

1ª Jornada Técnica en Depuración de Aguas Residuales. Digestión Anaerobia

*El biogás una ecológica y económica fuente de energía.
Necesidad de la limpieza para su uso y aplicación*

*Energy & Waste S.l
C/ Cardaire 31 1º 4º Terrassa-BCN
Telf .: +34 930019877
jreina@ewtech-ing.com*





**Energy & Waste
Engineering, S.L.**

*Energy & Waste
Industria del Medioambiente.
Aguas, Energía y Residuos*

Índice.

1.- Problemática.

2.- Tecnologías para la limpieza.

3.- Modelos tecnológicos limpieza del biogás.

○ *Caso práctico. Biolimp-MPdry*

4.- Tecnologías para el enriquecimiento del biogás.

○ *Tipos de tecnologías para la producción de biometano (GN).*

○ *Comparativa entre tecnologías*

5.- Caso práctico. Biolimp-Energy.

6.- Conclusiones.

7.- Invitación.

1.- Problemática.

Los continentes y países dependientes de las energías fósiles, como Europa, y dentro de esta España, mira cada vez más, y con mayor interés las energías renovables y apuesta por el desarrollo de las mismas como fuentes de su futuro desarrollo.

*El **biogás** procedente de diferentes orígenes, constituyen una valiosa materia para la producción de energía, productos químicos y biocombustibles.*

*La tendencia actual de países como, Alemania, Austria, Noruega y otros, en este tema, se dirigen hacia la producción del **biogás como sustituto del gas natural para ser inyectado a red o para uso en la automoción.***

Para su uso y aplicación se hace necesario eliminar de él todos los componentes perjudiciales. Por ello, las instalaciones de limpieza constituyen una parte fundamental en un sistema de producción y aprovechamiento del biogás.

2.- Tecnologías para la limpieza.

Conceptos básicos.

Biogás.

- *Proceso. Es el gas procedente del proceso de digestión anaerobia de la fracción orgánica de la materia. Se caracteriza por su contenido en metano (CH_4) que es quien da su característica como biocombustible.*
- *Técnico. Es un gas multicomponente, tanto en su composición básica (CH_4 , CO_2 , H_2 , O_2 , N_2 , vapor de agua), como en sus componentes perjudiciales (NH_3 , siloxanos, hidrocarburos halogenados y pesados, H_2S , etc.).*

2.- Tecnologías para la limpieza.

➤ *Tipos de biogás (origen/procedencia).*

- ✓ ***Sistema naturales/no controlados.** Vertedero. (Siloxanos ↑, H_2S , Hidrocarburos halogenados ↑, etc). Es hacer arte con la ciencia.*
- ✓ ***Sistema controlados. Digestores.** Es pura técnica*
 - *Tratamiento de aguas residuales (EDAR). (Siloxanos, H_2S) ↑ y NH_3*
 - *Planta de biometanización. (H_2S , NH_3) ↑ residuos alimentarios, agrícola, FORSU.*

*Energy & Waste
Industria del Medioambiente.
Aguas, Energía y Residuos*

2.- Tecnologías para la limpieza.

➤ *Composición. Tipos de biogás (origen/procedencia).*

Tabla 1. | Table 1.

Gases	Residuos Agrícolas <i>Agricultural Waste</i>	Lodos de depuradora <i>WWTP Sludge</i>	Residuos Industriales <i>Industrial Waste</i>	Vertederos, RSU <i>MSW Landfills</i>	Efecto <i>Effect</i>
	(%)	(%)	(%)	(%)	
Metano / <i>Methane</i>	50-80	50-80	50-70	45-65	Combustible
CO ₂	30-50	20-50	30-50	34-55	Inerte <i>Inert</i>
Vap H ₂ O	Saturación <i>Saturation</i>	Saturación <i>Saturation</i>	Saturación <i>Saturation</i>	Saturación <i>Saturation</i>	Perjudicial <i>Harmful</i>
H ₂	0-2	0-5	0-2	0-1	Combustible
H ₂ S	100-7000 ppm	0-1	0-8	0,5-3000 ppm	Corrosivo <i>Corrosive</i>
NH ₃	50-100 mg/m ³	Trazas <i>Traces</i>	Trazas <i>Traces</i>	Trazas <i>Traces</i>	Corrosivo <i>Corrosive</i>
CO	0-1	0-1	0-1	Trazas <i>Traces</i>	Combustible
N ₂	0-1	0-3	0-1	0-20	Inerte <i>Inert</i>
O ₂	0-1	0-1	0-1	0-5	Corrosivo <i>Corrosive</i>
Siloxanos <i>Siloxanes</i>	NR	0-100 mg/m ³	NR	0-50 mg/m ³	Abrasivo <i>Abrasive</i>
HCH	NR	Trazas <i>Traces</i>	NR	10-4000 mg/m ³	Perjudicial <i>Harmful</i>

NR. No reportados | *NR. Not Reported.*

HCH. Hidrocarburos pesados y halogenados (Cl,F,Br) | *HHC. Heavy hydrocarbons and halogenated compounds (Cl,F,Br)*

2.- Tecnologías para la limpieza.

- ***Acondicionamiento.*** *Es dar al biogás el grado de limpieza, humedad, temperatura y presión requerida para su futura aplicación o uso*
- ***Limpieza.*** *Eliminación parcial o total de los componentes indeseables para su aplicación como biocombustible.*
- ***Enriquecimiento.*** *Elevar el porcentaje en CH₄ hasta valores similares al del GN (PCI elevado y constante).*

2.- Tecnologías para la limpieza.

¿ Qué componentes se deben reducir/eliminar y por qué ?

- ✓ ***Vapor de agua.*** *El vapor de agua disminuye drásticamente el PCI del biogas, así como, facilita la formación de ácidos corrosivos .*
- ✓ ***Hidrocarburos .*** *Particularmente aquellos que poseen cloro y fluor favorecen la corrosión de las partes internas de las máquinas. Pesado formación de aldehídos y retardos motor*
- ✓ ***Sufuro de hidrógeno (H₂S) .*** *Prevenir la corrosión y evitar concentraciones tóxicas, así como, evitar la formación de óxidos de azufre (SO₂) que posibilita la formación del ácido sulfuroso (H₂SO₃) que es altamente corrosivo .*
- ✓ ***Siloxanos.*** *Evitar la deposición de sílice en las diferentes partes internas del motor.*

Energy & Waste
Industria del Medioambiente.
Aguas, Energía y Residuos

2.- Tecnologías para la limpieza.

Necesidad de la limpieza

- ✓ *Un óptimo funcionamiento de las máquinas (motores, turbinas, calderas, pilas de combustible, vehículos, etc.) relacionadas con su aprovechamiento como combustible.*
- ✓ *Reducción del coste de mantenimiento (reparación y cambio de aceites) de las máquinas involucradas en este tipo de instalación.*
- ✓ *Una vida útil prolongada de las máquinas y equipos utilizados para su bombeo, extracción y compresión (soplantes y compresores).*
- ✓ *Una mejora en las emisiones de los gases de escape de las máquinas motoras.*
- ✓ *Evitar concentraciones tóxicas al ser humano.*

2.- Tecnologías para la limpieza.

Métodos de limpieza del biogás.

Específico.

- *Reducción de H₂S. Biofiltros , filtros de hierro, lavadores químicos*
- *Reducción de humedad. Enfriadores-condensadores*

Generales.

- *Carbón activo (siloxanos, hidrocarburos halogenados, H₂S , etc.)*
- *Combinación de métodos.*

2.- Tecnologías para la limpieza.

✓ Técnicas de eliminación.

Vapor de agua (H₂O).

➤ Método de condensación.

- Separador de gotas.*
- Hidrociclones.*
- Trampas de vapor.*
- Sellos de aguas.*

➤ Método de secado.

- Enfriamiento. < HA*
- Adsorción en silicagel.*
- Glicol.*
- Calentamiento. < HR*

2.- Tecnologías para la limpieza.

✓ Técnicas de eliminación.

Sulfuro de hidrógeno (H₂S).

➤ Método en origen .

- Dosificación de cloruro del hierro.*
- Inyección de aire.*

➤ Método en línea.

- Oxido de hierro en solución, pelet de madera impregnado en oxido de hierro, pelet de óxido de hierro.*
- Carbón activado impregnado (NaOH), carbón activado catalítico.*
- Lavado . Agua a presión, Selexol, NaOH.*
- Biolavado (bioscrubber) .*

2.- Tecnologías para la limpieza.

✓ Técnicas de eliminación.

Siloxanos ($C_xH_yO_zSi_n$).

- ✓ Refrigeración hasta 4 °C*
- ✓ Subenfriamiento hasta -25 °C*
- ✓ Adsorción en carbón activo.*
- ✓ Adsorción en silicagel*
- ✓ Lavado con hidrocarburos.*
- ✓ Combinación de técnicas.*

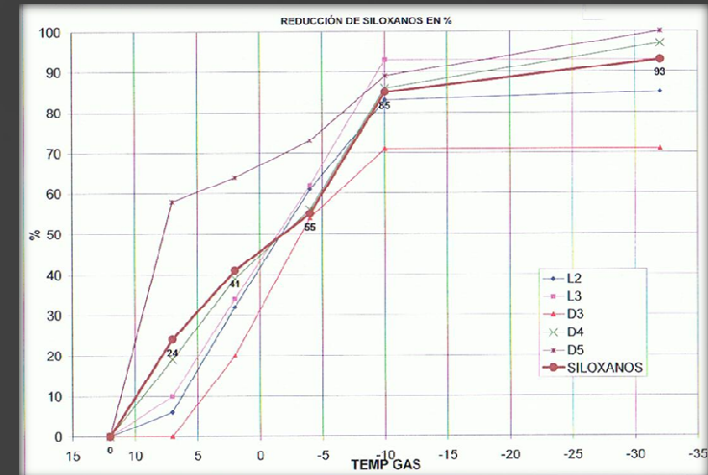


Figura. Efecto de la temperatura vs reducción de siloxanos.

2.- Tecnologías para la limpieza.

Partes componentes de una instalación de biogás en EDAR.

- ***Producción del biogás. Digestor.*** *Existe una amplia gama en dependencia del tipo de materia a tratar (líquidos/sólidos), temperatura, humedad de trabajo y sistema de agitación.*
- ***Planta de captación y limpieza.***
 - ✓ *Tuberías, accesorios y equipos (pote de condensados, separadores de espumas, filtros de partículas, filtros de grava).*
 - ✓ *Soplante. Centrifugas, canal lateral y rotativas. Auxiliares. Apagallamas y juntas de expansión.*
 - ✓ *Antorcha y gasómetros*
- ***Sistema de producción de energía.*** *Calderas, motores, pila de combustible y turbinas*

2.- Tecnologías para la limpieza.

Partes componentes básicas de una instalación de limpieza

- *Deshumidificación/secado del biogás. Eliminación de humedad*
- *Equipos separadores de humedad , intercambiadores de calor y máquina de refrigeración.*
- *Sistema de limpieza. Filtro de carbón activo, membranas y lavadores*
Eliminación de componentes indeseable (H₂S, Siloxanos, Hidrocarburos, etc.)

3.- Modelos tecnológicos en EDAR.



Conceptos.

Tecnología. Conjunto de equipos, máquinas, operaciones y condiciones de operación que son necesarias para la transformación de una materia en un producto deseado o para dar la calidad necesaria a un producto para su utilización.

Modelo. Disposición interna de equipos y máquinas dentro de una tecnología o ubicación de la tecnología respecto a un punto de referencia.

Energy & Waste
Industria del Medioambiente.
Aguas, Energía y Residuos

3.- Modelos tecnológicos en línea de baja presión. $\Delta P \leq 100$ mbar.

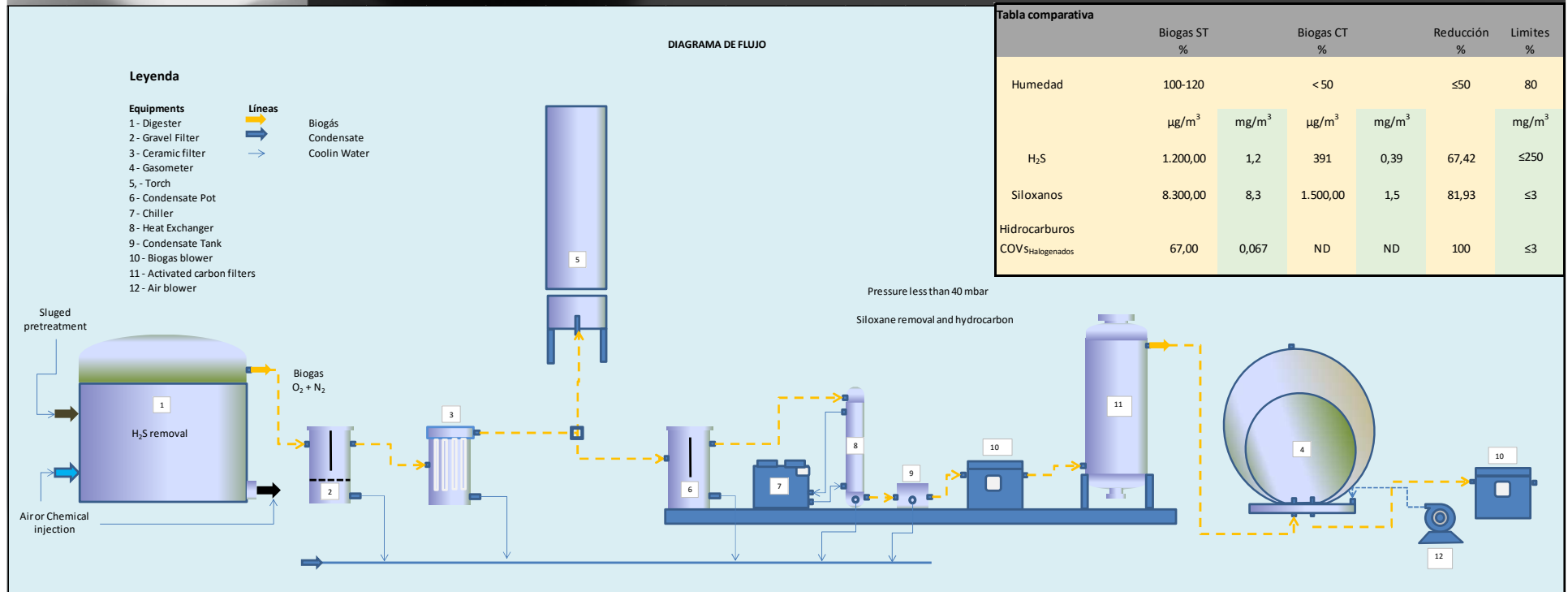


Tabla comparativa

	Biogas ST		Biogas CT		Reducción	Limites
	%		%		%	%
Humedad	100-120		< 50		≤50	80
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	mg/m^3	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	mg/m^3		mg/m^3
H ₂ S	1.200,00	1,2	391	0,39	67,42	≤250
Siloxanos	8.300,00	8,3	1.500,00	1,5	81,93	≤3
Hidrocarburos						
COV ₅ halogenados	67,00	0,067	ND	ND	100	≤3

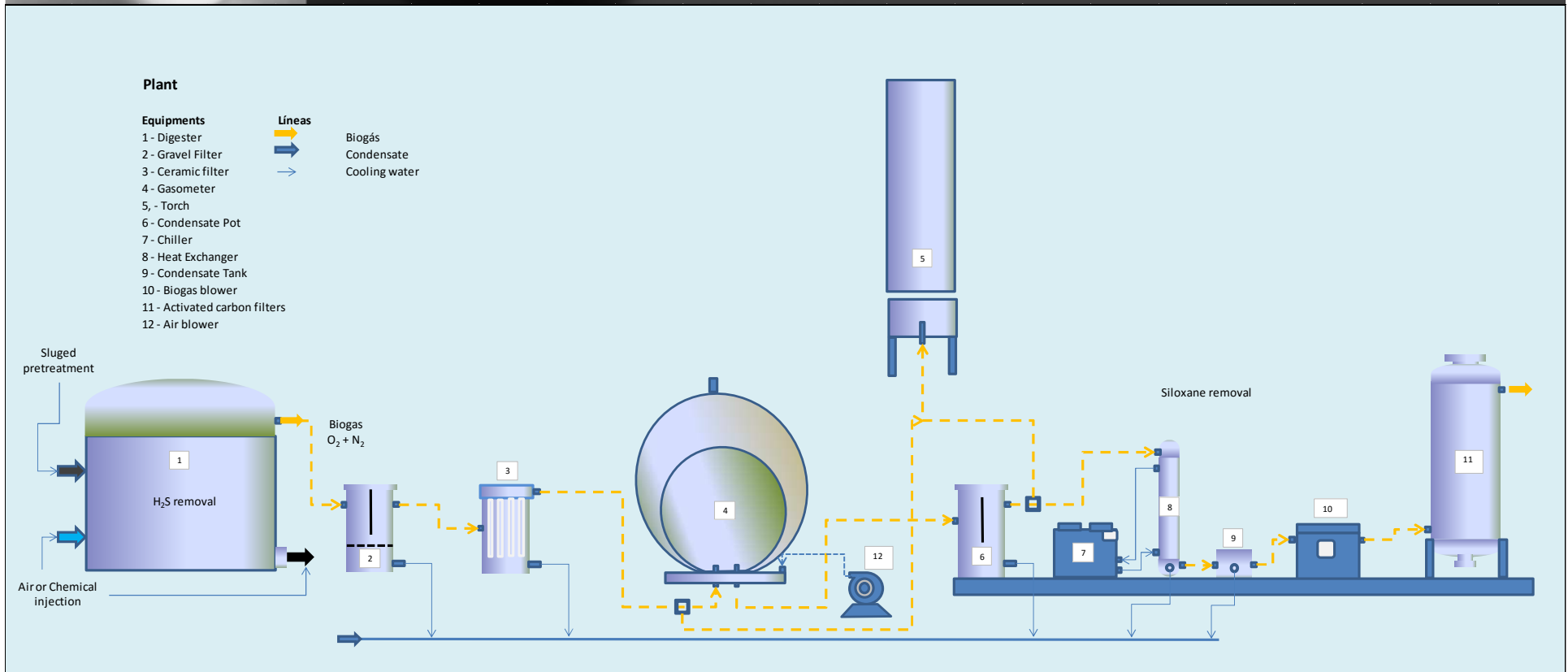
*Energy & Waste
Industria del Medioambiente.
Aguas, Energía y Residuos*

*3.- Modelos tecnológicos en baja presión. Caso práctico
EDAR Los Tajos-San José de Costa Rica-Acciona Agua*



Energy & Waste
Industria del Medioambiente.
Aguas, Energía y Residuos

3.- Modelos tecnológicos en línea de alta presión $\Delta P > 100$ mbar.



*Energy & Waste
Industria del Medioambiente.
Aguas, Energía y Residuos*




*3.- Modelos tecnológicos en línea de alta presión.
EDAR Alcalá Oeste-Madrid- Acciona agua*

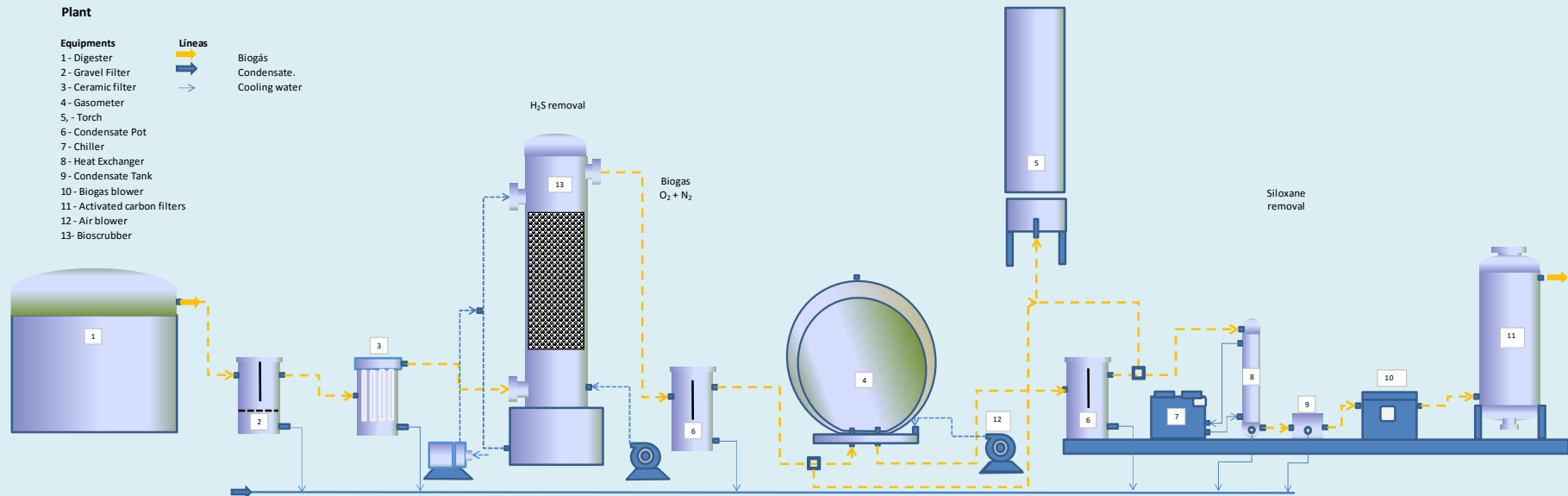


Energy & Waste
Industria del Medioambiente.
Aguas, Energía y Residuos

3.- Modelos tecnológicos combinado.

Plant

- Equipments**
- 1 - Digester
 - 2 - Gravel Filter
 - 3 - Ceramic filter
 - 4 - Gasometer
 - 5 - Torch
 - 6 - Condensate Pot
 - 7 - Chiller
 - 8 - Heat Exchanger
 - 9 - Condensate Tank
 - 10 - Biogas blower
 - 11 - Activated carbon filters
 - 12 - Air blower
 - 13 - Bioscrubber
- Líneas**
-  Biogás
 -  Condensate.
 -  Cooling water



*Energy & Waste
Industria del Medioambiente.
Aguas, Energía y Residuos*

Características de la planta Biolimp-MPdry

- 1. Plantas optimizadas en cuanto al consumo de energía y reactivo.*
- 2. Operación automática.*
- 3. Reduce simultáneamente tanto humedad , hidrocarburos halogenados y siloxanos, como parcialmente H_2S y NH_3 , según necesidades del cliente.*
- 4. Diseñadas para cada situación.*
- 5. Sistema compacto . Lo cual reduce espacio y facilita el mantenimiento.*
- 6. Reducción, tanto de la humedad relativa, como la humedad absoluta del biogás.*

4.- Tecnologías para el enriquecimiento (Biometano).

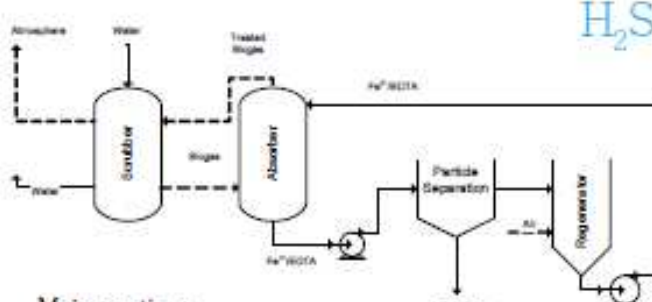
Actualmente existen cinco tecnologías que compiten en el mercado de producción de Biometano.

- 1. Absorción química. Reactivo selectivo*
- 2. Lavado con agua a alta presión.*
 - ✓ Con recirculación.*
 - ✓ Sin recirculación*
- 3. Técnicas de Adsorción.*
 - ✓ Presión oscilatoria (PSA)*
- 4. Separación criogénica.*
- 5. Separación por membranas.*

4.- Tecnologías para el enriquecimiento (Biometano).

4.1.- Absorción química. Reactivo selectivo. Alcanoaminas

Chemical absorption



H_2S

Main reaction:

$$H_2S + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow S + H_2O$$

Absorption and dissociation of H_2S :

$$H_2S(g) + H_2O \rightleftharpoons H_2S(aq)$$

$$H_2S(aq) \rightleftharpoons H^+ + HS^-$$

$$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$$

Formation of S:

$$S^{2-} + 2Fe^{3+} \rightleftharpoons S + 2Fe^{2+}$$

Regeneration of the iron-chelated solution:

$$\frac{1}{2}O_2(g) + H_2O(l) \rightarrow \frac{1}{2}O_2(aq)$$

$$\frac{1}{2}O_2(aq) + 2Fe^{2+} \rightarrow 2Fe^{3+} + 2OH^-$$

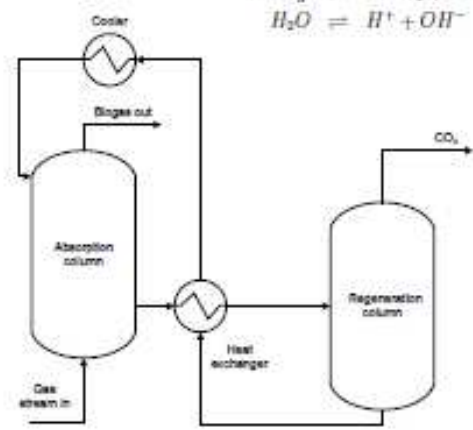
CO_2

CO_2 absorption using aqueous amino acid salt solutions:

$$2RNH_2 + CO_2 \rightleftharpoons RNHCOO^- + RNH_3^+$$

$$CO_2 + OH^- \rightleftharpoons HCO_3^-$$

$$RNH_3^+ \rightleftharpoons RNH_2 + H^+$$

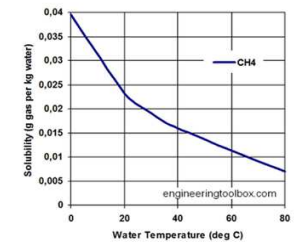
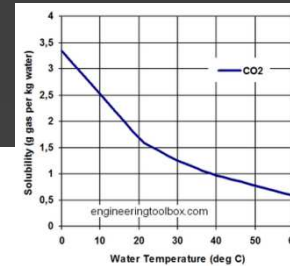
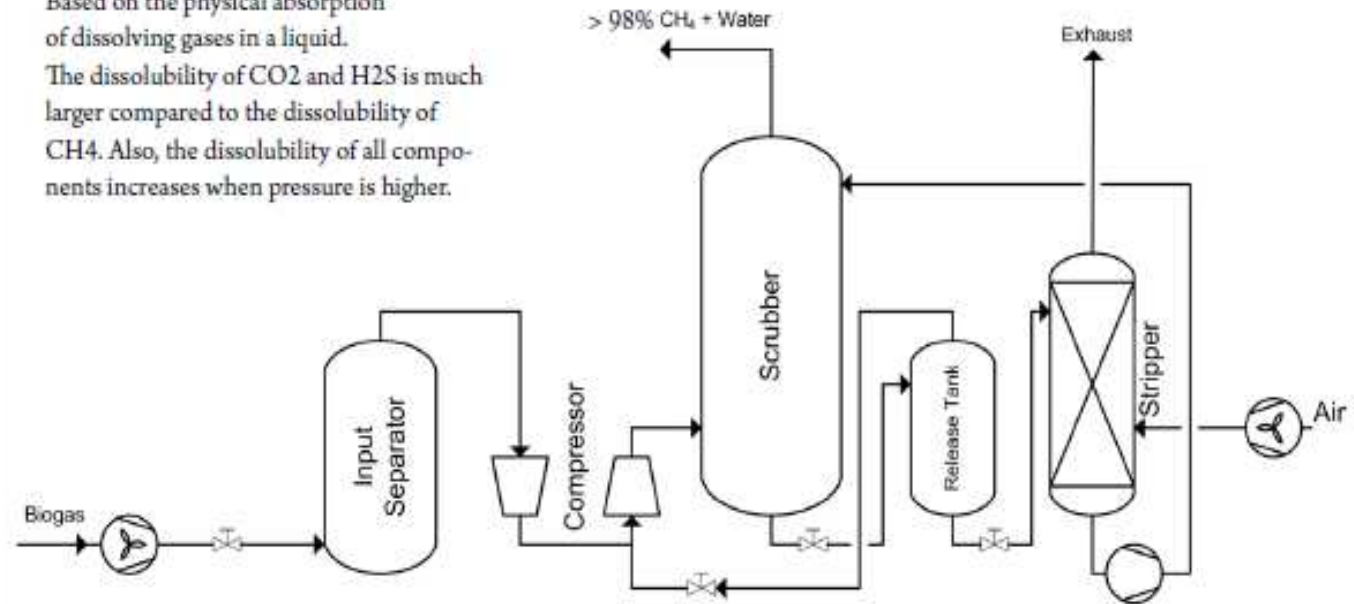
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$


4.- Tecnologías para el enriquecimiento (Biometano).

4.2.- Lavado con agua a alta presión.

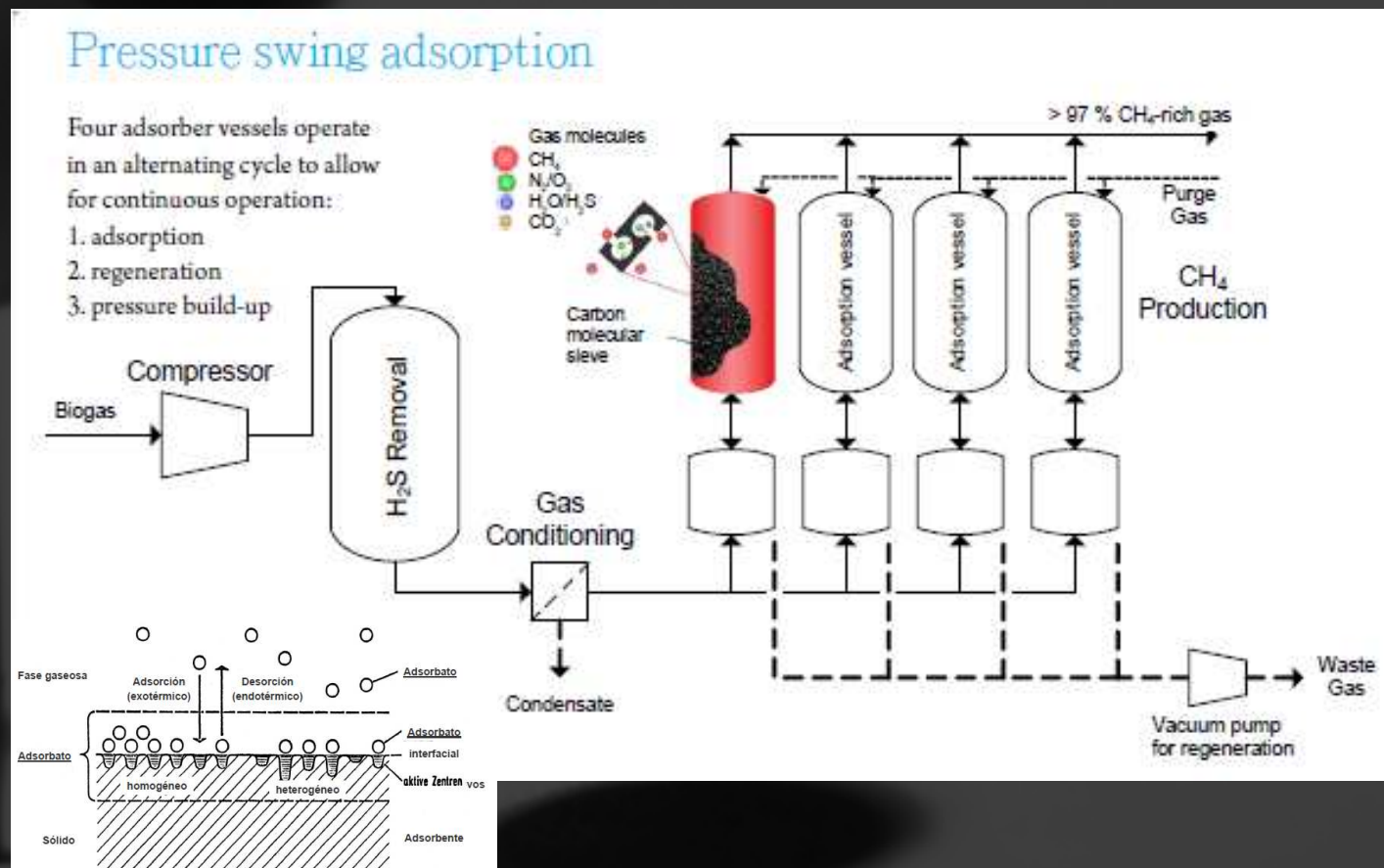
High pressure water scrubbing

Based on the physical absorption of dissolving gases in a liquid.
The dissolubility of CO₂ and H₂S is much larger compared to the dissolubility of CH₄. Also, the dissolubility of all components increases when pressure is higher.



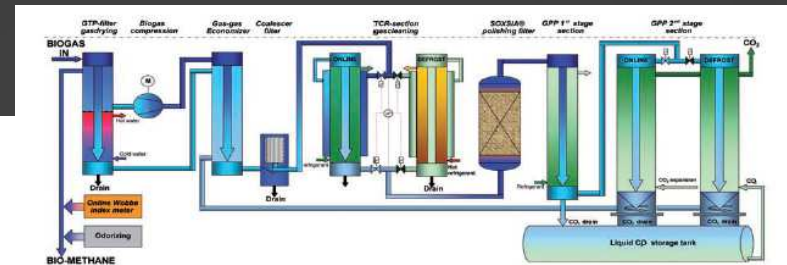
4.- Tecnologías para el enriquecimiento (Biometano).

4.3.- Adsorción por presión oscilatoria (PSA). Tamices moleculares.

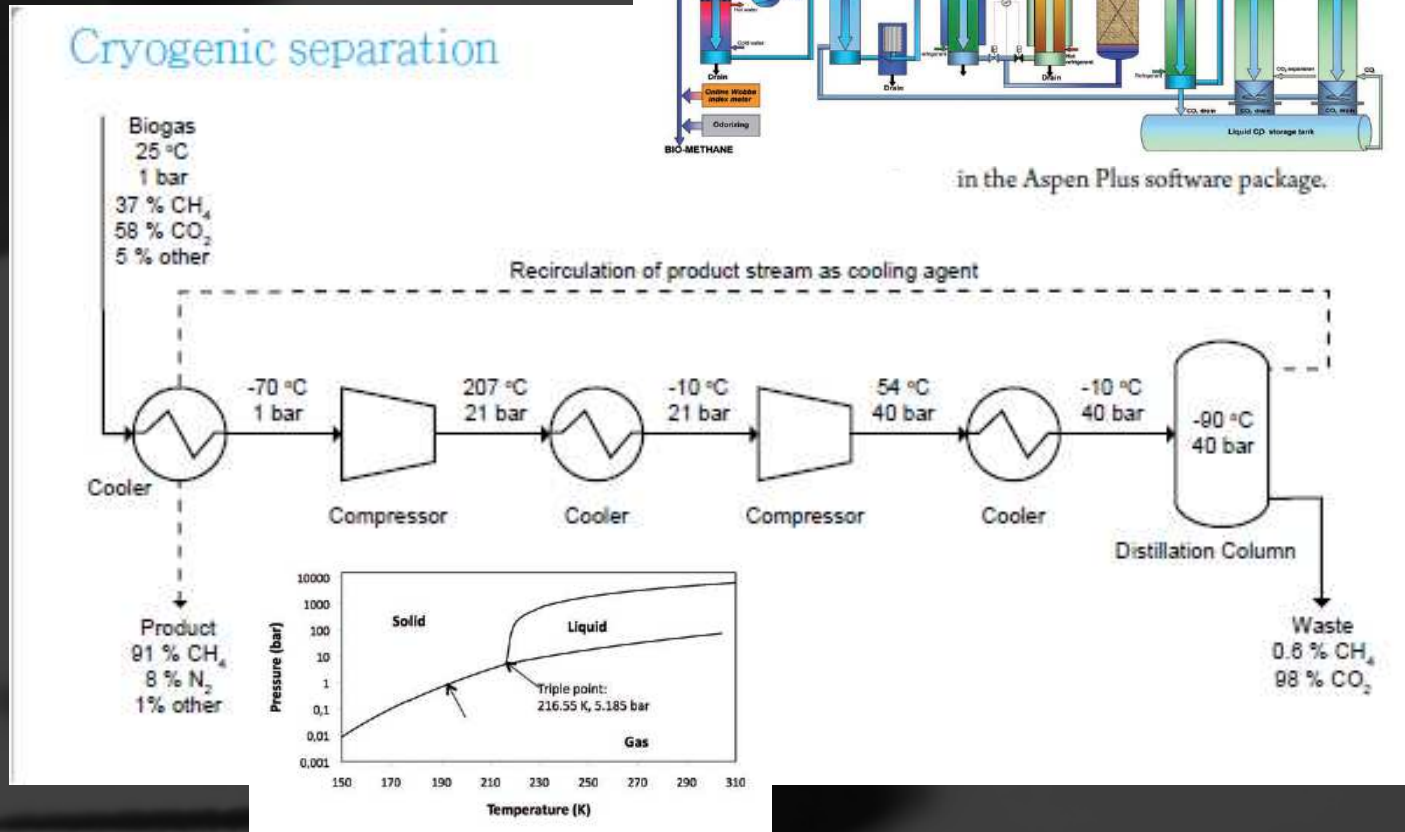


4.- Tecnologías para el enriquecimiento (Biometano).

4.4.- Separación criogénica.



in the Aspen Plus software package.



4.- Tecnologías para el enriquecimiento (Biometano).

4.5- Separación por membranas.

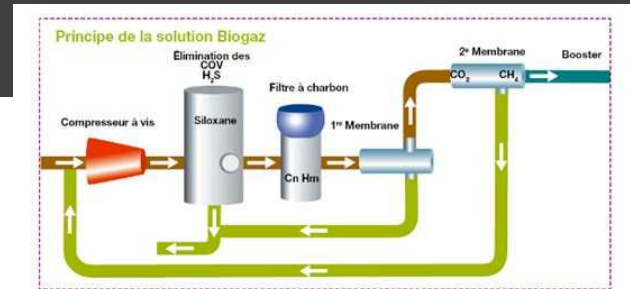
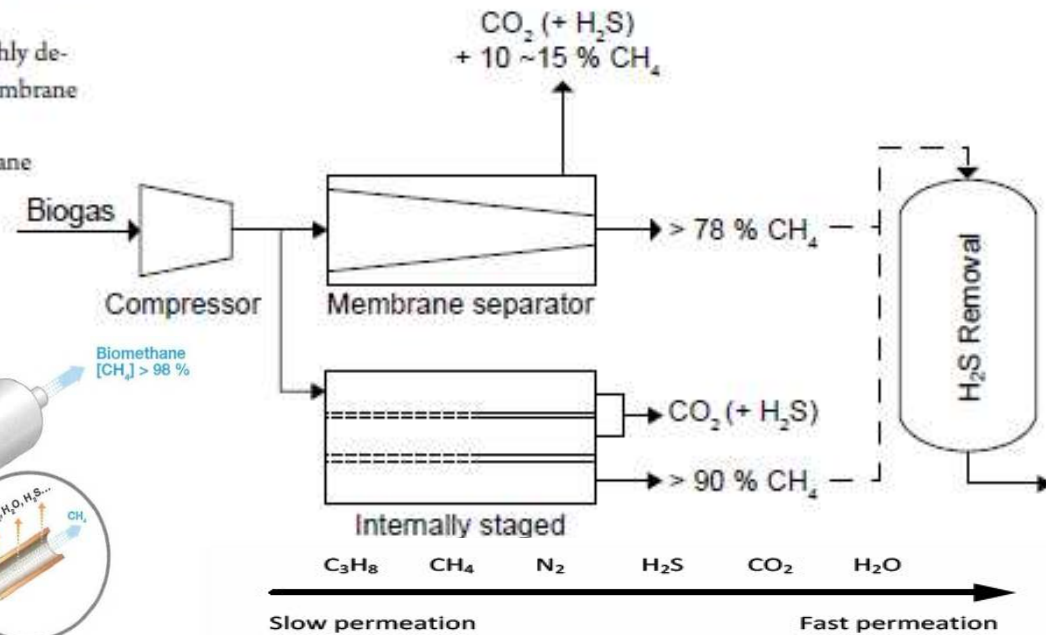
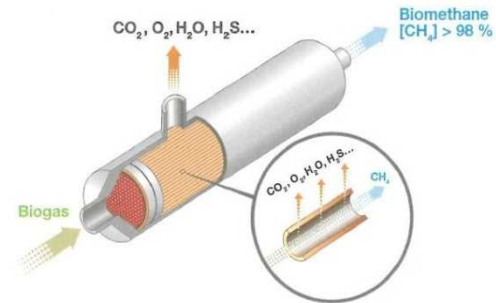
Membrane separation

H₂S removal:

- with separate removal step
- also possible with certain membranes

CH₄ purity and yield highly dependent on choice of membrane

Internally staged membrane increases purity



*Energy & Waste Tech.
Industria del Medioambiente.
Dpto. Biogás.*

4.- Tecnologías para el enriquecimiento (Biometano).

4.5.a- Separación por membranas.



Figura. Membranas de fibras huecas.

4.- Tecnologías para el enriquecimiento (Biometano).

4.5.b- Separación por membranas + Recuperación de CO₂

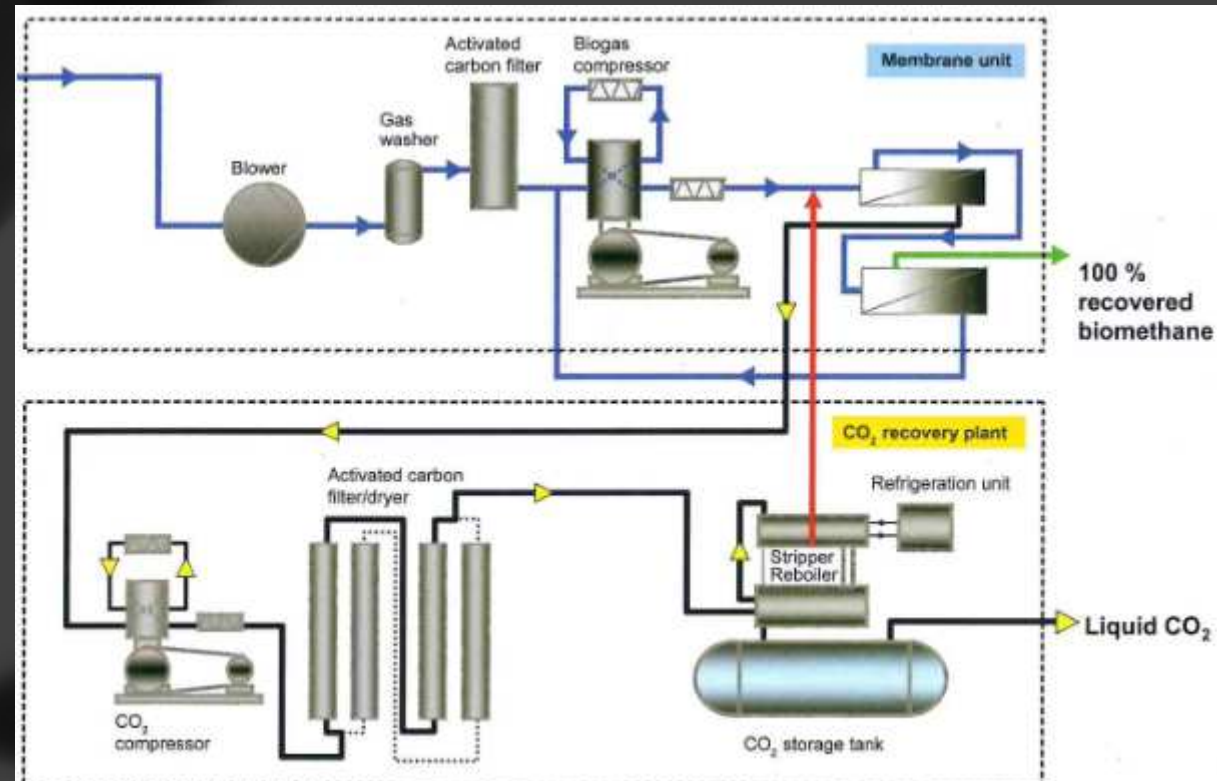


Figura. Proceso de producción de biometano + CO₂

*Energy & Waste Tech.
Industria del Medioambiente.
Dpto. Biogás.*

4.- Tecnologías para el enriquecimiento (Biometano).

4.6.- Comparativas. Rendimientos y requerimientos

Separation Technique	CH ₄ conc.	CH ₄ slip	H ₂ S separation	Process requirements
Chemical Absorption	>99,5% ⁽⁵⁾ , 95-98% ⁽¹²⁾	0.1-0.2%. Amines reacts only with CO ₂	Needed. Done by water scrubbing or additional absorption	Refill of amines
HP Water Scrubbing	96-98% ⁽¹²⁾ , >98% ⁽⁵⁾	Re-circulating water: 10-20% (High p → higher solubility of CH ₄ in water). Flow through scrubber: 2%	Done in the process. H ₂ S is later removed in a separate step	Large water requirements, both for single pass and re-circulated water systems. Refill of drying substance for dryers as well as "foam reducing substance"
Adsorption (PSA TSA)	98% ⁽⁵⁾ , 95-98% ⁽¹²⁾	PSA: approximately 2%	Done in the process. H ₂ S is later taken out in a separate step	
Membrane separation	90- 93.5% ⁽⁹⁾ , 98% ⁽¹⁴⁾ , 76-95% ⁽¹²⁾	10-6.5% ⁽⁹⁾ , 2% ⁽¹⁴⁾	H ₂ S (and water) separated before process due to risk of membrane corrosion	Changing of membranes
Cryogenic separaion	>97% ⁽¹²⁾		Required prior to separation process	

*Energy & Waste Tech.
Industria del Medioambiente.
Dpto. Biogás.*

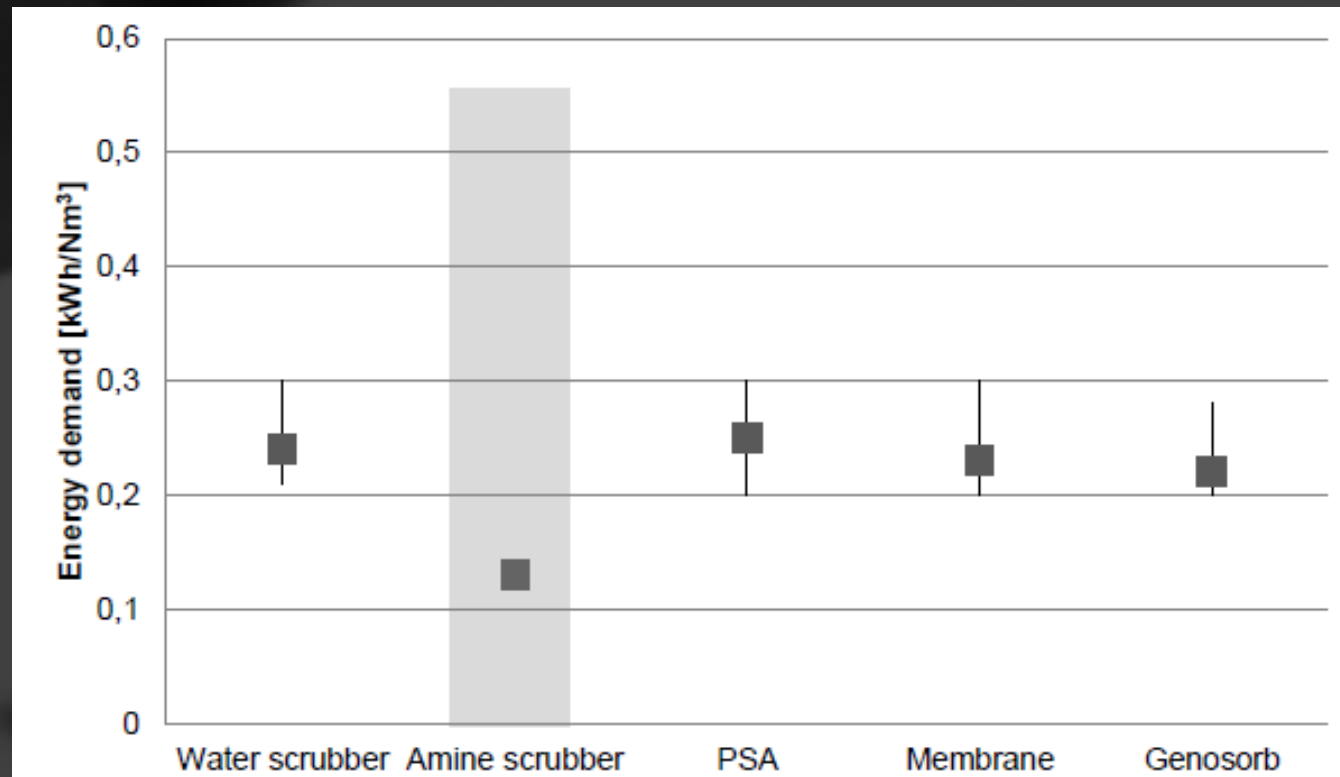
4.- Tecnologías para el enriquecimiento (Biometano).

4.7.- Comparativa . Demanda de energía.

Separation Technique	Electricity demand [kWh/m _n ³ upgraded biogas]	Heat demand [kWh/m _n ³ upgraded biogas]	Upgrading energy / CH ₄ calorific value [%]
Chemical Absorption (with amines)	0.18 ⁽¹⁵⁾	0.20 ⁽¹⁵⁾	2.0
HP Water Scrubbing	Re-circulating: 0.30 Single pass: 0.40-0.50	None	3.2, 4.3-5.4
Adsorption (PSA)	0.50-0.60, 0.29-0.43 ⁽⁵⁾	None	5.4-6.5, 3.1-4.6
Membrane separation	0.26 ⁽¹⁴⁾	None	2.8
Cryogenic Separation	0.63, 0.42 ⁽¹⁶⁾	None	6.8, 4.0

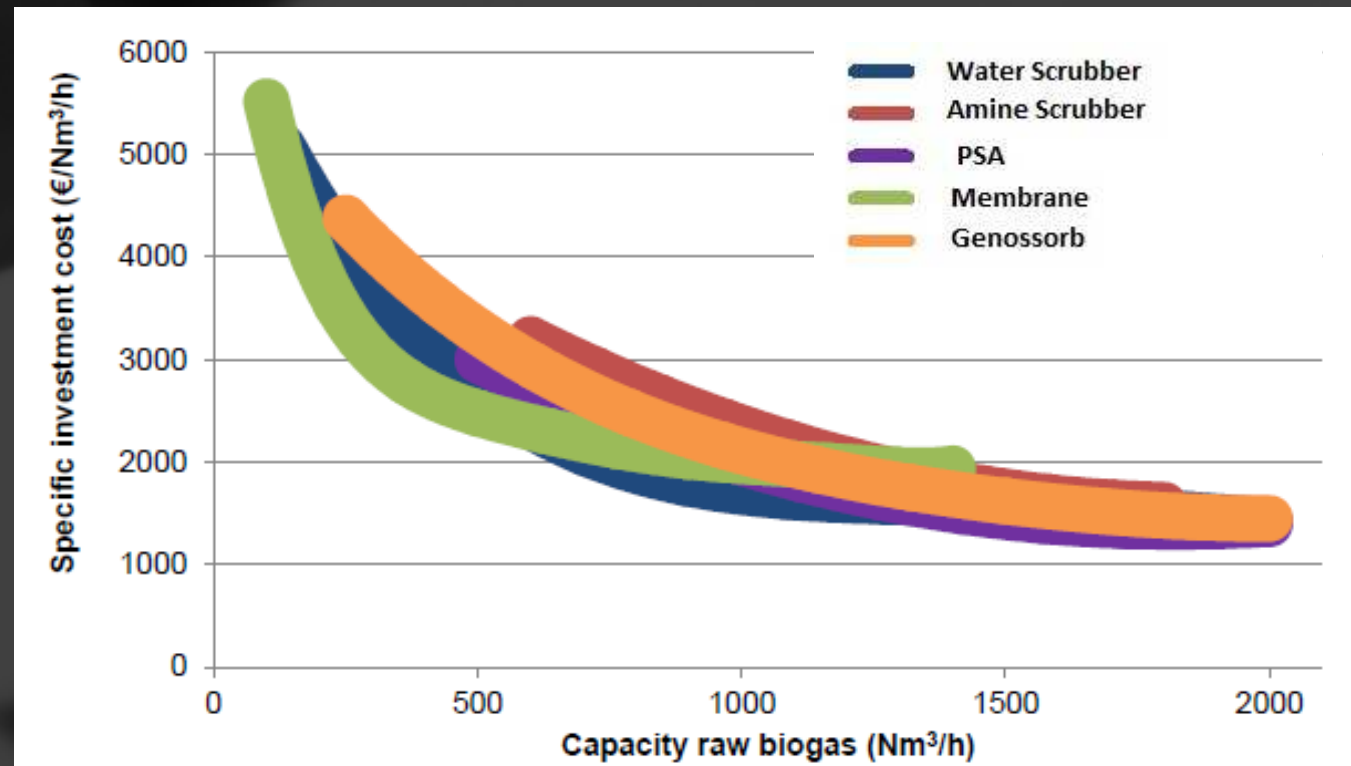
4- Tecnologías para el enriquecimiento (Biometano).

4.8.- Comparativa . Demanda de energía.



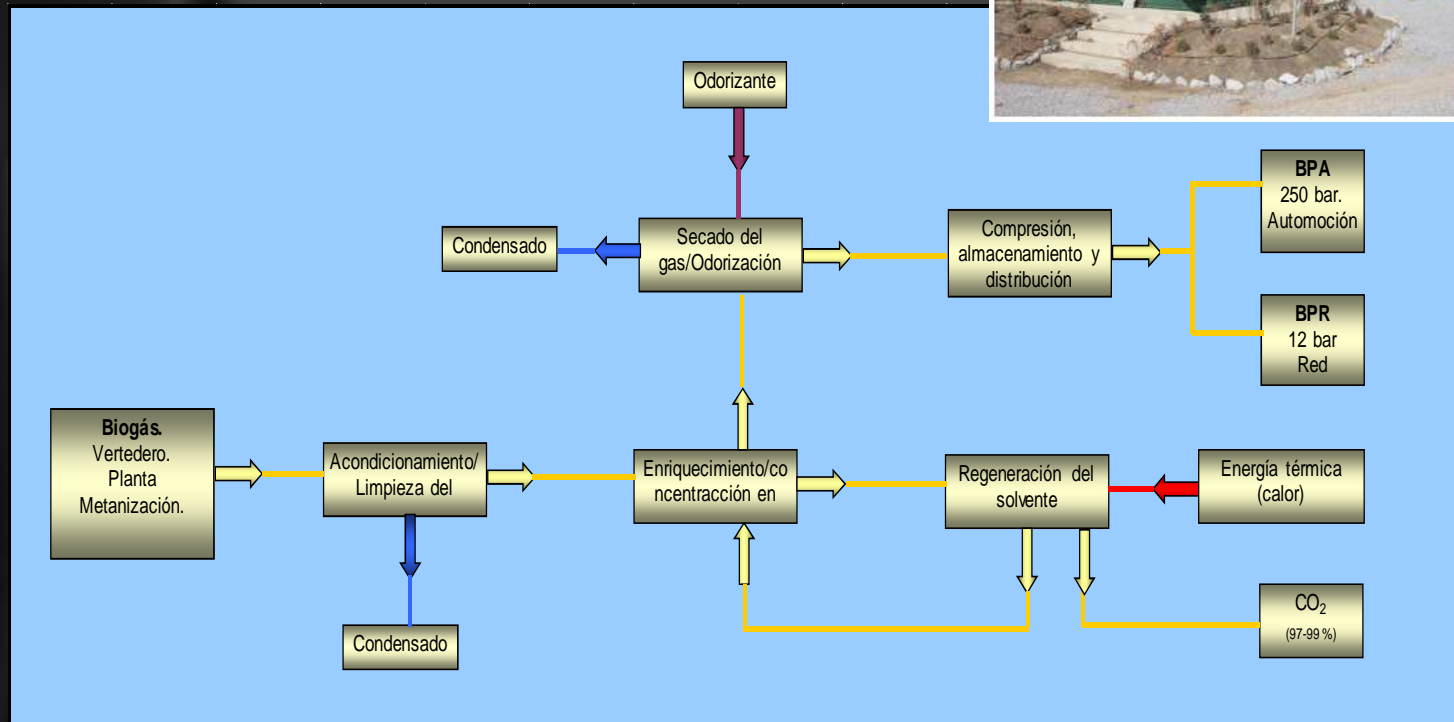
4.- Tecnologías para el enriquecimiento (Biometano).

4.9.- Coste de inversión.



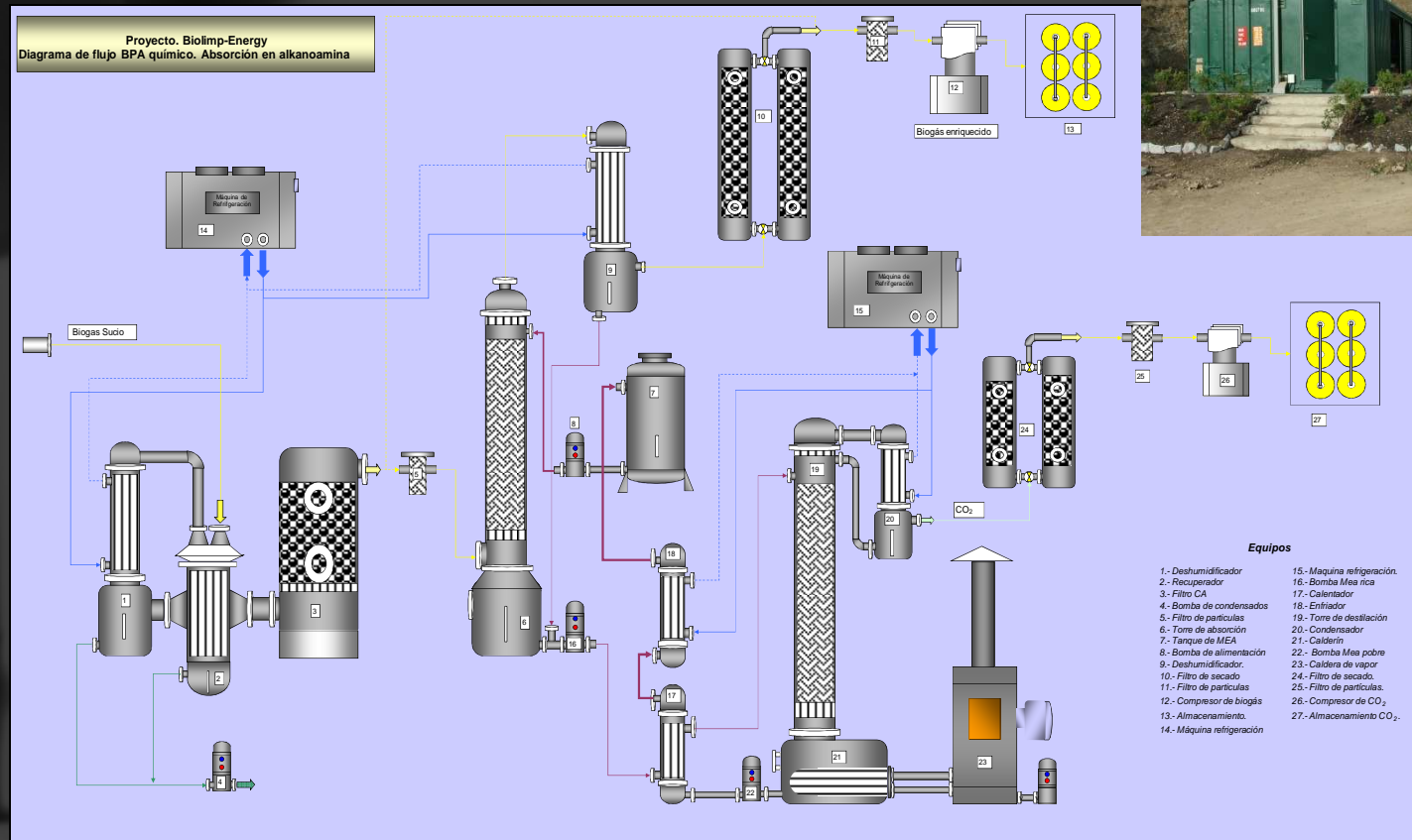
5.- Tecnología Biolimp-Energy. Caso práctico

5.1.- Diagrama de bloque.



5.- Tecnología Biolimp-Energy (Biometano).

5.2.- Diagrama de flujo.



*Energy & Waste Tech.
Industria del Medioambiente.
Dpto. Biogás.*

5.- Tecnología Biolimp-Energy (Biometano).

5.3.- Consumos aprox.



Proyecto. Biolimp-Energy.-EDAR

Nota. Valores estimativos .

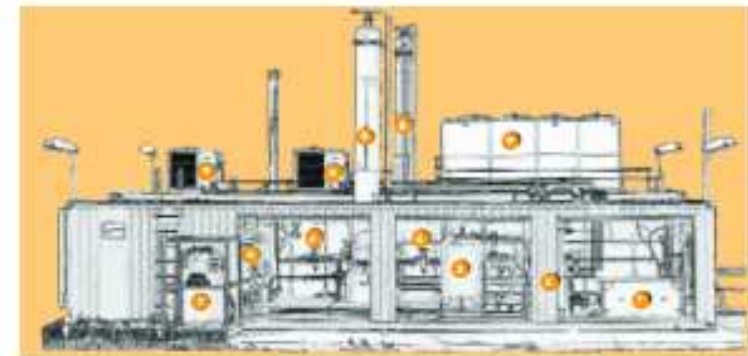
Consumo electrico y térmico.

<i>Tipo de máquina.</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Función/ubicación.</i>	<i>Potencia consumida. (kWe/kWt)</i>	<i>Comentarios</i>
1,- Máquina de refrigeración	1	Deshumidificación del biogas crudo Deshumidificación del Biometano	7	
2,- Soplante	2	Bombeo del gas a proceso	4	
3,- Bombas	5	Alimentación solvente a TD y TA. Centrifugas Dosificación reactiva. Dosificadoras Alimentación de agua a caldera. Centrifugas	7,5	
4,- Maquina de refrigeración	1	Enfriamiento del solvente (TA) Condensación de vapores (TD)	45-A 7-B	Máq. Refrigeración Torre humidificación.
5,- Caldera de vapor	1	Generación de vapor a TD	46 m ³ /h <small>(Biogás)</small> 20 m ³ /h <small>(Biogás)</small>	Biogás crudo Biometano
Opciones				
A			0,71 kW/m ³	Biogás
B			0,32 kW/m ³	Biogás
<i>Nota. Valor reportado .</i>			0,69 kW/Nm ³	Biogás

*Energy & Waste Tech.
Industria del Medioambiente.
Dpto. Biogás.*

5.- Tecnología Biolimp-Energy (Biometano).

5.4.- Construcción. Planta producción de Biometano



- | | | |
|---------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| 1 Soplaite | 4 Filtros de partículas | 7 Regeneración de torres de secado |
| 2 Enfriadores | 5 Torre de absorción | 8 Torre de destilación |
| 3 Filtro de carbón activo | 6 Torres de secado | 9 Equipos de refrigeración |



1ª Planta del gobierno Español. Vacarisses-Barcelona- Propiedad del Grupo Hera Holding.2003-2005

*Energy & Waste Tech.
Industria del Medioambiente.
Dpto. Biogás.*

5.- Tecnología Biolimp-Energy (Biometano).

5.5.- Construcción. Sistema de compresión, almacenaje e inyección.



Conclusiones

- 1. Opera a bajas presiones. Lo que reduce coste de equipamiento y consumo de energía.*
- 2. El reactivo químico utilizado es selectivo. Se reducen a un máximo las pérdidas de metano (CH_4). El metano es 21 veces más contaminante que el CO_2 .*
- 3. Fácil y bajo coste de tratamiento de los efluentes del proceso. El CO_2 por su alta pureza (> 98 %) puede ser recuperado para otros usos (llenado de extintores de incendio, producción de hielo seco, industria de bebidas y licores, alimentación de cultivo de algas, industria de extracción del petróleo, etc.).*
- 4. La demanda eléctrica del proceso no supera los 0.15 kWh/Nm³ RB.*
- 5. El coste de instalación se reduce con el aumento de la capacidad de tratamiento.*
- 6. Biolimp-Energy es el resultado del trabajo de (I+D+i) del grupo Energy & Waste Tech.*



Energy & Waste
Engineering, S.L.

Energy & Waste Tech.
Industria del Medioambiente.
Dpto. Biogás.

Invitación.

Quedáis invitado a participar en la 14ª edición del curso sobre biogás.

1. Título: Operación de instalaciones de captación/limpieza de biogás.

Tipos de curso: Capacitación/formación.

Modalidad del curso: Teórico

Duración: 8 horas.

Información.

Energy & Waste S.l.
jreina@ewtech-ing.com
Telf: +34930019877

El biogás, una ecológica y económica fuente de energía.

Curso de formación.

“Operación de instalaciones de captación limpieza del biogás”.
Máquinas, equipos y tecnologías.

14ª Edición.

Bilbao
Malloca
Valencia
Oviedo
Madrid (4)
Barcelona (6)

Te invitamos a participar.

Especialistas en biogás.

Patrocinadores.

Colaboradores.

*Energy & Waste Tech.
Industria del Medioambiente.
Dpto. Biogás.*

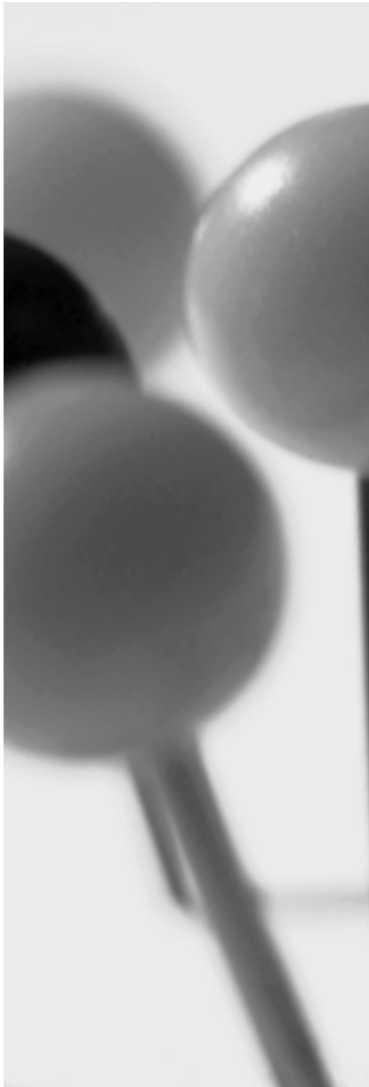
*Sus aliados en el desarrollo, aplicación y divulgación de las
energías renovables.*



**Energy & Waste
Engineering, S.L.**



**Energy & Waste
Engineering, S.L.**



Gracias