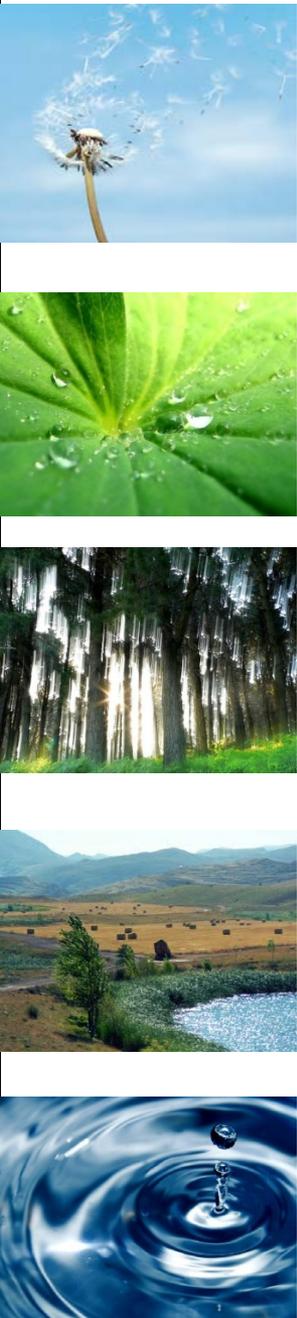


Madrid, 3 de julio de 2019



# Asociación de la **Plataforma Tecnológica Española del CO<sub>2</sub>**

## ***Tecnologías del transporte de CO<sub>2</sub>***

**Bernardo Llamas Moya**  
Profesor Titular de la ETSIME  
Universidad Politécnica de Madrid

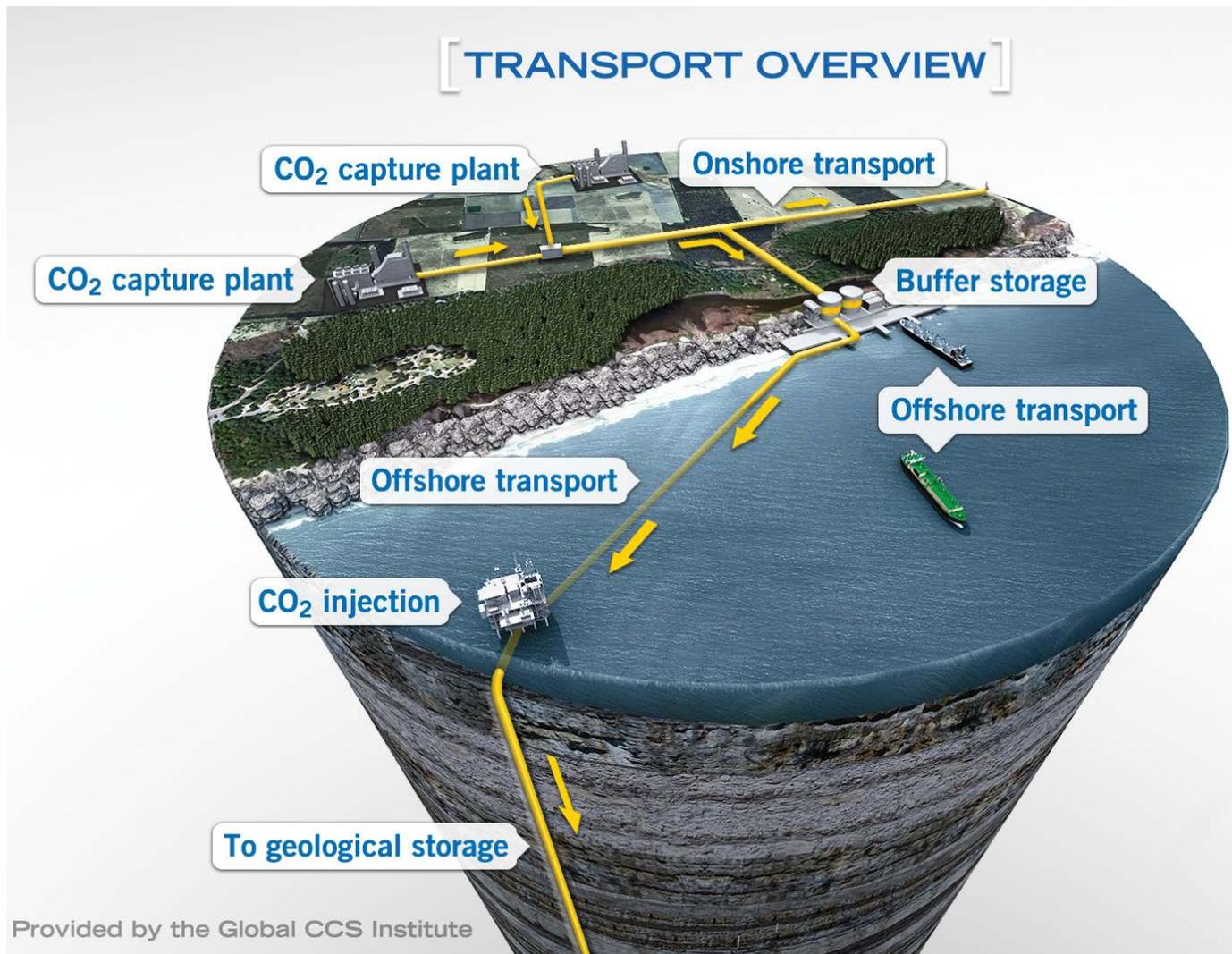


# Contenidos

---

- 1. Introducción
- 2. Características del CO<sub>2</sub> antropogénico
- 3. Diseño, construcción y operación de conducciones de transporte de CO<sub>2</sub>
- 4. Costes de transporte de CO<sub>2</sub>
- 5. Infraestructuras de transporte de CO<sub>2</sub>
- 6. Legislación

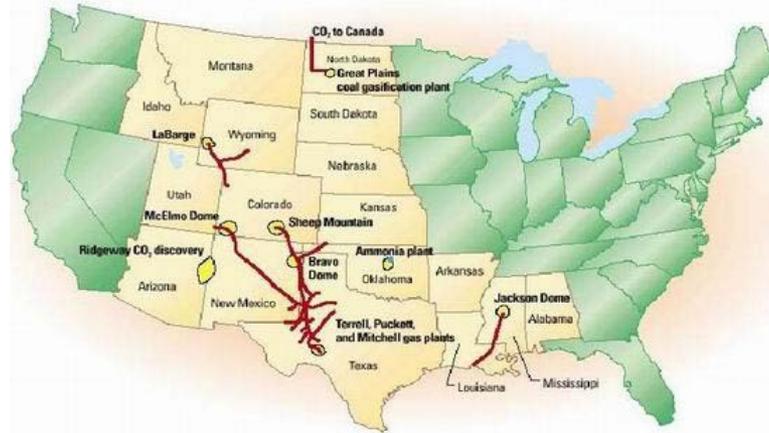
# 1. Introducción



Fuente: Global CCS Institute  
<https://www.globalccsinstitute.com/>

# 1. Introducción

- Ya existen más de 7.000 km de **Ceoductos**, principalmente en EE. UU.



- Hay que validar y adaptar todo lo que sabemos del transporte de CO<sub>2</sub>, productos petrolíferos y gas natural a este CO<sub>2</sub> Antropogénico que presenta singularidades físicas, químicas y termodinámicas debido a la influencia de las impurezas que le acompañan.
- Según la **norma ISO 13.623** → sustancia tipo “C” (fluido no inflamable cuya peligrosidad depende de la concentración). En concentraciones determinadas y en puntos bajos, puede presentar cierta peligrosidad.



## 2. Características del CO<sub>2</sub> antropogénico

---

- 
- Las **diferentes tecnologías de Captura** (pre-, post-, oxi-combustión) permiten obtener gases con un alto porcentaje de CO<sub>2</sub> ... con impurezas
  - **Tras la purificación** de los gases y compresión de la corriente de CO<sub>2</sub> (antropogénico) **se pueden transportar** (barcos o tuberías):
    - En forma gaseosa a  $P < 45$  bar
    - En fase densa  $P > 80$  bar
    - En fase líquida
  - Elevado consenso sobre las mejores condiciones técnico-económicas para su transporte:
    - **Por tubería:** en fase densa
    - **En barco:** en fase líquida, a  $-50$  °C y  $7\div 10$  bar
- 
- 
- 

## 2. Características del CO<sub>2</sub> antropogénico

Transporte por carretera



Transporte por tubería



Transporte por barco



## 2. Características del CO<sub>2</sub> antropogénico

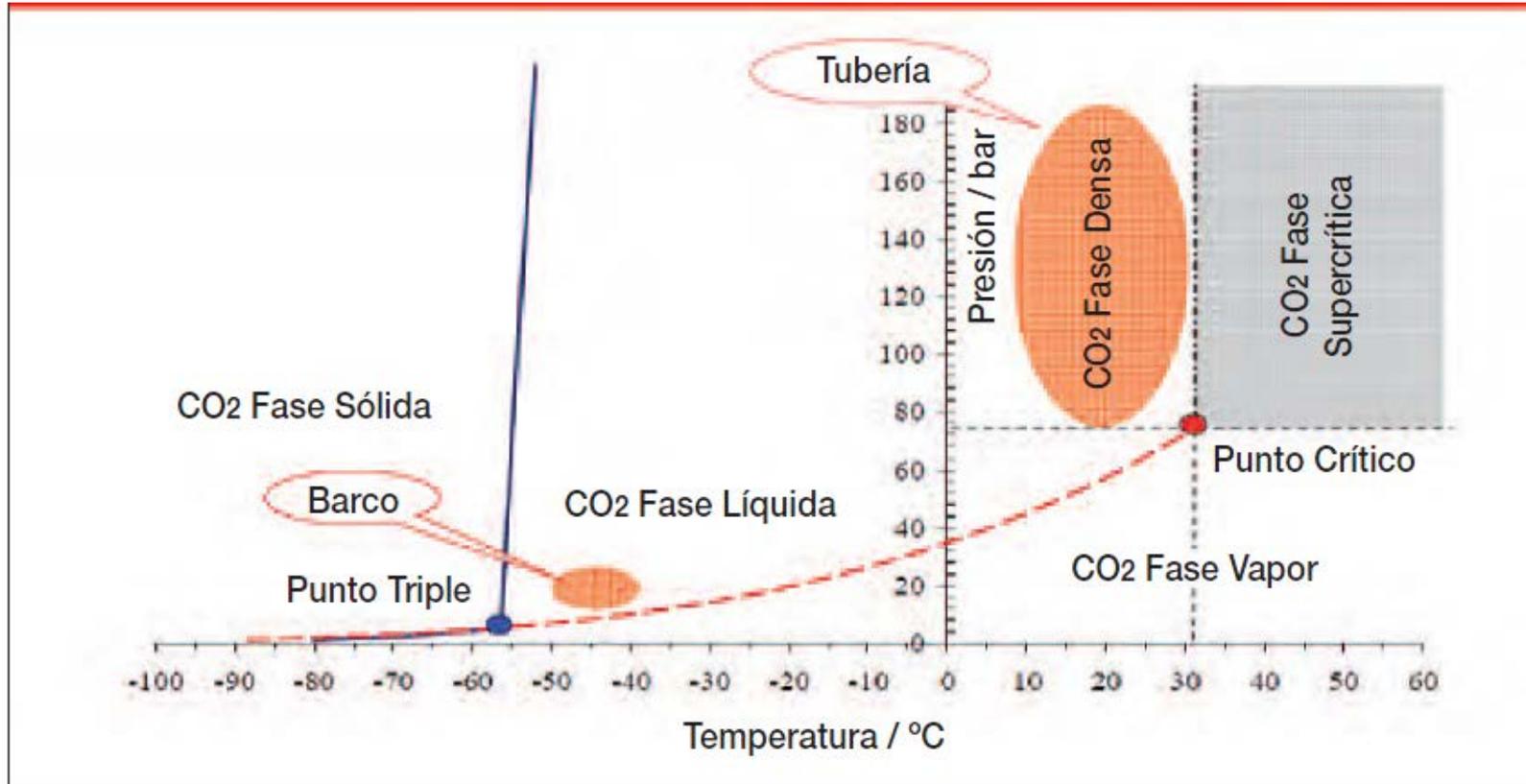
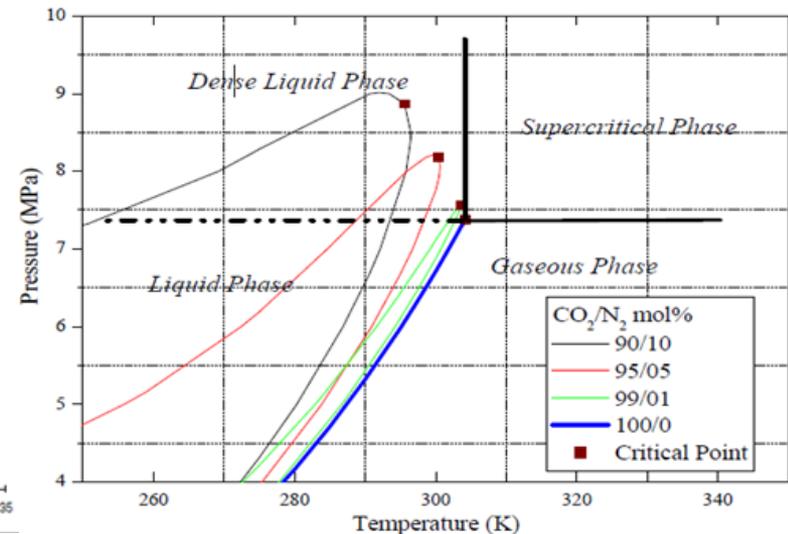
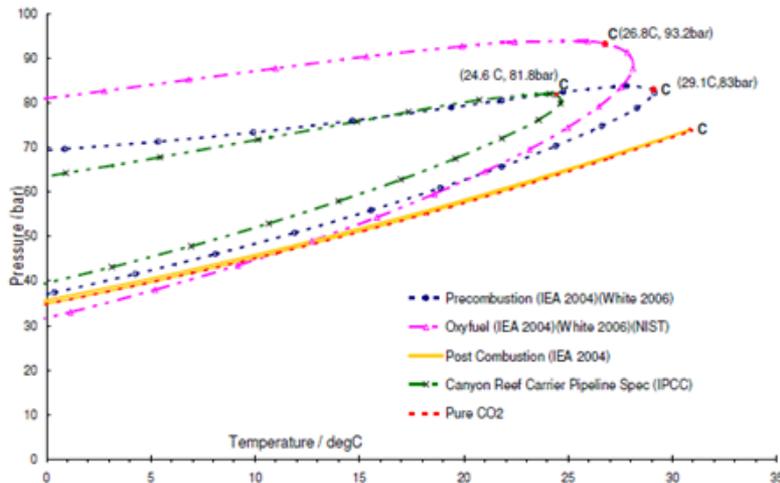


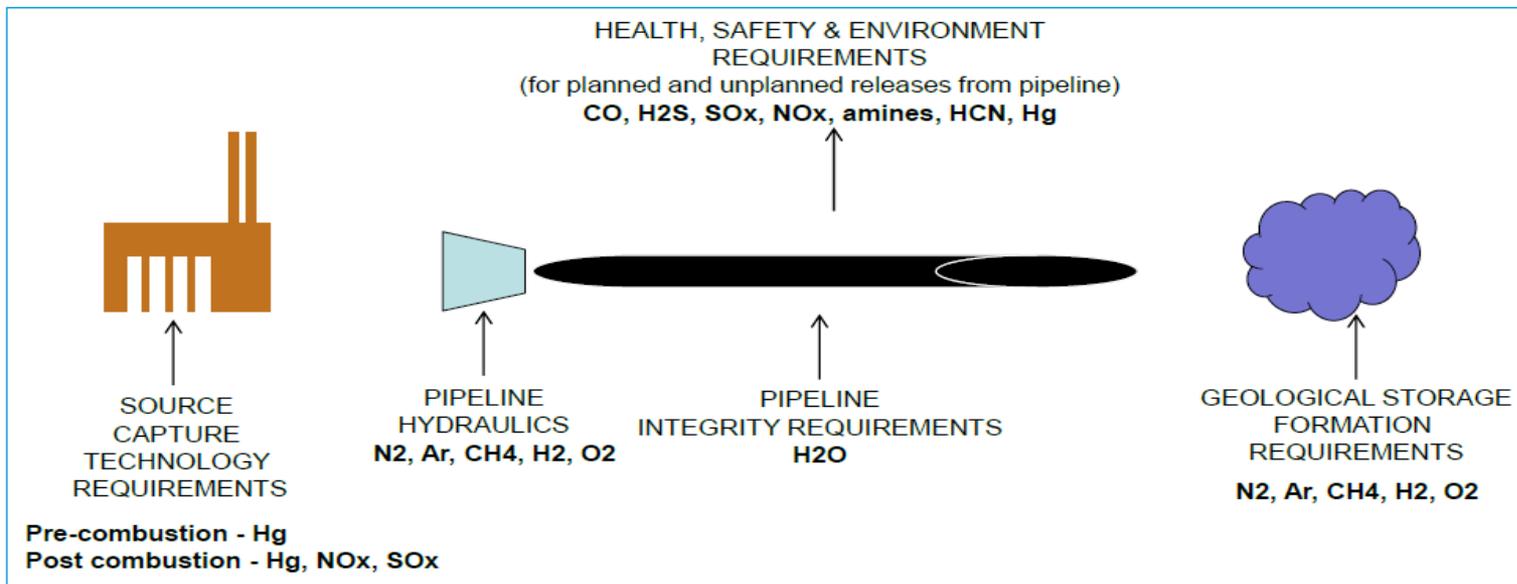
Diagrama de fases del CO<sub>2</sub> (Newcastle University, 2008).

## 2. Características del CO<sub>2</sub> antropogénico

- Las impurezas influyen significativamente en las propiedades físicas del CO<sub>2</sub> modificando los puntos de presión y temperatura en los que cambia de estado.
- **Necesitamos conocer los rangos de impurezas que contendrá el CO<sub>2</sub> para estudiar cómo se va a comportar el fluido y así determinar los materiales que se pueden usar y los criterios de seguridad a adoptar en el diseño y construcción de ceoductos.**



## 2. Características del CO<sub>2</sub> antropogénico

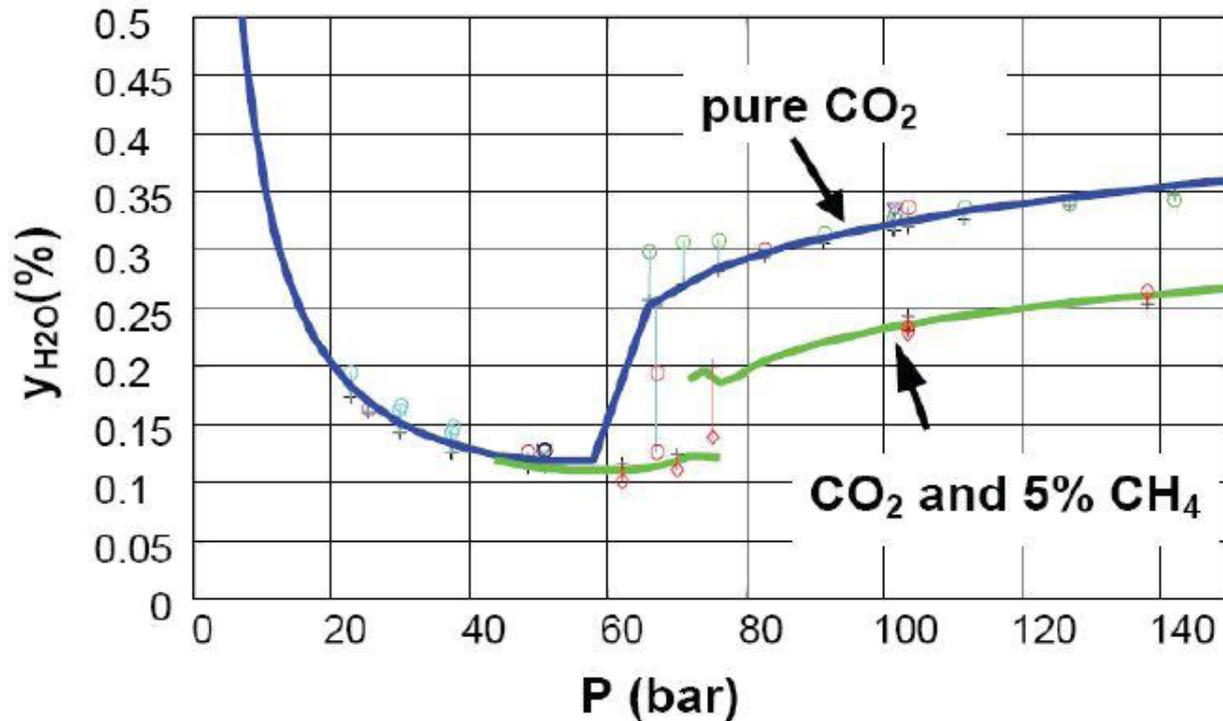


Component	Properties									Comment
	Health & Safety	Pipeline capacity	Water solubility	Hydrate formation	Materials	Fatigue	Fracture	Corrosion	Operations	
CO <sub>2</sub>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Non-flammable, colourless, no odour at low concentrations, low toxicity, vapour heavier than air
H <sub>2</sub> O				•	•	•	•	•	•	Non-toxic
N <sub>2</sub>		•	•							Non-toxic
O <sub>2</sub>			•					•		Non-toxic
H <sub>2</sub> S	•	(•)			•	•	(•)	•		Flammable, strong odour, extremely toxic at low concentrations
H <sub>2</sub>		•	•				•			Flammable, non-condensable at pipeline operating condition
SO <sub>2</sub>	•		•					•		Non-flammable, strong odour
CO	•		•							Non-flammable, toxic
CH <sub>4</sub> +		•	•						•	Odourless, flammable
Amines	•									Potential occupational hazard
Glycol	(•)							(•)		Potential occupational hazard
Ref. Sec.	3.3.3	4.5.3	2.3.5	4.5.11	5	5.6	5.5	5.1	7	

**ESPECÍFICO DE CADA PROYECTO**

**NECESARIO CONOCER EN DETALLE**

## 2. Características del CO<sub>2</sub> antropogénico



**DISMINUCIÓN DE SOLUBILIDAD, MÁS PROBABILIDAD DE FLUJO BIFÁSICO Y PROBLEMAS DE CORROSIÓN**



### 3. Diseño, construcción y operación de conducciones de transporte de CO<sub>2</sub>

---

#### Consideraciones

- Aprovechamiento de la legislación vigente para Gas Natural.
- Transporte CO<sub>2</sub> en fase densa similar a un oleoducto.
- Mayor agresividad de la corriente de CO<sub>2</sub> que la del gas natural. Medidas anti-corrosión algo superiores a las del gas natural (metales y elastómeros).
- La presencia de CO<sub>2</sub> en fase gaseosa causaría daños a partes móviles de válvulas y estaciones de bombeo.
- Selección de materiales para las conducciones:
  - Acero al carbono (API/ISO, etc.) iguales a los que se usan para gasoductos y oleoductos.
  - Mayores espesores de tubería por la mayor presión de trabajo.
  - Revestimiento de las conducciones similares al gas natural.

# 3. Diseño, construcción y operación de conducciones de transporte de CO<sub>2</sub>

## Consideraciones

- Prevención y control de la fractura, debido a las presiones de operación y las impurezas, que pueden dar lugar a fracturas longitudinales, las cuales que se evitarán con el empleo de anillos anti-rotura y mayores exigencias en las características mecánicas de las tuberías.



- Lubricantes y grasas. Compatibles y estables.
- Polímeros elásticos o elastómeros. Resistencia a la descompresión rápida.
- Sistemas de seguridad redundantes para detección de fugas.



# 3. Diseño, construcción y operación de conducciones de transporte de CO<sub>2</sub>

---

## Consideraciones

### ● Legislación actual aplicable

- 
- Directiva 2009/31/CE y Ley 40/2010 – Almacenamiento Geológico.
  - Directiva 97/23/CE, RD 769/1999 y RD 2060/2008 - Equipos a Presión
  - ASME B31.4 (hidrocarburos líquidos)
  - **ISO 27913:2016**

### ● Guías y Recomendaciones Prácticas

- 
- Det Norske Veritas (DNV) – DNV-RP-J202
  - World Resources Institute (WRI)

### ● Legislación a desarrollar

- 
- Reglamentos e ITCs (similares a gas natural)
  - Legislación similar a Ley de Hidrocarburos.



## 4. Costes de transporte de CO<sub>2</sub>

- Estudio “The cost of CO<sub>2</sub>” de la ZEP (Zero Emission Platform)

Distancia (km)	180	500	750	1.500
Tubería en tierra	5,4	-	-	-
Tubería en mar	9,3	20,4	28,7	51,7
Barco	8,2	9,5	10,6	14,5
Licuefacción <sup>9</sup>	5,3	5,3	5,3	5,3
Barco (incluida licuefacción)	13,5	14,8	15,9	19,8

Estimación de costes (€/tonelada CO<sub>2</sub>) para un proyecto demostración con una capacidad de 2,5 Mtpa.

Distancia (km)	180	500	750	1.500
Tubería en tierra	1,5	3,7	5,3	-
Tubería en mar	3,4	6,0	8,2	16,3
Barco (incluida licuefacción)	11,1	12,2	13,2	13,1

Estimación de costes (€/tonelada CO<sub>2</sub>) para redes a gran escala de transporte de CO<sub>2</sub> de 20 Mtpa.

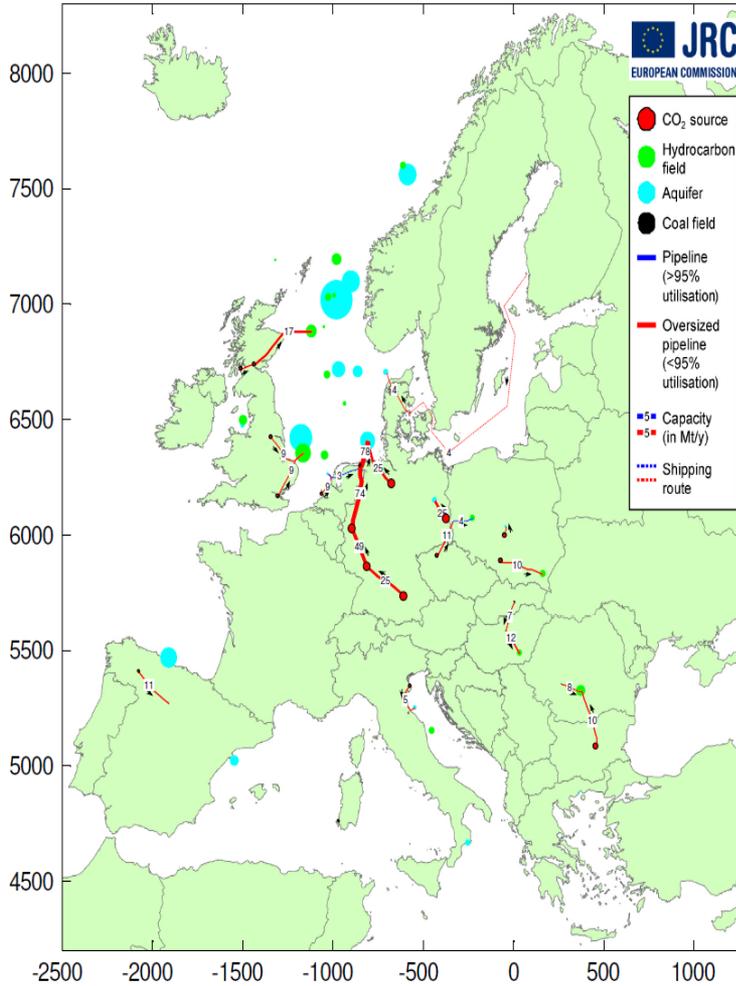
- Almacenamiento onshore → transporte + almacenamiento = \$7 - \$12/t de CO<sub>2</sub>
- Almacenamiento offshore → transporte + almacenamiento = \$16 - \$37/t de CO<sub>2</sub>

Fuente: Global CCS Institute “Global costs of carbon capture and storage 2017”

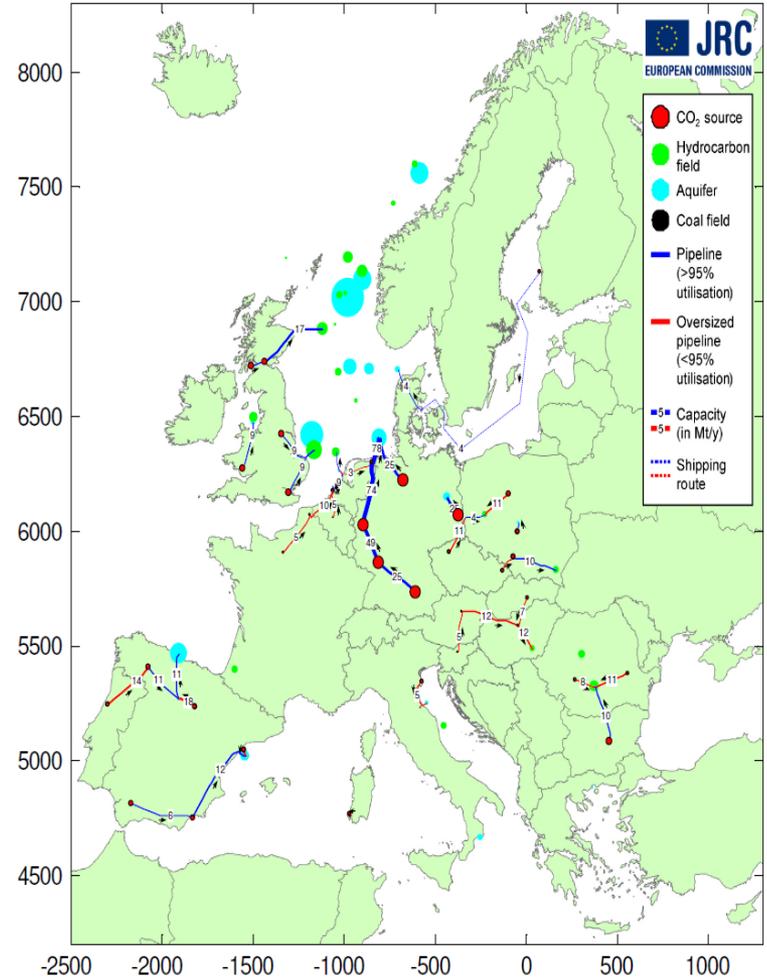
# 5. Infraestructuras de transporte de CO<sub>2</sub>

## Europa

YEAR 2025 - 5607km network - 5.8 billion EUR cumulative investment



YEAR 2030 - 8803km network - 9.1 billion EUR cumulative investment



# 5. Infraestructuras de transporte de CO<sub>2</sub>

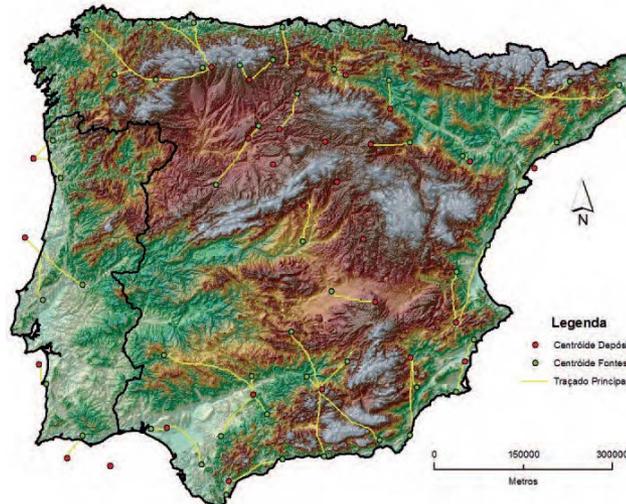
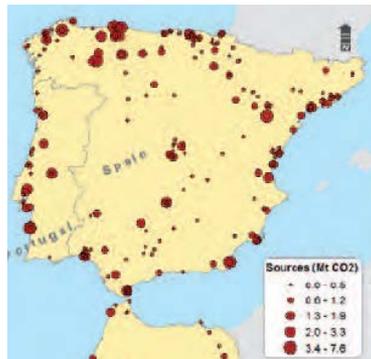
## España

### ● Proyecto COMET

Viabilidad técnica y económica de la integración de las infraestructuras de transporte y almacenamiento en el área del Mediterráneo occidental.

1. Identificar las principales fuentes emisoras (>100 kt CO<sub>2</sub>)

2. Agrupación (clusters) de las fuentes emisoras





# ¡Muchas gracias!

Síguenos:



@pteco2



facebook.com/pteco2



PTECO2

 YouTube<sup>ES</sup> PTECO2

Contacto:



www.pteco2.es



secretaria@pteco2.es



+ 34 91 441 89 82