

Purificación de biogás

Basicos, tecnologías, ejemplos

Congreso Latinoamericano
BioRefinerías

4,5 y 6 de mayo - Concepción / Chile

Dipl.-Ing. Christoph Zimmermann

Cuxhavener Straße 10
D - 28 217 Bremen
Alemania

fon: 0049 - 421 - 38 678 - 30

fax: 0049 - 421 - 38 678 - 88

zimmermann@utec-bremen.de

www.utec-bremen.de

UTECH GmbH es una empresa de Ingeniería independiente

dedicada desde 1980 al planeamiento, construcción, operación y monitoreo de proyectos energéticos a base de Fuentes Naturales Renovables.

Los campos específicos desarrollados por UTECH GmbH son:

- Gestión energética industrial y comunal
- Energía Eólica
- Biogás
- Biomasa
- Plantas de Compostaje



- Análisis de laboratorio
- Diseño
- Planificación
- Construcción
- Monitoreo

- Alemania
- Chile
- Indonesia
- otros países



- Producción de biogás
- Composición de biogás
- Etapas de purificación de biogás
- Tecnologías de eliminación de CO₂
- Tratamiento final
- Aspectos económicos
- Ejemplos de proyectos

- **Plantas pequeñas**
Millones en India, China.
Biodigestor de 1 hasta 4 m³;
Cocinar y alumbrado
- **Plantas industriales agrícolas**
Biodigestores de 100 hasta 10.000 m³
Cogeneración, 20 kWel hasta 2 MWel
- **Plantas industriales tratadora de desechos**
Biodigestores de 1.000 hasta 10.000 m³
Cogeneración, 100 kWel hasta 6 MWel

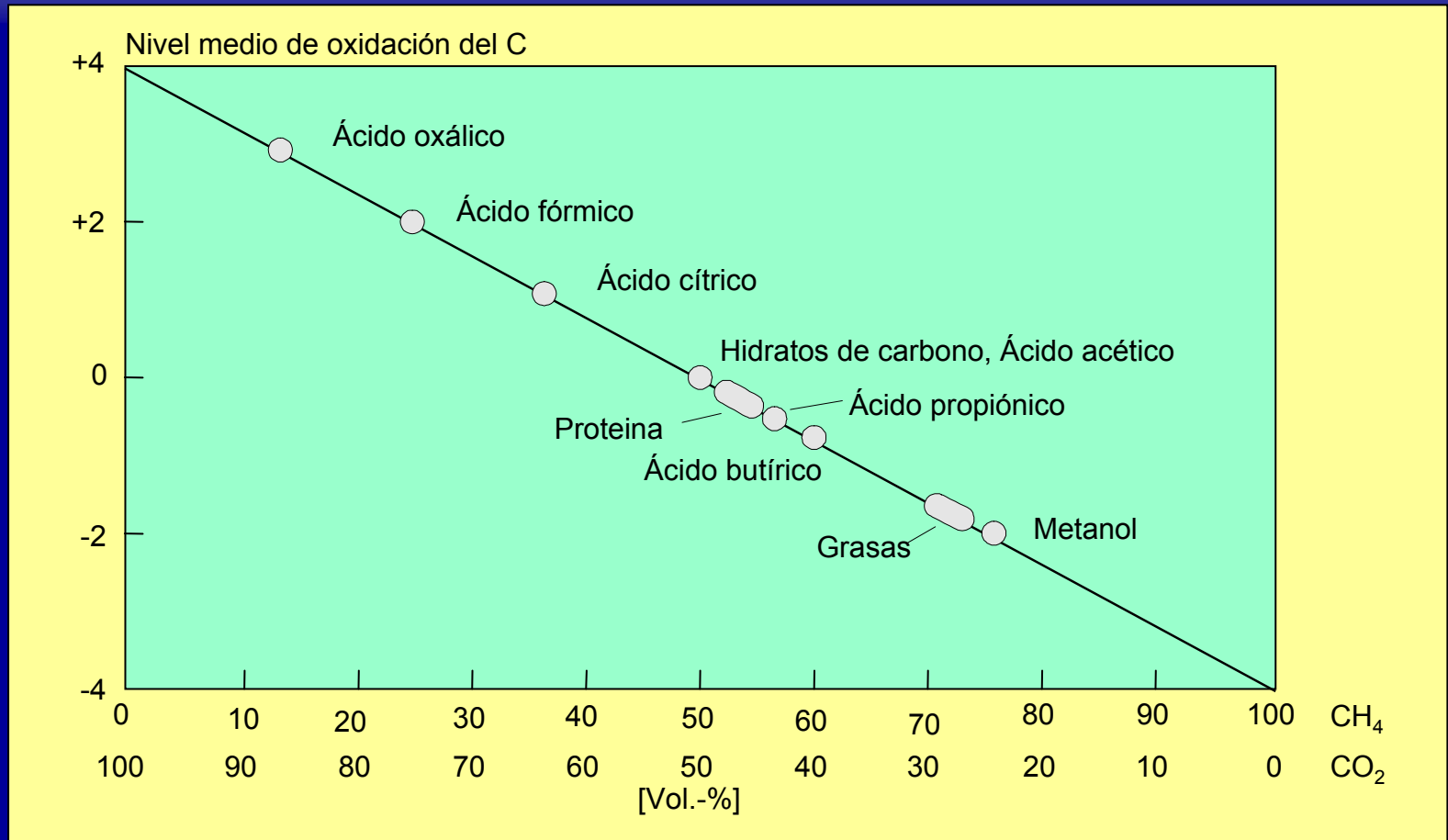


- **Desechos orgánicos de animales**
(purines de cerdo, vacunos, guano de ave, etc)
- **Plantas energéticas**
(plantas oleaginosas como maíz, cereales, colza, girasol)
- **Desechos orgánicos domiciliarios y comunales**
- **Desechos orgánicos de la agroindustria**
- **Lodos residuales provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas**
(Industriales y comunales)



Composición de biogás depende de substratos !!

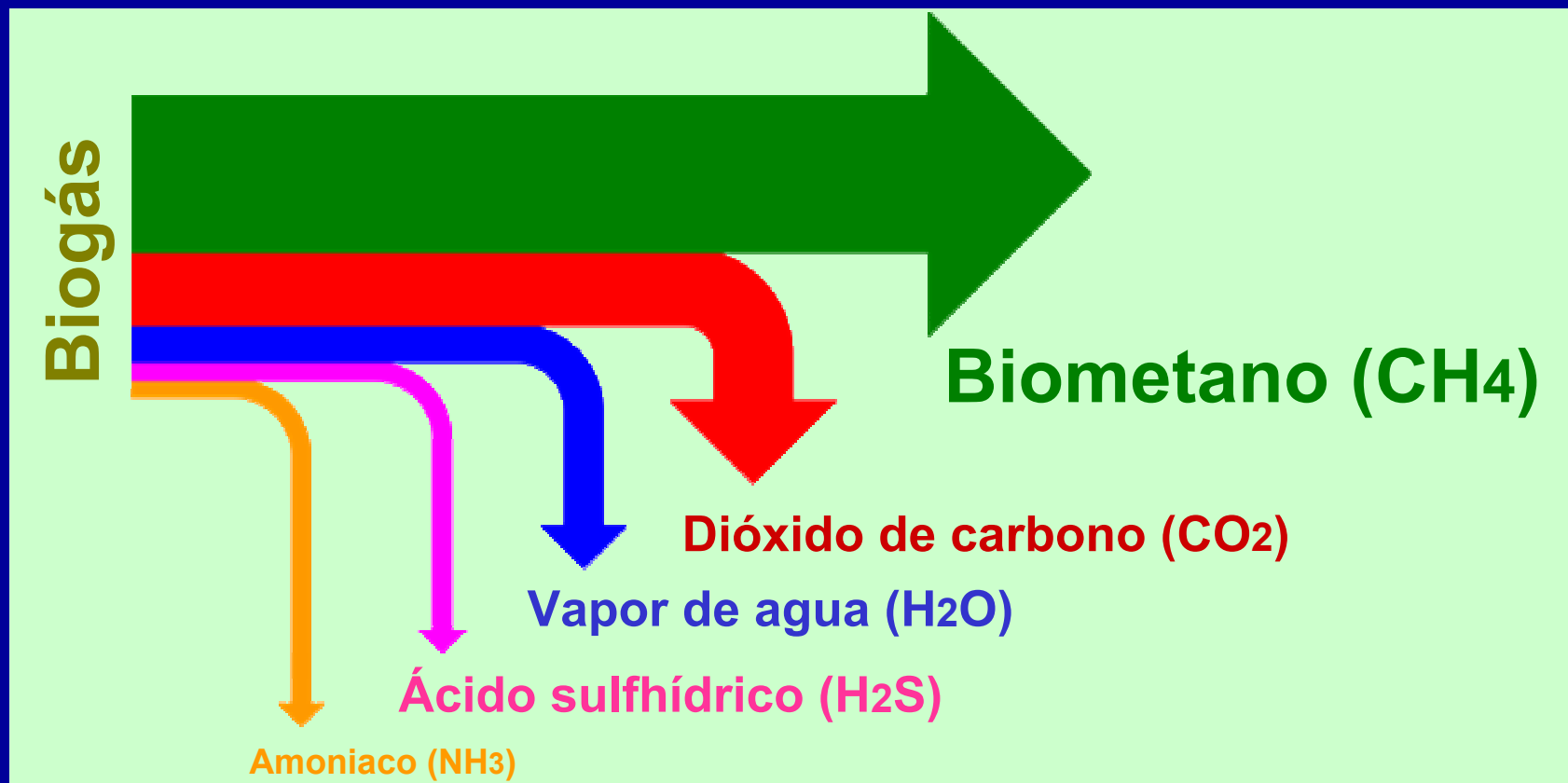
Relación CH_4 – CO_2 de biogás



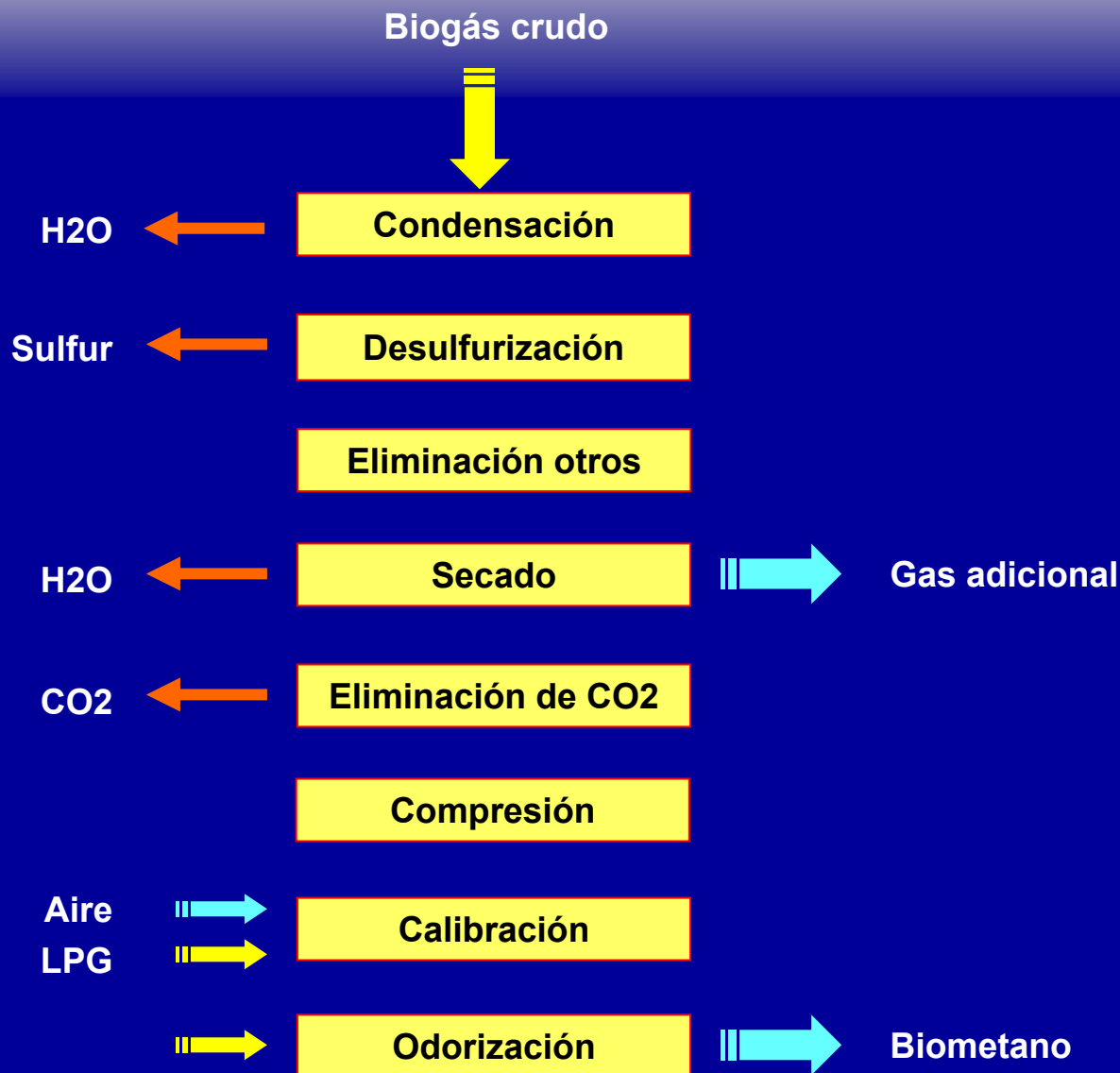
Composición del biogás en dependencia
de la oxidación del carbono

Componente	Contenido	Efecto
CH ₄	50 - 75 Vol.-%	• Componente combustible del biogás
CO ₂	25 - 50 Vol.-%	• Valor y respuesta de combustión disminuidos • Favorece la corrosión
H ₂ S	0 - 5.000 ppmV	• Corrosión en grupos electrógenos y tuberías • Emisiones de SO₂ previo ajuste • Tóxico para los catalizadores
NH ₃	0 - 500 ppmV	• Disminuye la capacidad de encendido • NOx-Emisiones
Vapor de agua	1 - 5 Vol.-%	• Corrosión en grupos y tuberías • Condensador daña instrumentos y grupos electrógenos • En heladas peligro de congelamiento de tuberías e inyectores
Partículas de polvo	> 5 µm	• Obstruye inyectores
N ₂	0 - 5 Vol.-%	• Disminuye valor calórico y comportamiento de encendido.

		Biogás	Gas natural	Propano	Metano
Valor calorífico	kWh/m ³	6	10	26	10
Densidad	Kg/m ³	1,20	0,7	2,01	0,72
Índice Wobbe	--	5,0 – 8,5	12 - 15	13 – 15	12 - 14
Respecto densidad / aire	--	0,90	0,54	1,51	0,55
Temperatura de ignición	°C	700	650	470	650
Velocidad de lumbra en aire	m/s	0,25	0,39	0,42	0,47
Margen de explosión	Vol%	6 – 12	4,4-15	1,7-10,9	4,4-16,6
Demanda aire	m ³ /m ³	5,7	9,5	23,9	9,5

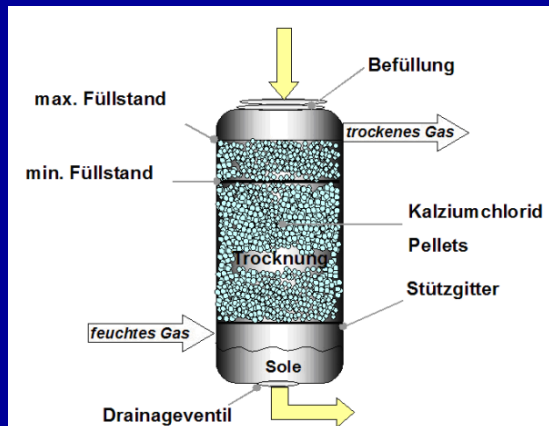


Etapas de purificación de biogás



Etapas de secado de gas

- Friar
- (comprimir)
- Calentar



- Desulfurización por inyección de aire en el digestor



- Depuración biológica
- Adsorción con masa ferrosa
- Adsorción con carbon activado
- Precipitación con sal ferrosa



Fe^{2+} - Ionen como sals ferrosas o una solución directamente en el digestor



Otros sustancias:

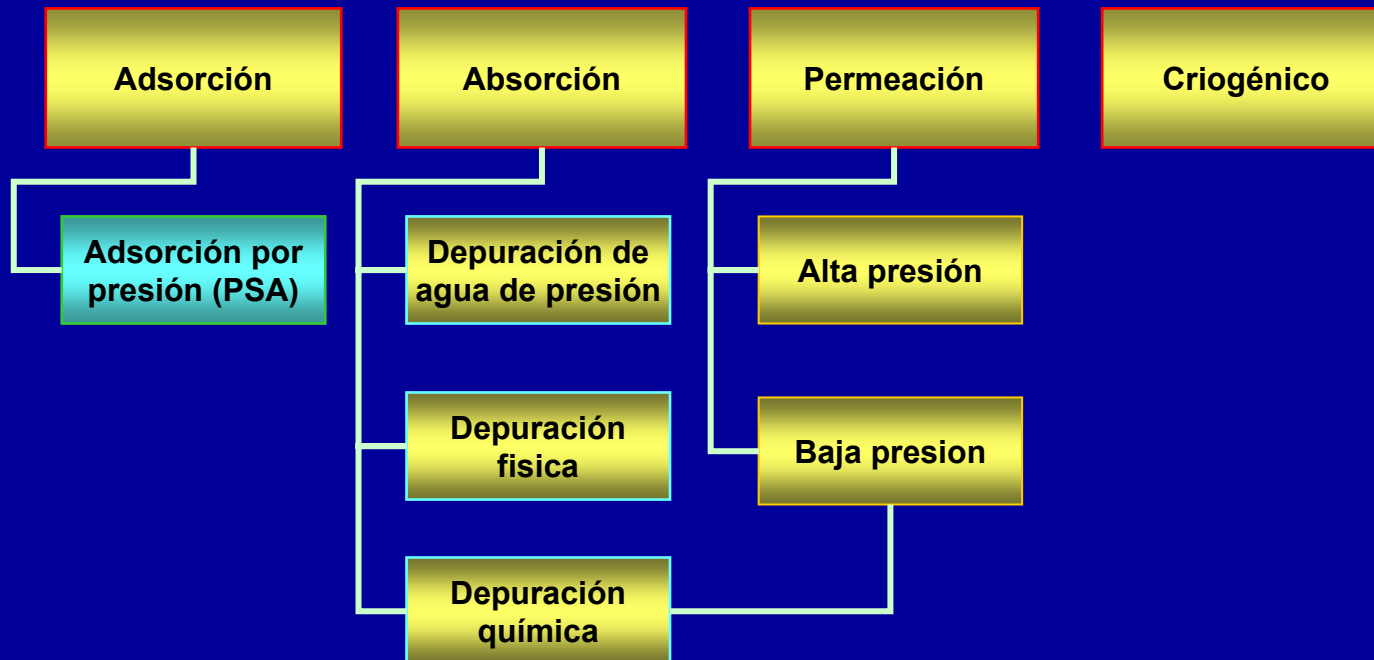
- Siloxanos
- Amoniaco
- Compuestos aromaticos como Benzol; Toluol, Ethylbenzol, Xylol, Cumol
- Hidrocarburos polyciclicos, aromaticos (PAK)
- Halogenos como Cloro, Fluor, Mercaptanos
- Substancias microbiologicas

Tecnologías:

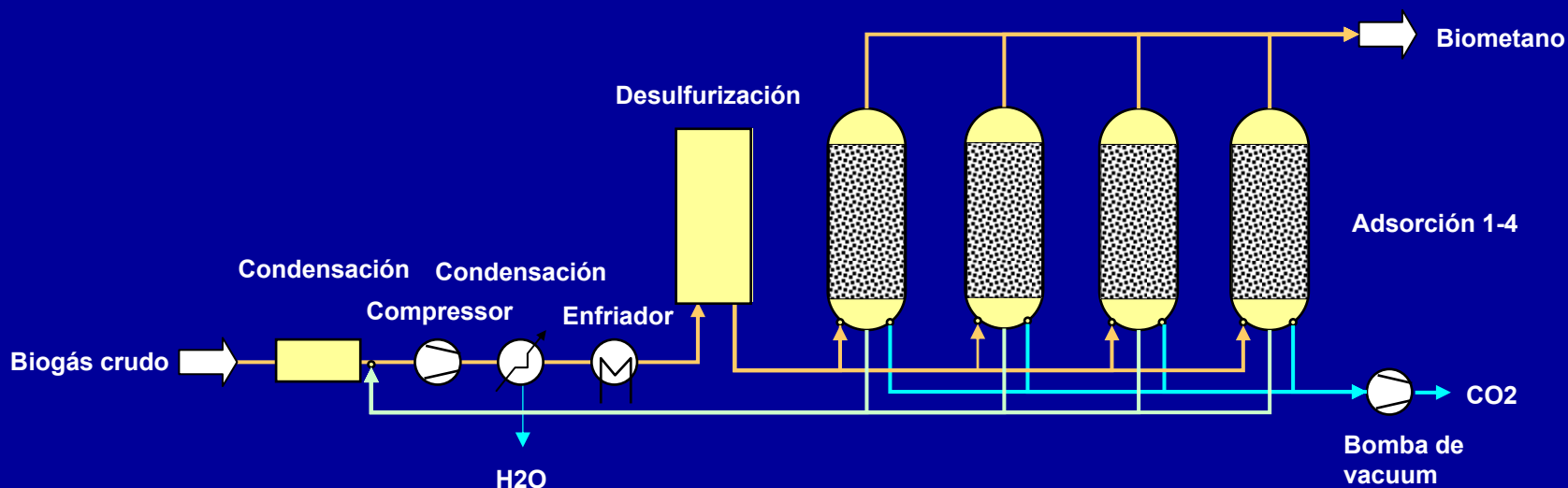
- Carbon activado
- depuración con agua
- Frio



Tecnologías diferentes

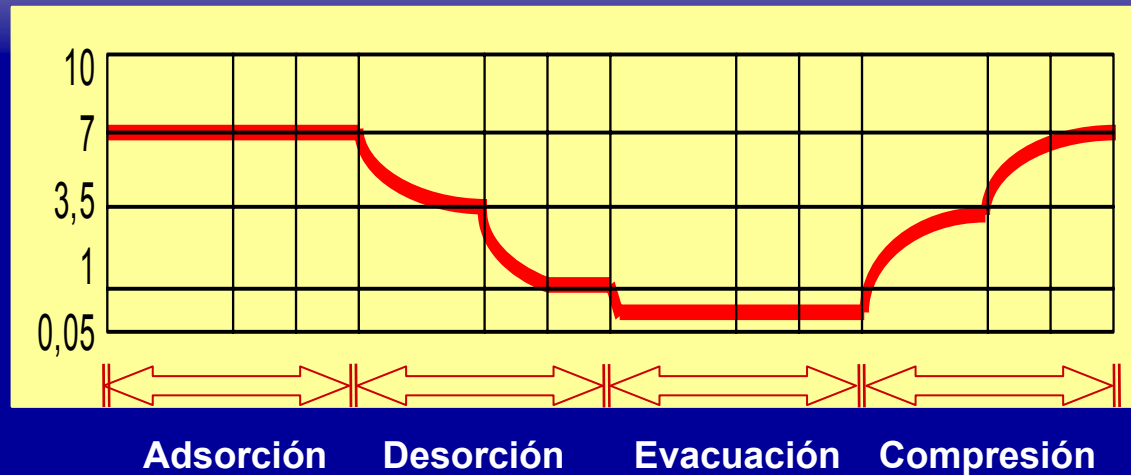


Tecnología de Pressure Swing Absorption (PSA)



Etapas de tecnología de PSA:

- Condensación preliminar
- Compresión y calefacción
- Condensación
- enfriador
- Eliminación de H₂S con carbon activado
- Adsorción con carbon activado, 4 etapas ciclica
- Metano en el cabeza de columnas,
- CO₂ con bomba de vacio al pied de columnas
- Reciclaje de gasese residual y mezcla con biogás crudo

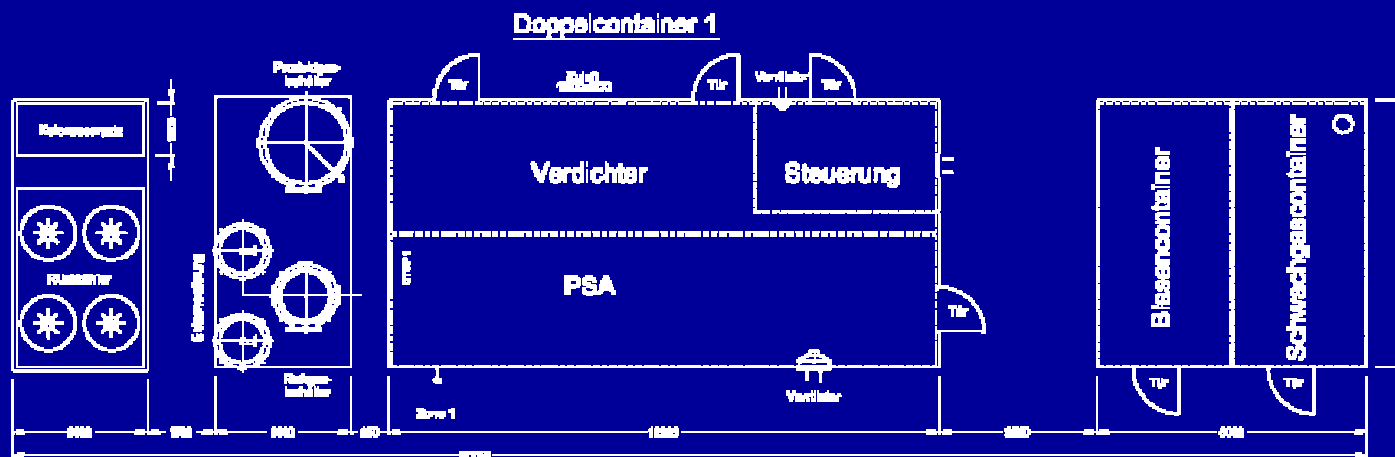
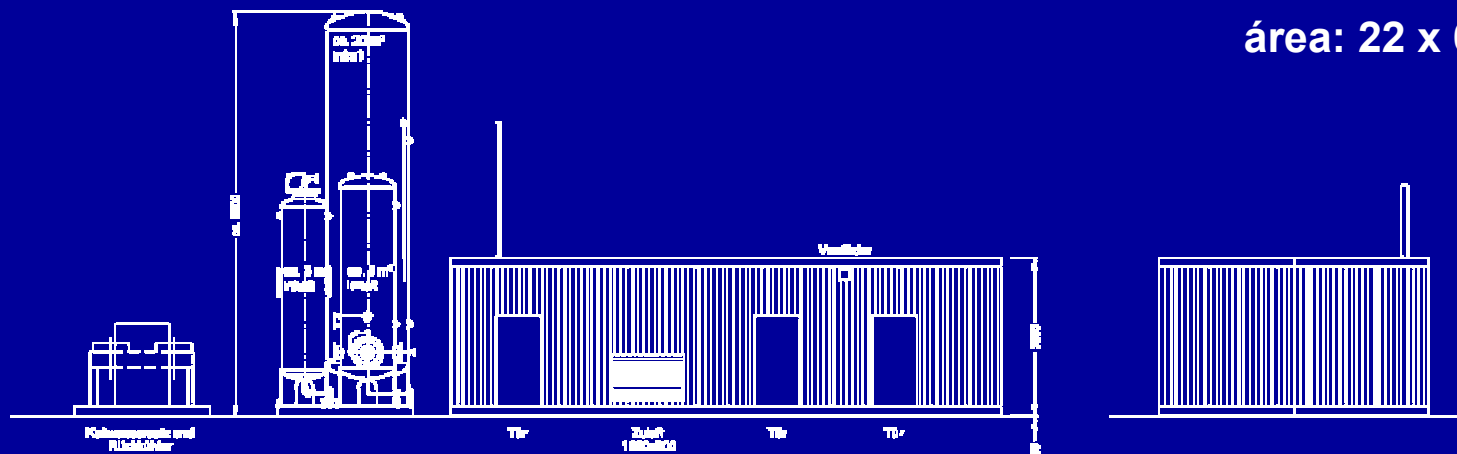


Adsorción con carbon activado, 4 etapas ciclicas:

1. adsorción de CO₂, presión de 7 bar
2. reducción de presión y desorción de CO₂
3. Vacio (0,05 bar) y desorción de gases residual (metano tambien)
4. compresión a 7 bar

Ejemplo PSA

área: 22 x 6 m



Datos principales:

Presión: -0,05 – 16 bar

Consumo electricidad: 0,25 kWh/m³ *)

Consumo calor: no

Consumo agua: no

Perdidas de metano: 1 – 10%

CH₄ en biometano: > 96%

Experiencias / Referencias:
tecnología bien probada

Productores:

Carbotech Engineering GmbH, D

Cirmac International bv, NL

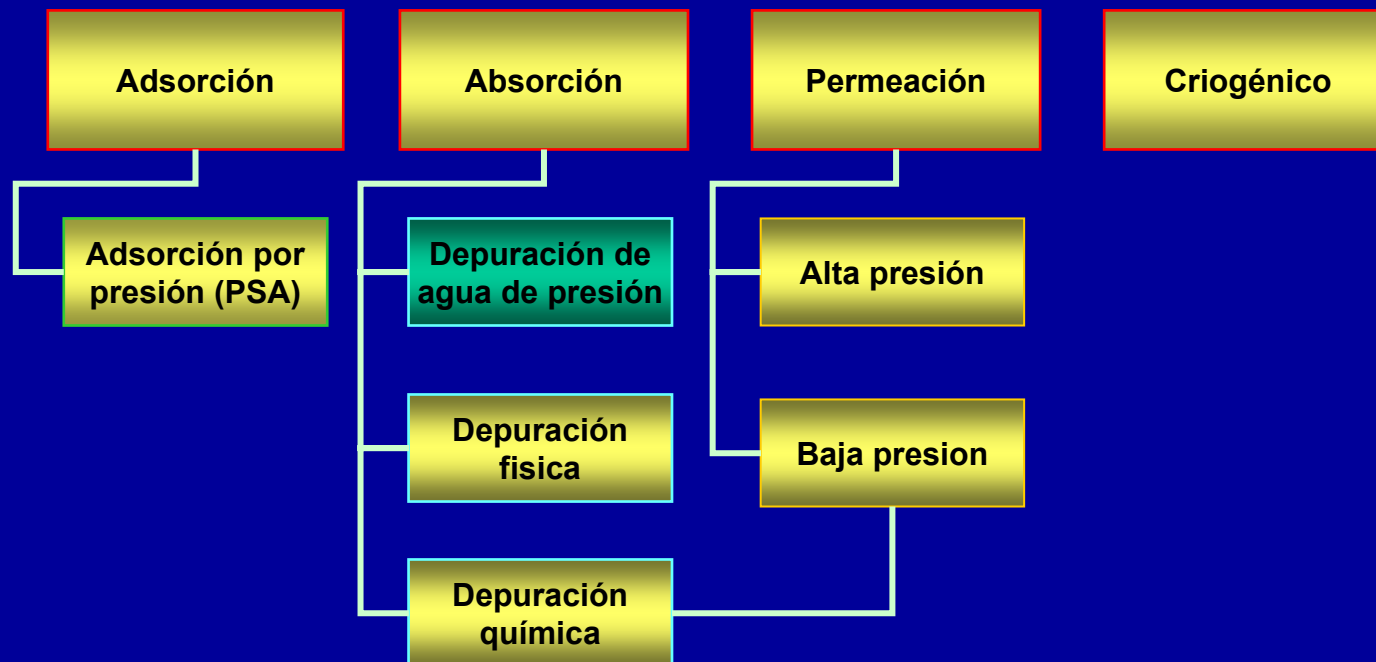
Flotech, S

Verdesis AG, CH

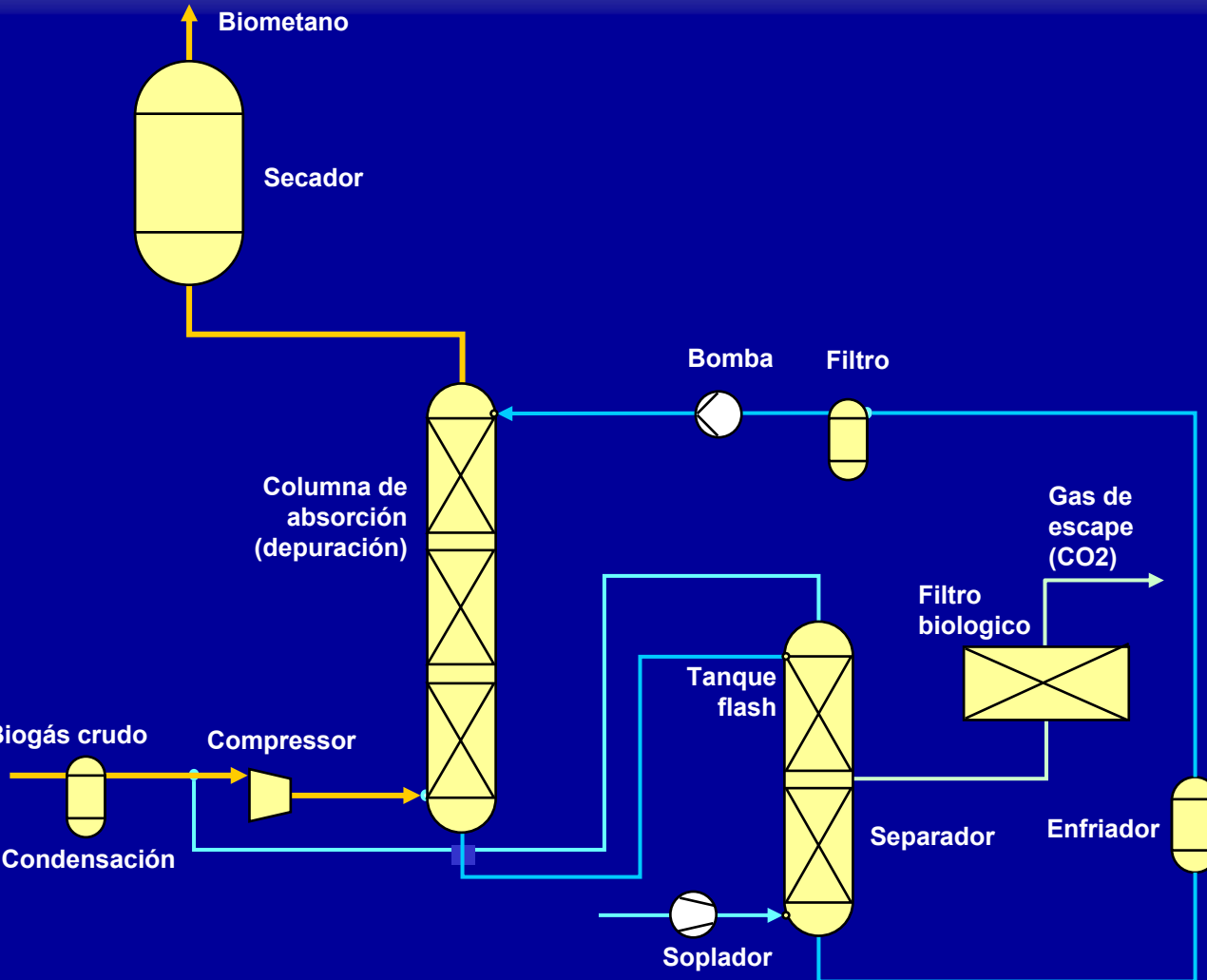
QuestAir Technologies Inc. CDN



Tecnologías diferentes



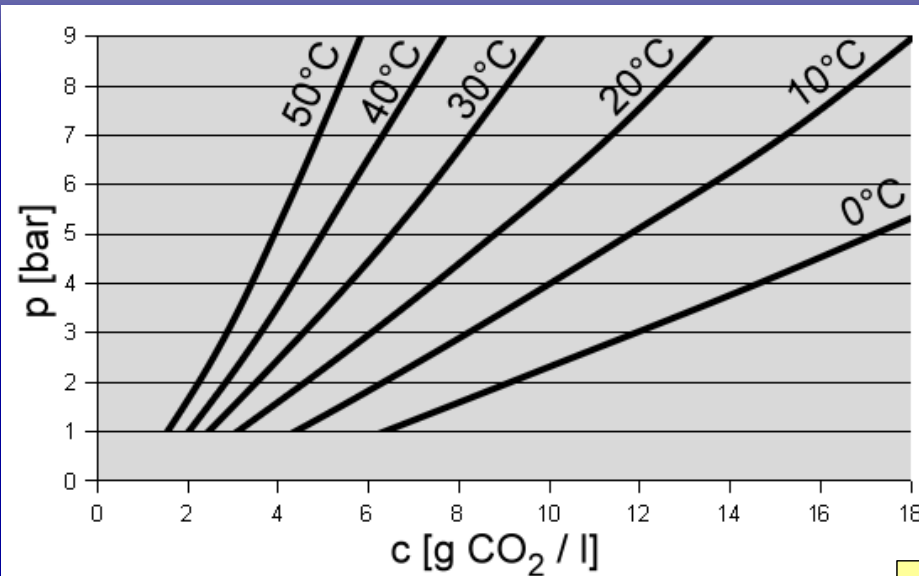
Depuración de agua de presión



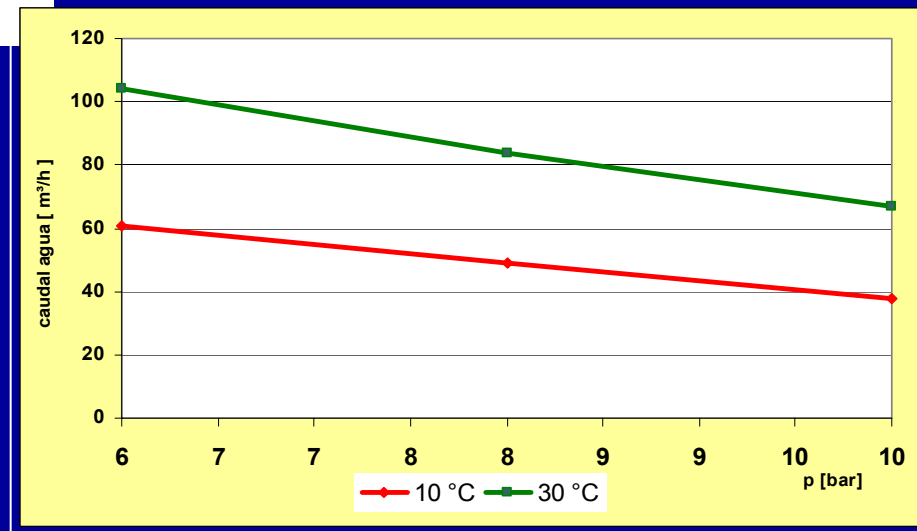
Etapas de la tecnología

- Condensador
- Compresión
- Columna de Absorción
- Salida de metano en el cabeza de columnas y secado final
- Contracorriente de liquido (agua)
- Tanque Flash
- Desorción en una culumna
- Restos de gas de vuelta a biogás crudo
- Salida de CO2 con biofiltro
- Friación y filtración de agua recirculación en la columna de absorción

Depuración de agua de presión



demanda de agua dependiente de
presión y temperatura



Datos principales:

Presión: 4-7 bar (16 bar)

Consumo electricidad: 0,25 kWh/m³ *)

Consumo calor: no

Consumo agua: si (frio)

Consumo quimicos: no

Perdidas de metano: 1 – 2%

CH₄ en biometano: > 97%

Experiencias / Referencias:
tecnología bien probado

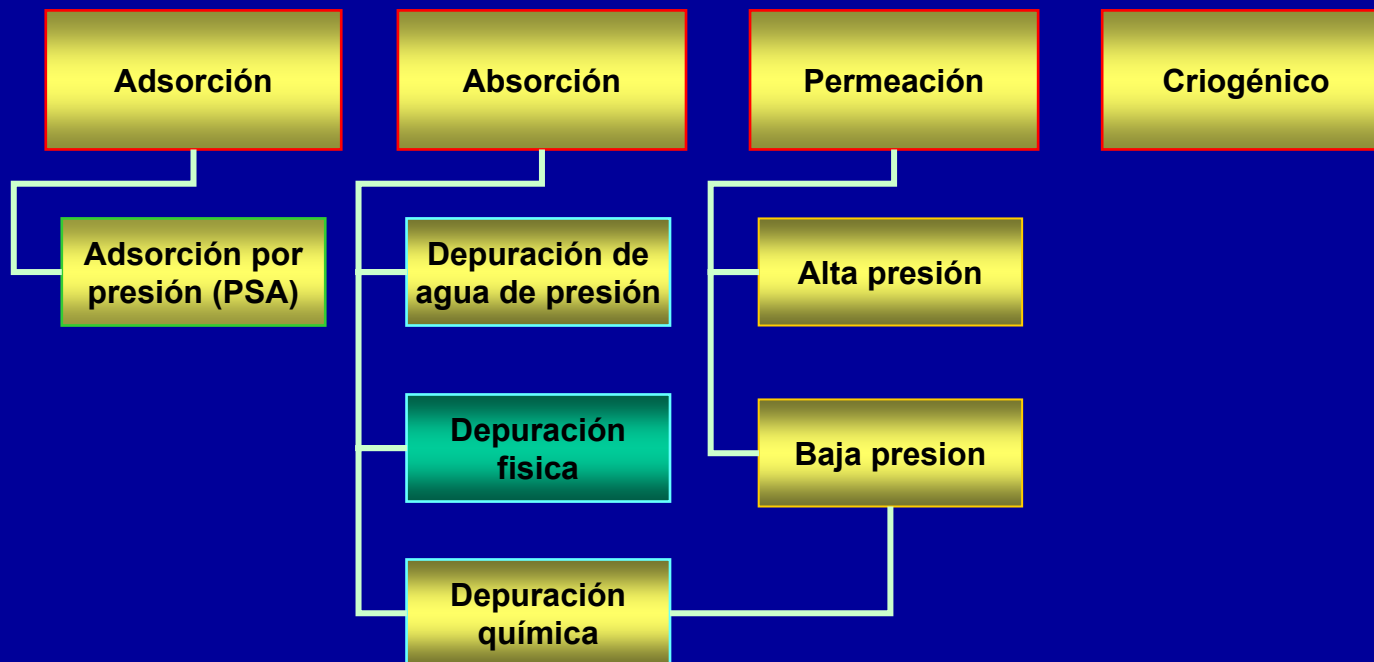
Productores:

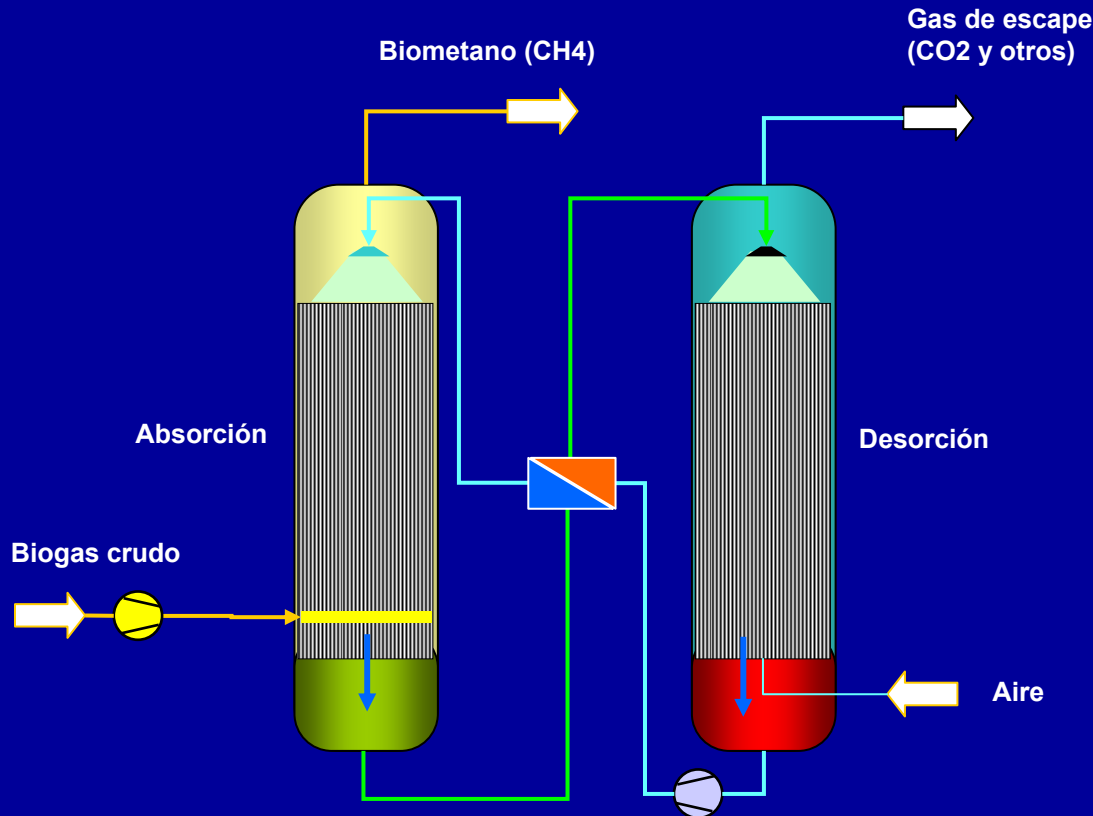
Malmberg Water, S

Flotech, S, NZ, E



Tecnologías diferentes





Etapas de la tecnología:

- Comprimir
- Enfriar de 10 – 20 °C
- Absorción de CO_2 , H_2 y H_2O en un líquido
- Efluente de biometano en la cabeza de la columna
- Desorción de líquido en la columna, regeneración completa (en contraflujo de agua)
- Tratamiento de gas de escape (p.e. carbon activado)
- Quema final por minimizar las pérdidas de metano

Datos principales:

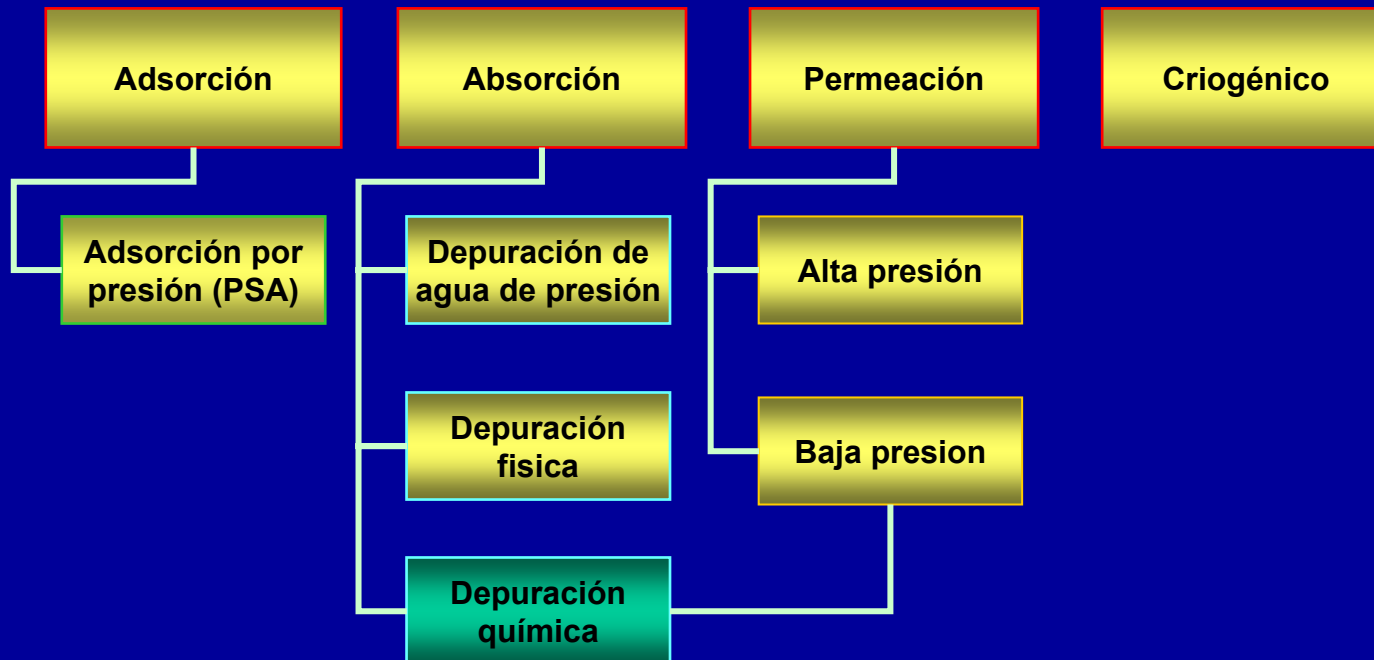
Presión:	4 – 7 bar
Consumo electricidad:	0,24-0,33 kWh/m ³ *)
Consumo calor:	si, (5 – 80 °C)
Consumo agua:	si
Consumo quimicos:	si
Perdidas de metano:	2 – 5%
CH ₄ en biometano:	> 97%
Experiencias / Referencias:	poco

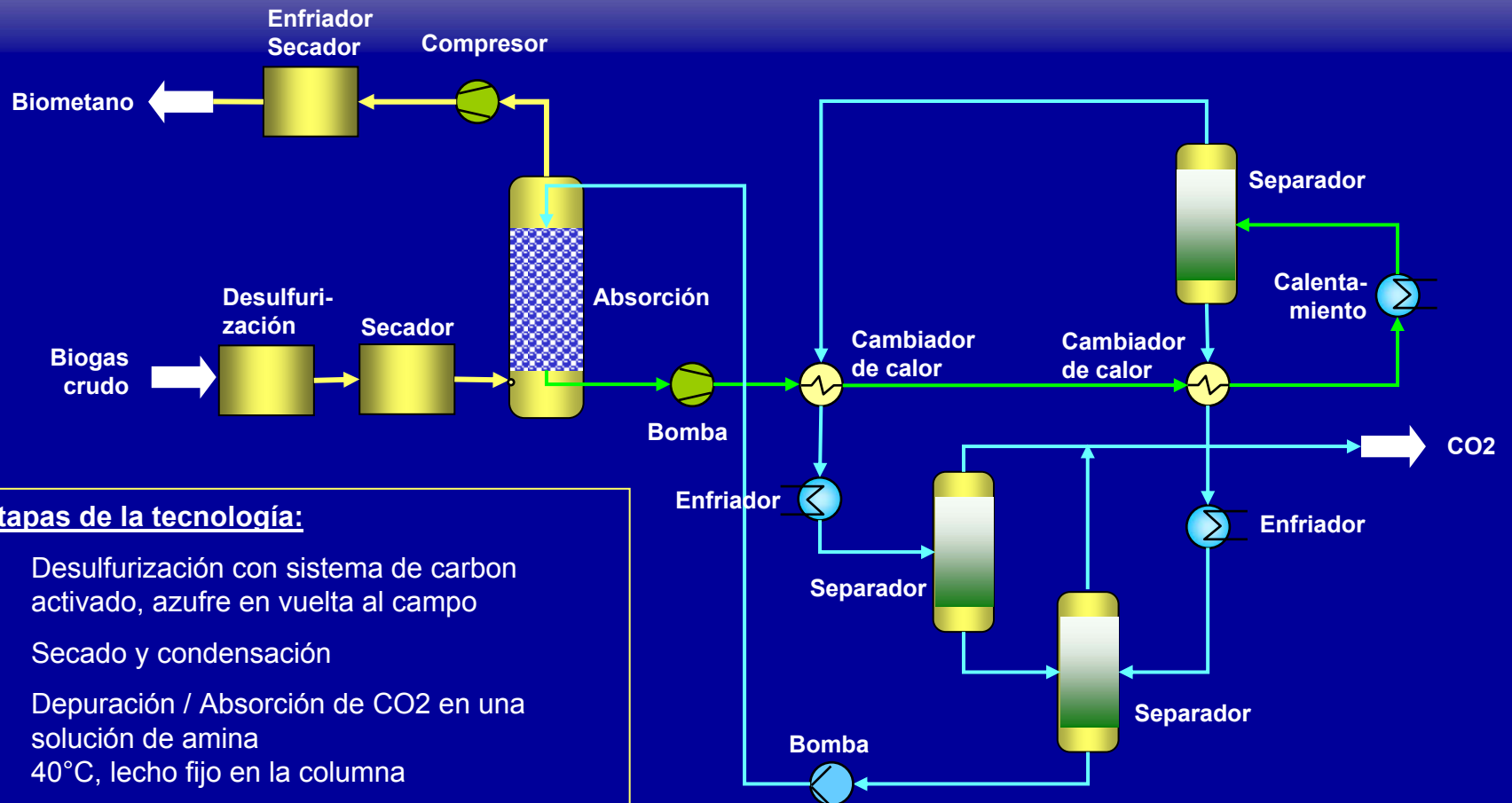
Productores:

Haase Energietechnik GmbH, D



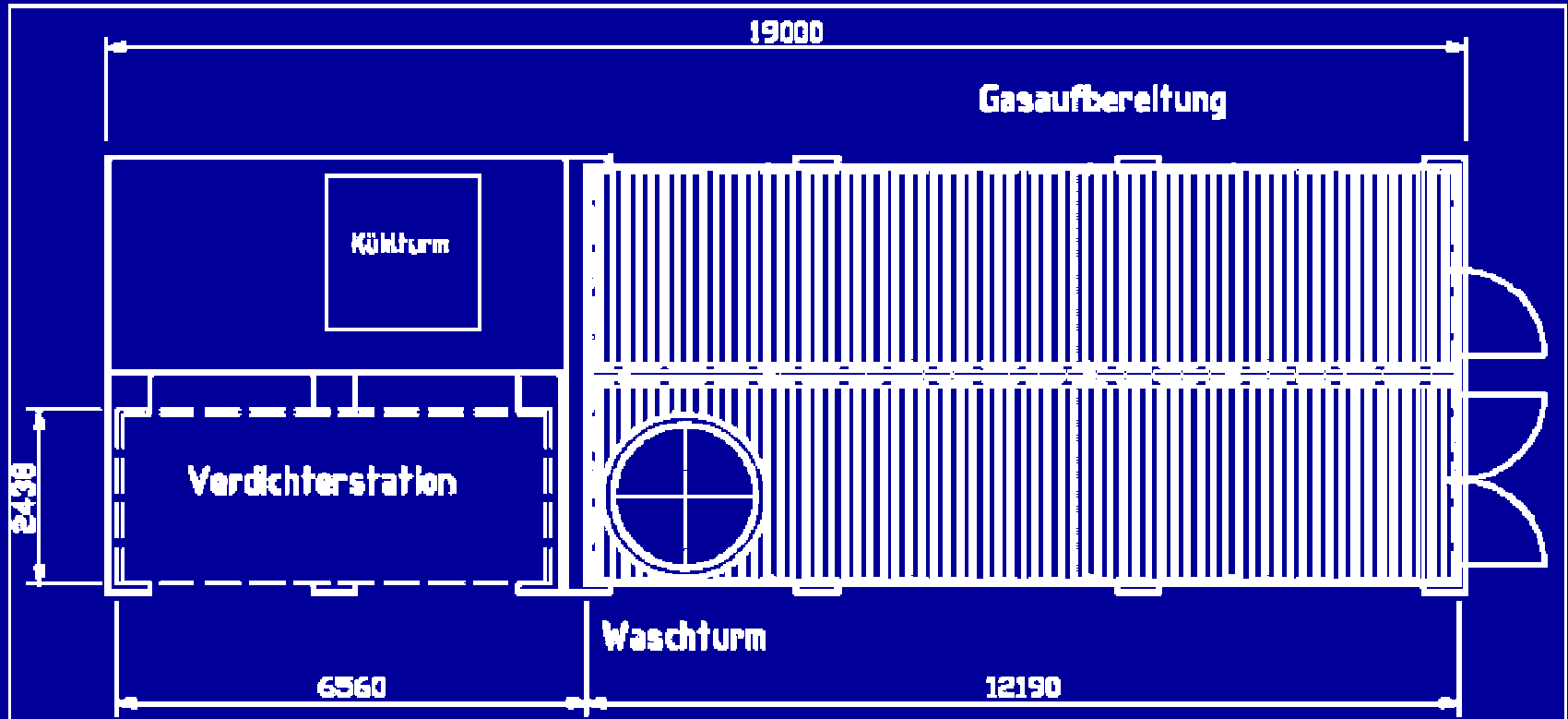
Tecnologías diferentes





Etapas de la tecnología:

- Desulfurización con sistema de carbon activado, azufre en vuelta al campo
- Secado y condensación
- Depuración / Absorción de CO₂ en una solución de amina
40°C, lecho fijo en la columna
- Salida de biometano en la cabeza de la columna, perdidas de metano < 0,1%
- Friación y secado de biometano
- Regeneración de solución saturada en diversas etapas para calentamiento (160°C)



Datos principales:

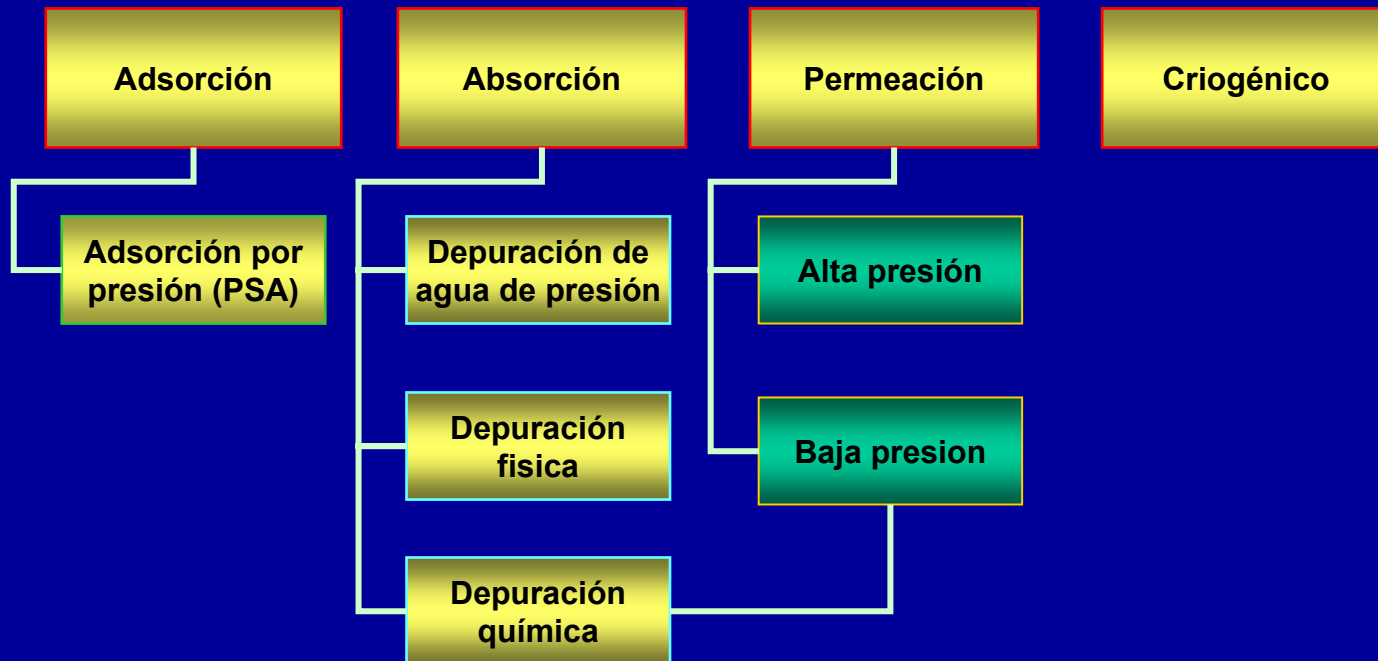
Presión:	sin presión
Consumo electricidad:	0,15 kWh/m ³ *)
Consumo calor:	si (160 °C)
Consumo agua:	no
Consumo quimicos:	si
Perdidas de metano:	< 0,1 %
CH ₄ en biometano:	> 99%
Experiencias / Referencias:	tecnología probado

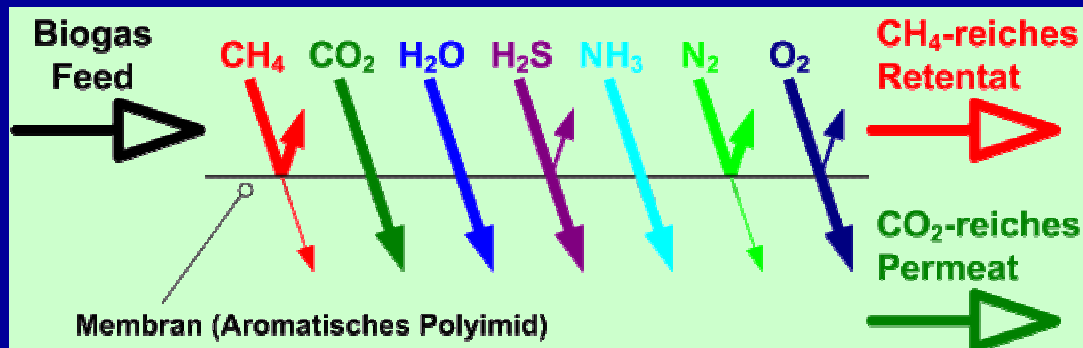
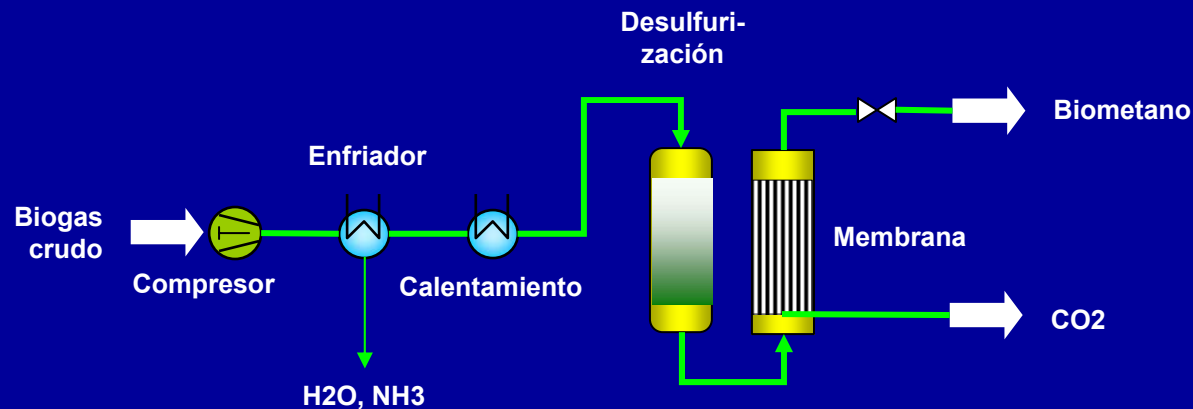
Productores:

CIRMAC International bv, NL
 MT-Biomethan GmbH, D
 DGE Wittenberg, D



Tecnologías diferentes





Etapas de tecnología de membrana:

- Desulfurización preliminar
- Compresión
- Enfriador y eliminación de H₂O
- Secador
- Desulfurización final
- Eliminación de H₂O y/o NH₃
- Filtro

➡ Productos CO₂ y Biometano

Datos principales: (piloto)

Presión: 25 - 40 bar

Consumo electricidad: 0,50 kWh/m³ *)

Consumo calor: no

Consumo agua: no

Perdidas de metano: 2 – 5%

CH₄ en biometano: > 90%

Experiencias / Referencias:
estadio piloto

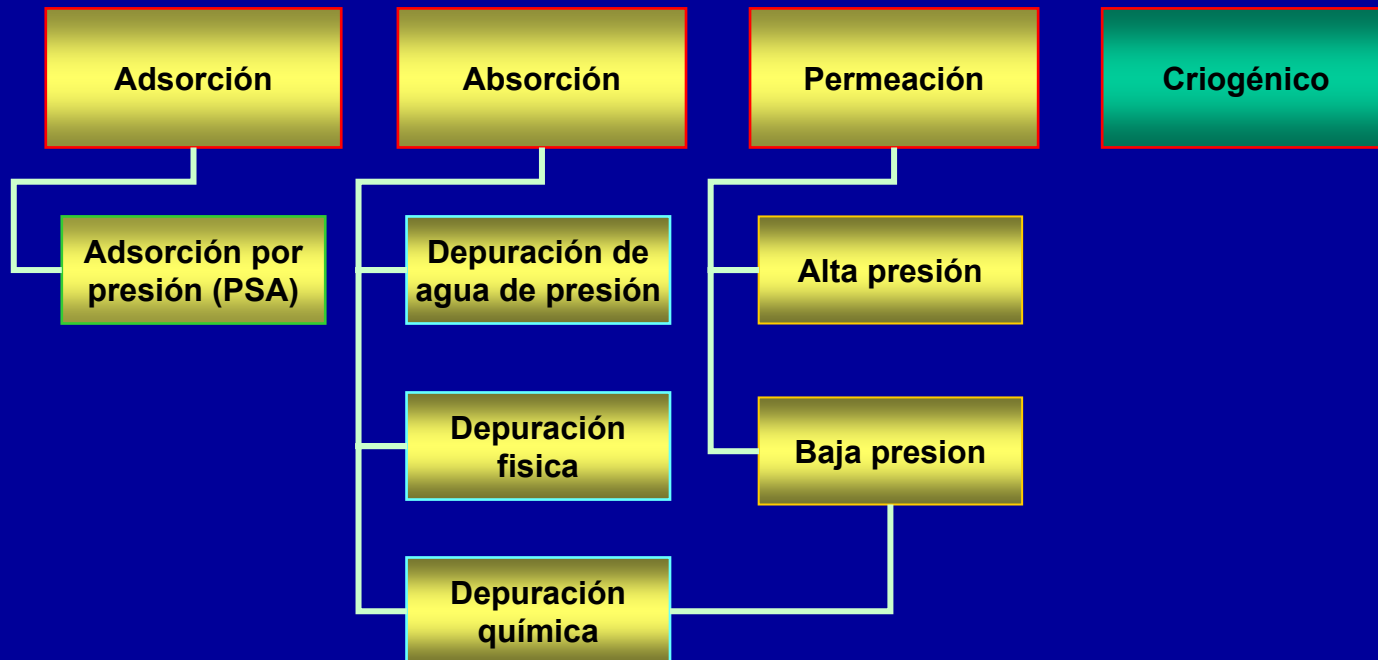
Productores:

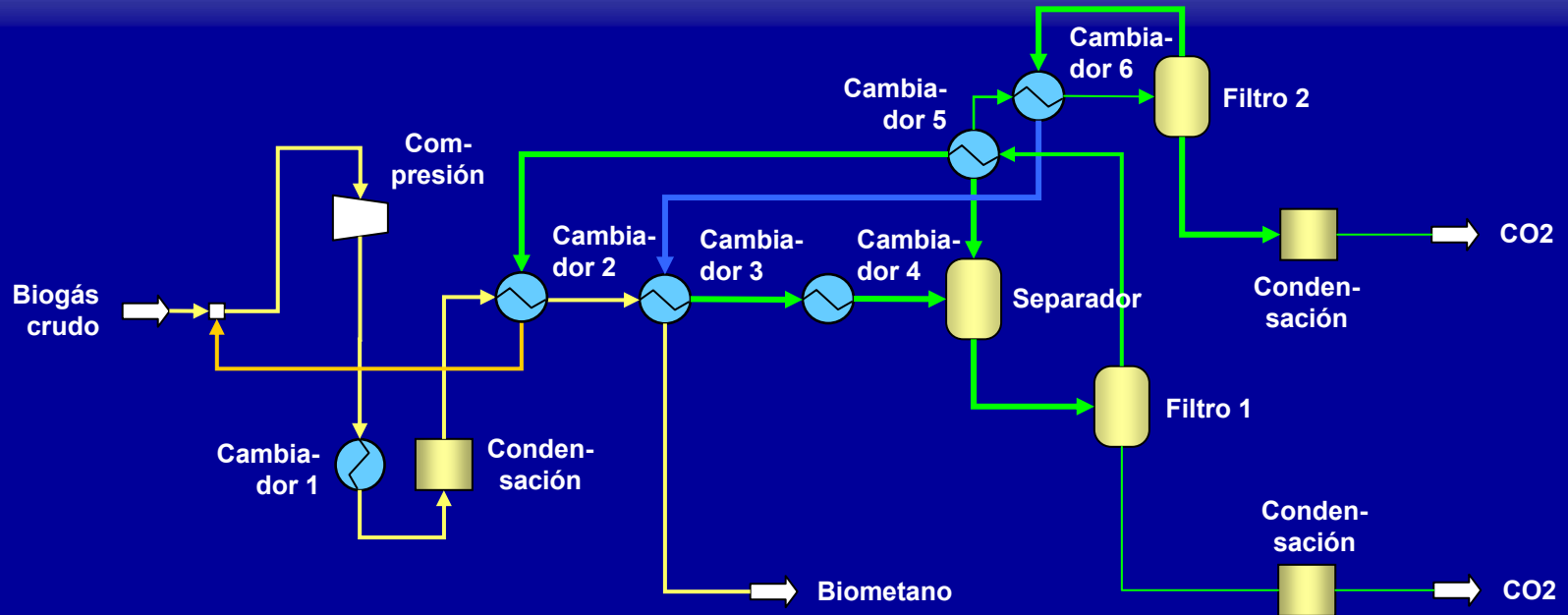
CIRMAC, NL

Proyectos pilotos, A



Tecnologías diferentes





Etapas de tecnología:

Desulfutización, secado

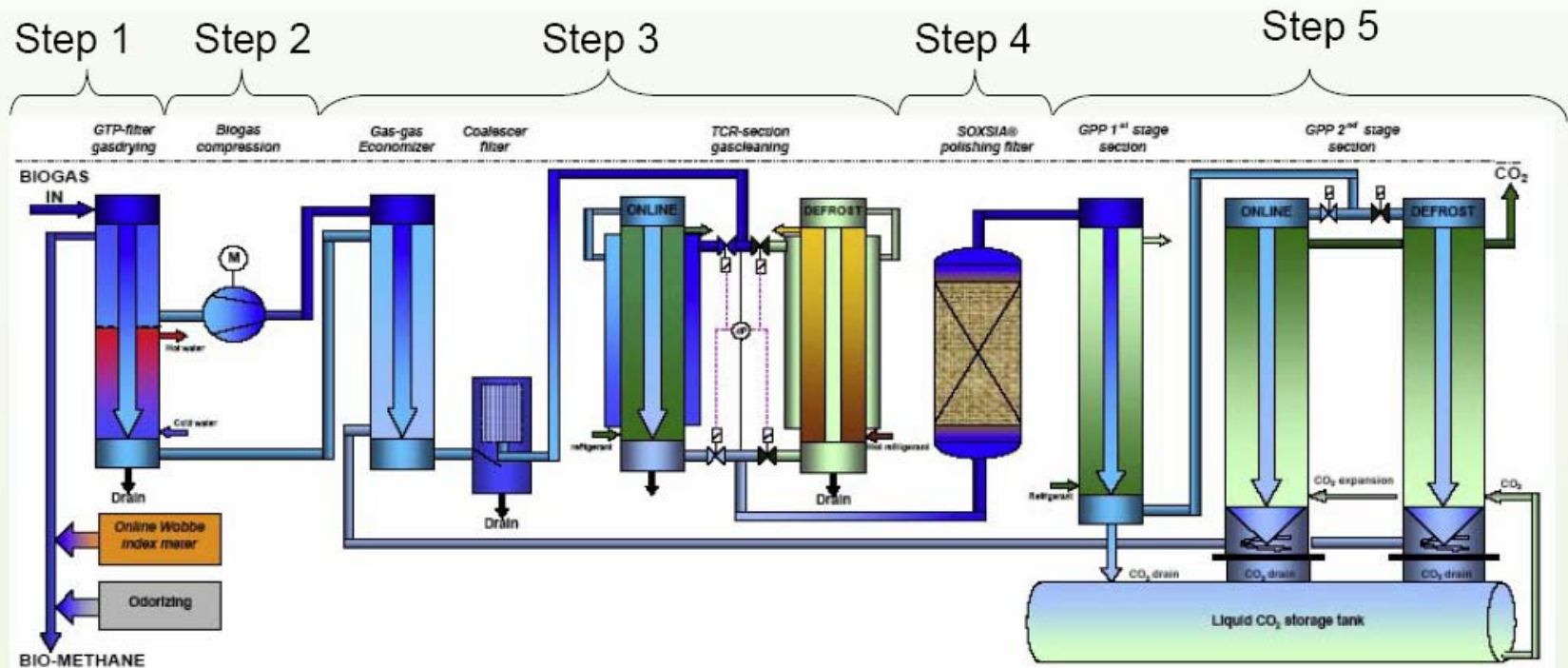
compresión hasta 65 - 80 bar, condensación, enfriamiento, purificación, recalentamiento

Separación CH₄-CO₂

Metano -151 °C 2 bar; CO₂ 12 °C 26 bar

Almacenamiento de CH₄:

- CH₄ como LPG (relación volumen gas líquido:gas gaseosos = 1:580)



Ejemplo gts bv: 1: secado, separación de H₂S y siloxano; 2:compresión hasta 25 bar; 3:fricación hasta -25 °C; 4: filtración de Siloxanos y H₂S; 5:liquidificación de CO₂ en dos etapas, fricación hasta 50-59 °C

Datos principales:

Presión:	25-80 bar
Consumo electricidad:	0,18 – 0,25kWh/m ³
Consumo calor:	no
Consumo agua:	si
Perdidas de metano:	< 0,5%
CH ₄ en biometano:	> 99%
Experiencias / Referencias:	fase de plantas pilotos

Productores:

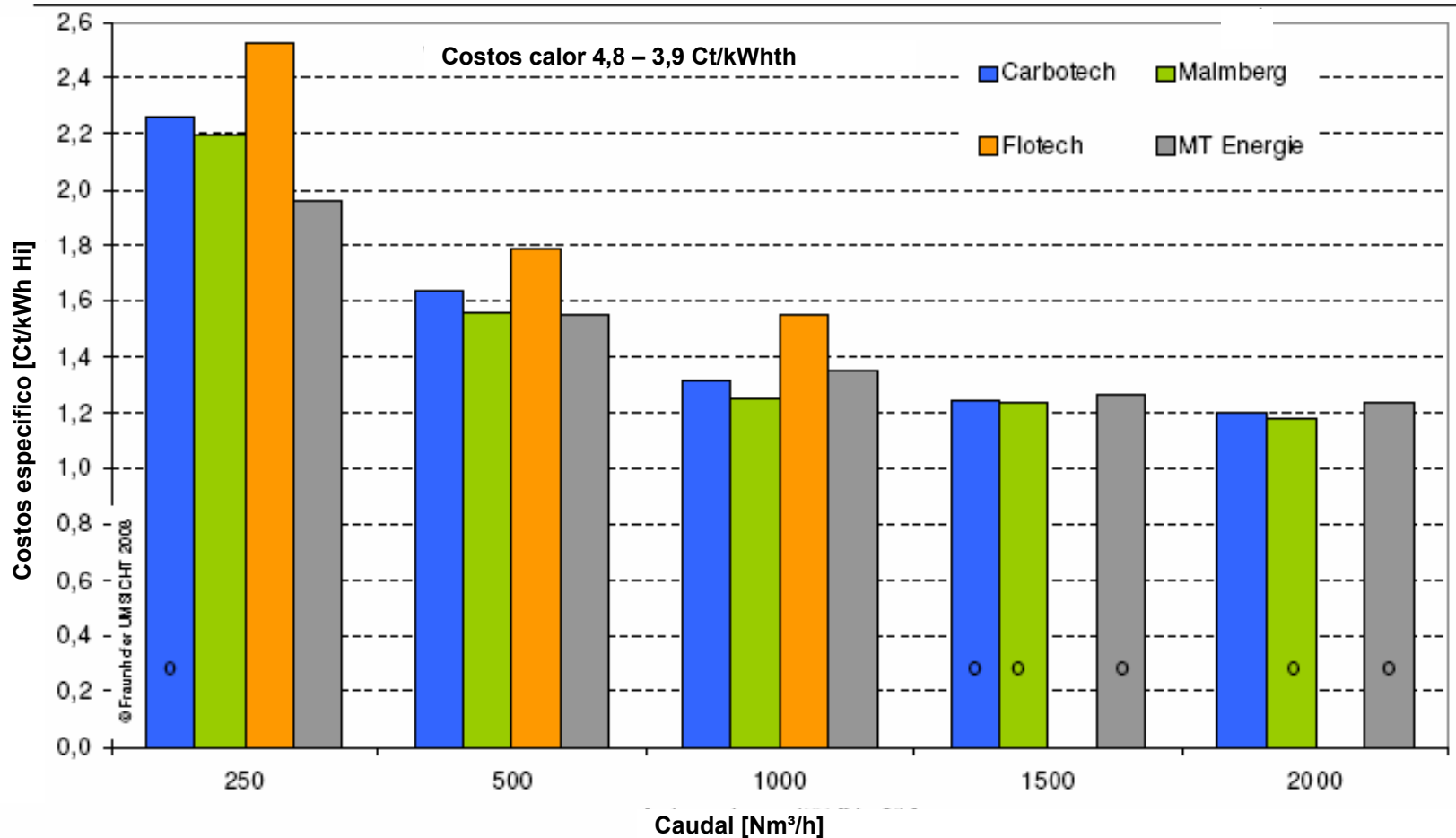
GTS bv, NL
R&D proyectos

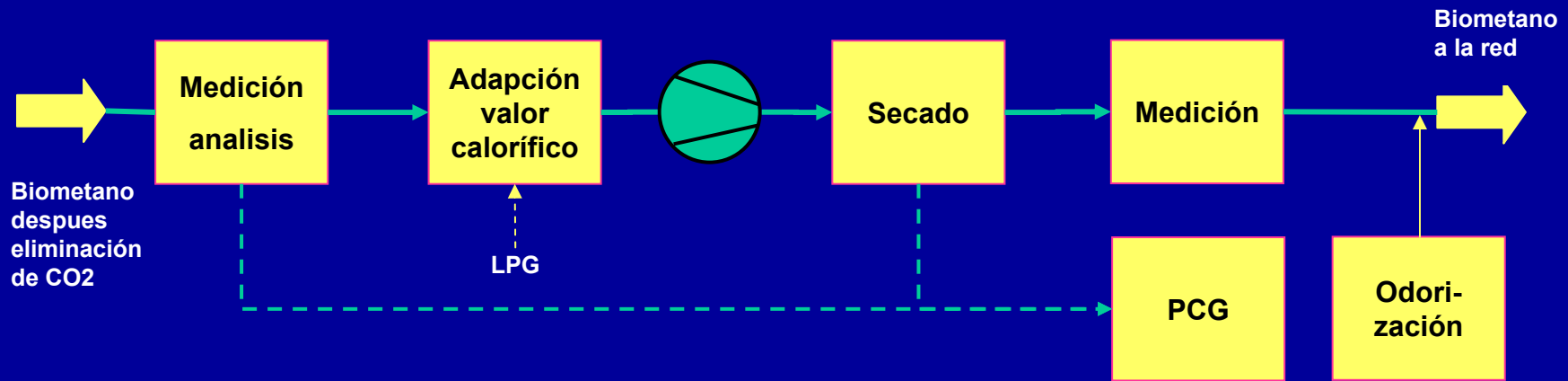


Criterio \ Sistema	Adsorción por presión (PSA)	Depuración de agua de presión	Depuración físico	Depuración químico
Pre-purificación (H ₂ S, H ₂ O)	Si	No	No	Si
Regulación de proceso	± 10%	50 – 100%	50 – 100%	50 – 100%
Perdidas de metano	1 – 10%	1 – 2%	2 – 4%	< 0,1%
Qualidad de producto	> 96%	> 97%	> 96%	> 99%
Presión de proceso	4 – 7 bar	4 – 7 bar	4 – 7 bar	Sin presión
Consumo de electricidad	0,25	< 0,25	0,24 – 0,33	0,15
Demanda calor	No	No	5 – 80 °C	160 °C
Quimicos	No	No	Si	Si
Referencias	> 20	> 25	2	4

Perdidas de metano dependiente de productor y la situación local

Costos de purificación y eliminación de CO₂ en relación de caudal





Etapas de tratamiento final:

- medición y analisis
- Calibración, adición de LPG (opcional)
- Compresión (dos compresores redundantes)
- Secador
- Medición con Cromatógrafo
- Odorización

Valores mas importantes de medición:

- Caudal
- Valor calorifico
- Densidad
- Índice Wobbe
- Valor metano
- Substancias adicionales

Formula indice Wobbe W_s

$$W_s = \frac{H_s}{\sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}}$$

Formula indice Wobbe W_i

$$W_i = \frac{H_i}{\sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}}$$

Costos dependen de presión final

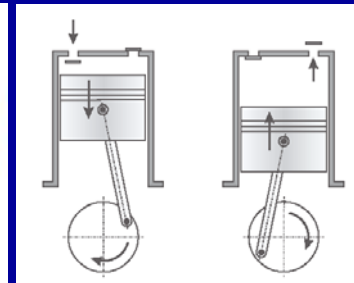
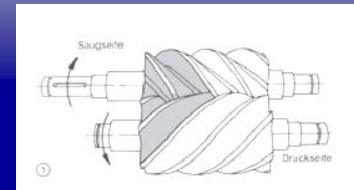
100 mbar >> 10 bar 200 m³/h ca. 30.000 Euro

100 mbar >> 70 bar 200 m³/h ca. 75.000 Euro

Costos de operación

70 bar: ca. 3,4 €/Ct/m³ energía, 1,4 €/Ct mantenimiento

6 bar: ca. 2,0 €/Ct/m³ energía, 0,9 €/Ct mantenimiento



Costos de inversión:

- ▶ 10.000 Euro (100m³ /h)
- ▶ 30.000 Euro (1000 m³/h).

Si inyecta biometano en un red de gas natural, la odorización esta obligatorio

Odorantes:

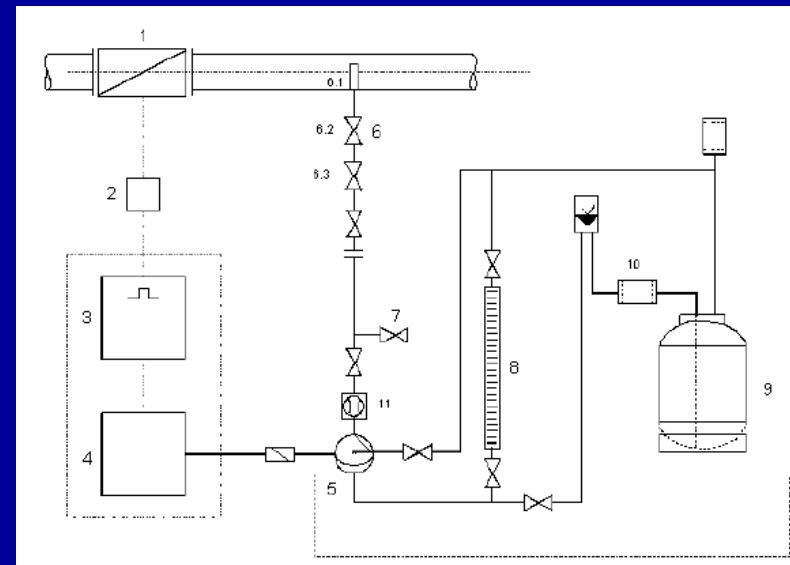
Mercaptanes o
THT (Tetrahydrothiophen C₄H₈S)



Odorización Bypass-
(fuente: www.heat.at)



Odorización - Inyección
(fuente: www.heat.at)



Costos totales – un ejemplo

Biogás crudo [m³/h]		250	500	1.000	1.500
Producción de biogás	[Ct/kWh Hi]	6,49	6,14	5,86	5,68
Eliminación de CO ₂	[Ct/kWh Hi]	2,26	1,64	1,31	1,24
Conexión a la red	[Ct/kWh Hi]	0,17	0,15	0,12	0,13
Costos cogeneración	[Ct/kWh Hi]	0,86	0,86	0,86	0,86
Costos total	[Ct/kWh Hi]	9,59	8,60	7,98	7,73

Ejemplo de una calculación: planta de biogás por plantas energéticas, sistema PSA, costos por substratos 35 Euro/t, Cogeneración 500 kWel, 5.250 h/a; electricidad 150 Euro/MWh

Analisis

- disponibilidad e biogás
- calidad de biogás
- caudal de biogás
- calidad de gas natural
- presión del red
- distancia de red
- disponibilidad de calor y/o electricidad



Dimensionamiento

- pre-tratamiento
- tecnología de eliminación de CO₂
- post-tratamiento
- costos de inversión
- costos de operación
- analisis de economía
- contratos



Realización



Decisión: SI / NO



Jameln - primera estación de biometano como carburante (CNG) en Alemania
(Fuente Haase)

Praxisbeispiele – Membran Beverwijk



- Containerisiert, Rohgas 160 Nm³/h Klärgas, Einspeisung 92 Nm³/h
- Kurze Fertigungs- und Inbetriebnahmezeit vor Ort
- Erste Tankstelle für Biomethan in die Niederlande!

Praxisbeispiele – VPSA Nuenen



Deponiegas: 1500 Nm³/h

Biomethan: 850 Nm³/h Einspeisung ins Gasnetz

In Betrieb seit 1990

Praxisbeispiele – Göteborg Schweden



Rohgas aus Klärgasanlage: 1600 Nm³/h

Biomethan: 1120 Nm³/h Einspeisung im Gasnetz

Schweden's größte Biogasaufbereitungsanlage !

31

Praxisbeispiele – Borås Schweden



**In Betrieb seit
2002**



Cirmac
International bv
Member of Roessor Group



Bild 8: Membranmodule, Feinentschwefelung (Eisenoxid-Adsorption), Container

Bruck a.d. Leitha, Austria: Tecnología de membrana, planta piloto

(fuente: tu Wien, www.membran.at)



Depuración de agua de presión

Kristianstad



Bio-Erdgasanlage „Pliening“



6. Hanauer Dialog "Biogasaufbereitung zu Biomethan"

Kassel, 21.02.2008

Bio-Erdgasanlage „Pliening“



6. Hanauer Dialog "Biogasaufbereitung zu Biomethan"

Kassel, 21.02.2008

Bio-Erdgasanlage „Pliening“



6. Hanauer Dialog "Biogasaufbereitung zu Biomethan"

Kassel, 21.02.2008

Bio-Erdgasanlage „Pliening“





MT-Energie, Alemania

Depuración química (Amin)

(fuente: MT-Biomethan.de)



¡ Muchas Gracias por la atención !

