 g/km de CO_2

- b. Gasolina también llamada nafta, es una mezcla de carburantes. A diferencia del diésel es altamente inflamable en condiciones normales, su densidad es de 720kg/m³, más ligera que el diésel, de hecho, se evapora lentamente si se deja al aire libre. El PCI es un poco más elevado alcanzando los 44MJ/Kg. Como el anterior, se obtiene de la refinación del petróleo, en este caso de un barril se puede obtener alrededor del 10% de gasolina, lo que hace que este combustible sea más escaso, por lo tanto, su consumo no sea tan abundante y solo se destine a motores de automoción, aviación y algún otro más.

En el ejemplo que estamos tratando, el Volkswagen Golf TSI 2022 emite 167 g/km de CO_2 , sin embargo, la gasolina emite menos partículas sin quemar, dado que es muy inflamable, de igual forma que las partículas de óxidos de nitrógeno. Los gases de escape son tratados para disminuir la concentración de NOx y PM mediante catalizadores normalmente de platino.

- c. Biocarburantes, se obtiene a partir de la biomasa, que es materia prima como algas u otros residuos vivos, se distingue entre biocombustibles renovable y no renovables, según de donde procedan, la materia que se descomponga. Cuando se ha descompuesto, se hace una especie de petróleo, con el que podremos obtener combustibles como gasolina, diésel, fueloil, etc.

La biomasa en el proceso de descomposición absorbe CO_2 , por lo tanto, los combustibles tendrán menos impacto medioambiental, aunque contaminen igual que sus hermanos derivados del petróleo, para su obtención han utilizado dióxido de carbono, por lo que la contaminación neta se ve reducida. Realmente, hace millones de años cuando se creó el petróleo y otros combustibles fósiles, se

formaron utilizando el mismo principio, solo que en este caso no se considera el CO_2 de hace millones de años, pero si el que usa la biomasa por ser de creación reciente.

- d. GNC Y GLP ambos son gas natural almacenado a altas presiones, varia su composición. Es una alternativa a corto medio plazo para sustituir los motores diésel y gasolina, pues tienen menos emisiones de CO_2 y óxidos de nitrógeno, además de menos partículas de hollín. Los motores de GNC Y GLP utilizan la misma tecnología que los motores convencionales, por eso su conversión a estos combustibles menos contaminantes es posible con algunos pequeños cambios.

Debido a estas bajas emisiones la DGT decide proporcionar la etiqueta ECO a los vehículos con motores de GNC Y GLP.

Son combustibles subvencionados, además la demanda es inferior, por lo que son más baratos que el diésel o gasolina

Pese a las bajas emisiones respecto a los dos combustibles que dominan el mercado de la automoción, siguen siendo contaminantes, emitiendo dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno, aunque en menor proporción. Además, la autonomía y la potencia son entorno al 5-10% menores en los de gas natural, y son vehículos más caros que sus modelos equivalentes.

- e. Combustibles sintéticos, a diferencia de los anteriores no se obtiene del petróleo o de descomposición de seres vivos, si no de materias primas no fósiles como monóxido de carbono, hidrogeno, agua y dióxido de carbono. Estos gases se obtienen de la atmosfera o reutilizando el sobrante de procesos industriales o generación de biomasa, de esta manera en lugar de verter CO_2 a la atmosfera se reutiliza para formar combustible.

Para obtener gases de síntesis a partir de la biomasa, hace falta que reaccione con un agente oxidante como el vapor de agua, aire u oxígeno, siempre con presencia de calor, en lo que se conoce como gasificación.

Una vez tenemos las materias primas, para obtener el combustible sintético hay que utilizar alguna de las técnicas que existen para ello, como por ejemplo la Fischer-Tropsch, el reformado de vapor o el cracking entre otros.

La Fischer-Tropsch, obtiene gas de síntesis a partir de materias primas fósiles o biomasa. Una vez obtenido el gas de síntesis, se lleva a un reactor donde reaccionará con un catalizador de hierro o cobalto para acelerar la reacción, mientras hay una presión y temperaturas en el reactor. Estas condiciones convierten el gas de síntesis en hidrocarburos líquidos, después tendrán que pasar

una etapa de purificación en la que se trata el producto para quitarle impurezas, agua u otros gases no deseados. Esta técnica es la más eficiente, pero es algo costosa, pues requiere una gran infraestructura y tecnología.

En resumen, este tipo de combustibles se pueden obtener del reciclado de gases de efecto invernadero para obtener de esta forma combustibles para el transporte. Estos combustibles sintéticos son menos contaminantes que los convencionales, puesto que no contienen tantas impurezas.

Es un paso hacia la descarbonización del planeta y reduce nuestra dependencia del petróleo, puesto que se puede obtener de varias materias primas.

- f. Electricidad, es un vector energético, una manera de almacenar energía para su posterior uso, se acumula en baterías, normalmente de iones de litio en los automóviles, y también usando la red eléctrica de la ciudad en el caso de trenes, tranvías incluso autobuses.

Las emisiones de este tipo de energía son cero en su uso, sin embargo, la energía puede venir de fuentes no renovables e indirectamente contaminar, dado que la energía que emplea sí que contamina.

En el caso de los vehículos eléctricos que funcionan con batería aun afrontan grandes problemas. Como la eficiencia, que permita hacer más kilómetros con una misma carga. La limitación de puntos de carga donde parar a repostar y la larga duración del repostaje, además de llevar siempre un lastre de centenas de kilogramos que reduce a su vez la eficiencia.

- g. Hidrogeno, como hemos explicado el hidrogeno se puede acumular en depósitos pequeños para su posterior combustión junto con oxígeno, lo que resultaría agua únicamente como producto de la reacción, de esta manera sería cero emisiones de gases efecto invernadero.

Para producir hidrogeno, es necesario usar energía, es importante que esta energía sea renovable y sostenible si lo que queremos es reducir el impacto de los automóviles en el planeta. Los automóviles de combustión actuales podrían adaptarse al hidrogeno con unas pequeñas modificaciones y no sería necesario cambiar la infraestructura ni el parque automóvil que hoy tenemos, lo que evitaría gran cantidad de residuos y a su vez contaminación.

Tienen mejor autonomía que el vehículo eléctrico, su depósito pesa menos y es más pequeño, lo que mejora la eficiencia y puede ser rellenado mucho más rápido, similar a un repostaje de gasolina. Sin embargo, no todo son ventajas, aun este modelo está en fase de desarrollo y no hay una industria capaz de abastecer de hidrogeno a todos los vehículos, ni la seguridad es la que se exige en el marco europeo.

5.2 Ejemplos de uso de hidrogeno en la movilidad

- a. Airbus desarrolla el primer avión propulsado por hidrógeno llamado "Turbofán de combustión de hidrógeno". Este motor utiliza una tecnología similar a la de turbina de gas utilizada hoy en día, pero usa hidrógeno líquido como combustible en lugar de los fósiles actuales y produce vapor de agua como única emisión. El almacenamiento de hidrógeno líquido es uno de los mayores desafíos para la implementación de esta tecnología en aviones comerciales, ya que el hidrogeno es altamente inflamable y se tiene que almacenar en estado líquido a unos -250 grados Celsius, lo que requiere una eficiencia en aislamiento grandísima. Airbus está trabajando en soluciones de almacenamiento seguras y eficientes para abordar este desafío y espera tener un avión propulsado por hidrógeno en el mercado para 2035.



Ilustración 14 Motor de hidrogeno de Airbus Fuente Airbus

- b. El Hyundai Nexa y el Toyota Mirai son dos vehículos con tecnología de pila de combustible de hidrógeno que funcionan con electricidad y emiten únicamente vapor de agua, convirtiéndolos en una opción de cero emisiones.

El Toyota Mirai se lanzó en 2015 en los Estados Unidos. En 2020, Toyota presentó la segunda generación del Mirai, su precio de venta ronda los 75.600 euros que ofrece 156 CV y un consumo de 0,76 kg/100 km.



Ilustración 15 Toyota Mirai Fuente Toyota

El Hyundai Nexu es un SUV de tamaño mediano, disponible por 68.500€ consta con tecnología avanzada de ayuda a la conducción. Cuenta con un motor eléctrico de 184 caballos, que permiten recorrer 750km con un depósito lleno, asegura el fabricante.



Ilustración 16 Hyundai Nexu Fuente Hyundai

Ambos vehículos han recibido buenas críticas por su rendimiento, comodidad y bajo impacto ambiental, y representan un importante paso hacia la adopción de tecnologías de cero emisiones en la industria automotriz. Hay mucho camino por hacer en cuanto a la movilidad particular mediante el coche de hidrogeno, pero estos dos vehículos nos acercan un poco más al posible paradigma venidero.

6. Tecnología de hidrogeno

El sistema de energía sostenible que estamos desarrollando en este proyecto es una solución integral que aborda la generación y el almacenamiento de energía en una vivienda residencial. Inspirados en empresas líderes en este campo, como Picea, hemos diseñado un sistema que aprovecha al máximo la energía solar para reducir la dependencia de fuentes no renovables y minimizar la huella de carbono.

Nuestro sistema se basa en la instalación estratégica de paneles solares fotovoltaicos en la vivienda. Estos paneles son altamente eficientes en la captura de la radiación solar y convierten esa energía en electricidad utilizable. La ubicación y el diseño de esta instalación se optimizan cuidadosamente, siempre dentro de las posibilidades de la casa para garantizar una producción máxima de energía.

La energía generada durante el día a través de los paneles solares se almacena en baterías de alto rendimiento. Estas baterías se seleccionan con atención para asegurar que puedan cubrir las necesidades de energía durante la noche y en días nublados. Priorizamos la elección de baterías sostenibles y duraderas. Además de ser menos baterías que en una instalación normal puesto que solo se utilizaran para cubrir la demanda de la noche o periodos de corta duración.

Una característica distintiva de nuestro sistema es la producción de hidrógeno durante los períodos de exceso de energía solar mediante electrólisis del agua. Este hidrógeno se almacena en bombonas de alta presión diseñadas para la seguridad y eficiencia en el almacenamiento. Para demandas de energía en periodos más largos, como el invierno, donde la radiación no es suficiente para abastecer completamente la demanda de un hogar como en el ejemplo.

Cuando la demanda de electricidad supera la capacidad de las baterías o en estaciones con menor disponibilidad solar, entran en juego las pilas de hidrógeno. Estas pilas

convierten el hidrógeno almacenado en electricidad de manera eficiente. Nuestra implementación se centra en ofrecer una solución de baja emisión de carbono.

Un sistema de control avanzado opera de manera continua para supervisar la producción, almacenamiento y consumo de energía en la vivienda. A través de la monitorización inteligente, logramos optimizar en tiempo real el uso de energía y gestionar eficientemente los recursos disponibles. La versatilidad de la instalación se manifiesta especialmente en su capacidad de adaptación a las variaciones en la demanda de energía a lo largo del tiempo, garantizando así su eficacia y flexibilidad en respuesta a las necesidades cambiantes.

En conjunto, nuestro sistema se basa en la sostenibilidad y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Inspirados en ejemplos exitosos como el de Picea, creemos que esta tecnología es escalable y puede aplicarse a otros contextos residenciales y comerciales, especialmente en aquellas áreas alejadas del núcleo urbano donde la red eléctrica no puede suministrar energía representando un potencial considerable para la adopción generalizada de energías limpias y sistemas de almacenamiento avanzados.

7. Ventajas y desventajas frente a otros combustibles

Hay muchas formas de clasificar los combustibles que se utilizan, en este caso se ordenaran según su estado físico, sólido, líquido y gas. Cabe aclarar que muchos de los combustibles que vamos a ver se pueden encontrar en diferentes estados de la materia, pero solo se consideraran su estado en condiciones normales de presión (1 atm) y temperatura (298.15 K).

Además, se pueden clasificar como naturales, se obtienen de forma natural o manufacturados si se consiguen a partir de un proceso de fabricación.

7.1. Combustibles sólidos

Son combustibles que no se mezcla con el aire, pero si necesita el oxígeno, como en cualquier combustión. Suelen dejar restos de cenizas y liberan gases, que algunos pueden ser nocivos para la salud. Se tienen en cuenta varios factores en estos combustibles, a continuación, vamos a verlos.

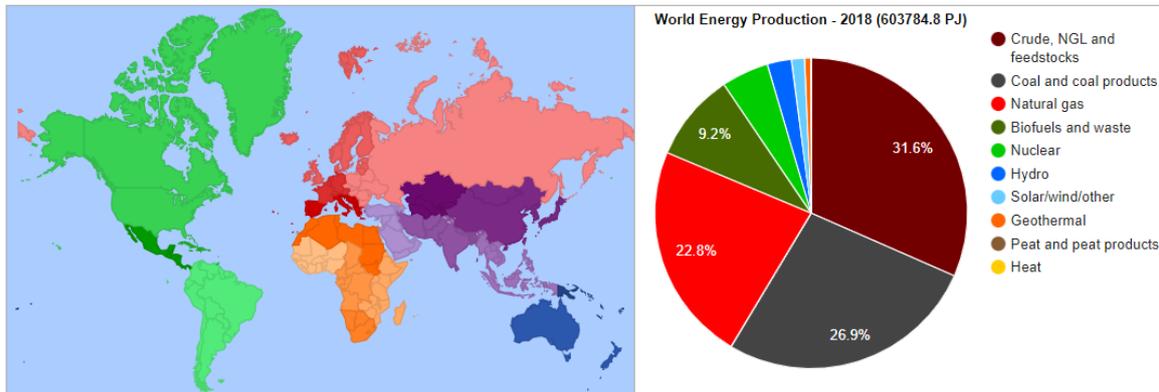
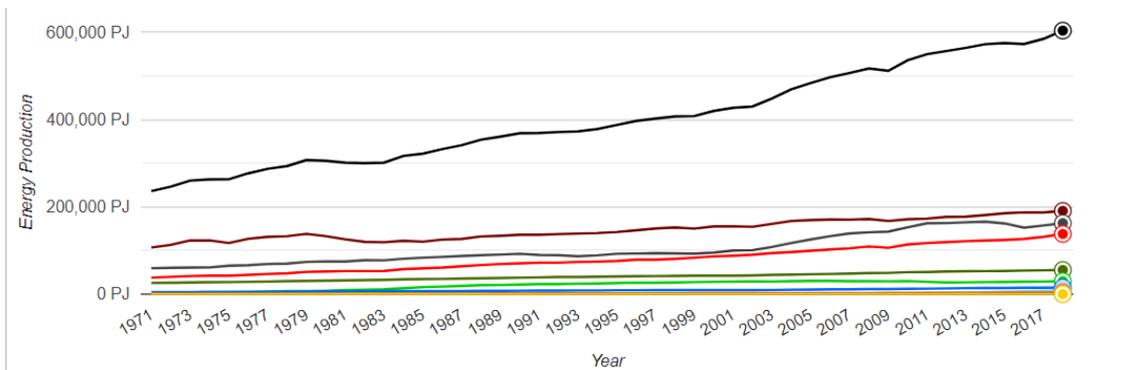


Ilustración 17 Balance de energía mundial Fuente IEA 2018



Data Source: IEA (2018), "World energy balances", *IEA World Energy Statistics and Balances* (database). <http://dx.doi.org/10.1787/data-00512-en> (Accessed January 2018)

Gráfico 10 Balance de energía mundial Fuente IEA 2018

- Contenido de humedad, siempre hay un porcentaje de agua en los combustibles fósiles, ya bien sea superficial, por la tensión superficial del agua, en este caso sería muy fácil de eliminar al aire libre, o humedad intersticial, está en los poros y es más difícil de eliminar, necesitando temperaturas superiores a los 100 grados Celsius. Una cantidad de humedad elevada puede significar más masa, por lo tanto, más costes en el transporte, se hace más complicado molerlo puesto que se generan aglomeraciones y conlleva mayores gastos en el secado pues hay que aplicar durante más tiempo una temperatura elevada. La humedad en los combustibles sólidos también puede acarrear menor eficiencia en la combustión, puesto que parte de la energía se está utilizando para calentar y evaporar el agua en el interior, por lo tanto, la temperatura de la llama será menor. (Sólidos, C. 2023)
- Materias volátiles, son sustancias que se desprenden en el proceso de combustión, normalmente suelen ser carbono, hidrogeno y otros gases.

Favorecen la estabilidad de la llama, provocan mayor velocidad de combustión. Sin embargo, una gran cantidad de volátiles puede ser peligroso en la molienda.

- Ceniza, es materia inorgánica que se quedan después de la combustión completa del combustible. Reducen la temperatura media, por que absorben parte de la energía y pueden interferir entre el oxígeno y el combustible. Aumenta la proporción de inquemados, aumenta el coste en la gestión de residuos cuanto mayor sea la cantidad de cenizas. Por lo tanto, hacen falta tratamientos más costosos para filtrar y tratar los gases.

Unos ejemplos conocidos de combustibles sólidos serian la madera y el carbón muy presentes en nuestro entorno y en el sector industrial.

El carbón es de los combustibles más abundante y por tanto más baratos que hay en la tierra, por eso su uso esta tan extendido, un problema dado que con su quema se libera gran cantidad de CO_2 . Las centrales eléctricas de carbon queman el carbon que libera mucha energía en forma de calor, este calor se emplea para hervir agua, que al convertirse en vapor de agua hace girar una turbina que dan como resultado corriente alterna.

Existen proyectos aun en desarrollo que plantean los ciclos combinados, gasificando el carbón con el vapor de agua que extraen de la propia instalación. Este carbón gasificado es quemado en turbinas de gas especificas aumentando así la eficiencia de la instalación.

Actualmente la importancia del carbón en la obtención de energía mundial en el 2021 fue del 59%, muy superior al apenas 30% de energías renovables y sin emisiones.

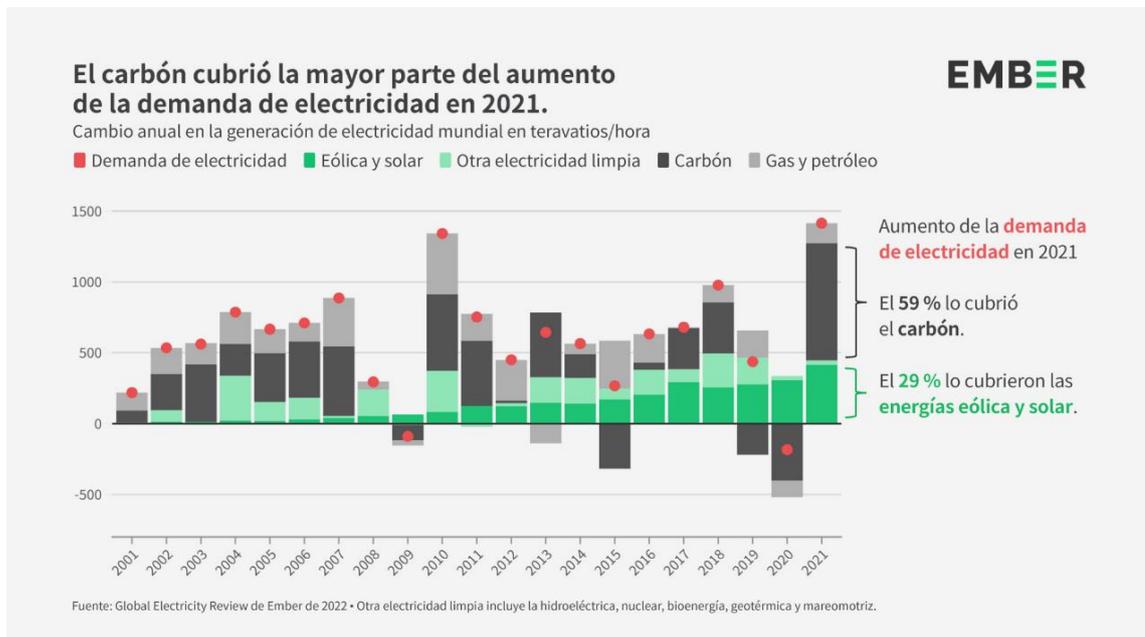


Gráfico 11 Fuentes de energía mundial Fuente Global Electricity Review de Ember 2022

La gran parte de la energía proveniente del carbón la genera China, puesto que abunda el carbón, y al no implantarse unas medidas de descarbonización en el país siguen generando muchísimo CO_2 . Sin embargo, en Europa la obtención de energía proviene de fuentes más limpias, tan solo el 5% la produjo Europa en 2021.



Gráfico 12 Generacion de carbono a nivel mundial por países Fuente Global Electricity Review de Ember 2022

Como se puede observar el carbón tiene una importancia muy notoria en la obtención de energía mundial, debido a la abundancia y su bajo coste. Pero las emisiones que conlleva hacen insostenible en el tiempo esta dinámica.

7.2. Combustibles líquidos

Estos combustibles se mezclan fácilmente con el comburente, provienen comúnmente del refinado del petróleo, del cual se sacan varios combustibles líquidos, hidrocarburos que según su cantidad de átomos de carbono se distinguen la gasolina, keroseno, turborreactores, gasóleo o fueloil, siendo este el más pesado y con más átomos de carbono en su composición,

De igual forma que los sólidos, los combustibles líquidos se analizan midiendo una serie de características que vamos a enumerar.

- Poder calorífico, en la combustión se oxida rápidamente el combustible, esta reacción química libera energía en forma de calor, cuanto mayor sea esa energía liberada mayor será el poder calorífico del inflamable. Podemos diferenciar dos tipos, poder calorífico superior (PCS), se considera toda la energía liberada en la combustión y el poder calorífico inferior (PCI) es el calor que realmente se puede aprovechar de una instalación, restando la energía que se necesita para que el agua se evapore, o lo que es lo mismo no considerando el cambio de fase del agua

al condensarse. Por lo tanto, el PCI será siempre inferior del PCS, es el valor que se utilizara para ver la eficiencia de la instalación.

- La densidad, dependiendo de la cantidad de átomos de carbono que contengan las moléculas del combustible, cuantos más átomos de carbono mayor densidad tendrá, siendo las gasolinas las más ligeras. Cabe aclarar que esta densidad se mide a temperatura ambiente, ya que según la temperatura la densidad variara.
- Viscosidad, es una propiedad de los líquidos, según su fricción interna el fluido tendrá una resistencia al flujo y a deformaciones distintas, la miel, por ejemplo, es más viscosa que el agua, se deforma menos ante tensiones de torsión o cortantes. Será una característica para tener en cuenta para el desarrollo de una instalación.
- Volatilidad, es la facilidad que tiene un fluido a pasar a su estado gaseoso. La curva de destilación nos representa a que temperatura y presión atmosférica evapora un combustible, siendo los más pesados los últimos en evaporarse.
- Punto de inflamación, es la temperatura en la cual se observa una llama en los vapores de un combustible líquido, cuanto más compuestos volátiles tenga menor será la temperatura de inflamación de los gases. Estas temperaturas son obtenidas mediante ensayos normalizados a unas condiciones concretas. Esta característica determina cuanto de peligroso puede ser un combustible, y se deberá tener en cuenta a la hora de almacenarlo y transportarlo.
- Punto de enturbiamiento y congelación, no es más que el punto en el que el combustible se empieza a congelar y se crean cristales sólidos, los combustibles más pesados serán los que se congelen a más temperatura. Es evidente que no queremos que el combustible se cristalice o llegue a congelarse, ya que esto provocaría que la viscosidad aumentara y no sería útil, por eso existen aditivos para bajar el punto de congelación y que lo hagan a menos temperatura.
- Contenido en azufre, el azufre puede corroer las partes donde se produce la combustión, además de que produce gases contaminantes en la atmosfera y puede reducir el poder calorífico. Por eso conviene evitar todo lo posible la concentración de este elemento en nuestros combustibles líquidos.

7.3. Combustibles gaseosos

Pueden ser hidrocarburos naturales, producidos específicamente para su uso como combustible o bien son residuos de otros procesos industriales que pueden utilizarse como combustibles. Sus características para tener en cuenta serán las siguientes.

- Poder calorífico, de igual forma que los combustibles líquidos, deberemos tener en cuenta la cantidad de calor que nos puede aportar el combustible y conocer su PCI y PCS.
- Densidad, aunque muchos de los combustibles gaseosos son transportados en estado líquido hay que tener en cuenta la densidad en condiciones normales, para adaptar la instalación o en caso de fugas estar preparados para evacuar ese gas y que no sea peligroso para las personas que haya cerca.
- Intercambiabilidad, dos gases serán intercambiables cuando en la misma instalación a la misma presión, producen la misma llama y mismo flujo calorífico. Muy útil conocer los gases que son intercambiables para saber si es necesario o no adaptar la instalación a un nuevo combustible.

Los más usados y comunes serían el hidrogeno, butano, gas natural, propano, etc. Presentes en nuestras casas y en la industria. EE. UU lidera la producción en gas del mundo con un 26% en 2021, les siguen Rusia y Japón.

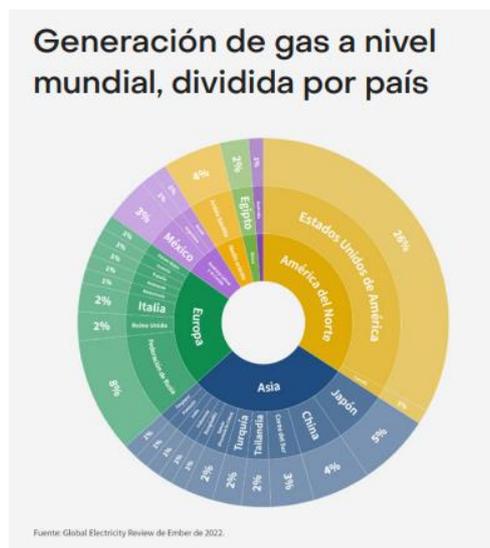


Gráfico 13 Generacion de gas a nivel mundial por países Fuente Global Electricity Review de Ember 2022

7.4. Combustibles nucleares

Son combustibles fisionables que ayudan a mantener la fisión en cadena en un reactor nuclear. Los más utilizados son los isótopos de metales de uranio U^{235} y de plutonio Pu^{238} . Para conseguir estos combustibles primero obtienen los metales mediante la extracción en minería, después se trata con procesos químicos y físicos para obtener dióxido de uranio, que más tarde se mete en hornos para compactarlo hasta el tamaño final.

Para la obtención de energía se dividen los núcleos de uranio un proceso llamado fisión, se libera mucha energía, que se usa para calentar agua y el vapor mueve unas turbinas que dan la energía. Otra forma de conseguir energía es la fusión que consiste en fusionar isótopos ligeros de hidrógeno como el tritio o el deuterio, para crear otro más pesado. Este proceso es el que da la energía a nuestro Sol y al resto de estrellas.

Según energyeducation.ca (2023) la energía nuclear es limpia, no vierte residuos a la atmósfera, solo vapor de agua, por lo que es una buena opción para la fabricación del hidrógeno sostenible. Sin embargo, los residuos de uranio son altamente radioactivos y peligrosos para la salud, pero tratados correctamente no suponen ningún peligro para los humanos.

Europa lidera la producción de energía nuclear del mundo siendo un 42% en 2021, esto nos pone en buena posición para el paso hacia una energía limpia y renovable junto a la solar y la eólica.



Gráfico 14 Generación de energía nuclear a nivel mundial por países Fuente Global Electricity Review de Ember 2022

8. Presupuesto

En este apartado, se presenta un desglose completo del presupuesto necesario para llevar a cabo la instalación de energía solar e hidrógeno en la vivienda de Calicanto. A través de esta revisión financiera, se examinarán en detalle los costos asociados a la adquisición de los componentes clave, la instalación y el mantenimiento de todo el sistema. Este análisis no solo proporcionará una comprensión precisa de la inversión inicial requerida, sino que también destacará los potenciales ahorros y beneficios financieros a largo plazo que se derivarán de esta instalación energética.

8.1. Coste de la instalación

El costo de la instalación de energía solar e hidrógeno en la vivienda de Calicanto es un aspecto fundamental que considerar. Esta inversión se divide en varias categorías, que incluyen la adquisición de los paneles solares, el electrolizador, la batería de almacenamiento, el compresor, las bombonas de hidrógeno, la pila de combustible, el cableado y el monitorizador. Cada uno de estos componentes contribuye al gasto total, y su elección se basa en criterios técnicos y de rendimiento.

Además de los costos de adquisición, se deben tener en cuenta los gastos de instalación, que involucran la colocación de los paneles solares en el tejado, la instalación de las bombonas de hidrógeno y la configuración de todo el sistema eléctrico. La instalación debe cumplir con las regulaciones y estándares de seguridad correspondientes.

COSTE DE LA INSTALACION					
Concepto	Unidades	Precio	Importe	Mano de obra	TOTAL
Paneles solares	10	140,00 €	1.400,00 €	400,00 €	1.800,00 €
Estructura metálica para paneles	10	25,00 €	250,00 €	400,00 €	650,00 €
Rack para inversor y baterías	1	200,00 €	200,00 €		200,00 €
Inversor	1	1.545,00 €	1.545,00 €		1.545,00 €
Cuadro de protecciones	1	270	270,00 €	420,00 €	690,00 €
Batería AGM 12V 300Ah Tensite	1	361	361,00 €		361,00 €
Cableado y canalización	60	1,30 €	78,00 €	580,00 €	658,00 €
Electrolizador	1	2.400,00 €	2.400,00 €		2.400,00 €
Tanques de hidrogeno	55	26,00 €	1.430,00 €	- €	1.430,00 €
Sistema de control	1	25,00 €	25,00 €		25,00 €
Tuberías multicapa	25	0,70 €	17,50 €	600,00 €	617,50 €
Puesta en marcha			- €	300,00 €	300,00 €
Compresor a 200 bares	1	800	800,00 €	- €	800,00 €
Proyecto visado	1	700	700,00 €	- €	700,00 €
Legalización en industria	1	1100	1.100,00 €	- €	1.100,00 €
Ayuda gobierno	4,8	-1110	5.328,00 €	- €	5.328,00 €
TOTAL			5.248,50 €	2.700,00 €	7.948,50 €

Tabla 10 Coste de la instalación

La tabla de costos de la instalación proporciona una visión detallada de los componentes y gastos asociados al proyecto de energía solar e hidrógeno en la vivienda de Calicanto. El costo total del proyecto asciende a 7.948,50 €, contemplando tanto los componentes como los servicios de mano de obra. Es relevante destacar que este presupuesto incluye

una subvención del gobierno de -5.328,00 €, diseñada para promover la adopción de tecnologías limpias y sostenibles.

Dentro de estos gastos, se consideran los relacionados con la mano de obra, la instalación de los paneles solares, la estructura metálica, el rack para el inversor y las baterías, así como la puesta en marcha del sistema, lo que suma un total de 2.700,00 €. Los componentes clave de esta instalación comprenden los paneles solares, el inversor, el electrolizador, los tanques de hidrógeno y el compresor.

8.2. Coste mantenimiento anual

Hablemos ahora sobre los costos de mantenimiento anuales de la instalación, que son esenciales para garantizar el rendimiento óptimo y la durabilidad a lo largo del tiempo. Estos costos incluyen el mantenimiento de los paneles solares, el electrolizador, las baterías y otros componentes clave, así como los gastos asociados con la reposición de hidrógeno y la inspección regular del sistema.

COSTE DE MANTENIMIENTO ANUAL			
Concepto	Unidades	Precio	Importe
Mantenimiento preventivo	1	52,49 €	52,49 €
Mantenimiento correctivo	1	26,24 €	26,24 €
Financiación	12	54,68 €	656,12 €
Agua	167,47	0,167472464	28,05 €
TOTAL			762,90 €

Tabla 10 Costes variables

En primer lugar, se incluye el mantenimiento preventivo con un valor de 52,49 €, que se destina a las acciones planificadas para evitar posibles problemas y mantener los componentes en óptimas condiciones de funcionamiento.

Luego, se encuentra el mantenimiento correctivo con un costo de 26,24 €, destinado a las reparaciones necesarias para solucionar cualquier fallo o avería imprevista.

Además, se contempla la financiación con una distribución de 54,68 € al mes durante 12 meses, lo que suma un total de 656,12 € anuales. Este componente podría estar relacionado con costos financieros asociados con la inversión inicial o posiblemente con la financiación de futuros proyectos de mejora o expansión.

Por otro lado, se incluye el costo de "Agua" calculado en función de un consumo estimado de 167,47 litros por año, a un precio de 0,167472464 € por litro, lo que resulta en un total de 28,05 €.

En conjunto, estos costos de mantenimiento anuales ascienden a un total de 762,90 €. Cabe destacar que estos costos representan aproximadamente el 1,5 % del costo total de los materiales utilizados en la instalación, lo que demuestra el compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia de la inversión a lo largo del tiempo.

8.3. Flujo de caja

El flujo de caja es una herramienta financiera fundamental que nos permite evaluar cómo los ingresos y gastos afectan la liquidez y la salud financiera de esta instalación. En otras palabras, nos ayuda a comprender cuándo y cuánto dinero entra y sale del proyecto a lo largo del tiempo. A través del análisis del flujo de caja, podremos determinar la viabilidad financiera de esta inversión a largo plazo y asegurarnos de que el proyecto sea sostenible desde el punto de vista económico. Ahora, procedamos a analizar la tabla que proporcionaste para obtener una visión más detallada del flujo de caja de la instalación.

Flujo de caja				
Año	Ahorro	Costes	Intereses	Resultado
				- 7.948,50 €
1	1.426,16 €	106,77 €	431,56 €	887,82 €
2	1.468,94 €	109,98 €	418,90 €	940,07 €
3	1.513,01 €	113,28 €	405,51 €	994,22 €
4	1.558,40 €	116,68 €	391,38 €	1.050,35 €
5	1.605,16 €	120,18 €	376,45 €	1.108,53 €
6	1.653,31 €	123,78 €	360,67 €	1.168,86 €
7	1.702,91 €	127,49 €	344,00 €	1.231,41 €
8	1.754,00 €	131,32 €	326,40 €	1.296,28 €
9	1.806,62 €	135,26 €	307,80 €	1.363,56 €
10	1.860,82 €	139,32 €	288,15 €	1.433,35 €
11	1.916,64 €	143,50 €	267,39 €	1.505,75 €
12	1.974,14 €	147,80 €	245,47 €	1.580,87 €
13	2.033,36 €	152,23 €	222,30 €	1.658,83 €
14	2.094,36 €	156,80 €	197,83 €	1.739,73 €
15	2.157,19 €	161,51 €	171,98 €	1.823,71 €
16	2.221,91 €	166,35 €	144,67 €	1.910,89 €
17	2.288,57 €	171,34 €	115,82 €	2.001,40 €
18	2.357,23 €	176,48 €	85,34 €	2.095,40 €
19	2.427,94 €	181,78 €	53,15 €	2.193,02 €
20	2.500,78 €	187,23 €	19,14 €	2.294,41 €
21	2.575,80 €	192,85 €		2.382,96 €
22	2.653,08 €	198,63 €		2.454,45 €
23	2.732,67 €	204,59 €		2.528,08 €
24	2.814,65 €	210,73 €		2.603,92 €
25	2.899,09 €	217,05 €		2.682,04 €
26	2.986,06 €	223,56 €		2.762,50 €
27	3.075,64 €	230,27 €		2.845,38 €
28	3.167,91 €	237,18 €		2.930,74 €
29	3.262,95 €	244,29 €		3.018,66 €
30	3.360,84 €	251,62 €		3.109,22 €

Tabla 11 Flujo de caja

El flujo de caja proporciona una visión detallada de la proyección financiera de la instalación a lo largo de 30 años. En primer lugar, es importante destacar que los ahorros proyectados se basan en datos realistas y se han calculado utilizando el precio de la electricidad por kWh en la región (0,2 €/kWh) y la tasa de inflación anual del 3%. Estos cálculos arrojan un ahorro anual de 1.426,16 € en el primer año, lo que resulta en un resultado financiero positivo desde el principio.

La tendencia positiva en los resultados anuales demuestra que la instalación es cada vez más rentable con el tiempo, respaldando una inversión sólida y sostenible. Además, la

tasa interna de retorno (TIR) del 15,77% indica que este proyecto ofrece un rendimiento financiero muy atractivo en comparación con otras inversiones.

En resumen, el flujo de caja muestra que la inversión inicial en la instalación de energía solar y producción de hidrógeno en la vivienda de Calicanto es una inversión financiera sólida y rentable. Los ahorros proyectados se han calculado cuidadosamente en base al precio de la electricidad y la inflación, lo que proporciona una imagen realista de los beneficios financieros del proyecto. Con una TIR del 15,77%, este proyecto ofrece un rendimiento atractivo que contribuirá significativamente a la reducción de costos energéticos y a la sostenibilidad a largo plazo del hogar.

8.4. Tabla de amortización

Una tabla de amortización es una herramienta financiera que muestra el desglose periódico de un préstamo o inversión a lo largo del tiempo. En el contexto de la instalación que hemos discutido, la tabla de amortización se utilizará para visualizar cómo se pagarán tanto el activo (la instalación de energía solar y producción de hidrógeno) como el pasivo (la deuda asociada a la inversión) a lo largo de un período determinado. Esto proporcionará una visión clara de cómo se liquidará la deuda y cómo evolucionará el valor del activo a lo largo del tiempo, lo que es esencial para evaluar la rentabilidad de la inversión.

Activos

Tabla de amortización			
Año	Inversión inicial	Amortización	Valor en libros
1	7.948,50 €	317,94 €	7.630,56 €
2	7.948,50 €	317,94 €	7.312,62 €
3	7.948,50 €	317,94 €	6.994,68 €
4	7.948,50 €	317,94 €	6.676,74 €
5	7.948,50 €	317,94 €	6.358,80 €
6	7.948,50 €	317,94 €	6.040,86 €
7	7.948,50 €	317,94 €	5.722,92 €
8	7.948,50 €	317,94 €	5.404,98 €
9	7.948,50 €	317,94 €	5.087,04 €
10	7.948,50 €	317,94 €	4.769,10 €
11	7.948,50 €	317,94 €	4.451,16 €
12	7.948,50 €	317,94 €	4.133,22 €
13	7.948,50 €	317,94 €	3.815,28 €
14	7.948,50 €	317,94 €	3.497,34 €
15	7.948,50 €	317,94 €	3.179,40 €
16	7.948,50 €	317,94 €	2.861,46 €
17	7.948,50 €	317,94 €	2.543,52 €
18	7.948,50 €	317,94 €	2.225,58 €
19	7.948,50 €	317,94 €	1.907,64 €
20	7.948,50 €	317,94 €	1.589,70 €
21	7.948,50 €	317,94 €	1.271,76 €
22	7.948,50 €	317,94 €	953,82 €
23	7.948,50 €	317,94 €	635,88 €
24	7.948,50 €	317,94 €	317,94 €
25	7.948,50 €	317,94 €	0,00 €

Tabla 12 Tabla de amortización

La tabla de amortización proporciona un resumen claro de cómo evoluciona la inversión inicial de 7,948,50 € a lo largo de 25 años, basándonos en la garantía del fabricante de las placas. En cada año, se muestra la cantidad de amortización, que es la porción de la inversión que se considera como gasto durante ese período, y el valor en libros, que es el valor remanente de la inversión después de aplicar la amortización.

En el primer año, la inversión inicial de 7,948,50 € disminuye en 317,94 € debido a la amortización, lo que resulta en un valor en libros de 7,630,56 €. Este proceso se repite año tras año, reduciendo gradualmente el valor en libros de la inversión.

La tabla de amortización es una herramienta esencial para llevar un registro preciso de cómo se está pagando la inversión a lo largo del tiempo y cómo se reduce el valor en libros de la instalación. Esta información es crucial para la toma de decisiones financieras y la evaluación de la rentabilidad de la inversión.

Pasivos

Para llevar a cabo esta inversión y alcanzar los objetivos de sostenibilidad energética, se ha requerido financiamiento externo. En este contexto, se ha establecido un préstamo de 7,948,50 € con una tasa de interés del 5,5% y un plazo de amortización de 20 años. La gestión y comprensión de esta deuda es esencial para evaluar la viabilidad financiera del proyecto y su impacto en el flujo de caja a lo largo del tiempo. A continuación, se detalla cómo se estructura este préstamo y su influencia en los resultados económicos del proyecto.

CUADRO RESUMEN	
Importe del préstamo	7.948,50 €
Años	20
Tipo de interés	5,5%
Meses	240
Total, pagado	13.177,09 €
Total intereses	5.173,91 €
% Intereses	65,1%
Cuota	54,68 €

Tabla 13 Resumen del préstamo

Tabla amortización deuda			
Año	Interés	Amortización	Deuda pendiente
1	431,562855	224,5578174	7.723,94 €
2	418,896029	237,2246434	7.486,72 €
3	405,514694	250,605978	7.236,11 €
4	391,378547	264,742125	6.971,37 €
5	376,44501	279,6756618	6.691,69 €
6	360,669104	295,4515675	6.396,24 €
7	344,003314	312,1173583	6.084,12 €
8	326,397441	329,7232306	5.754,40 €
9	307,798459	348,3222126	5.406,08 €
10	288,150349	367,9703233	5.038,11 €
11	267,39393	388,7267419	4.649,38 €
12	245,466686	410,6539857	4.238,73 €
13	222,302574	433,8180984	3.804,91 €
14	197,831823	458,2888492	3.346,62 €
15	171,980729	484,1399426	2.862,48 €
16	144,671431	511,4492409	2.351,03 €
17	115,821674	540,2989982	1.810,73 €
18	85,3445633	570,7761087	1.239,96 €
19	53,1483042	602,9723677	636,98 €
20	19,1359231	636,9847489	0,00 €

Tabla 14 Tabla de amortización

El cuadro resumen de la deuda proporciona un desglose detallado del préstamo de 7,948,50 € con una tasa de interés del 5,5% a lo largo de un período de 20 años, equivalente a 240 meses. En total, el importe pagado al final del préstamo es de 13,177,09 €, lo que incluye 5,173,91 € en intereses, representando el 65,1% del costo total del préstamo. La cuota mensual constante es de 54,68 €.

Además, el préstamo sigue el conocido método francés, se muestra cómo se divide la cuota mensual entre el interés y la amortización en cada uno de los primeros 20 meses. En los primeros meses, la mayor parte de la cuota se destina al pago de intereses, mientras que una porción menor se utiliza para amortizar el capital. A medida que avanza el tiempo, la proporción destinada a la amortización aumenta gradualmente.

Este cuadro proporciona una visión completa de cómo se estructura el préstamo y cómo evoluciona el pago de intereses y la amortización a lo largo del tiempo. Es una herramienta importante para comprender los costos financieros asociados con la deuda y para evaluar su impacto en el flujo de caja de la instalación.

Tasa actualización	VAN
1%	40.087,02 €
2%	32.455,35 €
3%	26.323,91 €
4%	21.365,51 €
5%	17.329,40 €
6%	14.022,41 €
7%	11.295,04 €
8%	9.031,01 €
9%	7.139,42 €
10%	5.548,86 €
11%	4.202,97 €
12%	3.057,03 €
13%	2.075,41 €
14%	1.229,55 €
15%	496,46 €
16%	-142,45 €
17%	-702,28 €
18%	-1.195,39 €
19%	-1.631,91 €
20%	-2.020,18 €
21%	-2.367,13 €

Tabla 15 VAN

Para evaluar la rentabilidad de la inversión, contamos con una herramienta fundamental: el Valor Actual Neto (VAN).

La tabla del Valor Actual Neto (VAN) a diferentes tasas de actualización proporciona una visión clave de la rentabilidad de la instalación de energía solar y producción de hidrógeno en la vivienda de Calicanto. El VAN es una medida crítica para evaluar la viabilidad financiera de un proyecto, ya que representa el valor presente de los flujos de efectivo futuros descontados al valor actual, considerando diferentes tasas de actualización.

A medida que la tasa de actualización aumenta, el VAN tiende a disminuir. Esto se debe al efecto del descuento, donde los flujos de efectivo futuros se reducen en valor presente a tasas de actualización más altas. Por ejemplo, a una tasa de actualización del 1%, el VAN es significativamente positivo, alcanzando los 40.087,02 €, lo que sugiere una alta rentabilidad del proyecto.

Incluso a tasas de actualización moderadamente altas, como el 10%, el VAN sigue siendo positivo, lo que indica que la inversión en la instalación generaría beneficios financieros. Sin embargo, a tasas de actualización superiores al 15%, el VAN comienza a volverse negativo, lo que sugiere que el proyecto podría no ser rentable en escenarios financieros menos favorables.

A tasas de actualización extremadamente altas, como el 18% y el 19%, el VAN es fuertemente negativo, lo que implica que la inversión resultaría en pérdidas financieras sustanciales.

En resumen, la tabla del VAN refleja que la inversión inicial en la instalación de energía solar y producción de hidrógeno en Calicanto es altamente rentable a tasas de actualización bajas y moderadas. Sin embargo, la rentabilidad del proyecto puede verse comprometida a tasas de actualización más altas, lo que subraya la importancia de evaluar cuidadosamente el entorno financiero en el que se desarrollará la instalación.

8.5. Subvenciones del estado.

El Gobierno de la Comunidad Valenciana ha lanzado subvenciones en el marco del Programa de Incentivos 4 para financiar inversiones en energías renovables durante el año 2022. Estas ayudas se dirigen específicamente a la instalación de sistemas de autoconsumo con fuentes renovables en el sector residencial, las administraciones públicas y el tercer sector, tanto con como sin almacenamiento.

Estas subvenciones se alinean con los objetivos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la Unión Europea, así como los planes nacionales de energía y almacenamiento. El propósito principal de estas ayudas es fomentar el uso y la integración de las energías renovables, incluido el almacenamiento, con el objetivo de reducir las emisiones de carbono y lograr una transición hacia un sistema energético más sostenible y respetuoso con el medio ambiente en la Comunidad Valenciana.

8.5.1 Requisitos

Para poder optar a estas ayudas del estado es necesario cumplir con las siguientes exigencias:

- a. Las instalaciones de autoconsumo con energías renovables, tanto fotovoltaicas como eólicas, pueden ser subvencionadas si su fecha de inicio es posterior al 30 de junio de 2021.
- b. Las instalaciones de autoconsumo pueden incluir sistemas de almacenamiento de energía, siempre y cuando no estén directamente conectados a la red eléctrica y formen parte de la instalación de autoconsumo.
- c. La potencia subvencionable máxima para las instalaciones es de 5 MW. Si la instalación tiene una potencia superior, solo se otorgará ayuda económica para los primeros 5 MW.
- d. Las instalaciones de almacenamiento subvencionables deben permitir el diferimiento del uso de la electricidad generada o la conversión de energía eléctrica en una forma que se pueda almacenar. Se establece un límite de capacidad nominal de almacenamiento en relación con la potencia de generación.
- e. Todas las instalaciones deben contar con un sistema de monitorización que muestre la producción de energía renovable y el consumo energético en diferentes periodos.

La información debe ser accesible a través de una pantalla visible en el lugar y también a través de dispositivos móviles o aplicaciones web.

- f. En el caso de instalaciones eólicas, la potencia se refiere a la potencia nominal de los aerogeneradores. Para instalaciones fotovoltaicas, se toma en cuenta la suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.
- g. Las personas beneficiarias que realicen actividades económicas y reciban estas ayudas están sujetas a las normas de minimis, que establecen un límite máximo de ayuda de 200.000 euros durante un periodo de tres ejercicios fiscales.

8.5.2 Personas que puedes beneficiarse de esta ayuda.

Las personas que pueden solicitar las subvenciones en el ámbito de la Comunidad Valenciana, de acuerdo con el RD 477/2021 del 29 de junio, son las siguientes:

- a. Personas físicas que no realicen ninguna actividad económica en el mercado.
- b. Entidades locales de la Comunidad Valenciana y el sector público institucional de cualquier Administración Pública en la Comunidad Valenciana, siempre y cuando no realicen ninguna actividad económica en el mercado.
- c. Personas jurídicas y entidades del tercer sector que no realicen ninguna actividad económica en el mercado.
- d. Personas físicas que realicen alguna actividad económica en el mercado, siempre y cuando estén registradas en el Censo de Empresarios, Profesionales y Retenedores de la Agencia Estatal de Administración Tributaria y cumplan con los requisitos y límites establecidos en el Reglamento (UE) nº 1407/2013 de la Comisión.
- e. Comunidades de propietarios reguladas por la Ley de Propiedad Horizontal, cumpliendo con lo establecido en la Ley 38/2003.
- f. Comunidades de energías renovables y comunidades ciudadanas de energía, de acuerdo con la Directiva 2018/2001 y la Directiva 2019/944, respectivamente, siempre y cuando no realicen ninguna actividad económica en el mercado.

Estos son los diferentes tipos de solicitantes que pueden acceder a las subvenciones, cada uno con sus respectivas condiciones y requisitos específicos.

8.5.3 Cuantía de la ayuda.

El Real Decreto 477/2021 establece las cuantías y el proceso de cobro de las ayudas. Las ayudas se determinan en base a módulos fijos unitarios que cubren parte de los costes

subvencionables de las actuaciones. La ayuda total se calcula sumando la ayuda de generación y la ayuda de almacenamiento. Siendo las siguientes formulas:

$$\text{Ayuda total} = \text{Ayuda total de generación} + \text{Ayuda total de almacenamiento}$$

$$\text{Ayuda total de generación} = (\text{Módulo generación} + \text{Modulo complementario} + \text{Modulo adicional de generación}) \times \text{Ps}$$

$$\text{Ayuda total de almacenamiento} = (\text{Módulo almacenamiento} + \text{Módulo adicional almacenamiento}) \times \text{Cap}$$

Siendo Ps la potencia real de la instalación en kWp y Cap la capacidad del sistema de almacenamiento en kWh

Sin embargo, si el cálculo anterior resultara en una cantidad mayor que los costes elegibles de la instalación, se tendrán en cuenta los costes elegibles en lugar de los cálculos anteriores. Es importante tener en cuenta que la ayuda total está sujeta a los límites establecidos por la normativa europea de ayudas de estado. Además, existen ayudas adicionales por actuaciones complementarias o vinculadas al reto demográfico.

9. Conclusión del proyecto

En resumen, el proyecto de instalación de energía solar con hidrógeno en la vivienda de Calicanto representa un enfoque innovador y sostenible para satisfacer las necesidades energéticas de la vivienda. A través de la combinación de tecnologías como paneles solares, un electrolizador, bombonas de almacenamiento de hidrógeno, una pila de combustible y un sistema de monitorización avanzado, se ha logrado crear un sistema eficiente y autónomo que reduce a cero el consumo de energía de la red eléctrica y reduce significativamente la huella de carbono.

Uno de los principales logros de este proyecto es la capacidad de generar hidrógeno durante los meses de mayor radiación solar y utilizarlo estratégicamente en los meses de menor generación solar, minimizando así la dependencia de la red eléctrica convencional y reduciendo los costos energéticos. La elección de componentes de alta calidad, como los paneles solares de alto rendimiento y el sistema de almacenamiento de hidrógeno a 200 bares, ha sido fundamental para garantizar la eficacia y durabilidad del sistema.

Además, desde una perspectiva financiera, se ha demostrado que el proyecto es económicamente viable y rentable a largo plazo. Los cálculos del flujo de caja y la tabla de amortización de la deuda han revelado que, a pesar de la inversión inicial y los costos operativos, el proyecto generará ahorros significativos a lo largo de su vida útil. Con un

enfoque cuidadoso en la gestión financiera y un análisis detallado de los costos y beneficios, se espera que el proyecto se recupere en un período razonable y continúe generando ahorros durante décadas.

En términos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental, este proyecto es un paso positivo hacia la reducción de las emisiones de carbono y la promoción de fuentes de energía limpias y renovables. El uso de tecnología de hidrógeno y energía solar contribuye a la mitigación del cambio climático y establece un ejemplo importante para la adopción de soluciones energéticas más ecológicas en el futuro.

En conclusión, el proyecto de instalación de energía solar con hidrógeno en la vivienda de Calicanto representa una inversión inteligente y responsable desde el punto de vista económico y ambiental. Este enfoque sostenible no solo proporciona energía confiable y autónoma a la vivienda, sino que también contribuye a la construcción de un futuro más limpio y sostenible para las generaciones venideras.

10. Bibliografía

Gobierno de España. (n.d.). Gob.Es. Retrieved September 24, 2023, from <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/el-cambio-climatico.html>

Acosta, S. (2022, February 15). *HyDeal España: el hub de hidrógeno renovable más grande del mundo.* ElEconomista.

<https://www.eleconomista.es/energia/noticias/11617949/02/22/HyDeal-Espana-el-hub-de-hidrogeno-renovable-y-competitivo-integrado-mas-grande-del-mundo.html>

Biocombustible. (n.d.). Energyeducation.Ca. Retrieved September 24, 2023, from <https://energyeducation.ca/es/Biocombustible>

Botella 50 L vacía 230 Inerte Industrial. (2016, August 31). SYC Cylinders.

<https://www.syc-cylinders.eu/tienda/botella-vacia-50-l-230-inerte/>

Change, N. G. C. (n.d.). *Global Surface Temperature.* Climate Change: Vital

Signs of the Planet. Retrieved September 24, 2023, from

<https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature>

Combustible nuclear. (n.d.). Energyeducation.Ca. Retrieved September 24,

2023, from

https://energyeducation.ca/Enciclopedia_de_Energia/index.php/Combustible_nuclear

Combustibles líquidos, sólidos y gaseosos: qué son y ejemplos. (n.d.).

Zoilorios.com. Retrieved September 24, 2023, from

<https://www.zoilorios.com/noticias/combustibles-liquidos-solidos-y-gaseosos-que-son-y-ejemplos>

Concepcion, G., Nelson, E. C., Manuel, M., Javi, N., Jesús, F., Luis, E., Jesus, H.,

Diego, P., Enrique, J. A., Joan, S., Francisco, Jose, E. M., Qing, O.,

Celestino, A., Eusebio, J. U., Jose, A. M., Blas, G., Patricio, C., Eduardo,

T., ... Oscar, V. (2023, August 1). *Monitorización Growatt Shine-Link X.*

Autosolar.Es. [https://autosolar.es/accesorios-](https://autosolar.es/accesorios-inversores/monitorizacion-growatt-shine-link-x)

[inversores/monitorizacion-growatt-shine-link-x](https://autosolar.es/accesorios-inversores/monitorizacion-growatt-shine-link-x)

De Aragón, E. (2022, October 17). *Global Hydrogen Review 2022 de la Agencia Internacional de la Energía*. Hidrogeno verde. <https://hidrogeno-verde.es/global-hydrogen-review-2022-de-la-agencia-internacional-de-la-energia/>

de Efecto Invernadero, E. D. E. G. (n.d.). *PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO*. Gob.Es. Retrieved September 24, 2023, from https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/resumen_inventario_gei-ed_2022_tcm30-534394.pdf

de Heterounión, C. H.-C. B. (n.d.). *F U 4 6 0/4 6 5/470/47 5/4 8 0 M V L Velvet Pro*. Sfe-solar.com. Retrieved September 24, 2023, from https://www.sfe-solar.com/wp-content/uploads/2023/03/2023_FuturaSun_144m_460-480W_Velvet_Pro_es.pdf

Diésel. (n.d.). Energyeducation.Ca. Retrieved September 24, 2023, from https://energyeducation.ca/Enciclopedia_de_Energia/index.php/Di%C3%A9sel

Ejemplos de Combustibles Sólidos, Líquidos y Gaseosos. (n.d.). Ejemplos.Co. Retrieved September 24, 2023, from <https://www.ejemplos.co/ejemplos-de-combustibles-solidos-liquidos-y-gaseosos/>

Emisiones de gases de efecto invernadero totales (kt de equivalente de CO₂).

(n.d.). World Bank Open Data. Retrieved September 24, 2023, from <https://data.worldbank.org>

Enagás. (n.d.). *HyDeal España: el hub de hidrógeno renovable y competitivo*

integrado más grande del mundo. Enagás. Retrieved September 24, 2023, from <https://www.enagas.es/es/sala-comunicacion/actualidad/notas-prensa/hydeal-hub-hidrogeno-renovable/>

Etapas de la producción del combustible nuclear. (2019, February 27).

Argentina.Gob.Ar. <https://www.argentina.gob.ar/cnea/tecnologia-nuclear/ciclo-del-combustible-nuclear/etapas>

Geopolitics of the Energy Transformation. (n.d.). Irena.org. Retrieved

September 24, 2023, from <https://www.irena.org/Digital-Report/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation#page-0>

H2Med, la infraestructura europea tras el corredor del hidrógeno verde.

(2023, February 9). Economía3.

<https://economia3.com/2023/02/09/517647-h2med-la-infraestructura-europea-tras-el-corredor-del-hidrogeno-verde/>

Hidrógeno. (n.d.). Química.Es. Retrieved September 24, 2023, from

<https://www.quimica.es/enciclopedia/Hidr%C3%B3geno.html>

Hidrógeno - Centro Nacional de Hidrógeno. (2019, February 6). Centro Nacional de Hidrógeno. <https://www.cnh2.es/el-hidrogeno/>

Hidrogeno (H) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente. (n.d.). Lenntech.Es. Retrieved September 24, 2023, from <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/h.htm>

HyDeal España. (n.d.). Hydeal.com. Retrieved September 24, 2023, from <https://www.hydeal.com/copie-de-hydeal-ambition>

Índice de precio y volumen del día de gas. (n.d.). Mibgas.Es. Retrieved September 24, 2023, from <https://www.mibgas.es/es/market-results/gas-daily-price-index-and-volumes>

Inversor de Red Tensite 6kW Monofásico AR6M-2. (n.d.). Autosolar.Es. Retrieved September 24, 2023, from <https://autosolar.es/inversores-de-red-monofasicos/inversor-de-red-tensite-6kw-monofasico-ar6m-2>

Jose, D., Gavril, V. G., Gina, V., Marcello, L., Emily, P., Alejandro, R., Víctor, M., Rubén, M., Jaume, D., Aitor, A., José, M. G., & Toni, E. (2023, September 8). *Batería Litio Tensite 4.9kWh 48V TS-L5000.* Autosolar.Es. <https://autosolar.es/baterias-litio-48v/bateria-litio-tensite-49kwh-48v-ts-l5000>

JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European

Commission. (2016, January 11). Europa.Eu.

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/

matias. (n.d.-a). *Combustibles gaseosos*. Textoscientificos.com. Retrieved

September 24, 2023, from

<https://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/gaseosos>

matias. (n.d.-b). *Combustibles líquidos I. Generalidades*. Textoscientificos.com.

Retrieved September 24, 2023, from

<https://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/liquidos>

Por. (n.d.). . *Temperaturas medias, horas de sol y precipitación acuosa*. Ine.Es.

Retrieved September 24, 2023, from

<https://www.ine.es/daco/daco42/bme/c19.pdf>

Producción de hidrógeno. (n.d.). Hidrogeno. Retrieved September 24, 2023,

from <https://hidrogeno18.wixsite.com/hidrogeno/blank-cjg9>

¿Qué es y de dónde proviene el hidrógeno? (2015, July 29). Rincón educativo.

<https://rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/que-es-y-de-donde-proviene-el-hidrogeno/>

Sistemas de tratamiento. (n.d.). Gob.Es. Retrieved September 24, 2023, from

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion->

residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-
tratamiento/gasificacion.html

Sólidos, C. (n.d.). *CARACTERIZACIÓN DE LOS*. Unizar.Es. Retrieved
September 24, 2023, from
<https://zaguan.unizar.es/record/5357/files/TAZ-PFC-2010-348.pdf>

United Nations. (n.d.). *¿Qué es el cambio climático? | Naciones Unidas*.
Retrieved September 24, 2023, from
<https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>

Vázquez, I. P. (2020). *INFOguías: Guía de apoyo para la realización del TFG:
Redacción*. https://infoguias.biblioteca.udc.es/tfg_es/redaccion

Volkswagen Golf 2.0 TDI 85 kW (115 CV) (2022-2022). Precio y ficha técnica.
(n.d.). Motorgiga.com. Retrieved September 24, 2023, from
[https://motorgiga.com/volkswagen/golf/golf-20-tdi-85-kw-115-
cv2/2020/precio-ficha-tecnica#ficha](https://motorgiga.com/volkswagen/golf/golf-20-tdi-85-kw-115-cv2/2020/precio-ficha-tecnica#ficha)

Wikipedia contributors. (n.d.). *Poder calorífico*. Wikipedia, The Free
Encyclopedia.
[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Poder_calor%C3%ADfico&o
lid=142185501#Tipos_de_poder_calor%C3%ADfico](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Poder_calor%C3%ADfico&olid=142185501#Tipos_de_poder_calor%C3%ADfico)

(N.d.-a). Undp.org. Retrieved September 24, 2023, from

<https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/uy/undp-uy-Monitor-Hidrogeno-Verde-2022.pdf>

(N.d.-b). Udg.edu. Retrieved September 24, 2023, from

http://www2.udg.edu/Portals/88/proc_industrials/5

(N.d.-c). Ember-climate.org. Retrieved September 24, 2023, from

https://ember-climate.org/app/uploads/2022/03/SP_Report-GER22.pdf

Ayudas para la realización de instalaciones de autoconsumo con fuentes de energía renovable, en el sector residencial, las administraciones públicas, y el tercer sector con o sin almacenamiento (Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, en el ámbito territorial de la Comunidad Valenciana) - GVA.ES - Generalitat Valenciana. (n.d.). GVA.ES. Retrieved September 24, 2023, from <https://www.gva.es/ca/inicio/procedimientos>