

# Almacenamiento de energía renovable y CO<sub>2</sub> en forma de combustibles sostenibles

**José María Sánchez Hervás**  
**CIEMAT**

División Combustión y Gasificación,  
Unidad de Valorización Termoquímica Sostenible

[josemaria.sanchez@ciemat.es](mailto:josemaria.sanchez@ciemat.es)

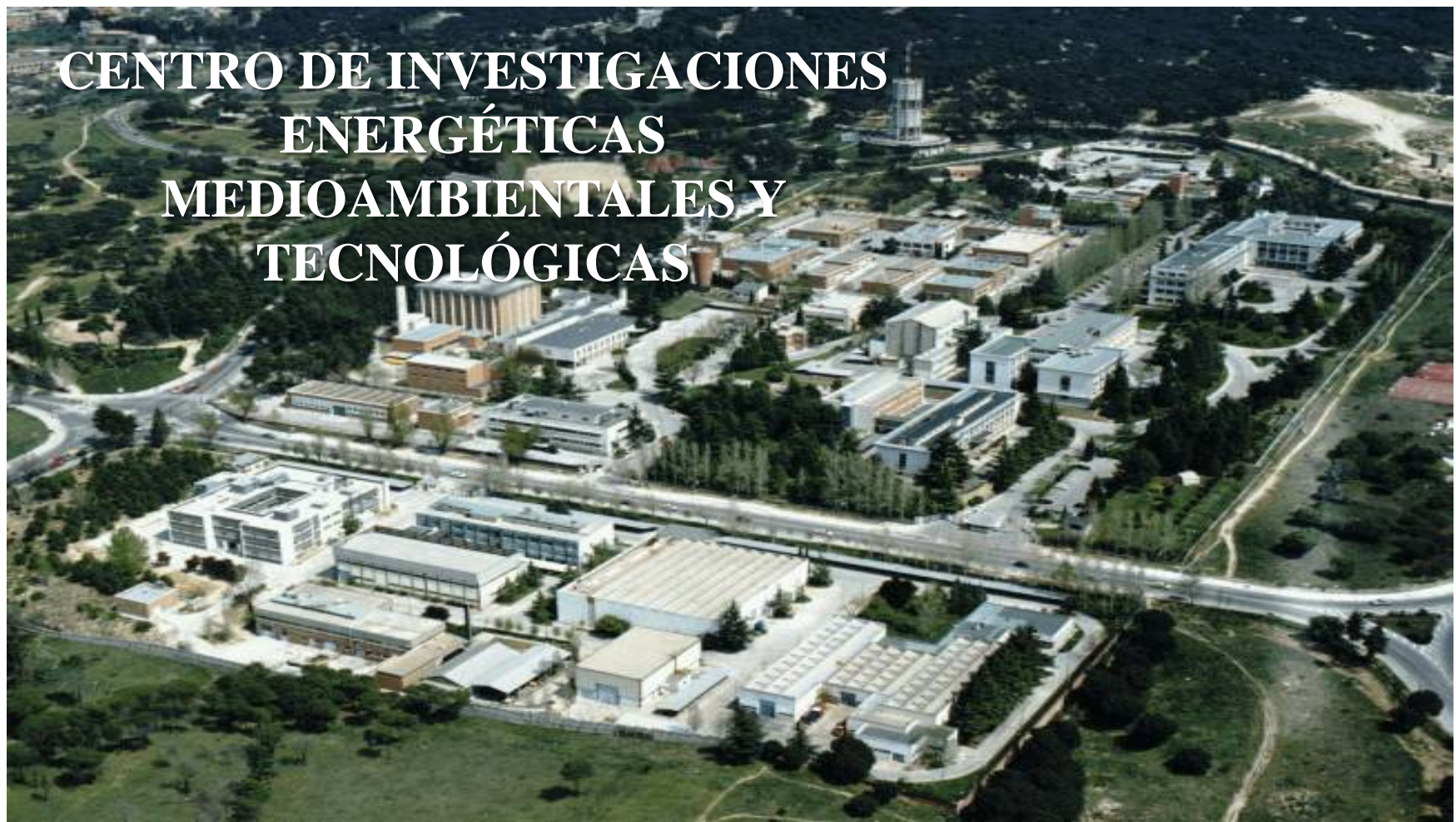
Curso: Tecnologías de captura, almacenamiento y usos del CO<sub>2</sub>:  
Soluciones para afrontar el cambio climático

URJC, Móstoles, 4 de julio de 2019

# ÍNDICE

- *Breve presentación CIEMAT*
- *De Energía Renovable y CO<sub>2</sub> a Combustibles Sostenibles*
- *Actividad del CIEMAT en Conversión de Energía Renovable y CO<sub>2</sub> a Combustibles Sostenibles*
- *Conclusiones*

# ***Breve Presentación CIEMAT***



Sede Central: Ciudad Universitaria, Madrid  
Centros Territoriales: CEDER, PSA, CISOT, CETA

# ESTRUCTURA EN DEPARTAMENTOS



## DIVISION/UNIDAD/GRUPO DE INVESTIGACIÓN



# División de Combustión & Gasificación



***De Energía Renovable y CO<sub>2</sub> a  
Combustibles Sostenibles***

# ¿Por qué el interés en almacenar energía renovable y reciclar CO<sub>2</sub> en forma de combustibles sostenibles?



Petroleo



Carbón



Gas natural

CONSUMO



EXCESIVO



**CAMBIO  
CLIMÁTICO**

**CO<sub>2</sub>**





# ¿Por qué el interés en almacenar energía renovable y CO<sub>2</sub> en forma de combustibles sostenibles?

**Objetivos**   **2020/2030/2050**

↑ **ENERGÍAS RENOVABLES**  
↓ **GEI**  
↑ **EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**ENERGÍAS RENOVABLES**

↑ **DEPENDENCIA RECURSO 1º** (  ,  )  
↓ **ENERGÍA GENERADA/POTENCIA INSTALADA**  
↑ **VARIABILIDAD**

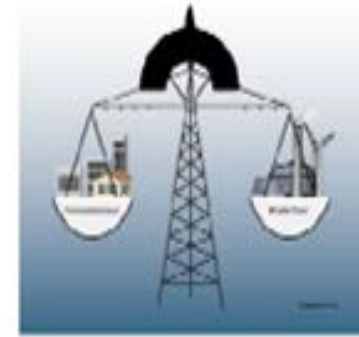
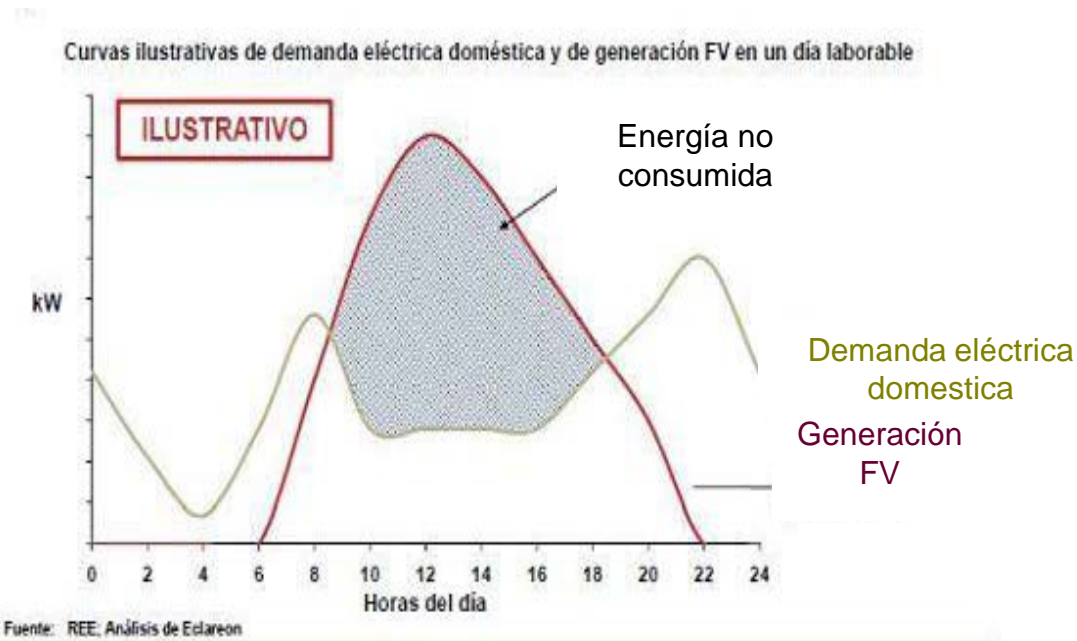
**+ Energía sostenible y limpia**

↑ **DEMANDA**  
↓ **DEPENDENCIA C. FÓSILES**  
↓ **IMPACTO MEDIOAMBIENTAL**

# ¿Por qué el interés en almacenar energía renovable y CO<sub>2</sub> en forma de combustibles sostenibles?

⇒ ↑ Capacidad de almacenamiento

Intermitencia de las energías renovables:

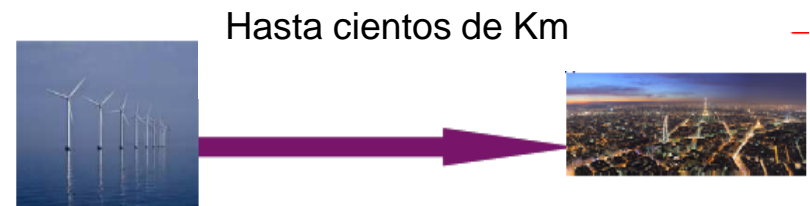


Desajuste producción vs. consumo



*Excedente de producción*

⇒ Infraestructura de transporte





# ¿Por qué el interés en almacenar energía renovable y CO<sub>2</sub> en forma de combustibles sostenibles?

Objetivos   2020/2030/2050

↑ ENERGÍAS RENOVABLES  
↓ GEI  
↑ EFICIENCIA ENERGÉTICA

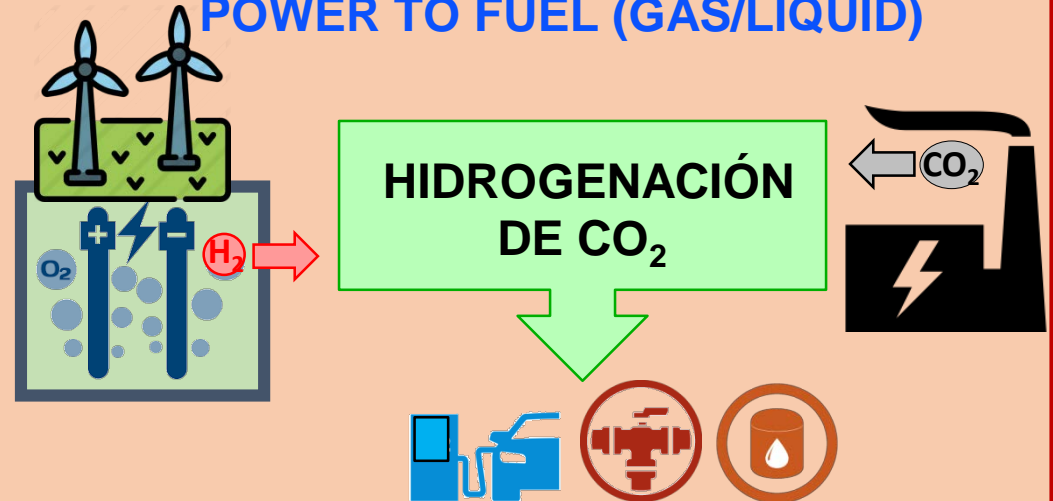
**ENERGÍAS RENOVABLES**

↑ DEPENDENCIA RECURSO 1º (  ,  )  
↓ ENERGÍA GENERADA/POTENCIA INSTALADA  
↑ VARIABILIDAD

+ Energía sostenible y limpia

↑ DEMANDA  
↓ DEPENDENCIA C. FÓSILES  
↓ IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

**POWER TO FUEL (GAS/LIQUID)**



# ¿Por qué el interés en almacenar energía renovable y CO<sub>2</sub> en forma de combustibles sostenibles?

**Objetivos**   **2020/2030/2050**

↑ **ENERGÍAS RENOVABLES**

↓ **GEI**

↑ **EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**ENERGÍAS RENOVABLES**

↑ **DEPENDENCIA RECURSO 1º** (  ,  )

↓ **ENERGÍA GENERADA/POTENCIA INSTALADA**

↑ **VARIABILIDAD**

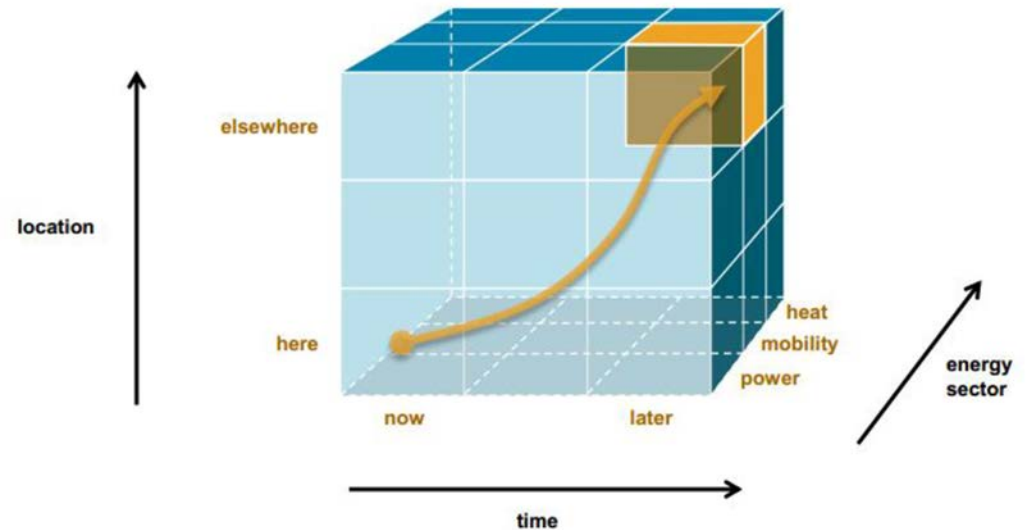
**+ Energía sostenible y limpia**

↑ **DEMANDA**

↓ **DEPENDENCIA C. FÓSILES**

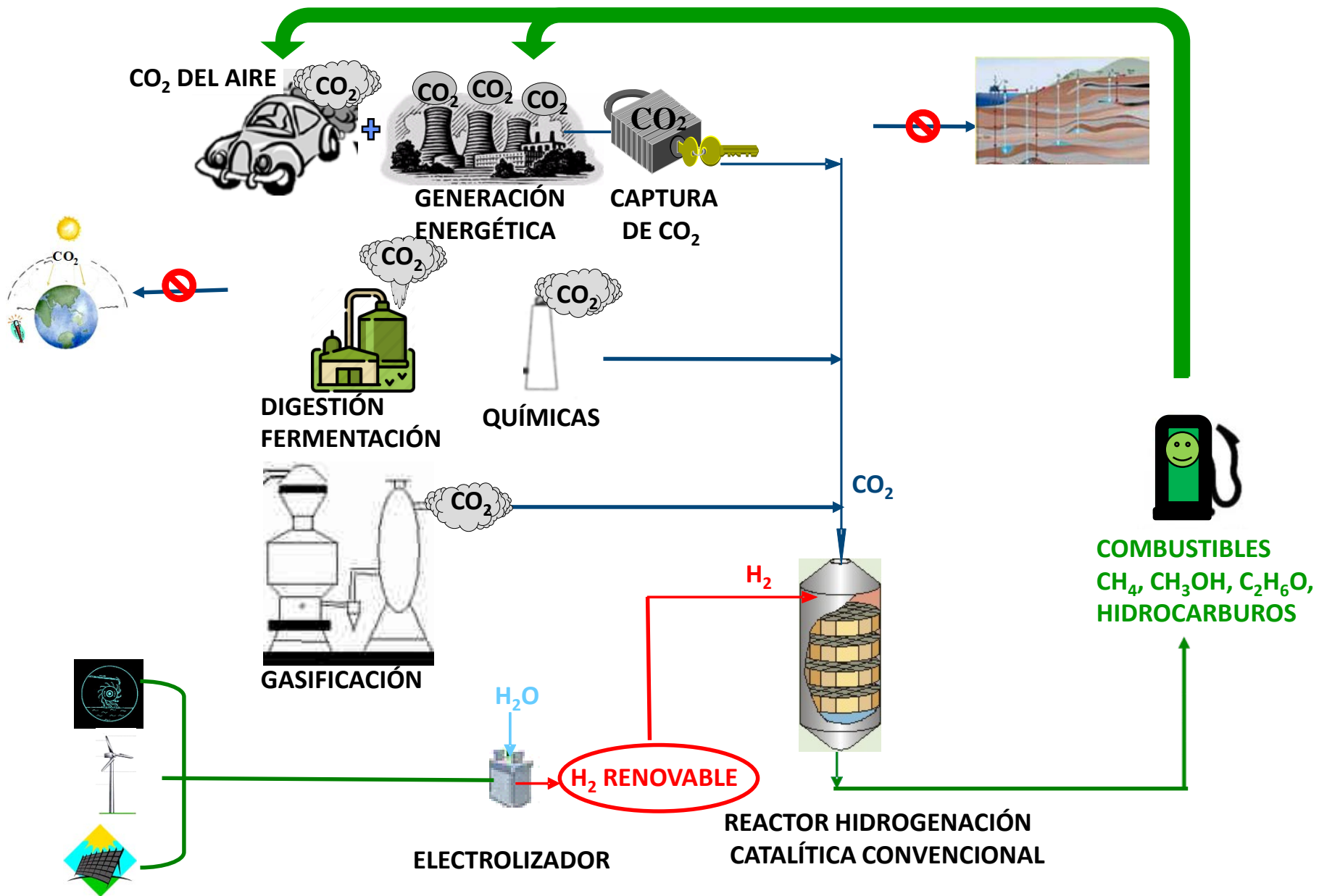
↓ **IMPACTO MEDIOAMBIENTAL**

**Flexibilidad del Power-to-Fuel**

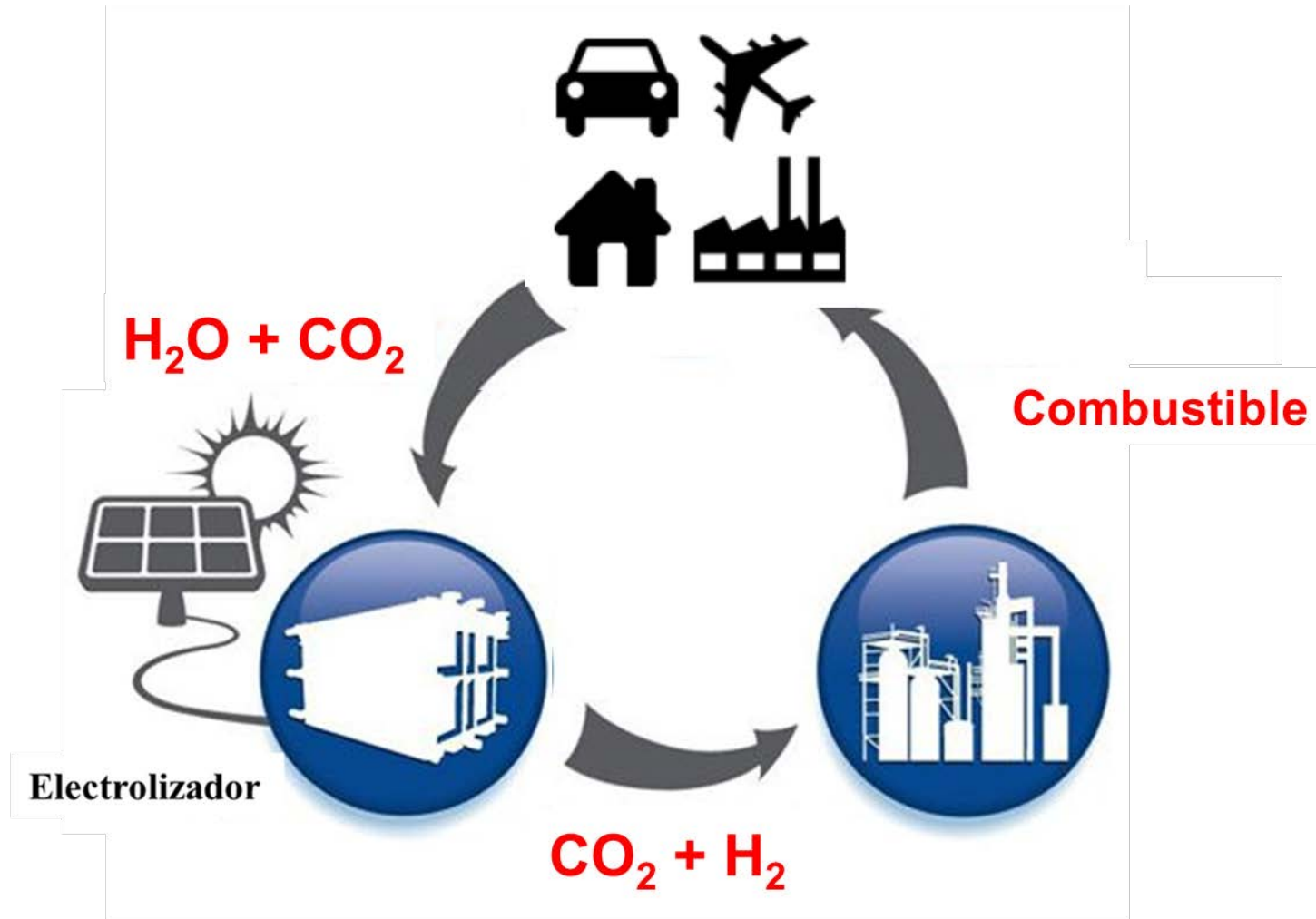


Fuente: ETOGAS 2013

# Concepto de almacenamiento energético y reciclado de CO<sub>2</sub>

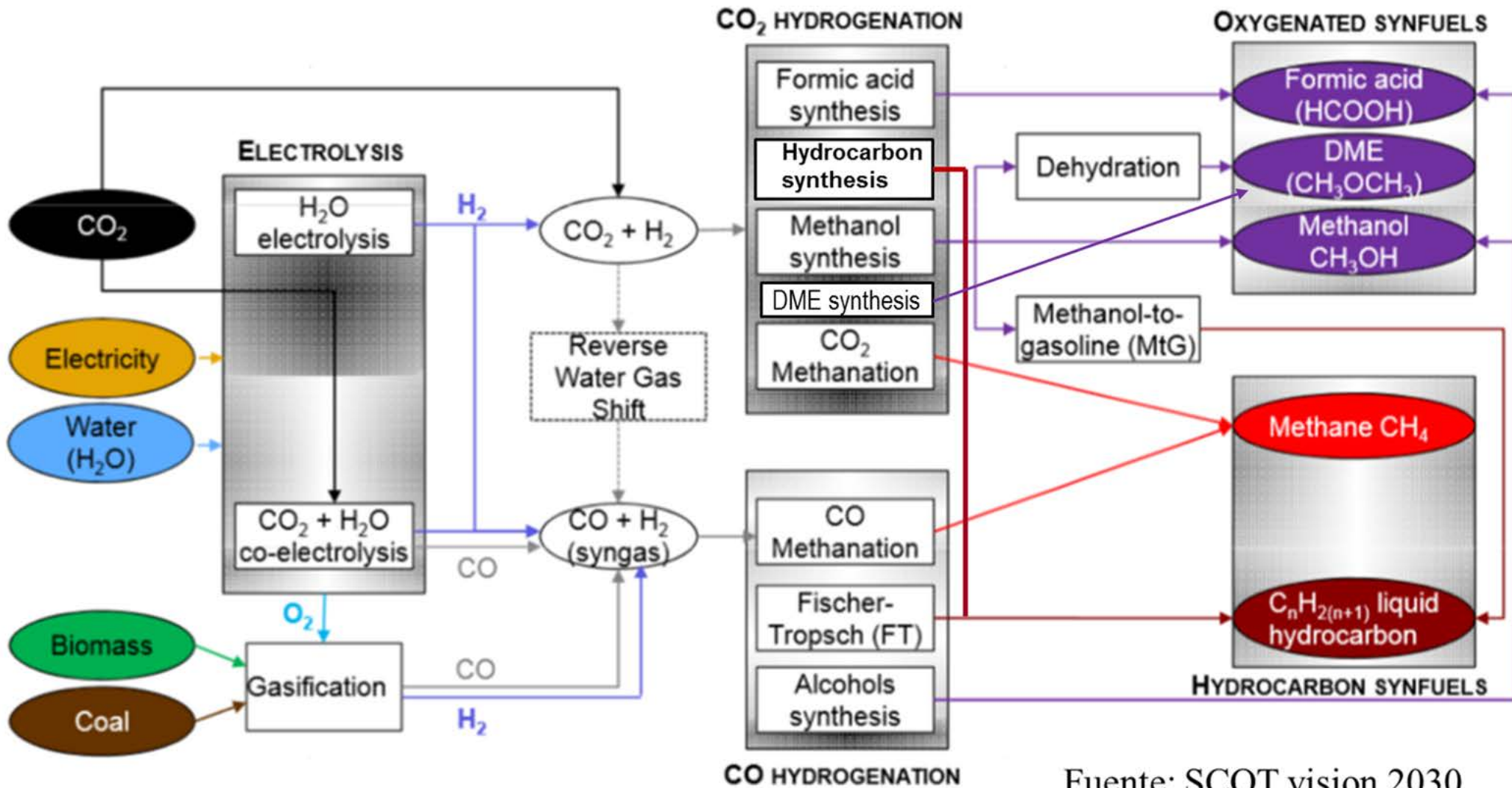


# Concepto de almacenamiento energético y reciclado de CO<sub>2</sub>



# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> – ESTADO DEL ARTE

## Synthetic fuels developed using CO<sub>2</sub>



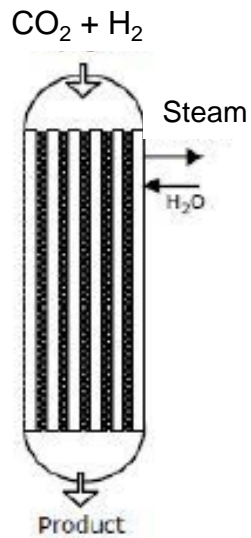
Fuente: SCOT vision 2030

# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> – ESTADO DEL ARTE

Reacción ( $\Delta H^\circ$ en <i>kJ/mol</i> )	Catalizadores	Aplicación
$\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ (-165.0)	<b>Ni/ Fe/Co/Ru/Rh/Mo..</b> sobre $\text{MeO}_x$ ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2/ \text{ZrO}_2\dots$ ).	Inyección red gas natural
$\text{CO}_2 + 3 \text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ (-49.4)	<b>Cu/ZnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> Cu/ $\text{MeO}_x$ ( $\text{ZrO}_2/\text{TiO}_2/\text{SiO}_2,\dots$ ) Pd o Ag sobre ZnO, $\text{ZrO}_2\dots$	Pilas de combustible Mezcla gasolina (5-85 %) Mezcla diésel (< 100 %)
$2 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$ (-122.2)	<b>Bi-funcionales:</b> Cu/ZnO .. (síntesis $\text{CH}_3\text{OH}$ ) $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3\dots$ (deshidratación)	Alternativo a LPG Generación energética Alternativo diésel
$2 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2 \leftrightarrow \text{C}_3\text{H}_5\text{OH} + 3 \text{H}_2\text{O}$ (-86.7)	Fe, Rh, Ru y combinación	Mezcla gasolina (10-85 %)
$\text{CO}_2 + \text{H}_2 \leftrightarrow \text{C}_x\text{H}_y - (\text{FT-HC}) + \text{H}_2\text{O}$ (<0)	<b>Fe</b> sobre $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2/$ $\text{TiO}_2/\text{zeolita}$	Alternativo a gasolina Alternativo a diésel Alternativo a comb. aviación
$\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{HCOOH}$ (-31.4)	Organometálicos	Pilas de combustible

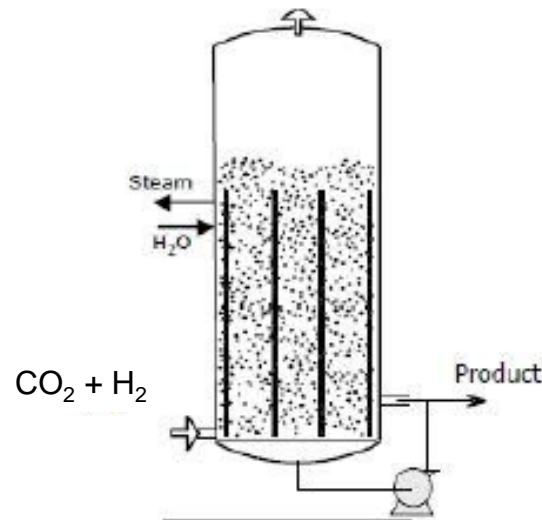


# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub>– ESTADO DEL ARTE



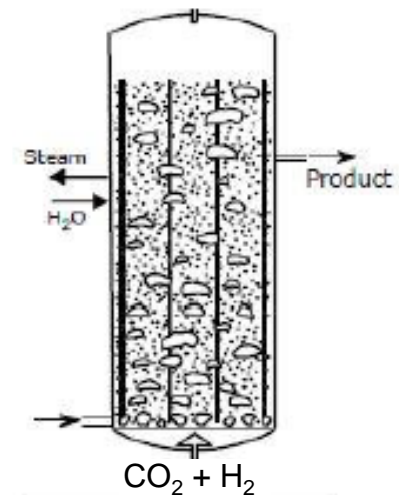
Fixed Bed Reactor

- ▲ Mechanical design
- ▲ Easy Liquid/Solid separation
- ▲ High productivity
- ▼ Heat removal management
- ▼ Mass transfer limitation
- ▼ Catalyst make-up
- ▼ High pressure drop (depending on particle size)



Ebullating Bed Reactor

- ▲ Thermal control
- ▲ Easy Liquid/Solid separation (compared to SBCR)
- ▼ Mass transfer limitation (more efficient compared to FBR)
- ▼ Solid concentration

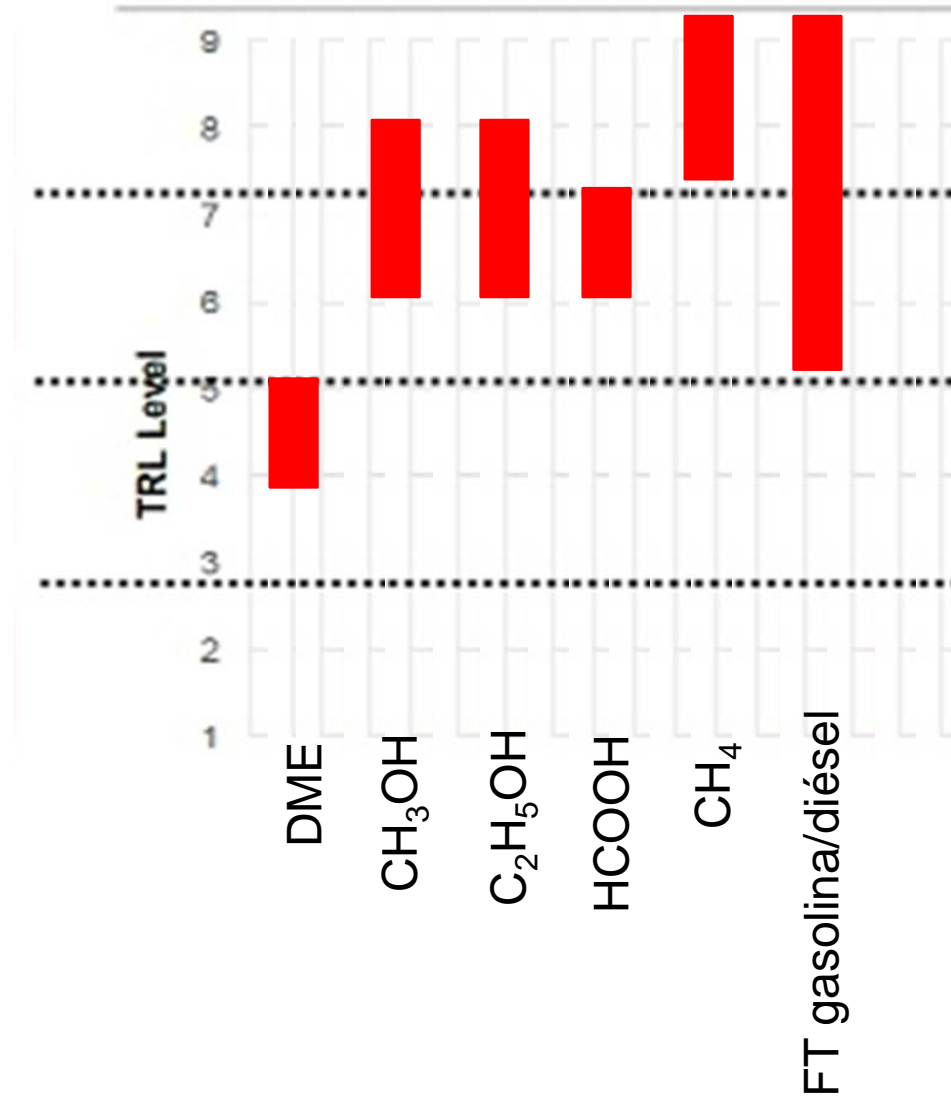


Slurry Bubble Column Reactor

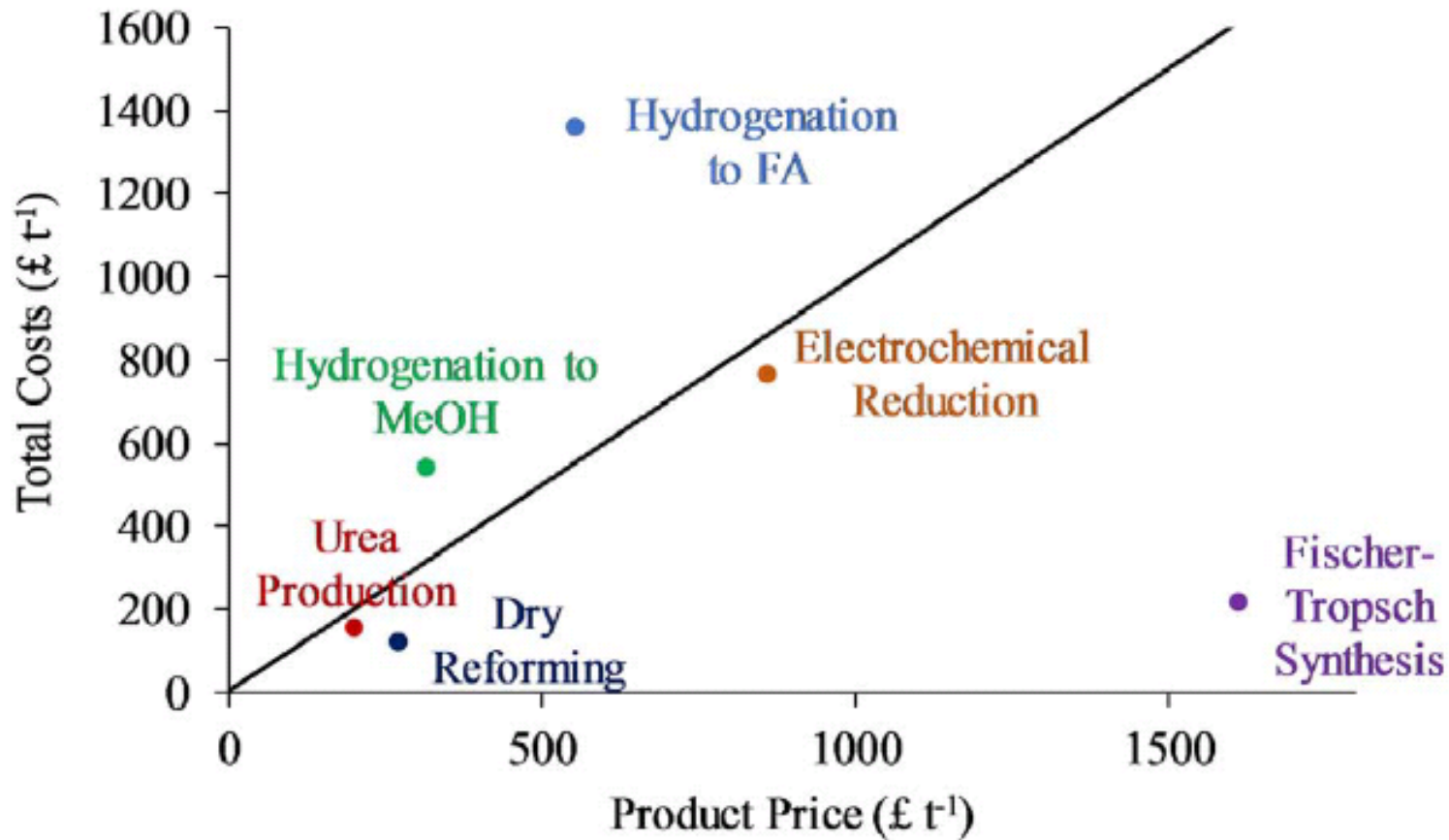
- ▲ Thermal control
- ▲ Low mass transfer limitations
- ▲ Catalyst make-up
- ▲ Low pressure drop
- ▲ Large capacities
- ▼ Mechanical design
- ▼ Liquid/Solid separation

# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub>– ESTADO DEL ARTE

## GRADO DE MADUREZ DE LA TECNOLOGÍA TRL



# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub>– ESTADO DEL ARTE

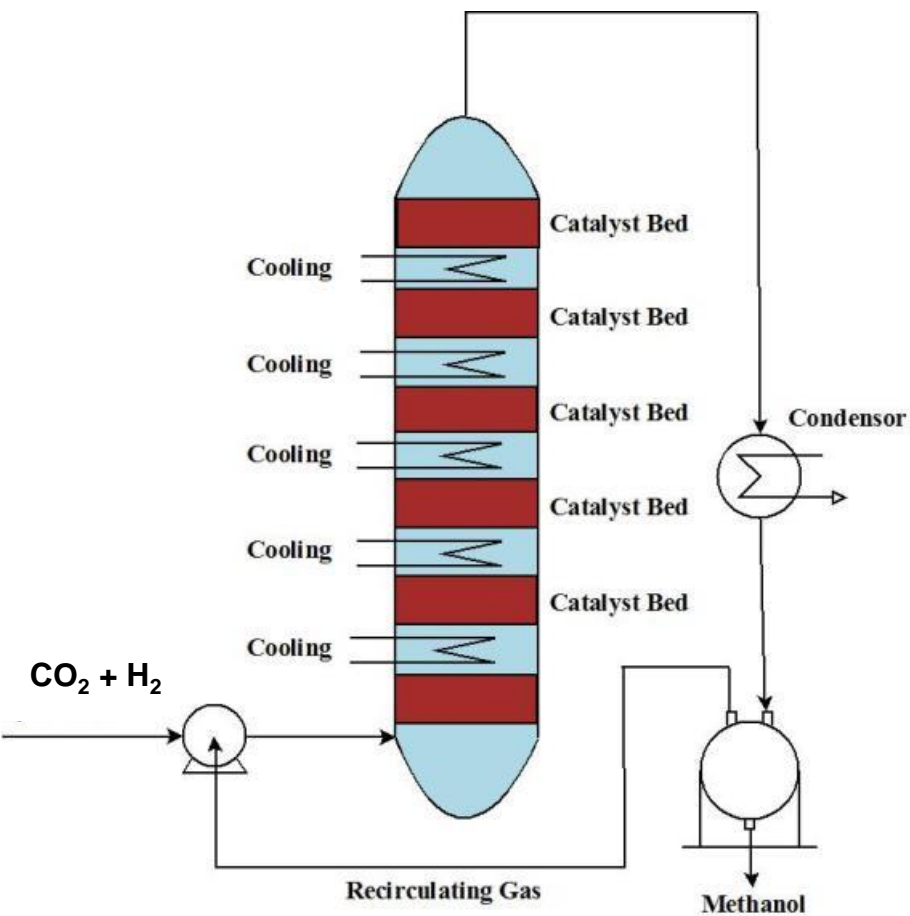


Fuente: S. M. Jarvis & S. Samsatli Renewable and Sustainable Energy Reviews 85 2018 46-68

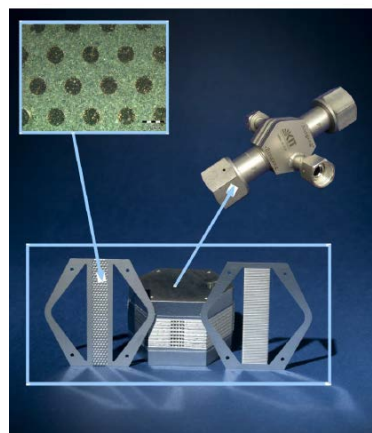
# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> – ESTADO DEL ARTE

Producto	TRL	Operación	CAPEX/OPEX	Precio	Electricidad MWh/t	Utilización tCO <sub>2</sub> /t
CH <sub>4</sub> (SNG)	7-9	250-550 °C 1-100 bar H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> = 4	853/6854 £/t	282.2 £/t	15.2	1
CH <sub>3</sub> OH	6-8	200-300 °C 50-100 bar H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> = 3	19.5/520 £/t	520 £/t	0.4	1.3
DME (directa)	4-5	275-300 °C 30 bar H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> = 3	-	360 £/t	-	1.9
Ácido fórmico	6-7	60 °C 100 bar H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> = 1	58/1301 £/t	554 £/t	4.1	0.95
FT-diésel /gasolinas	5-9	200-350 °C 10-40 bar H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> = 3	134/81 £/t	1612 £/t	6.8	2.6
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	6-8	250-350 °C 50-100 bar H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> = 3	-	-	0.4	1.3

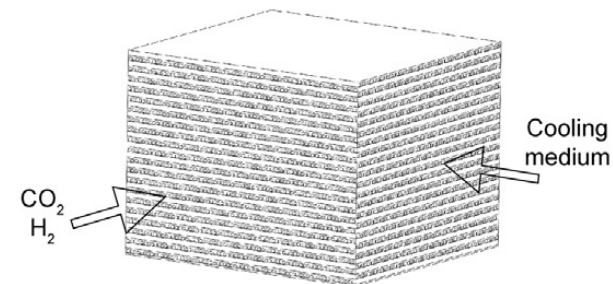
# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> – OPTIMIZACIÓN DISEÑO REACTOR



**Recirculación/ enfriamiento intermedio**

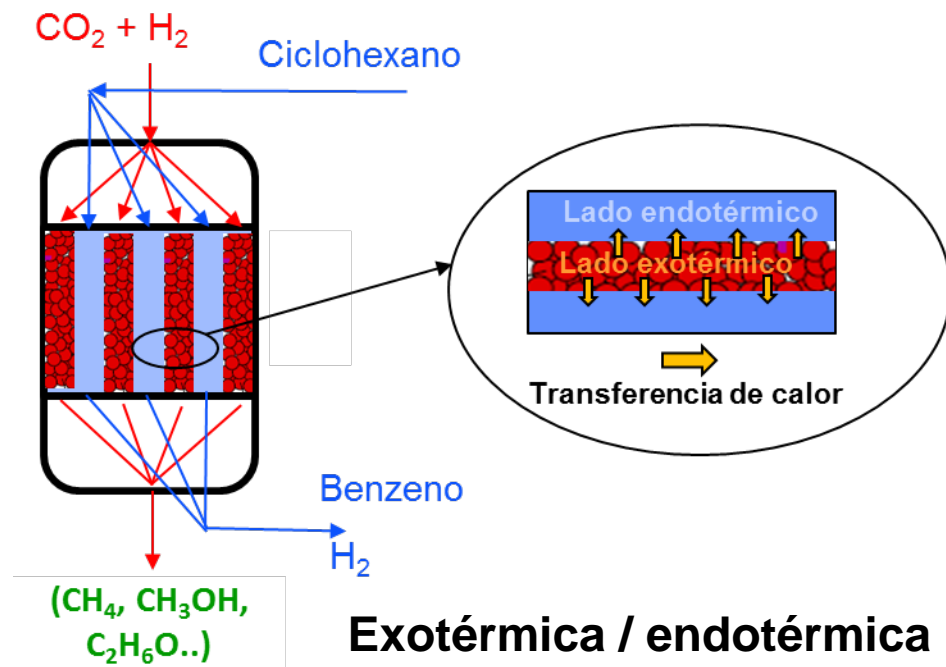


\*Source: KIT, [http://www.imvt.kit.edu/532\\_645.php](http://www.imvt.kit.edu/532_645.php)



Source: K. Ghai et AL., Renewable and Sustainable Energy reviews 81 2018 433-446

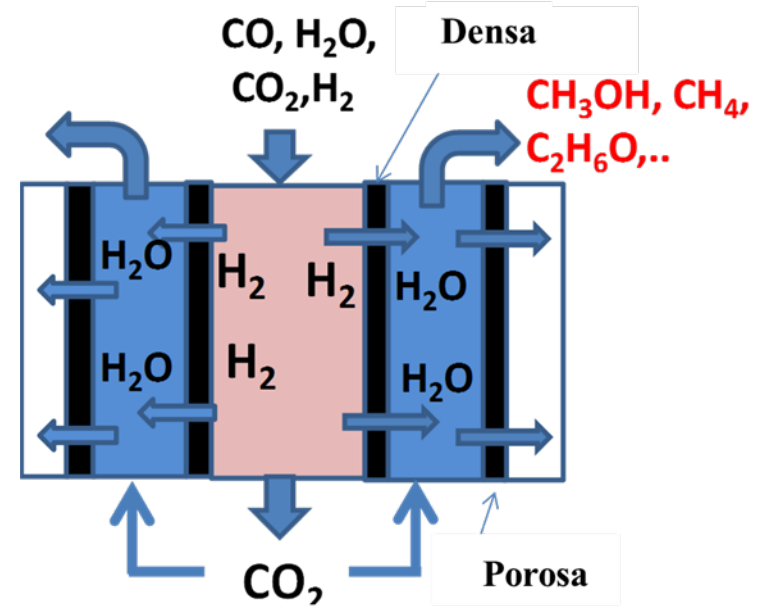
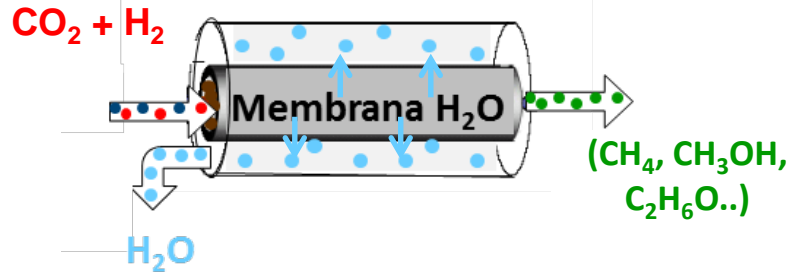
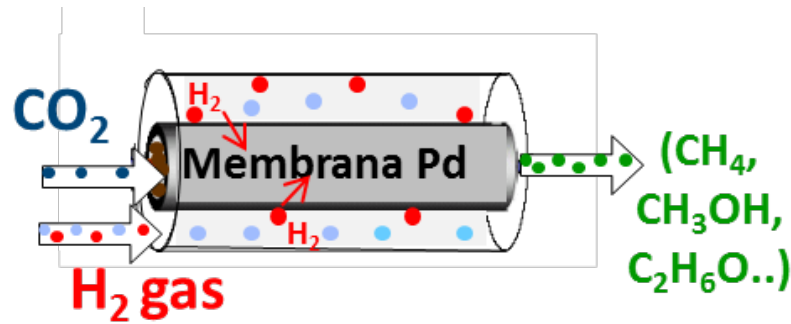
## Microcanales



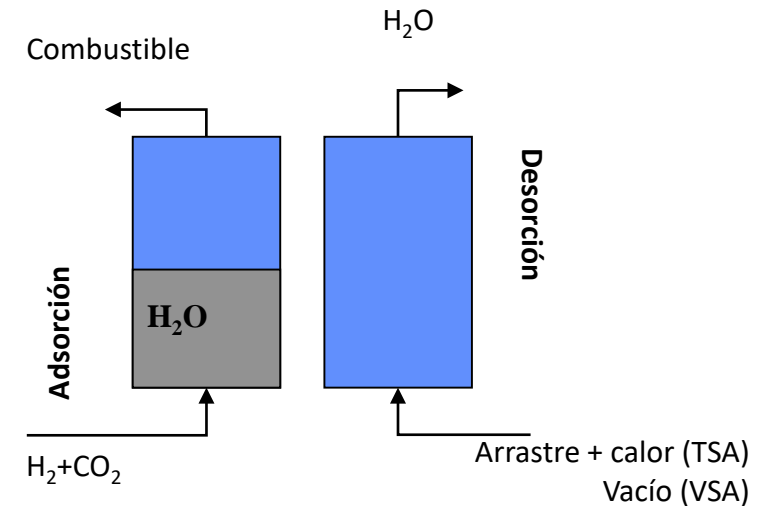
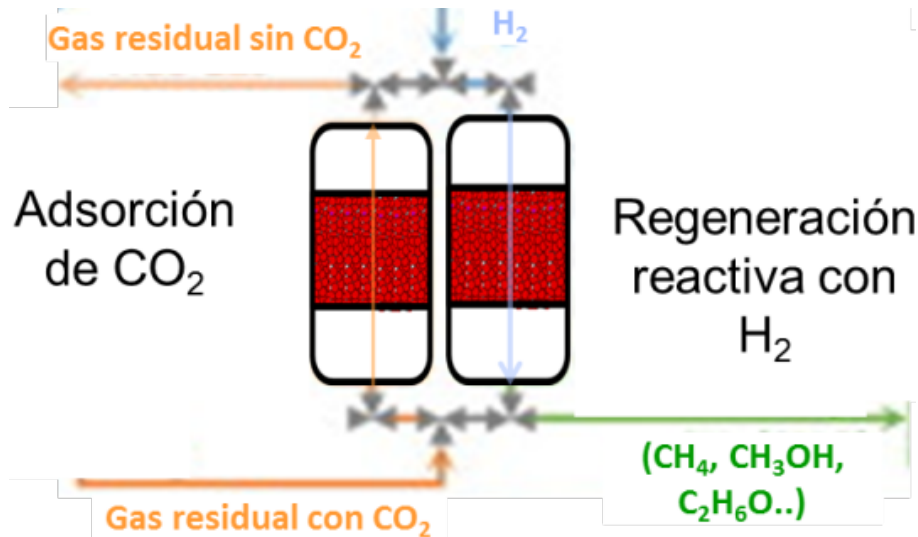
**Exotérmica / endotérmica**

# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> – INTENSIFICACIÓN DE PROCESOS

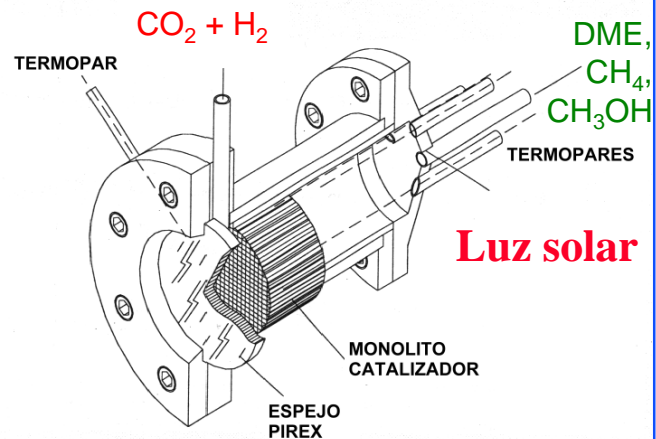
Reacción/separación



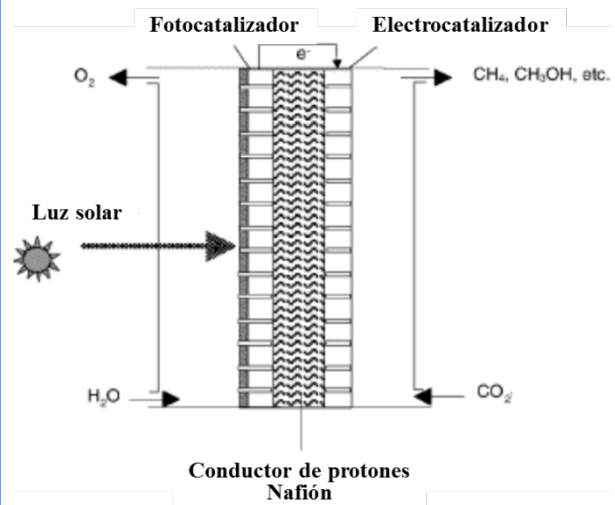
Reacción/Adsorción



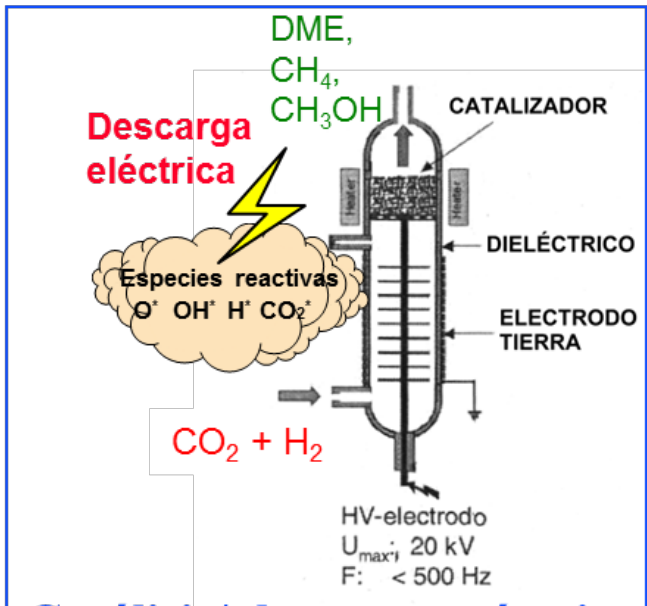
# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> - ACTIVACIÓN SELECTIVA



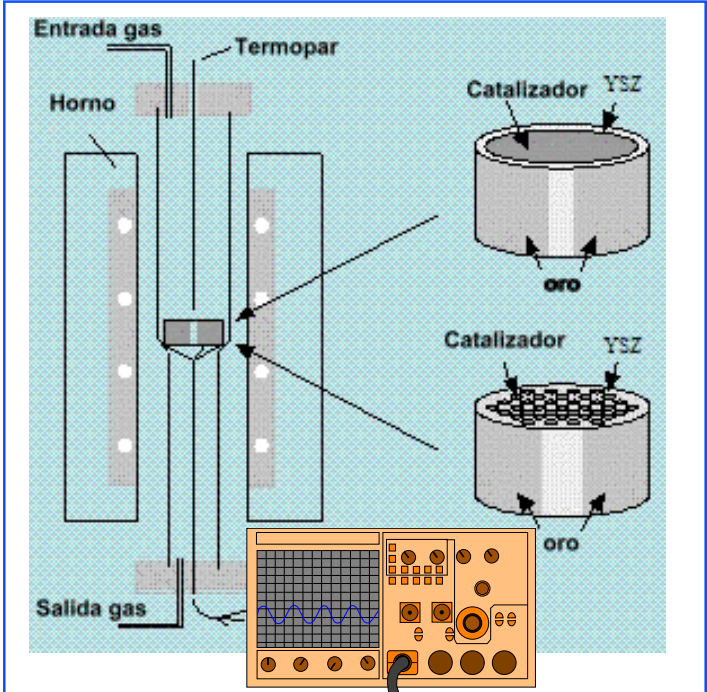
**Fotocatálisis**



**Fotoelectrocátalisis**



**Catálisis/plasma no térmico**

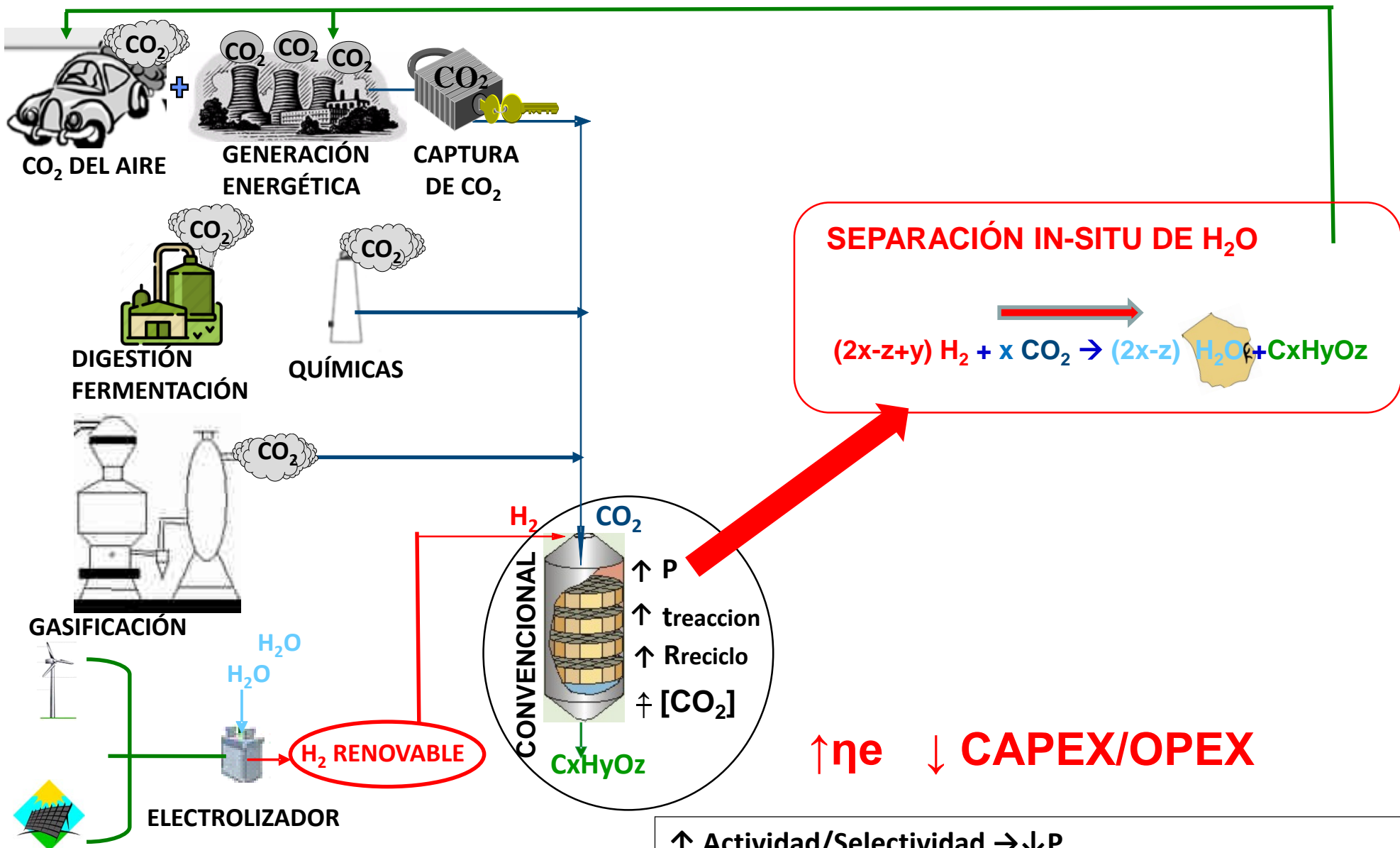


**Potencial/corriente eléctrica Electrocatálisis**

***Actividad del CIEMAT en  
Conversión de Energía Renovable  
y CO<sub>2</sub> a Combustibles Sostenibles***

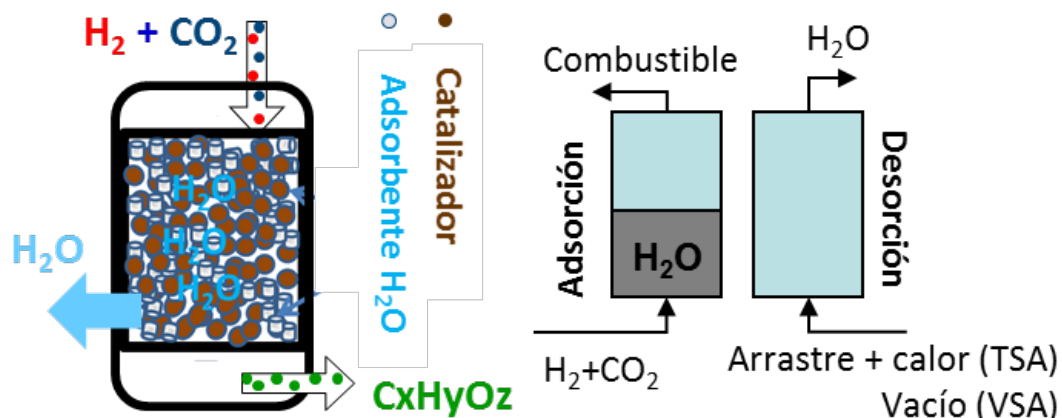


# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> – MEJORADA SEPARACIÓN H<sub>2</sub>O



↑ Actividad/Selectividad → ↓ P  
→ ↓ treacción/Rreciclo/Vreactor  
↑ tvida (↓ H<sub>2</sub>O inhibición/desactivación) & ↓ purificación

# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub>– MEJORADA SEPARACIÓN H<sub>2</sub>O



Mejorada por adsorción de H<sub>2</sub>O

+ Adsorbente (zeolitas..):

↑ Selectividad

Capacidad limitada ⇒ regeneración

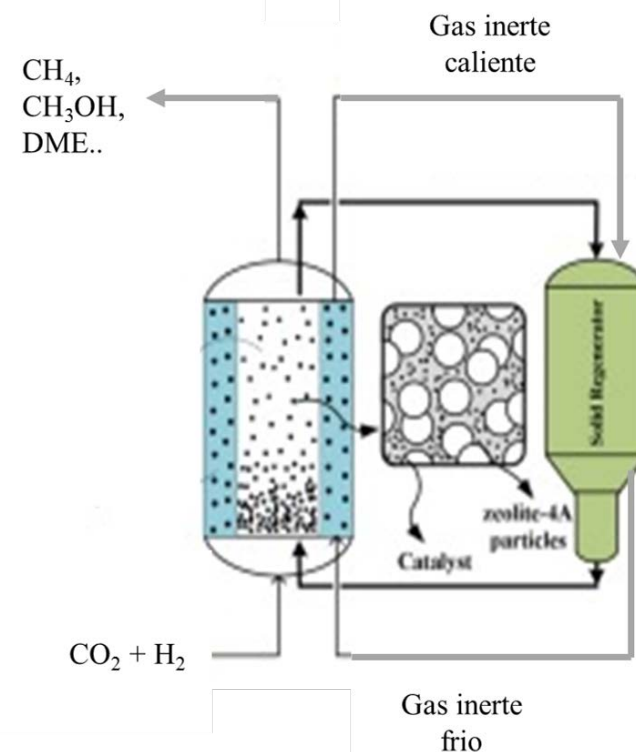
## Oportunidades I+D+i:

- Mejora adsorbente & catalizador
- Mejora diseño reactor ↑ η e:

Lecho fluidizado (exotermicidad)

$$\Delta Q_{\text{reacción}} \leftrightarrow \Delta Q_{\text{regeneración}}$$

- Estudio en condiciones realistas a escala piloto



# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub>– MEJORADA SEPARACIÓN H<sub>2</sub>O

Investigación y desarrollo en nuevos conceptos para el uso limpio del carbón y emisiones cero.  
(PROYECTO CAC-BON)

## Unidad de ensayos de catalizadores y adsorbentes

- ✓ 4500 mlN/min gases
- ✓ Hasta 5 ml/min liquido
- ✓ 650 ° C
- ✓ 25 bar
- ✓ Reactor de lecho fijo tubular

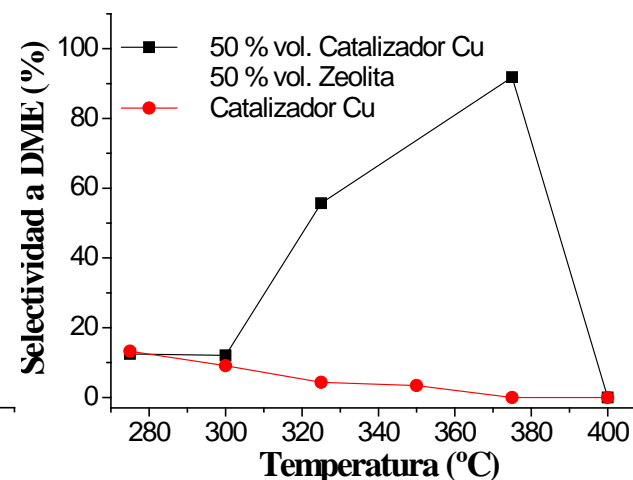
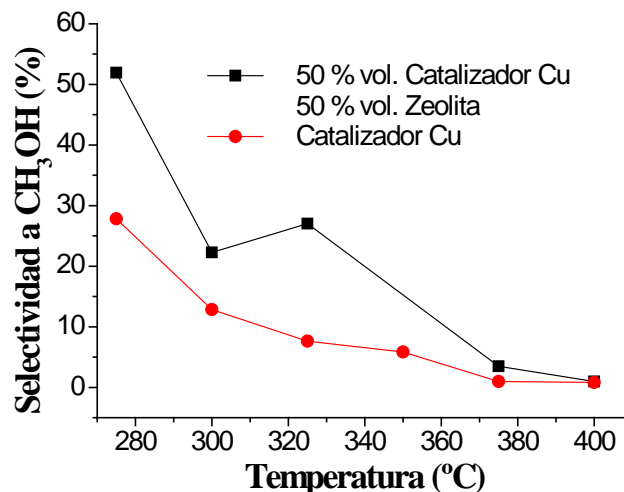
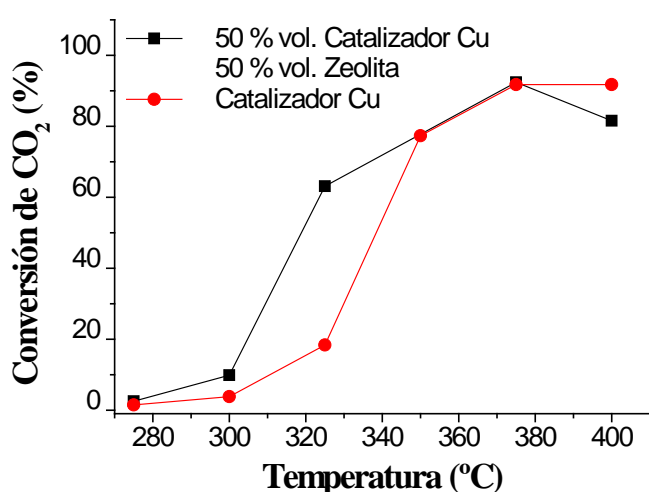


Micro-GC



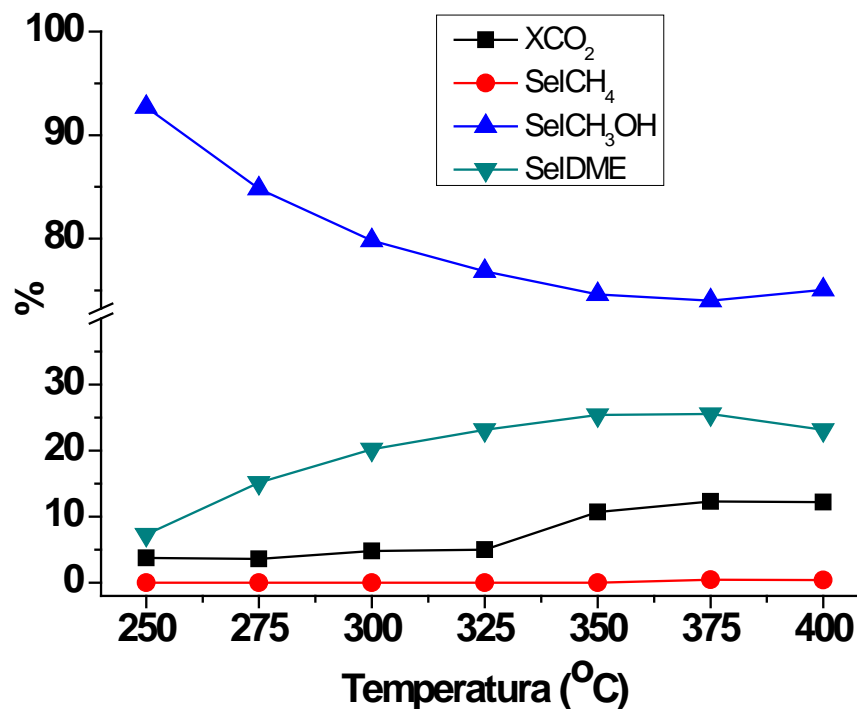
GC-MS

Hidrogenación catalítica de CO<sub>2</sub> convencional vs. mejorada por adsorción de agua:  
Selección de catalizador/+adsorbente, GHSV, T, P, H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> (laboratorio)



# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub>– MEJORADA SEPARACIÓN H<sub>2</sub>O

Hydrogenation catalytic of CO<sub>2</sub> improved by adsorption of water with H<sub>2</sub> of electrolyzer



# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub>– MEJORADA SEPARACIÓN H<sub>2</sub>O

Hydrogenación catalítica de CO<sub>2</sub> mejorada por adsorción de agua: Escalado del proceso

Planta piloto de limpieza de gases a alta temperatura y alta presión



- Caudal: 20 Nm<sup>3</sup>/h
- Temperatura: 700 ° C
- Presión: 25 bar
- Reactor tubular de lecho fijo/fluidizado burbujeante



GC-MS



Micro-GC



GC-FID



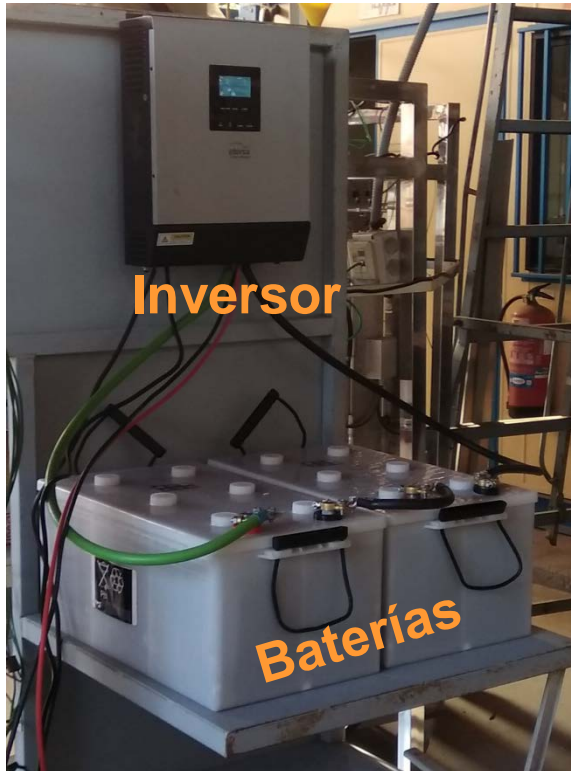
NDIR CO<sub>2</sub>/CO



TCD-H<sub>2</sub>

# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub>– MEJORADA SEPARACIÓN H<sub>2</sub>O

Hidrogenación catalítica de CO<sub>2</sub> convencional /mejorada adsorción con aporte de H<sub>2</sub> renovable



# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub>– MEJORADA SEPARACIÓN H<sub>2</sub>O



Mejorada por separación de H<sub>2</sub>O

+Membrana (zeolita, sílice amorfa, etc.):

↑ Permeabilidad, selectividad

## Oportunidades I+D+i:

- Mejora membranas:

Sin defectos

↓ Costes & ↑ escalabilidad (fabricación)

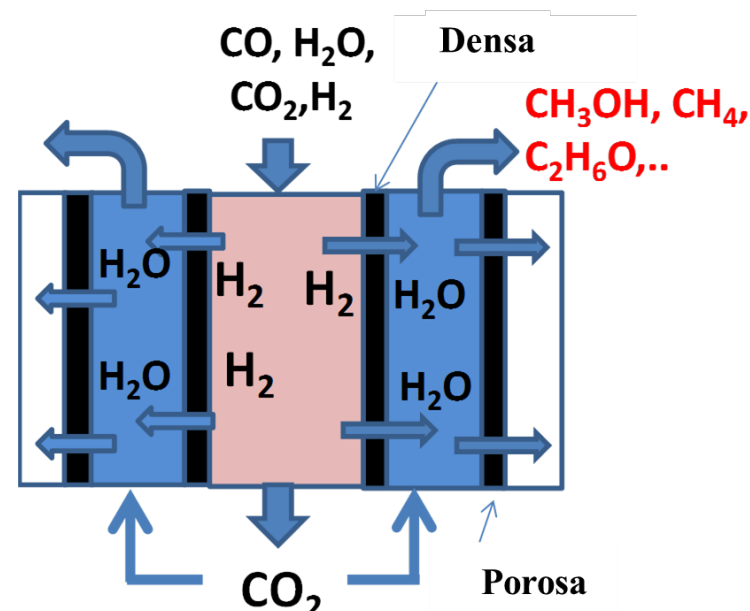
- Mejora diseño reactor ↑ η e:

Lecho fluidizado (exotermicidad)

Membranas multi-tubulares

+ Membrana H<sub>2</sub>

- Estudio en condiciones realistas a escala piloto

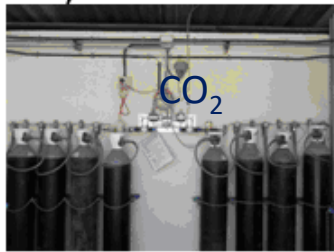


# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub>– MEJORADA SEPARACIÓN H<sub>2</sub>O

## Hidrogenación de CO<sub>2</sub> en reactor catalítico de membrana de separación de H<sub>2</sub>O

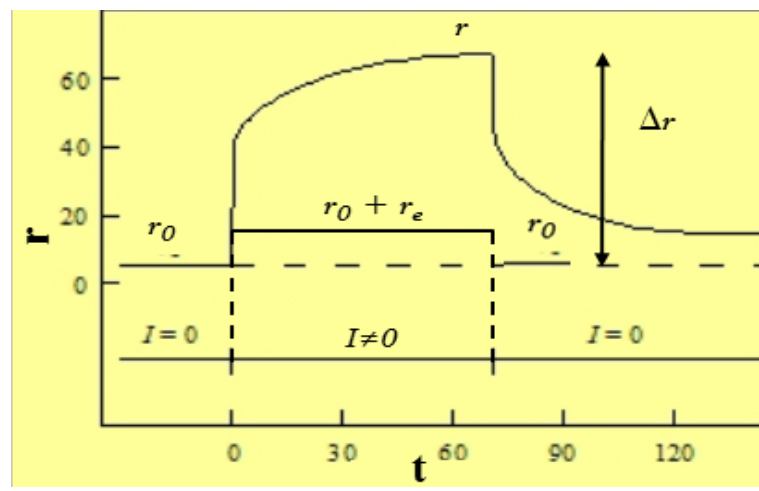
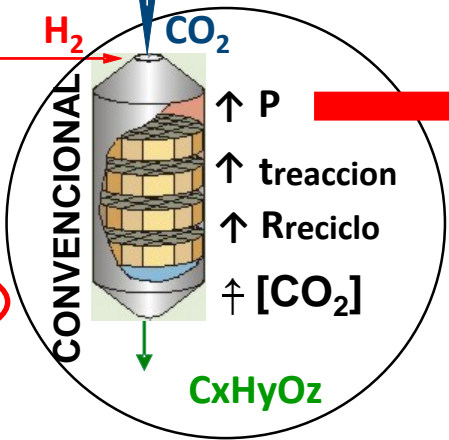
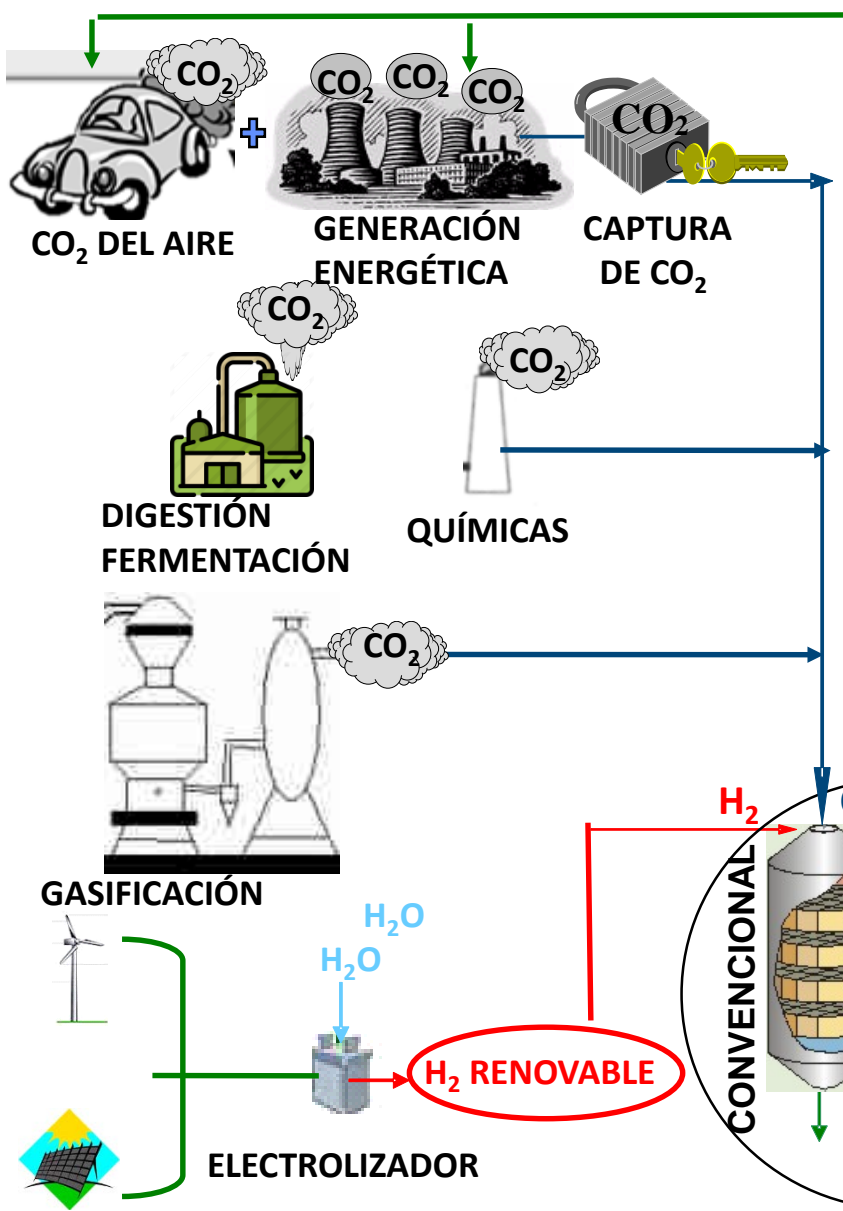
- ✓ Estudio del proceso utilizando membranas comerciales de separación de H<sub>2</sub>O.
- ✓ Membrana separación H<sub>2</sub>-membrana de separación de H<sub>2</sub>O/-adsorbente H<sub>2</sub>O (intensificación de procesos)
- ✓ Estudio en condiciones representativas de su potencial aplicación final

## Planta Piloto de separación de gases con membranas





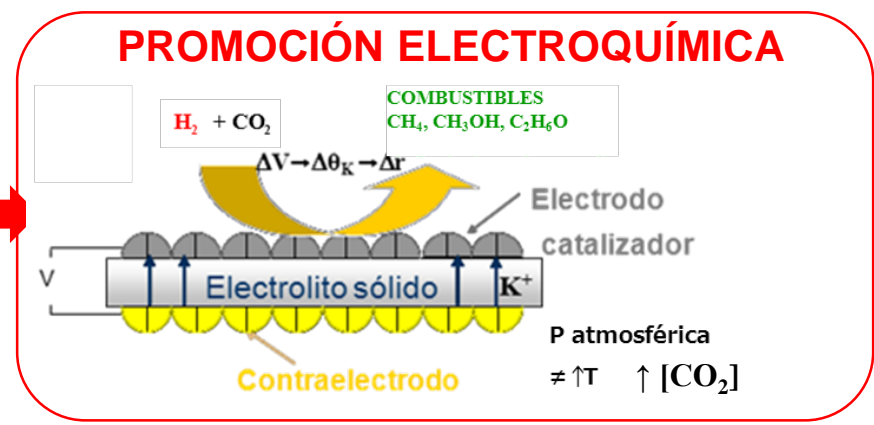
# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> MEJORADA POR VIA ELECTROQUÍMICA



$r \gg r_0 \quad \Delta r \gg r_e; \quad r_e = I/nF$

Stoukides & Vayenas, J. Catal. 70 (1981) 137

C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub>

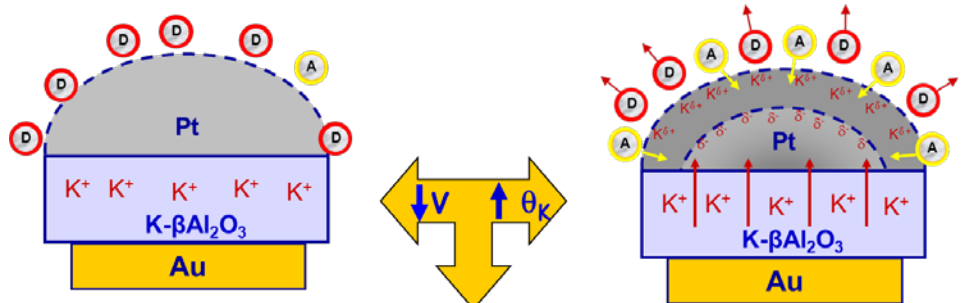


↑  $\eta_e$  ↓ CAPEX/OPEX

# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> MEJORADA POR VIA ELECTROQUÍMICA

## SEMR – Cámara sencilla (PROMOCIÓN ELECTROQUÍMICA)

### Hidrogenación CO<sub>2</sub>



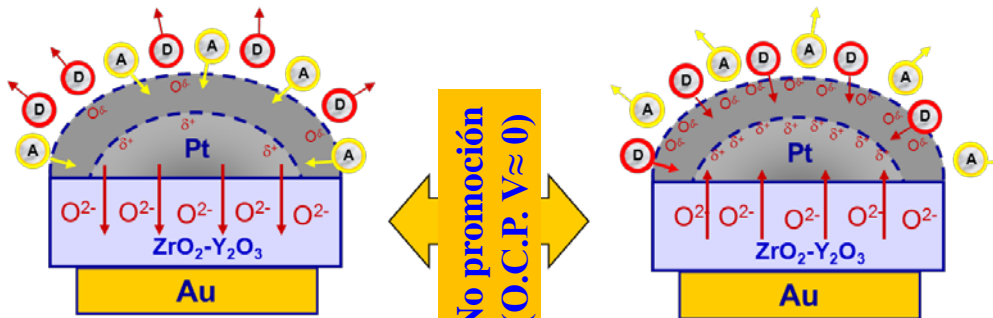
Pt No promoción (4 V)

K-Pt promoción (< 4V)

↑ Adsorción aceptor e<sup>-</sup> (CO<sub>2</sub>): CO<sub>2</sub> + e → CO<sub>2</sub><sup>\*-</sup> (a)

↓ Adsorción donador e<sup>-</sup> (H<sub>2</sub>): H<sub>2</sub> → 2H<sup>+</sup>(a) + 2 e

ΔV → Modificación quimisorción relativa →



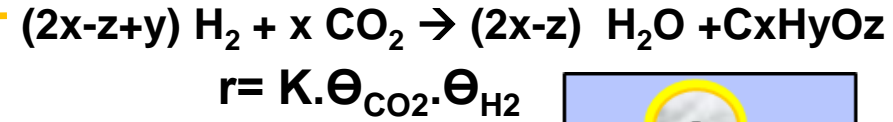
Promoción (V < 0)

Promoción (V > 0)

No promoción  
(O.C.P. V ≈ 0)

↑ Adsorción aceptor e<sup>-</sup> (CO<sub>2</sub>)

↑ Adsorción donador e<sup>-</sup> (H<sub>2</sub>)

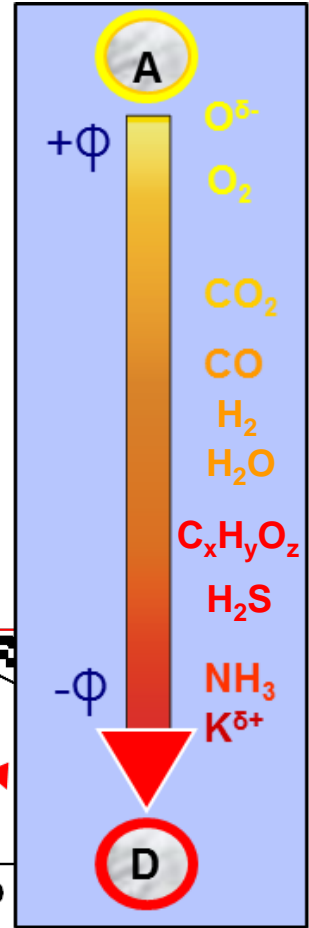
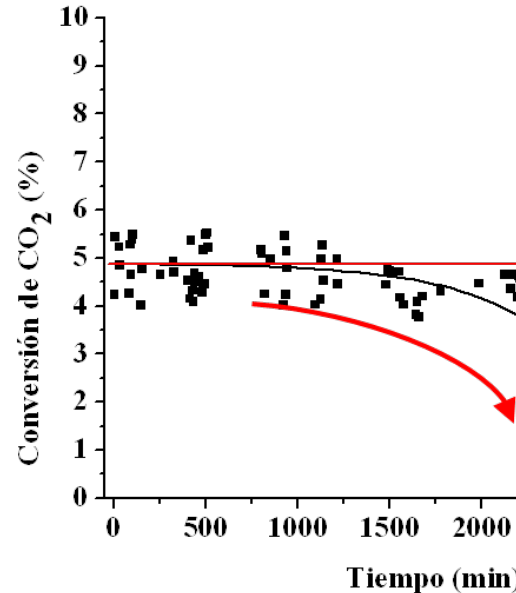


Actividad:

↑  $\theta_{\text{CO}_2}$  &  $\theta_{\text{H}_2}$

↑ r (↓ P & T) & ↑ η<sub>e</sub>

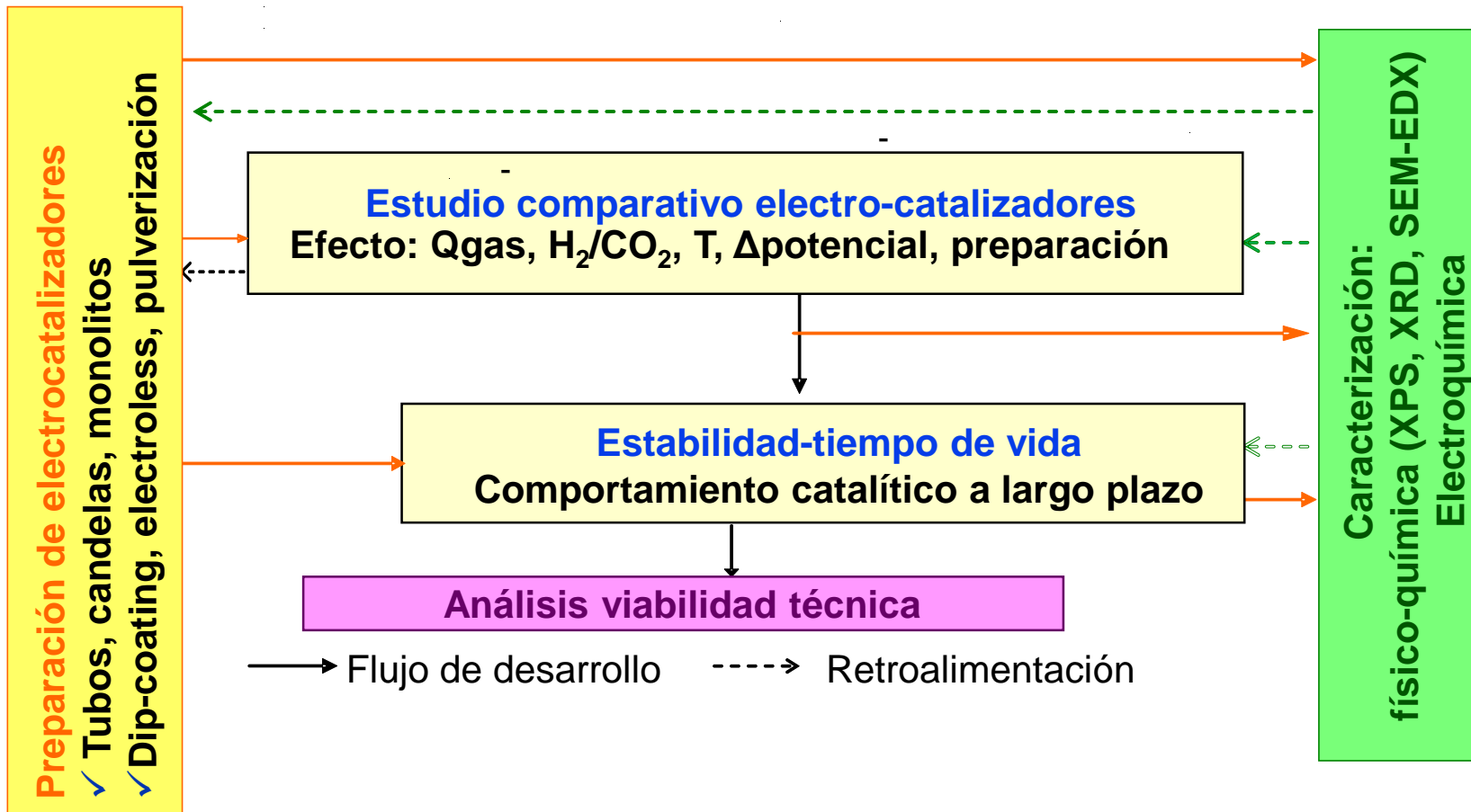
100% Cu/K-βAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> MEJORADA POR VIA ELECTROQUÍMICA

## SEMR – Cámara sencilla (PROMOCIÓN ELECTROQUÍMICA)

Desarrollo y Estudio de Sistemas de Promoción Electroquímica para la Captura y Valorización de CO<sub>2</sub> en Gases de Combustión (PROYECTO PROMOCAP).



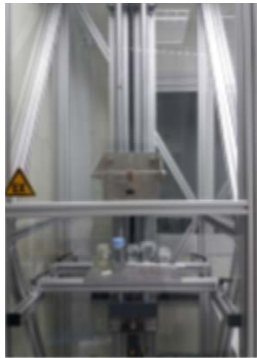
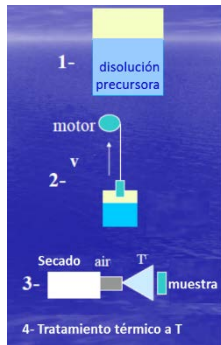
# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> MEJORADA POR VIA ELECTROQUÍMICA

## PROYECTO PROMOCAP

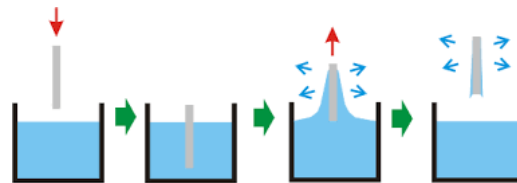
Diseño, preparación & optimización de configuraciones electrolito sólido (Na-/K-βAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, YSZ) /electrodo-catalizador (Pt, Pd, Cu, Ni Fe-TiO<sub>2</sub>, PtC, PtC-Ru, etc.):

- Fácilmente adaptables a dispositivos existentes (lecho fijo): tubulares, bipolares, de cámara sencilla
- Procedimientos fácilmente escalables de deposición de películas delgadas de mejor conductividad eléctrica y basadas en metales baratos y ampliamente disponibles.

“**Dip coating**”: Metales (Pt, Pd, Fe), óxidos metálicos (TiO<sub>2</sub>), cermets (Pt-C, Fe-TiO<sub>2</sub>), etc. L<1 m.



**PATENTADO**



Pt/K-βAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



Pt/YSZ



Fe-TiO<sub>2</sub>/YSZ

“**Electroless**”: metales (Cu, Pd, Ni..).



**PATENTADO**

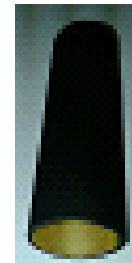


Cu/K-βAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



Ni/YSZ

“**Pulverización**”: (Pt/C, Pt/Ru/C..).



PtRu-C/YSZ

# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> MEJORADA POR VIA ELECTROQUÍMICA

## PROYECTO PROMOCAP

### Planta piloto de tratamiento de gases a alta temperatura y presión atmosférica

- ✓ 20 Nm<sup>3</sup>/h, 900 ° C, presión atmosférica
- ✓ Gases simulados o reales
- ✓ Reactor tubular de lecho fijo de cuarzo y potenciostato/galvanostato
- ✓ Control y adquisición datos a tiempo real
- ✓ Operación en continuo (500 h)
- ✓ Portátil



GC-MS



TCD-H<sub>2</sub>



FTIR

NDIR CO<sub>2</sub>/CO

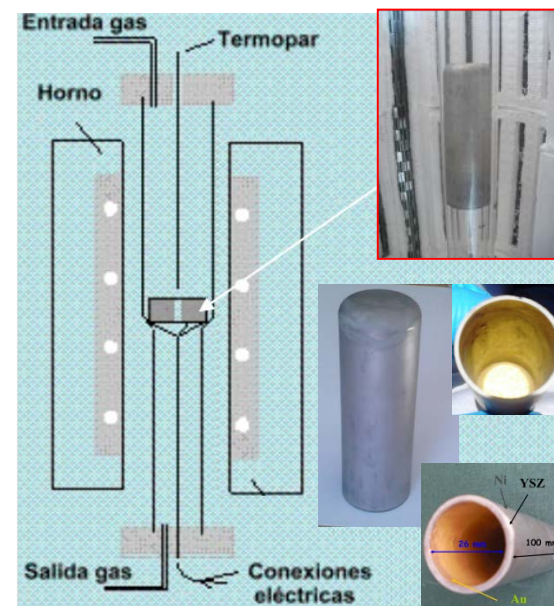


GC-TCD/ECD/FPD/FID

NOx- quemilum.



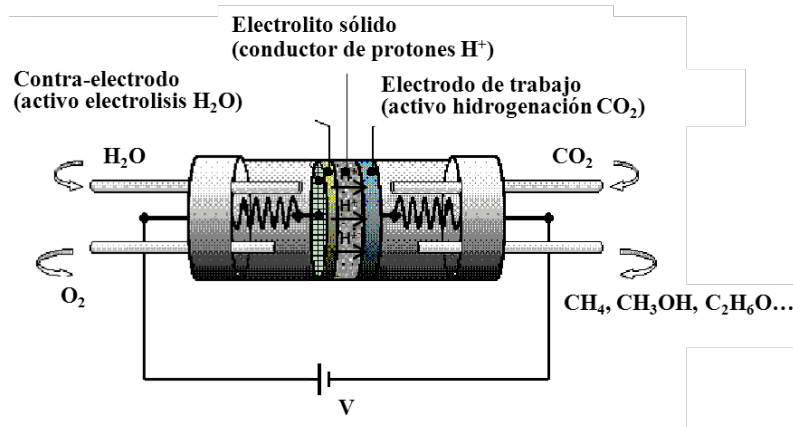
Micro-GC



Fuente: C.G. et al., Electrochemical Activation of Catalysis: Promotion Electrochemical Promotion and Metal-Support Interactions, 2001

# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> MEJORADA POR VIA ELECTROQUÍMICA

## Hidrogenación electro-catalítica de CO<sub>2</sub> con generación in-situ de H<sub>2</sub> (Cámara doble)



### Cámara doble:

- Cada electrodo ≠ gas reacción
- Ambos electrodos catalíticamente activos
- Promoción + membrana electro-catalítica
- Electrolitos (H<sup>+</sup>)/(H<sup>+</sup> & O<sup>2-</sup>)/(H<sup>+</sup>, O<sup>2-</sup> & e<sup>-</sup>)

✓ ≅ Ventajas electropromoción en ambas cámaras

✓ Compacto → ↓ Vreactor → ↓ CAPEX

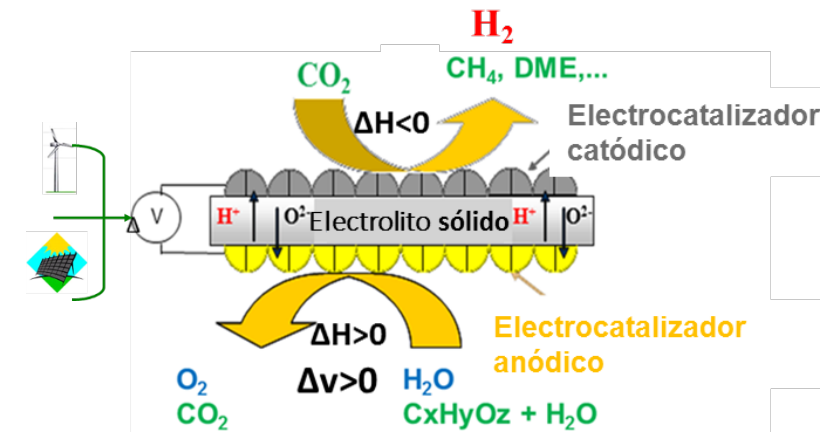
✓ Control térmico:

$$\Delta Q_{\text{ánodo}}(\text{endo.}) \leftrightarrow \Delta Q_{\text{cátodo}}(\text{exo.})$$

✓ H<sub>2</sub> (y O<sub>2</sub>) in-situ → ↓ OPEX & ↑ ηe

✓ (H<sup>+</sup>, O<sup>2-</sup> & e<sup>-</sup>) ⇒ e<sup>-</sup> ΔT/Δ[H u O] ⇒ “sin cables”

✓ ↑ Renovables (almacenamiento energético)



# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> MEJORADA POR VIA ELECTROQUÍMICA

Hydrogenation electro-catalytic of CO<sub>2</sub> with in-situ generation of H<sub>2</sub> (Double chamber)

Development of configurations of double chamber electro-catalyzers for both reactions

Study in Pilot Plant of gas treatment at high temperature and atmospheric pressure

(electroless & dip-coating)



Supported cells on electrode



New double chamber reactor

# HIDROGENACIÓN DE CO<sub>2</sub> MEJORADA POR VIA ELECTROQUÍMICA

Hidrogenación electro-catalítica de CO<sub>2</sub> con generación in-situ de H<sub>2</sub> (Cámara doble)

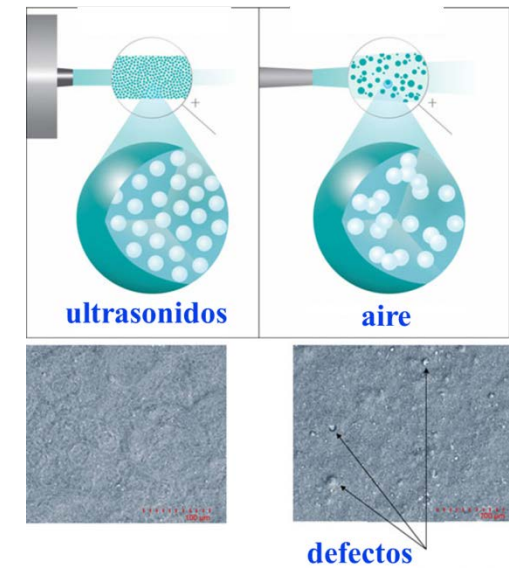
## INICIANDO DESARROLLO

Desarrollo de configuraciones de doble cámara de electro-catalizadores para ambas reacciones → Nuevos métodos de deposición de películas de electrocatalizador

Pulverización ultrasónica: ↓ dp → ↑ Actividad  
↓ defectos/aglomeraciones



Celdas soportadas  
en electrodo





# ***Conclusiones***

# CONCLUSIONES

## ✓ La tecnología de “Power to Fuel” (P2F) permite:

- Almacenar excedente de energía renovables  $\Rightarrow$   $\uparrow$  penetración energías renovables.
- Disminución de la dependencia energética de las reservas fósiles.
- Asegurar el suministro de energía en el futuro.
- CO<sub>2</sub> de GEI a fuente de C renovable y medioambientalmente neutra para producción de combustibles.
- Uso más sostenible de recursos energéticos.
- Reciclado de CO<sub>2</sub> a ciclos energéticos  $\Rightarrow$  sistema energético neutro en CO<sub>2</sub>
- Reducción neta de emisiones de GEI (CO<sub>2</sub>)
- Evitar las dificultades, costes y riesgos del almacenamiento geológico.
- Generar un valor económico

## ✓ Oportunidades de investigación:

- Mejora de actividad, selectividad, estabilidad y durabilidad de catalizadores.
- Optimización diseño reactor.
- Aumento de la eficiencia energética y disminución del coste del proceso:
  - Por separación in-situ del agua generada en la reacción
  - Por activación selectiva del catalizador (foto/foto-electro/electro-catalisis, ...)

*¡Gracias por su atención!*

*¿Preguntas?*

**José María Sánchez Hervás**  
**CIEMAT**

**División Combustión y Gasificación,**  
**Unidad de Valorización Termoquímica Sostenible**  
**[josemaria.sanchez@ciemat.es](mailto:josemaria.sanchez@ciemat.es)**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES

**Ciemat**  
Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas