

# BIOGÁS

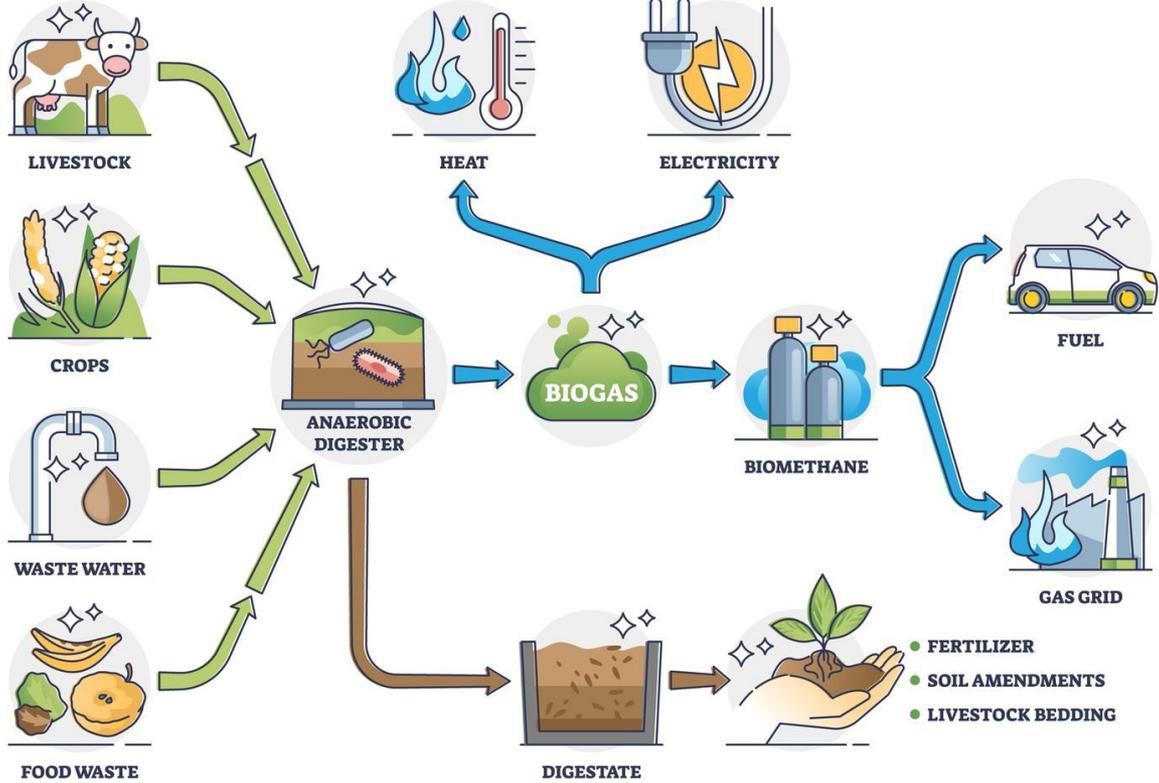
GECA - 2023

Santiago Couto - Franco Piperno - Inti Rodriguez

# ¿Qué es?

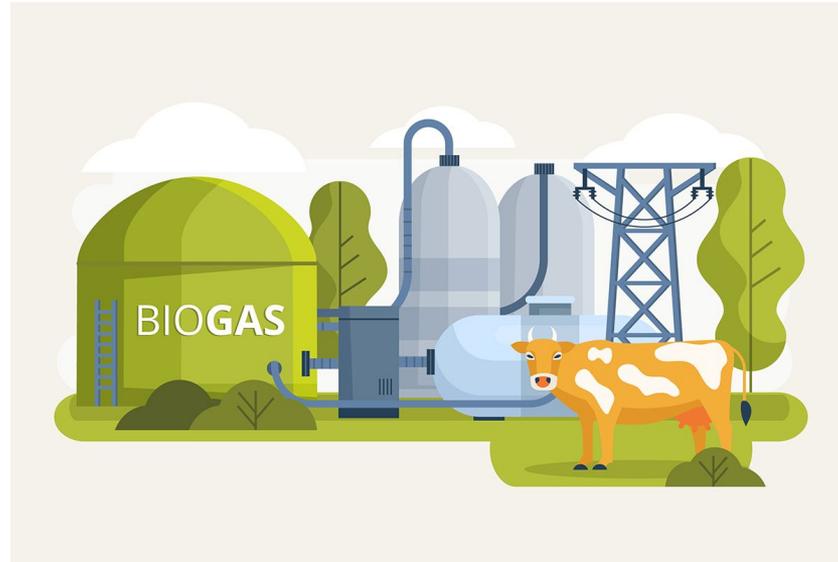
El biogás es una mezcla gaseosa formada principalmente de metano y dióxido de carbono, pero que también contiene diversas impurezas. Se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de materia orgánica, mediante la acción de microorganismos, y otros factores, en ausencia de oxígeno, es decir en un ambiente anaeróbico.

# BIOGAS



La biotecnología anaeróbica cumple tres necesidades:

- 1-Mejora condiciones sanitarias
- 2-Genera energía renovable
- 3-Produce biofertilizantes



Compuesto por:

- Gases principales: gases que están presentes en grandes cantidades.
- Oligogases: gases que están presentes en pequeñas cantidades.

Distribución porcentual típica de gases que se encuentran en un vertedero de residuos sólidos urbanos:

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (base volumen seco)<sup>b</sup></b>
Metano	45-60
Dióxido de carbono	40-60
Nitrógeno	2-5
Oxígeno	0,1-1,0
Sulfuros, disulfuros, mercaptanos, etc.	0-1,0
Amoníaco	0,1-1,0
Hidrógeno	0-0,2
Monóxido de carbono	0-0,2
Constituyentes en cantidades traza	0,01-0,6

Compuesto por:

- Gases principales: gases que están presentes en grandes cantidades.
- Oligogases: gases que están presentes en pequeñas cantidades.

Distribución porcentual típica de gases que se encuentran en un vertedero de residuos sólidos urbanos:

Componente	Porcentaje (base volumen seco) <sup>b</sup>	
Metano	45-60	Principales
Dióxido de carbono	40-60	
Nitrógeno	2-5	
Oxígeno	0,1-1,0	Oligogases
Sulfuros, disulfuros, mercaptanos, etc.	0-1,0	
Amoníaco	0,1-1,0	
Hidrógeno	0-0,2	
Monóxido de carbono	0-0,2	
Constituyentes en cantidades traza	0,01-0,6	

# Introducción:

- Finales del siglo XVIII:** Alessandro Volta identifica el metano ( $\text{CH}_4$ ) en burbujas de pantanos.
- Segunda Guerra Mundial:** el metano adquiere importancia debido a la escasez de combustibles. Termina la guerra y las plantas van cerrando.
- **1960:** India impulsa la tecnología de producción de biogás a partir de estiércol bovino. Con un doble objetivo: aprovechamiento energético y la obtención de un biofertilizante.
- **1970:** China promueve la construcción de digestores de biogás a nivel nacional.
- En los países industrializados, la tecnología de biodigestión se enfoca en la estabilización de lodos activos de aguas residuales domiciliarias por motivaciones medioambientales, no tanto por factores económicos.

\*Manual del Biogás: Ministerio de  
Energía de Chile

- **1980:** volvió a adquirir cierta importancia como forma de recuperación energética en explotaciones agropecuarias y agroindustriales.

Sin embargo, con la disminución de los precios del petróleo, a finales de los años ochenta, el interés por la tecnología de digestión anaeróbica volvió a decaer, aunque en algunos países industrializados se han desarrollado importantes programas de desarrollo de plantas anaeróbicas a escala industrial y doméstica

- **Actualmente:** el biogás se utiliza como fuente de combustible a nivel industrial y doméstico, impulsando el desarrollo económico y ofreciendo una fuente de energía renovable.

# Métodos de recolección

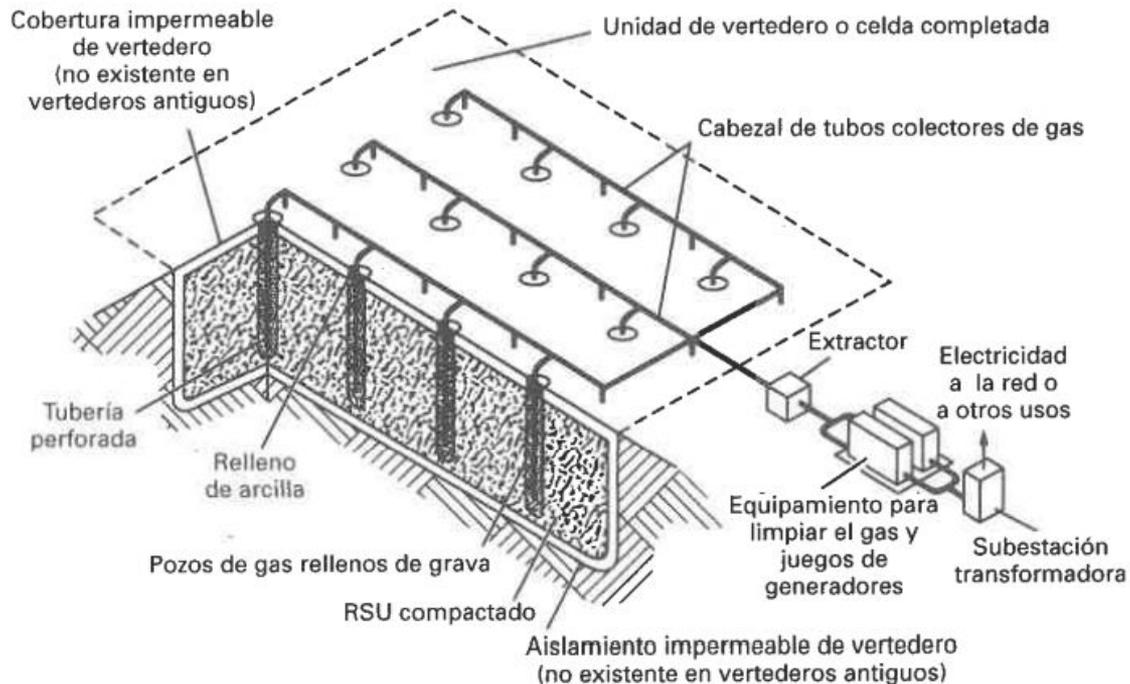
- Chimeneas perimetrales

- profundidades  $> 8$  m , urbanización cercana
- dentro o en el perímetro del vertedero
- generación de vacío mediante compresor eléctrico
- 10 - 16 cm recubiertas de grava y tierra

- Zanjas perimetrales

- profundidades  $< 8$  m
- zanjas llenas de grava con tuberías perforadas
- Extensión: desde la superficie del vertedero hasta la prof. total de los RS

# Sistema para la recuperación del gas del vertedero utilizando chimeneas verticales



# Gestión del gas de vertedero

- Incineración de los gases del vertedero
  - se quema el metano y otros oligogases (más oxígeno) ⇒ produciéndose dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y otros gases relacionados
  - Se utilizan instalaciones modernas que cumplen ciertas especificaciones cuidando la contaminación de aire
- Recuperación de energía a partir del gas del vertedero
  - Se utilizan motores de combustión interna o turbinas de gas
  - Se debe tener cuidado con el ácido sulfhídrico
  - Ciclo de servicio: 3.000-10.000 hs (combustión) y 10.000 aprox. (turbinas)

# Usos del biogás

- El uso más simple:** Energía térmica, que sirve para cocinar y calentar agua.
- Generación de electricidad o combinación de calor y electricidad:** El uso de biogás en estos sistemas requiere la remoción de H<sub>2</sub>S (bajo 100 ppm) y vapor de agua.
- Combustible para vehículos:** debe tener una calidad similar a la del gas natural. Implica una gran cantidad de complicaciones, principalmente falta red de abastecimiento y complicaciones en la instalación.

# Beneficios

- ❑ Reducción de emisiones → respecto a combustibles fósiles
- ❑ Sustituto de gasolina y diesel → caros y perjudiciales
- ❑ Mejoraría la vida de los agricultores → excremento de animales y restos de cosechas, mayores ingresos
- ❑ Fertilizante de alta calidad → gran contenido de fósforo, nitrato y potasio
- ❑ Suministro de energía donde se quiera → países emergentes y en desarrollo
- ❑ Combustible confiable → no depende de las condiciones climáticas

# Factores determinantes en la producción de biogás

- Naturaleza y composición bioquímica de materias primas.
- Relación carbono/nitrógeno de las materias primas.
- Niveles de sólidos totales y sólidos volátiles.
- Temperatura
- Tiempo de retención hidráulico (TRH) y velocidad de carga orgánica
- Rangos de pH y alcalinidad
- Nutrientes (niveles de sales)
- Potencial redox
- Tóxicos e inhibidores de la metanogénesis
- Promotores de la metanogénesis (inoculantes biológicos)

# Naturaleza y composición bioquímica de materias primas.

Residuos de origen animal	estiércol, orina, guano, camas, residuos de mataderos (sangre y otros), residuos de pescados.
Residuos de origen vegetal	malezas, rastrojos de cosechas, pajas, forraje en mal estado.
Residuos de origen humano	heces, basura, orina.
Residuos agroindustriales	salvado de arroz, orujos, coquetas, melazas, residuos de semillas.
Residuos forestales	hojas, vástagos, ramas y cortezas.
Residuos de cultivos acuáticos	algas marinas, jacintos y malezas acuáticas.

Es importante que las características bioquímicas que presenten estos residuos permitan el desarrollo y la actividad microbiana del sistema anaeróbico.

Además de fuentes de carbono y nitrógeno debe haber cierto equilibrio de sales minerales:

- azufre
- fósforo
- potasio
- calcio
- magnesio
- hierro
- manganeso
- molibdeno
- zinc
- cobalto
- selenio
- tungsteno
- níquel
- otros menores

\*Normalmente las sustancias orgánicas como los estiércoles y efluentes cloacales presentan estos elementos en proporciones adecuadas. Altos contenidos de lignina deben ser tratados previamente.

# Relación carbono/nitrógeno de las materias primas.

El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para la formación de nuevas células

Rango óptimo entre 30 C:1N a 20 C:1N

Superior a 35:1: el proceso se da más lento por la falta de nitrógeno.

Inferior a 8:1: se produce mucho amonio, lo que es tóxico e inhibe el proceso.

# Niveles de sólidos totales y sólidos volátiles

- Digestores continuos: 8-12%
- Digestores semicontinuos: 40-60%

Materias primas	% Sólidos totales
<b>Residuos animales</b>	
Bovinos	13.4 – 56.2
Porcinos	15.0 – 49.0
Aves	26.0 – 92.0
Caprinos	83.0 – 92.0
Ovejas	32.0 – 45.0
Conejos	34.7 – 90.8
Equinos	19.0 – 42.9
Excretas humanas	17.0
<b>Residuos vegetales</b>	
Hojas secas	50.0
Rastrojo maíz	77.0
Paja trigo	88.0 – 90.0
Paja arroz	88.8 – 92.6
Leguminosas (paja)	60.0 – 80.0
Tubérculos (hojas)	10.0 – 20.0
Hortalizas (hojas)	10.0 – 15.0
Aserrín	74.0 – 80.0

Fuente: Varnero y Arellano, 1991.

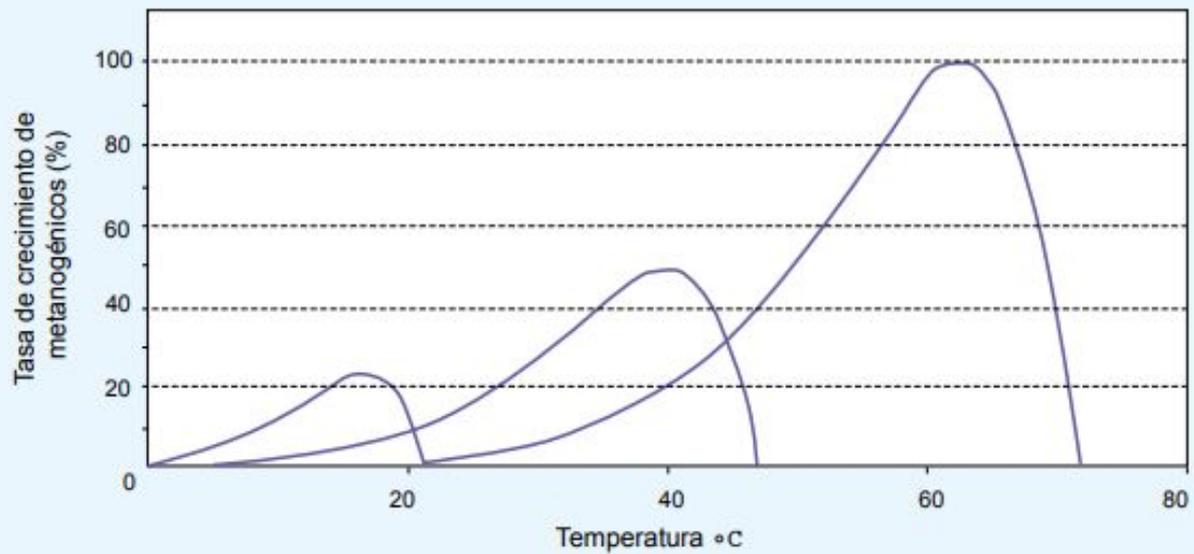
# Temperatura

El proceso es fuertemente dependiente de la temperatura.

Cambios bruscos de temperatura pueden desestabilizar el proceso. Diseño: variaciones de temperatura que no excedan los 0.6 – 1.2 °C /día.

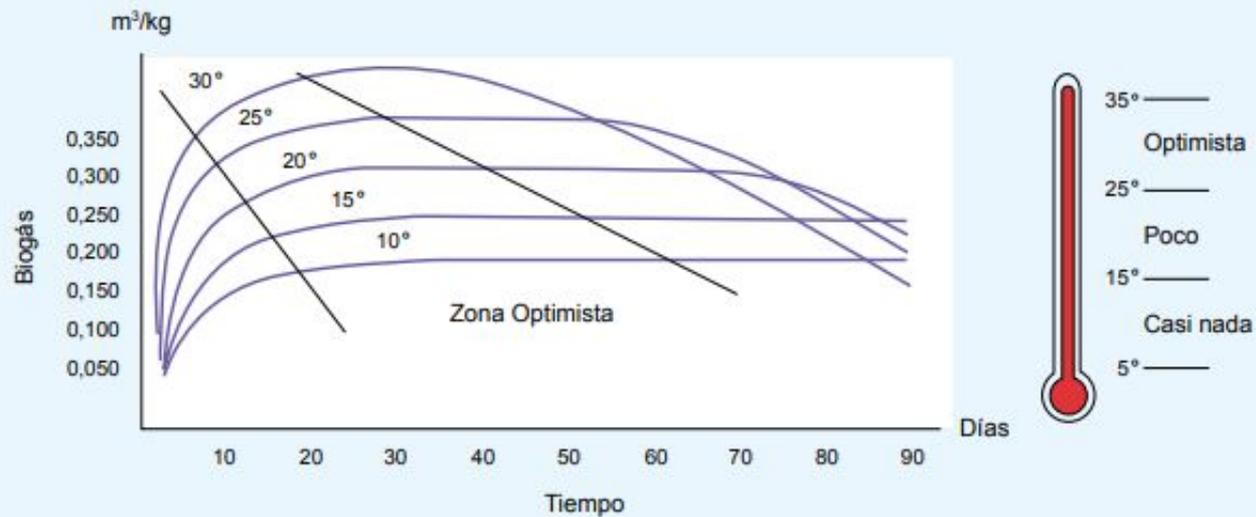
Tres rangos de temperatura: psicrófilos (por debajo de 25°C), mesófilos (entre 25 y 45°C) y termófilos (entre 45 y 65°C).

Usualmente en rango mesofílico, por las complicaciones que genera el termófilo.



Fuente: Soegee (1996)

## Producción de Biogás en función de la Temperatura



Fuente: Varnero, 1991

# Tiempo de retención hidráulico (TRH)

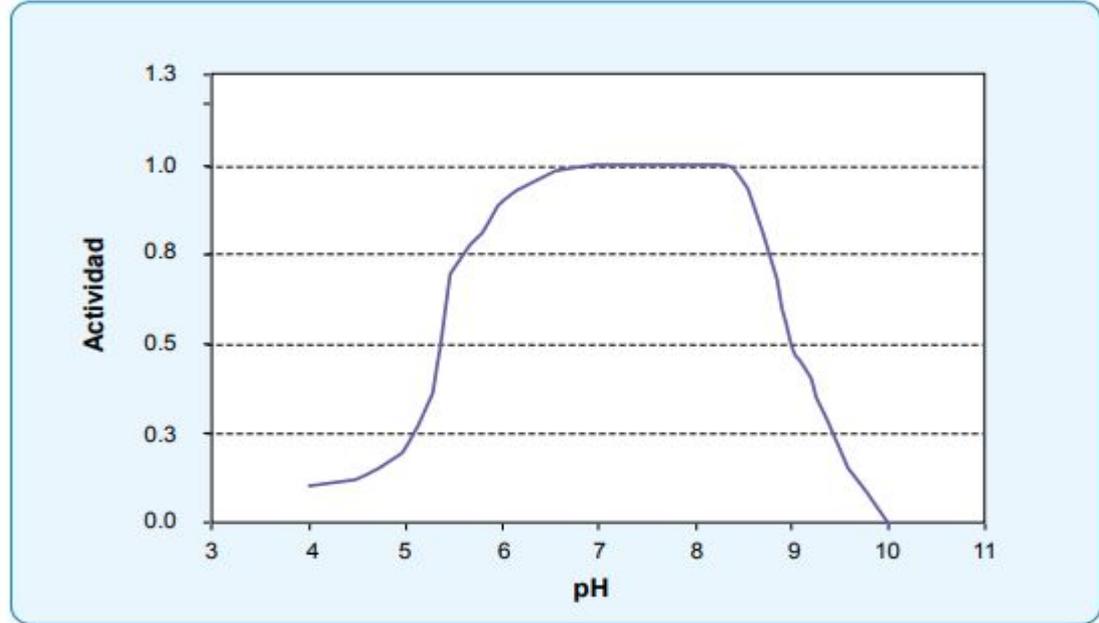
Tiempo de retención hidráulico	Características
30 – 40 días	Clima tropical con regiones planas. Ej. Indonesia, Venezuela, América Central.
40 – 60 días	Regiones cálidas con inviernos fríos cortos. Ej. India, Filipinas, Etiopía.
60 – 90 días	Clima temperado con inviernos fríos. Ej. China, Corea, Turquía.

Régimen semicontinuo:

$$\frac{\text{Volumen del digestor (m}^3\text{)}}{\text{Tiempo de retención (días)}} = \text{Volumen de carga diaria m}^3\text{/día}$$

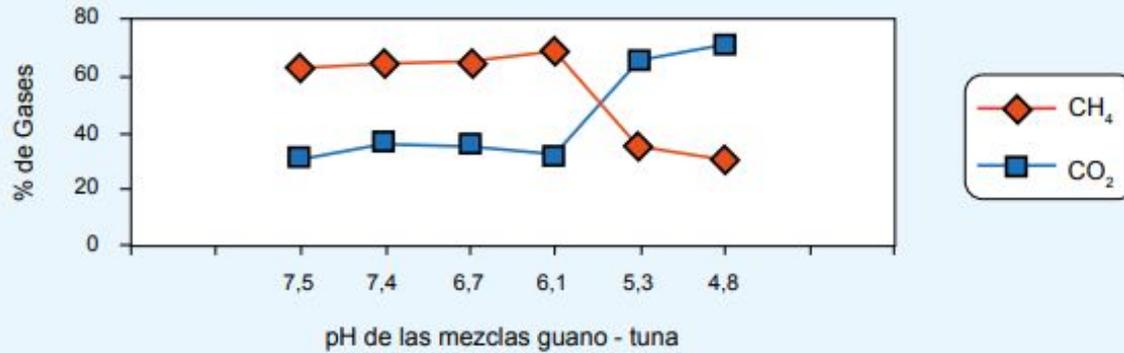
# pH

El pH influye en la actividad y en la composición del biogás.



Fuente: Speece (1996)

### Composición del Biogás en función del pH de las mezclas guano - tuna

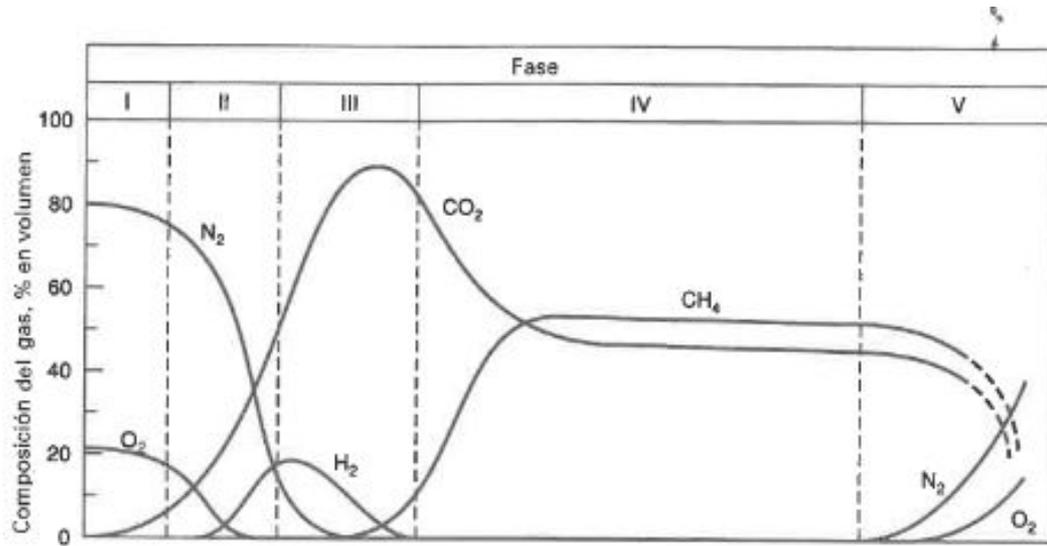


Fuente: Varnero y Arellano, 1991

\*Un gas pobre en metano tiene menos contenido energético.

\*Los diferentes grupos bacterianos presentes en el proceso de digestión anaeróbica tienen unos niveles de actividad óptimos en torno a la neutralidad.

# Generación de los principales gases del vertedero



Fases de generación:

-Fase I : ajuste inicial

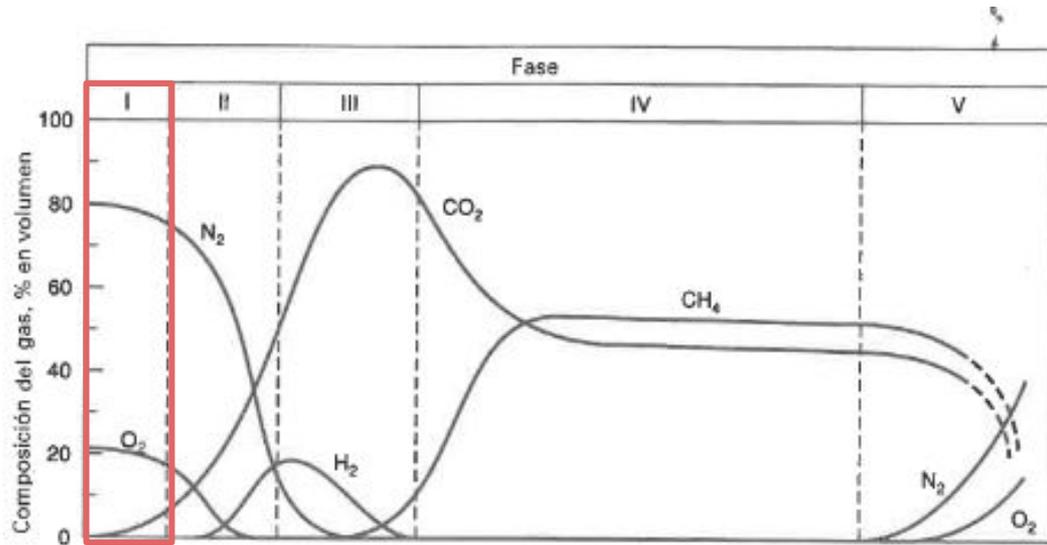
-Fase II: fase de transición

-Fase III: fase ácida

-Fase IV: fase de fermentación del metano

-Fase V: fase de maduración

# Generación de los principales gases del vertedero



Fase I: Ajuste inicial

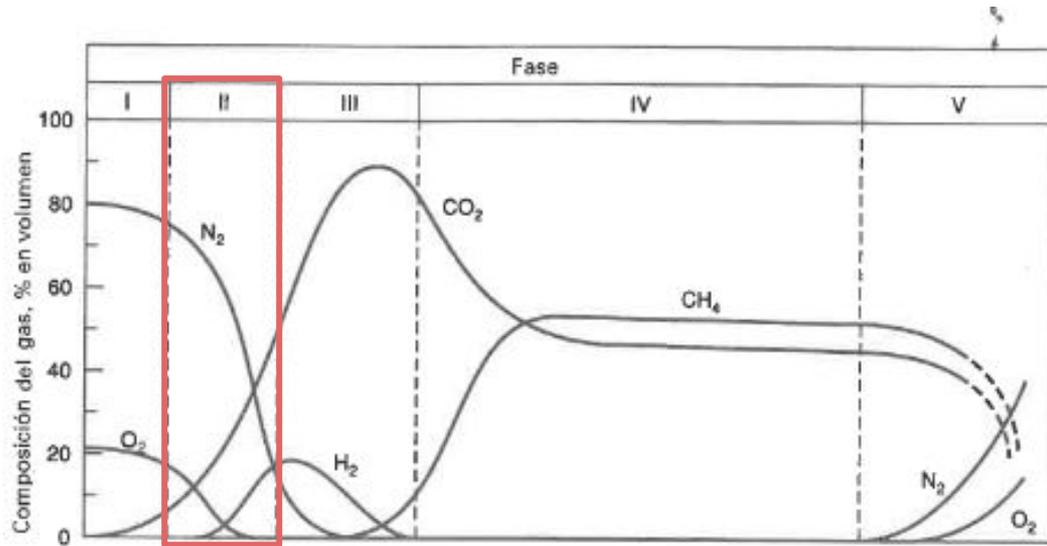
Descomposición de los residuos en condiciones aerobias.

Se da mientras se colocan los desechos en el vertedero y por un período posterior.

La materia orgánica fácilmente biodegradable se descompone por la presencia de oxígeno y se comienza a formar dióxido de carbono.

La fuente principal de organismos responsables de la descomposición es la cubrición diaria.

# Generación de los principales gases del vertedero



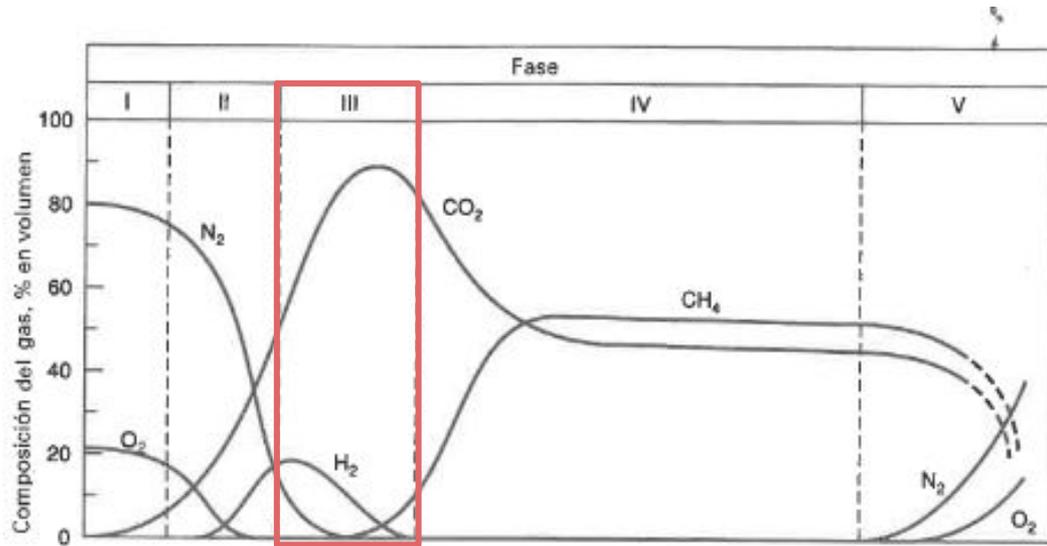
Fase II: Fase de transición

Comienzan a desarrollarse condiciones anaerobias.

Se da el proceso de fermentación. Los organismos facultativos producen ácidos orgánicos y se reduce el pH.

Las condiciones permiten que se de la liberación de metales pesados y la generación de dióxido de carbono.

# Generación de los principales gases del vertedero



Fase III: Fase ácida

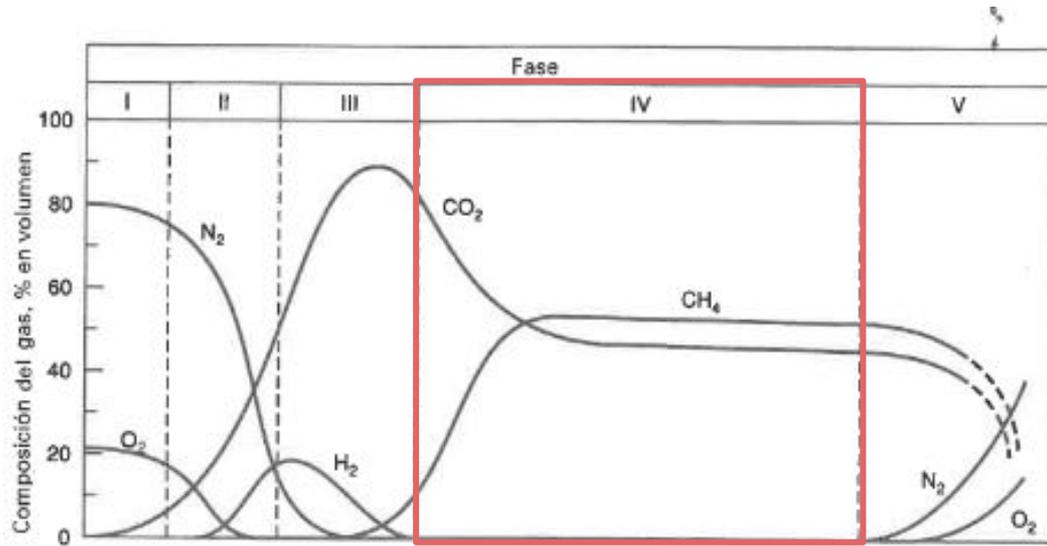
Se acelera la actividad microbiana iniciada en la fase II.

Se comienza a generar metano mientras se reduce la formación de dióxido de carbono.

Es un proceso de tres pasos:

- Hidrólisis
- Acidogénesis
- Acetogénesis

# Generación de los principales gases del vertedero

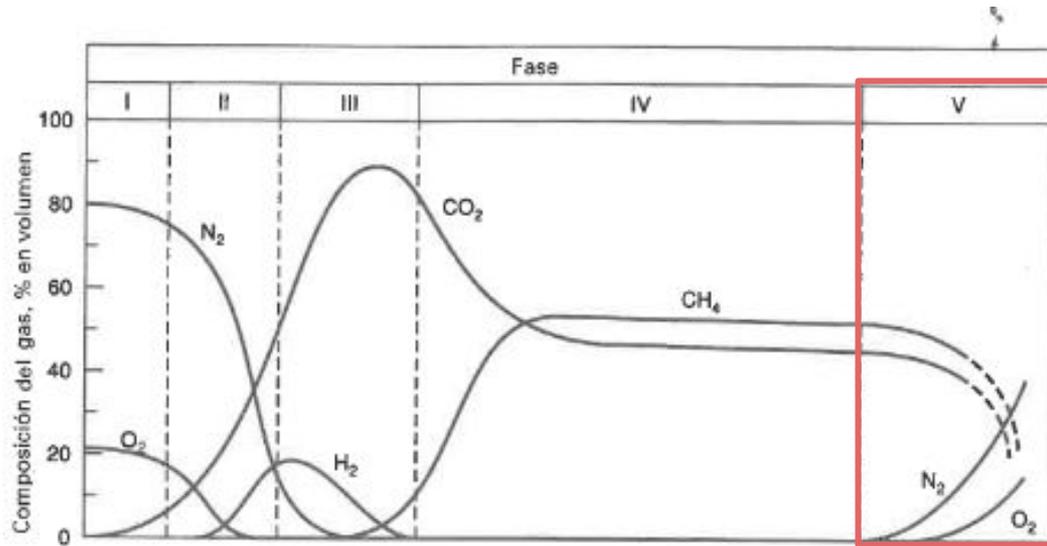


Fase IV: Fase de fermentación del metano

Los organismos metanogénicos, estrictamente anaerobios, forman metano y dióxido de carbono.

Se da la mayor producción de metano durante esta fase.

# Generación de los principales gases del vertedero



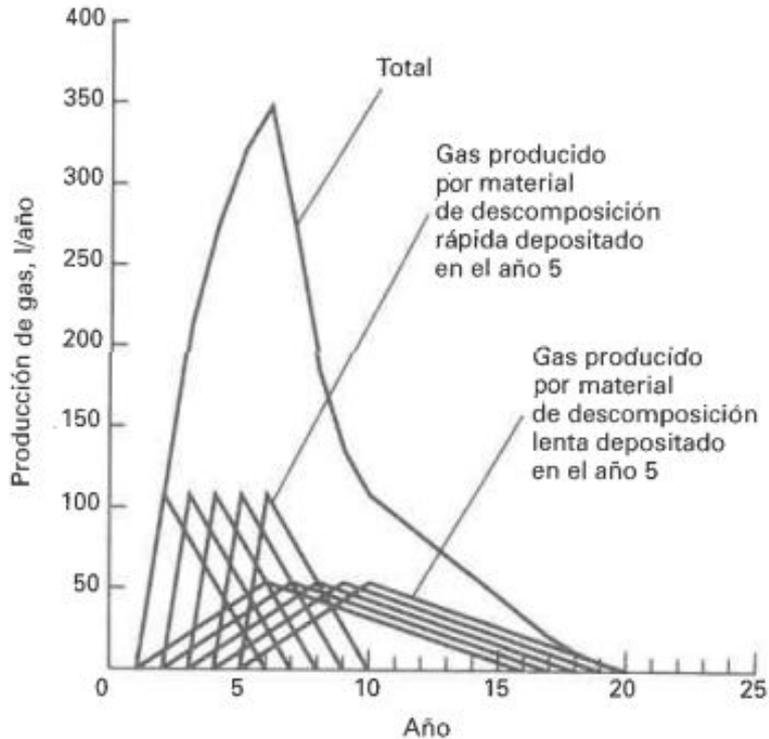
Fase V: Fase de maduración

Se da luego de que el material inorgánico biodegradable se convierte en metano y dióxido de carbono.

La velocidad de formación de gas disminuye significativamente.

Según las medidas de sellado del relleno pueden encontrarse nitrógeno y oxígeno en el gas de vertedero.

# Duración del proceso



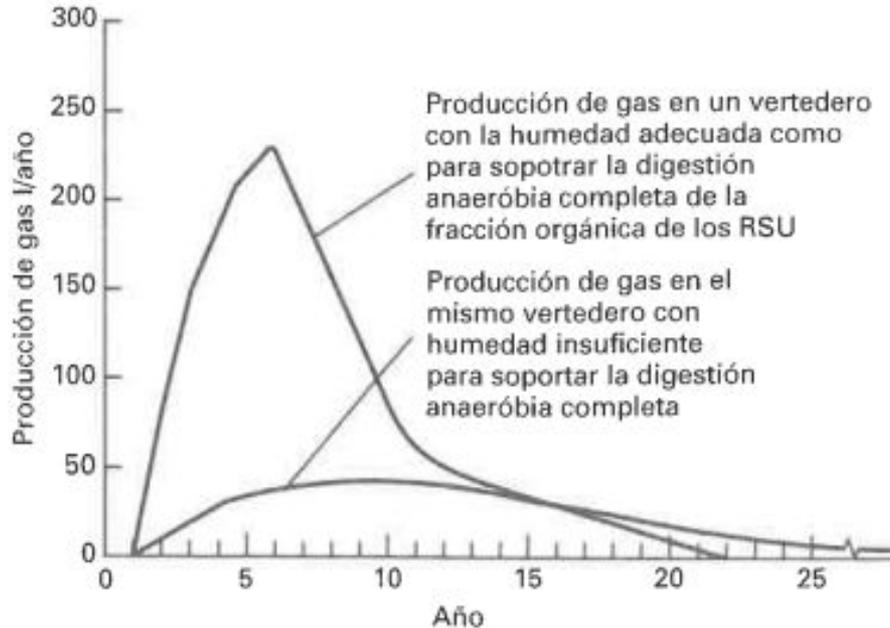
Materiales orgánicos de los RSU:

-Materiales de degradación rápida: de 3 meses a 5 años

-Materiales de degradación lenta: hasta 50 años o más

En condiciones normales, el pico se da cerca del comienzo del proceso y luego continúa de manera desacelerada durante un período de tiempo extenso.

# Efecto de la humedad



Un contenido de humedad insuficiente afecta la velocidad del proceso, pudiendo llegar a detenerlo completamente.

Contenido óptimo de humedad: entre 50 % y 60 %

# Ejemplos de plantas de biogás desarrolladas por TAVAGUA (empresa alemana)



## TANGELN, SACHSEN-ANHALT, ALEMANIA

GENERACIÓN ELÉCTRICA - 20 MW/h día, 7.300 MW/h año  
GENERACIÓN TÉRMICA - 22 MW/h día, 8.000 MW/h año



## SAND IN TAUFERS, BOLZANO, ITALIA

GENERACIÓN ELÉCTRICA - 15 MW/h día, 5.000 MW/h año  
GENERACIÓN TÉRMICA - 17 MW/h día, 6.500 MW/h año

# Planta en Pergamino, provincia BSAS, Argentina.

Produce entre 5% y 7% del consumo energético de la ciudad, principalmente con los desechos de la industria del maíz

Pergamino: 105.590 habitantes





Acopio de marlos

# Situación de los vertederos nacionales

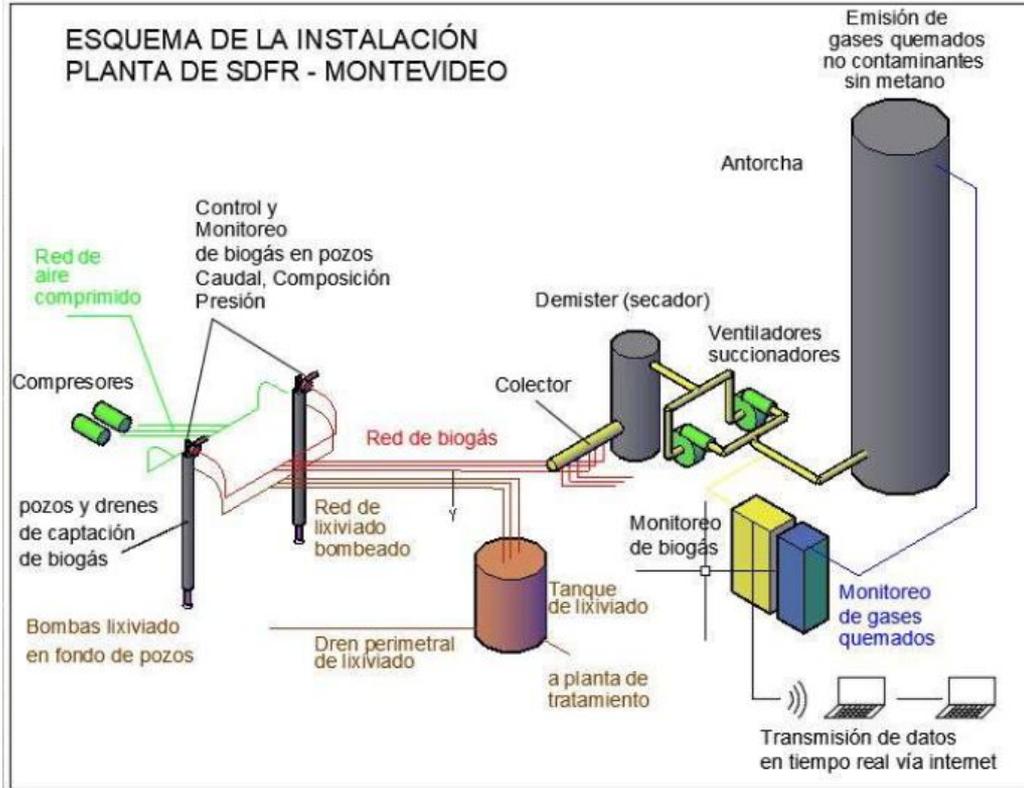
	Balanza	Control de ingreso	Frecuencia cobertura	Cercamiento del área	Impermeabilización de celda	Captación y tratamiento de lixiviados	Captación de biogás	Ausencia de clasificadores informales operando en celda
Montevideo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Canelones	✗	✓	●	●	●	✓	✓	✓
Maldonado	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Colonia	✗	●	●	●	✗	✗	✗	✓
Salto	✗	✗	●	●	✗	✗	✗	✗
San José	✗	●	●	✓	✓	✓	✓	●
Paysandú	✗	●	●	●	●	●	✗	✗
Rivera	✓	✓	●	✓	✗	✓	✗	●
Artigas	✗	✗	✗	✓	✓	✗	●	●
Cerro Largo	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Soriano	✗	✓	✓	✓	●	●	✗	●
Rocha	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tacuarembó	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Florida	✗	✓	●	✓	✓	●	✗	✓
Lavalleja	✗	●	●	●	✗	✗	✗	✗
Río Negro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Durazno	✗	●	●	●	✗	✗	✗	●
Treinta y Tres	✗	●	●	●	✗	●	✗	✗
Flores	✗	✗	●	✓	✗	✗	✗	✓

Fuente: PNGR. Levenda: verde=condiciones adecuadas; amarillo=condiciones insuficientes; rojo=no existe.





# Planta de Felipe Cardozo - Montevideo



Construida en 2012, se usan chimeneas de extracción.

La quema de metano genera créditos de carbono, que fueron comercializados en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio

Se reduce la presencia de olores en la zona.

Se mitigan los efectos negativos de la generación de biogás.

El monitoreo de biogás se hace mediante internet y a tiempo real.

# Monitoreo en tiempo real vía internet

## LFG Pro

Inicio    Acerca de    Disposición    Operador de Herramientas    Instrumento de Operaciones    Informes

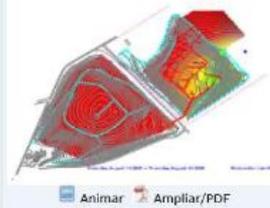
Desconectarse

PZamonsky | Proyecto Montevideo Landfill

---

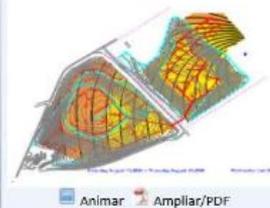
Organizar Panel de Control
PROYECTO Predeterminado
Página Predeterminada
Ayuda
Mi perfil

#### Mapa del CH4



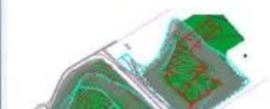
Animar    Ampliar/PDF

#### Mapa de CO2



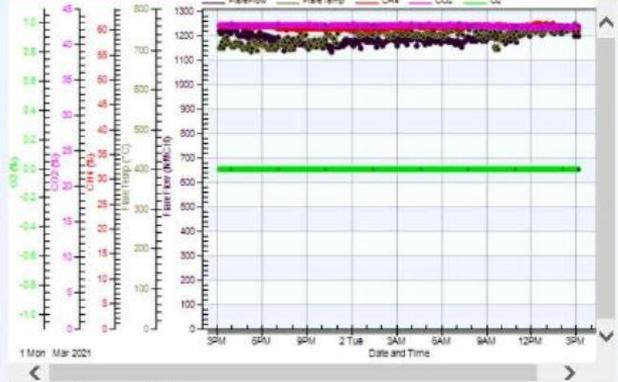
Animar    Ampliar/PDF

#### O2 Mapa



#### 24 horas de fotos instantaneas

##### Montevideo



Haz clic aquí para ver detalles

##### Lecturas Calibración

Montevideo		CH4 Span (% vol)		CO2 Span (% vol)		O2 Span (% vol)			
Fecha	Objetivo	Verificación	Cal	Objetivo	Verificación	Cal	Objetivo	Verificación	Cal
01/03/2021 01:00:19 p.m.	50,4	50,6		34,9	34,6		4,8	4,4	
01/03/2021 07:00:38 p.m.	50,4	50,1		34,9	34,7		4,8	4,4	
02/03/2021 01:01:02 a.m.	50,4	50		34,9	34,7		4,8	4,4	

#### AEMS datos

Montevideo

Fecha: 02/03/2021 03:06:44 p.m.

Canal	Lectura	U.O.M.
CH4	60,6	(%)
O2	0,0	(%)
Flare Flow	1198,6	(NMCH)
Flare Temperature	749,8	(° C)
Exhaust CH4	500,0	(PPM)
Exhaust O2	7,2	(%)

#### Los productos no supervisado

	02/2021	03/2021
No supervisado	29	29
Monitoreado	0	0

#### Resumen MMBTU

Montevideo

No hay canal de este tipo RELACIONADO con esta unidad

#### Resumen CERE

Montevideo

No hay canal de este tipo RELACIONADO con esta unidad

#### Acceso de usuario

Nombre del Usuario	Correo electrónico

¡Gracias! :)