



Asociación de la
**Plataforma Tecnológica Española
del CO₂**

**Curso: Tecnologías de captura, almacenamiento y usos
del CO₂: Soluciones para afrontar el cambio climático**



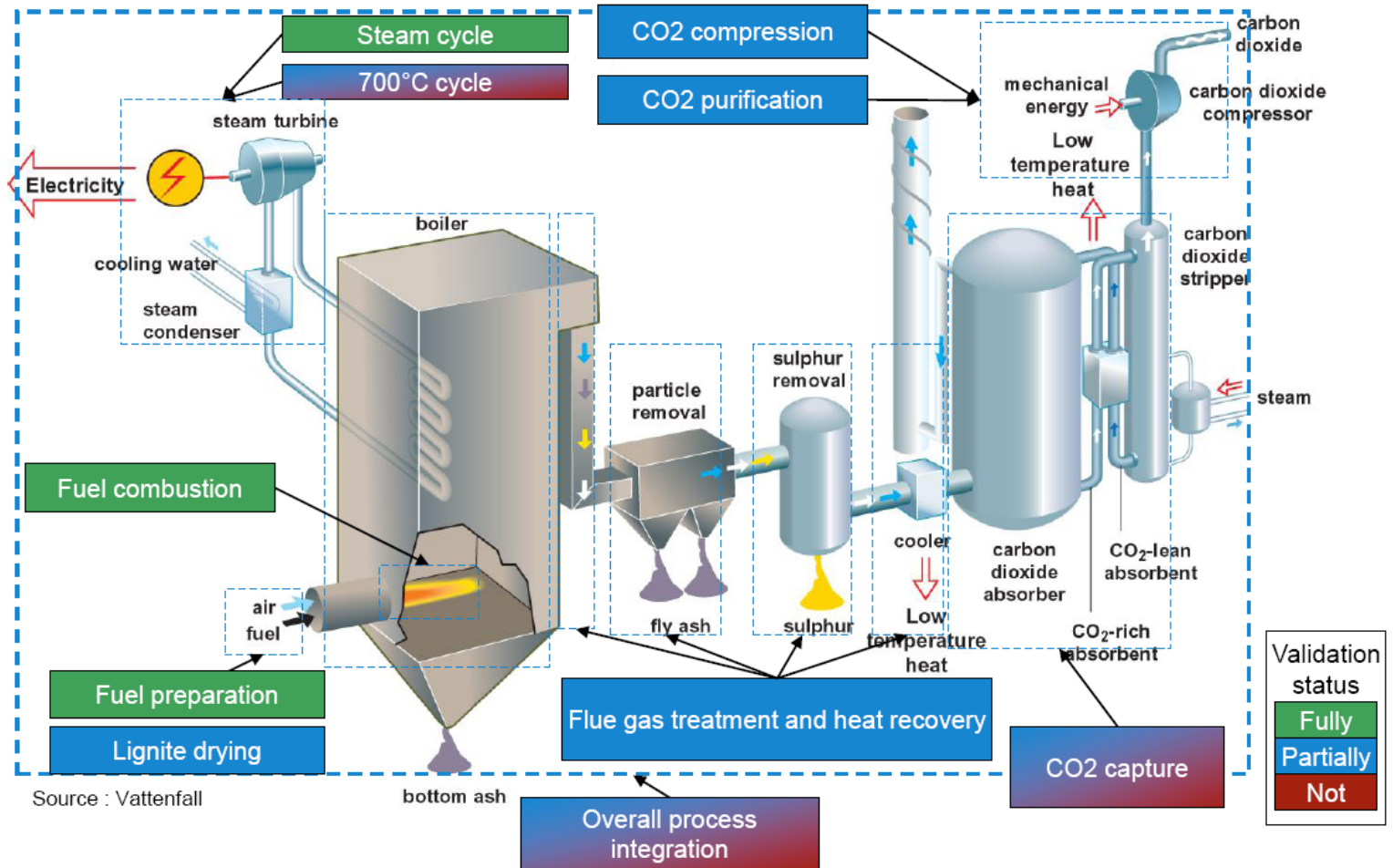
Fernando Rubiera González
frubiera@incar.csic.es





- **Tecnologías emergentes. Clasificación.**
 - **Post-combustión**
 - **Pre-combustión**
 - **Adsorción**
 - **Pre- and post-combustión**
 - **Tecnologías basadas en los óxidos de calcio**
 - **Gasificación + carbonatación / calcinación**
 - **Chemical Looping Combustion (CLC)**
 - **Utilización de membranas**

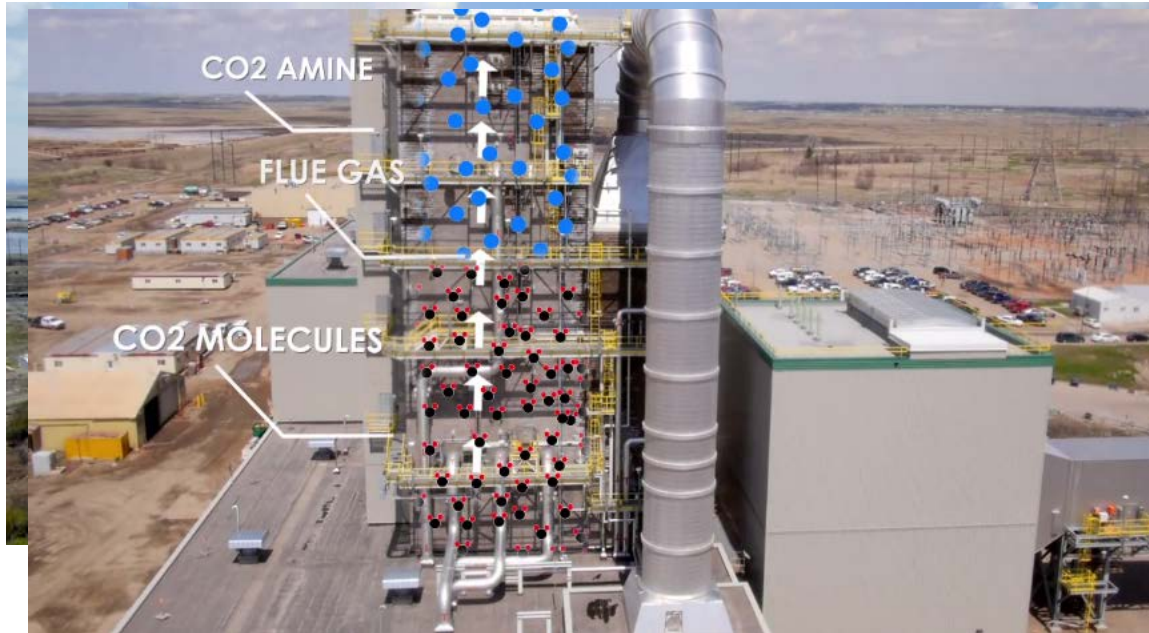
Post-combustión en centrales térmicas de carbón



Validation status
Fully
Partially
Not

Post-combustión en centrales térmicas de carbón

Primera Planta Comercial de Captura de CO₂ en una Central Térmica de Carbón



- ✓ Boundary Dam (Canadá): 110 MWe; 1 Mt CO₂/año.
- ✓ Comienzo de operación: 2 octubre 2014 (hasta Mayo de 2019 ha capturado 2.64 Mt).
- ✓ Para EOR (Weyburn, 66 km) o almacenamiento en acuífero salino (3.4 km profundidad, 2 km distancia).

Post-combustión en centrales térmicas de carbón

Petra Nova

The world's largest post-combustion carbon capture project



The Petra Nova 240 MWe carbon capture project at the WA Parish generating station, NRG Energy, southwest of Houston, Texas



Carbon capture facility. Absorber Tower in the foreground. Regenerator Tower next to it . Co-generation system at the top right



The CO₂ is used for EOR. Sent through this pipeline inlet at ~ 130 bar

Source: <http://www.nrg.com/generation/projects/petra-nova/>

Post-combustión en centrales térmicas de carbón

Petra Nova

The world's largest post-combustion carbon capture project

- ✓ Removes a significant portion of CO₂ from the flue gas stream.
- ✓ Petra Nova captures and concentrates CO₂ from the power plant's Unit 8 (650 MWe).
- ✓ Construction is well on-schedule and expected to be completed by 2016, on-budget and on-schedule.
- ✓ Petra Nova is expected to capture approximately 1.6 Mt/year of CO₂.
- ✓ The Petra Nova project was officially inaugurated on April 13, 2017, by Governor Mike Perry.

*"Carbon dioxide is not the primary cause of climate change".
"Most likely the ocean waters and the environment are the main drivers".*

- ✓ Sent 129 km to the West Ranch oil field that was opened in the late 1930's and produced 50,000 bbl oil/day in the 1970's. Today it produces less than 300 bbl/day. With the injection of CO₂ by EOR they expect to produce 15,000 bbl/day and to recover 60 Mbbbl of oil that otherwise would be left underground and remain unrecovered.

Dependencia Energética

Consumo de energía primaria en España y grado de autoabastecimiento

Unidad: miles de toneladas equivalentes de petróleo

Consumo anual de energía primaria en España y grado de autoabastecimiento	Año 2016	Estructura (%)	Año 2015	Estructura (%)	Autoabastecimiento	
					2016	2015
Carbón	10.442	8,5	13.686	11,1	6,6	9,1
Petróleo	54.633	44,2	53.171	43,1	0,3	0,4
Gas natural	25.035	20,3	24.533	19,9	0,2	0,2
Nuclear	15.260	12,4	14.934	12,1	100,0	100,0
Energías renovables	17.212	13,9	16.659	13,5	100,0	100,0
Residuos no renovables	243	0,2	252	0,2	93,6 *	107,5 *
Saldo Eléctrico (Imp.-Exp.)	659	0,5	-11	^		
Total	123.484	100,0	123.225	100,0	26,7	27,3

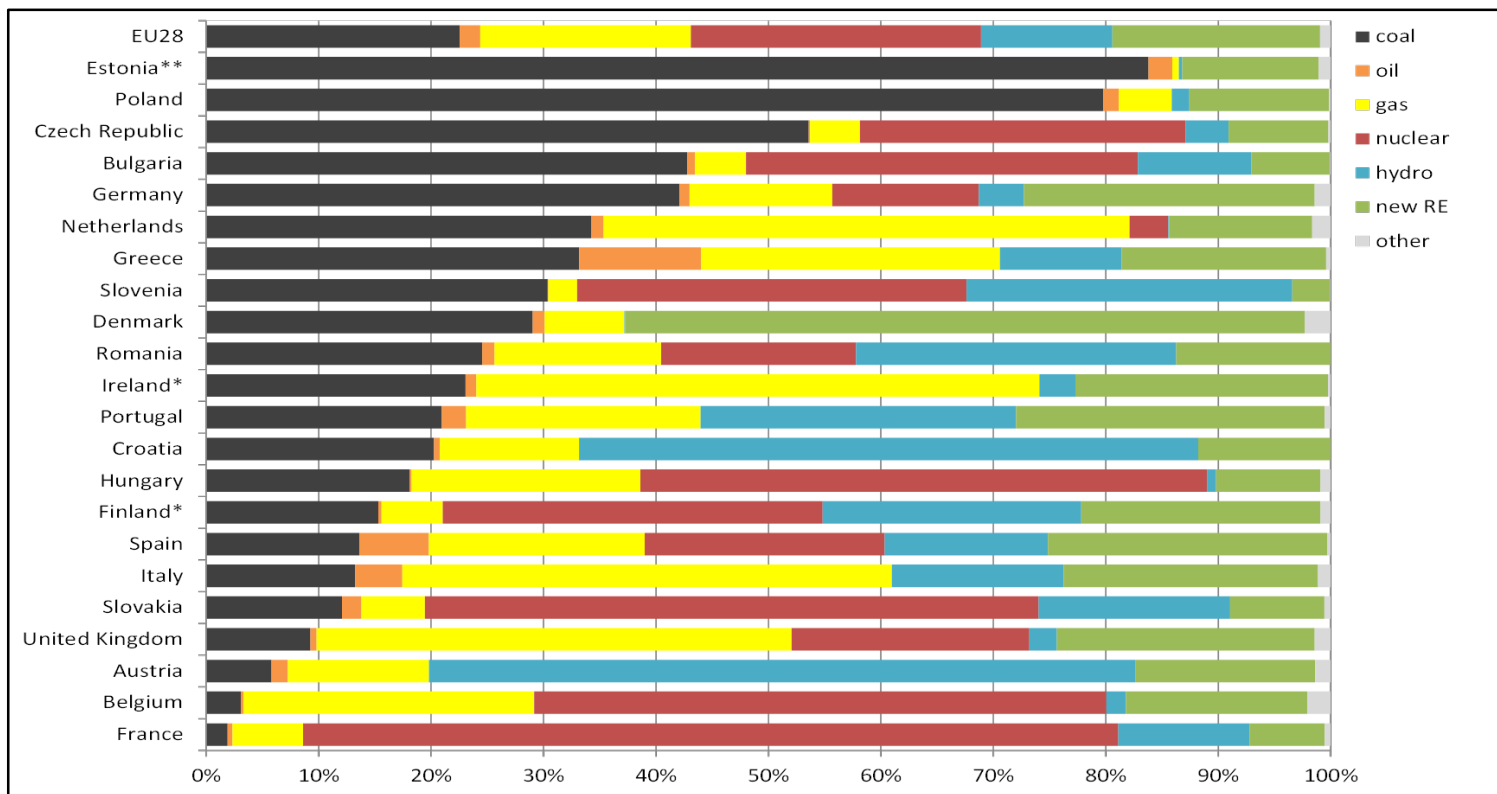
* Este grado de autoabastecimiento corresponde a biomasa, biocarburantes y residuos

Fuente: D. G. de Política Energética y Minas

^ distinto de 0,0

Fuente: Boletín Estadístico de Hidrocarburos, Abril 2018

Mix energético en la generación de energía eléctrica en la UE, 2016



Fuente: Eurostat database

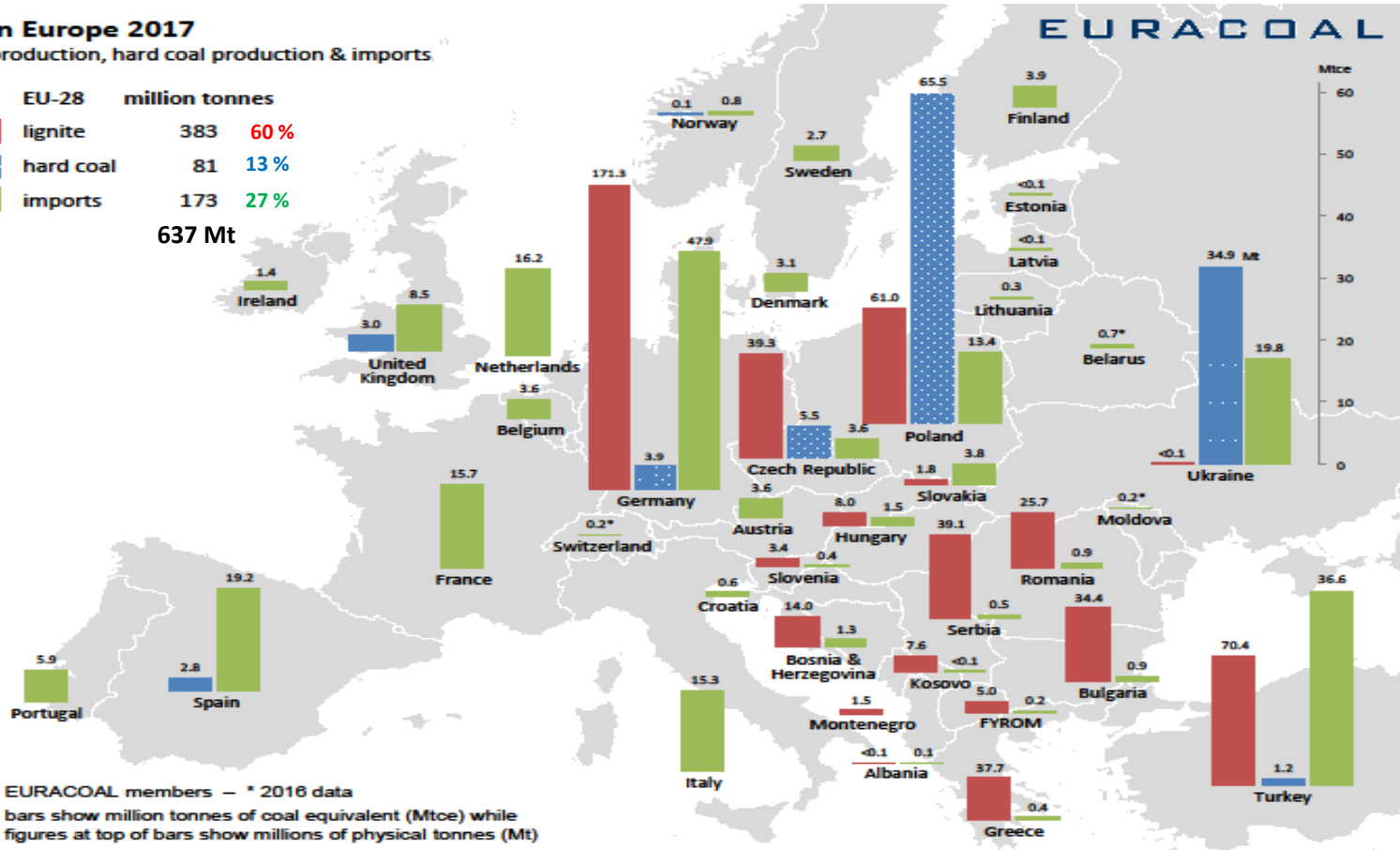
Carbón: Producción/Importación en Europa

Coal in Europe 2017

lignite production, hard coal production & imports

EU-28		million tonnes
	lignite	383 60 %
	hard coal	81 13 %
	imports	173 27 %

637 Mt

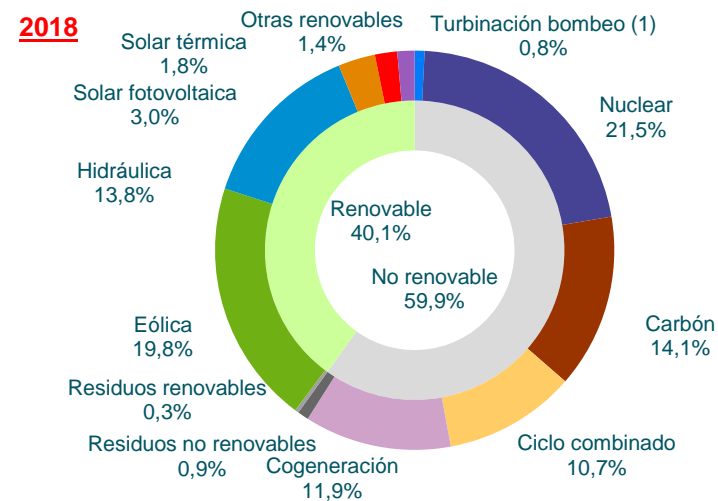


Source: EURACOAL members – * 2016 data

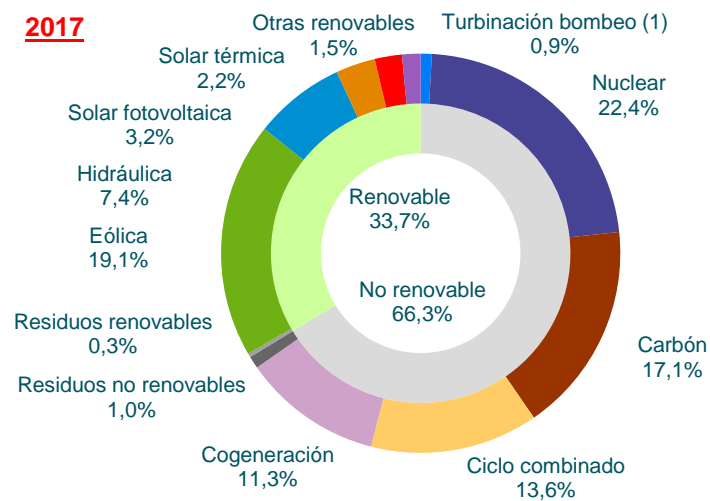
Note: bars show million tonnes of coal equivalent (Mtce) while figures at top of bars show millions of physical tonnes (Mt)

Estructura de la generación eléctrica peninsular

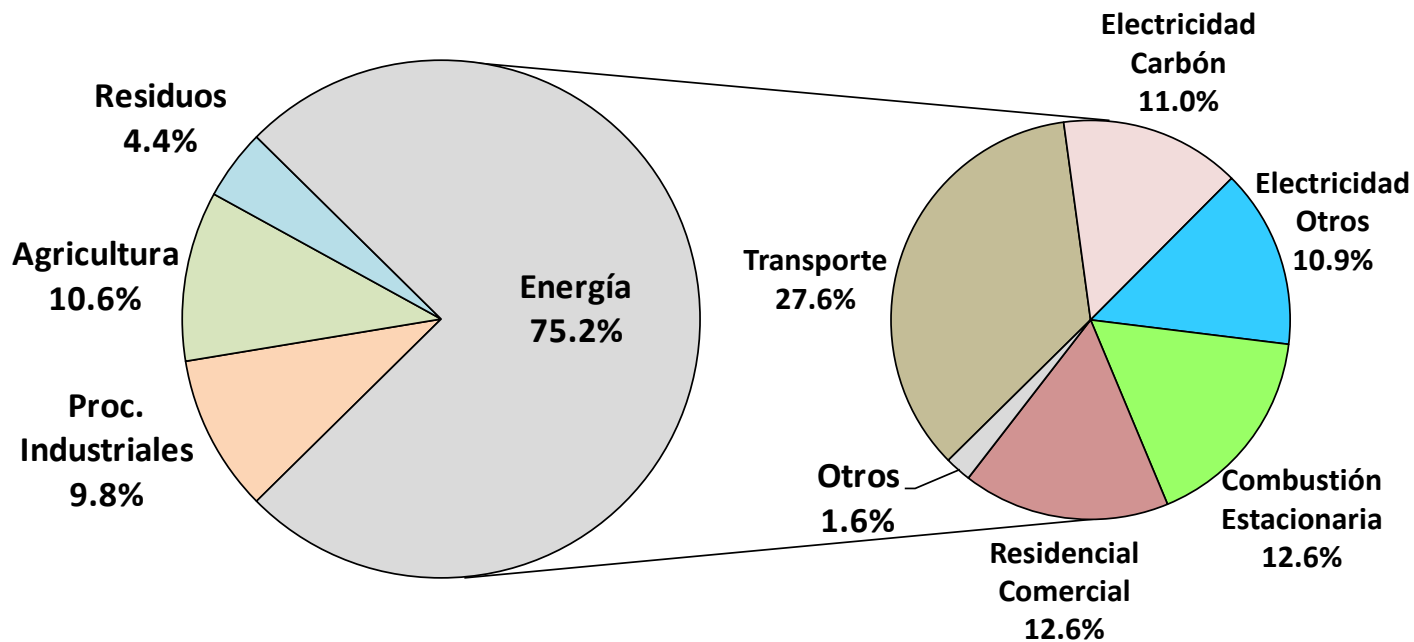
2018



2017



Emisiones de CO_{2eq} en España por sectores (2016)



Fuente: MAPAMA. Inventario Nacional de Emisiones de GEI 1990-2016. Abril 2018

Editorial



Decarbonisation of the electricity sector? CCUS still imperative



Fernando Rubiera, Covadonga Pevida
Department of Coal, Energy and Environment
Instituto Nacional del Carbón, INCAR-CSIC,
c/Francisco Pintado Fe, 26, 33011 Oviedo, Spain

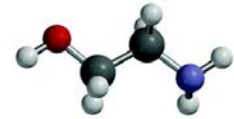
There is an increasing move, mainly in developed countries, to phase-out coal in the power generation sector. This is particularly evident in many European countries that support Europe's policy to implement a low-carbon economy to comply with the objectives of the Paris Agreement. In this respect, it was remarkably significant the announcement of the UK Government plans to close all coal power plants by 2025 and it was followed by other countries like Austria, Belgium, Denmark, France, Italy, The Netherlands, Portugal and Sweden. While decarbonisation of the economy will have positive environmental implications to our society, the reduction of coal utilisation will be accompanied

Decarbonisation of the energy sector will be region-specific but

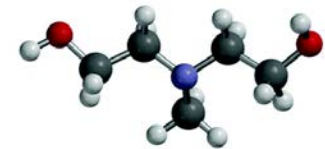
Post-combustión en centrales térmicas

Ventajas

- Tecnología de absorción muy madura en una gran variedad de aplicaciones industriales.
- Bajo precio (MEA~ 1000s €/t) y estabilidad de los solventes principales (Monoetanolamina, MEA, o N- metil-dietanol amina, MDEA).



MEA



MDEA

Desventajas

- Se requiere pretratamiento de gases: SO_2 (< 10 ppmv), NO_x , polvo... para proteger las aminas.
- Alta demanda de energía para regeneración del sorbente, (2.7-3.3 GJ/t CO_2).
- Carácter corrosivo de las soluciones más concentradas en amina.
- Impacto ambiental de productos minoritarios de degradación con O_2 , SO_2 , NO_x , alta T..(amidas, aldeidos, nitrosaminas..) y de la propia MEA.



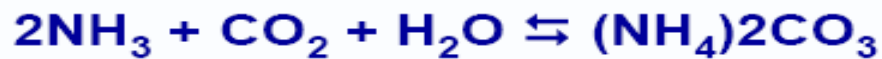
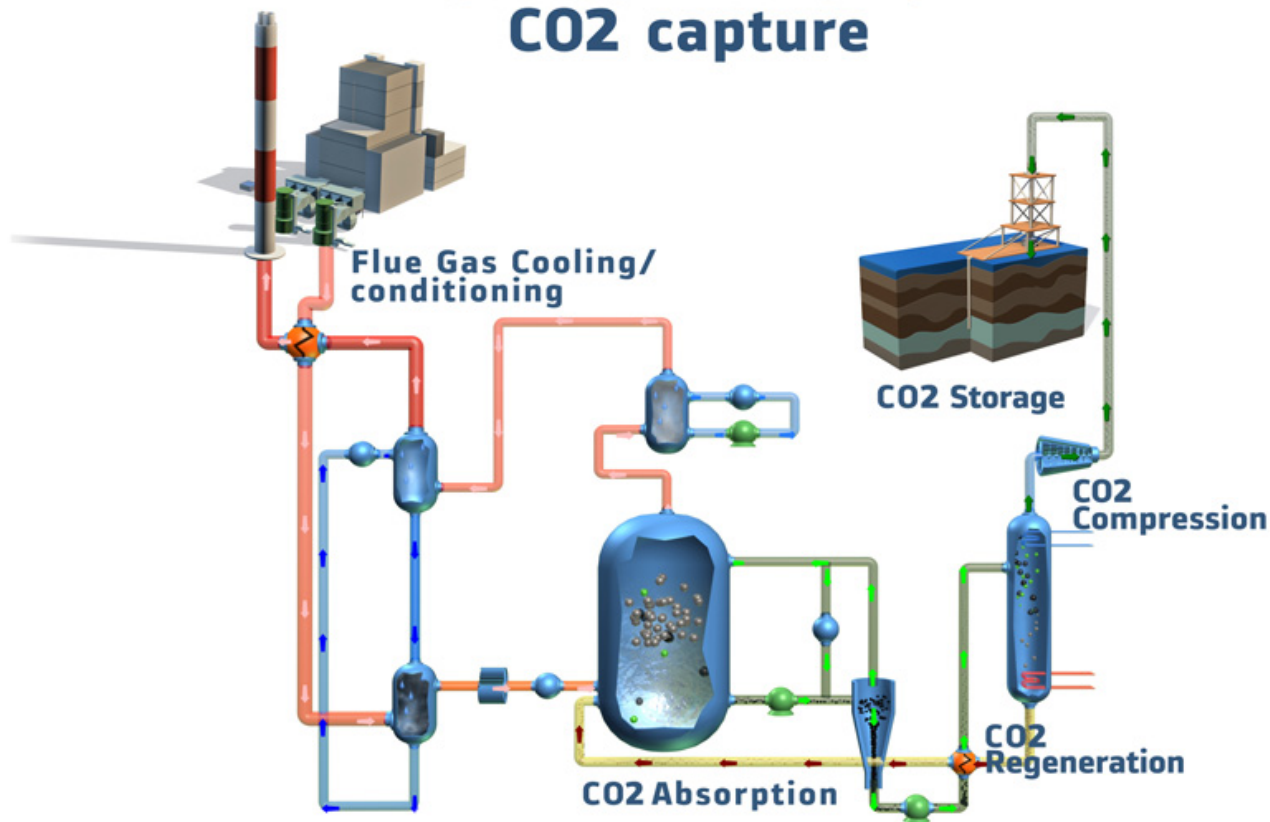
Post-combustión en centrales térmicas

Mejoras a través de I+D+demo

- **Nuevas columnas de absorción: mejora contacto Gas/Líquido y menor pérdida de carga.**
- **Utilización de reciclos de gas de combustión para aumentar concentración de CO₂ (solo en sistemas de postcombustión aplicados a ciclos de gas natural).**
- **Mejoras en la integración energética del sistema completo de captura.**
- **Aditivos para reducir la degradación de MEA, y corrosión de materiales a elevada concentración de amina.**
- **Nuevos solventes, o mezclas de ellos, intentando reducir requerimientos energéticos en regeneración (AMP, DEA, MDEA, PZ, AMPD, THAM...NH₃).**
- **Catalizadores durante la regeneración para permitir velocidades de reacción más rápidas a temperaturas inferiores de regeneración.**

Ejemplo procesos emergentes post-combustión con solventes: Procesos de absorción basados en NH₃

Chilled Ammonia CO₂ capture



ALSTOM

pteco₂
Plataforma Tecnológica Española del CO₂

Ejemplo procesos emergentes post-combustión con solventes: Procesos de absorción basados en NH₃

Ventajas

- Captura de SO₂ y CO₂.
- Solvente muy estable (NH₃), barato y no corrosivo.
- Bajos requerimientos energéticos para la regeneración. Menor energía en compresión (PCO₂~20 bar a T ~ 120 °C del regenerador).

Desventajas

- NH₃ es más volátil que las aminas (necesidad de trabajar a baja T, 0-10°C).
- Consumos energéticos extra para refrigeración de todo el gas de combustión.
- Manejo de “slurries” de NH₄HCO₃ (s).

	MEA	NH ₃
Molecular weight	61	17
Practical CO₂ loading (kg/kg solution)	0.05	0.1-0.2
Heat of reaction (kcal/mol)	20-22	6-8
Absorption temperature (°C)	40-70	0-10
Regeneration temperature (°C)	110-130	110-130
Regeneration pressure (bar)	1-1.5	20-40
H₂O/CO₂ in regenerator gas outlet (mol)	1-1.5	0.01-0.05
Make up requirement (kg/t CO₂)	2	0.2
Make up cost (\$/t)	1000-1500	200-300

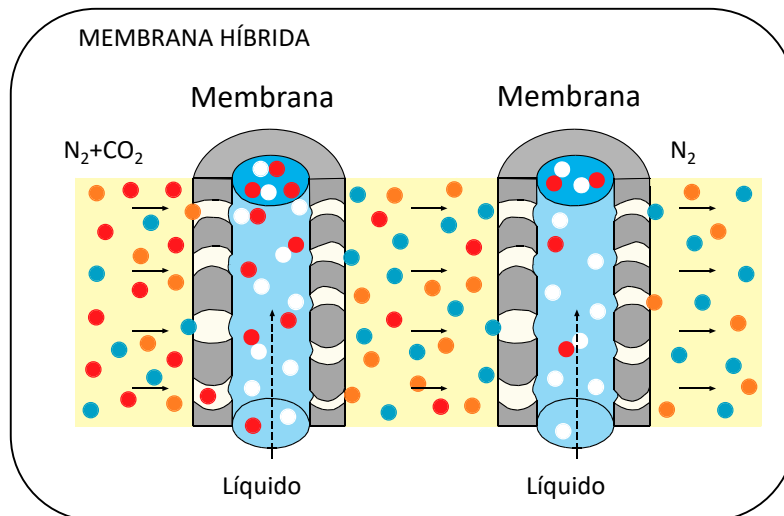
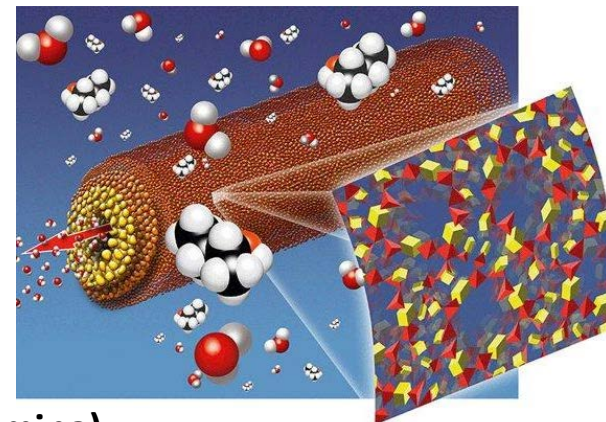


Alstom 20 MW
Pilot Plant
AEP
Mountaineer
West Virginia
(USA)

Membranas para Post-combustión

Tipos de membranas

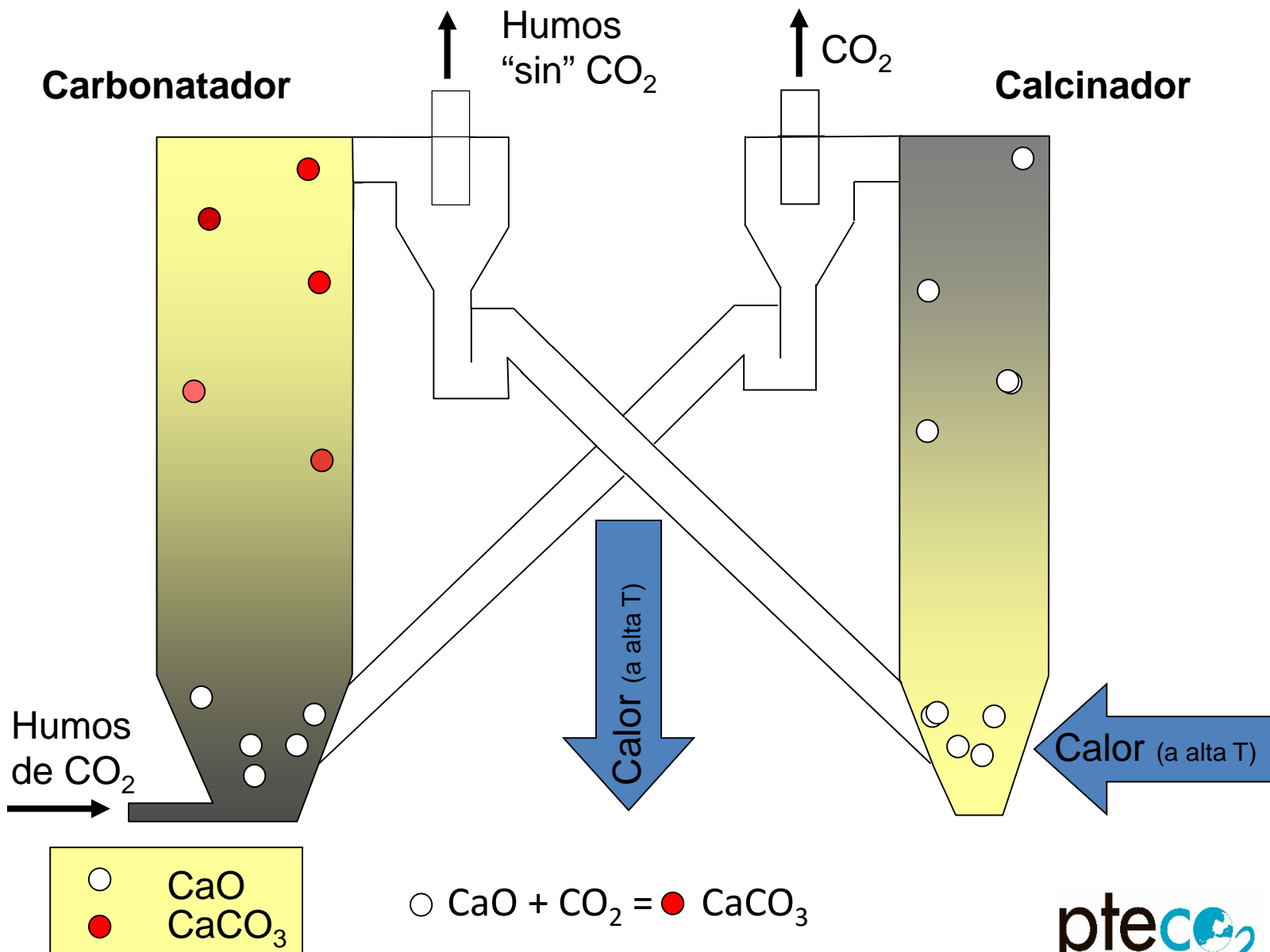
- Membranas poliméricas (policarbonatos, polisulfonas, poli-imidas)
- Membranas híbridas
 - Membranas de absorción (membrana+amina)
 - Membrana facilitadora de transporte (carbonatos, hidratos, amina soportada...)



Ventajas y Desventajas

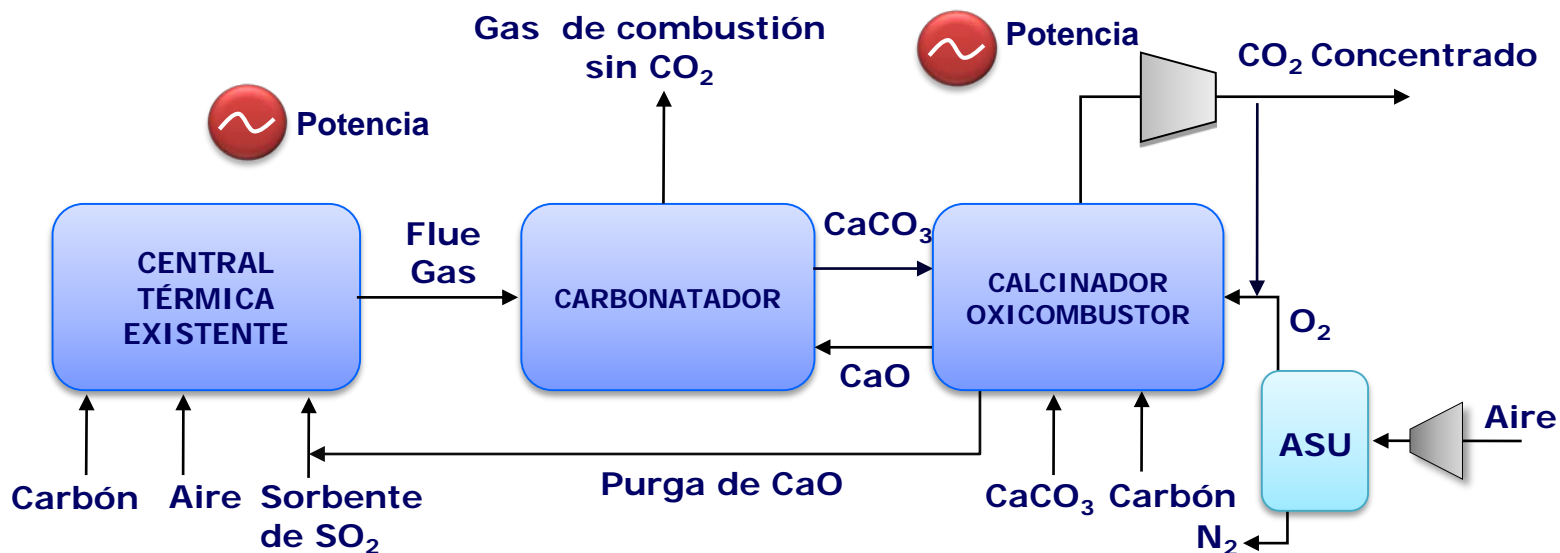
- Elementos modulares: muy compactas y de fácil escalado.
- Se requieren gases muy limpios (sin SO_2 , NO_x , poco O_2) para evitar degradación (i.e., difícil aplicación gases central carbón).

Captura de CO₂ por Carbonatación-Calcinación



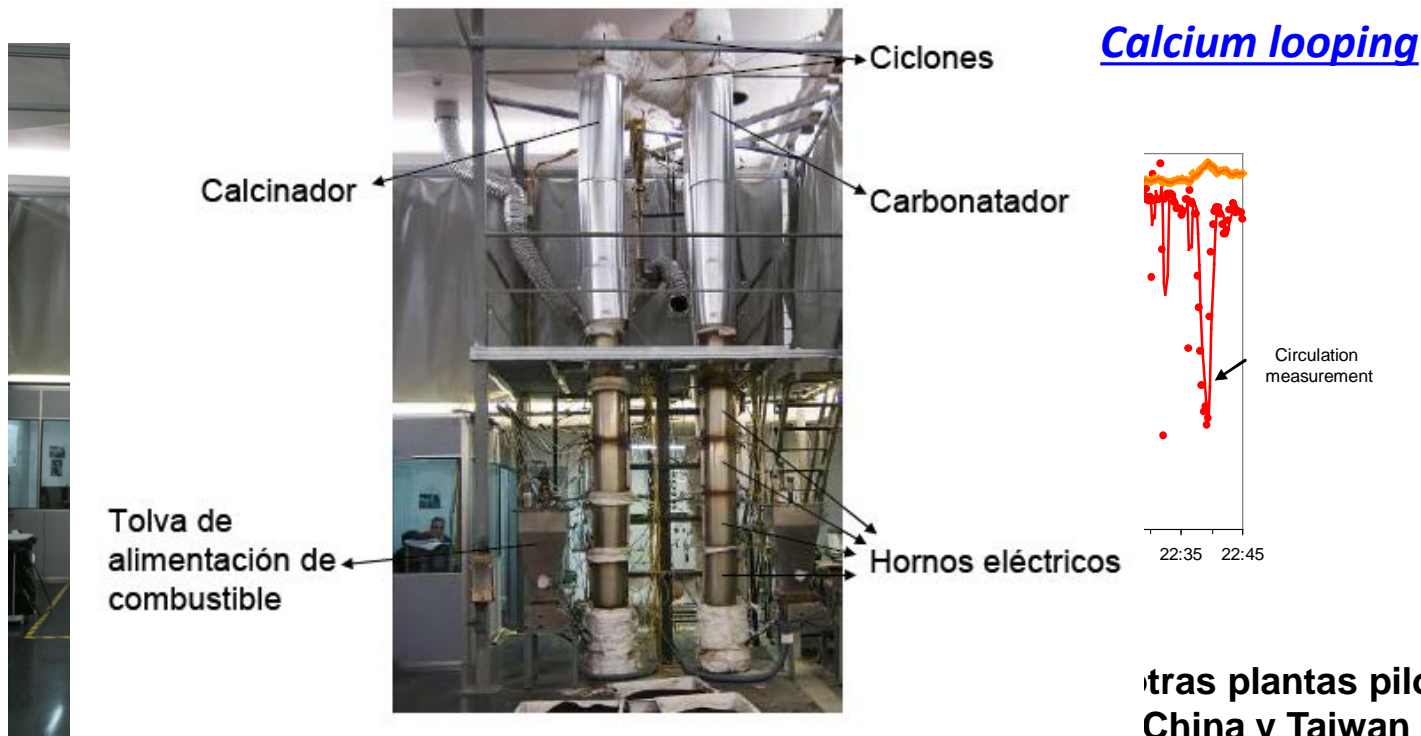
Captura de CO₂ por Carbonatación-Calcinación

Calcium Looping



- ✓ Low energy penalty (6-8 net points) and low cost per ton CO₂ captured
- ✓ Low cost sorbent precursor
- ✓ Purge of CaO: synergies with cement industry and others (i.e., desulfurization)
- ✓ Pre-treatment of flue gas no needed (SO₂ co-capture)
- ✓ Suitable for retrofitting to existing power plants

Planta piloto de 30 kW_{th} del INCAR-CSIC



- Seis patentes o solicitudes de patente
- Los trabajos científicos más citados en el mundo en este campo
- Primeros resultados en el mundo en planta piloto en continuo, diseño y construcción propias (2008)
- Primeros resultados en planta piloto a escala semi-industrial de 1.7 MWt (2012).

Plantas piloto de Calcium looping (>200 kW_{th})

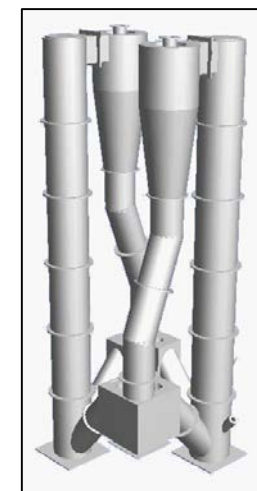
	La Pereda (Spain)	Darmstad (Germany)	IFK (Germany)	La Robla (Spain)	ITRI (Taiwan)
Thermal input	1.7 MW _{th} referred to carbonator	1 MW _{th} referred to calciner	50-230 kW _{th} referred to carbonator	300 kW _{th} referred to the biomass fed to carbonator	1.9 MW _{th} (1 t _{CO2} /h)
Configuration	Calciner: CFB Carbonator: CFB	Calciner: CFB Carbonator: CFB	Calciner: CFB Carbonator: FFB* and TFB*	Calciner: CFB Carbonator: CFB	Calciner: rotary kiln Carbonator: FB
Height	Calciner: 15 m Carbonator: 15 m	Calciner: 11.4 m Carbonator: 8.6 m	Calciner: 10 m Carbonator: 10 m (FFB*), 6 m (TFB*)	Calciner: 12 m Carbonator: 12 m	Calciner: 5m (length) Carbonator: 2.5m
Diameter	Calciner: 0.75 m Carbonator: 0.65 m	Calciner: 0.4 m Carbonator: 0.59 m	Calciner: 0.21 m Carbonator: 0.21 m (FFB±), 0.33 m (TFB±)	Calciner: 0.4 m Carbonator: 0.4 m	Calciner: 0.9 m Carbonator: 3.3 m
Control of solid flow	Cone valves	Screw conveyors	Cone valves	On:Off loop seal	Kiln rotation speed
Flue gas source	Integrated with power plant	Flue gas from coal burner	Synthetic flue gas	Flue gas generated in carbonator	Integrated with the cement plant
Calciner operation	Oxy-fired with coal	Oxy-fired with coal/propane	Oxy-fired with coal and flue gas recycle	Air-fired with biomass	Oxy-fired with diesel
Project name or website	http://recal-project.eu/ ; http://cao2.eu	http://www.project-scarlet.eu/	http://cal-mod.eu-projects.de/	MenosCO2	HECLOT

From:

Abanades et al, *Emerging CO₂ capture systems*. Int. J. Greenhouse Gas Control, 2015, vol 40, 126-166 [doi:10.1016/j.ijggc.2015.04.018](https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.04.018)

Captura de CO₂ por Carbonatación-Calcinación

Planta piloto de 1.7 MWt en la CT "La Pereda", Asturias



Reactores:
15 m altura,
0.7 m d.i.

 endesa generación


grupohunosa

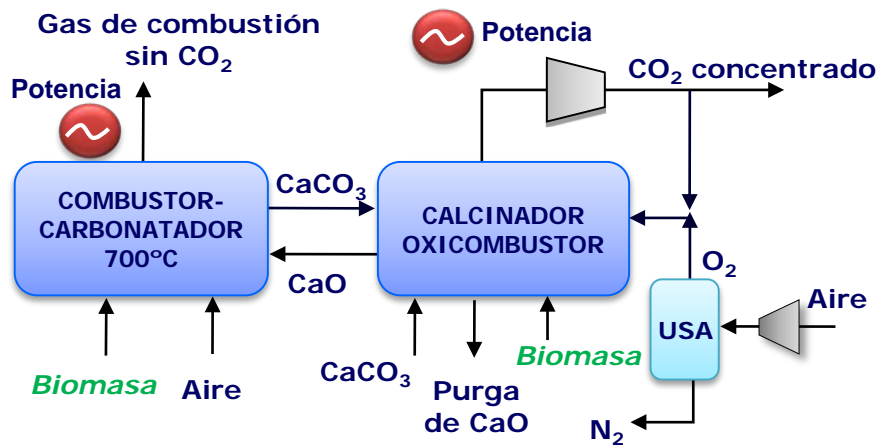
 MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD

 CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
INSTITUTO NACIONAL
DEL CARBÓN

 pteco₂
Plataforma Tecnológica Española del CO₂

Captura de CO₂ por Carbonatación-Calcinación

Planta piloto de 300 kWt en la Robla, León



- Variante del proceso de carbonatación-calcinación, con liderazgo y patentes españolas: planta piloto de la Robla de Gas Natural Fenosa, 2 LFC conectados de 12 m altura.
- Proyecto MENOS CO₂: combustión de biomasa en aire a una temperatura baja (de unos 700 °C) en presencia de CaO, capturando el CO₂ por carbonatación en el mismo lecho de combustión.
- Este concepto implica emisiones negativas cuando se almacena geológicamente el CO₂ generado en el oxicalcinador.

gasNatural
fenosa



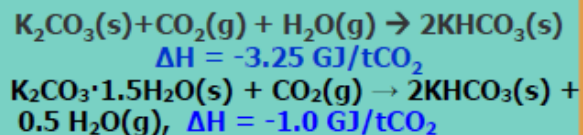
pteco₂
Plataforma Tecnológica Española del CO₂

Captura de CO₂ post-combustión con sorbentes sólidos: KIER (Korea Institute of Energy Research)

Proyecto de Captura Post-combustión de 10 MWe (Hadong, Corea)

Características del sorbente sólido

Carbonation

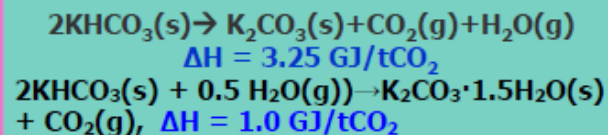


Operating temperature: 40-80°C

- No Volatile
- No waste water
- Little Corrosion

- Easy to control heat for exothermic reaction

Regeneration



Operating temperature: 140-200°C

- Recover high-concentrated CO₂ after condensing H₂O

- Use waste heat, steam for endothermic reaction

- ☐ Solid sorbents for fluidized-bed applications
 - High sorption capacity
 - High mechanical strength

Captura de CO₂ post-combustión con sorbentes sólidos: KIER (Korea Institute of Energy Research)

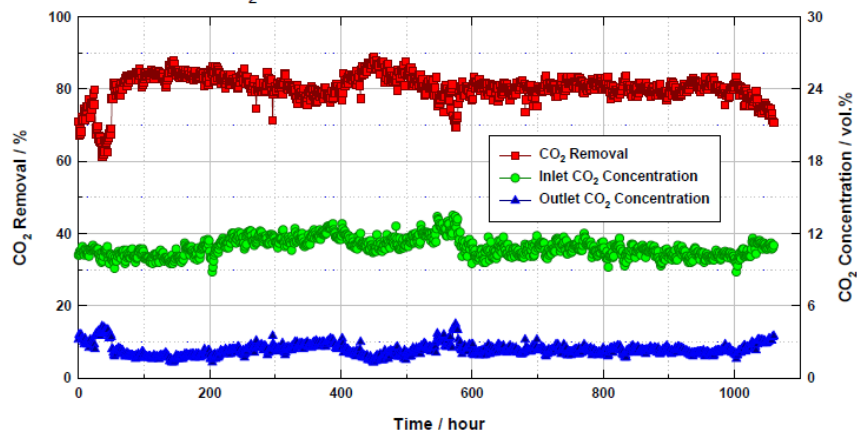
Proyecto de Captura Post-combustión de 10 MWe (Hadong, Corea)



10 MW Pilot Plant at KOSPO's Hadong coal-fired power plant, Unit # 8

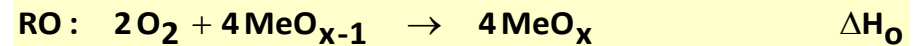
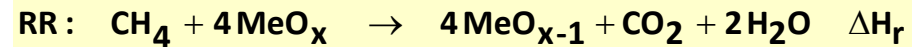
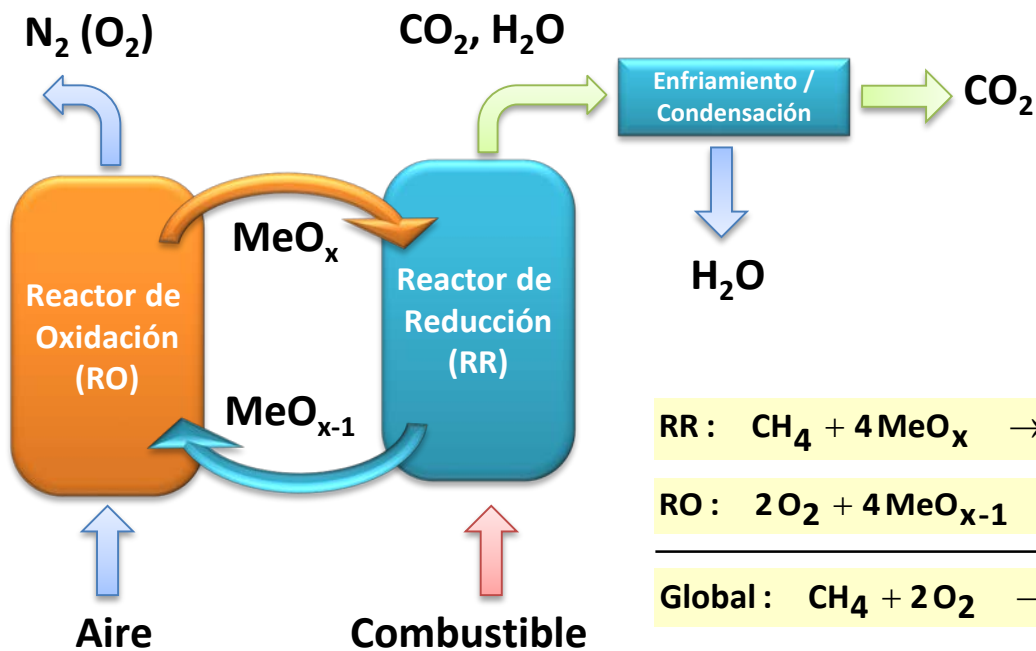
- ❑ Scale: 10 MW slip-streamed from 500 MW coal-fired power plant(SC)
- ❑ Capacity: 200 tCO₂/d
- ❑ Flue gas: coal-fired boiler
- ❑ Sorbent: KEP-CO2P2
- ❑ Achievement
 - > 80% CO₂ capture rate
 - 95% CO₂ purity
 - Completed 1000 h continuous operation
- ❑ Targets:
 - 20% capital cost reduction
 - 20% cost reduction (<US\$ 40/tCO₂)
- ❑ Startup: October, 2013
- ❑ Plot area: 34 (L) x 15 (W) x 59 m(H)
- ❑ Location: Hadong, Korea. KOSPO's Hadong Thermal Power Station (unit #8)

Pilot Unit – CO₂ Removal Performance

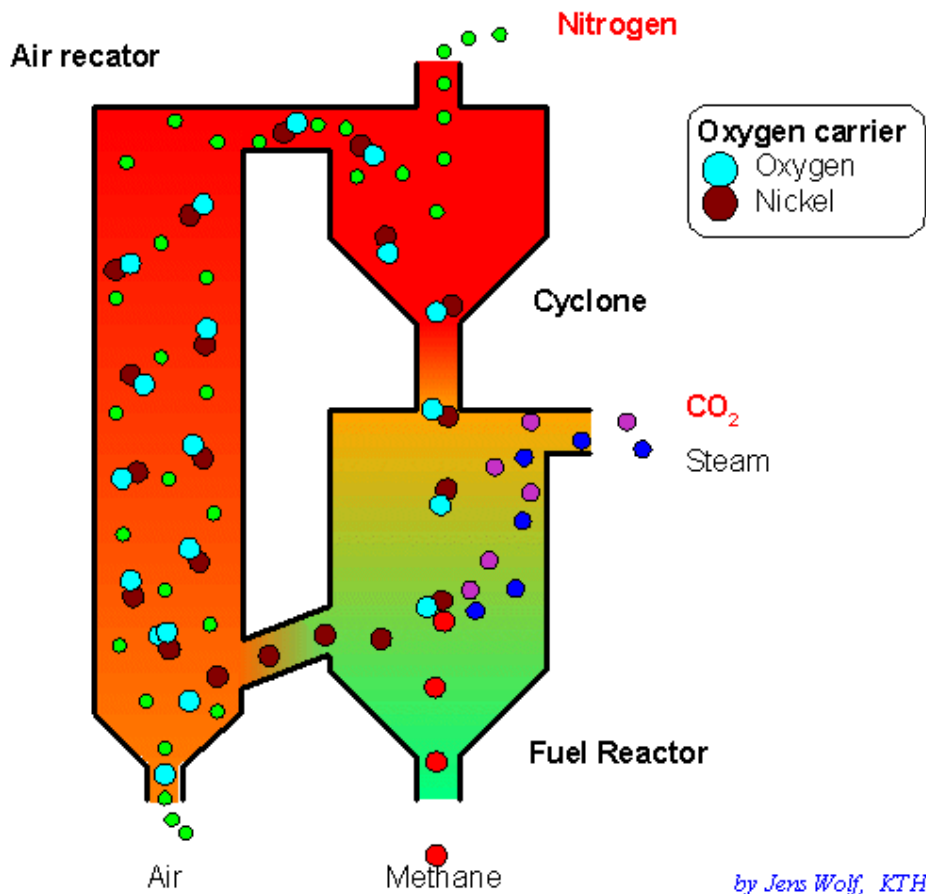


Chemical Looping Combustion

- En la década de los 90 se empezó a desarrollar la **combustión con transporte de oxígeno** (*Chemical Looping Combustion, CLC*).
- En CLC se **transfiere oxígeno del aire al combustible** por medio de un transportador de oxígeno, normalmente en forma de óxido metálico, por lo que el N_2 del aire no se mezcla nunca con el combustible.



Chemical Looping Combustion



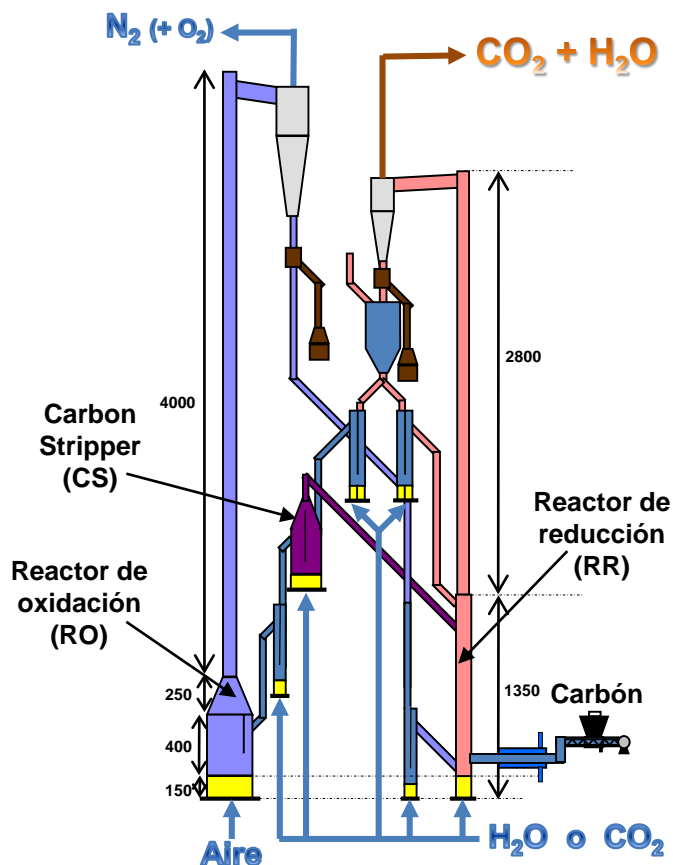
10 kW CLC, Chalmers (2003)



10 kW CLC, ICB - Zaragoza

Chemical Looping Combustion

Planta piloto de 50 kWt (Instituto de Carboquímica, ICB-CSIC)



Chemical-Looping with Oxygen Uncoupling (CLOU). Combustión con sólidos productores de oxígeno gas (Patente del ICB-CSIC)

Captura de CO₂ mediante Adsorción

Adsorbentes

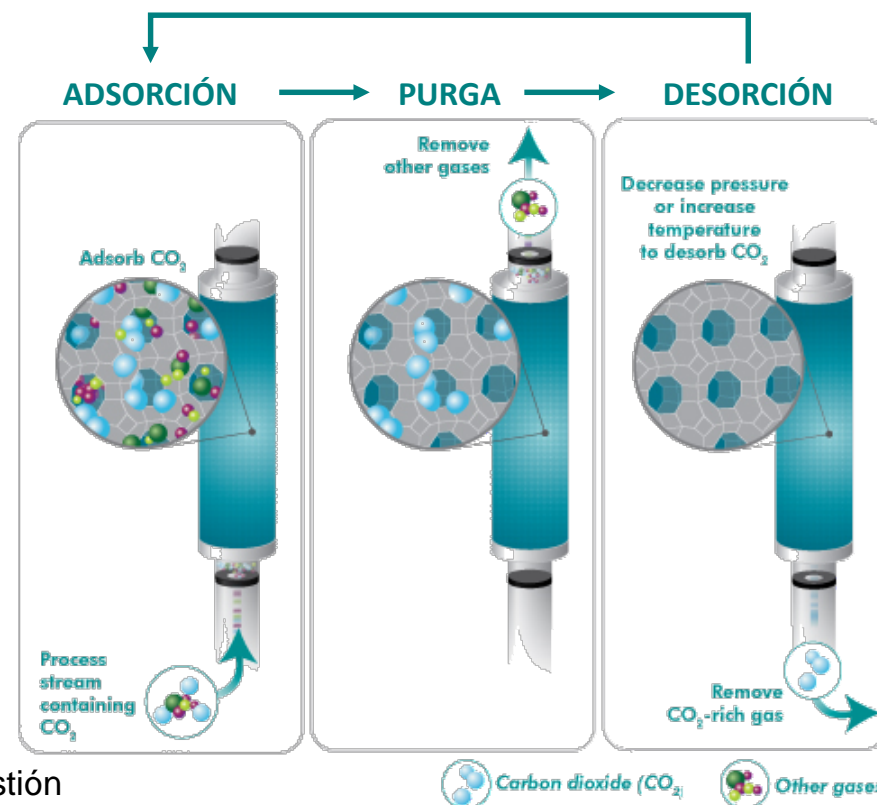
La captura de CO₂ por adsorción con sólidos implica un proceso cíclico en el que el CO₂ es adsorbido selectivamente sobre la superficie del sólido el cual es sometido a una etapa posterior de regeneración en la cual se desorbe el CO₂ capturado. Los adsorbentes pueden ser inorgánicos (zeolitas, MOF, óxidos metálicos, etc.) u orgánicos (carbón activado, tamices moleculares de carbono, poliméricos, etc.)

Adsorción de CO₂

Física
(van der Waals-electrostáticas)

Química
(covalente)

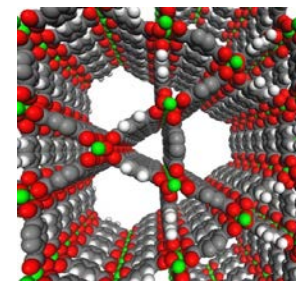
- Comercial para purificación de H₂
- Potencial para captura pre y post-combustión
- Objetivos: elevada capacidad y bajo coste



Tecnologías de Adsorción – Adsorbentes

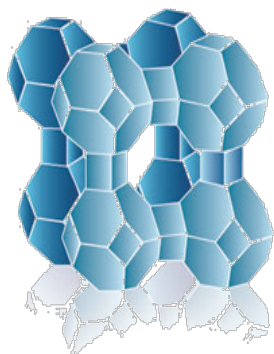
Metal-Organic Frameworks (MOF)

Compuestos cristalinos formados por iones metálicos unidos por ligantes orgánicos formando estructuras porosas. Se utilizan como tamices moleculares y para almacenamiento de gases. Porosidad elevada



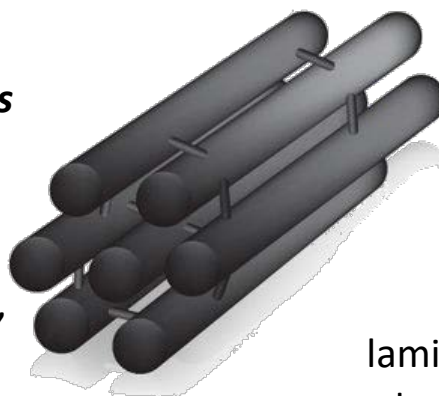
Zeolitas

Aluminosilicatos hidratados que forman estructuras porosas regulares las cuales les confieren propiedades de tamiz molecular. Pueden ser modificadas por intercambio iónico para incorporar cationes metálicos los cuales modifican significativamente su capacidad de adsorción de CO₂, su selectividad y su tolerancia al agua.



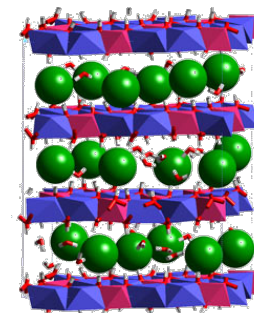
Carbonosos

Se incluyen desde carbones activados hasta tamices moleculares de carbono. Son menos sensibles a la humedad, fácilmente regenerables y relativo bajo coste.

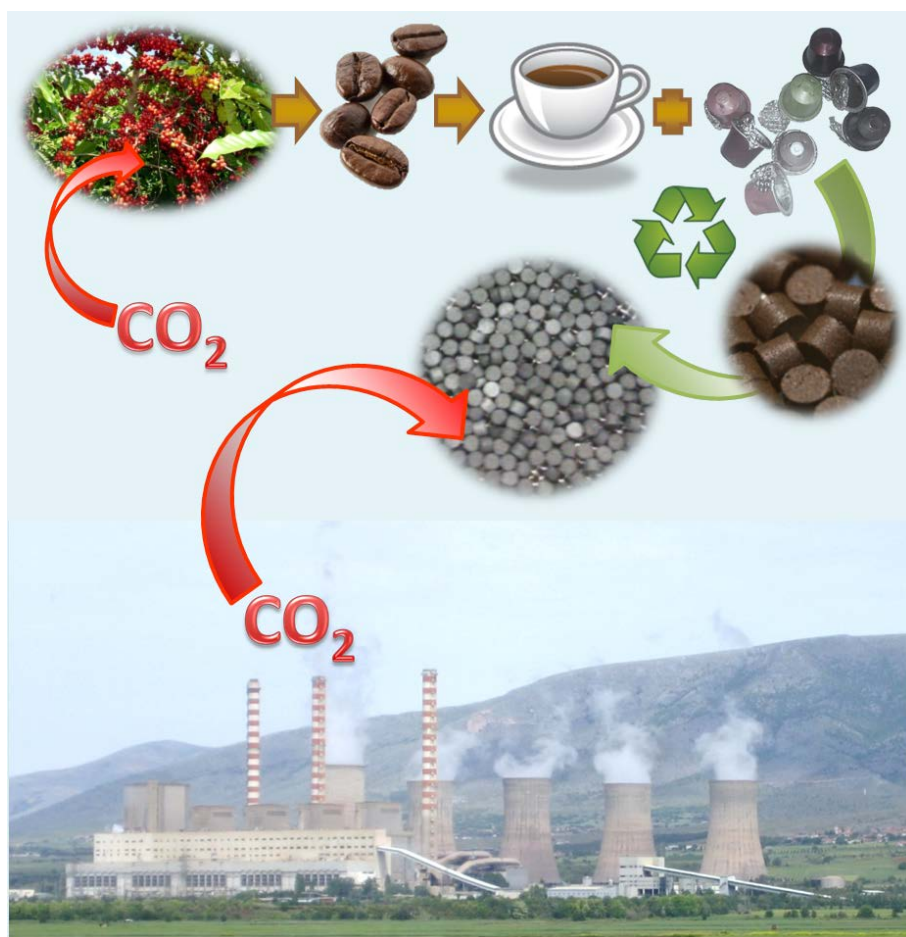


Hidrotalcitas

Hidróxidos dobles laminares. Adsorben CO₂ a temperaturas elevadas.



Tecnologías de Adsorción – Sorbentes Biomásicos



Biomasa

- ⊕ Sumidero de CO₂.
- ⊕ Disponible globalmente.
- ⊕ Barata.
- ⊕ Fuente renovable de carbono.

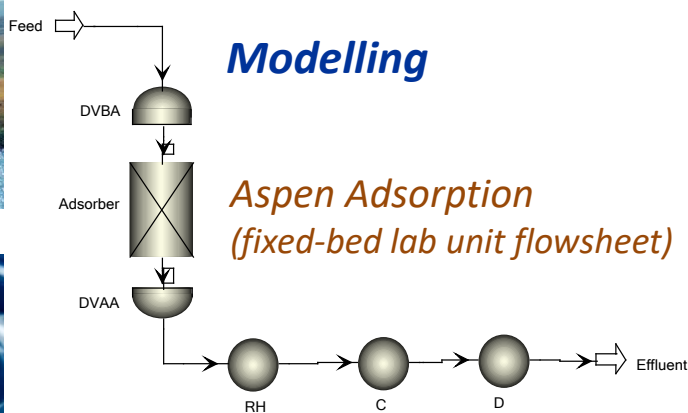
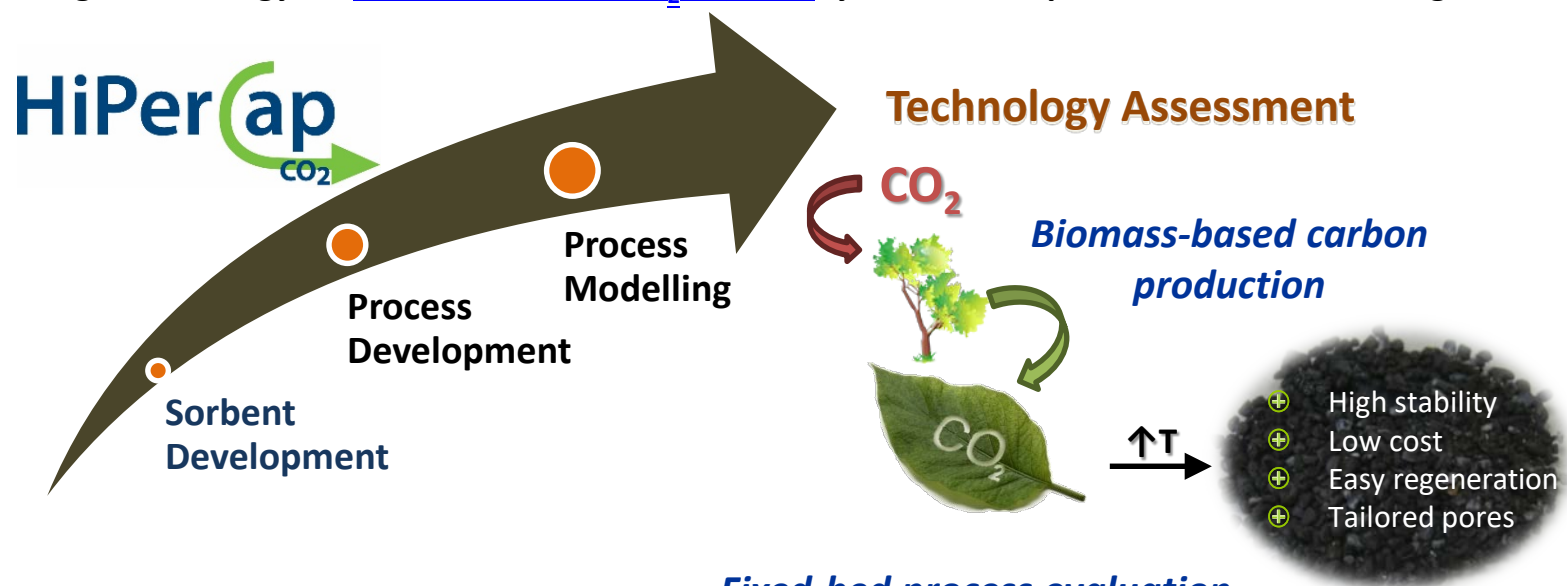
Carbón activo: Pélets de residuos de café

- ⊕ Elevada estabilidad.
- ⊕ Bajo coste.
- ⊕ Fácilmente regenerable.
- ⊕ Control del tamaño de partícula, porosidad y tamaño de poro, y química superficial.

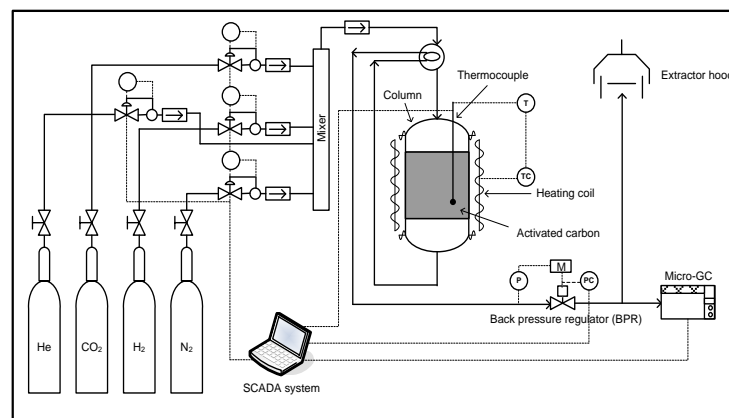
- Patent filed ^[1] : Procedure to obtain a CO₂ adsorbent from spent coffee grounds, P201331003. CSIC, 2013
- M.G. Plaza, A.S. González, C. Pevida, F. Rubiera. Green coffee based CO₂ adsorbent with high performance in postcombustion conditions. *Fuel*. 2015;140:633-48

Tecnologías de Adsorción – Sorbentes Biomásicos

Prove adsorption with low-temperature solid sorbents as a high efficiency and environmentally benign technology for post-combustion CO₂ capture by means of experimental and modelling work



Fixed-bed process evaluation



Tecnologías de Adsorción – Sorbentes Biomásicos

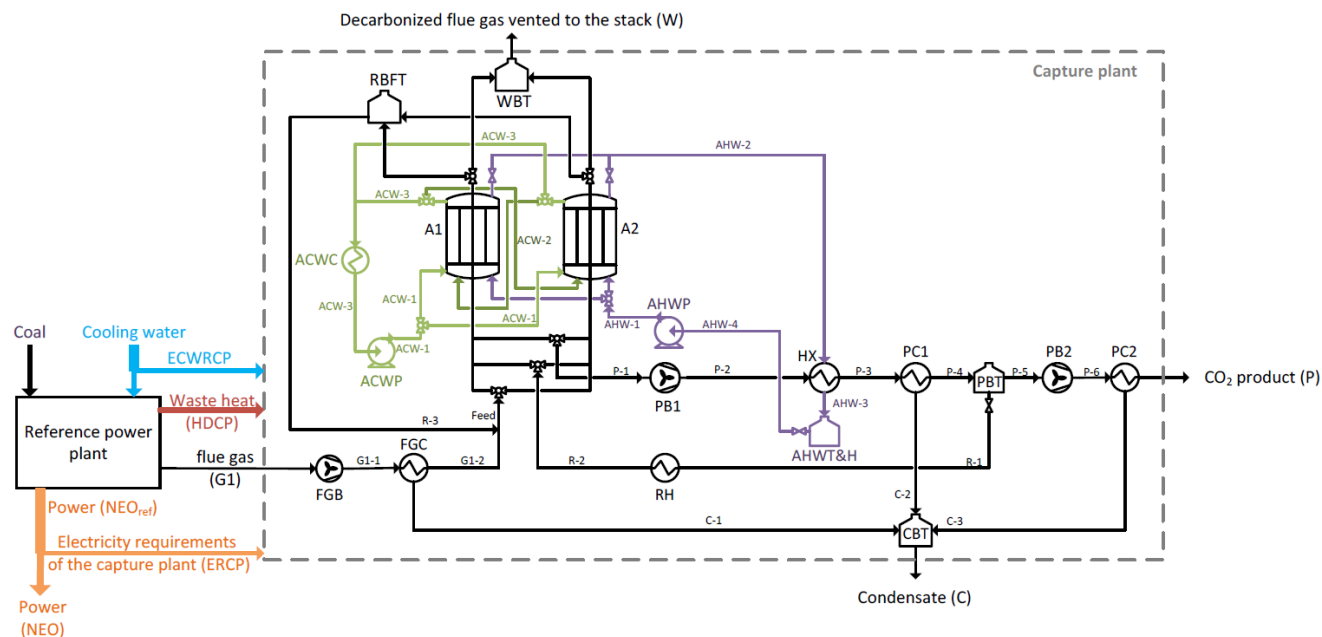


Table 3
Comparison of post-combustion CO₂ capture processes using a common reference power plant and a similar set of assumptions.

Parameter	VTCSA ^a	VTSA ^b	TCSA ^c	Advanced solvent ^d	Units
Purity of the CO ₂ product	95	95	96	≥ 95	% mol, dry basis
CO ₂ capture rate	85	85	85	90	%
Specific heating duty	2.32	2.41	3.59	3.02	MJ _{th} kg ⁻¹ CO ₂
Specific cooling duty	3.24	3.00	3.36	3.98	MJ _{th} kg ⁻¹ CO ₂
Specific electricity requirements	0.66	1.15	0.13	0.09	MJ _e kg ⁻¹ CO ₂
SEPAC ^e	0.66	1.15	NA	0.78	MJ _e kg ⁻¹ CO ₂
Productivity	0.35	0.32	0.40	–	kg _{CO2} kg _{adsorbent} ⁻¹ h ⁻¹
Total mass of adsorbent	1437	1539	1256	–	t

Fuente: - Plaza & Rubiera, *Applied Energy*, 250, 916 (2019)
- Plaza & Rubiera, *Chem. Eng. J.*, 375, 122002 (2019)

Tecnologías de Adsorción – Aplicación Comercial

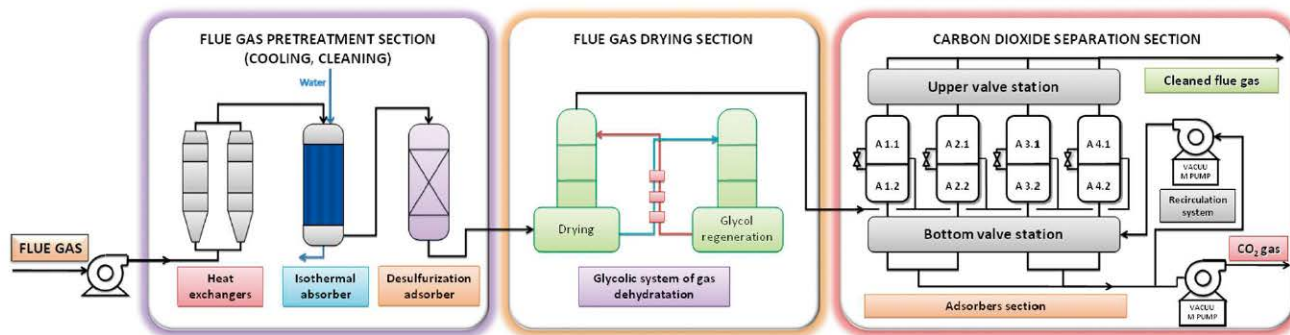
Vacuum-pressure swing adsorption (VPSA) CO₂ capture pilot installation



Technical characteristics of the installation

Feed gas stream:	100 m ³ /h
CO ₂ concentration in flue gas:	ca. 13%
CO ₂ recovery:	min. 90%
CO ₂ concentration in the product:	min. 60%
Adsorption pressure:	max 160kPa abs.
Desorption pressure:	min 20 kPa abs.
Electrical energy demand:	20.8 kW

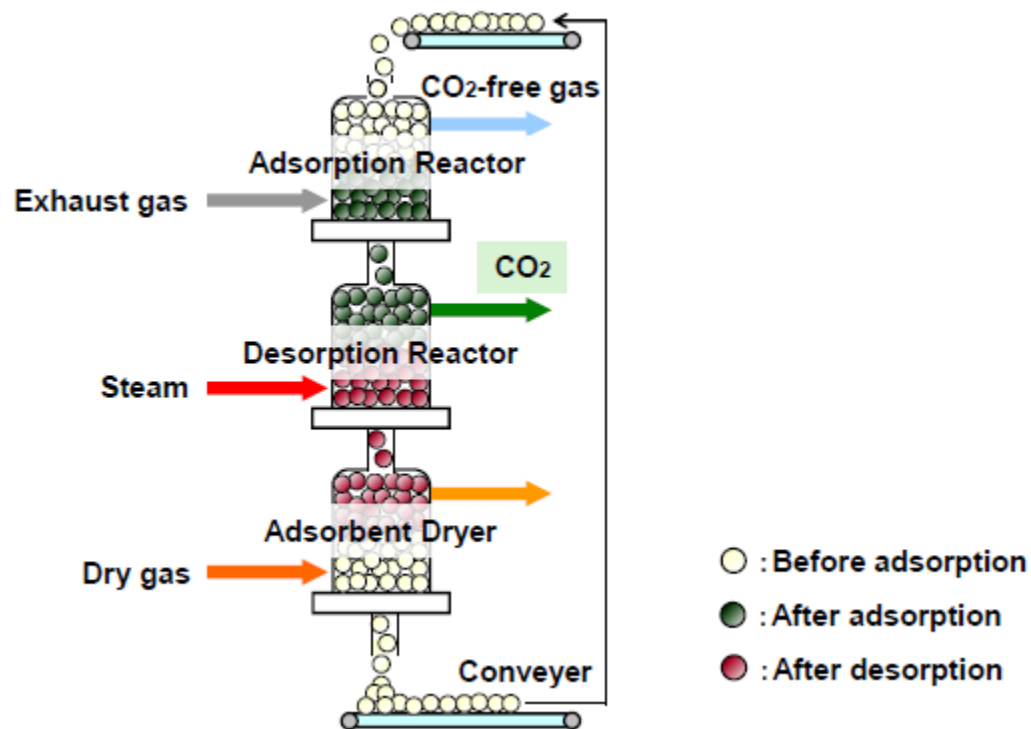
Dónde: central térmica de Lagisza (Polonia), mayor lecho fluidizado en condiciones supercríticas del mundo (460 MWe)



- Adsorbentes: carbón activado y zeolita
- Primeros tests en el mundo *on-site* de la tecnología dual-reflux vacuum-pressure swing adsorption

Tecnologías de Adsorción – Aplicación Comercial

KCC (Kawasaki CO₂ Capture) Adsorción en lecho móvil



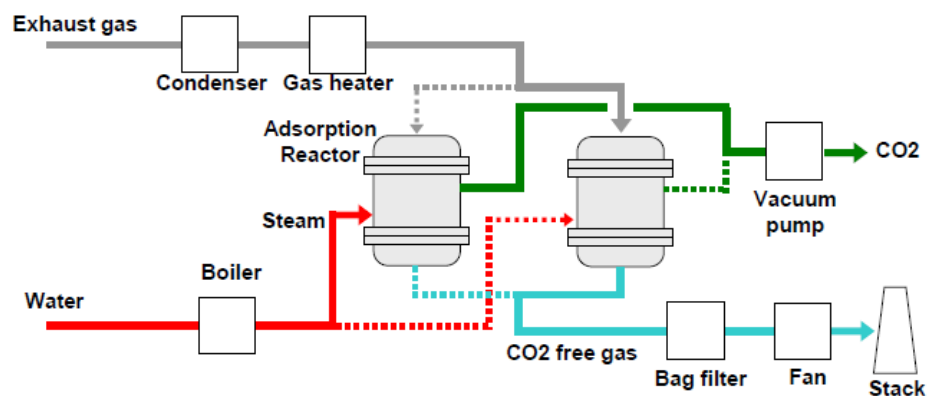
- Captura de CO₂ (3 t/día) mediante adsorbentes impregnados con aminas.
- Desorción con vapor a baja temperatura (60 °C).
- Energía consumida: ~ 3GJ/t CO₂.

Tecnologías de Adsorción – Aplicación Comercial

KCC (Kawasaki CO₂ Capture) Adsorción en lecho fijo



6.5 m (W) × 7.5 m (L) × 12 m (H)

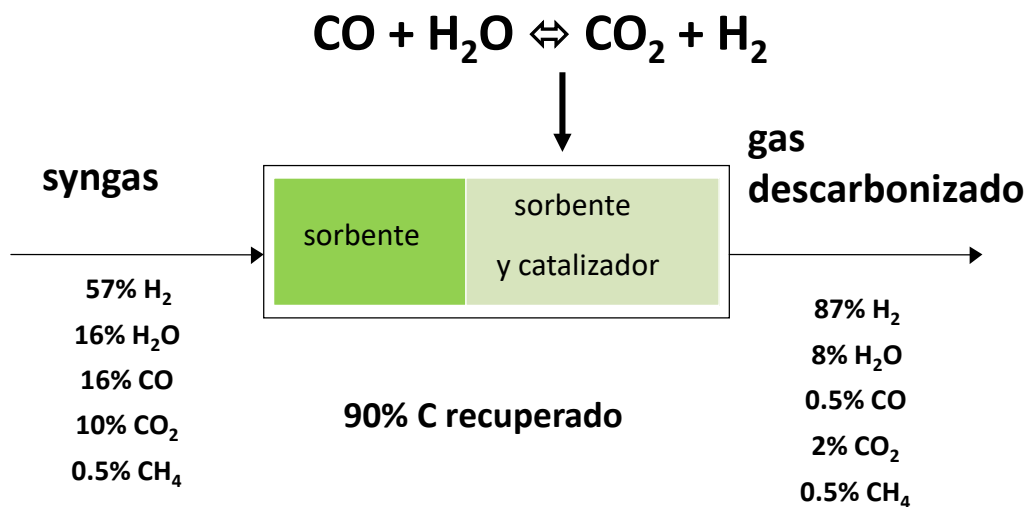


		Case1	Case2	Case3
Flue gas flow rate	Nm ³ /h	960	1700	2000
Concentration of CO ₂ in the flue gas	%	12	13	16
Flue gas temperature	°C	40	40	40
Steam temperature	°C	60	60	60

- Captura de CO₂ (10 t/día) mediante adsorbentes impregnados con aminas.
- Desorción con vapor a baja temperatura (60 °C).

Captura de CO₂ en pre-combustión

Sorption enhanced water gas shift



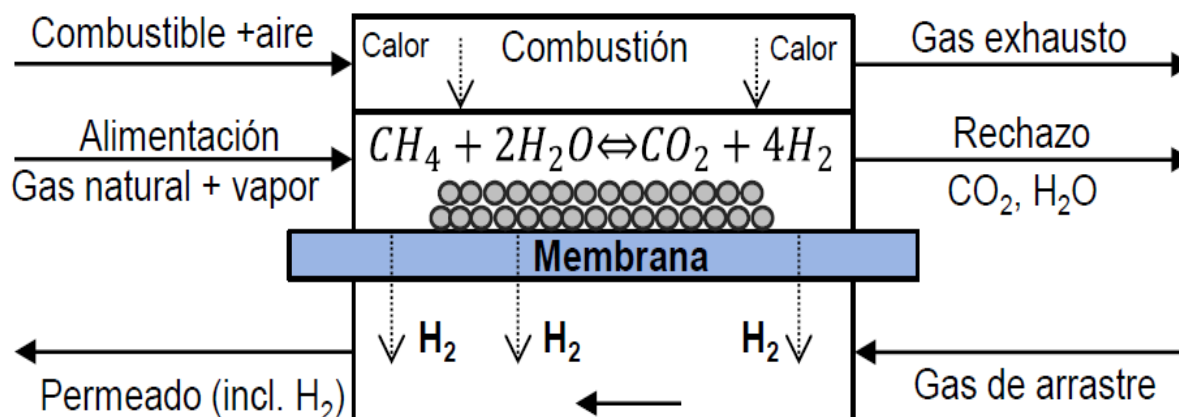
- Catalizador *water gas shift* + **sorbente** CO₂ alta T
- Elimina CO₂ de syngas (400-500°C) y CO ~ 0
- Múltiples lechos trabajando y proceso cíclico: reacción/adsorción – regeneración



Captura de CO₂ en pre-combustión

Reactor de membranas SMR-MR

Combinación del reformado de metano, la reacción de WGS y la purificación de H₂ en una sola etapa



Tokyo Gas – Mitsubishi Heavy Industries:

Reactor de lecho fijo con una membrana de aleación de Pd (20 μm). T > 700 °C

Flujo a tratar: 40 Nm³/h

Estabilidad: 3000 h

Eficiencia producción de H₂ (99.999% pureza): 85%

Referencia: Voldsund, M. et al. (2016) *Int. J. Hydrogen Energ.*, 41, 4969-4992

Captura de CO₂ en pre-combustión

REACTOR SMR o WGS

REACTOR SMR con ADSORCIÓN

LECHO CON CATALIZADOR +
MATERIAL ADSORBENTE DE
CO₂ (hidrotalcitas o silicato de litio)
Desplazamiento del equilibrio

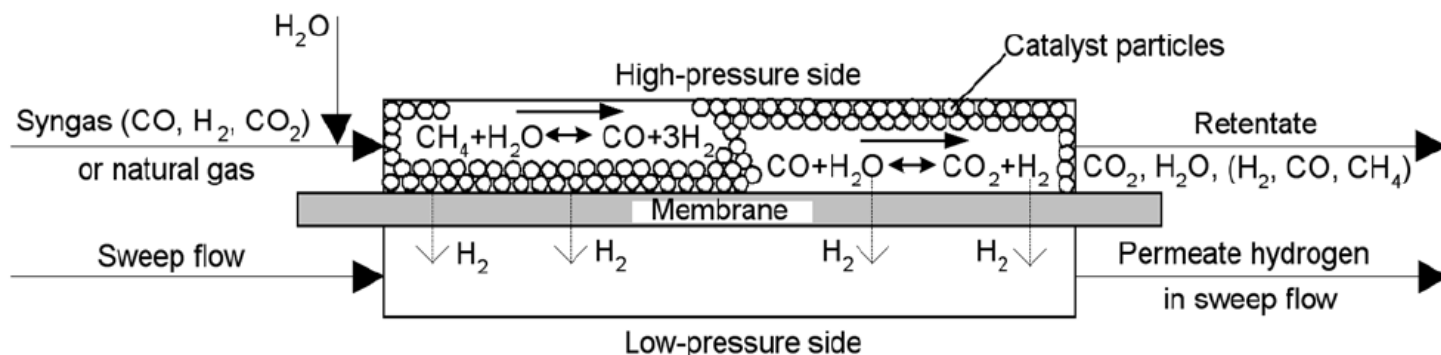
H₂ puro

Regeneración del lecho por
PSA o TSA → CO₂

Estado → PLANTA PILOTO

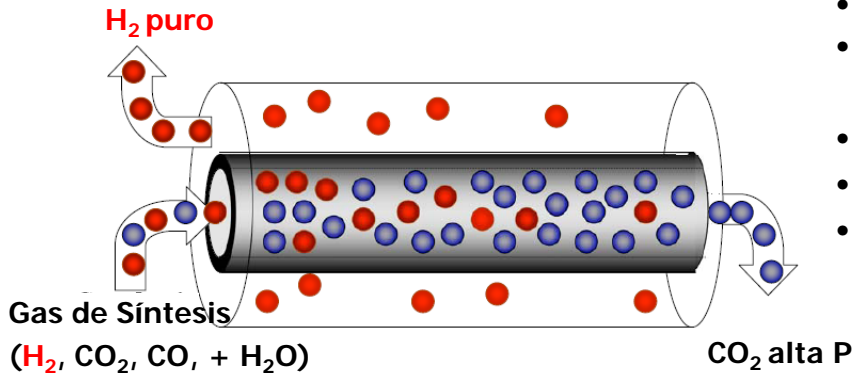
REACTOR DE MEMBRAN

Separación simultánea del H₂ durante la reacción.
Aplicable a SMR y WGS

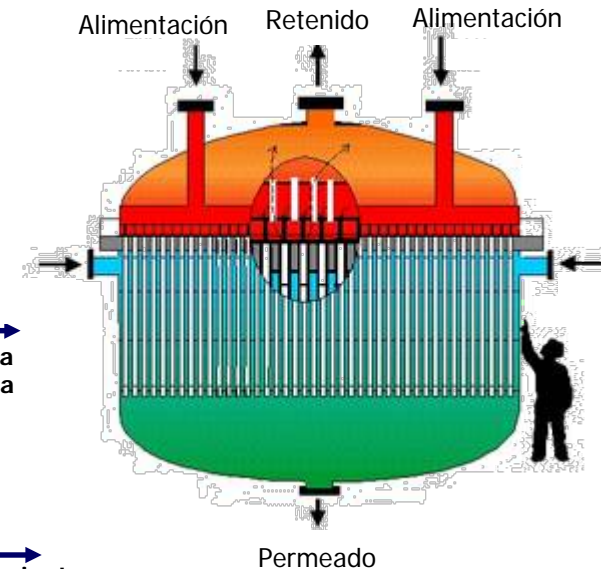
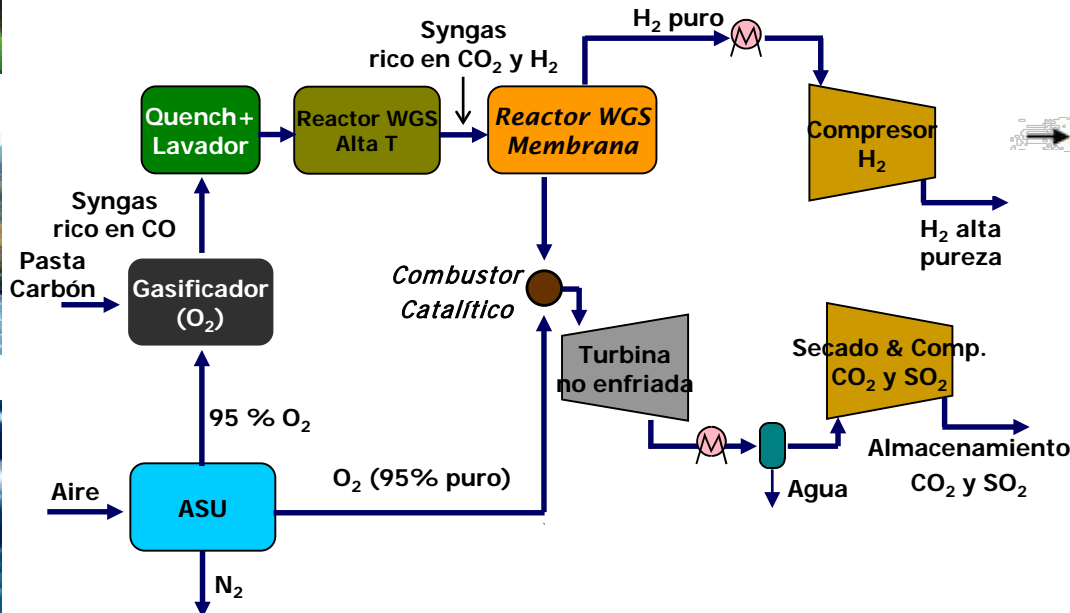


Captura de CO₂ en pre-combustión

Reactor WGS de Membrana



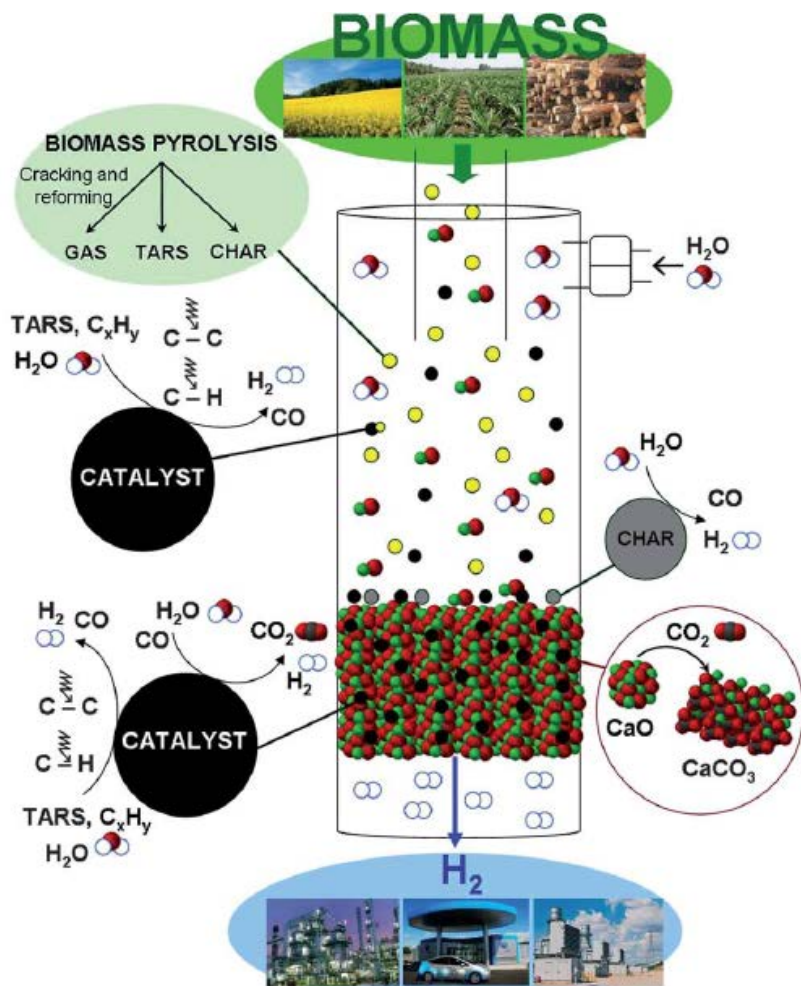
- Alta T para favorecer cinética.
- Membrana permea H₂: equilibrio se desplaza a la dcha.
- Aplicación procesos gasificación con CAUC.
- Sistema compacto.
- Tecnología no probada a escala comercial.



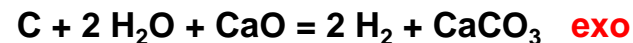
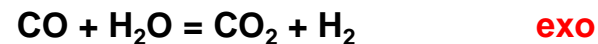
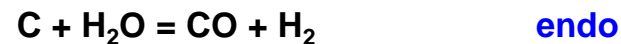
**Reactor de membrana WGS
100 MW IGCC**

Captura de CO₂ en pre-combustión

Sorption enhanced catalytic steam gasification of biomass (SECSGB)



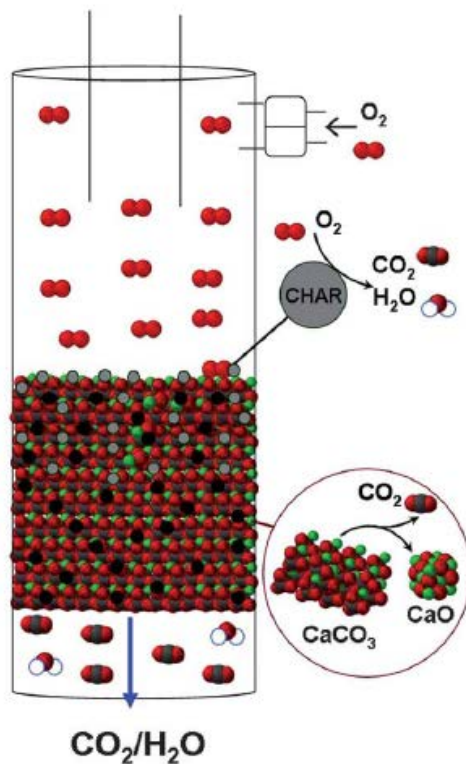
- Biomasa
- CaO
- CO₂
- H₂O
- Catalizador
- Char
- H₂
- O₂



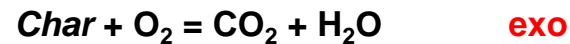
Fuente: Feroso, Rubiera, De Chen, *Energy & Env. Sci.*, 5, 6358 (2012)

Captura de CO₂ en pre-combustión

Sorption enhanced catalytic steam gasification of biomass (SECSGB)

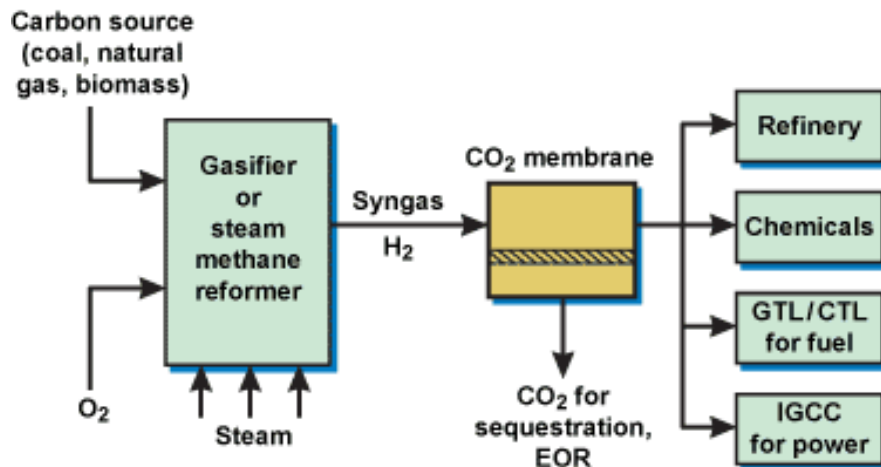


- Biomasa
- CaO
- CO₂
- H₂O
- Catalizador
- Char
- H₂
- O₂



Captura de CO₂ en pre-combustión

Steam Methane Reforming



Separación de CO₂ de gas de síntesis con la tecnología de membranas

Tipos de membranas:

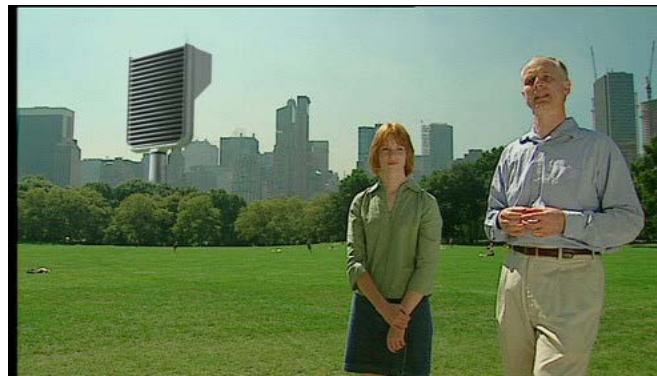
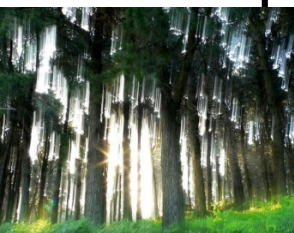
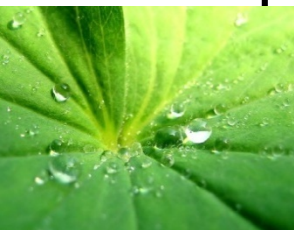
Polaris (poliméricas)

Condiciones de separación:

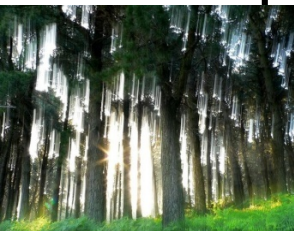
Presión de alimentación: hasta 50 bar
Alimentación: 1- 6 Mm³/día, 10 -60 vol% CO₂
CO₂ recuperado > 50 - 80%
Pureza del CO₂ : hasta 95 vol%

Membrane Technology & Research inc. (<http://www.mtrinc.com>)

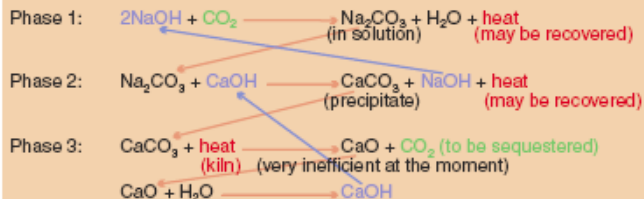
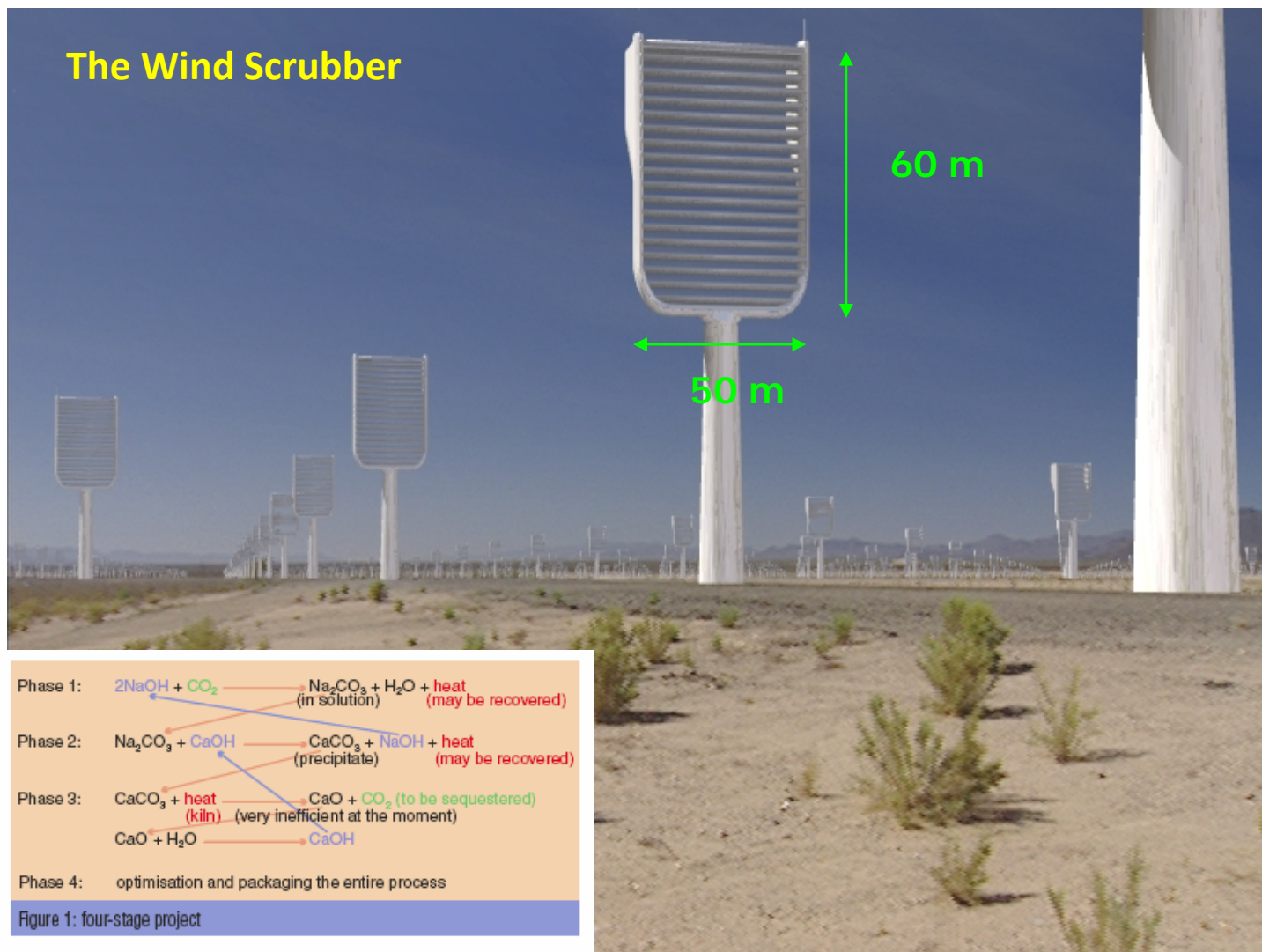
Captura directa del aire (DAC)



Captura directa del aire (DAC)



The Wind Scrubber



Phase 4: optimisation and packaging the entire process

Figure 1: four-stage project

Captura directa del aire (DAC)

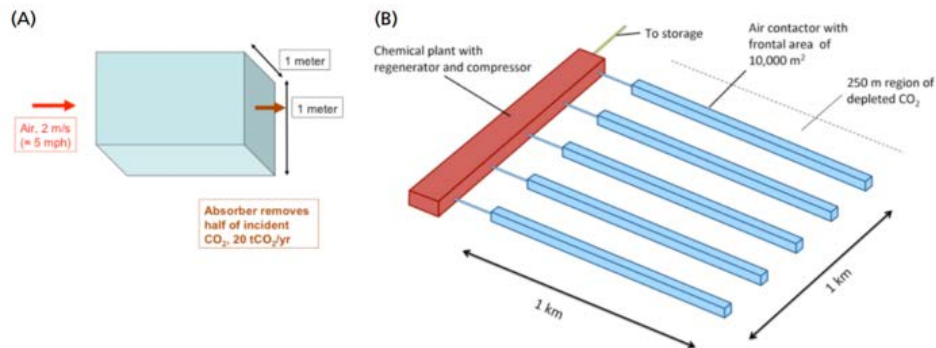
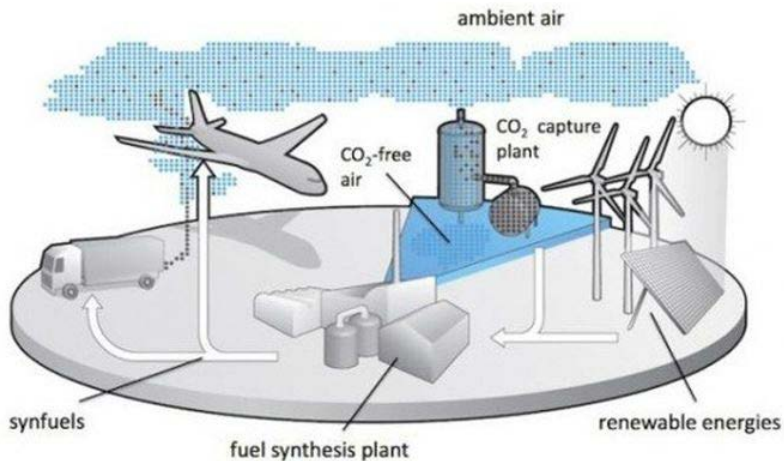


Figure 1.2. Schematic representations of A) a 1 m² intake area contactor capturing 20 tCO₂/yr, and B) a facility for capturing 1 MtCO₂/yr. The facility in B consists of five structures, each 10 meters high and 1 km long, and could collect 1 MtCO₂/yr if air passed through at 2 m/s and 50% of the CO₂ were collected. The structures are spaced 250 meters apart, and the footprint of the system is roughly 1.5 km². Approximately six of these systems would be required to compensate for the emissions of a 1 GW coal plant. Buildings not to scale.

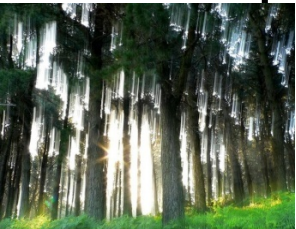


Captura directa del aire (DAC)



Captura directa del aire (DAC)

- 18 colectores de CO₂ instalados en el techo de una planta de incineración en las afueras de Zurich.
- Utiliza energía residual de la incineradora para operar los colectores que usan ventiladores para aspirar el aire hacia los filtros.
- La desorción del CO₂ se realiza mediante el suministro de calor.
- Uso del CO₂: a invernadero para cultivo de plantas. Consumo estimado de 900 t CO₂ al año.
- Eliminación del equivalente al 1% emisiones anuales de CO₂ se necesitarían 250 000 plantas DAC.
- El coste sería de unos 400\$/t CO₂.



“Es más probable que bajen unos ángeles del cielo y arreglen las emisiones de CO₂ antes de que el mercado lo haga”.

William Norhaus. El Mundo, 6 Junio 2018.

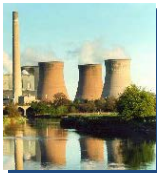


William Norhaus. Premio Fundación BBVA 2017, Fronteras del Conocimiento en la Categoría del Cambio Climático.

Una Reducción de 1 Gt de Carbono por Año (3.7 Gt CO₂) implicaría:



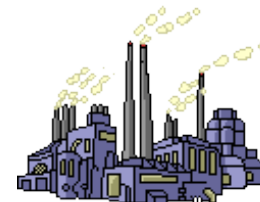
... Sustitución de CT carbón sin CAUC por centrales nucleares
500 x 1 GWe (CT 350-800 MWe)



... 700 Centrales Térmicas de Carbón de 1 GWe
(con captura y almacenamiento de CO₂)



... 1400 Centrales de Gas en Ciclo Combinado de 1 GWe



... Reemplazar 600 millones de 4 x 4 ó



... 1500 millones de automóviles (130 g CO₂/km, 20 000 km/año)
por coches que utilicen H₂ como combustible



... 10⁶ km² Plantaciones para biocombustibles
(España 5 10⁵ km², EE.UU. 9.6 10⁶ km²)

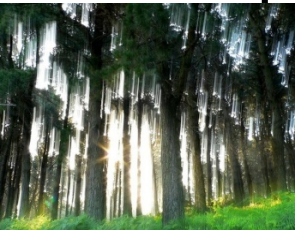
Reducción de emisiones de GEI

Consiguen reducir la producción de metano en rumiantes

- El compuesto 3-nitrooxypropanol permite reducir los niveles de este gas de efecto invernadero sin riesgos para el animal
- Rumiantes como vacas, ovejas o cabras producen el 35% de las emisiones de metano a la atmósfera



Fuente: E.C. Duin et al. Mode of action uncovered for the specific reduction of methane emissions from ruminants by the small molecule 3-nitrooxypropanol. Proceedings of the National Academy of Sciences. DOI: 10.1073/pnas.1600298113



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Para más información:



facebook.com/pteco2



[@pteco2](https://twitter.com/pteco2)



www.pteco2.es



info@pteco2.es



91 441 89 82