

Presentación a ENAGÁS - 18 de Julio 2023

ZEROeGLOBAL Solutions

Producción amoniaco con procesos no Haber-Bosch - (Actualización) 18 de Julio 2023



ZEROeGLOBAL

I - ZEROeGLOBAL Solutions, S.L.

- 1.- MISIÓN y VISIÓN**
- 2.- SOCIOS FUNDADORES**
- 3.- ENFOQUE SECTORIAL**

II - Producción amoniaco con procesos no Haber-Bosch

- 1.- OBJETIVO Y TECNOLOGÍAS**
- 2.- ULTIMOS ACONTECIMIENTOS INTERNACIONALES**
- 3.- QUÉ ES Y QUIEN PRODUCE EL MATERIAL C12A7:e “electride”**
- 4.- ASPECTOS DESTACABLES DEL MATERIAL C12A7:e “electride” PRODUCIDO EN ESPAÑA**
- 5.- ESTADO ACTUAL Y CONCLUSIONES**

1.- Misión

ZEROeGLOBAL Solutions, S.L. se constituye el 13 mayo de 2022 para proporcionar soluciones cero emisiones netas, “ZEROe”, orientadas a:

- Movilidad (Aérea, Naval, Terrestre)
- Generación estacionaria de electricidad, o de Hidrógeno
- Síntesis y disociación de Amoníaco, y electrolizadores
- Cadena de valor del Hidrógeno: almacenamiento-transporte-entrega



Ingeniería concurrente - Integración - Patentes

1.- Visión

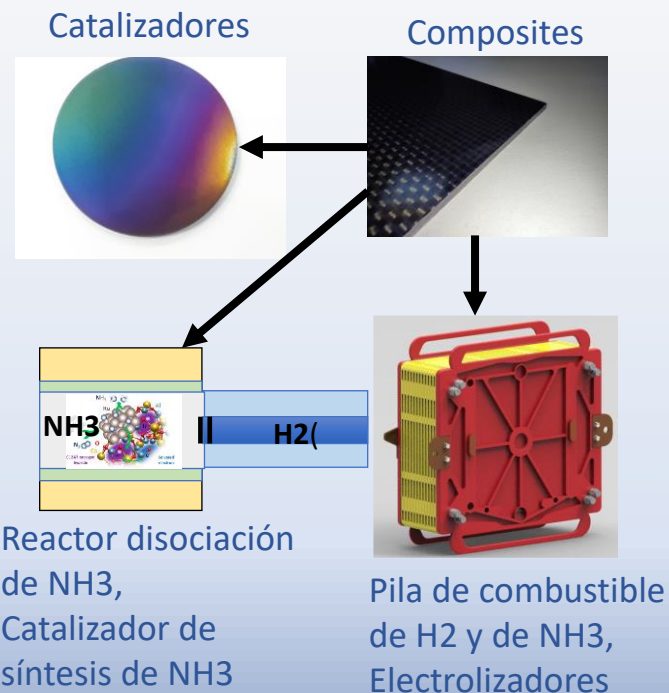
INNOVACION BASADA EN COMPLEMENTARIEDAD Y SUMA DE INNOVACIONES EN DISTINTAS DISCIPLINAS

RESULTADO ESPERADO: NO DEPENDENCIA DE MATERIALES O TECNOLOGÍAS CRÍTICAS PARA FABRICAR EN ESPAÑA PILAS DE COMBUSTIBLE Y ELECTROLIZADORES A CORTO PLAZO, SISTEMAS PARA LA SÍNTESIS Y DESCOMPOSICIÓN DEL AMONÍACO, Y SISTEMAS INTEGRADOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA ESTACIONARIA, MOVILIDAD, Y ALMACENAMIENTO DE ENERGIA.

ACTUALMENTE: Fuerte dependencia de proveedores especializados (no solo extranjeros sino fuera de la CE) y de materiales críticos (Platino, Paladio, Rutenio, Iridio, etc).

ESTRATEGIA:

- Elementos críticos de pilas de combustible y electrolizadores fabricados en España, eliminando las dependencias y altos precios por la escasa oferta. Desarrollo de sistemas para la síntesis y descomposición de amoníaco.
- No dependencia (sustitución) de materiales críticos. Por ejemplo, posible sustitución del Platino y Paladio por compuestos sintetizados con materias primas abundantes y baratas (material C12A7 de ATD).

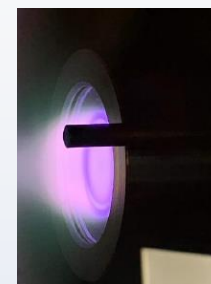


2.- Socios fundadores



www.atdevices.com

- ✓ Materiales electrocerámicos para aplicaciones energéticas y del espacio
- ✓ Síntesis y Disociación de NH_3



www.jalvasub.com

- ✓ Pilas de combustible
- ✓ Tecnologías del Hidrógeno
- ✓ Construcción y propulsión naval



www.ventorinnovations.com

- ✓ Energía renovables
- ✓ Materiales compuestos
- ✓ Aeronáutica



Ingeniería concurrente - Integración - Patentes

3.- Enfoque Sectorial

- ✓ Síntesis y Disociación de NH_3
- ✓ Generación Eléctrica estacionaria
- ✓ Propulsión Eléctrica Terrestre
- ✓ Propulsión Eléctrica Naval
- ✓ Propulsión Eléctrica Aeronáutica

Sector GASISTA

Sector AGRO

Sector NAVAL

Sector
M.TERRESTRE

Sector
FERROVIARIO

Sector AÉREO

- Plantas de pequeño y mediano tamaño para la producción de amoniaco a partir de energías renovables adaptada a las necesidades específicas de volumen y localización (distribuidas).
- Pilas de combustible PEMFC incluyendo la disociación previa del amoniaco para la extracción del H_2 .
- Disociadores de amoniaco para la extracción de H_2 de alta pureza.
- Pilas SOFC para la generación de electricidad utilizando el amoniaco de forma directa (sin disociación previa).
- Electrolizadores.
- Sistemas completos de energía para movilidad o generación estacionaria.



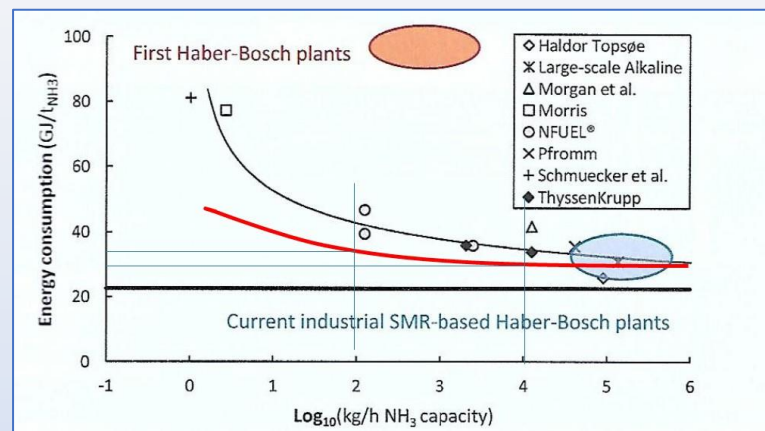
Jalvasub
engineering



1.- OBJETIVO Y TECNOLOGÍAS (1)

Desarrollo de un nuevo sistema de producción de amoníaco a partir de H₂ verde no Haber-Bosch que permita:

- **Producción a pequeña y mediana escala**, en lugar de grandes plantas basadas en Haber-Bosch, permitiendo, de esta forma la **generación distribuida**.
- **Plantas pequeñas-medianas pero con una eficiencia energética (coste marginal de producción) comparable a grandes plantas**.
- **Posibilidad de producción intermitente**, adecuada al acoplamiento de con la generación renovable (imposible con plantas Haber-Bosch).
- **Bajada de la barrera de la inversión**. Actualmente cientos o miles de M€ (solo dos plantas en España) frente a **objetivo de 5 a 10 M€** de inversión mínima para la producción de amoníaco.



1.- OBJETIVO Y TECNOLOGÍAS (2)

Tecnología para el cumplimiento del OBJETIVO.

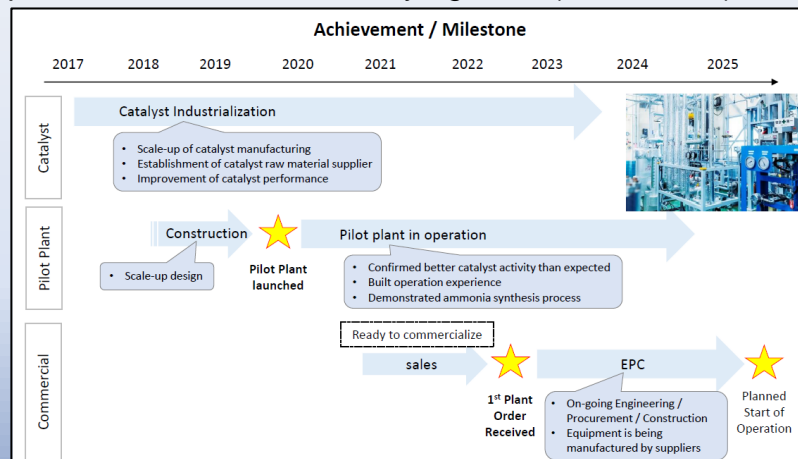
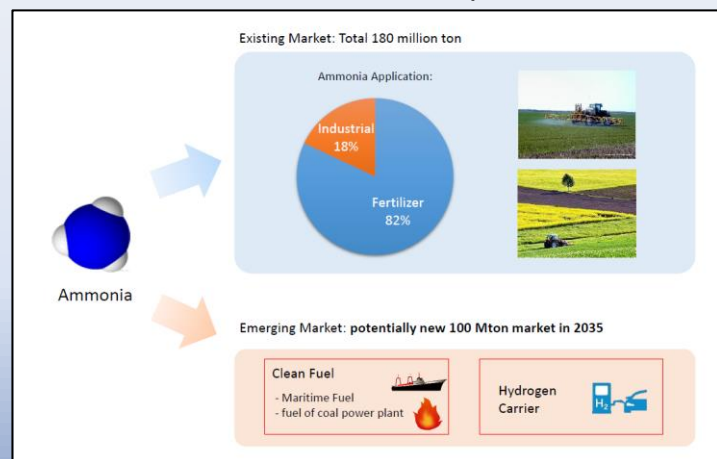
Proceso basado en catalizadores de última generación que permitan la síntesis eficiente evitando:

- **Altas presiones (200 bar en H-B), pasando a presiones entre 1 y 20 bar** con el abaratamiento y simplicidad de todo el sistema.
- **Separación de la problemática del H₂ (de otras fuentes) del mecanismo de síntesis**, frente a la integración actual en la cadena de reformado de CH₄: obtención de H₂ en el mismo proceso en el que tiene lugar la síntesis. Los productores actuales están obligados a cambiar o desaprovechar la mitad del proceso al necesitar H₂ verde y evitar ser la fuente de más del 2% de las emisiones globales de CO₂.
- **Proceso escalable**, desde pequeñas producciones a producciones razonables: plantas de 100 a 3000 Tm de NH₃/año.
- **Fiabilidad e intermitencia**, con la posibilidad de parada y arranque para su adaptación a la generación renovable.

ULTIMOS ACONTECIMIENTOS INTERNACIONALES (1)

El pasado 29 de junio tuvo lugar la presentación de la primera planta experimental probada del mundo en la “Ammonia Energy Association” (AEA, <https://www.ammoniaenergy.org/>) por parte de la compañía japonesa TSUBAME BHB (participada por Mitsubishi). El catalizador utilizado es el mismo, Ru-C12A7:e, desarrollado por el Inst. de Tecnología de Tokio que fueron los primeros en desarrollar el material.

La presentación causó un gran impacto dado que, tras casi tres años de evaluación profunda, sobre todo por parte de Mitsubishi parte del capital de Tsubame), **se demuestra la viabilidad de la generación de NH3 a pequeña y mediana escala de forma distribuida**, especialmente indicada para los sectores **marítimo** y agrícola (fertilizantes).

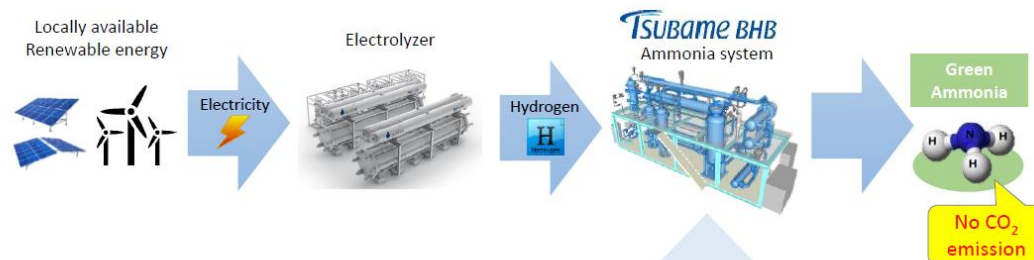


ULTIMOS ACONTECIMIENTOS INTERNACIONALES (2)

Entre los aspectos más relevantes destacan:

- **Comportamiento del catalizador mejor del esperado.**
- Demostración de la **fiabilidad** de la planta (con la evaluación de Mitsubishi durante tres años).
- **Escalabilidad** hasta 5000 Tm de NH₃/año (más de lo esperado).
- **Costes muy competitivos:** a partir de 5 M\$ se prevén plantas de 500 Tm/año cuando los sistemas típicos H-B suponen inversiones por encima de los 1.000 M\$ (plantas muy grandes). Para ello **es CLAVE la fabricación propia del catalizador** (componente principal del coste) y el control de la tecnología asociada.

Semi-automated ammonia production system requires less operating labor, which enables user-friendly ammonia production.



Line-up of ammonia production system

Type	Module			Plant
Name	TM-500	TM-3000	TM-5000	
Capacity	500 ton/yr	3,000 ton/yr	5,000 ton/yr	10,000 – 50,000 ton/yr
Size	17 yd x 23 yd	22 yd x 33 yd	27 yd x 37 yd	TBC
CAPEX (*1)	5-10 M USD	10-15 M USD	15-20 M USD	TBC
CO2 avoidance (*2)	800 ton-CO ₂ /year	5000 ton-CO ₂ /year	8000 ton-CO ₂ /year	16k – 80k ton-CO ₂ /year

(*1: CAPEX is for reference purpose only)

(*2: comparison with natural gas based ammonia production)

ULTIMOS ACONTECIMIENTOS INTERNACIONALES (3)

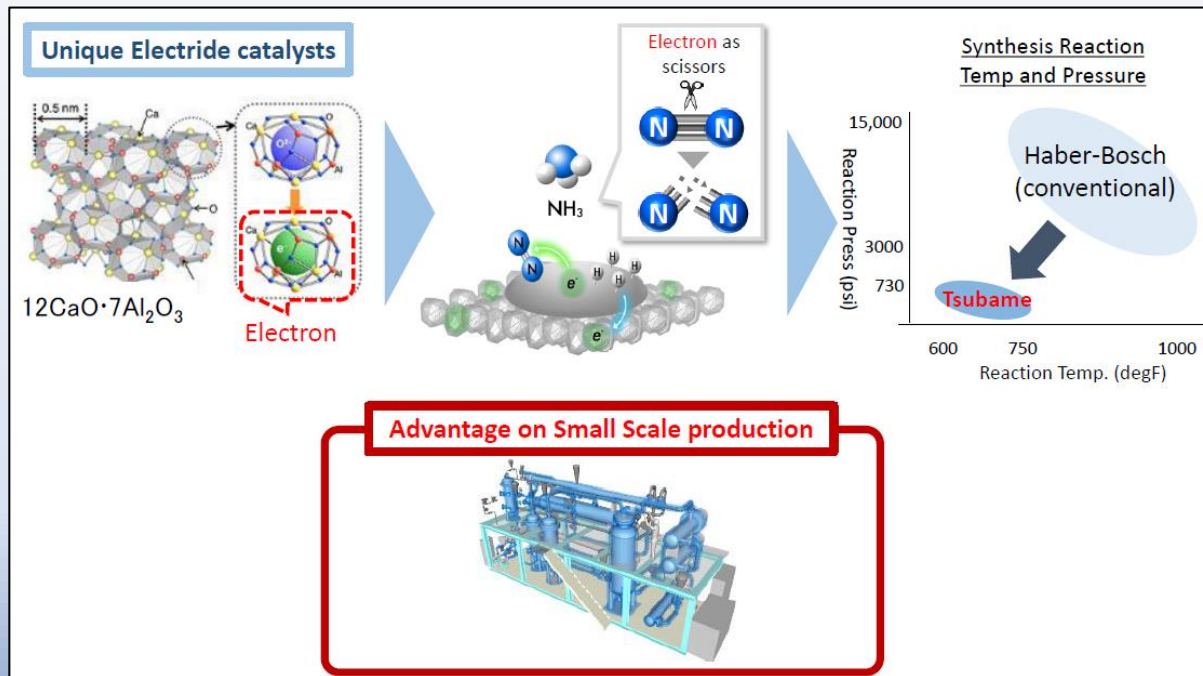
Gran apuesta empresarial (Tsubame y Mitsubishi) y del gobierno japonés con Australia y Estados Unidos entre sus objetivos de expansión industrial.

- **Australia**, quiere convertirse en el Hub de amoniaco marítimo.
- **Estados Unidos**, que subvenciona con **530 USD por Tm de NH₃ producida con H₂ verde**, lo que supone prácticamente el 100% de la repercusión por la amortización de la infraestructura de síntesis. Con ello la competitividad se centra en la eficiencia energética del proceso que supondría la vuelta a precios precrisis del amoniaco producido por energías renovables y plantas pequeña-medianas escalables.



ULTIMOS ACONTECIMIENTOS INTERNACIONALES (4)

TSUBAME basa toda su estrategia en el nuevo catalizador Ru-C12A7:e (“electride”)



3.- QUÉ ES Y QUIEN PRODUCE EL MATERIAL C12A7:e “electride” (1)

El material C12A7 es un material cerámico compuesto de 12 moléculas de CaO y 7 moléculas de Al₂O₃ (alúmina) que se consigue con la cristalización de los precursores con determinadas condiciones de temperatura, presión y atmósfera formando una estructura cristalina propia. Es posible extraer dos iones oxígeno de la estructura formada por dos celdas y sustituirlos por electrones manteniendo la integridad y estabilidad del cristal. Con ello se consigue un material con muy baja función de trabajo (2,4 eV) y, por tanto, con alta capacidad para emitir electrones con baja energía. Un “electride” es un material en el que iones negativos de su estructura han sido sustituidos por electrones que actúan como aniones sin ser específicamente iones.

En **Japón**, el Instituto de Tecnología de Tokio fue pionero en sintetizar y, sobre todo, en detectar las propiedades de este “electride” entre 2004 y 2012, y su contribución es fundamental en la creación de TSUBAME y la puesta en marcha a partir de 2016-2017.

En **Europa** se optó por su aplicación aeroespacial como emisor de electrones para propulsión iónica, fundamentalmente a través del Instituto Fraunhofer (Alemania) y ATD (España), desde 2019.

En **Estados Unidos** también se comenzó su aplicación en el campo aeroespacial desde 2015 a través de la NASA y la Universidad de Colorado.

Desde 2019, una vez conocidas sus propiedades especiales como catalizador para la síntesis y disociación de amoniaco, evitando Haber-Bosch, en Estados Unidos el DoE lo ha considerado estratégico fundamentalmente a través de entidades de relevancia como Lawrence Berkeley Lab (LBL) y Oak Ridge National Lab (ORNL).

3.- QUÉ ES Y QUIEN PRODUCE EL MATERIAL C12A7:e “electride” (2)

Desarrollo en Europa.

- **ATD comenzó en 2015, mediante proyectos CDTI la síntesis del material C12A7:e “electride” siendo el primer material producido en Europa con éxito, evaluado en el LBL (California, EEUU) en 2017.**
- **En marzo de 2019, la Comisión Europea adjudicó el proyecto FETOPEN “ETPACK”** donde participan el Inst. Fraunhofer y ATD, con objeto de utilizar el material para una aplicación de “de-orbitado” de satélites específico.
- **En octubre de 2019, la Comisión Europea adjudica dos proyectos estratégicos: NEMESIS (liderado por España, ATD) y “IFACT”,** liderado por Alemania pero con algunos partícipes comunes, con objeto de desarrollar el futuro cátodo europeo, especialmente basado en C12A7:e “electride”, que permita la no dependencia de tecnologías y materiales no producidos en Europa.
- **Entre 2020 y 2022 ATD consigue estabilizar el material para determinados usos y obtiene la primera patente (ES2897523)** con otra petición en curso (P202230628).
- **En junio de 2022, ATD demuestra en el IEPC-2022 (International Electric Propulsion Conference, MIT, Boston) la primera utilización viable de NH3 en generadores de electrones para propulsores iónicos.** Continúa con la investigación del uso del material en la síntesis y disociación de amoniaco.
- **En diciembre de 2022 el CDTI aprueba los proyectos:**
 - **HIDRAM** (programa MISIONES), que incluye el desarrollo de la primera piloto experimental de síntesis y disociación de NH3, pila de combustible PEM y SOFC directa de amoniaco, con la participación de ATD, JALVASUB y VENTOR.
 - **ZEROeVTOL** (programa PTA) para el desarrollo de drones alimentados por H2 y NH3 con la participación de las tres empresas.

4.- ASPECTOS DESTACABLES DEL MATERIAL C12A7:e “electride” PRODUCIDO EN ESPAÑA. (1)

El proyecto NEMESIS, liderado por ATD, <https://cordis.europa.eu/project/id/870506>, <https://www.nemesis-space.eu/> , acaba de finalizar con una evaluación especialmente relevante, realizada con la coordinación del CNRS francés como organismo evaluador de referencia, entre la que se destacan los siguientes puntos:

- **Excelencia en la gestión y visión del proyecto de I+D.**

Project has fully achieved its objectives and milestones for the period.

NEMESIS is a high-quality project with remarkable outcomes and findings.

With no doubts all scientific and technological results are of great quality (not to write "of the highest").

NEMESIS was a great project and a profitable investment for the EU in terms of results and gain in knowledge.

As stated above results are exceptional and they will strengthen competitiveness and independence of Europe in the space and energy domains

All milestones were achieved. All deliverables have been submitted and validated. I want to mention they all are of high quality in terms of structure and content.

Objectives have been reached and even exceeded

Reports and technical notes (deliverables) are all of high quality.

4.- ASPECTOS DESTACABLES DEL MATERIAL C12A7:e “electride” PRODUCIDO EN ESPAÑA. (2)

- **Excelencia técnica de los resultados. Calidad del material C12A7:e (“electride”)**

This is for sure the best C12A7:e material in Europe and probably in the world.

C12A7:e electrodes could also have a great impact for non-space applications especially in the field of energy production as they could replace traditional electrodes for H₂ and NH₃ production.

To the best of my knowledge this is a world first (iodine was previously used but the cathode was then fed with a rare gas to operate properly)

Another evidence of the high quality of the work as a whole is the transition from TRL1 to TRL4

Several articles have been (or will be soon) published in rank-A scientific journals

- **Reconocimientos explícitos.**
 - **Material characterization and performance: Validated - high-quality C12A7:e material is now available in Europe**
 - **Cathodes endurance tests under selected alternative propellant: Validated - Iodine and ammonia successfully Tested**
 - **Cathodes operated under alternative propellant TRL4 level achieved: Validated - TRL4 reached**
 - **HET operated with iodine lifetime: Validated - World first. Open the way to the next generation of Hall thrusters**

5.- ESTADO ACTUAL Y CONCLUSIONES

- Los japoneses (Tsubame-Mitsubishi) han demostrado la viabilidad de la síntesis de NH₃ con procesos no Haber-Bosch basada en nuevos catalizadores, específicamente el material C12A7:e “electride”, **demostrando la viabilidad de plantas distribuidas (pequeñas y medianas), claramente escalables, con funcionamiento intermitente (acopladas a la naturaleza de la generación renovable) con niveles de inversión de entrada muy bajos.**
- **Estados Unidos** prepara un **proceso masivo de “downsizing” en la producción de NH₃ con subvenciones directas a la producción de 530 USD por Tm de NH₃ utilizando H₂ verde.** Este hecho supone la aproximación a cero de la repercusión de la amortización de la infraestructura en la producción de amoniaco, limitando el coste marginal al coste energético asociado a la unidad de producción.
- **La Comisión Europea considera en su evaluación del proyecto NEMESIS, que Europa dispone del material C12A7:e, producido en España, con una calidad excepcional (“mejor de Europa e incluso del mundo”) e identifica claramente las aplicaciones industriales relacionadas con el H₂ y NH₃.**
- **Existen proyectos institucionales (HIDRAM y ZEROeVTOL) que garantizan el desarrollo de pilotos de síntesis de NH₃, disociación y utilización en pilas PEM de H₂ y SOFC directas de amoniaco, con la participación de ATD, JALVASUB y VENTOR.**
- El “time to market” y la oportunidad de presentar la **primera planta de síntesis de NH₃ con H₂ verde en Europa y la segunda a nivel mundial aconsejan una acción rápida con ENAGAS con objeto de acelerar el proceso** sin tener que esperar al “timing” derivado de la disponibilidad financiera de proyectos institucionales de acuerdo a la planificación prevista, así como el alcance del piloto (demostrador en el caso de HIDRAM).
- **Las sinergias en cuanto a disponibilidad de energía de ENAGAS, puede lanzar la eficiencia aún más de lo estimado.**

ZEROeGLOBAL

¡ Muchas gracias por su atención !