



Solucions d'energies sostenibles per a la descarbonització industrial

Miquel Rovira Boixaderas i col.

12 de maig de 2025

ACCIÓ



Generalitat
de Catalunya

De què parlarem ?

- Introducció
- Eficiència energètica
- Electrificació
- Combustibles, matèries primeres i fonts d'energia baixos en carboni
- Captura de carboni, segrest i transformació
- Conclusions

ACCIÓ



**Generalitat
de Catalunya**



Recerca aplicada, desenvolupament tecnològic
i innovació amb impacte a mercat



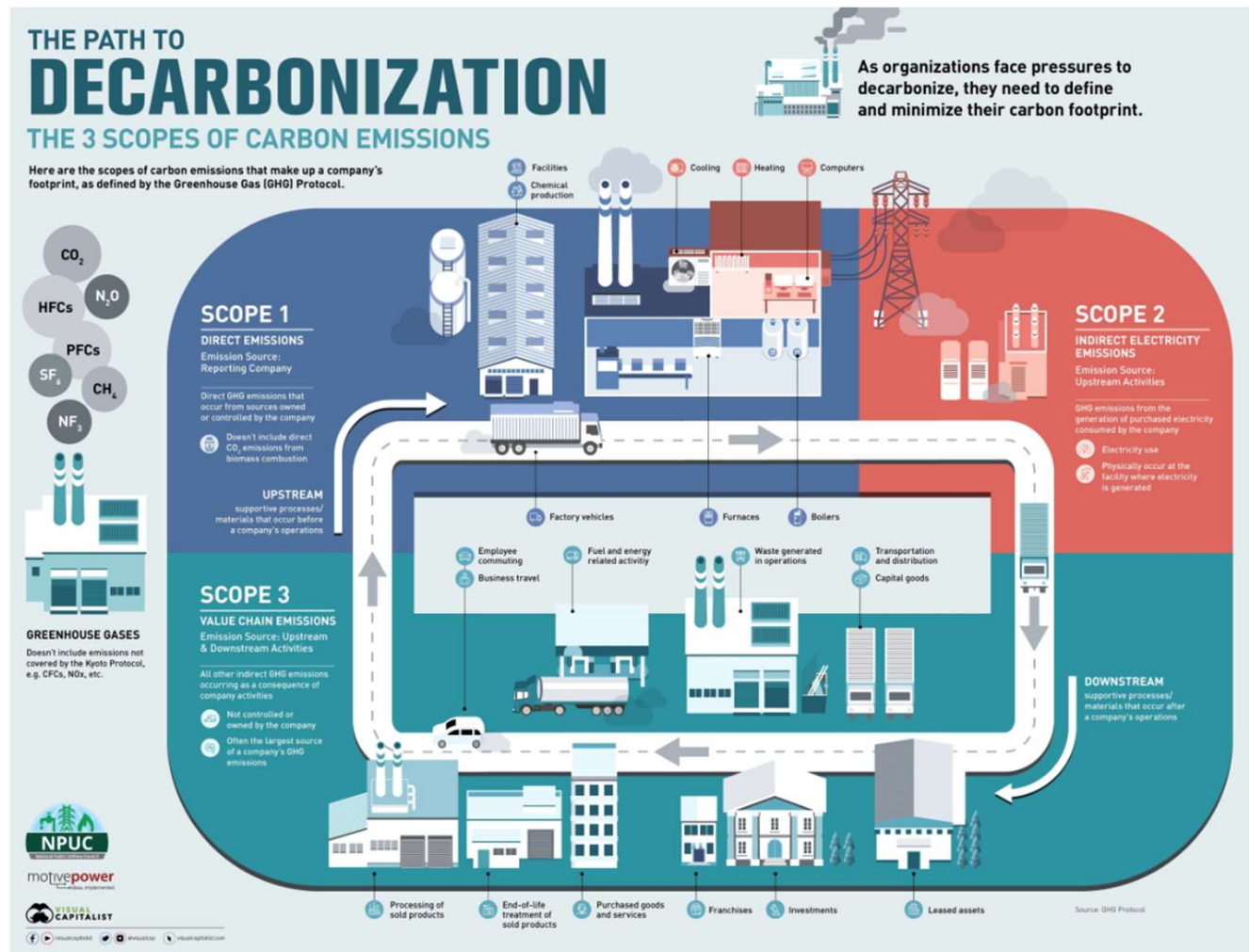
Introducció

Què volem descarbonitzar ?

Abast 1

Abast 2

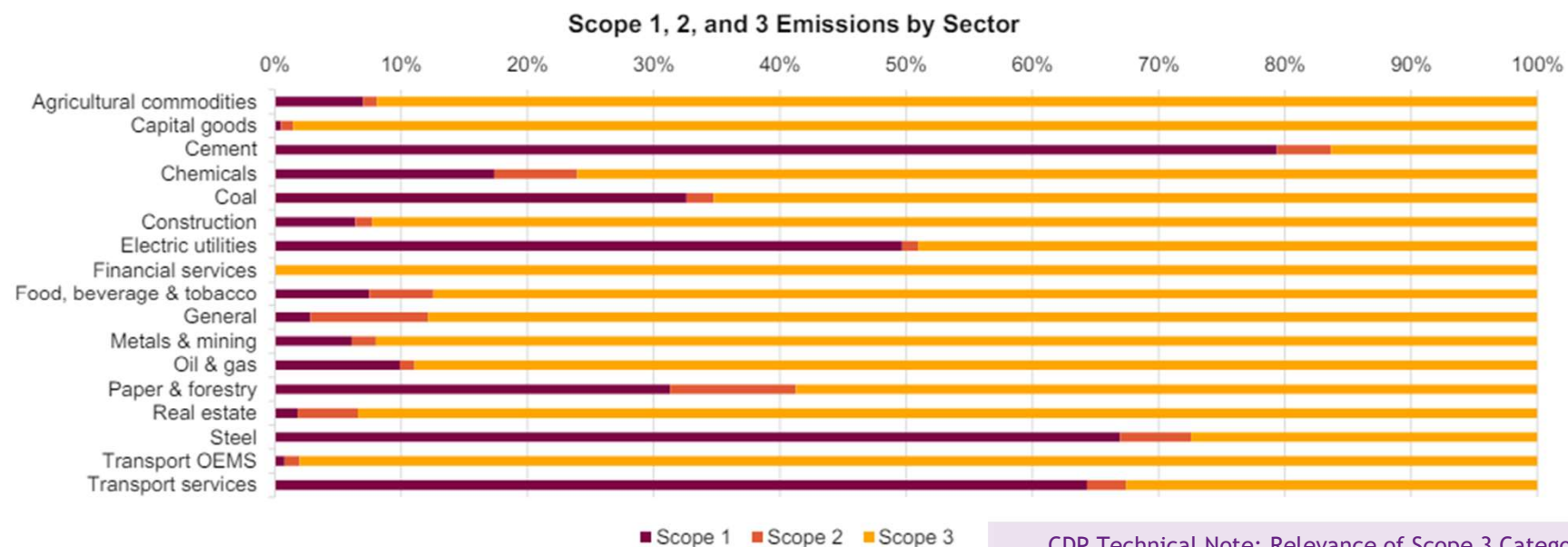
Abast 3



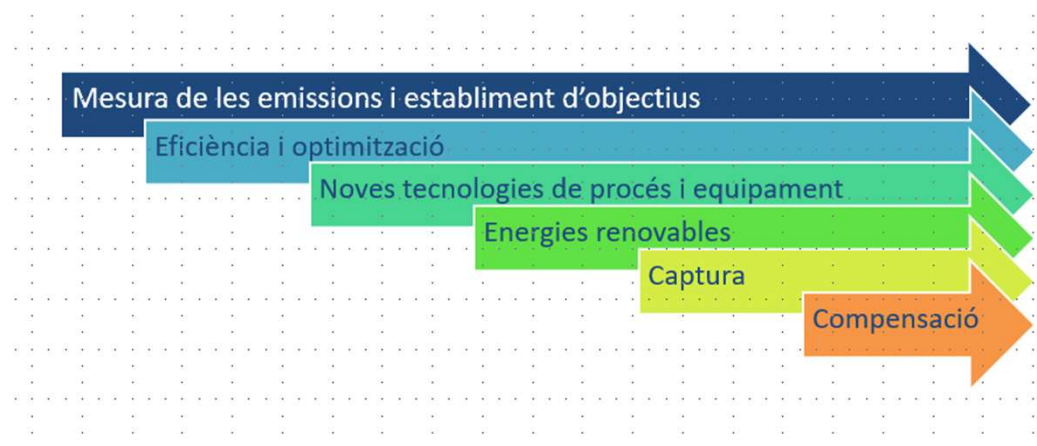
<https://decarbonization.visualcapitalist.com/decarbonization-101-what-carbon-emissions-are-part-of-your-footprint/>

Introducció

Què volem descarbonitzar ?

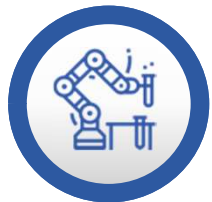


CDP Technical Note: Relevance of Scope 3 Categories by Sector (2023)



Introducció

Quines tecnologies ?



Industrial



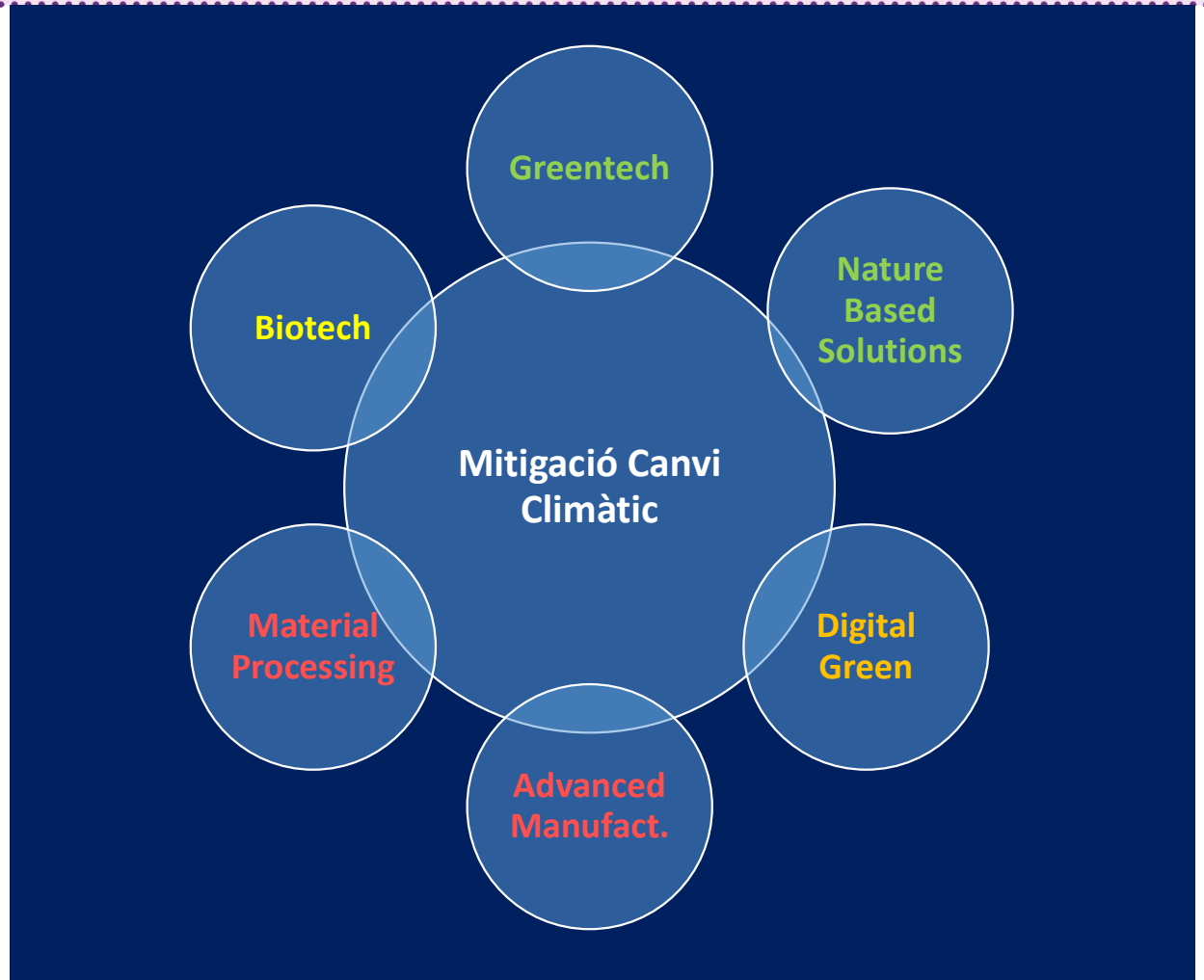
Digital



Biotecnologia



Sostenibilitat

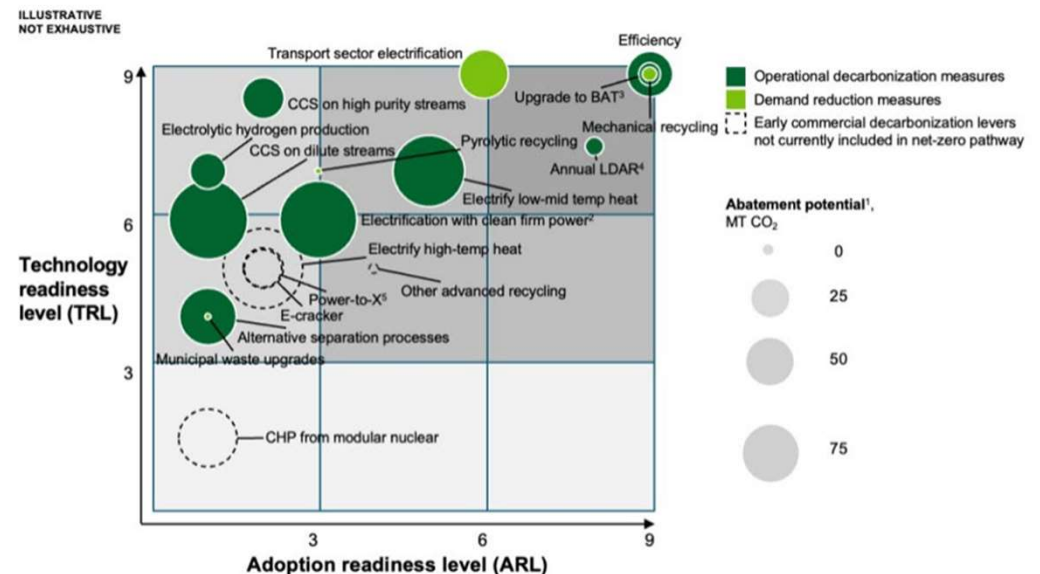


Introducció

Què hem de tenir en compte referente a les tecnologies ?



- TRL, ARL ?
- Provada a escala industrial o només en pilots? Exemples reals d'implementació? És escalable ?
- CAPEX, OPEX i ROI ?
- Comparativa amb altres alternatives
- Es pot integrar a les infraestructures existents? Recursos necessaris?
- Hi ha regulació que ho afavoreixi o ho freni?
- Hi ha riscos tecnològics o ambientals associats?
- Dependència d'un sol proveïdor o país?
- Hi ha oposició social o barreres polítiques?
- ...

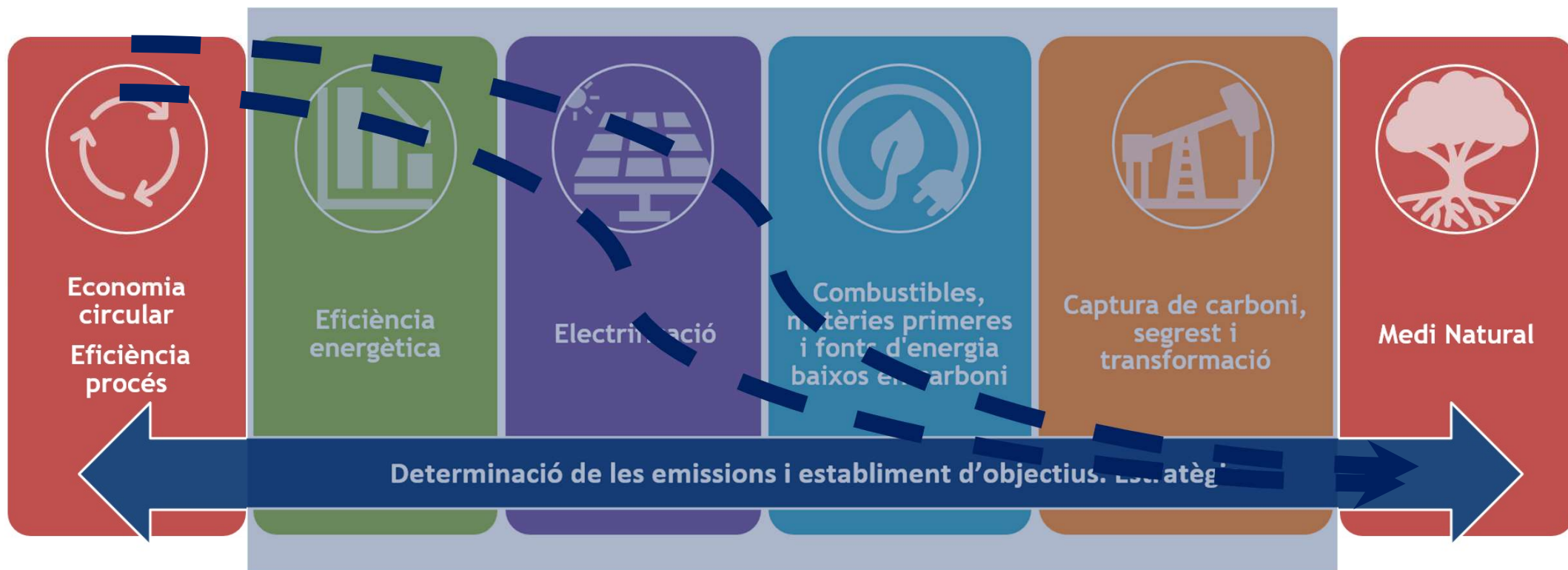


1. Analysis from production emissions reduction in 2030 post-IRA MACC for relatively mature levers and DOE analysis for more nascent levers. Multiple levers shown for potential to abate emissions streams and therefore emissions do not total to sector emissions
 2. Combined levers: renewable power, storage, and electrification
 3. BAT = best available technology; 4. LDAR = leak detection and repair; 5. ARL and TRL for PDX limited by direct air capture (DAC) technology
- Source: DOE CADAT ARL, DOE hydrogen and carbon management pathways reports, ADAT, expert interviews, press search

OTT (2024)

Introducció

Pilars per a la descarbonització

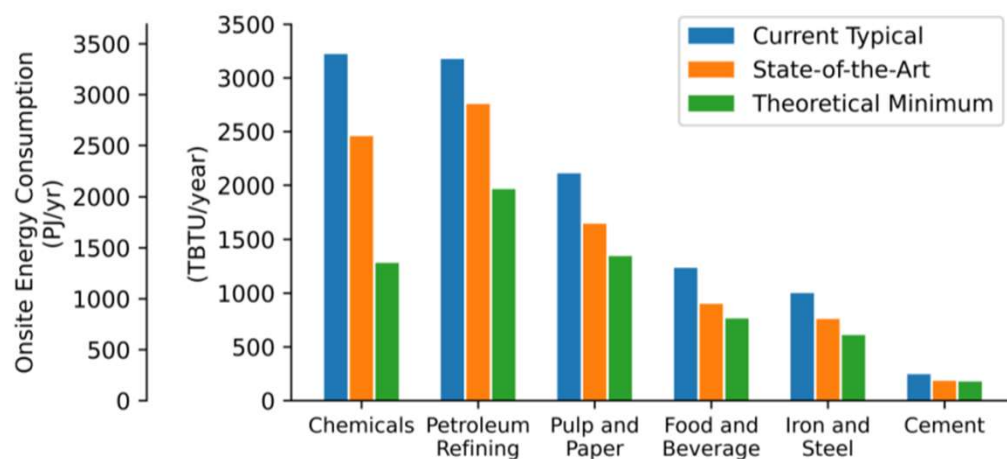


Eficiència energètica

- i) Gestió energètica estratègica (SEM en anglès). Sistemes de gestió energètica (EMIS en anglès), ISO 50001
- ii) Eficiència dels sistemes industrials, incloent la recuperació de calor
- iii) Smart manufacturing
- iv) Cogeneració
- v) (Eficiència dels materials i cicle de vida)



Eficiència
energètica

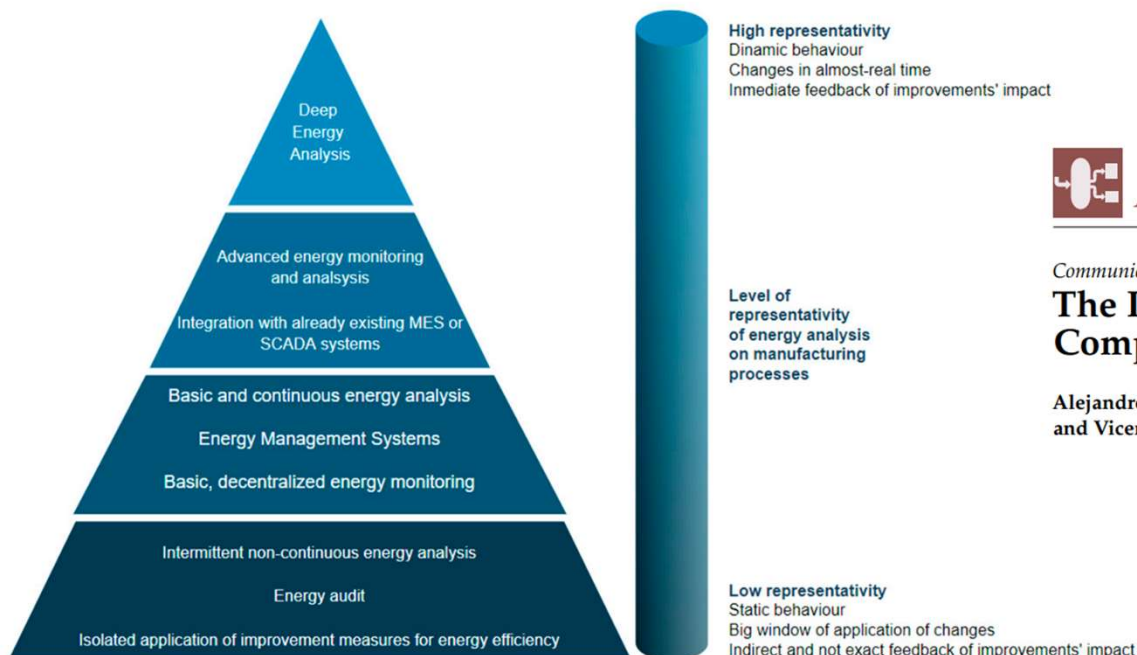


Sundaramoorthy et al. (2023)



Com ?

- L'energia no es crea ni es destrueix; només canvia d'una forma a una altra
- Ha de ser una de les primeres opcions de descarbonització
- Aplicació immediata, econòmica



Communication

The Industrial Digital Energy Twin as a Tool for the Comprehensive Optimization of Industrial Processes

Alejandro Rubio-Rico ^{1,*}, Fernando Mengod-Bautista ¹, Andrés Lluna-Arriaga ^{1,*}, Belén Arroyo-Torres ¹ and Vicente Fuster-Roig ^{2,*}

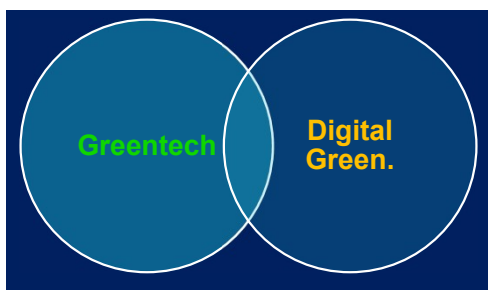
¹ Instituto Tecnológico de la Energía (ITE), Avda. Juan de la Cierva, 24, 46980 Valencia, Spain; fernando.mengod@ite.es (F.M.-B.); belen.arroyo@ite.es (B.A.-T.)

² Instituto de Tecnología Eléctrica, Universitat Politècnica de Valencia, Camino de Vera s/n Edificio 6C, 46022 Valencia, Spain

* Correspondence: alejandro.rubio@ite.es (A.R.-R.); andres.lluna@ite.es (A.L.-A.); vicente.fuster@ite.es (V.F.-R.); Tel.: +34-961366670 (A.R.-R.)

Figure 1. Different levels of representativity and commonly used tools for analyzing and optimizing the energy efficiency of the process

Alejandro Rubio-Rico et al. (2023)



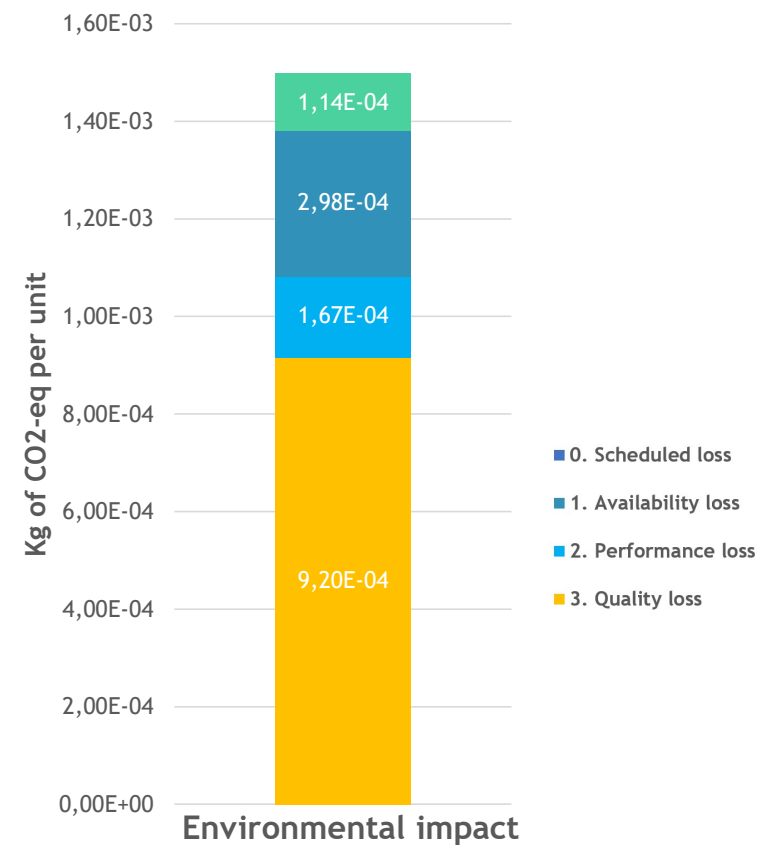
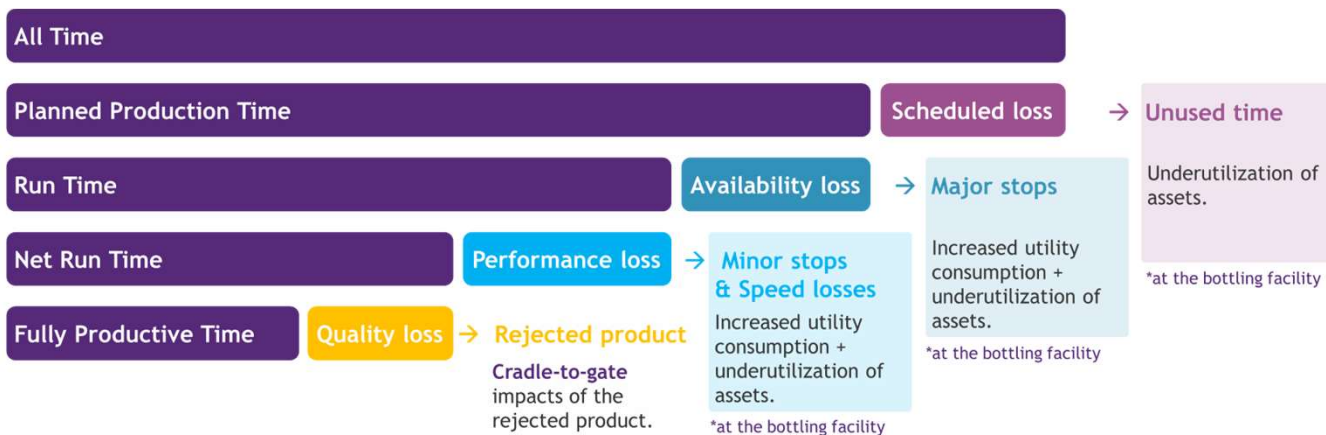
CIDAI Centre of Innovation
for Data tech
and Artificial Intelligence

Llibre blanc sobre la Intel·ligència Artificial aplicada a l'Energia

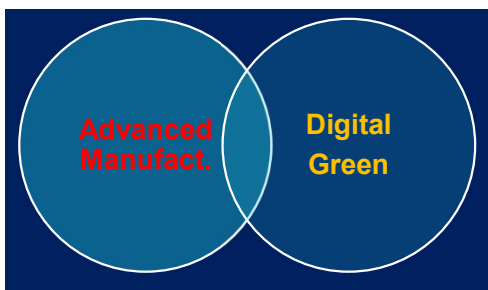
La IA per donar resposta als reptes del sector
de l'Energia a Catalunya

Eficiència energètica

Exemple, Eficiència dels sistemes industrials

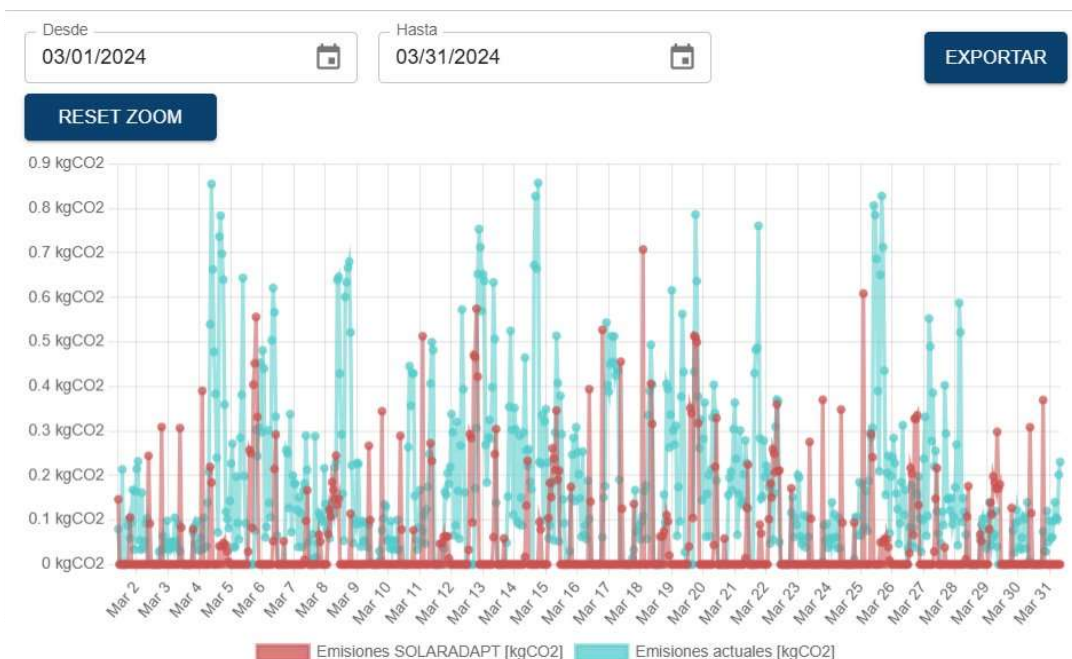


OEE+e
by eurecat

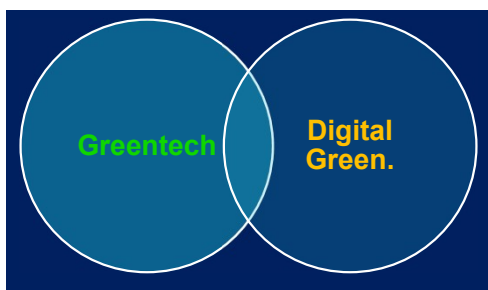


Eficiència energètica

Exemple, reducció pics de potència i consum en la gestió òptima d'una planta fotovoltaica



- Reducció dels pics de potència i de la potència contractada
- Reducció de consums en períodes de major cost
- Reducció de les emissions



Eficiència energètica

Recuperació de calor

Intercanviadors de calor (Recuperació directa per escalfar fluids)

Recuperadors de gasos de combustió (Preescalfament d'aire de combustió)

Bombes de calor (Elevar T de calor residual)

Sistemes ORC, cicle Rankine orgànic (Generació elèctrica a partir de calor residual)

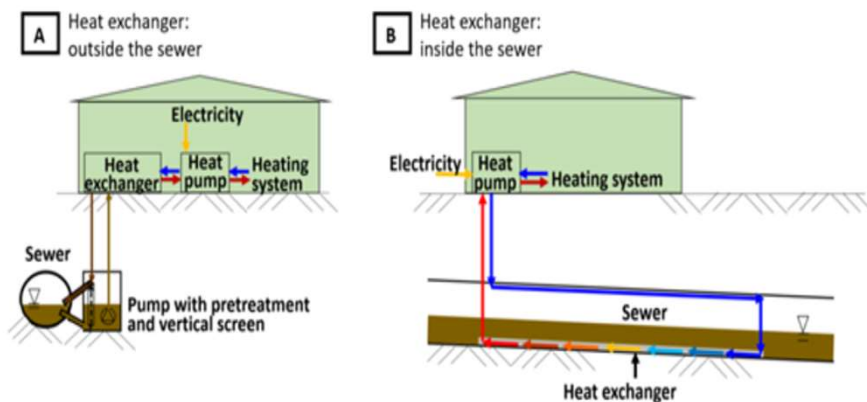


Fig. 1 Thermal energy recovery: a) outside the sewer and b) inside the sewer

<https://mp.watereurope.eu/d/technology/1116>



El projecte combina geotèrmia, aerotèrmia i hidrotèrmia per reduir la despesa energètica actual

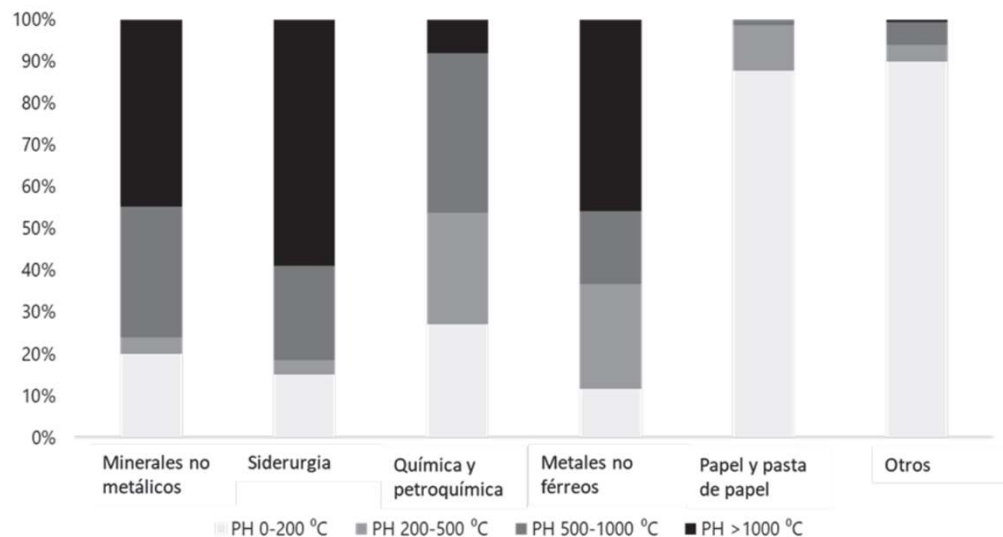
L'element innovador del projecte es troba en l'ús de l'escalfor provinent de les aigües residuals a través de la hidrotèrmia

- i) Forns elèctrics
- ii) Electrificació de motors industrials (Motors elèctrics en compressors, elevadors i bombes)
- iii) Processos de calefacció i refrigeració
- iv) Electrificació de flotes



Electrificació

FIGURA 1
DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE LAS NECESIDADES DE ENERGÍA TÉRMICA EN LOS DISTINTOS SECTORES INDUSTRIALES



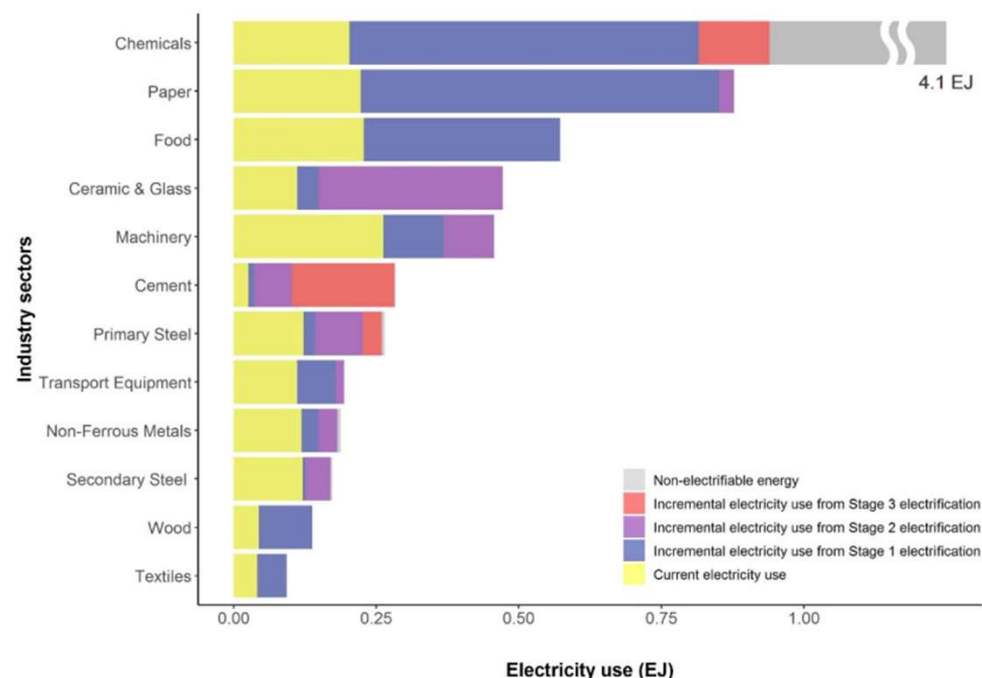
Com ?

- L'electrificació facilita la implantació de renovables
- La meitat de l'energia emprada en la indústria és susceptible d'electrificar-se amb la tecnologia disponible

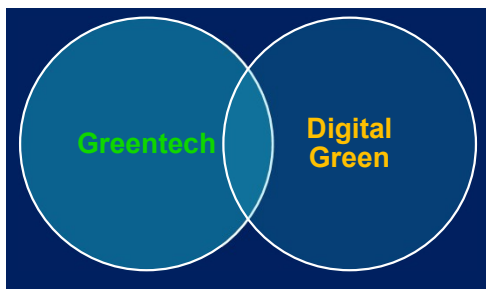
Electrificació

<100°C	100 – 400°C	400 – 1000°C	>1000°C	TECHNOLOGICAL MATURITY	APPLICATIONS	EFFICIENCY /COP	ELECTRIFICATION STAGES	REFERENCE
Compression heat pumps and chillers				Established in industry (only <100 °C)	Space heating Hot water Low pressure steam Drying Cooling and refrigeration	COP 2 – 5	1	28-30
Mechanical vapour recompression (MVR)				Established in industry	Energy recovery (e.g. in distillation, evaporation) to provide steam and process heat	COP 3 – 10	1	19,21, 31-34
Electric boilers				Established in industry	Space heating Hot water Thermal oil Steam	0.95 – 0.99	1	18,19,21, 35,36
Infrared heaters				Established in industry	Drying Paint curing Plastic treatments Food processing	0.60 – 0.90	1	29,31,33, 37-40
Microwave & radio frequency heaters				Established in industry except cement and ceramic firing/sintering	Drying Ceramics firing and sintering Cement treatment Food processing	0.50 – 0.85	1	29,31,37, 40-47
Induction furnace				Established in industry	Metals melting, re-heating, annealing, welding	0.50 – 0.90	2, 3	26,27, 48,49
Resistance furnace				Established in industry	Metals melting, smelting Heaters for the chemical industry Ceramic firing Glass melting Calcination	0.50 – 0.95	2, 3	26,27, 48,49
Electric arc furnaces				Established in industry	Metals melting and partial refining	0.60 – 0.90	2, 3	26,48,50
Plasma technology				Established in industry only for metals and waste treatment	Waste treatment Metals treatments (e.g. welding) Sintering Cement production	0.50 – 0.90	2, 3	21,26,48, 49,51,52

Electrically powered technologies for industry electrification. Efficiency is the ratio between UE output and FE input of an appliance. The COP measures the heat output (for heat pumps) or the heat absorbed (for chillers) per unit of work input

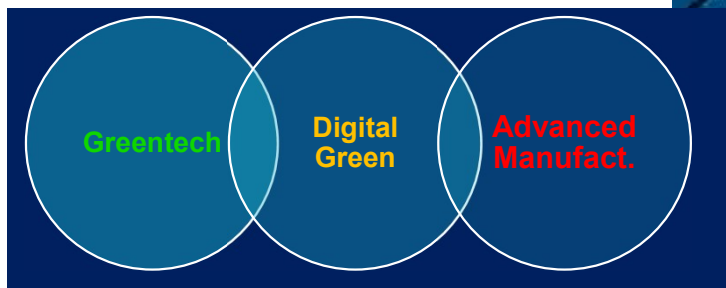
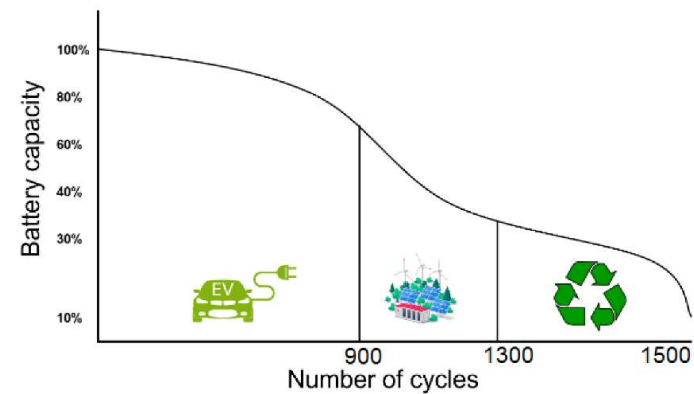


Stage 1—Entry points for industry electrification with mature technologies
Stage 2—A more technologically advanced phase of industry electrification
Stage 3—Maximum potential of industry electrification with high technological uncertainty



Electrificació

Bateries de segona vida



- i) Ús de combustibles alternatius de baixes emissions: Hidrogen verd, biogàs/biometà, biomassa, biocombustibles, e-fuels.
- ii) Matèries primeres de baix carboni: Biomassa, CO₂ reutilitzat.
- iii) Energia renovable tèrmica (solar i geotèrmica)
- iv) Amoníac



Combustibles,
matèries primeres
i fonts d'energia
baixos en carboni

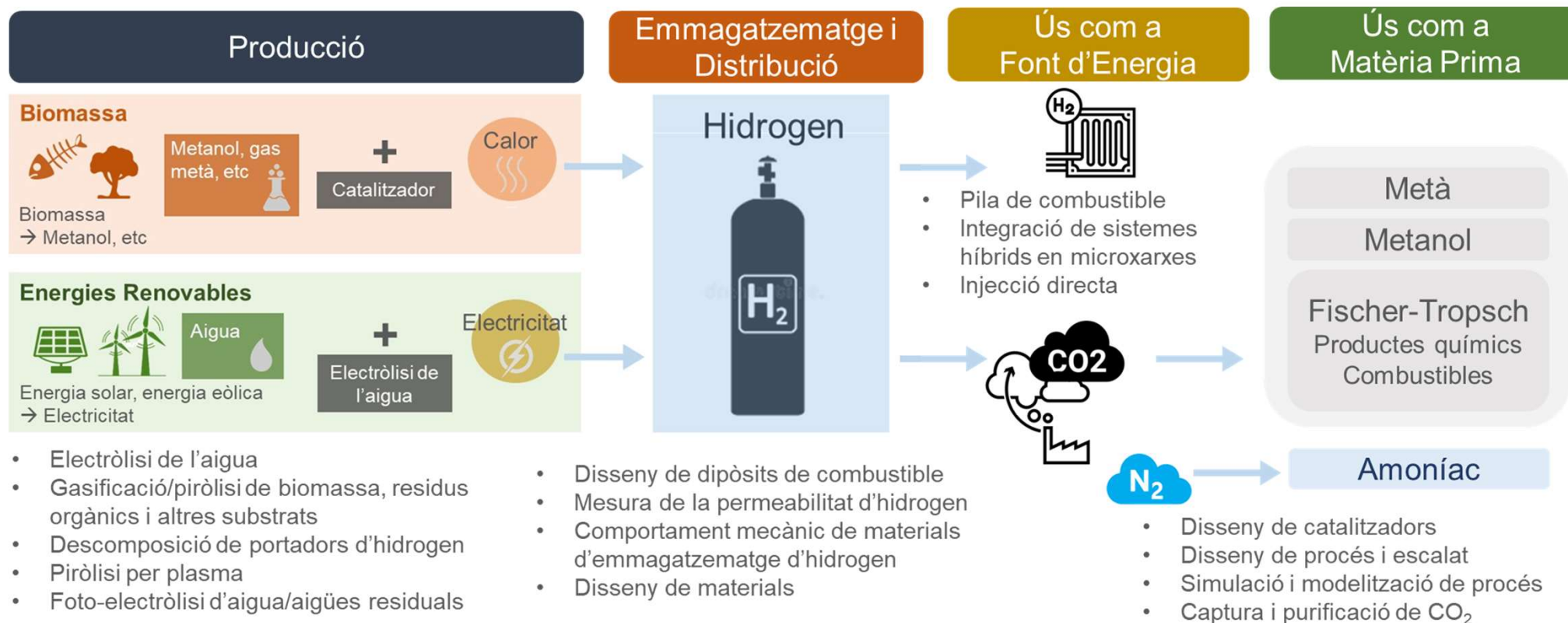


Com ?

- L'H₂ verd es produeix amb electricitat renovable i pot substituir combustibles fòssils en sectors difícils de descarbonitzar.
- El *syngas* s'obté de biomassa o residus. Pot servir com a base per a combustibles renovables i per a nous productes.
- El biogàs (produït per descomposició de matèria orgànica), conté CH₄ i es pot usar per generar energia, substituint combustibles fòssils.

Combustibles, matèries primeres i fonts d'energia baixos en C

Hidrogen



Greentech

L'hidrogen verd és clau per a la descarbonització industrial, especialment en sectors on electrificar directament no és tècnicament o econòmicament viable.

Combustibles, matèries primeres i fonts d'energia baixos en C

Gasificació-Hidrogen

eurecat
Centre Tecnològic de Catalunya



Tecnologia de gasificació CleanTech de WtEnergy Advanced Solutions i el sistema de membranes de separació de H2Site, i s'implementarà en una fàbrica de ciment.

Greentech

Digital
Green

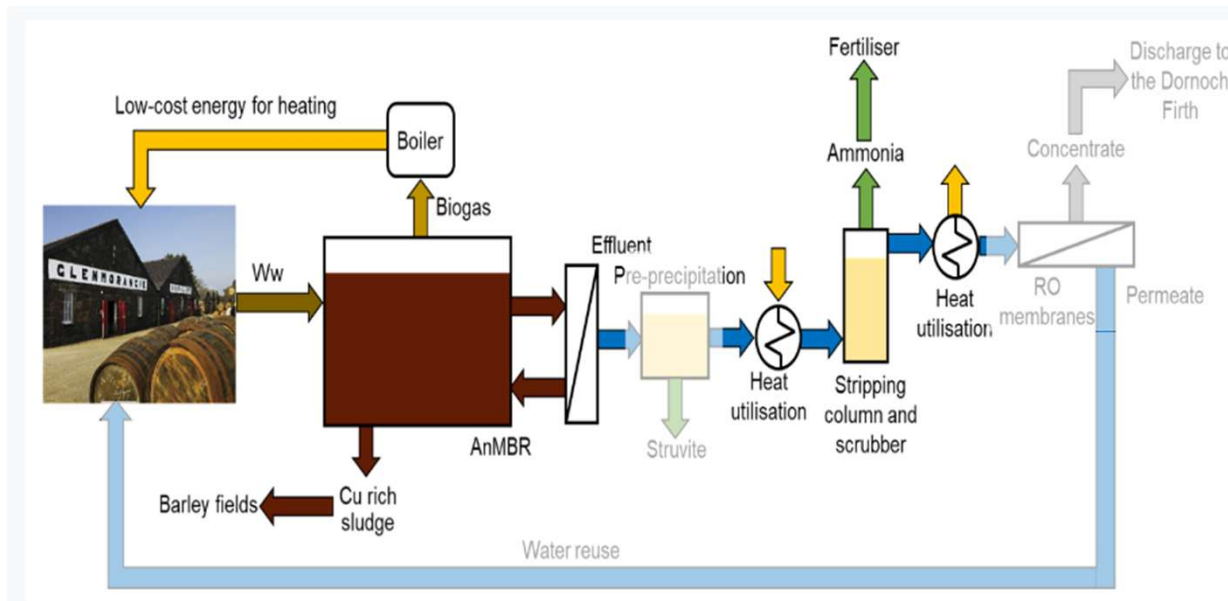


Fig. 3 Ultimate project (case study Tain): points of application for heat utilisation in the treatment train for distillery wastewater

ULTIMATE

El biogàs és l'única energia renovable que pot fer-se servir per a qualsevol de les aplicacions energètiques més importants: elèctrica, tèrmica o com a carburant.

Greentech

<https://mp.watereurope.eu/d/technology/1116>



INICI

L'EMPRESA

PRODUCTES I SECTORS

El nostre camí cap a zero emissions



2017: Planta de biomassa

Per complementar els nostres requeriments energètics de la manera més sostenible possible, hem posat en marxa una gran planta de generació elèctrica per biomassa, que s'alimenta amb retalls de fusta que provenen de la neteja dels boscos.

Greentech

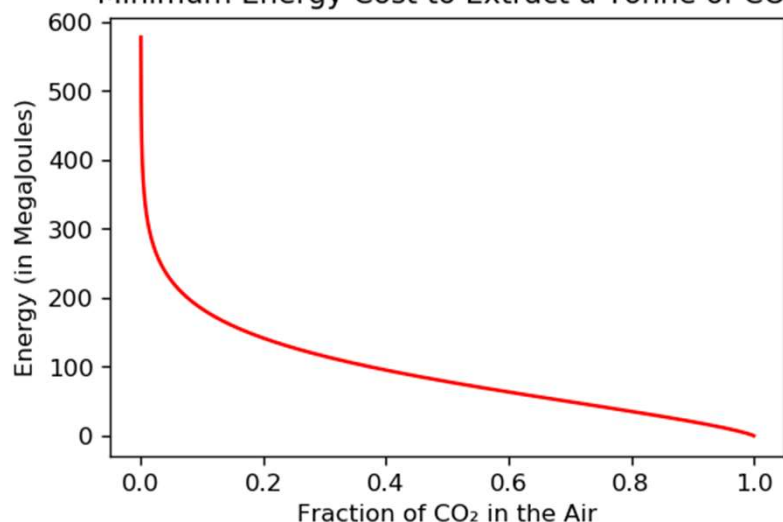
Captura de carboni, segrest i transformació



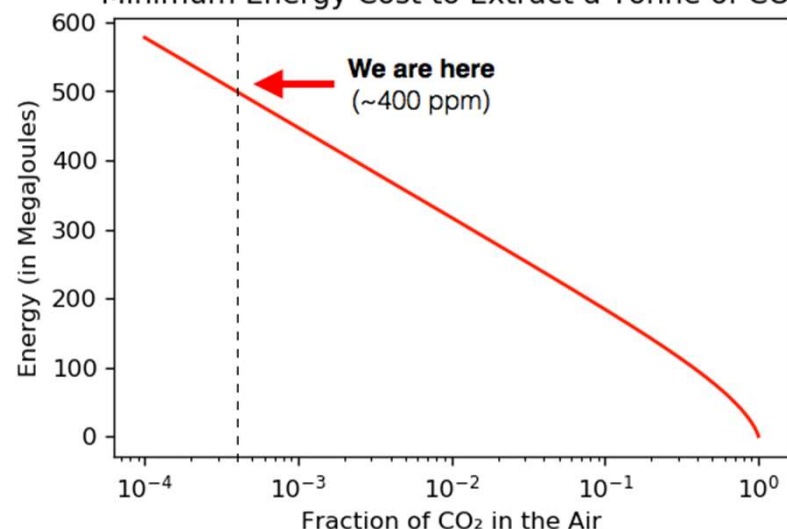
Captura de carboni,
segrest i
transformació



Minimum Energy Cost to Extract a Tonne of CO₂



Minimum Energy Cost to Extract a Tonne of CO₂



<https://rateofchange.substack.com/p/why-capturing-carbon-from-the-air>

Com ?

- “Lluitant” contra l’entropia amb processos de separació del CO₂ de corrents gasoses
- Emmagatzemant el CO₂ en medis geològics apropiats
- Transformant el CO₂ en nous productes químics

Captura de carboni, segrest i transformació

CCS Carbon Capture and Storage / CCUS Carbon, Capture, Utilization & Storage

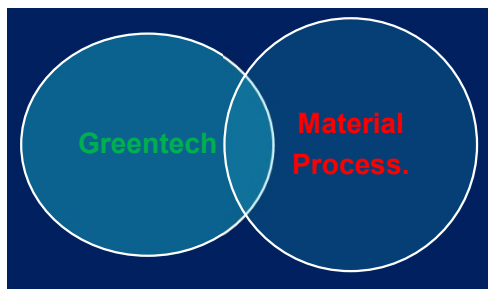
- i) Captura post combustió
- ii) Captura precombustió
- iii) Captura en oxicombustió
- iv) Captura en procés

Tecnologies

- Adsorció
- Absorció
- Carbonatació



- i) Emmagatzematge geològic
- ii) Utilització



Captura de carboni, segrest i transformació

Aliança per la Descarbonització de la Indústria

eurecat
Centre Tecnològic de Catalunya

Socios científicos y tecnológicos



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI

eurecat
Centre Tecnològic de Catalunya



ICIQ^R Institut Català
d'Investigació Química

Industria petroquímica



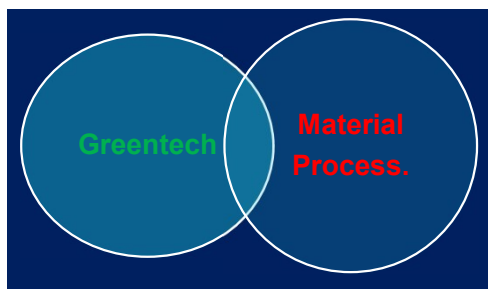
Fabricantes de cemento



Industria siderúrgica



Incineración de residuos



Captura de carboni, segrest i transformació

**Instal·lacions
d'Experimentació
i Testeig**
(Testing and Experimenting
Facilities- TEFs)

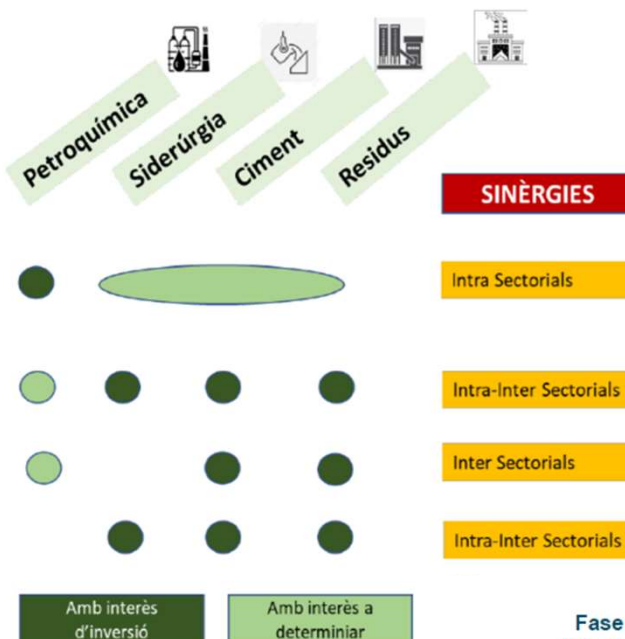
**Línia 1.
Ús CO₂**

Plataforma/es de Síntesi
Hidrocarburs (RWGS + FT)
1.5 Kg CO₂/h

**Línia 2.
Captura
CO₂**

Skid 1 Absorció
250 Kg CO₂/dia
Skid 2 – Líquid
250 Kg CO₂/dia
Skid 3 – Carbonatació*
250 Kg CO₂/dia

*Vinculat a ús



- i) Rang ampli de concentracions de CO₂: de postcombustió (5-20 %) a oxi-combustió (fins 70%)
- ii) Amb diferents cabals, temperatures, pressions i contingut d'impureses

Fase 1: Diseño, ingeniería y planos



Fase 2: Adquisición materiales y fabricación



Fase 3: Puesta en marcha en frío y controles calidad



Fase 4: Transporte e instalación en planta



Fase 5: Puesta en marcha en planta y operación



Centros
R+D+i

UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI
ICIQ
Institut Català
d'Investigació Química

eurecat

CIRAUQUI
INDUSTRIA

Industria

Descubrimiento

Investigación
básica

Investigación
aplicada

Desarrollo
tecnológico

Fabricación

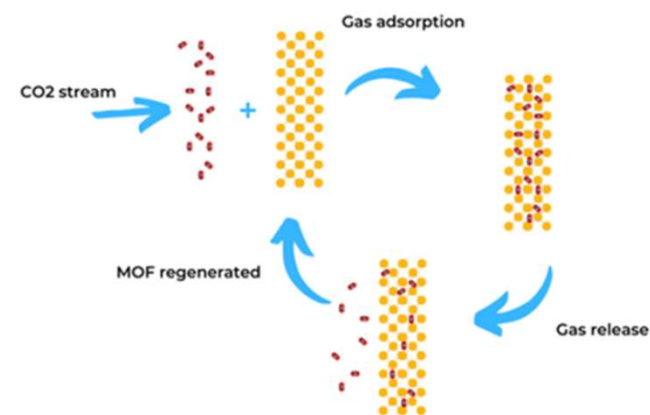
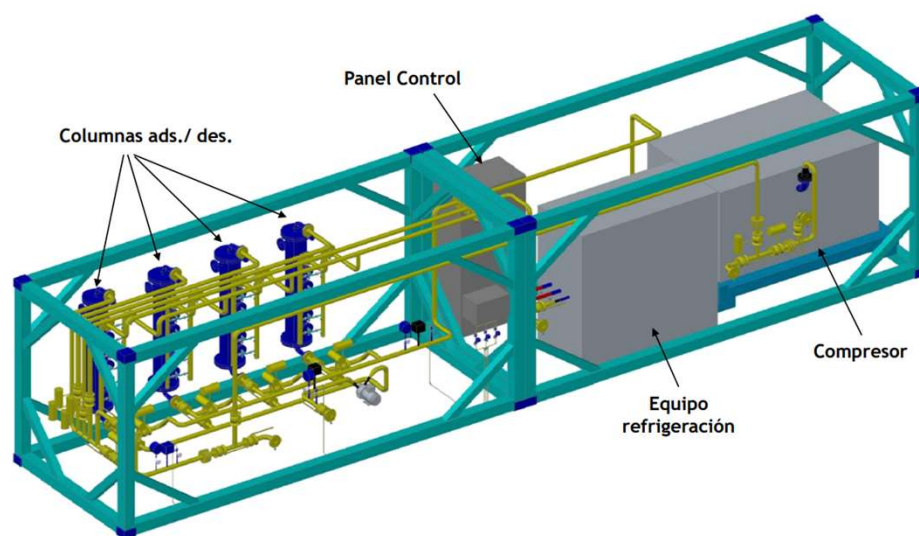
TECH PUSH

MARKET PULL

Captura de carboni, segrest i transformació

Adsorció en sòlids

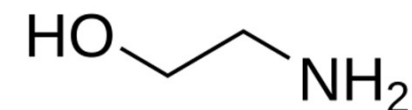
- Sectors: Ciment, siderúrgia, residus, eventualment petroquímic
- Materials: zeolites, MOF, càpsules amb líquids iònics i combinacions



Captura de carboni, segrest i transformació

Absorció en líquids

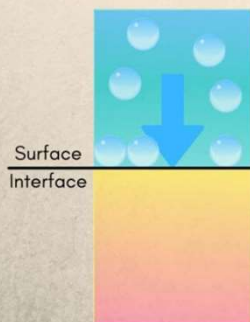
- Sectors: ciment, residus, eventualment petroquímic i siderúrgia
- Materials: amines, K_2CO_3 , líquids iònics i combinació



Adsorption vs Absorption

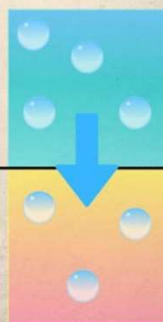
Adsorption

Particles stick to the surface of the other phase.

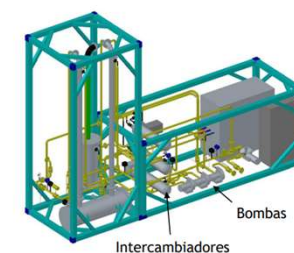
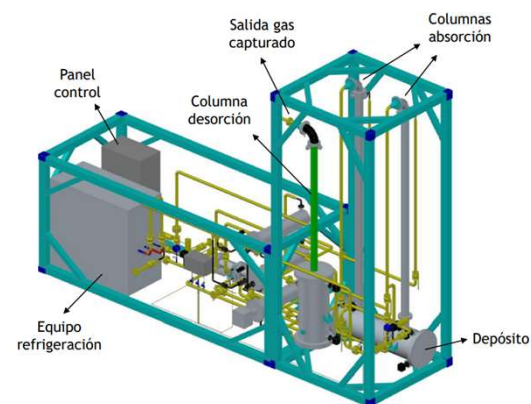


Absorption

Particles soak into the bulk of the other phase.



sciencenotes.org



SKID 2 - Absorción mediante sorbente líquido: Introducción

DEFINICIÓN

Tecnología química para separar selectivamente el CO₂ de corrientes gaseosas mediante un sorbente líquido. El proceso de absorción química consiste en tres etapas:

1) Absorción 2) Desorción 3) Regeneración

KPI's

- Captura: ≈ 250 kg CO₂/día
- % CO₂ *flue gas*: 70 %
- Reducción CO₂ en *flue gas*: ≥ 90 %
- Pureza CO₂ recuperado: ≥ 90 %

Tecnología aplicable a diferentes entornos industriales: cementera, residuos, eventualmente petroquímica (y siderúrgica)

RETOS

Nuevos absorbentes escalables con mayor capacidad de captura, menor degradación y menor temperatura de regeneración.

- Otras aminas (p.ej. DEA, PZ)
- K₂CO₃
- Líquidos iónicos
- *Blending* agentes captura
- Otros compuestos orgánicos

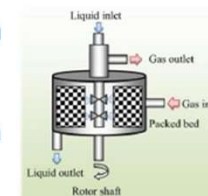
• Amoníaco



Material	Ratio g CO ₂ / g sorbent
Metal Oxide / hydroxide	0,75
Ionic Liquids	0,34
Amines	0,30
MOFs	0,12
Zeolites	0,06

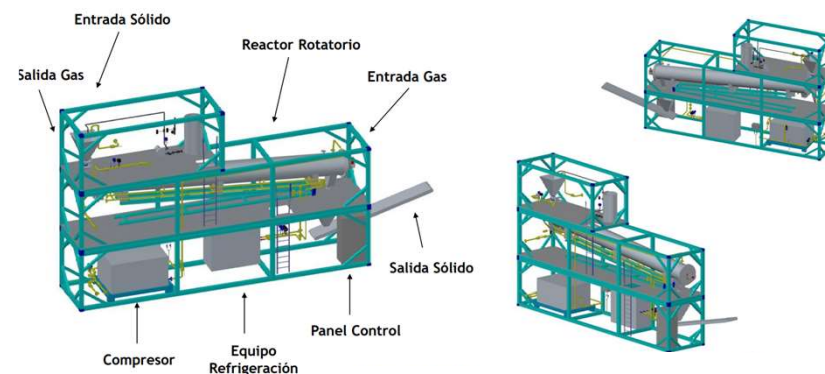
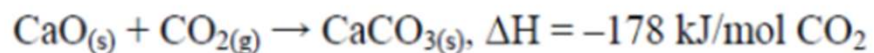
Nuevas configuraciones de proceso con menor demanda energética.

Desarrollo de **unidades de absorción** más compactas.



- Sectors: ciment, residus i siderúrgia
- Materials: pols de cimentera (CKD), escòries d'acer i cendres volants RSU i potencial a valorar en residus de la construcció

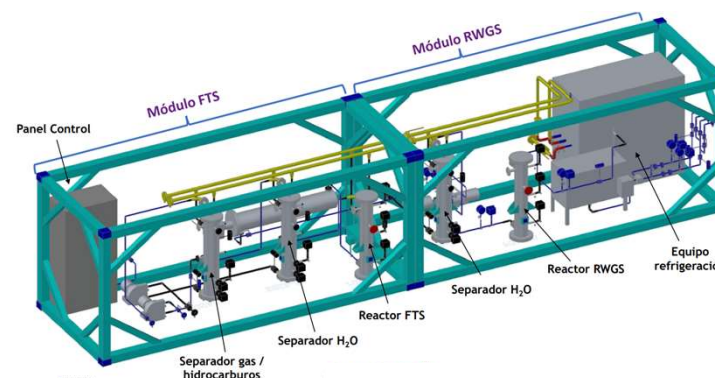
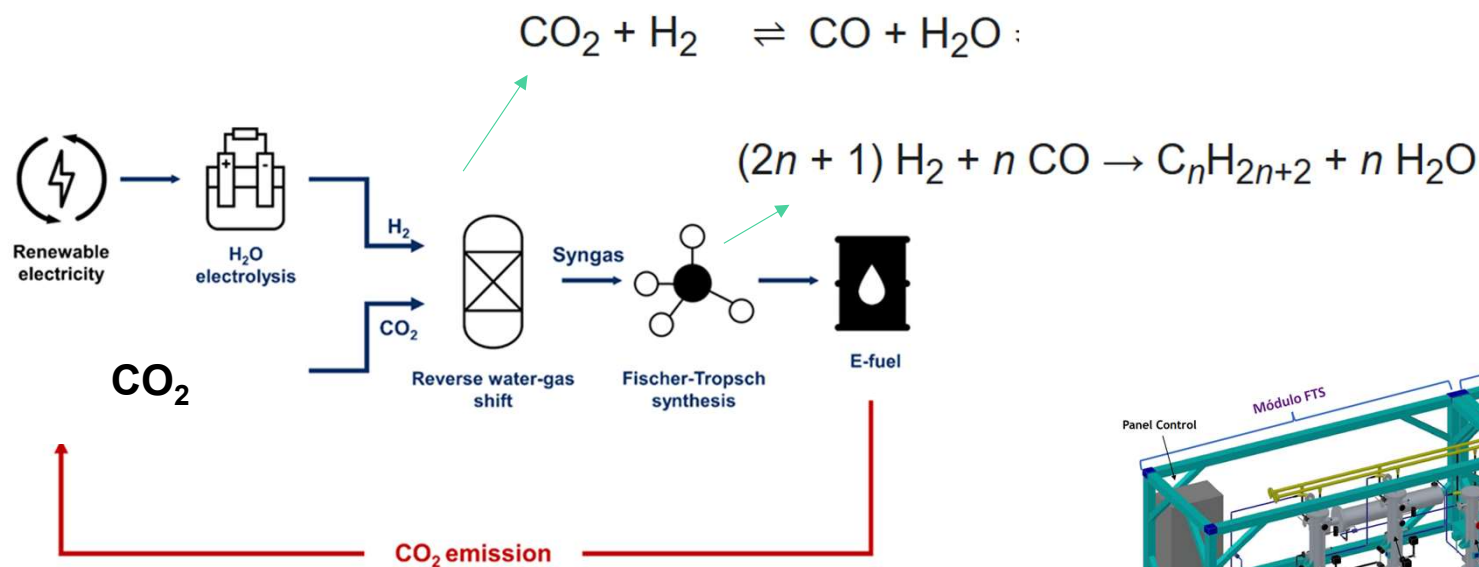
La carbonatació accelerada de materials alcalins, ja siguin minerals o residus, és una potenciació controlada del seu envelliment natural.



Captura de carboni, segrest i transformació

Conversió

- Sectors: petroquímic, eventualment residus, ciment i siderúrgia
- Catalitzadors: JM25- 4Q i en desenv. Cu/ZnAl₂O₄ per RWGS i Haldor Topsoe®) i en desenv. Co/Fe/Ni per FTS



Adaptat de Choi et al. (2024)

Captura de carbono, segrest i transformació

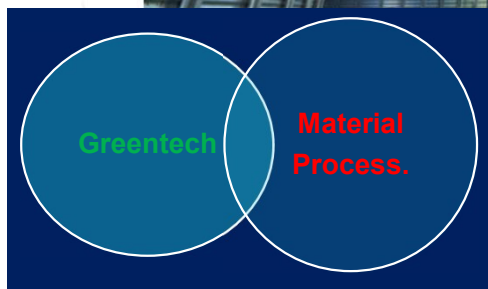
Conversió

Inicio > Provincia

PROVINCIA

Ciuden encarga a Eurecat el desarrollo de la planta pionera para producir metanol en Cubillos del Sil

 LEÓN 24 HORAS 6 Mayo 2025



CIUDEN y Eurecat desarrollan una planta pionera para producir metanol más eficiente a partir de hidrógeno verde y dióxido de carbono

7 de mayo, 2025  Energía 0

Compartir:      

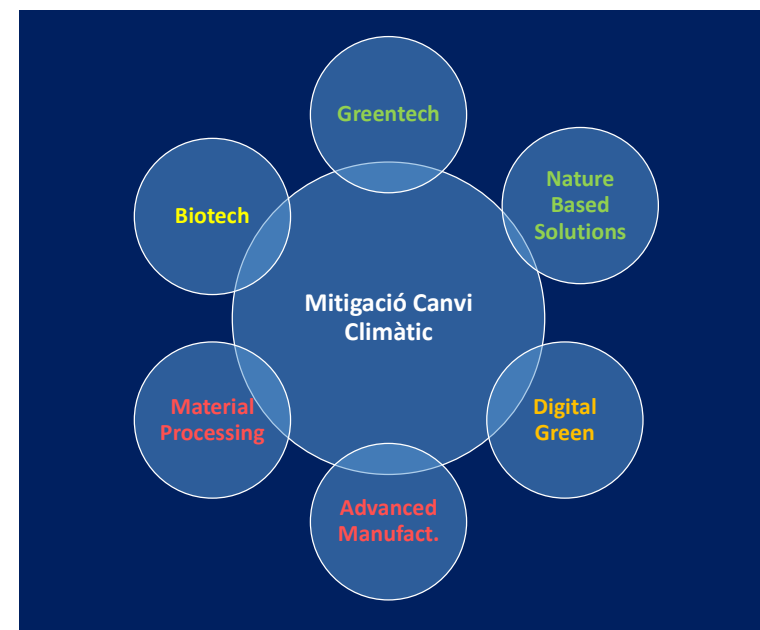
[< Volver](#)

El **Centro de Desarrollo de Tecnologías de la Fundación Ciudad de la Energía** (CIUDEN) y el centro tecnológico Eurecat **lideran el diseño y el desarrollo de una planta piloto destinada al uso de hidrógeno verde y dióxido de carbono** capturado para la producción de metanol de alta pureza de manera más eficiente, mejorando las limitaciones termodinámicas presentes en reactores convencionales y haciendo también innecesarias las etapas convencionales de purificación.



Conclusions & Recomanacions

- Establir estratègia de descarbonització en base al punt de partida (Abast 1, 2 i 3)
- Enfocament multi-tecnològic i consideració de les particularitats sectorials en base als “pilars” de descarbonització
- El secret sovint està en la hibridació
- Sovint descarbonització i eficiència són sinèrgiques
- Tenir en compte CAPEX, OPEX, integració, escalabilitat i seguretat
- El coneixement basat en R&I permet prendre decisions informades i transformadores



Moltes gràcies !!!

miquel.rovira@eurecat.org

