

## OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE PARA AUTOMÓVIL MEDIANTE SISTEMA INTEGRAL DE FILTRADO.

### PECUARIO, BIOCOMBUSTIBLE, BIOGÁS.

**1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.** El sistema integral consiste en una columna empacada con polímero de alta área superficial, tanque de almacenamiento de agua, un par de bombas de agua, flujómetros y filtro de nano partículas magnéticas. Es un sistema integral para incrementar el porcentaje de metano ( $\text{CH}_4$ ) y disminuir el porcentaje de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) contenido en el biogás; sin importar la dieta animal o el manejo del biodigestor. El biogás se hace pasar por la columna empacada donde se encuentra un fluido con características especiales como agua con pH específico que depende de las condiciones del biogás en el biodigestor; al entrar en contacto el biogás con el fluido se incrementa el porcentaje de metano desde 65% hasta llegar a 90% y se disminuye el porcentaje de bióxido de carbono en 80%; al salir el metano de la columna, se elimina el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) por medio de un filtro de nano partículas. Al incrementar el porcentaje de metano, y eliminar sulfuro de hidrógeno, el biogás es transformado en biometano que sirve como combustible para uso automotriz. Al automóvil se le debe de realizar una conversión del sistema de inyección de combustible para poder usar el bio-metano.

**2. PROBLEMA, OPORTUNIDAD, NECESIDAD ATENDIDO.** En México existen alrededor de 751 biodigestores de los cuales la mayoría presenta problemas de operación, que ocasiona baja calidad en el biogás. Por lo tanto, y no genera ingreso económico por su uso. Al aplicar la tecnología INIFAP se puede emplear el biogás para ser transformado en biometano y usarlo como combustible vehicular. El biogás tradicionalmente es quemado de forma constante para transformar el  $\text{CH}_4$  a  $\text{CO}_2$ , debido a su baja concentración de  $\text{CH}_4$  y alta concentración de  $\text{H}_2\text{S}$ . Las tecnologías comerciales para el tratamiento de biogás son ineficientes, difíciles de implementar y costosas; lo que provoca que no se pueda obtener rentabilidad por el uso del biogás.

**3. RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS PRODUCTORES AL UTILIZAR LA TECNOLOGÍA.** El biogás transformado a bio-

metano puede emplearse como sustituto de gasolina en vehículos. El ahorro debido a la sustitución de combustibles fósiles con el productor fue del 73%, además que redujo las emisiones de gases de efecto invernadero después de ser usado como combustible automotriz. La tecnología eliminó el 99% del  $\text{H}_2\text{S}$  de manera eficiente y económica, logró eliminar concentraciones superiores a 20,000 ppm de  $\text{H}_2\text{S}$ . La tecnología INIFAP se ajustó al tamaño del biodigestor de AGL. Se realizó una conversión de diésel a biometano, actualmente se está realizando la conversión de un vehículo de INIFAP para ser movido con biometano.

**4. APOYOS RECIBIDOS POR LOS PRODUCTORES PARA PROMOVER SU ADOPCIÓN.** Los productores han recibido apoyos por parte de FIRA para la instalación de biodigestores. Por otro lado, la inversión en el equipo de conversión y adecuación de un camión diésel para realizar las pruebas de rendimiento la realizó el productor. Y ha permitido visitas y demostraciones de otras empresas para que conozcan desde el sistema de filtrado de biogás hasta su uso en vehículos.

**5. SOPORTE DOCUMENTAL DE LA ADOPCIÓN.** Se cuenta con carta de adopción por parte del productor AGL.

**6. VINCULACIÓN ACTUAL Y REQUERIDA.** Actualmente se tiene vinculación con la empresa AGL debido a la firma de un contrato para el uso de la tecnología. Se requiere vinculación con empresas que tengan biodigestores en funcionamiento como grupo Gusi y Heineken de México.

**7. APLICACIÓN POTENCIAL A PROGRAMAS DE DESARROLLO.** Podría buscarse la opción de someterla a programas de FIRA para el equipamiento adicional de biodigestores y sustituir combustibles fósiles por energía renovable como el biometano.

### Mayor información

Dr. Eutiquio Barrientos Juárez, M.C. David Efrain  
Hermosillo Rojas.

Campo Experimental La Campana. Km 33.3  
carretera Chihuahua-Aldama.

C.P. 32910. Aldama, Chih. Tel. 01 800 0882 222 ext.  
82902.

Correo-e: [barrientos.eutiquio@inifap.gob.mx](mailto:barrientos.eutiquio@inifap.gob.mx)

Fuente financiera: INIFAP-Fondos Fiscales  
(1072332941)

[www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx)



Fig. 1 Sistema de filtrado.



Fig. 2 Sistema de conversión vehicular.

## **OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE PARA AUTOMÓVIL MEDIANTE UN SISTEMA INTEGRAL DE FILTRADO**

### **PECUARIO, BIOCOMBUSTIBLE, BIOGÁS**

**1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.** El sistema integral de filtrado consiste en una columna empacada con un polímero con área superficial superior a 200 m<sup>2</sup>/g, un tanque de almacenamiento de agua, 2 bombas de agua, 2 flujómetros y un filtro de nanopartículas magnéticas (NPM's). Dicho sistema integral ayuda para el incremento en el porcentaje de metano (CH<sub>4</sub>) y disminuir el porcentaje de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) presentes en el biogás, sin importar la dieta del animal o manejo del biodigestor. El biogás se hace pasar por la columna empacada donde se encuentra un flujo con características especiales como agua bajo ciertos valores de pH (6-8), al entrar en contacto con el biogás con el fluido se incrementa entre un 20% y 30% el CH<sub>4</sub> hasta llegar al 90% y se disminuye el porcentaje de CO<sub>2</sub> contenido en el biogás. Además, se elimina sulfuro de hidrógeno por medio de un filtro empacado con (NPM's). Al incrementar el porcentaje de CH<sub>4</sub>, y eliminar el H<sub>2</sub>S; el biogás se transforma en biometano que sirve potencialmente como combustible para uso automotriz. Para poder utilizarse en automóviles se debe de realizar una conversión del sistema de inyección de combustible para su utilización. Además, se requiere realizar la modificación para incrementar la eficiencia de operación del motor respecto a su funcionamiento original.

**2. PROBLEMA, OPORTUNIDAD, NECESIDAD A RESOLVER.** Existen alrededor de 751 biodigestores en México y en su mayoría cuentan con problemas de operación, lo que ocasiona baja calidad en el biogás. En consecuencia, no están aportando algún ingreso o ahorro en el gasto de combustibles para los vehículos del productor. El biogás generado es quemado de forma constante para transformar el CH<sub>4</sub> a CO<sub>2</sub>, debido a que es de baja calidad por el bajo porcentaje de CH<sub>4</sub> y alta concentración de H<sub>2</sub>S. Cuando se incrementa el porcentaje de CH<sub>4</sub> a más del 90% y se elimina el H<sub>2</sub>S, el biogás es transformado a un combustible como biometano. El biometano da la oportunidad al productor de usar el biogás como un combustible alternativo para sus vehículos. Las tecnologías comerciales para el tratamiento de biogás son ineficientes, difíciles de implementar y costosas. Lo que provoca que no se puede obtener rentabilidad por el uso del biogás. Al incrementar la calidad del CH<sub>4</sub> se logra usar el combustible para automóviles.

**3. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.** El camión se modificó durante un periodo de 4 meses. El cambio fue de la empresa AGL, donde se hicieron pruebas de funcionamiento diario, así como pruebas de compresión mediante un sistema de compresión convencional. A partir de esto se realizaron varios eventos demostrativos: en el rancho Agro-industria Ganadera los Lujan (AGL) con empresas interesadas (grupo GUSI y NOPALIMEX), los eventos se realizaron para técnicos y productores.

**4. SOPORTE TÉCNICO DE LA TRANSFERENCIA.** Se realizó un informe de resultados, así como un desplegable para productores: "Producción de gas natural renovable de excretas animales", 2 eventos demostrativos y 1 curso de capacitación.

**5. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA TRANSFERENCIA.** Dentro de los resultados obtenidos se logró demostrar un ahorro por concepto de consumo de diésel de un 77%. Los productores beneficiarios son 8 productores de Chihuahua que cuentan con biodigestores. Actualmente se está instalando un compresor de alta presión para realizar la conversión de varios vehículos del rancho AGL de diésel a biometano. Comparado con el combustible convencional que es el diésel, el biometano no genera gases de efecto invernadero (GEI) a la salida de la cámara de combustión.

**6. AGENTES DE CAMBIO ATENDIDOS.** Se atendieron a 8 profesionales del sector, del rancho AGL. El personal atendido fue del departamento de manejo del biodigestor y mantenimiento automotriz de la empresa. El proceso de atención fue durante 3 meses.

**7. SOPORTE DOCUMENTAL.** La tecnología se encuentra documentada en Folleto técnico para productores No.68, "Sistema de remoción de ácido sulfhídrico del biogás producido por biodigestores en

sistemas pecuarios intensivos”, ISBN: 978-607-37-0515-8.

**8. VINCULACIÓN ACTUAL Y REQUERIDA.** En el corto plazo se instalará un sistema de compresión de alta presión para invitar a otras empresas que vean las ventajas de utilizar el biometano como sustituto de diésel. También se instalará el sistema a prueba por la empresa FORTISTAR, la cual comercializa gas natural renovable en Estados Unidos de América. para poder evaluar la factibilidad técnica del sistema.

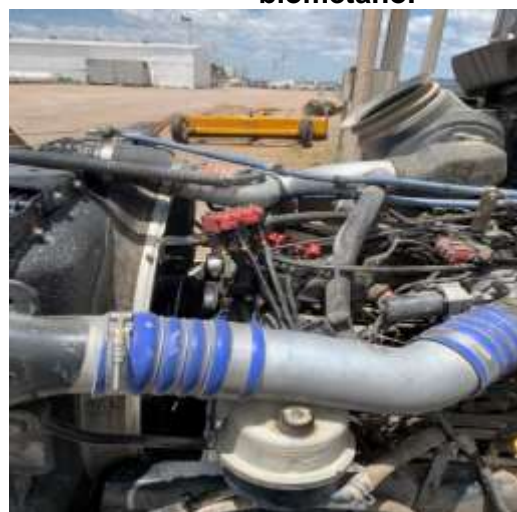
**Fig. 1 Sistema de compresión.**



### Mayor información

Dr. Eutiquio Barrientos Juárez  
M.C. David Efraín Hermosillo Rojas.  
Campo Experimental La Campana.  
Dirección: Km 33.3 carretera Aldama-Chihuahua.  
C.P. 32910, Cd. Aldama, Chihuahua.  
Tel 01 800 0882 222 ext. 82902  
Correo-e: [barrientos.eutiquio@inifap.gob.mx](mailto:barrientos.eutiquio@inifap.gob.mx)  
Fuente financiera: INIFAP  
[www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx)

**Fig. 2 Sistema de conversión diésel a biometano.**



### Ventajas comparativas de los datos de transferencia

En la tabla 1, se muestran los valores de capacidad calorífica y precios de venta de los combustibles convencionales comparados con la tecnología INIFAP.

COMBUSTBLE	UNIDAD	Capacidad Calorífica	PRECIO
Gas L.P.	kJ/l	25,940	11.0
Gas natural	kJ/m <sup>3</sup>	38,560	2.3
Diésel	kJ/l	35,950	22.0
Combustóleo	kJ/l	40,100	3.5
Gasolina	kJ/l	32,200	20.0
Biogás	kJ/m <sup>3</sup>	19,900	0.45
Biometano (INIFAP)	kJ/m <sup>3</sup>	36,600	5.0



## OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE PARA AUTOMÓVIL MEDIANTE SISTEMA INTEGRAL DE FILTRADO.

### PECUARIO, BICOMBUSTIBLE, BIOGAS.

**1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.** El sistema integral consiste en una columna empacada con polímero de alta área superficial, tanque de almacenamiento de agua, un par de bombas de agua, flujómetros y filtro de nanopartículas magnéticas. Es un sistema integral para el incremento en el porcentaje de metano y disminuir el porcentaje de bióxido de carbono contenidos en el biogás, sin importar la dieta o manejo del biodigestor. El biogás se hace pasar por la columna empacada donde se encuentra un fluido con características especiales como agua bajo ciertos valores de pH, al entrar en contacto el biogás con el fluido se incrementa entre un 20% y 30% el metano hasta llegar al 90% y se disminuye el porcentaje de CO<sub>2</sub> (bióxido de carbono) contenido en el biogás; al salir de la columna el biogás, se elimina el H<sub>2</sub>S (sulfuro de hidrógeno) por medio de un filtro de nanopartículas. Al incrementar el porcentaje de CH<sub>4</sub> (metano), y eliminar sulfuro de hidrógeno, el biogás es transformado a biometano que sirve potencialmente como combustible para uso automotriz. Al automóvil se le debe de realizar una conversión del sistema de inyección de combustible para poder usarlo. Dicha modificación es necesaria para incrementar el rendimiento del vehículo en comparativa a su funcionamiento original.

**2. PROBLEMA, OPORTUNIDAD, NECESIDAD A RESOLVER.** Los biodigestores instalados dentro del sector pecuario y que producen biogás, no están aportando algún ingreso ni ahorro en el gasto de combustibles para los vehículos del productor. El biogás generado es quemado de forma constante para transformar el metano a bióxido de carbono, debido a que es de baja calidad por el bajo porcentaje de metano y alta concentración de sulfuro de hidrógeno. Cuando se incrementa el porcentaje de metano a más del 90% y se elimina el sulfuro de hidrógeno, el biogás es transformado a un biocombustible conocido como biometano. El biometano da la oportunidad al productor de usar el biogás como un combustible alternativo para sus vehículos. Existen alrededor de 751 biodigestores en México y en su mayoría cuentan con problemas de operación, lo que ocasiona baja calidad en el biogás. Las tecnologías comerciales para el tratamiento de biogás son ineficientes, difíciles de implementar y costosas, lo que provoca que no se pueda obtener rentabilidad por el uso de biogás. Al incrementar la calidad del metano se logra usar el combustible como

combustible para automóviles. La calidad del biogás se incrementa al eliminar el H<sub>2</sub>S, incrementar el porcentaje de CH<sub>4</sub> y disminuir la concentración de CO<sub>2</sub>.

**3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA VALIDACIÓN.** Se logró sustituir el combustible como la gasolina para uso vehicular, por el biometano. Lo que reduce el costo por concepto de combustibles hasta en un 80% para los productores que cuentan con biodigestor. Se reducen hasta en 85% las emisiones de vehículos. Contiene una mayor capacidad calorífica respecto a la gasolina. Tecnología testigo (gasolina): 32.22 MJ/kg y la tecnología validada (biometano): 36.3 MJ/kg.

**4. RECOMENDACIÓN PARA SU USO.** Para poder obtener el biometano se debe de contar con un sistema de remoción de H<sub>2</sub>S. También se debe de contar con un kit de conversión automotriz que permita sustituir la gasolina.

**5. INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN.** La validación se realizó durante un periodo de 4 meses, en el Rancho AGL (Agrícola Ganadera los Luján), con el propietario Everardo Luján Barrientos, ubicado en el municipio de Delicias, Chihuahua.

**6. SOPORTE TÉCNICO DE LA VALIDACIÓN.** El soporte de la validación se encuentra en folleto técnico No.68 y capacitaciones a agentes de cambio a diversas empresas.

**7. ÁMBITO DE APLICACIÓN.** Dependiendo del subsector (F.A.P.M.), es de aplicación nacional.

**8. USUARIOS POTENCIALES.** Asociaciones pecuarias o productores con actividades primarias que cuenten con un biodigestor.

**9. COSTO ESTIMADO.** El valor económico de esta tecnología es de aproximadamente \$150,000.00 MXN. Cabe destacar que no existe en el mercado un sistema integral de remoción del H<sub>2</sub>S con estas particularidades, por tanto es complicado fijar su costo. Sin embargo, solo la conversión total de inyección en un motor de combustión interna en el mercado tiene un valor de \$400,000 MXN.

**10. SOPORTE DOCUMENTAL.** La tecnología se encuentra documentada en Folleto técnico para productores No.68, "Sistema de remoción de ácido sulfhídrico del biogás producido por biodigestores en sistemas pecuarios intensivos."

**11. PROPIEDAD INTELECTUAL.** No aplica.

**Mayor información:**

Dr. Eutiquio Barrientos Juárez,  
M.C. David Efraín Hermosillo Rojas,  
Campo Experimental La Campana. Km 33.3  
carretera Chihuahua-Aldama. C.P. 32910.  
Aldama, Chih. Tel. 01800 0882 222 ext. 82902.  
Correo-e: barrientos.eutiquio@inifap.gob.mx.  
Fuente financiera: INIFAP (Fondos Fiscales)  
www.inifap.gob.mx



Figura 1. Kit de conversión a gas.



Figura 2. Motor en funcionamiento a gas.

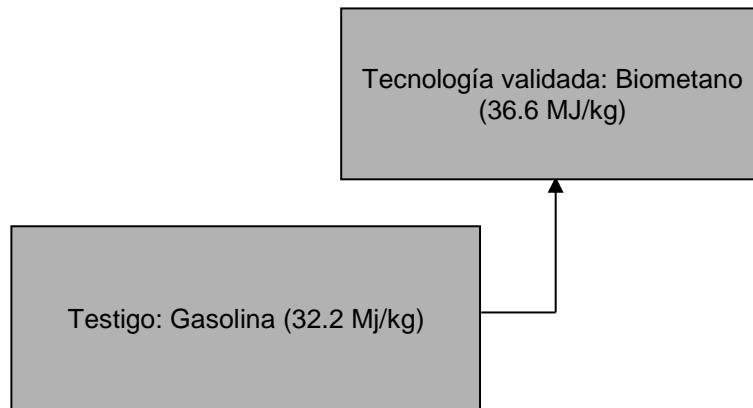
Propiedad	Unidades **	Especificación NOM-001-SECRE-2010 Resto del país	Resultado del Ensayo
Metano (CH <sub>4</sub> )-Min.	% vol	84	96,098
Oxígeno (O <sub>2</sub> )-Max.	% vol	0,2	< 0,005
Bióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )-Max.	% vol	3	3,139
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )-Max.	% vol	4	0,764
Total de inertes (CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> )-Max.	%vol	4	3,902
Etano-Max.	% vol	11	0,000
Temperatura de rocío de hidrocarburos-Max	K	271,15	194,188
Poder calorífico superior	MJ/m <sup>3</sup>	37,3 - 43,6	36,306
Índice Wobbe	MJ/m <sup>3</sup>	48,2 - 53,2	47,328
Acido sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)-Max.	mg/m <sup>3</sup>	6	N/A
Azufre total (S)-Max.	mg/m <sup>3</sup>	150	N/A

Instrumento/Modelo/No. Serie	Principio Analítico	Ultima fecha de Calibración	Instructivo de Calibración
Cromatógrafo Agilent / 7890B / CN14023133	FID / TCD	2019, agosto 20	QQ/I-02-071

Figura 3. Caracterización del biogás.

## Ventajas comparativas de los datos de validación



## OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE PARA AUTOMÓVIL MEDIANTE SISTEMA INTEGRAL DE FILTRADO.

### PECUARIO, BICOMBUSTIBLE, BIOGAS.

**1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.** El sistema integral consiste en una columna empacada con polímero de alta área superficial, tanque de almacenamiento de agua, un par de bombas de agua, flujómetros y filtro de nanopartículas magnéticas. Es un sistema integral para el incremento en el porcentaje de metano y disminuir el porcentaje de bióxido de carbono contenidos en el biogás, sin importar la dieta o manejo del biodigestor. El biogás se hace pasar por la columna empacada donde se encuentra un fluido con características especiales como agua bajo ciertos valores de pH, al entrar en contacto el biogás con el fluido se incrementa entre un 20% y 30% el metano hasta llegar al 90% y se disminuye el porcentaje de CO<sub>2</sub> (bióxido de carbono) contenido en el biogás; al salir de la columna el metano, se elimina el H<sub>2</sub>S (sulfuro de hidrógeno) por medio de un filtro de nanopartículas. Al incrementar el porcentaje de CH<sub>4</sub> (metano), y eliminar sulfuro de hidrógeno, el biogás es transformado a biometano que sirve potencialmente como combustible para uso automotriz. Al automóvil se le debe de realizar una conversión del sistema de inyección de combustible para poder usarlo. Dicha modificación se solicita para mantener el rendimiento del vehículo cómo funcionaba en condiciones normales.

**2. PROBLEMA, OPORTUNIDAD, NECESIDAD A ATENDER.** Los biodigestores instalados dentro del sector pecuario y que producen biogás, no están generando un ingreso económico al productor. El biogás generado es quemado de forma constante para transformar el metano a bióxido de carbono, debido a que es de baja calidad por el bajo porcentaje de metano y alta concentración de sulfuro de hidrógeno. Cuando se incrementa el porcentaje de metano a más del 90% y se elimina el sulfuro de hidrógeno el biogás es transformado a un biocombustible conocido como biometano. El biometano da la oportunidad al productor de usar el biogás como un combustible

alterno para sus vehículos. Existen alrededor de 751 biodigestores en México y en su mayoría cuentan con problemas de operación lo que ocasiona baja calidad en el biogás. Las tecnologías comerciales para el tratamiento de biogás son ineficientes, difíciles de implementar y costosas lo que provoca que no se pueda obtener rentabilidad por el uso de biogás. Al incrementar la calidad del metano se logra usar el combustible como combustible para automóviles. La calidad del biogás se incrementa al eliminar las trazas de H<sub>2</sub>S, incrementar el porcentaje de CH<sub>4</sub> y disminuir la concentración de CO<sub>2</sub>.

**3. BENEFICIOS ESPERADOS.** El uso del sistema integral de filtrado incrementa en un 30% el porcentaje de metano contenido en el biogás, esto debido a la eliminación del bióxido de carbono. Al incrementar el porcentaje de metano y eliminar el sulfuro de hidrógeno se obtiene biometano que se puede emplear como combustible lo que incrementaría la rentabilidad del productor, ya que le puede generar ahorros si lo emplea como combustible para autos. Genera hasta en un 40% ahorros del productor si se emplea el biometano para autos.

**4. ÁMBITO DE APLICACIÓN.** La tecnología es aplicable a nivel regional, particularmente en los estados de alta productividad en los sistemas pecuarios de producción intensivos de bovinos (leche y carne) y porcinos (carne) que utilicen la tecnología de biodigestores como Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Puebla, Jalisco y Yucatán.

**5. USUARIOS POTENCIALES.** Los usuarios potenciales de la tecnología son 751 productores a nivel nacional que cuentan con biodigestores en establos lecheros y granjas porcícolas.

**6. COSTO ESTIMADO.** El costo estimado para la aplicación de la tecnología y obtener biometano a baja escala es de aproximadamente \$110,000.00



y son recuperados por los pequeños productores en 12 meses. Para productores de más de 1,000 animales se puede recuperar en seis meses. El costo de tecnologías tradicionales varía entre 1.8 y 3.5 millones de pesos al año.

**7. SOPORTE DOCUMENTAL.** La tecnología se encuentra documentada en Folleto técnico para productores No.68, "Sistema de remoción de ácido sulfhídrico del biogás producido por biodigestores en sistemas pecuarios intensivos."

**8. PROPIEDAD INTELECTUAL.** La tecnología es factible de proteger mediante patente. Se encuentra en trámite de registro ante el IMPI a través de la unidad jurídica de INIFAP.

**Mayor información:**

Dr. Eutiquio Barrientos Juárez,  
M.C. Jesús Manuel Ochoa Rivero.  
Campo Experimental La Campana. Km 33.3  
carretera Chihuahua-Aldama. C.P. 32910.  
Aldama, Chih. Tel. 01800 0882 222 ext. 82902.  
Correo-e: barrientos.eutiquio@inifap.gob.mx.  
Fuente financiera: INIFAP (Fondos Fiscales)  
www.inifap.gob.mx



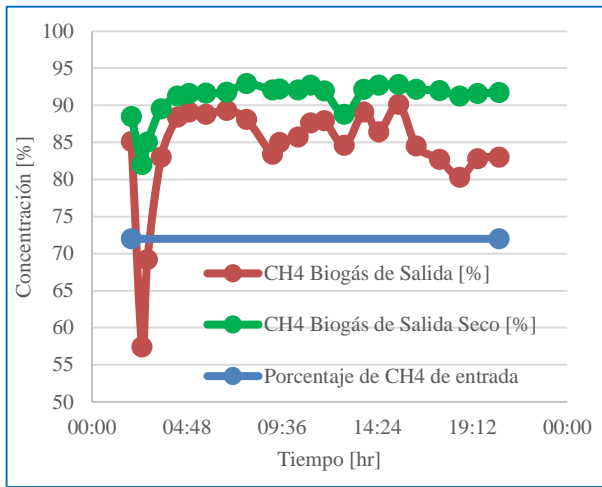
**Tecnología Tradicional**

Tanque de color verde: filtros microbiológicos. Tanque acero inoxidable al fondo: filtro de carbón activado.

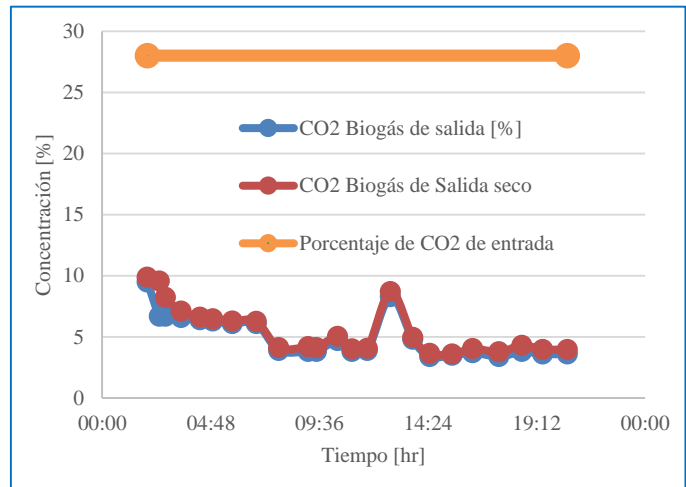


**Tecnología INIFAP**

Tanque acero inoxidable: columna con polímero. Filtro superior y al frente: filtro de nanopartículas magnéticas.



Incremento de porcentaje de CH<sub>4</sub>



Disminución de porcentaje de CO<sub>2</sub>

### Ventajas comparativas

1. Tecnología generada
2. Testigo

Testigo: Tecnologías de alto costo y baja eficiencia.

Tecnología generada INIFAP:  
Incrementa el porcentaje de CH<sub>4</sub> hasta el 90 % y reduce la concentración de H<sub>2</sub>S en un 99.85%, para una concentración de 22,000 ppm

