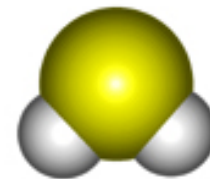


# Remoción de H<sub>2</sub>S en el biogás

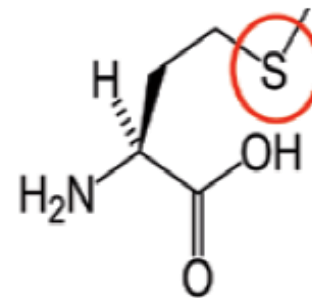
M.Sc. Joaquin Viquez Arias  
Viogaz | [www.viogaz.com](http://www.viogaz.com)  
[jviquez@viogaz.com](mailto:jviquez@viogaz.com)



# H<sub>2</sub>S “Sulfuro de hidrógeno” en estado gaseoso “Ácido sulfhídrico” en estado líquido

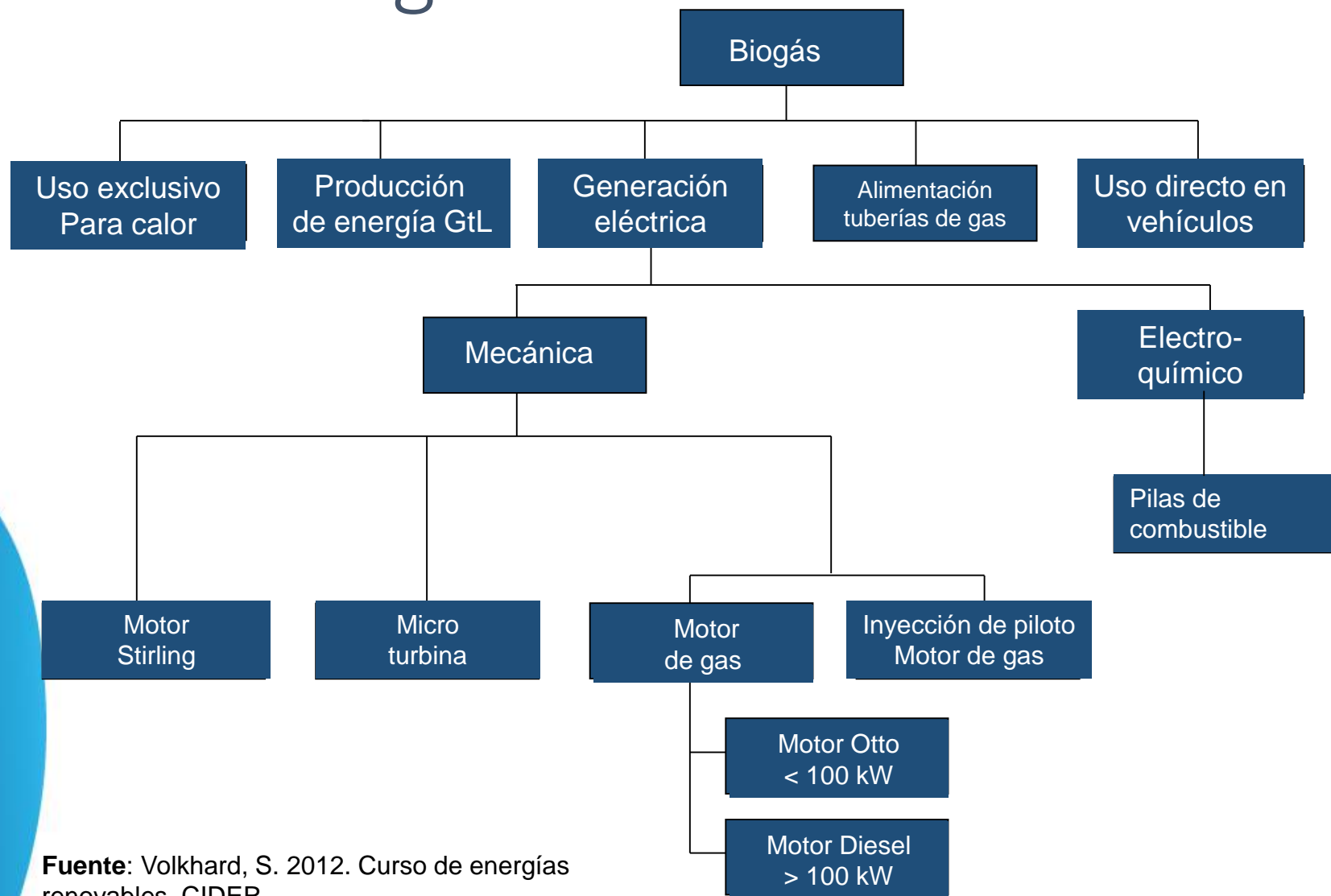


- Presente en el **biogás** en concentraciones de hasta 20.000 ppm (vol) – [2%]
- Generado por la descomposición de moléculas **orgánicas** con azufre (ej. Proteínas).



- Se **convierte** en Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

# Usos del biogás



**Fuente:** Volkhard, S. 2012. Curso de energías renovables. CIDER.

Component:	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	Halogens (Cl, F; landfill gas)	Dust particles	H <sub>2</sub> O
Utilisation:					
Gas heater/boiler	< 1000 ppm <sup>1)</sup>				Removal advisable
Gas engine - per 10 kWh (LHV) input <sup>3)</sup> - per m <sup>3</sup> of biogas <sup>3)</sup>	< 1150 – 2000 mg < 700-1200 mg/m <sup>3</sup>	Minimum LHV <sup>3)</sup> 13-21 MJ/m <sup>3</sup>	Cl and F <sup>3)</sup> 60-80 mg/m <sup>3</sup>	< 50 mg/m <sup>3</sup> < 30 mg/m <sup>3</sup>	Humidity <sup>3)</sup> < 70-80%
Fuel cells - Phosphoric Acid Fuel Cell - Solid Oxide Fuel Cel	< 10 ppm <sup>4)</sup> < 10 ppm <sup>4)</sup>		Near-complete removal required	Removal required	
Vehicle fuel <sup>5)</sup>	Max. 23 mg/Nm <sup>3</sup>	Max. 3 vol%	Removal required		Max. 32 mg/Nm <sup>3</sup>
Natural gas quality <sup>6)</sup>	Sulphur < 5mg/m <sup>3</sup> <sup>7)</sup>		Cl < 5mg/ m <sup>3</sup>	Removal required	Dew point at -10°C

**Fuente:** Reith, J. H., Wijffels, R. H., & Barten, H. (2003). *Bio-methane and bio-hydrogen: status and perspectives of biological methane and hydrogen production*. Dutch Biological Hydrogen Foundation.







IBBK  
International Biogas Operating and  
Engineering Course  
March 31 – April 04, 2014

# Riesgo en la salud:

- < 100 ppm: Riesgo de la salud a exposición por varias horas
- > 100 ppm: Riesgo en la salud en menos de 1 hr
- ~ 500 ppm: Mortal en exposición de 30 min
- ~ 1000 ppm: Mortal en exposición de pocos minutos
- ~ 5000 ppm: Mortal en exposición de segundos

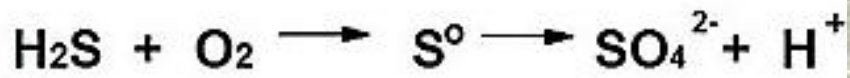
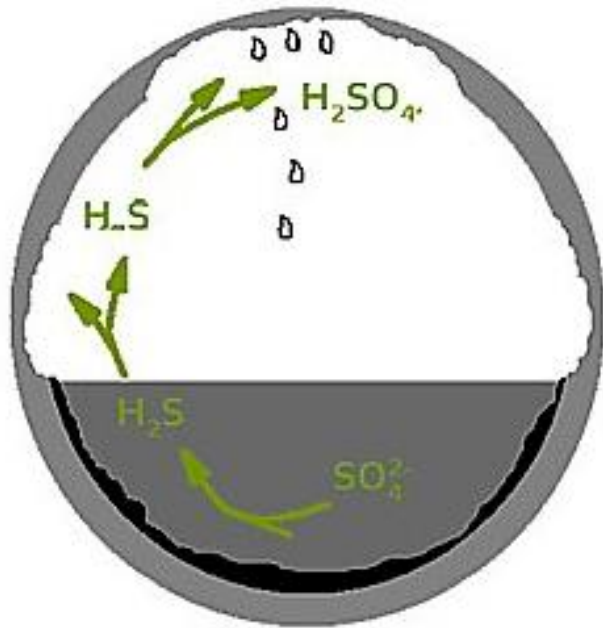
**IBBK**

**International Biogas Operating and Engineering Course**

**March 31 – April 04, 2014**







# ¿Qué significa ppm?

- Partes por millón en volumen
- 1 ppm de H<sub>2</sub>S significa 1 mL de H<sub>2</sub>S por cada 1,000,000 mL de biogás (1 m<sup>3</sup>).
- 1 000 mL H<sub>2</sub>S = 1,52 g H<sub>2</sub>S

Como ejemplo:

500 m<sup>3</sup> de biogas con 800 ppm H<sub>2</sub>S =

800 ppm (mL H<sub>2</sub>S / m<sup>3</sup> de biogas) x 500 m<sup>3</sup> =



# ¿Qué significa ppm?

- Partes por millón en volumen
- 1 ppm de H<sub>2</sub>S significa 1 mL de H<sub>2</sub>S por cada 1,000,000 mL de biogás (1 m<sup>3</sup>).
- 1 000 mL H<sub>2</sub>S = 1,52 g H<sub>2</sub>S

Como ejemplo:

500 m<sup>3</sup> de biogas con 800 ppm H<sub>2</sub>S =  
800 ppm (mL H<sub>2</sub>S / ~~m<sup>3</sup> de biogas~~) x 500 ~~m<sup>3</sup>~~ =  
**400.000 mL H<sub>2</sub>S**

# ¿Qué significa ppm?

1 000 mL H<sub>2</sub>S = 1,52 g H<sub>2</sub>S

400.000 mL H<sub>2</sub>S = 608 g H<sub>2</sub>S = 0,608 kg H<sub>2</sub>S

**En resumen:**

500 m<sup>3</sup> de biogás tiene 0,608 kg de H<sub>2</sub>S

# ¿Qué significa ppm?

1 000 mL H<sub>2</sub>S = 1,52 g H<sub>2</sub>S

400.000 mL H<sub>2</sub>S = 608 g H<sub>2</sub>S = 0,608 kg H<sub>2</sub>S

**En resumen:**

500 m<sup>3</sup> de biogás tiene **0,608 kg de H<sub>2</sub>S**  
**Diario, mensual, anual?**

# Mecanismos de remoción

- Afinidad del  $H_2S$  por cationes metálicos
  - Reacciones con cationes metálicos para formar sulfatos insolubles.
  - Precipitación de sal metálica }
  - Captura en soluciones alcalinas (NaOH y CaO)
- Adsorción  $H_2S$  en absorbentes solidos – sistema “seco”
  - Óxidos de hierro hidratados ( $Fe_2O_3$ ) en estructuras de cristales alpha y gamma
  - Sustancias orgánicas
  - Carbón activado
- Remoción biológica



# Mecanismos de remoción

- Afinidad del  $H_2S$  por cationes metálicos
  - Reacciones con cationes metálicos para formar sulfatos insolubles.
  - Precipitación de sal metálica }
  - Captura en soluciones alcalinas (NaOH y CaO)
- Adsorción  $H_2S$  en absorbentes sólidos – sistema “seco”
  - Óxidos de hierro hidratados ( $Fe_2O_3$ ) en estructuras de cristales alpha y gamma
  - Sustancias orgánicas
  - Carbón activado
- Remoción biológica



## Liquid Ferric Chloride PRODUCT DATA SHEET

### CHARACTERISTICS

Liquid Ferric Chloride is a reddish brown colored liquid. It is an advanced cationic coagulant and flocculant suitable for industrial and municipal water and wastewater treatment applications.

**NSF/ANSI Standard 60: Drinking Water Chemicals - Health Effects; Certified**

### TYPICAL PROPERTIES

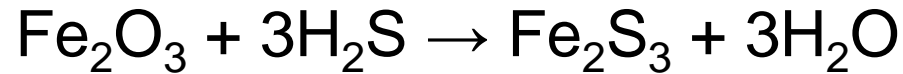
Formula:	Ferric chloride solution	
C.A.S.	7705-08-0 (Ferric chloride)	
	pH (neat)	less than 2
	Specific Gravity @ 70°F (21°C)	1.38 - 1.44
	Freezing Point	-13°F (-25°C) (approx.)
	Density, lbs/gal., U.S.	11.5 - 12.0
	Soluble Ferric Iron as FeCl <sub>3</sub> , %	38 - 42
	Soluble Ferric Iron as Fe <sup>+3</sup> , %	13.1 - 14.5
	Free Acid, % as HCl	less than 5



# Mecanismos de remoción

- Afinidad del  $H_2S$  por cationes metálicos
  - Reacciones con cationes metálicos para formar sulfatos insolubles.
  - Precipitación de sal metálica }
  - Captura en soluciones alcalinas (NaOH y CaO)
- Adsorción  $H_2S$  en absorbentes solidos – sistema “seco”
  - Óxidos de hierro hidratados ( $Fe_2O_3$ ) en estructuras de cristales alpha y gamma
  - Sustancias orgánicas
  - Carbón activado
- Remoción biológica

# Remoción usando óxido de hierro



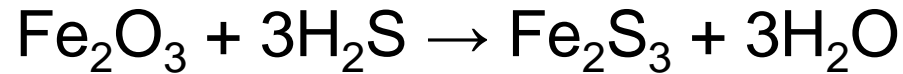
Por cada 3 moles (102 g) de H<sub>2</sub>S requiero:  
1 mol (159 g) de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Ejemplo:

Con 608 g de H<sub>2</sub>S (500 m<sup>3</sup> de biogás), requiero  
947,7 g de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



# Remoción usando óxido de hierro

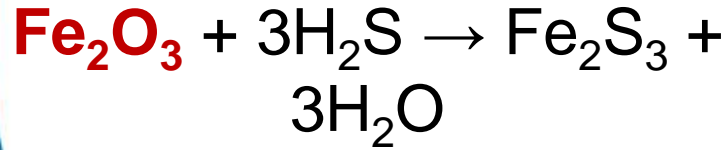


Por cada 3 moles (102 g) de H<sub>2</sub>S requiero:  
1 mol (159 g) de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

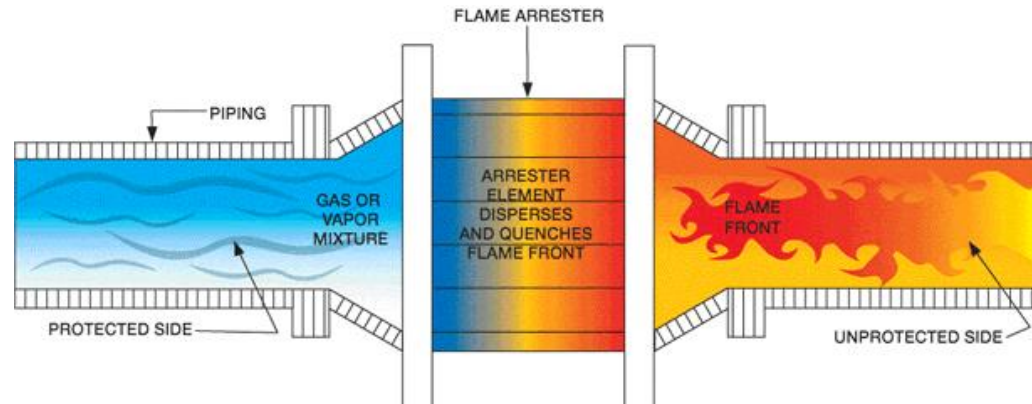
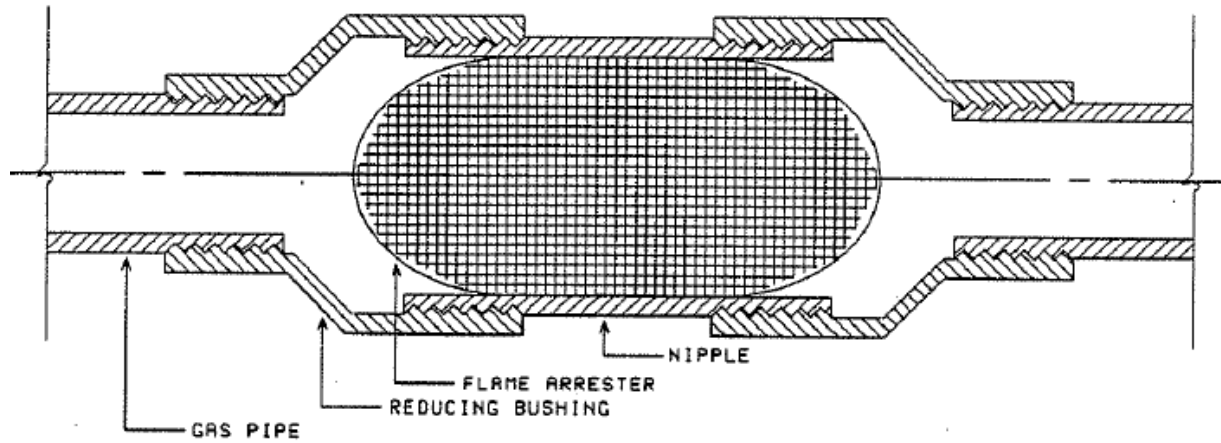
Ejemplo:

Con 608 g de H<sub>2</sub>S (500 m<sup>3</sup> de biogás), requiero  
**947,7 g de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

# Alambrina y biodigestores domesticos



# “Flame arrestor”





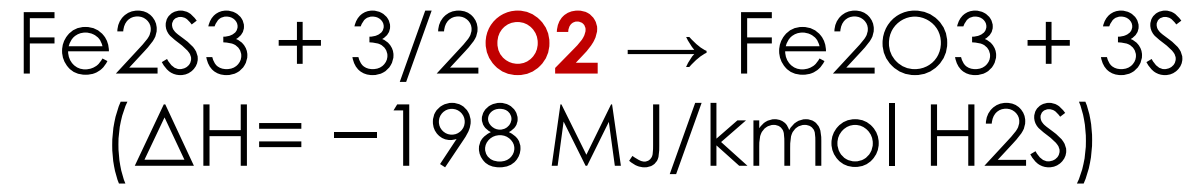


Alambrina	Compost	Filtro comercial (1)	Biochar	Sustrato comercial (2)	Piedrilla con Fe2O3
65,0%	67,8%	71,1%	65,0%	68,0%	67,0%
16,2%	16,3%	13,3%	15,3%	15,2%	16,2%
1,4%	0,7%	0,8%	1,2%	0,2%	0,8%
623	460	200	360	195	675
27,0%	15,2%	14,8%	17,5%	15,5%	15,8%

Inicial: 650 ppm









# Limpieza del biogás



# Mecanismos de remoción

- Afinidad del  $H_2S$  por cationes metálicos
  - Reacciones con cationes metálicos para formar sulfatos insolubles.
  - Precipitación de sal metálica }
  - Captura en soluciones alcalinas (NaOH y CaO)
- Adsorción  $H_2S$  en absorbentes solidos – sistema “seco”
  - Óxidos de hierro hidratados ( $Fe_2O_3$ ) en estructuras de cristales alpha y gamma
  - Sustancias orgánicas
  - Carbón activado
- Remoción biológica

REMOVAL OF HYDROGEN SULFIDE FROM BIOGAS  
USING COW-MANURE COMPOST

A Thesis  
Presented to the Faculty of the Graduate School  
of Cornell University  
in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of  
Master of Science

by  
Steven McKinsey Zicari

January 2003

Removal of Hydrogen  
sulfide from biogas  
using cow manure  
compost  
Mkinsey Zicari  
2003





# Mecanismos de remoción

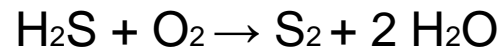
- Afinidad del  $H_2S$  por cationes metálicos
  - Reacciones con cationes metálicos para formar sulfatos insolubles.
  - Precipitación de sal metálica }
  - Captura en soluciones alcalinas (NaOH y CaO)
- Adsorción  $H_2S$  en absorbentes solidos – sistema “seco”
  - Óxidos de hierro hidratados ( $Fe_2O_3$ ) en estructuras de cristales alpha y gamma
  - Sustancias orgánicas
  - **Carbón activado**
- Remoción biológica

# Mecanismos de remoción

- Afinidad del  $H_2S$  por cationes metálicos
  - Reacciones con cationes metálicos para formar sulfatos insolubles.
  - Precipitación de sal metálica }
  - Captura en soluciones alcalinas (NaOH y CaO)
- Adsorción  $H_2S$  en absorbentes solidos – sistema “seco”
  - Óxidos de hierro hidratados ( $Fe_2O_3$ ) en estructuras de cristales alpha y gamma
  - Sustancias orgánicas
  - Carbón activado
- Remoción biológica (Microaireación)

## Treatment – Biological desulfurization

- **Internal**



*up to 1.400 m<sup>3</sup>/d*



*up to 9.000 m<sup>3</sup>/d*



*small air pipe into the  
gas room*



# Desulfurization → Treatment options

Normally measured as H<sub>2</sub>S in the biogas

