

*“Trabajando para la sociedad”*

## ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO DE H<sub>2</sub> VERDE

David Fernández Toledano

Trinity Energy Storage SL  
c/Quintanadueñas,6,MADRID  
Teléfono: 628687803  
E-mail: [dfernandez@trinity-es.com](mailto:dfernandez@trinity-es.com)

### RESUMEN EJECUTIVO

Los esfuerzos globales para disminuir las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) darán como resultado una mayor dependencia de fuentes de energía renovables. Uno de los obstáculos más importantes para implementar esta transición es la necesidad de almacenamiento de energía para compensar las tasas de producción variables, y a veces intermitentes, y la demanda cada vez mayor. Una solución atractiva es utilizar el excedente de energía para producir gas hidrógeno (H<sub>2</sub>), que luego puede utilizarse para producir energía según demanda sin emitir CO<sub>2</sub>. Este enfoque requeriría una amplia red de H<sub>2</sub> que vincule a los generadores con los consumidores a través de sistemas de transmisión. Además, se necesitará almacenamiento de H<sub>2</sub> para satisfacer las necesidades inmediatas, pero también se necesitarán mayores reservas de almacenamiento para garantizar la confiabilidad energética y mitigar el impacto del desajuste entre las tasas de producción variables y la demanda. El almacenamiento de H<sub>2</sub> a gran escala se puede lograr utilizando recursos subterráneos similares a cómo se ha almacenado el gas natural (GN) durante el último siglo. Aunque existe mucha experiencia con Underground Gas Storage( UGS), las diferencias en las propiedades físicas entre H<sub>2</sub> y Metano, (CH<sub>4</sub>) presentan varios desafíos. El H<sub>2</sub> es menor tanto en densidad de masa como en densidad de energía volumétrica que el CH<sub>4</sub>, lo que significa que el volumen de almacenamiento de H<sub>2</sub> será mayor que el necesario para el CH<sub>4</sub> para una cantidad equivalente de contenido de energía. Es por ello que se debe potenciar ésta técnica para aumentar la capacidad de almacenamiento, ya que los yacimientos de gas depletados, son los candidatos ideales a ser los almacenes energéticos del futuro.

## 1. INTRODUCCIÓN. NECESIDAD DE ALMACENAMIENTO DE H<sub>2</sub> EN EL SUBSUELO

En la actualidad el sistema eléctrico español se mantiene equilibrado por el uso de fuentes de energías no renovables —nucleares y térmica fósil— y de alto impacto ambiental (hidroeléctrica).

Dado el panorama actual del suministro de energía en Europa, es imperativo desarrollar estrategias sólidas que aborden los objetivos de emisiones netas cero y al mismo tiempo garanticen la seguridad del suministro de energía y mantengan la capacidad energética instalada. El plan presentado por el gobierno (PNIEC Actualización Borrador 2023-2030) [1] tiene como objetivo alcanzar un 81% de energía eléctrica de origen renovable para 2030 tal y como se puede ver en el cuadro siguiente

## “Trabajando para la sociedad”

Porcentaje de energías renovables en generación eléctrica				
Método cálculo	2019	2020	2025	2030
Directiva 2018/2001	37%	44%	72%	92%
Porcentaje directo	37%	43%	69%	81%

Tabla 1.1. Porcentaje de energías renovables en el sector de generación de energía eléctrica  
\* Los datos del año 2019 y 2020 son reales, el resto son proyecciones realizadas por el MITECO  
Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023

Incorporar fuentes de energías renovables al sistema de generación eléctrica tiene como limitación la dificultad de predicción de generación, la intermitencia de su producción (falta de viento y sol) y la compleja adaptación a cubrir las puntas de demanda en el despacho diario.

Como solución a este problema en los últimos años se han establecido tres tecnologías principales de almacenamiento energético a gran escala: las baterías, el bombeo hidráulico, y el almacenamiento subterráneo de energía (UES, Underground Energy Storage).

- Las baterías están alcanzando costes competitivos, pero no son una alternativa al almacenamiento masivo de grandes cantidades de energía y/o durante tiempos prolongados, solo pueden dar respuesta a desbalances de corta duración (entre 6-8 h)
- El bombeo hidráulico supone en España entre el 0,6 y el 1,1% de la producción, dependiendo del año hidrológico. [2] Su rentabilidad a largo plazo, tras la amortización de las obras, es elevada. Sin embargo el rechazo político y social, provocado por temas ambientales asociados a la construcción de presas en las ubicaciones idóneas, limita su expansión para convertirse en el referente de futuros sistemas de almacenamiento de energía limpia de apoyo a la generación renovable
- El almacenamiento subterráneo de energía, Compressed Air Energy Storage (CAES) es una tecnología veterana que se basa en el ciclo de la turbina de gas, movida por el aire comprimido almacenado. Sólo se han construido a la fecha dos centrales comerciales. Su capacidad de almacenamiento es muy limitada (cavernas artificiales, minas, etc.) y puede generar electricidad durante 8-10 horas máximo.

En la siguiente figura podemos apreciar las capacidades de almacenamiento y el tiempo de entrega de energía.

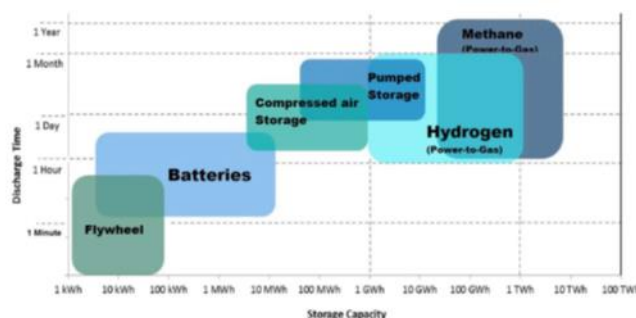


Figura 1.1. Capacidades de almacenamiento y tiempo de entrega de potencia. Fuente: School of Engineering, RMIT University 2015)

Las instalaciones de almacenamiento de gas subterráneas (UGS) brindan una solución viable a estos desafíos, ofreciendo flexibilidad, estabilidad y control sobre los recursos energéticos.

En España la necesidad de almacenamiento de energía a gran escala es necesaria, ya que las instituciones están impulsando en gran medida una transición rápida hacia una comunidad

## “Trabajando para la sociedad”

energética basada en energías renovables en todo el país. En la figura 2 podemos ver que España y Reino Unido tienen el menor almacenamiento entre los países grandes de la Unión Europea (UE)

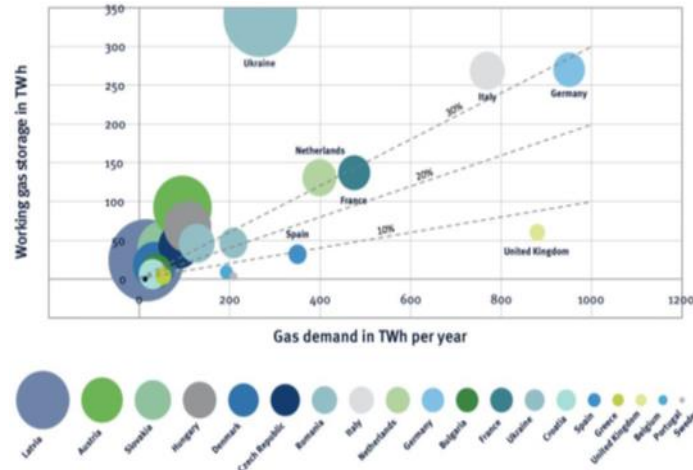


Figura 1.2. Almacenamiento de gas natural frente a demanda de Europa. España y el Reino Unido tienen el menor almacenamiento entre los seis grandes. Italia y Austria destacan por su elevado nivel de almacenamiento en relación con la demanda. (Adaptado de Speirs et al., 2020).

La hoja de ruta del hidrógeno renovable [1] desarrollada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico contempla la intención de utilizar almacenamientos geológicos como cavernas de sal, acuíferos y pozos agotados de Gas Natural/Petróleo para lograr estos almacenamientos a largo plazo y grandes cantidades de hidrógeno.

Las estimaciones aportadas en el informe "D2.2-1 Simulaciones 3D de multi realización para problemas de flujo y mezcla de fluidos a escala europea" (*Fundación Hidrógeno Aragón (FHa), España*) indican importantes capacidades de almacenamiento de hidrógeno en medios porosos para España. Según la capacidad instalada actual de almacenamiento subterráneo de gas natural, en los almacenes de Yela, Serrablo, Gaviota (ENAGÁS) y Marismas (Trinity Energy Storage), la capacidad estimada de almacenamiento de hidrógeno es de aproximadamente 3.000 MMm<sup>3</sup>, lo que podría haber cubierto alrededor del 7% del consumo energético español en 2022.

Estas estimaciones resaltan el importante potencial del almacenamiento de hidrógeno en España, tanto en la reutilización de la infraestructura existente como en la exploración de nuevas opciones de almacenamiento. Ampliar esta capacidad será vital para respaldar la creciente demanda de hidrógeno como vector de energía limpia y facilitar la integración de fuentes de energía renovables en el sistema energético.

Hay dos temas cruciales en estos momentos, uno es el reto tecnológico que supone la conversión de estructuras (instalaciones de los campos de gas, pozos y reservorios) para el uso de gas hidrógeno en vez de metano y el otro y no menos importante, el reto legislativo. La creación de una nueva legislación exclusiva para el hidrógeno es algo imperativo.

España no cuenta con legislación para el almacenamiento subterráneo de hidrógeno ni para el transporte del mismo por la red gasista actual, por lo que es de vital importancia contar con un marco regulatorio y legislativo que permita poder reconvertir estos campos de gas depletados en almacenes subterráneos de H<sub>2</sub>.

## 2. TIPOS DE ALMACÉN PARA HIDRÓGENO Y SUS CAPACIDADES

En la actualidad se consideran los siguientes tipos de almacenes subterráneos:

- Campos de Gas & Oil depletados

## "Trabajando para la sociedad"

- Campos de Gas & Oil en funcionamiento
- Acuíferos salinos
- Cavernas practicadas en diapiros y/o domos salinos
- Cavernas en roca y minas

En la siguiente tabla se exponen pros y contras de cada tipo de almacén

TIPOS DE ALMACENAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Campos de oil & gas depletados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran volumen de almacenamiento potencial</li> <li>• Se establecieron propiedades favorables de flujo y sellado.</li> <li>• Los pozos existentes pueden reutilizarse para almacenamiento</li> <li>• Datos de caracterización probablemente disponibles de actividades anteriores</li> <li>• Opción de menor costo</li> <li>• Recuperar valor de un sitio abandonado</li> <li>• Recuperación adicional de hidrocarburos</li> <li>• Tecnología madura para la conversión a operaciones de almacenamiento de gas natural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El agotamiento puede haber afectado la competencia del sello, la capacidad de almacenamiento, la capacidad de entrega de gas.</li> <li>• La infraestructura (pozos, tuberías) puede no ser adecuada o estar degradada.</li> <li>• Los pozos heredados pueden ser vías de fuga</li> <li>• Puede haber reactividad química entre el H2 y los hidrocarburos del almacenamiento</li> <li>• Puede no soportar demandas de carga fluctuantes</li> <li>• Probablemente con limitaciones legislativas locales y autonómicas</li> <li>• La tecnología para el almacenamiento de H2 está inmadura cuando hay una cantidad significativa de petróleo presente.</li> </ul>
Campos de oil & gas en operación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La infraestructura existente puede ser adecuada</li> <li>• Sitio idóneo para el almacenamiento económico de gas.</li> <li>• Tecnología madura para la conversión a operaciones de almacenamiento de gas natural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede dañar un activo activo</li> <li>• Demanda existente del gas natural contenido en el campo.</li> <li>• Probablemente con limitaciones legislativas locales y autonómicas</li> <li>• Se está desarrollando tecnología para el almacenamiento de H2 en campos operativos existentes.</li> <li>• Puede haber reactividad química entre el H2 y los hidrocarburos del almacenamiento</li> </ul>
Acuíferos salinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor disponibilidad lateral y capacidad posible</li> <li>• Menos o ningún pozo heredado que cause riesgo de fuga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades de depósito y sellado inciertas</li> <li>• Opción de mayor costo</li> <li>• Puede no soportar demandas de carga fluctuantes</li> <li>• Experiencia previa limitada, por lo que la tecnología está inmadura</li> </ul>
Cavernas de sal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posible riesgo de fuga bajo</li> <li>• Recurso poco profundo</li> <li>• Tasas de almacenamiento/entrega relativamente rápidas</li> <li>• Éxito demostrado anteriormente con el almacenamiento de H2</li> <li>• Se requieren menos pozos</li> <li>• La tecnología está madura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La deformación geomecánica puede provocar problemas de integridad del pozo</li> <li>• Probablemente con limitaciones legislativas locales y autonómicas</li> <li>• Las salmueras provenientes de la disolución del material son un problema medioambiental</li> </ul>
Cavernas en roca y minas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podría ser una buena opción para regiones sin alternativas viables</li> <li>• Tasas probables de almacenamiento/entrega rápidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probablemente con limitaciones legislativas locales y autonómicas</li> <li>• La tecnología es inmadura</li> </ul>

Tabla 2.1 Ventajas y desventajas de los tipos de almacenamiento

De este cuadro podemos extraer que los campos antiguos depletados presentan mayores ventajas que el resto para convertirse en almacenes subterráneos de hidrógeno (UHS)

- Buen comportamiento frente a subsidencias del terreno
- Tienen menor coste al compartir muchas de las estructuras de superficie ya existentes
- Pueden almacenar cantidades enormes de energía, teravatios/hora (TWh), y extraerlas en poco tiempo
- Seguridad del almacenamiento: debido a que el recipiente de contención es una formación geológica que está físicamente separada de factores de riesgo, como O<sub>2</sub>, fuentes de ignición e inundaciones, el almacenamiento subterráneo es menos susceptible a incendios, eventos climáticos extremos y sabotajes.
- Huella superficial: el almacenamiento subterráneo requiere menos terreno que el requerido para los tanques de almacenamiento superficial y no genera residuos su construcción, como pueden ser las salmueras provenientes de la disolución de las formaciones salinas para la creación de cavernas
- Estructuras geológicas adecuadas y probadas en el tiempo

La hoja de ruta española de almacenamiento de energía prevé 20 gigavatios (GW) de capacidad necesaria de almacenamiento para 2030 y 30GW para 2050. Con la versión actual del PNIEC se superan las previsiones de la Estrategia alcanzando los 22 GW en 2030.[2]

Para alcanzar ese rango de almacenamiento, necesariamente deberemos contar con la capacidad de muchas de las estructuras que se están estudiando en el Proyecto (formaciones porosas, formaciones salinas, etc) [3]

*“Trabajando para la sociedad”*

### 3. ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO DE HIDRÓGENO EN MEDIO POROSO

#### 3.1 EL PROYECTO DE TRINITY ENERGY STORAGE

La empresa Trinity Energy Storage es operadora (desde diciembre 2012) del almacenamiento subterráneo de gas regulado Marismas y cuenta con Concesiones de Explotación de Hidrocarburos en el valle del Guadalquivir, en el suroeste español.

Trinity Energy Storage es consciente de la decidida apuesta por la descarbonización de la sociedad, de las directrices que marcan el Gobierno de España (PNIEC) y la Unión Europea y buscando poner en valor sus yacimientos de gas depletados y su almacén subterráneo (Marismas), idea un proyecto capaz de almacenar grandes cantidades de energía renovable, dando otro uso a sus campos de gas, como almacenamientos subterráneos de gas renovable, en concreto Hidrógeno verde.

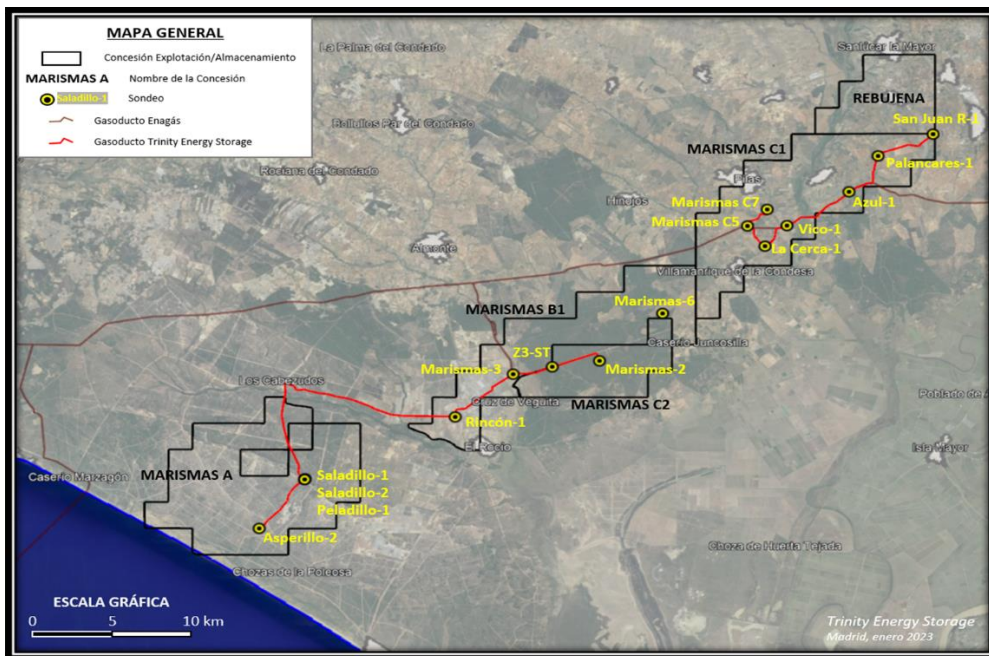


Figura 3.1 Situación de los pozos en la cuenca Guadalquivir de Trinity Energy Storage

Este proyecto, pionero en España, que arrancó en 2021 y que durará hasta 2024, tiene como objetivo probar que el campo de gas Palancares, prácticamente depletado y probado en su día como almacén subterráneo de gas natural, puede albergar diferentes mezclas de gas metano-hidrógeno hasta alcanzar una inyección de gas hidrógeno puro. El objetivo es validar que éste campo puede almacenar H<sub>2</sub> y poder usar el resto de los yacimientos mostrados en la Figura 3 como almacenes de gases renovables en el futuro.

#### 3.2 RETOS TECNOLÓGICOS

Aunque existe mucha experiencia con UGS, las diferencias en las propiedades físicas y químicas del H<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, presentan incógnitas para su uso en instalaciones dedicadas en un principio al CH<sub>4</sub> y cuyo estudio es el alcance del proyecto de Trinity.

Dada su alta reactividad, el H<sub>2</sub> interacciona, de manera diferente y más “agresiva” que el CH<sub>4</sub>, con todo aquello con lo que está en contacto. Por ello es prioritario estudiar:

## *"Trabajando para la sociedad"*

- La reactividad química del H<sub>2</sub> con los minerales de la roca-yacimiento o roca-sello y con los fluidos del reservorio
- Cómo afecta al yacimiento la conversión permanente de H<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub> y H<sub>2</sub>S por microorganismos.
- Su impacto sobre la estructura física del pozo y su integridad (tuberías de producción y de revestimiento, cementos y elastómeros)
- Otros

### 3.3 OBJETO DEL PROYECTO

El proyecto está dividido en varios estudios:

#### **a) Caracterización geológica de la estructura del campo Palancares**

Caracterización detallada a nivel de laboratorio, tanto de la roca almacén como de la roca sello. Para ello se analizarán muestras extraídas durante la perforación del pozo y muestras de roca fresca procedente de formaciones geológicas análogas al yacimiento seleccionado. Se realizarán análisis no-destructivos de hasta 60 metros de testigo (30 m sobre testigos existentes y 30 m sobre nuevos testigos) para caracterización de litofacies y correlación con los logs y datos existentes en otros puntos de la cuenca, (diagrafías de rayos gamma naturales, Velocidad de Ondas P, Densidad aparente, Susceptibilidad magnética y Resistividad eléctrica Difracción de RX (DRX), microscopía electrónica de barrido).

Se realizará la caracterización petrofísica de la estructura piloto en base a la información disponible mediante los sondeos que la atraviesen o análogos cercanos

Simulación en laboratorio de las condiciones del yacimiento (P&T) y ensayos geomecánicos de fatiga de las muestras de reservorio y sello (ciclos de carga-descarga). Estos ensayos permitirán determinar el riesgo de propagación/fuga de H<sub>2</sub> consecuencia de microfisuras ocasionadas en los ciclos de carga-descarga, proceso de operación habitual para este tipo de almacenes.

#### **b) Reactividad Mineral**

El objetivo principal de esta actividad es evaluar la interacción de los gases (H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) y agua de formación con la roca y minerales que conforman el sello y el reservorio del almacenamiento.

Se estudiará la interacción del H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> a presión y temperatura del almacén, sobre 20 muestras representativas seleccionadas (reservorio y sello). La duración de esta actividad será de entre 9 a 12 meses

Exposición de muestras de roca en autoclave. Las mezclas de exposición previstas: H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub>

#### **c) Reacciones químicas, bacterias y metanación**

Se prestará especial atención a la reacción de producción de metano a partir de H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en presencia de bacterias metanogénicas.

- Se realizará una pre-incubación de la muestra a estudiar con agua obtenida del yacimiento, con el objetivo de crear las condiciones de crecimiento bacteriano, semejante a lo que ocurriría en el propio yacimiento.

Se realizará la inoculación en un biorreactor a unos 45 °C para asegurar la colonización microbiana. Se introducirá H<sub>2</sub> y mezclas H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> en el biorreactor para evaluar la posible generación de metano (metanación) y/o ácido sulfhídrico

## *“Trabajando para la sociedad”*

### d) **Modelo Estático y Dinámico**

Empleando los datos de caracterización del reservorio y sello, reactividad mineral y reacciones químicas obtenidas en laboratorio, se realizará la modelización 3D y 4D del almacenamiento piloto de hidrógeno.

Para ello se utilizarán diversas técnicas informáticas

Se realizará el modelo estático 3D del yacimiento utilizando el programa de interpretación geológica y sísmica IHS-Kingdom Suite empleando los perfiles sísmicos y pozos existentes en el área.

Se construirá un modelo estático en profundidad (Petrel) y sobre éste se añadirá el modelo 3D petrofísico (mediante software Gocad), que incorporará los parámetros petrofísicos obtenidos. Todo ello tratará de representar fielmente las características geométricas, litológicas y petrofísicas del almacenamiento.

Los ensayos de fatiga (ciclos carga-descarga) alimentarán un modelo geomecánico por elementos finitos que permitirá determinar el comportamiento 4D de la formación. La simulación será mediante FLAC 3D.

Se completará el estudio con la creación de un modelo dinámico global en Tough, en el que simularán con distintas fases de inyección y extracción durante un periodo de 5 y 10 años (en fase experimental para H<sub>2</sub>) y determinar así el comportamiento a futuro del almacén.

### e) **Diseño de nuevos pozos para H<sub>2</sub>**

#### - En pozos existentes

- Asegurar la integridad de los pozos, existentes y futuros, en las estructuras almacén es un requisito fundamental para la estanqueidad de los almacenes y para prevenir fugas de fluidos a la superficie o a otros horizontes.
- El estudio detallado del estado de integridad presente y futura de los pozos mediante estudios de laboratorio y simulaciones de carga bajo las condiciones de operación previstas así como los test de campo permitirán el análisis de sus componentes principales.
- En particular: tuberías de superficie; árbol de Navidad (X Mas tree); tubing hanger (aceros y elásticos); cabeza de pozo; tubería de revestimiento (casing); válvulas de fondo (SCSVV); tubería de producción; packers, y cemento de recubrimiento de la tubería de revestimiento.
- La comprobación de la integridad se hará según normativa y en base a ensayos del tipo:
- Ensayos de presión: Se realizarán sobre todos los componentes posibles y en la modalidad de pressure test e inflow test. Ensayos de presión en el anular. Ensayos de fuga (leak test). Determinación de las fugas existentes y establecer sus caudales máximos aceptables

#### - En pozos nuevos

- Se realizará el diseño conceptual de los nuevos pozos (arquitectura y materiales) teniendo en cuenta los fluidos de operación, las condiciones geomecánicas existentes y futuras, así como los requerimientos constructivos y operativos del almacén (ciclos de presión/temperatura, corrosión, etc.).
- Se seguirán las normas ISO-UNE 16530 partes 1 y 2 de integridad de pozos en el ciclo de vida, con énfasis en los nuevos gases contemplados en los almacenes (H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>).

Por último, Se definirá un plan de desarrollo conceptual del almacenamiento, que valorará la necesidad de instalar redes de monitorización, nuevos pozos (planificación, trayectorias y timing de ejecución), y campañas geofísicas complementarias (2D/3D).

## "Trabajando para la sociedad"

En la siguiente figura observamos una vista del resumen de estudios llevados a cabo

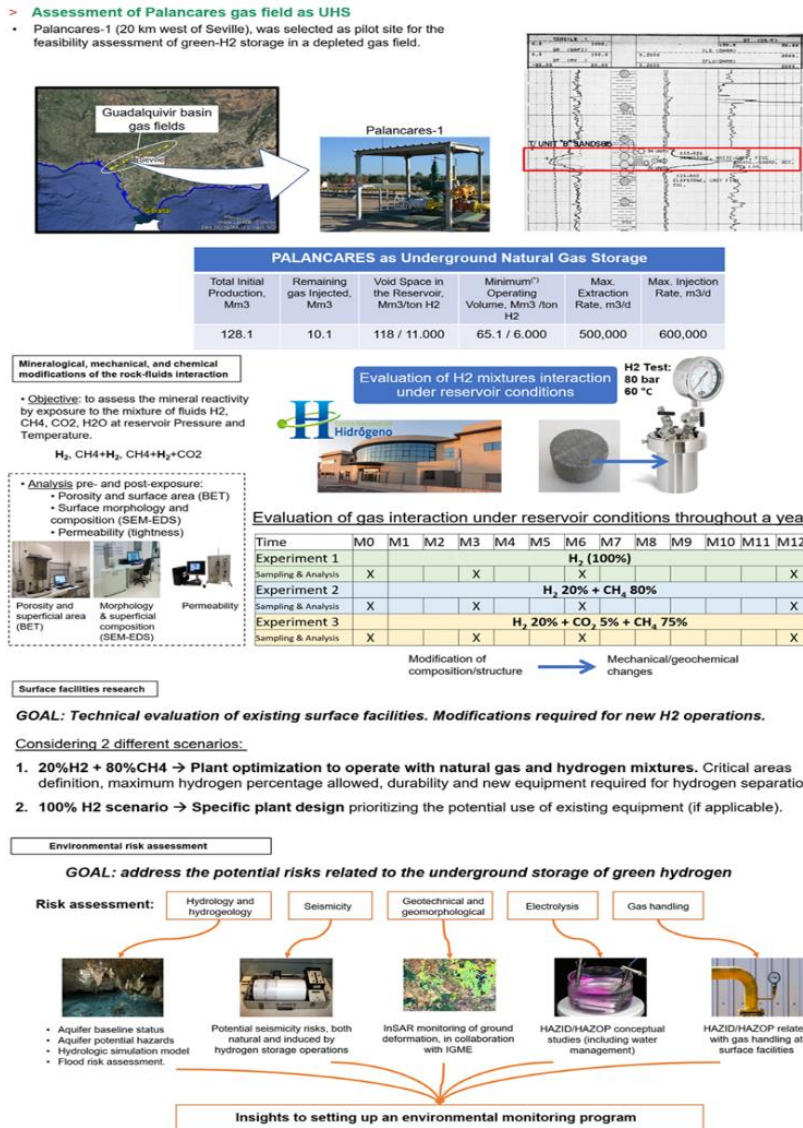


Figura 3.2 Visión general actividades del Proyecto de Almacenamiento de Trinity

## 4. CONCLUSIONES

Para lograr un almacenamiento subterráneo de H<sub>2</sub> a escala industrial, en apoyo de una transición a nivel nacional hacia una infraestructura energética neutra en carbono utilizando H<sub>2</sub> verde como vector energético, se necesitan avances tecnológicos significativos que se basen en el conocimiento existente de sistemas análogos y aprovechen la infraestructura de GN existente.

Es por ello muy necesaria la cooperación entre los Organismo Estatales, Reguladores, Industria, grupos de partes interesadas claves y otras entidades gubernamentales, para que se legisle y regule éste nuevo enfoque, se acceda a financiación que permita a las partes involucradas realizar proyectos de la máxima calidad y por último, fomentar mediante la comunicación de estos resultados, la difusión a la sociedad de los avances logrados y crear así un ambiente favorable, político y social, para el desarrollo de éstos almacenes y por ende del país.



*“Trabajando para la sociedad”*

## AGRADECIMIENTOS.

El Autor agradece la inestimable ayuda del equipo Técnico de Trinity Energy Storage SL, (Julio Matesanz, Santiago Ledesma y Cristina Yuste) para la conclusión de este trabajo.

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

CAES	Compressed Air Energy Storage
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
GN	Gas Natural
GW	gigavatio
H <sub>2</sub>	Hidrógeno
PNIEC	Plan Nacional Integrado de Energía y Clima
UE	Unión Europea
UGS	Underground Gas Storage
UHS	Underground Hydrogen Storage
TWh	teravatio hora

## ÍNDICE

1.	Necesidad de almacenamiento de H <sub>2</sub> en el subsuelo .....	1
2.	Tipos de almacén para H <sub>2</sub> y sus capacidades.....	3
3.	Almacenamiento subterráneo de Hidrógeno en medio poroso.....	5
3.1	El Proyecto de Trinity Energy Storage.....	5
3.2	Retos Tecnológicos.....	5
3.3	Objeto del Proyecto.....	6
4.	CONCLUSIONES.....	8

## TABLAS

Tabla 1.1	Porcentaje de energías renovables en el sector de generación de energía eléctrica * Los datos del año 2019 y 2020 son reales, el resto son proyecciones realizadas por el MITECO Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023.....	2
Tabla 2.1	Ventajas y desventajas de los tipos de almacenamiento.....	4

## *“Trabajando para la sociedad”*

### **FIGURAS**

Figura 1.1	Capacidades de almacenamiento y tiempo de entrega de potencia Fuente: School of Engineering, RMIT University 2015) .....	2
Figura 1.2	Almacenamiento de gas natural frente a demanda de Europa. España y el Reino Unido tienen el menor almacenamiento entre los seis grandes. (Adaptado de Speirs et al., 2020).....	3
Figura 3.1	Situación de los pozos en la cuenca Guadalquivir de Trinity Energy Storage.....	5
Figura 3.2	Visión general actividades del Proyecto de Almacenamiento de Trinity .....	6

### **REFERENCIAS.**

- [1] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, «BORRADOR DE ACTUALIZACIÓN DEL PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA 2023-2030»
- [2] Expansión - Datos Macro,» Available: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-consumo/espana>
- [3] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, «Hoja de Ruta del Hidrógeno: Una apuesta por el hidrógeno renovable,» NIPO, Madrid, 2020.