

Producción de Biogás en la Granja "Marujo" propiedad del Sr. Jan Haasjes

Informe preparado por el Médico Veterinario Federico Vienny del Departamento Técnico de la Empresa Teknal
y por el Ing. Agr. José María Mendez de INTA Totoras.

■ Descripción general de la explotación

El establecimiento "Marujo", perteneciente a un asociado a la cooperativa Castrolanda, el señor Jan Haasjes, quien de forma muy inteligente y sustentable se hizo la pregunta: Los residuos producidos por mi establecimiento de porcinos ¿Son un problema o puedo transformarlos en una solución?. Hallando la respuesta en la utilización del gas metanol derivado de los residuos y su transformación en gas a presión y bioelectricidad.

La granja Sales tiene una producción agrícola de 750 ha, diversificada en 300 ha de maíz, 300 ha de soja y 150 ha de poroto (actualmente el cultivo más rentable, 1.800 U\$/t récord 2007/2008), eso es en verano, más 100 ha de trigo, 350 ha de rye grass y 300 ha de avena en invierno, o sea que las 750 ha las siembra dos veces al año.

Rotación: Maíz / Avena
Soja / Trigo / Avena / Poroto

Todo el maíz es cosechado con 35% de humedad para luego hacer silaje de grano húmedo, el grano es triturado muy fino para luego hacer comida líquida para alimentar a los cerdos, una tendencia alemana.

Maíz: Productividad 12.000 kg/ha.
Soja: 3.600 kg/ha

El rye grass es cortado, enrollado y envuelto en plástico con 50% de humedad (henolaje empaquetado), que luego vende a los productores lecheros de la zona. Todo el establecimiento: agricultura + porcinos + champignon + henolaje + biogas + el servicio de secado y clasificación de poroto para terceros ocupan unas 90 personas en 750 has. A eso se llama agregar valor y generar puestos de trabajo directos/ha – **la relación es de 8,3 ha por persona empleada.**

La granja Marujo posee, además de su superficie dedicada a la producción agrícola, una producción de alta eficiencia de cerdo, 850 madres porcinas, con terminación en tres etapas. El establecimiento posee 750 has y los residuos producidos por los animales (NPK fertilizante líquido), poseen un valor estimado de 200.000 R\$/año (U\$S 115.000). También se adosa el emprendimiento de producción de hongos champiñón que produce con la fermentación de los residuos y desechos (cama) y el agua caliente que hace pasar por los caños mediante serpentinas, agua caliente que genera a partir del biogas. Producción altamente diversificada y de alto valor agregado. El desecho obtenido de la producción porcina es utilizado como combustible para un biodigestor que produce gas metanol. Este gas metanol es procesado para sustituir al gas licuado y a la energía eléctrica consumida en la colonia con alto ahorro monetario. Además el biodigestor produce biofertilizante para los cultivos del establecimiento. Todo constituye una alta eficiencia productiva y una muy buena gestión ambiental, ya que con los efluentes se produce biogas, bioenergía eléctrica y biofertilizante líquido.



Figura 66: Vista aérea del establecimiento "Marujo" (750 ha), con producción porcina, de hongos champiñón y producción de bioenergía a partir de gas metanol. Total 12 familias y 90 empleados, una relación de 1 empleado cada 8,3 ha.

Este sistema integral de producción de biogás a partir del cual se puede producir energía eléctrica, fue realizado hace 4 años con un costo de 250.000 R\$. Según el Sr. Jan Haasjes el valor actualizado hoy puede estar en unos 200.000 U\$. Los digestores y el depósito de biofertilizante se llevaron algo menos del 50% de la inversión total, el resto de los costos fueron las cámaras de salida de los efluentes de los galpones de cerdos, las cañerías de conducción de los efluentes bajo tierra y las cañerías para conducir el gas para consumo humano (casas, calefacción, cocina, calefón, etc.) para 16 familias y la conducción del gas para calentar las camas de champiñones, los criaderos de cerdos y la secadora de poroto y grano. En todos los casos se utilizó tuberías de plástico.

■ Descripción del sistema de producción de biogás en la Granja "Marujo"

La producción de efluentes de la Granja Marujo es de aproximadamente 25000 a 30000 litros por día. Esto lo producen unos 3000 animales: 850 madres y 2000 – 2200 animales en cría, recría y engorde. El resto de los animales, fundamentalmente los de engorde, los trasladan a otro campo en dónde se los lleva a peso de faena. Todos los efluentes provenientes de los galpones de cerdos se vierten en un depósito tanque de unos 50000 – 60000 litros que posee un agitador y una bomba extractora. Los efluentes llegan a este depósito por gravedad cada 2 días.

El objetivo de concentrar los efluentes en un depósito previo a la entrada al digestor, es homogeneizar y oxigenar los efluentes mediante la utilización de un agitador a paletas. Luego una bomba los manda al digestor principal.



Figura 1: Vista de la construcción del depósito en dónde llegan todos los efluentes de los galpones de cerdos.

Cuando se construyó este depósito se instaló en el fondo una cañería en forma de serpentina para inyectarle aire a los efluentes y provocar la homogeneización. Luego de algunas pruebas iniciales se concluyó que esto no era necesario y con sólo el agitador a paletas era suficiente.



Figura 2: Vista actual del depósito receptor de los efluentes. Se puede observar el caño que conduce los efluentes desde los galpones hacia el depósito y el agitador a paletas.



Figura 3: Vista general del depósito receptor de efluentes. Del lado opuesto al agitador hay una bomba que manda los efluentes cada 2 días al digestor principal que se encuentra, como se observa, muy cercano.

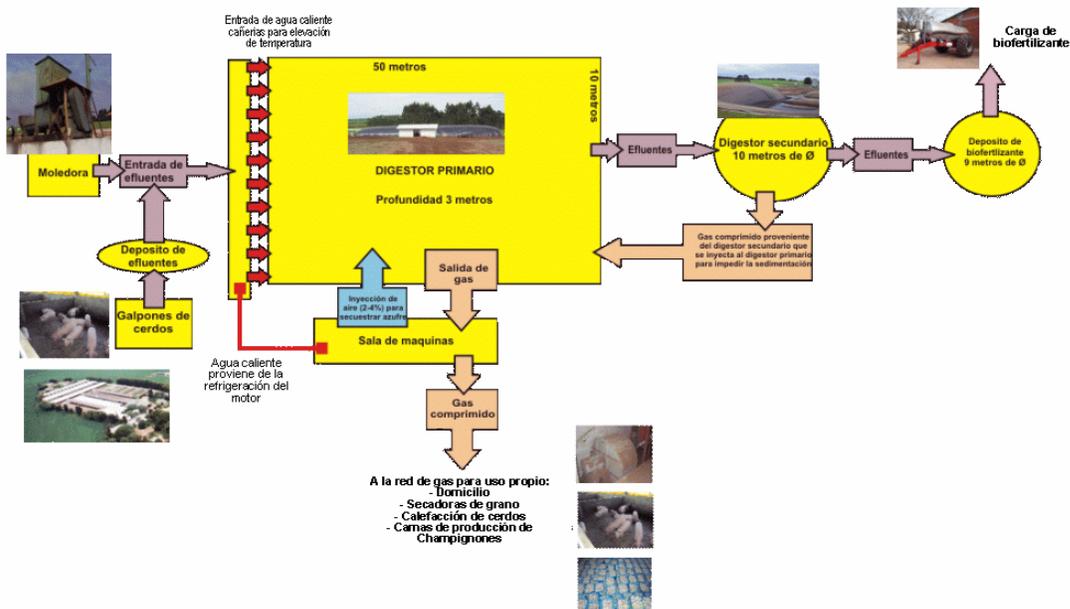
Hacia atrás del depósito y en la punta del digestor se encuentra un guinche manual y una moledora sobre una rampa que se acciona con la toma de fuerza de un tractor. En la granja "Marujo" no se tira ningún residuo. A esta moledora van a parar todos animales que mueren para luego introducirlos al digestor, que según el propietario en 2 ó 3 días se degrada casi por completo.



Figura 4: Moledora de animales muertos que luego se introducen en el digestor.

A continuación de la moledora se encuentran los digestores; el digestor principal que tiene una capacidad de 1500 m³ (10 por 50 por 3 metros de profundidad) y el digestor secundario redondo de unos 8 – 10 metros de diámetro por 3 metros de profundidad. A continuación de los digestores se encuentra el depósito de efluentes procesados que se utiliza como biofertilizante.

Esquema del Sistema de Generación de Bioenergía y Biofertilizante en la Granja "Marujo"



El digestor principal, que produce 500 m³ de gas metano por día (1 m³ por metro cuadrado de superficie), es el que se utiliza como fuente de energía para calentar los galpones de cerdos, la cama para la producción de champignon, la secadora de granos y la energía que utilizan las 16 viviendas que albergan a las familias que trabajan en Chacra "Marujo".

Para la construcción del digestor principal se realizó una fosa de 10 por 50 por 3 metros de profundidad. Según comenta Jan Haasjes, cuanto más profundo mejor pero siempre se debe tener presente la profundidad de la napa de agua, la cual debe estar no muy próxima al fondo de la fosa.

Todo el borde de la fosa tiene un cordón en forma de "U", de hormigón armado, de unos 50 centímetros de ancho por 50 – 60 centímetros de profundidad y sobre el piso de la fosa colocaron una capa de arena para sobre ésta colocar el plástico que va a impermeabilizar la fosa del suelo y de esta forma evitar la contaminación de éste con los efluentes.



Figura 5: Construcción del digestor principal para almacenamiento de los residuos primarios del establecimiento y generación y captación del gas metano. Se observa el cordón en forma de "U" y la capa de arena sobre la cual se coloca la lona plástica para impermeabilizar la fosa.

Sobre la lona plástica se coloca un sistema de cañerías (galvanizada) cuyo objetivo es circular gas metano desde abajo hacia arriba. Esta recirculación de gas (que proviene del digestor secundario) desde el fondo del digestor, favorece el ciclo de producción de metano y evita la deposición de sólidos en el fondo del digestor, como así también la formación de costras en la superficie de la fosa.

Según el Sr. Jan Haasjes, el problema de formación de costra superficial para el caso de su biodigestor no está del todo solucionado. Es poca la agitación que produce la recirculación de gas teniendo que, posiblemente, cada 4 - 5 años sacar esa costra para que produzca a pleno. Comenta que la formación de costra está relacionada con la dieta de los cerdos. Para el caso de dietas sólidas, fundamentalmente base maíz molido, la tendencia a la formación de costra superficial es más difícil y con la recirculación de gas es suficiente para evitarla. El caso de su biodigestor recibe efluentes de cerdos que tienen una dieta líquida base de silo de grano húmedo de maíz. La diferencia entre una y otra dieta es el tamaño de la fibra.

Por otro lado, en el fondo de la fosa, hay una cañería por dónde circula agua caliente que proviene de la refrigeración de un motor co-generador de energía eléctrica. El objetivo de hacer circular agua caliente es tratar de aumentar la temperatura del efluente dentro del digestor para una mayor producción de metano. La temperatura ideal es de 30° C.



Figura 6: Instalación de las mangueras de recirculación de biogás en el fondo del digestor principal. Esta recirculación de gas desde el fondo del digestor favorece el ciclo de producción de metanol y evita la deposición de sólidos en el fondo del digestor. Obsérvese la capa aislante contra el piso de tierra. Este recubrimiento es una lona especial que tiene una vida útil de más de 20 años.



Figura 7: Sistema de recirculación de biogás en funcionamiento, previo llenado del digester con una capa de agua. La foto muestra la prueba del sistema antes de ser llenado y tapado, el burbujeo del gas o presión es lo que muestra la foto.



Figura 8: Vista de la entrada de agua caliente proveniente de la refrigeración del motor co – generador de energía eléctrica que se encuentra en la sala de maquinarias al costado del digester principal. La entrada de la cañería plástica es por la punta del digester.

La lona plástica que cubre el fondo de la fosa y las paredes laterales es termo sellada con la lona plástica que cubre el digester superficialmente en el cordón con forma de "U" sobre el cual se deposita agua de lluvia para mantener más firme la lona plástica. De esta forma queda totalmente hermético el interior del biodigester. La vida útil de la lona plástica es de aproximadamente 20 años.



Figura 9: Detalle del sellado de la lona interna y externa del biodigestor.

Lo ideal es que el efluente que ingresa al biodigestor tenga la menor cantidad de agua posible. Por este motivo Jan Haasjes recomienda utilizar para el lavado de los galpones de cerdos, alta presión para disminuir el volumen de agua. Otra medida que recomienda es la utilización de bebederos chupete en el comedero y no bebedero chupete separados del comedero. El porcentaje de materia seca del efluente, para la Granja "Marujo" depende si proviene del galpón de madres o del galpón de cerdos en engorde, siendo de 3 – 4% y 6 – 7% respectivamente. El pH del efluente, lo ideal, debe ser de 7 y en lo posible constante.



Figura 10: Vista del biodigestor trabajando a pleno, el Sr. Jan Haasjes parado sobre el biodigestor.



Figura 11: Vista externa del digester en pleno funcionamiento con su capa plástica protectora externa inflada por el biogás. En primer plano la sala donde se ubican los compresores, reguladores de presión, bombas inyectoras de oxígeno, filtros y motores eléctricos.

El principal objetivo en Granja "Marujo" es obtener energía a partir de gas metano y tratar de convertir lo menos posible el gas en energía eléctrica. Hay épocas en las cuales el gas generado no alcanza (época de secado de granos) y épocas en las que no se llega a consumir todos el gas generado por el biodigestor. Jan Haasjes recomienda, en este caso, ventearlo y no almacenarlo, pues comprimir el gas para acopiarlo es muy costoso.

En la sala de máquinas cercana al biodigestor principal, entre otros elementos, hay 3 compresores. Dos son utilizados para comprimir el gas en un depósito externo y uno para mandar el gas a la red interna del establecimiento.



Figura 12: Compresores dentro de la construcción anexa al biodigestor. Estos compresores se encargan de mantener y regular la presión del biogás para la recirculación y para la red de consumo de la colonia. A la derecha de la figura se observan las columnas de destilación para retener el agua siempre presente en el biogás y los reguladores de presión de gas para proteger la red de gas. Este equipo es también el encargado de hacer recircular el biogás, proveniente del biodigestor secundario, a presión dentro del biodigestor primario.

Otro equipo que se encuentra en esta sala es el motor co – generador de energía eléctrica. Es un motor naftero que funciona a gas metano y que genera electricidad que es utilizada en Granja "Marujo". Siempre se trata de generar la menor cantidad de electricidad posible a partir de gas metano, pues es un proceso no muy eficiente y por otra parte la generación de electricidad a partir de este co – generador es la que más tiempo hay que dedicarle en cuanto a dedicación para el mantenimiento.



Figura 13: Motor de gasolina que funciona con biogás para transformarlo en Bioelectricidad. Economía mensual estimada en el consumo de energía eléctrica de 3.000 R\$, o sea 1.700 U\$/mes de ahorro de energía eléctrica. Como se puede ver es un motor naftero, marca Audi, adaptado para funcionar a biogás, tiene acoplado un generador de electricidad. Como se observa el motor no dispone de radiador, el agua de refrigeración del motor es la misma que recircula por la cañería que calienta el fondo del biodigestor (aprovechamiento total de la energía para eficientizar el sistema de manera integral).

Otro aspecto importante que destaca Jan Haasjes es la eliminación, en este sistema de generación de biogás, de los filtros para secuestrar el ácido sulfhídrico que sale junto con el metano. En un comienzo utilizaba filtros externos al biodigestor con viruta de hierro. La experiencia le indicó que estos eran efectivos pero de una muy corta vida útil (no más de 6 meses), poniendo en riesgo ante un descuido el motor co – generador de energía eléctrica y el resto de los equipos ante la presencia de ácido sulfhídrico.

El problema lo solucionó inyectando oxígeno al biodigestor primario. Él asegura que inyectando oxígeno a razón de un 2 a 4% soluciona el problema del azufre y no le trae ningún inconveniente en la eficiencia de generación de metano por parte del biodigestor primario. Esto lo logra con 8 bombas muy pequeñas similares a las que se utilizan para la oxigenación de las peceras.

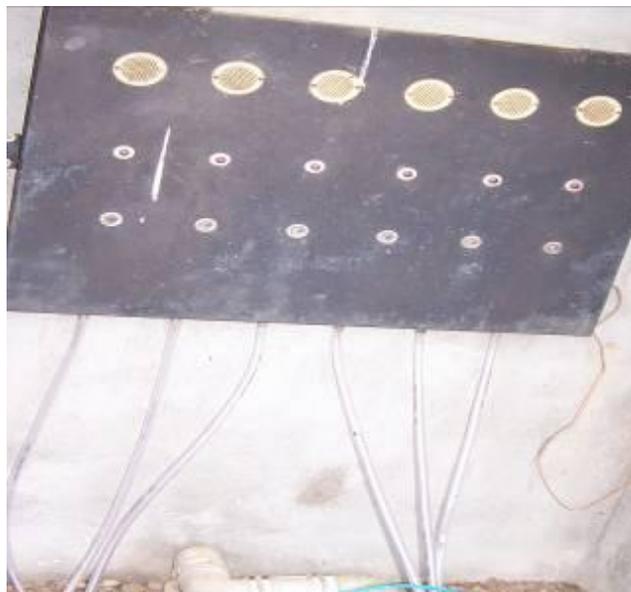


Figura 14: bombas que inyectan oxígeno al biodigestor primario.



Figura 15: La foto muestra la entrada de 3 de las 6 mangueras que inyectan oxígeno al biodigestor primario. La manguera de mayor diámetro es la que conduce el biogás al compresor para que lo comprima en un depósito externo. Desde este depósito se manda el biogás a la red que lo distribuye en el establecimiento.

A continuación del digestor primario, tal cual lo muestra el esquema, se encuentra el digestor secundario que, como dijéramos produce biogás pero no se consume sino que se utiliza para agitar el fondo del digestor primario. A continuación del secundario se encuentra el depósito del biofertilizante que también genera algo de biogás que tampoco se consume.



Figura 16: Vista del digestor secundario y detrás el depósito de biofertilizante. Ambos construidos en forma circular con un cordón de hormigón armado en forma de "U" y revestidos internamente y externamente, al

igual que el digestor primario, con una lona plástica. Entre medio de ambos se observa un depósito de biogás que se comprime y luego se manda al fondo del digestor primario para agitar, evitando la sedimentación y la formación de costras.

Los dos digestores y el depósito de biofertilizante están conectados y entre ellos con una cañería y una cámara que actúa por rebalse. Cuando se carga el digestor primario se abren las cámaras para que el efluente procesado pase del digestor primario al secundario y de éste al depósito de biofertilizante.



Figura 17: Cámara que actúa por rebalse. Se accionan cuando se carga el digestor primario. Este tipo de cámara se encuentra al costado de los galpones de cerdos, conectadas a las fosas de los galpones. Por el mismo sistema (gravedad) se carga el depósito de efluentes antes de la entrada al digestor primario.



Figura 18: Vista parcial del depósito de biofertilizante. A la derecha de la foto el depósito de biogás que genera este y que utiliza para la agitación del digestor primario.

La utilización del biofertilizante es otro de los objetivos del proyecto en Granja "Marujo". El Sr. Jan Haasjes estima que anualmente la generación de biogás le produce el equivalente a 200000 – 350000 R\$ por año cifra para él nada despreciable.

Con el uso de una estercolera esparce 30 m³/ha por año. Una de las ventajas del biofertilizante es la rápida disponibilidad de los nutrientes que contiene, fundamentalmente nitrógeno y fósforo.



Figura 19: Equipo que se utiliza para esparcir el biofertilizante. Obsérvese que el tanque es de acero inoxidable, de plástico no resistiría la presión. La capacidad operativa de este equipo es de 10 ha por día.

Según los análisis químicos que realizó Jan Haasjes de los efluentes de su granja y los valores que encontró luego de una revisión bibliográfica sobre el contenido de nutrientes de efluentes de distintas granjas similares al sistema que él utiliza, los valores promedio con los que se maneja son: Nitrógeno: 6.8 kg/m³, Fósforo: 3.03 kg/m³ y Potasio: 2.52 kg/m³. Estos valores son del efluente antes del ingreso al digestor. El contenido de fósforo y potasio no cambian la concentración luego del proceso de biodigestión, el nitrógeno cambia la concentración pero, según comenta, muy poco.

Desde el depósito del biofertilizante sale una cañería que recorre unos 100 metros, lugar en dónde se encuentra la zona de carga de la estercolera (ver esquema). Esta cuenta con una rampa, una llave esclusa, una manguera de gran diámetro, una cámara receptora de los excedentes de la manguera y un depósito para acopiar el biofertilizante que queda en la manguera luego de la carga de la estercolera.



Figura 20: Rampa de carga y detalle de la llave que permite la salida del biofertilizante hacia la manguera de carga



Figura 21: Una vez cargado el equipo con biofertilizante la manguera se coloca sobre la cámara que muestra la foto de la izquierda. Esta cámara está conectada al depósito (de hormigón armado) que está a unos 10 metros de distancia. En este depósito se almacena el biofertilizante que queda en la manguera luego de la carga. Cuando este depósito se llena, con una bomba conectada a la toma de fuerza del tractor se carga la estercolera. En Granja "Marujo" se trata por todos los medios evitar la contaminación del ambiente con los efluentes.

La aplicación de biofertilizante se realiza durante 10 meses en el año. Mientras los cultivos lo permitan. Durante los dos meses que por ocupación del suelo por parte de los cultivos no se puede aplicar biofertilizante, se almacena en depósitos para ser utilizados con posterioridad.

■ Algunas recomendaciones que da el Sr. Jan Haasjes

¿Cuándo hacer un biodigestor?

Siempre que haya disponibilidad de residuo líquido y un destino útil para el biogás. Los créditos de carbono por sí solos se encargaron de pagar la inversión de este emprendimiento.

¿Cómo calcular el tamaño del biodigestor?

Con temperaturas promedio de 30 a 35°C, debe tener la capacidad de almacenar los residuos producidos durante un mes.

¿En que se puede fallar al construir un biodigestor?

Al construirlo en un área contaminada de los mismos desechos, por producción de metanol por debajo de la lona aislante del piso. Construir en un suelo de mala estructura, por peligro de desmoronamiento. Evitar de cualquier forma la entrada excesiva de agua con los desechos al biodigestor. Controlar la forma de suministro de agua a los animales y el lavado de los criaderos.

Cuando está trabajando el biodigestor: no permitir el ingreso de detergentes, antibióticos o aire. Mantener equilibrada la temperatura y el pH. Mantener uniforme el ingreso de desechos al biodigestor.

¿Qué se puede hacer con el biogás obtenido?

- 1 – Sustituir el consumo de gas licuado (GLP)
- 2 – Sustituir la calefacción eléctrica
- 3 – Generar energía eléctrica

Potencialidades del biogás

- Ampliación del uso del gas a través de un gasoducto
- Utilización como gas comprimido en vehículos (necesita purificación). (El metanol posee mucho sulfhídrico y equipo de gas debe ser adaptado y bien filtrado; el poder calórico del metanol es bajo, por lo tanto un motor que con nafta rinde 100 CV, con metanol podría rendir 60 CV).
- Producción de urea

Ventajas del biofertilizante

- Es más fluido
- No quema
- Es menos peligroso para el medio ambiente
- Los nutrientes están más disponibles
- El mal olor disminuye drásticamente

Se agradece la colaboración del Ing. Agr. Leandro Giménez de la Fundación ABC, quién acompañó y guió en la visita realizada a Granja "Marujo".