



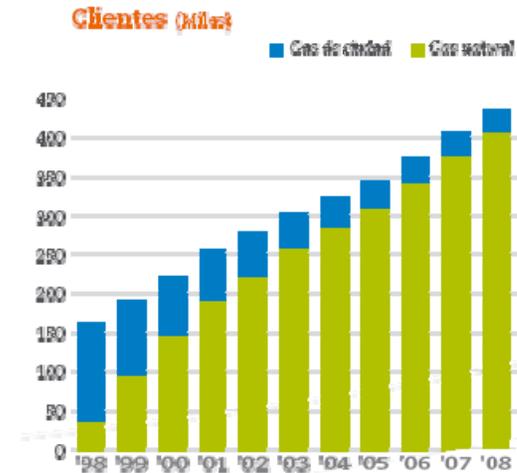
# Biogas de La Farfana: Aprovechando la Energía Hecha en Chile

- I. Ian D. Nelson
- II. Metrogas S.A.

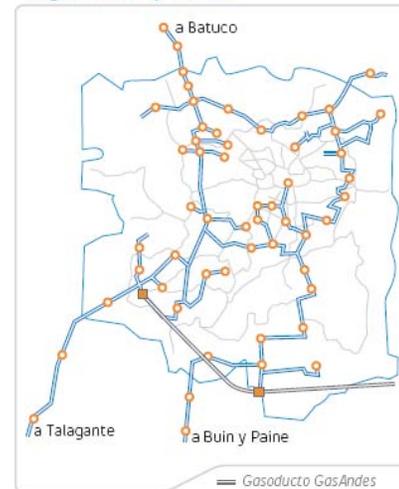
# Metrogas



- Inversión: US\$ 950 millones
- 5.000 km. de redes de gas natural
- Presencia en R.M., 6ta Región + GNL Camiones (proyecto futuro)
- 451.000 Clientes
- Demanda 680 [MMm<sup>3</sup>/año]
- Facturación > 300 MMUS\$/año
- Distribución
  - GN: 420.000 clientes
  - Gas de Ciudad: 30.000 clientes



Región Metropolitana



Sexta Región

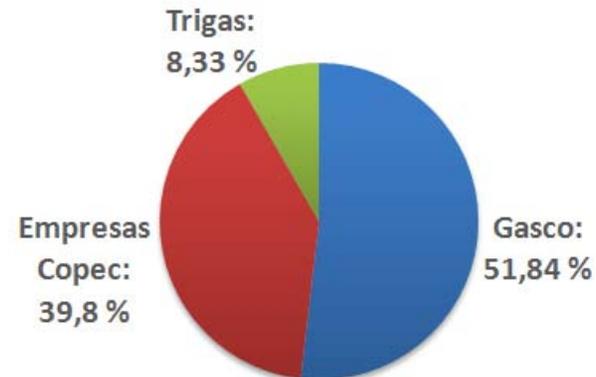
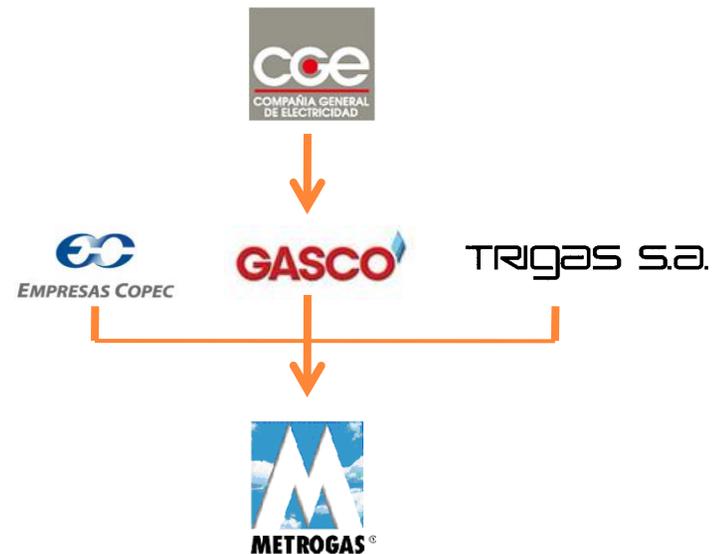


# Metrogas: Accionistas



El negocio principal de los accionistas de Metrogas es la distribución de combustibles y energía.

- **Gasco S.A.:** Más de 150 años.  
Gas Natural en Chile y Argentina  
Gas Natural Licuado (GNL) en Chile.
- **Copec S.A.:** Mayor distribuidor de combustibles del país.
- **Trigas S.A.:** Sociedad de Inversiones.  
Accionista de Codigas S.A., Lipigas S.A.,  
Grupo posee la mayor participación de mercado del GLP.



# Chile: Sector Gas Natural



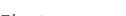
- Protocolo de Integración Gasífera: 1995
- “Moda” gasoductos a finales de los ‘90
- Más de 4 bn US\$ en inversiones (sporte, distribución, GNL)
- Principales Distribuidoras GN:

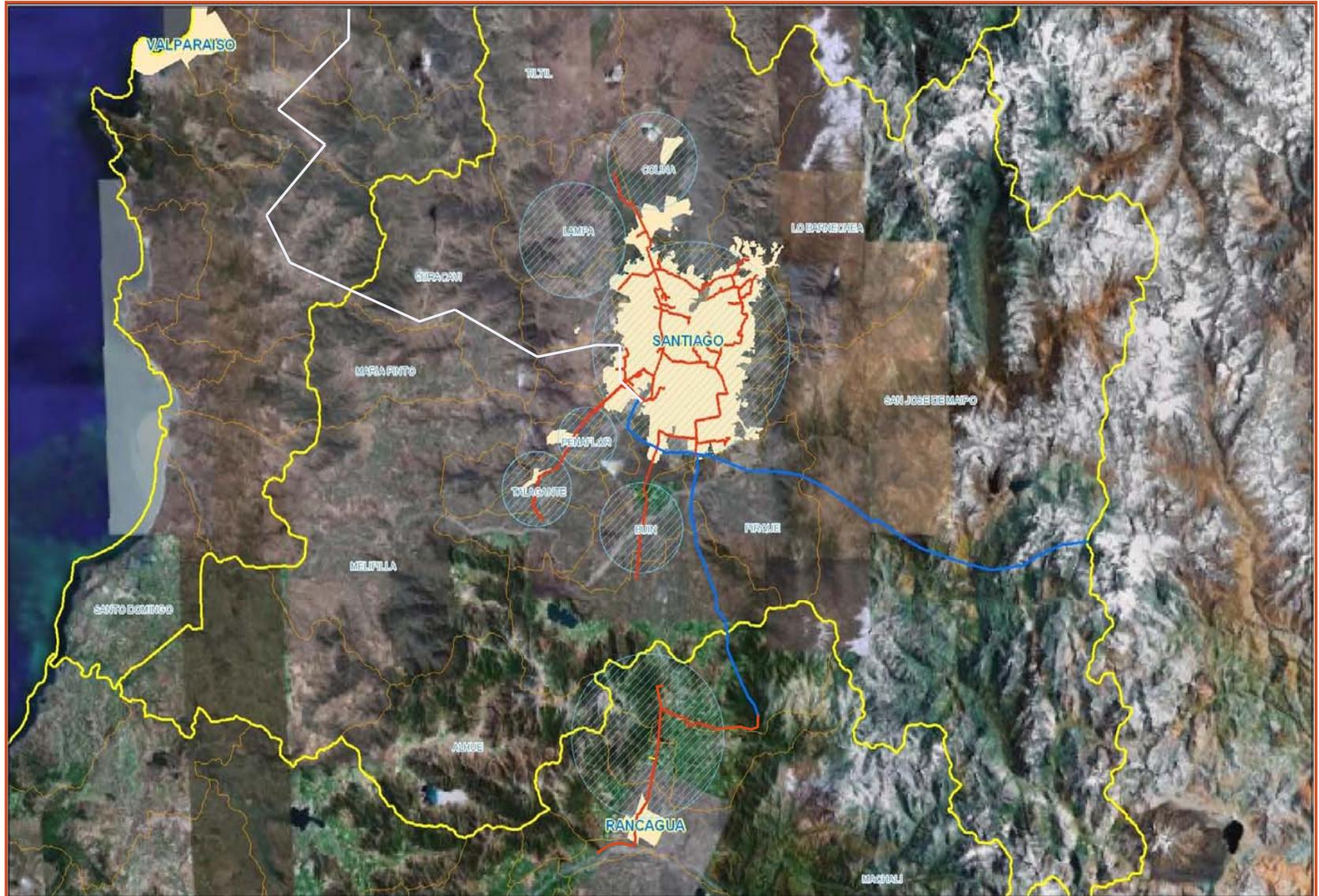


# Sistemas de abastecimiento: Gasoductos



Leyenda:

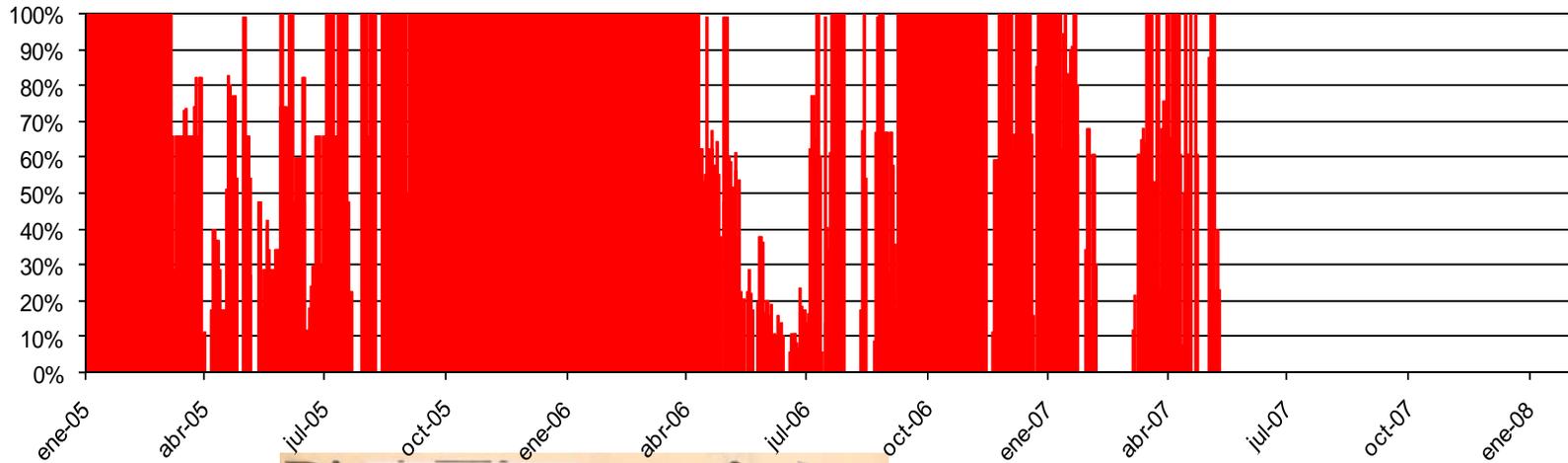
-  Gasoducto
-  Gas Andes
-  Gasoducto
-  Electrogas:
-  Quintero
-  Quillota
-  Santiago
-  Redes
-  Metrogas



# Suministro de GN Argentino



## Disponibilidad de Gas Para Clientes Industriales



# Sistemas de abastecimiento: Propano/Aire



## 3 Plantas Propano – Aire o Gas Natural Sintético

- Respaldo al GN
- Aseguramiento total de suministro.
- Capacidad producción total de GNS: 3 MMm<sup>3</sup>.
- Hoy permite respaldar 100% de consumo residencial y comercial



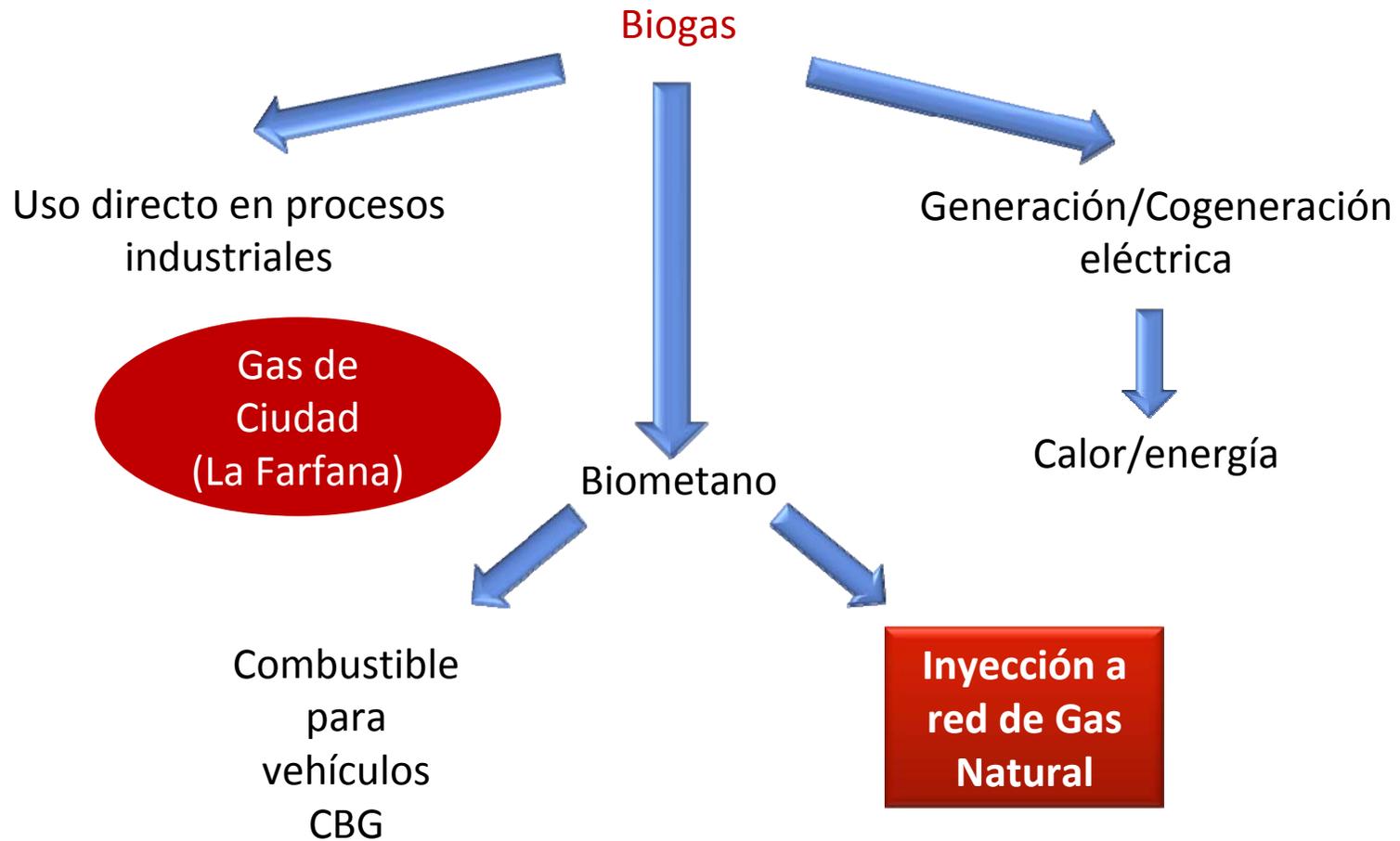
# Sistemas de abastecimiento: Terminal GNL Quintero



- Capacidad estanques: 200  $\text{MMm}^3_{\text{g}}$ .  
< 8 meses consumo mensual  
Residencial - Comercial
- Regasificación: 15  $\text{MMm}^3_{\text{g}}/\text{día}$
- Muelle:  
Largo: 1600 m.  
Altura: 12 m.

**Inversión total: > MMUS\$ 1.300**

# Biogás: Alternativas de proyectos



**Biometanización: El biogás es purificado para poder inyectarlo en las redes de Gas Natural**

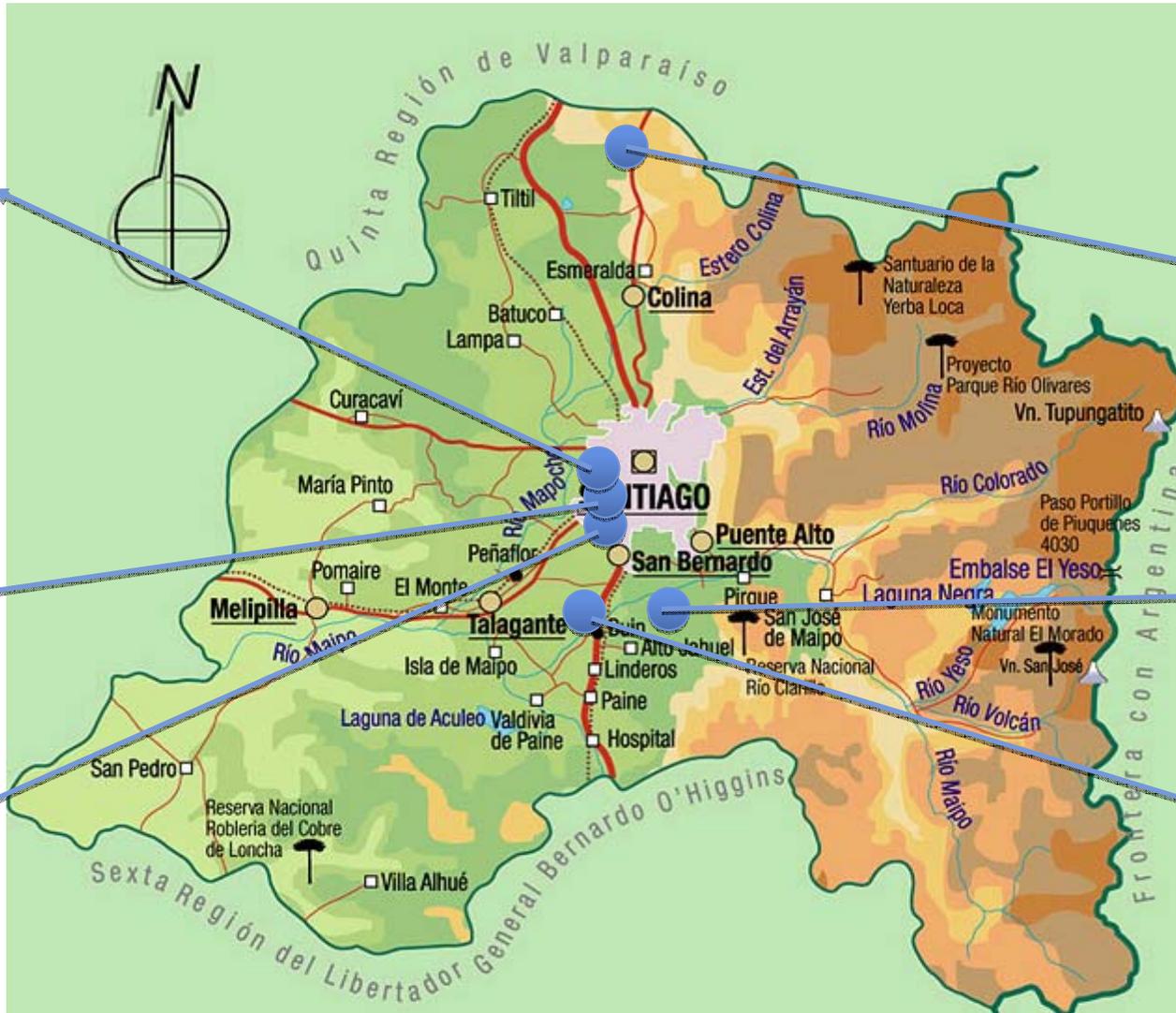
# Fuentes de biogás en la R.M.



Relleno Santiago Poniente (COINCA)

Planta de Tratamiento de aguas "La Farfana"

Planta de Tratamiento de aguas "El Trebal"



Relleno KDM

Relleno Lepanto

Relleno Santa Marta

# Planta Tratamiento La Farfana



- Depura 9 m<sup>3</sup>/s , app. 60%, de las aguas servidas de Santiago (6 plantas más grandes del mundo).
- Proceso tratamiento de aguas servidas: descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno) generando Biogás.



- Producción biogas: 30 -40 MMm<sup>3</sup>/año
- Consumo calderas: 6 MMm<sup>3</sup>/año
- Resto Quemado en Antorchas (2)
- Biogas:
  - CH<sub>4</sub>: 63%
  - CO<sub>2</sub>: 35%
  - H<sub>2</sub>S: 2000ppm salida biodigestor
    - 500 ppm salida biothane
  - Otros: siloxanos, H<sub>2</sub>O

# Metrogas: Gas de Ciudad



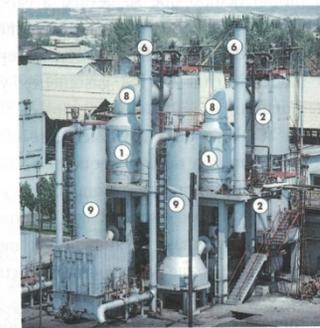
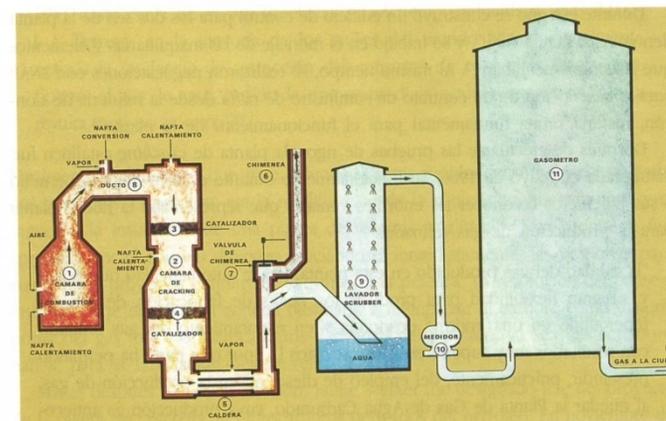
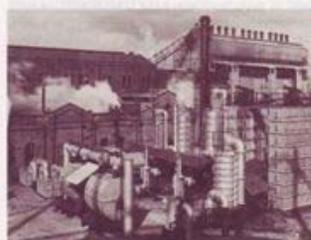
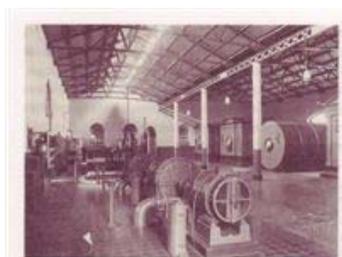
- Insumo: GN, o Nafta o Biogás
- Output: Composición
- PCal: 4.600 [Kcal/m<sup>3</sup>]

## Combustibles

— H <sub>2</sub>	40,0
— CO	9,0
— CH <sub>4</sub>	25,0
— C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (propano)	1,3
— C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (Etano)	2,3
— C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (Butano)	1,1

## Inertes

— CO <sub>2</sub>	7,0
— N <sub>2</sub>	14,0



Esquema del gas producido mediante el cracking catalítico de nafta livianas, o altas temperaturas y en presencia de vapor de agua. El cracking consiste en convertir las grandes moléculas que forman la nafta en otras más pequeñas que forman el gas. Este cracking se realiza en presencia de un catalizador cuyo papel es favorecer esta conversión. El proceso se efectúa en forma cíclica. Cada ciclo, de una duración de cuatro minutos, consta de una fase de calentamiento y otra de conversión, separadas por purgas con vapor de agua.

Durante el período de calentamiento entra nafta y aire a la cámara de combustión 1 y parte superior y centro de la cámara de cracking 2. Al quemarse la nafta en presencia de aire se generan gases de alta temperatura. Éstos atraviesan calentando los dos lechos de catalizador ubicados en la cámara de cracking 3 - 4, siguen a la caldera 5 donde terminan de entregar su calor, generando vapor de agua que se utiliza en el proceso, siendo los gases quemados por último expulsados por la chimenea 6.

Terminado el calentamiento, se corta la entrada de nafta y aire, sigue una purga o limpieza con vapor para eliminar los gases quemados de la instalación, y se cierra la válvula a la chimenea 7.

En el período de conversión se inyecta nafta y vapor de agua (generado por la caldera) los que entran al ducto 8 que une las cámaras de combustión y cracking. La mezcla nafta-vapor atraviesa los lechos catalíticos, produciéndose durante esta travesía la conversión de la nafta en los componentes de gas refinado. Esta conversión enfría los lechos catalíticos. El gas aún caliente pasa a través de la caldera (donde también genera vapor) y a continuación, como encuentra cerrada la salida por la chimenea, se ve obligado a penetrar al lavador-scrubber 9. Aquí el gas es lavado con agua y enfriado hasta la temperatura del ambiente.

Como el gas que sale del lavador-scrubber es limpio y puro se procede a medirlo 10 y enviarlo a los gasómetros 11 para ser distribuido a la ciudad en forma ininterrumpida 12.

Después de la conversión sigue una nueva purga con vapor de agua, se abre la válvula a la chimenea y se está en condiciones de reiniciar un nuevo ciclo.

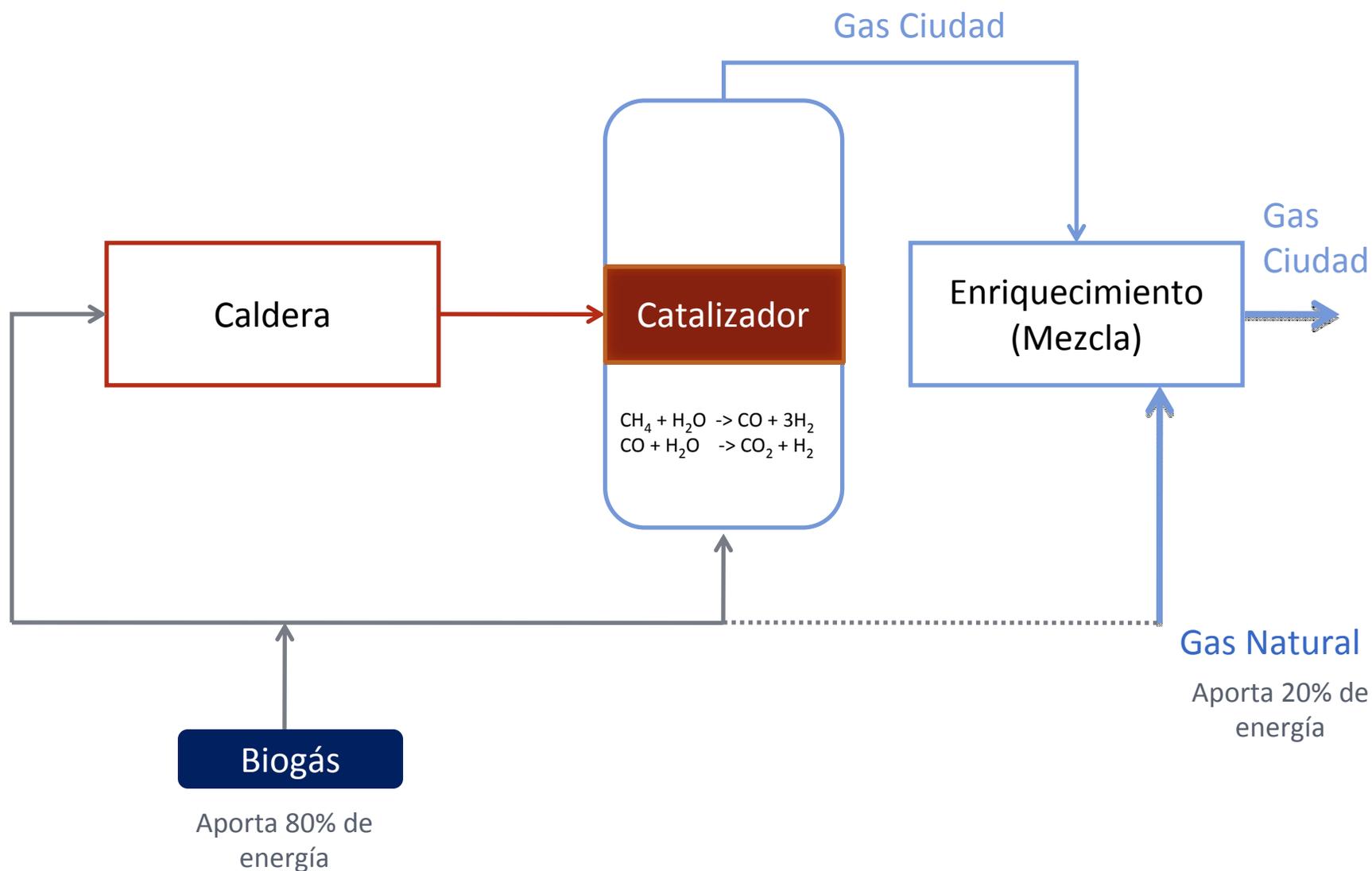
Las plantas que generan este gas son completamente automáticas 13 y el gas obtenido en ellas es totalmente puro y no necesita de ningún proceso de refinación posterior.

# Fábrica Gas de Ciudad



- Clientes con Gas de Ciudad: 30.000
- Consumo Gas de ciudad: 50.000 m<sup>3</sup>/día promedio
- Fecha construcción: 1964 (Onia Gegi) 1980 (Humphreys & Glasgow)
- Combustibles insumo: Naphta, Gas Licuado, Biogás de rellenos sanitarios cercanos (1983-2002), Gas Natural (Argentino 1996-2005), Biogás La Farfana (2008-), GNL (2008-)

# Proceso Gas Ciudad



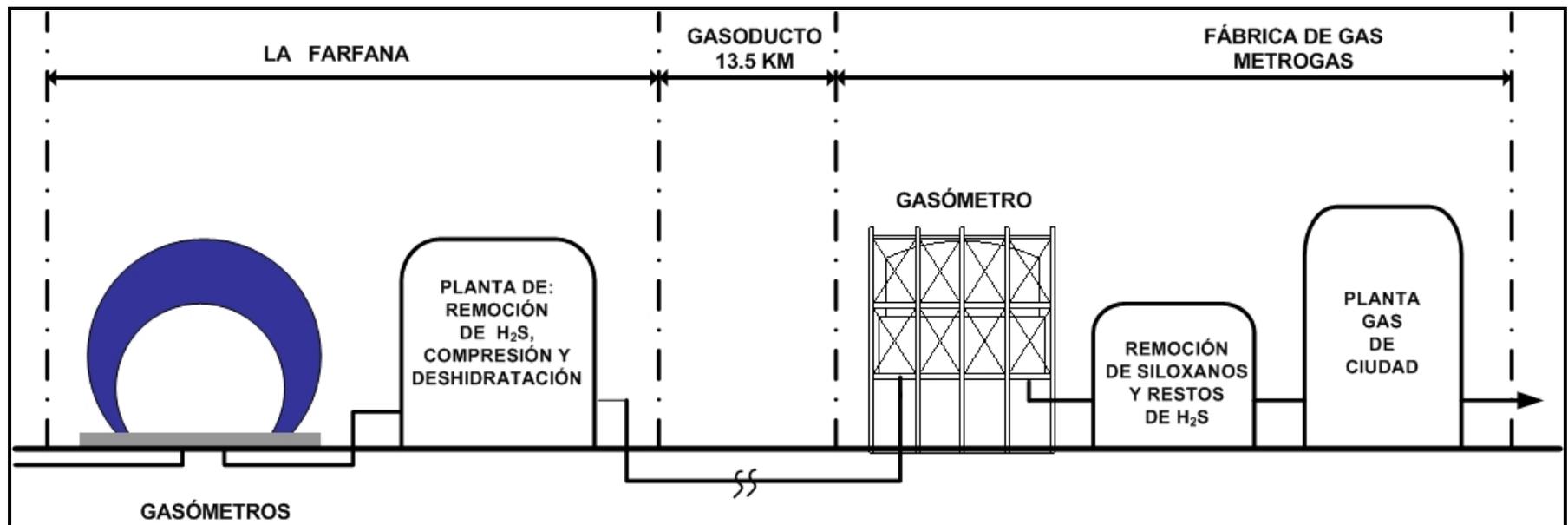
# Características del gas durante el proceso



	Biogas	G. Purificado	Gas Ciudad
P.C.S.	5.910	5.910	5.005
I. de Wobbe	6.257	6.257	5.985
CH4 %	63,1	63,1	19,15
O2 %	0,9	<0,1%	0,48
N2 %	4,4		4,38
H2 %	0,1		37,04
CO2 %	32,6	mantiene	18,85
CO %	0		12,92
H2S ppm	1000-500	<1	<1
Siloxanos		~ 0	~ 0

Mezcla con 25% GN

# Esquema Proyecto Metrogas-La Farfana



Inversión total ~ 5 millones US\$

# Transporte Biogás: La Farfana- Fábrica GC



L=13,5 km  
 $\varnothing$ = 350 mm  
Mat: Pe  
Pe=0,7 bar

# Instalaciones planta biogás La Farfana



# Planta tratamiento biogás La Farfana



Torre de Lavado Biológico  
(extrae H<sub>2</sub>S)



- Compresores
- Remoción Humedad (refrigeración)
- Remoción COV
- Remoción Siloxanos
  
- Flujo de Diseño: 4200 m<sup>3</sup>/hora

# Skid Crewe: elementos



Desulfurizador Biotane  
(existente)

Gasómetros (5000 m<sup>3</sup> c/u  
existentes)

Válvula Enardo

Caseta Control

Separador Agua

Compresores (15 mbar a 500  
mBar y T sube a 70 °C)

Calentamiento gas a 30°C

Filtro coalescente (aceite  
recircula)

Separador condensado  
queda gas frío sat.

Chiller a 4°C

Postenfriador (enfria aceite  
y gas antes de chiller)

# Desulfurizador Paques: elementos



- Eficiencia remoción H<sub>2</sub>S: 95%
- T° biogas = 42°C
- Remueve ≈ 57 kg S (op. Normal)  
máx 100 al día

Scrubber

Reactor

Tanque Soda Cáustica (NaOH)

Decantador (sedimentador)

Caseta control (PH, Coeficiente Redox,  
Dureza Agua)

# Instalaciones Fábrica de Gas Ciudad



“Polishing”:

Extrae

- COV y Siloxanos
- H<sub>2</sub>S (residuos)

# Proyecto Biogás La Farfana



## - Ingeniería:



Gamma Ingenieros



## - Construcción: Constructora HU y Metrogas (ducto)

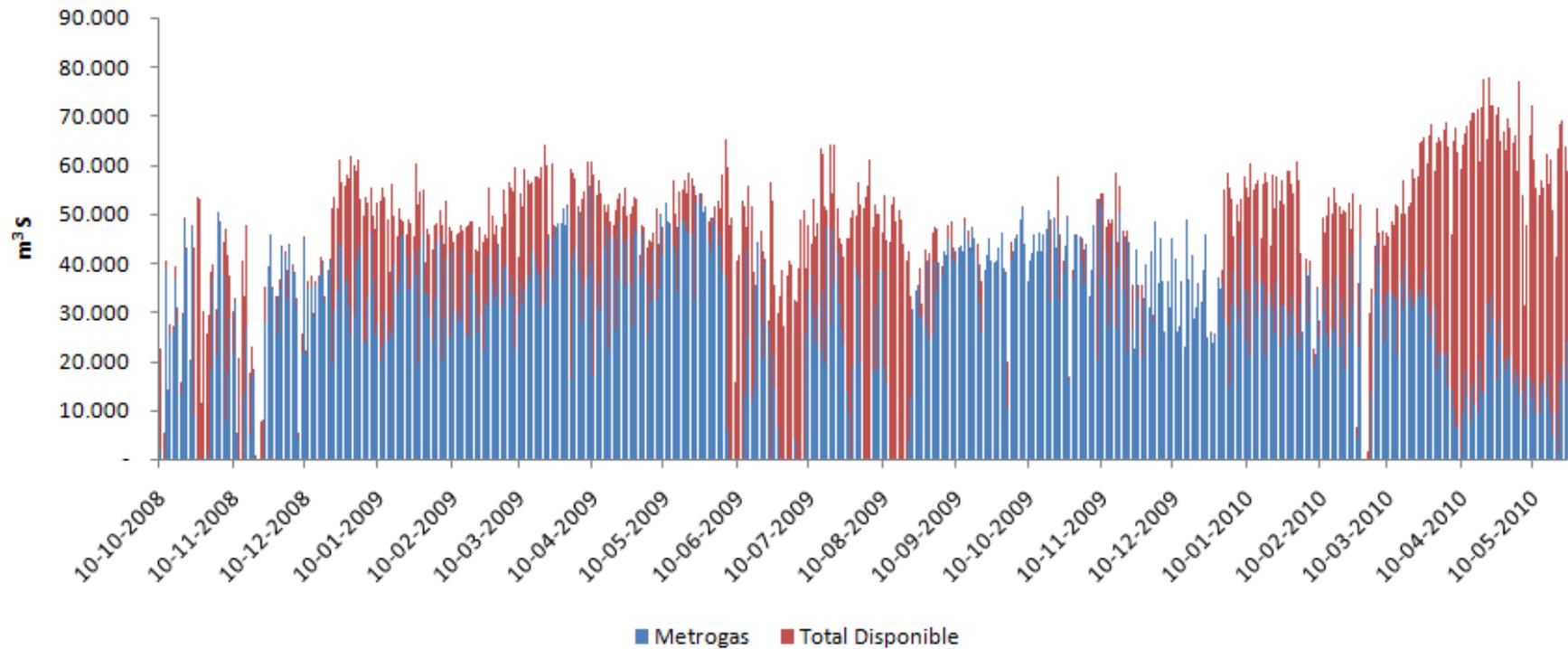
## - Equipos Principales:

- Desulfurizador biológico: Paques (Holanda)
- Skid compresión y secado: JJ Crewe (USA)
- Compresores: Sullair
- Chiller: York
- Software: Cruse Control (USA) y DPA (Chile)

# Disponibilidad de Biogas



## Disponibilidad de Biogas



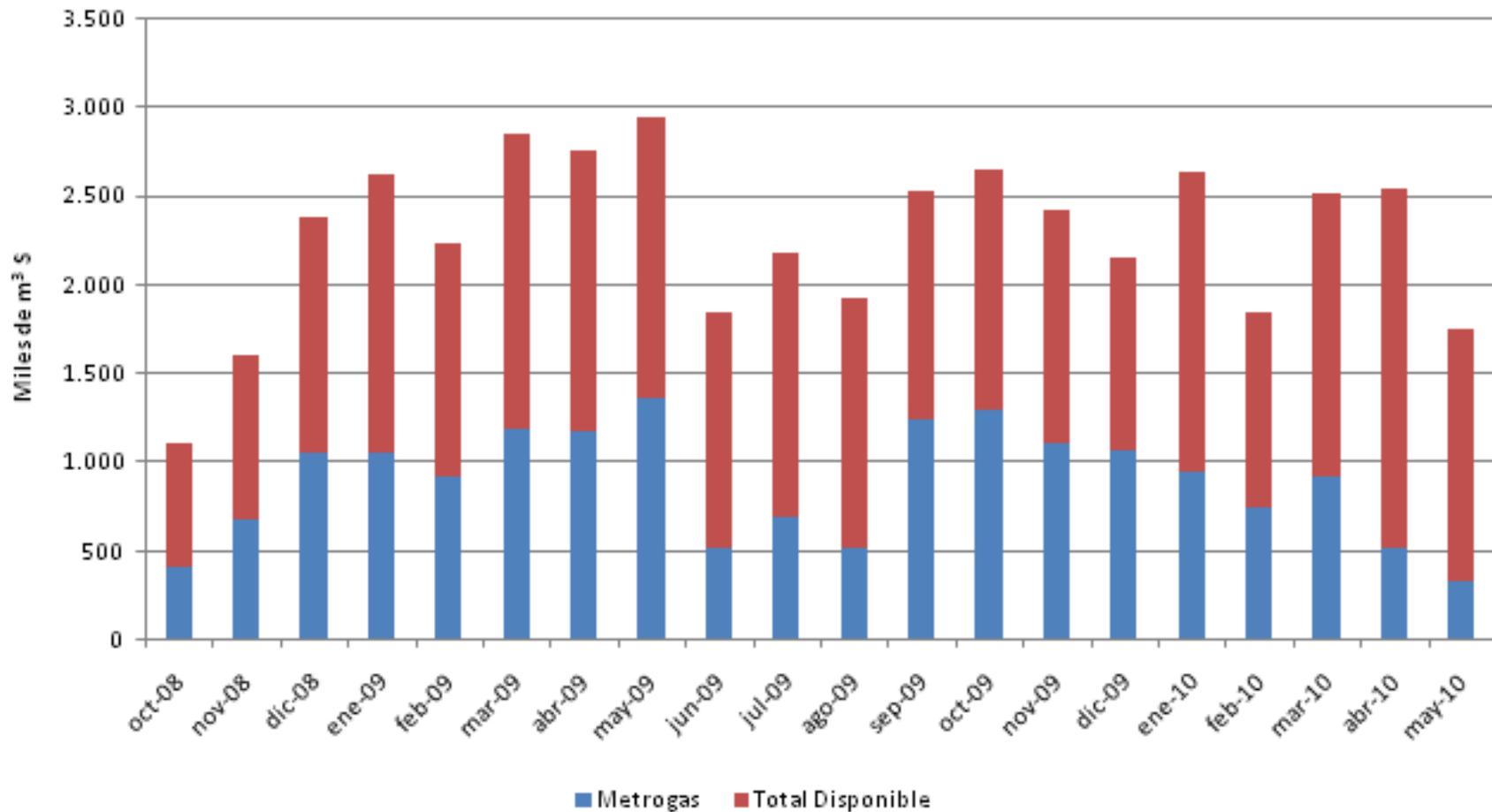
	Metrogas	Total Disponible
Promedio m <sup>3</sup> S/día	29.734	46.871-6500*
Min m <sup>3</sup> S/día	55.472	77.820

\*Aumento capacidad Proyecto M Limpio

# Disponibilidad de Biogas



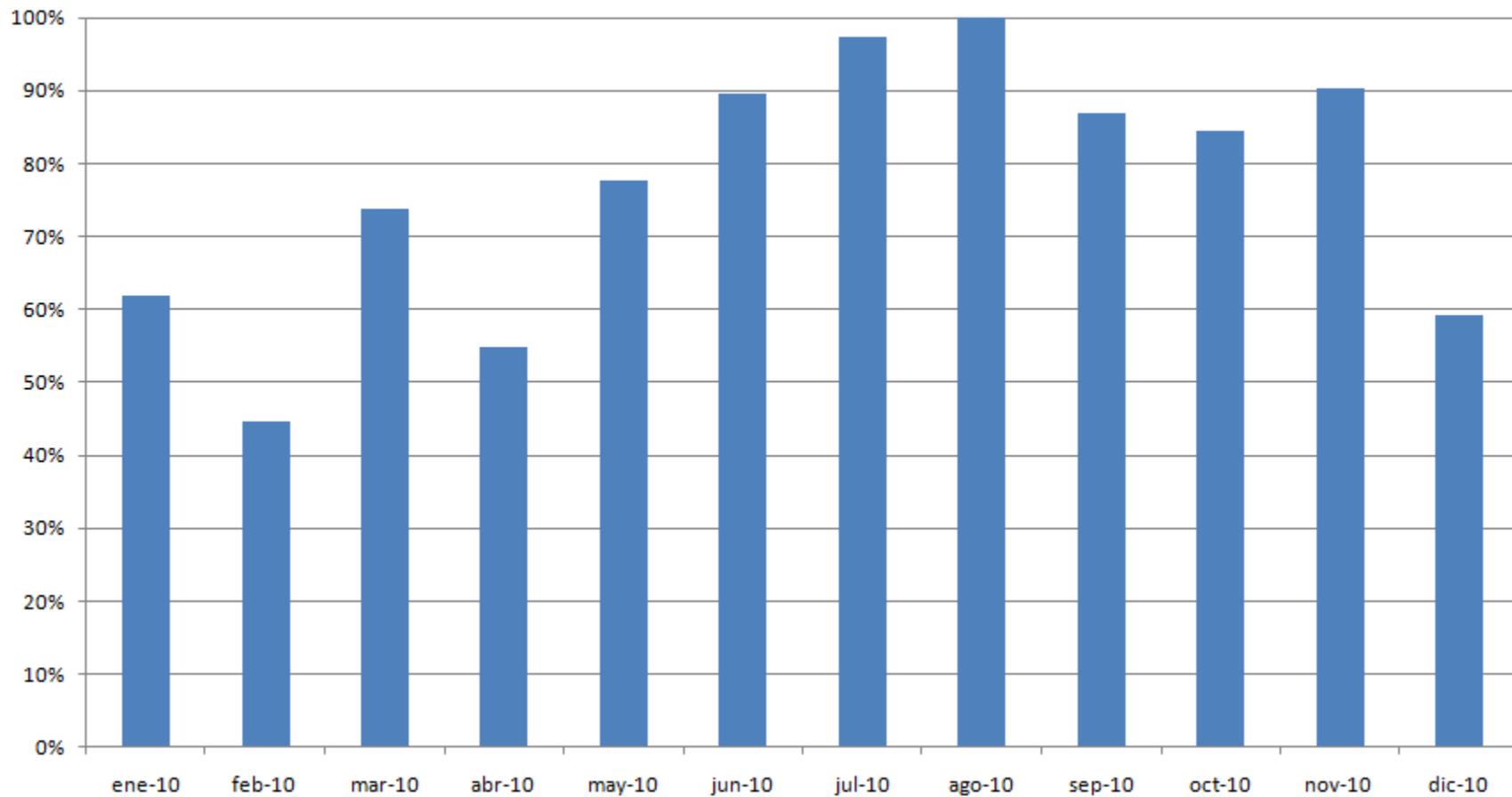
## Flujos mensuales Biogas



# Uso de Gas Ciudad



## Curva de producción anual Gas Ciudad

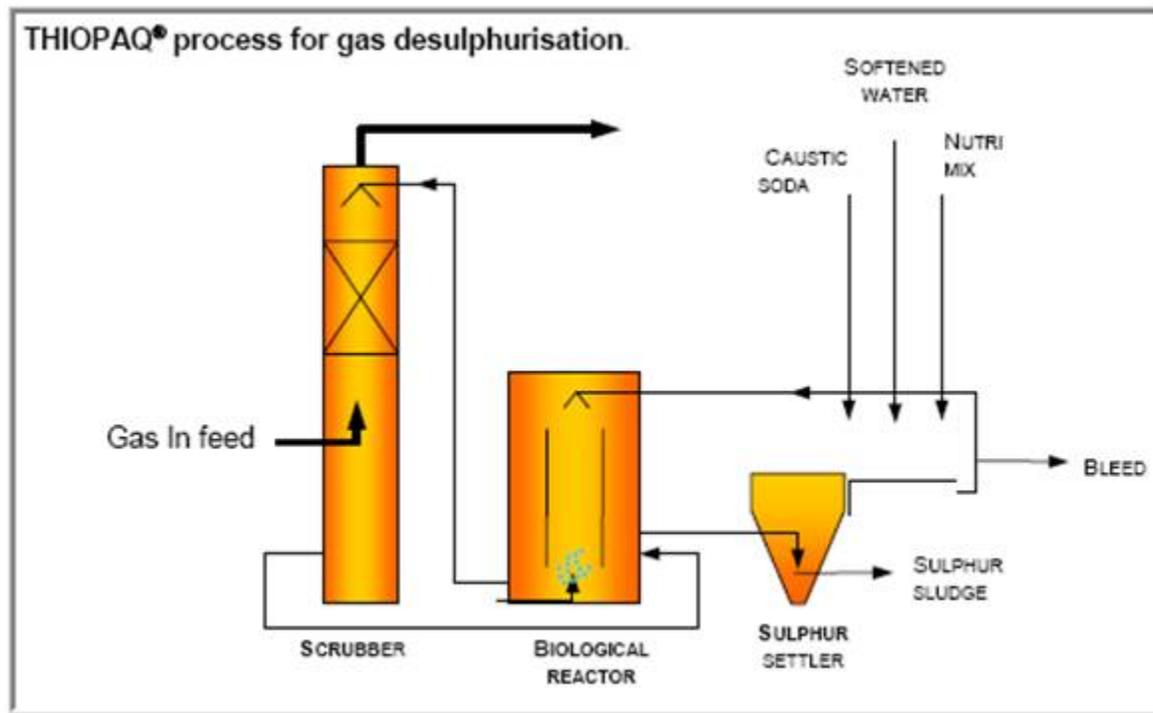


# Operación/Puesta en Marcha



- Poca (nula) experiencia operacional previa.
- Enclavamientos y software único.
- Liga dos plantas de alta complejidad con objetivos distintos y pertenecientes a dos empresas totalmente diferentes.
- Mantención preventiva/correctiva poca historia, creación de know-how y experiencia.
- Procesos biológicos: multivariables y “volátiles” (pH, Conductividad, Alcalinidad, SST, Dureza agua, Nivel nutrientes, Soda Cáustica)

# Desulfurizador Biológico “Paques”



Extrae H<sub>2</sub>S a < 25 ppm

- Scrubber (biogas con H<sub>2</sub>S entra en contacto con un chorro de agua que tiene NaOH )



- Reactor (donde viven las bacterias que generan la siguiente reacción)



# Operacionales



- Originalmente desulfuración primario (existente)  
“biothane” baja 2000 a 500 ppm H<sub>2</sub>S
  - Introduce oxígeno
    - H<sub>2</sub>S se oxida en absorbedor (no en reactor) a sulfato (SO<sub>4</sub>) y azufre
  - Si flujo baja de 33kgS/d (1800 Nm<sup>3</sup>/hr @ 500 ppm)
    - Bacterias poco activas en reactor
    - Sulfidrico en solución del absorbedor y no se oxida a sulfato en reactor sino en absorbedor.
- Hoy reemplazó Biothane y utiliza cloruro férrico (resultados con rezago, terremoto terminó FeCl<sub>3</sub>)



# Costos Operacionales



## - Valores

- Consumo eléctrico (promedio) : 85.000 kWh/mes  
0,25-0,35 US\$/MMBtu
- Mano de Obra, Insumos, repuestos: 0.8 – 2.3 US\$/MMBtu
- Inversión: 0,9 – 2 US\$/MMBtu

>Clave: Disponibilidad para mantener costos unitarios bajos

# Gases Efecto Invernadero: MDL\*



- Nueva metodología:
  - NM0262: “Biogenic methane use as Town Gas Factory feedstock and methane emission reduction of flare efficiency”.
  - 8 Agosto 2006
- CER’s Estimados:
  - 22.300 [tCO<sub>2</sub>/año]
  - Reforestar 3.000 Ha de Bosque
  - Evita quema 8.200 ton carbón/año

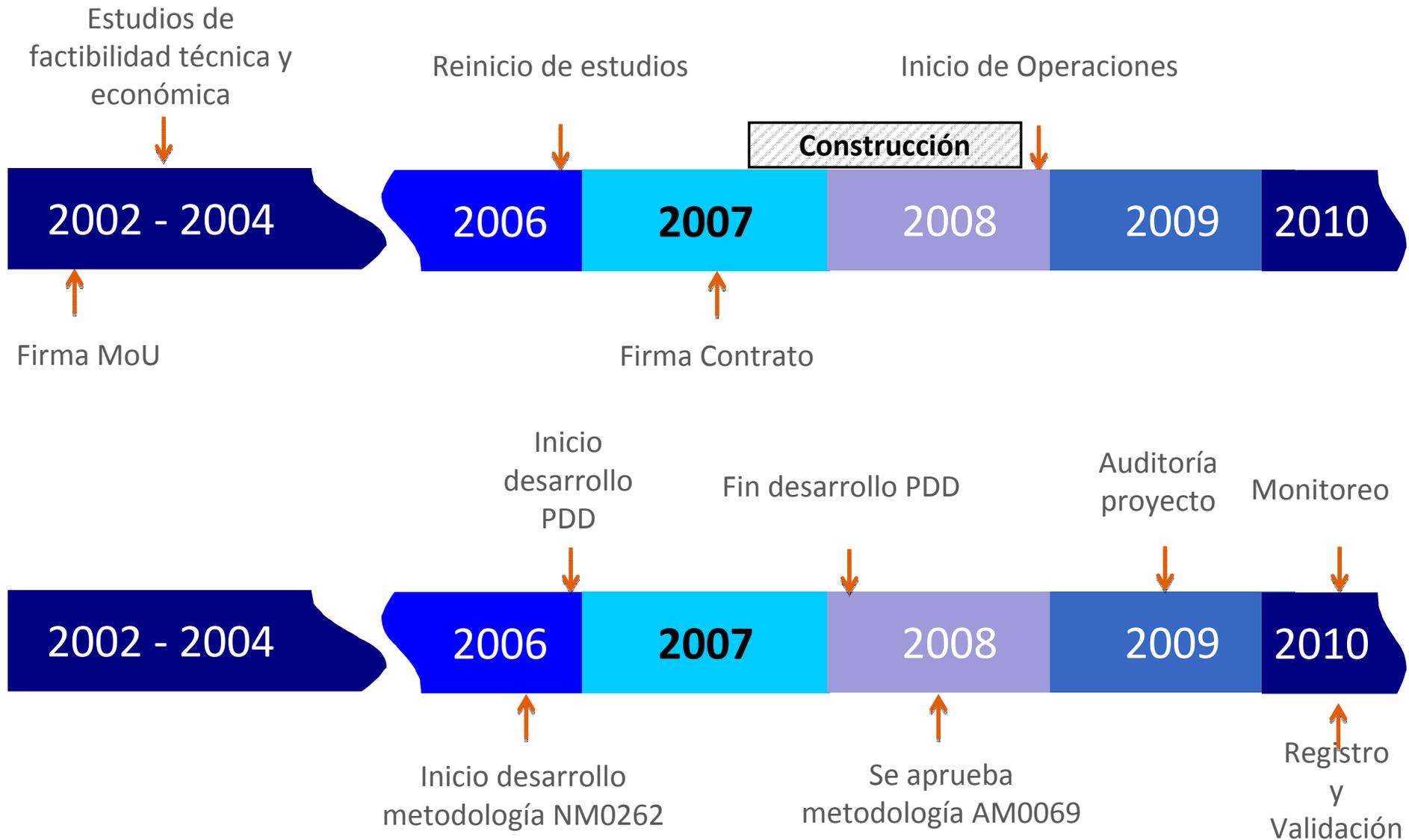


Gamma Ingenieros



\* MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio

# Timeline Biogas La Farfana



# Características La Farfana

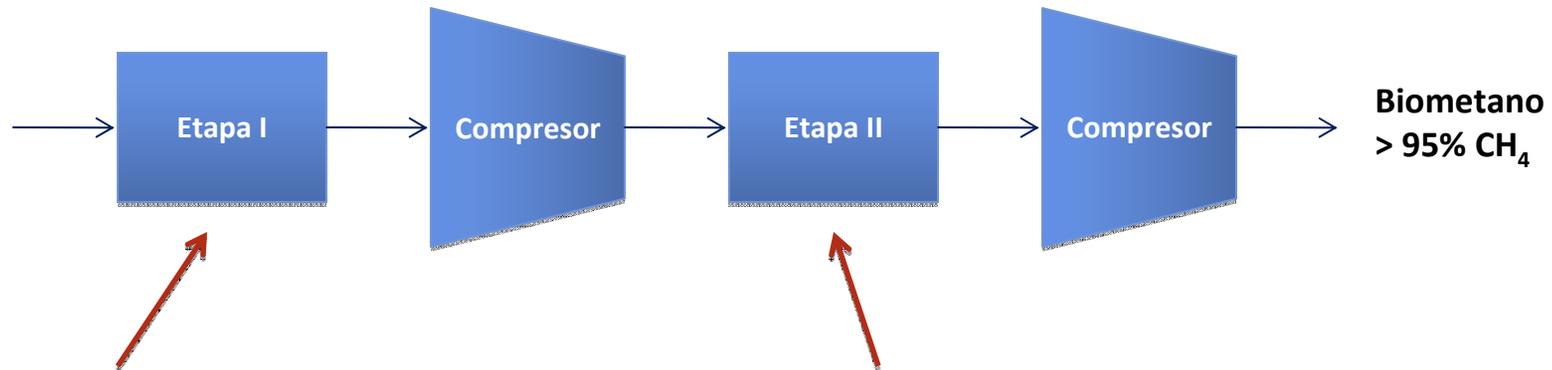


- Aporte Medioambiental
  - Reduce contaminantes locales (MP, NOx, COV, Az)
  - Reduce contaminantes Globales (GEI o CO2eq)
- Eficiencia Energética
- Sostenibilidad Energética
  - Reduce importación y uso combustibles extranjeros
  - Aprovechan recursos locales
- Creación de “Know-How”



**Otorgó Premio “Eficiencia Energética 2009”**

# Biometanización: Descripción del Proceso



## Etapa I - Limpieza:

- H<sub>2</sub>S, Agua, Partículas, Amoníaco, Hidrocarburos Halogenados
- Oxígeno, Componentes de Silicona (Siloxanos), Nitrógeno

## Etapa II - Tipos de proceso Upgrade:

- PSA (Pressure Swing Adsorption)
- Absorción con Agua (Scrubber)
- Absorción con Químicos (Selexol & Gensorb)
- Absorción con reacción química
- Separación con Membrana
- Proceso Criogénico

# Planta Biogás La Farfana: Metanización



Imperial Landfill 144.000m<sup>3</sup>/d

**Membrana**



Rumpkee Landfill 170.000m<sup>3</sup>/d

**Pressure Swing Adsorption (PSA)**



**Scrubber (agua)**

- **Hoy desarrollando norma de Biometano Chile:**

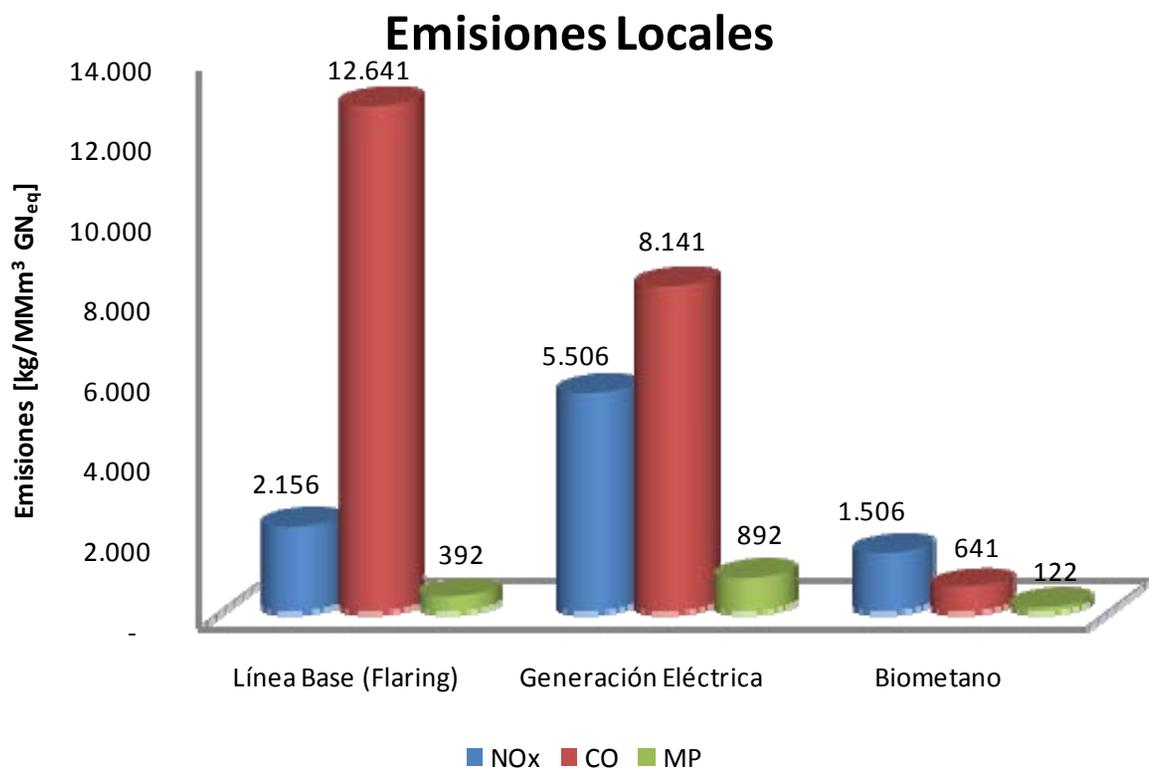
- En proceso de consulta pública
- Basada en CARB

# Biometanización

## Beneficios Ambientales



### — Proyectos Alternativos



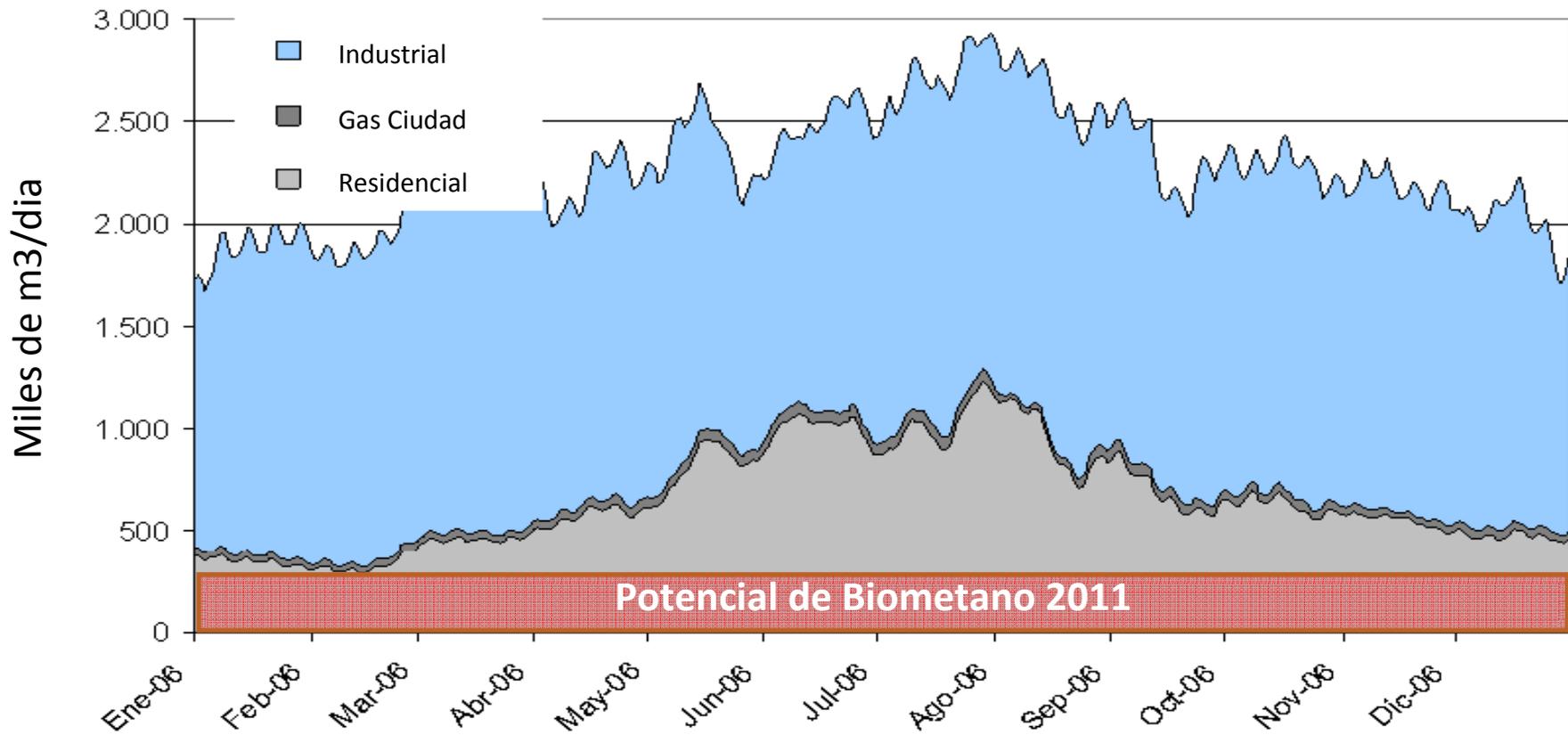
Fuente: Factores de emisión EPAAP-42

Biometano reduce las emisiones\*

\* Respecto del uso de biogás para generación eléctrica o flaring.

- **Línea Base:** Flaring + Consumo industrial de Gas Natural.
- **Proyecto Eléctrico:** Generación eléctrica usando motores de combustión interna + Consumo industrial de Gas Natural.
- **Biometanización:** el Biometano reemplaza el consumo de Gas Natural.

# Potencial Biometanización



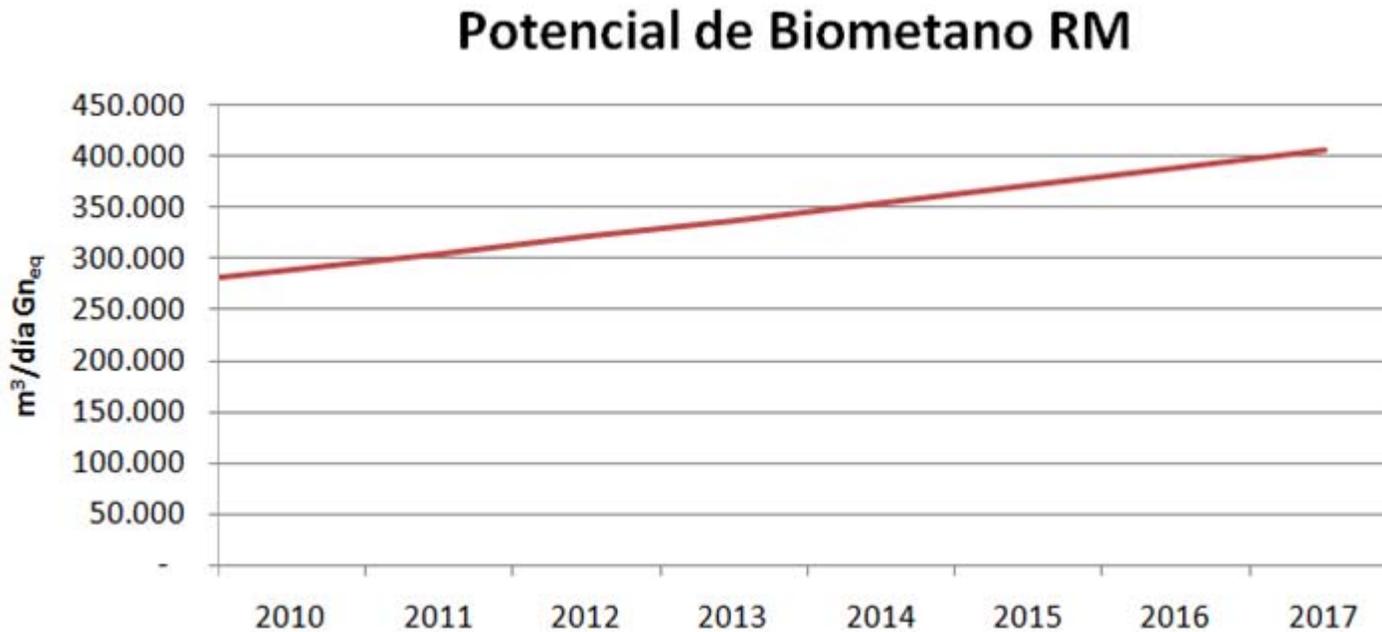
## Fuente

- Demanda:
  - Industrial: Metrogas 2004
  - Residencial – Comercial: Metrogas 2008
- Biometano: Volúmenes estimados "Potencial Biometano 2011". Análisis conservativo de eficiencia de upgrade (85%)

# Potencial Biometanización



- Existen varios proyectos potenciales cercanos a Santiago.
- Potencial de producción de Biogás:
  - 90 a 150 [MMm<sup>3</sup> GN<sub>eq</sub>/año]
  - 250 a 400 [Mm<sup>3</sup> GN<sub>eq</sub>/día]



Fuente: Estimación Metrogas (información entregada por plantas tratamiento de aguas y rellenos sanitarios)

# Biometanización: Metodologías



Metrogas y CantorCO2e logran nueva metodología aprobada (complementa ACM001)

– AM0053: “Injection of Biogenic Methane into a Natural Gas Distribution Grid”.

- Aprobada en plazo record de 137 días sólo con comentarios positivos (y ninguna observación negativa).
- Destaca aporte en eficiencia energética y en la reducción de contaminantes locales.



✓ Nueva Metodología MDL: Hito mundial por aporte a sostenibilidad ambiental

MDL: Mecanismo de desarrollo limpio - Protocolo de Kyoto.

# Biometanización: Consistencia MDL



- Muchos de los vertederos actualmente tienen proyectos MDL registrados (Flaring, metodología ACM001)
  - Proyectos obtienen CER's por proceso "flaring".
  - Biometanización
    - ✓ Mayor cantidad de CER's.
    - ✓ Mayor disminución de contaminantes locales.

Proyectos Registrados: MDL es una barrera a mejor uso biogás

# Ejemplos biometano

## Imperial Landfill



Procesamiento de biogás: 144.000 m<sup>3</sup>/día.  
72.000 m<sup>3</sup>/día GN<sub>eq</sub>

# Ejemplos biometano

## Ireland Coal Mine Methane



Procesamiento de biogás: 48.000 m<sup>3</sup>/día.  
24.000 m<sup>3</sup>/día GN<sub>eq</sub>



# Biogás

## Proyecto la Farfana

- I. Ian D. Nelson
- II. Metrogas S.A.

Octubre 2009

# Sistemas de abastecimiento:

## Biogás

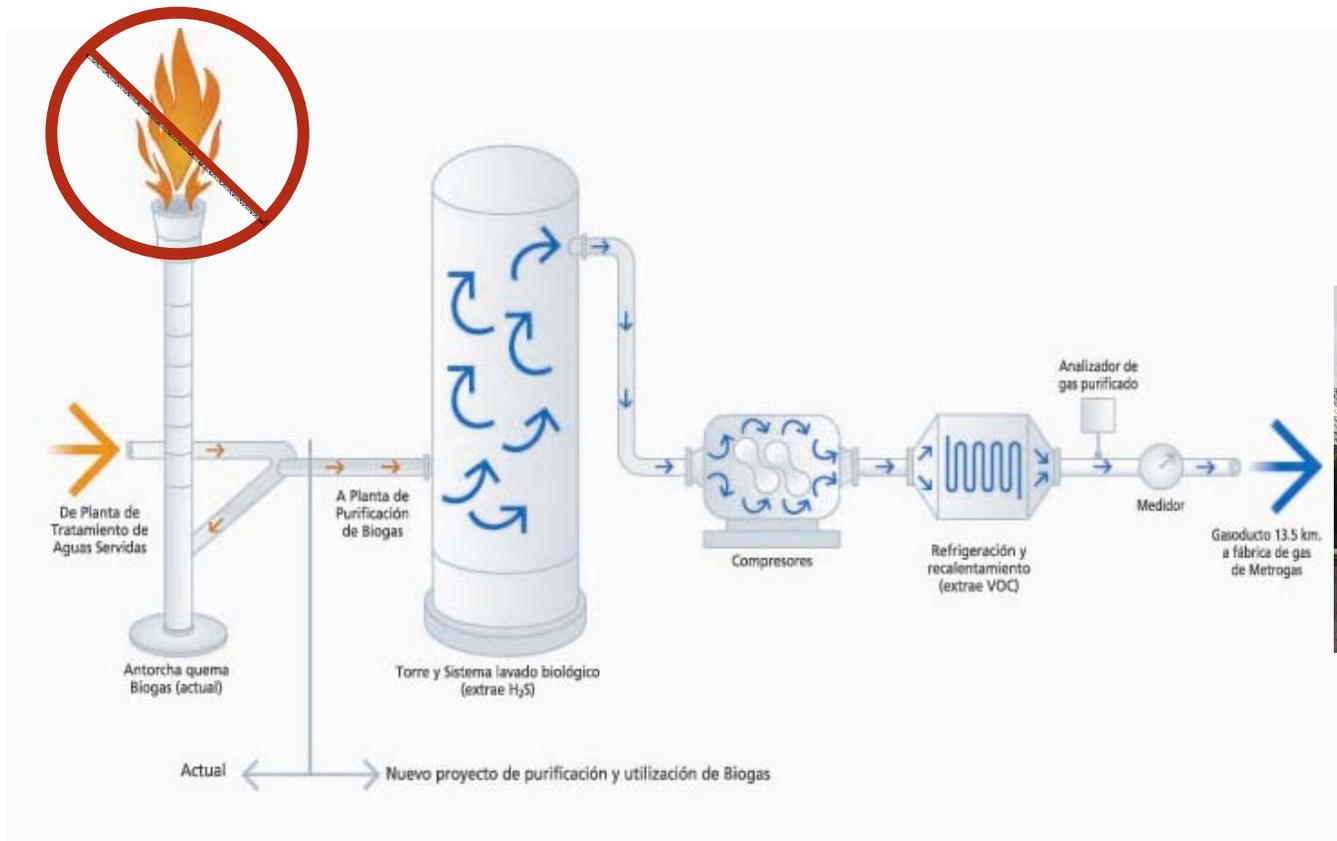


- Depende del origen del proceso de digestión anaeróbica. En general, los rangos son:

Elemento	Biogás (%)	Gas Natural (%)*
Metano CH <sub>4</sub>	50-75	95.9 – 97.8
Dióxido de Carbono CO <sub>2</sub>	25-50	0.4 – 1.2
Nitrógeno N <sub>2</sub>	0-10	0.8 - 1
Hidrógeno H <sub>2</sub>	0-1	
Oxígeno O <sub>2</sub>	0-2	
Ácido Sulfhídrico H <sub>2</sub> S	0-3 (hasta 2500 ppm)	0-5 mg/m <sup>3</sup>
Siloxanos	0-50 mg/m <sup>3</sup>	< 10 mg/m <sup>3</sup>
	<b>kcal/m<sup>3</sup></b>	<b>kcal/m<sup>3</sup></b>
Poder Calorífico	4500 (Relleno Sanitario) 5800 (P. Tratamiento	9300

\*Composición típica GN (en Ch Norma NCh 2264 '09) en desarrollo norma biometano  
agua)

# Proyecto biogás La Farfana



Fábrica Gas de Ciudad



Se apaga la llama y se aprovecha Biogas como insumo Gas de Ciudad