



# 10º Congreso Nacional del Medio Ambiente (Conama 10)

Captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>

Captura de CO<sub>2</sub> en precombustión

Francisco García Peña

ELCOGAS S.A



Martes 23 de noviembre de 2010



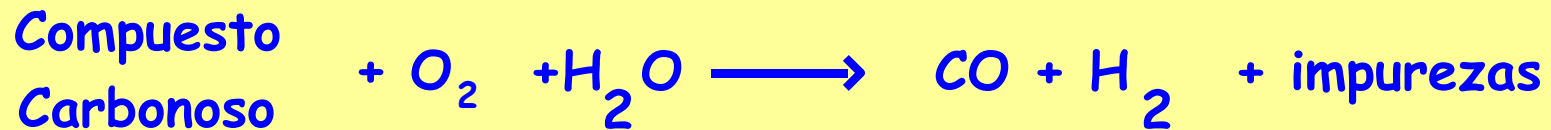


## Captura de CO<sub>2</sub> en precombustión

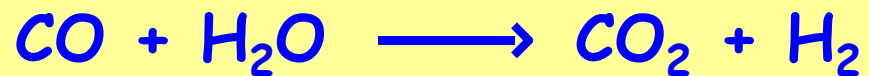
### ÍNDICE

- . Generalidades
- . PASO 1: Producción syngas
- . PASO 2: Conversión CO a CO<sub>2</sub>
- . PASO 3: Separación CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>
- . PASO 4: Purificación H<sub>2</sub>
- . Uso de combustibles con bajo contenido en carbono
- . Planta Piloto de Captura de CO<sub>2</sub> . Proyecto Singular Estratégico (PSE)

## Paso 1: Obtención del gas de síntesis por gasificación



## Paso 2: "Shifting" o reacción gas-agua



## Paso 3: Separación de H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>

H<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

- Cenizas
- Char
- Cl<sup>-</sup>
- CN<sup>-</sup>
- SH<sub>2</sub>
- COS
- N<sub>2</sub>
- ....

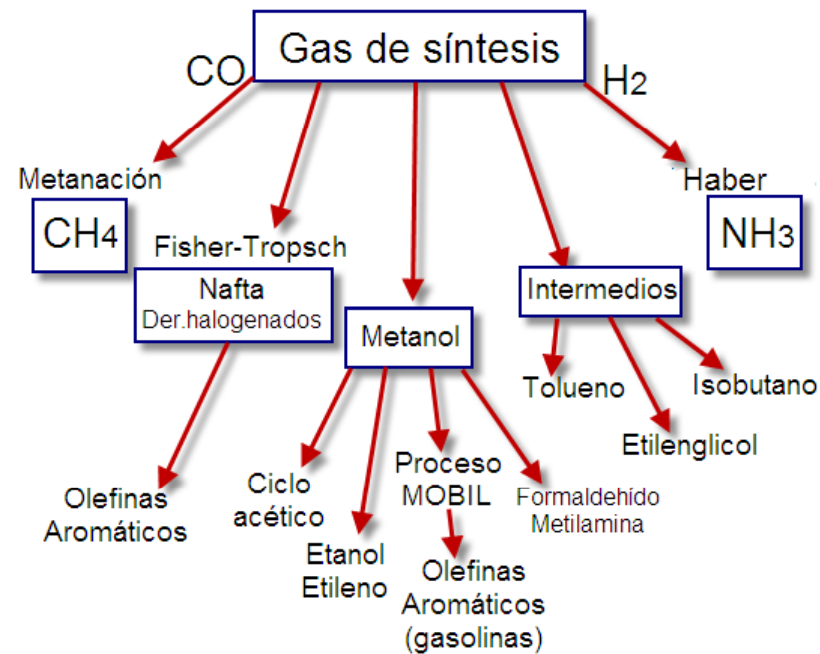
La producción de H<sub>2</sub> a partir de combustibles fósiles lleva implícita la generación de CO<sub>2</sub> ⇒ Para poder hablar de H<sub>2</sub> "limpio" hay que considerar la CAC

PASO 1	PASO 2	PASO 3	PASO 4
<b>PRODUCCIÓN SYNGAS</b>	<b>CONVERSIÓN CO A CO<sub>2</sub></b>	<b>SEPARACIÓN CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub></b>	<b>PURIFICACIÓN H<sub>2</sub></b>
Reformado GN POX ATR Gasificación - GICC Chemical looping	Reacción WGS	Procesos químicos con absorbentes Procesos físicos con absorbentes Procesos físico-químicos Adsorción Membranas Criogenia Tecnologías emergentes	PSA Permeación Destilación criogénica

# PASO 1: Producción syngas

03

Además de para producir electricidad, el gas de síntesis tiene otras aplicaciones en la industria química



## Aplicaciones gas de síntesis

Armando Martín / [www.icp.csis.es/memoria](http://www.icp.csis.es/memoria) 2004

10º Congreso Nacional del Medio Ambiente

# PASO 1: Producción syngas

04

## Reformado con vapor de gas natural o hidrocarburos ligeros (SMR)

- Existen plantas de hasta 480 t/día H<sub>2</sub> y 2500 t/día CO<sub>2</sub>
- Paso previo: eliminación azufre del combustible alimentación

## Oxidación parcial de gas natural e hidrocarburos ligeros (POX)

- El combustible reacciona con oxígeno puro a alta presión para producir el gas de síntesis. Proceso exotérmico. Alta temperatura (1250-1400 °C). No requiere aporte de calor de ninguna fuente externa

## Reformado autotérmico de gas e hidrocarburos ligeros (ATR)

- Combinación del reformado y la oxidación parcial
- El calor necesario para la reacción de reformado es aportado por la de oxidación parcial usando oxígeno o aire

# PASO 1: Producción syngas

05

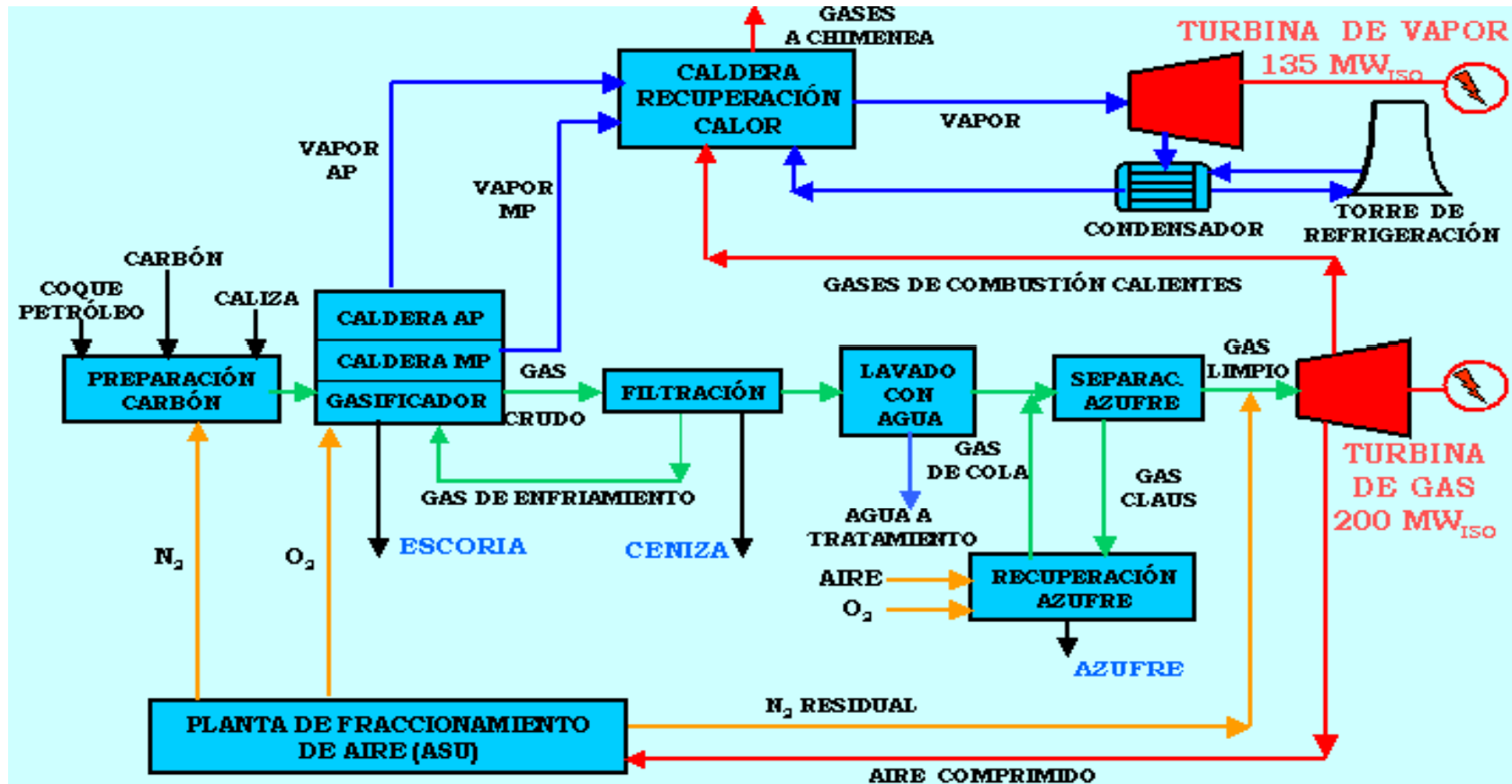
## Gasificación de carbón, biomasa, residuos de petróleo y otros residuos

- Oxidación parcial de los combustibles, pudiéndose utilizar también vapor como agente oxidante en el reactor (denominado gasificador)
- **Tipos** gasificadores: lecho fijo, lecho fluido, lecho arrastrado
- **Oxidante principal:** aire u oxígeno (mejor este último si se desea capturar CO<sub>2</sub> a alta presión)
- **Temperatura** operación: hasta 1800 °C
- **Presiones:** entre 0,1 y 7MPa

# PASO 1: Producción syngas

06

## Gasificación de carbón, biomasa, residuos de petróleo y otros residuos





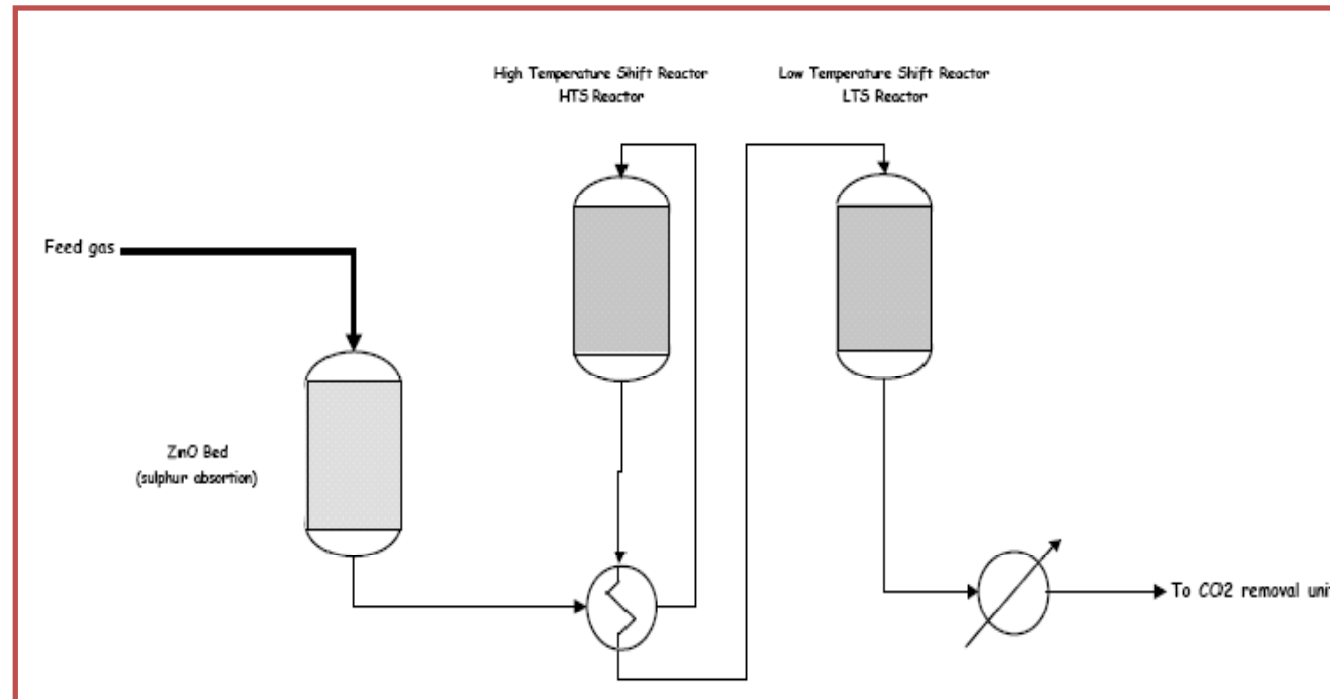
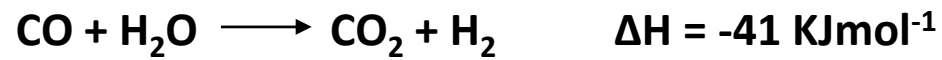
## Centrales eléctricas de gasificación integrada en ciclo combinado (GICC)

- El **gas de síntesis**, que tras procesos de limpieza pasa a denominarse **gas limpio**, se envía a una **turbina de gas** para producir **electricidad**, y el **calor** que contienen sus gases de escape se aprovecha en una **caldera de recuperación** de calor donde se genera más vapor para mover la **turbina de vapor**, produciendo de nuevo electricidad, constituyendo un **ciclo combinado**.
- Para adaptar un proceso GICC, capturando el  $\text{CO}_2$  y conseguir una central con emisiones cero (ZEIGCC), sería necesario implantar las siguientes modificaciones:
  - ↪ Unidad de *Conversión de CO en  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$  para poder separar  $\text{CO}_2$*
  - ↪ Unidad de *Captura del  $\text{CO}_2$  con disolventes por procesos químicos o físicos*
  - ↪ *Adaptaciones de quemadores y condiciones de operación Turbina de gas*

## PASO 2: Conversión CO a CO<sub>2</sub>

08

Reacción water gas shift (WGS) para convertir el CO del gas de síntesis en CO<sub>2</sub>



10º Congreso Nacional del Medio Ambiente

## PASO 3: Separación CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>

09

- **Objetivo:** Separar CO<sub>2</sub> de la corriente de gas formado por CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>
- El CO<sub>2</sub> separado queda disponible para su almacenamiento
- El gas producido (mayoritariamente H<sub>2</sub>) puede utilizarse:
  - . Como combustible descarbonatado
  - . Como base para la obtención de hidrógeno puro
  - . Para producir nuevos combustibles o productos químicos líquidos con mayores ratios H/C a partir del gas de síntesis

## PASO 3: Separación CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>

10

MÉTODO	COMENTARIOS
<b>Procesos químicos con absorbentes</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Absorbentes químicos usados para eliminar el CO<sub>2</sub> del gas de síntesis a presiones parciales por debajo de 1,5 MPa</li><li>- Proceso más usado: MDEA (Metil DiEtanol Amina)</li></ul>
<b>Procesos físicos con absorbentes</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aplicables a corrientes con altas presiones totales o altas presiones parciales de CO<sub>2</sub></li><li>- La generación del disolvente se produce por liberación de presión en una o más etapas</li></ul>
<b>Absorción físico -química</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mejor eficiencia energética pero utilizable a presiones superiores a 2 MPa, produce una corriente de CO<sub>2</sub> lista para su almacenamiento o utilización, y una corriente rica en H<sub>2</sub> que puede utilizarse directamente como combustible, o que se purifica en unidades PSA para conseguir purezas de entre 90 y 99,999 % según su especificación final</li></ul>
<b>Adsorción</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Requiere cantidades de adsorbente, pero su selectividad al H<sub>2</sub> es alta, por lo que se utiliza en corrientes pequeñas o para purificar el H<sub>2</sub> obtenido en un proceso de separación anterior</li></ul>
<b>Membranas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Actualmente bajo porcentaje de recuperación del H<sub>2</sub>, por lo que se aplican para separar una fracción del H<sub>2</sub> contenido en el gas, pero no se obtiene una corriente de CO<sub>2</sub> concentrado lista para almacenamiento</li></ul>
<b>Criogenia</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Muy alto consumo energético</li><li>- Solo es aplicable en procesos donde los productos del proceso criogénico tienen un valor añadido alto</li></ul>

## PASO 3: Separación CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>

11

### Tecnologías emergentes

- **Reacción de adsorción mejorada (SER):** Uso de un lecho empaquetado que contiene una mezcla de catalizador y adsorbente selectivo para eliminar el CO<sub>2</sub> de la zona de reacción a alta temperatura
- **Reactores de membrana para producción de hidrógeno con captura de CO<sub>2</sub>:** Algunas membranas inorgánicas ofrecen la posibilidad de combinar los procesos de reacción gas-agua y separación a alta presión y temperatura
- **Reformado en microcanales:** Se puede aplicar la tecnología de micro reactores para llevar a cabo el SMR o POX de baja temperatura

## PASO 3: Separación CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>

12

### Tecnologías emergentes

- **Conversión de metano a hidrógeno y carbono:** Reacción de cracking térmico o pirólisis cuya ventaja es la producción de un gas limpio (sin CO<sub>2</sub>) que podría usarse directamente como combustible, y cuyo inconveniente es que se deja de obtener la energía que produce la oxidación del carbono
- **Tecnologías basadas en óxidos de calcio:** Son sistemas de precombustión basados en la reacción de carbonatación de la cal a altas presiones y temperaturas, que integra además la gasificación del combustible, la reacción de conversión shift y la eliminación in-situ del CO<sub>2</sub> con CaO

## PURIFICACIÓN DE H<sub>2</sub> EN GICC: TECNOLOGÍAS

<b>1. ADSORCIÓN: PROCESO PSA (pressure Swing Adsorption)</b>	Adsorción de los componentes indeseados (moléculas de mayor tamaño: CO, CO <sub>2</sub> ) a alta presión, y desorción a baja presión. Se obtiene corriente de hidrógeno puro y a elevada presión
<b>2. PERMEACIÓN: POLÍMEROS / MEMBRANAS</b>	Permeación más veloz del hidrógeno a través de un polímero / membrana, separándose del CO. Cuanta mayor pureza, menor tasa de recuperación del H <sub>2</sub>
<b>3. DESTILACIÓN CRIOGÉNICA</b>	Diferentes puntos de ebullición del H <sub>2</sub> (-252,8 °C a 1 atm) y el CO (-191,5 °C a 1 atm), que se separa por cola

- Las técnicas de captura en precombustión van ligadas al desarrollo de tecnologías que aprovechen el combustible “descarbonizado” que se obtiene como producto.
- A nivel industrial existen quemadores y calderas convencionales suficientemente probadas para hidrógeno.
- En las plantas alimentadas con carbón (GICC), basadas en procesos de oxidación parcial, el nitrógeno proviene de la unidad de separación de aire, y se inyecta al combustible “descarbonizado”.



## PLAN DE INVERSIONES EN I+D+i

Desde 2007 ELCOGAS ha seguido un Plan de Inversión en I+D+i orientado al desarrollo de la tecnología GICC, con el objetivo principal de disminuir el impacto ambiental de la producción de energía.

ELCOGAS presenta un informe anual de resultados de dicho Plan de I+D+i al gobierno español para su evaluación.

### LAS LÍNEAS PRINCIPALES DEL PLAN DE I+D+i SON:

- REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> CON USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES
- PRODUCCIÓN DE H<sub>2</sub> POR GASIFICACIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES
- DIVERSIFICACIÓN DE COMBUSTIBLES Y PRODUCTOS
- OTRAS MEJORAS MEDIOAMBIENTALES
- OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS GICC
- DIVULGACIÓN Y DISEMINACIÓN DE RESULTADOS

# Planta Piloto de Captura de CO<sub>2</sub> (PSE)

16

PSE - CO<sub>2</sub>

PLAN DE INVERSIONES EN I+D+i

Línea CO<sub>2</sub>

## OBJETIVOS

- Demostrar la **viabilidad de la captura de CO<sub>2</sub> y producción de H<sub>2</sub>** en un GICC que emplea combustibles fósiles sólidos y residuos como fuente de alimentación principal.
- Obtener **datos económicos** suficientes para **escalar** el proyecto a la capacidad total de producción de gas de síntesis del GICC de Puertollano.

## PARTICIPANTES Y PRESUPUESTO

- ELCOGAS – UCLM – Ciemat – INCAR CSIC 14 M€ (inicialmente 18.5 M€)

## COORDINACIÓN

- El proyecto de la planta piloto en el GICC de Puertollano es parte de una iniciativa española, **“Tecnologías avanzadas de conversión, captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>”** y se coordina junto con otros proyectos relacionados:
- Proyecto # 2 Consiste en estudios de oxidación para aplicar en la construcción de una planta piloto (20-30 MW) que se construirá en El Bierzo, NO de España. CIUDEN
- Proyecto # 3 Consiste en el estudio y regulación del almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> en España. IGME
- Proyecto #4 Consiste en el análisis de la conciencia pública acerca de las tecnologías de CAC. CIEMAT



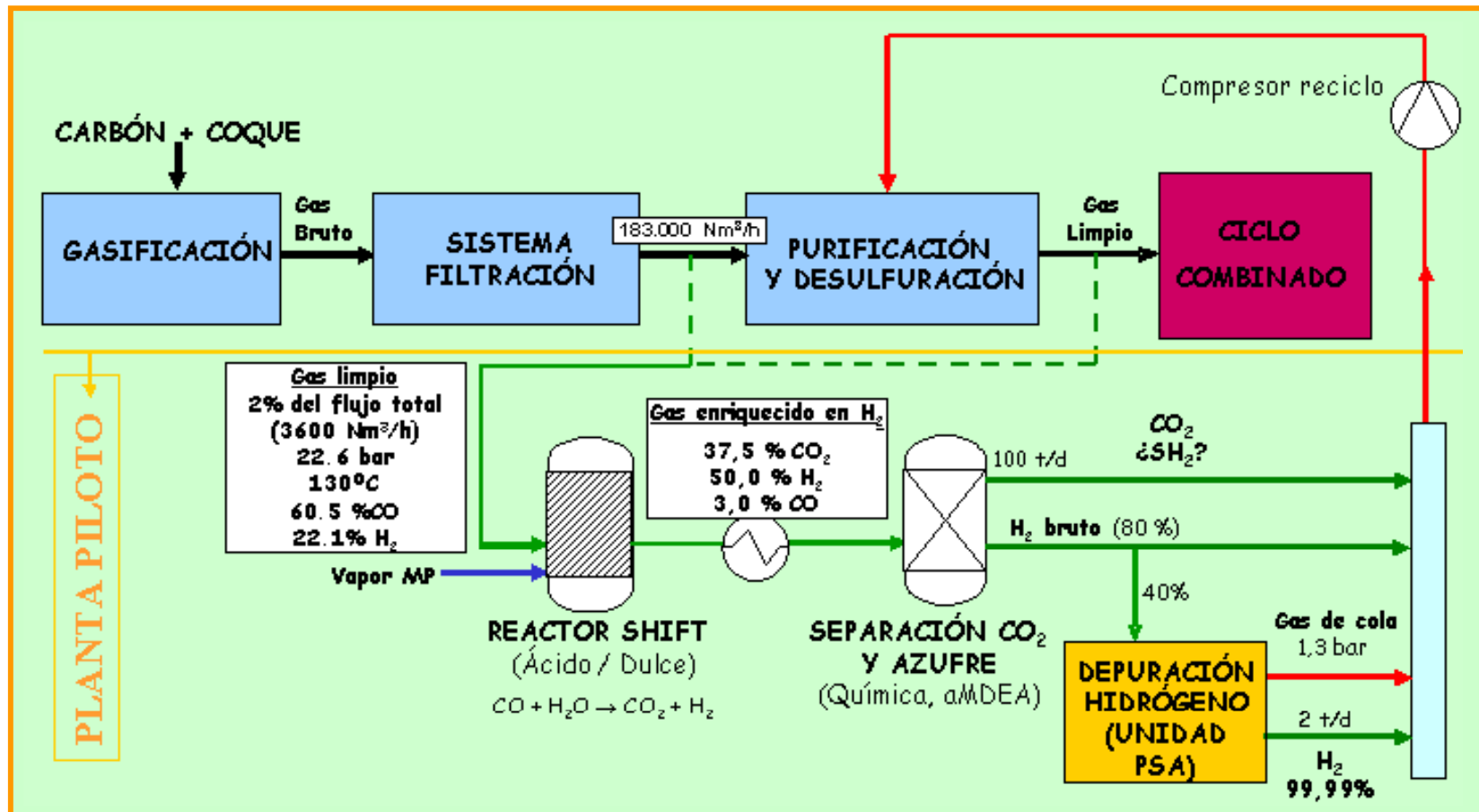
10º Congreso Nacional del Medio Ambiente



# Planta Piloto de Captura de CO<sub>2</sub> (PSE)

17

Diagrama de bloques



# Planta Piloto de Captura de CO<sub>2</sub> (PSE)

18

Construcción de la Planta Piloto de Captura de CO<sub>2</sub> y Producción de H<sub>2</sub>

Agosto 2010



10º Congreso Nacional del Medio Ambiente

