

Sistema integrado de aprovechamiento y tratamiento de excretas para generar energía con biogás

► Estudio de caso finca lechera de Alejandro Romero Barrientos



Ing. Joaquín Víquez Arias
Coordinador Programa
Agroambiental
Cooperativa de Productores de
Leche Dos Pinos R.L.
Tel. 8923-7412
joviquez@dospinos.com

El asociado y productor de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L., Alejandro Romero Barrientos, asesorado por el Programa Agroambiental de esta Cooperativa, ha implementado un sistema integrado para el aprovechamiento y tratamiento de excretas de su finca, con un enfoque de rentabilidad técnica y económica, el que, además, le ha permitido cumplir con uno

de los requisitos para optar por el Certificado Veterinario de Operación del Sistema Nacional de Salud Animal (SENASA).

La finca se localiza en Los Chiles de Aguas Zarcas, San Carlos, de la provincia de Alajuela en Costa Rica, a una altura entre 80-100 msnm, con una precipitación anual de aproximadamente 4085 mm, una temperatura promedio mensual de 28 °C y 80% de humedad relativa.

En esta empresa lechera, se trabaja con un sistema de producción en pastoreo, pero se está en transición a un semiestabulado (9 horas de estabulado diarias). Se ordeñan

alrededor de 80 animales, con un peso promedio de 400 kg y una producción de leche promedio de 12 kg/leche/día.

Asimismo y como compromiso ambiental, en esta finca se promueve una producción sostenible con responsabilidad social, a través de la implementación de un sistema integrado para el aprovechamiento y tratamiento de las excretas (Figura 1), que incluye:

Separación de aguas pluviales

Las aguas de lluvia pueden afectar enormemente el funcionamiento de un sistema de tratamiento, pues diluyen el contenido orgánico de los

purines, además de incrementar el volumen en general. En el caso que nos ocupa, el colocar canoas y asegurarse que las aguas pluviales no entren a su sistema de tratamiento, reduce en 5.600 litros de aguas/día (510 m² de techo, y 4085 mm precipitación/anual).

Separación de aguas de lavado del equipo de ordeño

Las tecnologías utilizadas para el manejo de las excretas tienen su base fundamental en los microorganismos. El separar aguas de lavado del equipo de ordeño, que contienen ácidos, cloros y detergentes, aseguran un mejor funciona-

miento del sistema como tal. Estas aguas son conducidas a un drenaje subsuperficial.

Ceniceros

Todas las aguas residuales (agua de lavado y excretas), que salen de los corrales de espera, alimentación y ordeño son llevados inicialmente a dos ceniceros, que tienen como función primordial la separación de arenas. El sistema es un cajón de cemento de 1x1 x 0,5 m, donde el agua residual entra y la arena se precipita al fondo, haciendo su separación efectiva.

Separador de sólidos

Continuando los ceniceros, el agua residual es conducida al separador de sólidos, que consiste en una malla inclinada con un diseño especial para apartar solamente sólidos fibrosos. Estos sólidos contienen alrededor de 85% de fibra detergente neutra (base seca), lo que indica un contenido principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina. La separación sólida reduce en 80% la contaminación del agua, extrae alrededor del 30% (v/v) de la excreta (porción fibrosa) y se sacrifica alrededor de un máximo de 10% el potencial de producción de biogás. Esta práctica incrementa la vida útil del sistema de biodigestión.

Área para compostaje

Los sólidos fibrosos extraídos de este separador, son manejados vía compostaje (descomposición aeróbica), en un área de 47 m². Los sólidos diarios se dejan en reposo sobre una malla de acero inoxidable, dejando que escurran para bajar su contenido de humedad. Al siguiente día, se incorpora aserrín seco a los sólidos, en una proporción 2:1

(sólidos fibrosos:aserrín) y se apila para iniciar el proceso de compostaje. El material semanal es acumulado en una sola pila (4 metros de largo y 0,5 m de altura), el cual es volteado, ocasionalmente, hasta un periodo de 2 semanas (descomposición incompleta) para ser incorporado como abono orgánico, en el área de pasto de corta.

Sistema de digestión anaeróbica

Continuando la trayectoria de los purines, luego de la separación sólida, cargados de sólidos disueltos y de bajo tamaño, las aguas residuales son conducidas a un sistema de biodigestión. El mismo está conformado por dos biodigestores tubulares (7,85 m de circunferencia y 22 m de largo), fabricados a partir de geomembrana de PVC, instalados

de forma paralela (las aguas son divididas en partes iguales, entrando de manera individual a cada biodigestor). El sistema está diseñado con un tiempo de retención hidráulica de 40 días.

El sistema de biodigestión contiene alrededor de 123 m³ de volumen de la cámara de fermentación y 76 m³ de campana, para el almacenamiento de biogás.

Tanque de efluentes y sistema de riego

Seguido de las reacciones bioquímicas, y la descomposición de los purines en el sistema de biodigestión, las aguas residuales, ahora llamadas efluentes tratados, son conducidas a un tanque de 2 metros de profundidad y 4 de diámetro (25 m³). Este tanque está equipado de una bomba estercoleira de 5 hp, que conduce los

efluentes tratados en tubería de 3", hasta los potreros donde es asperjada. El tanque tiene una capacidad máxima de almacenamiento de efluentes tratados de 8 días.

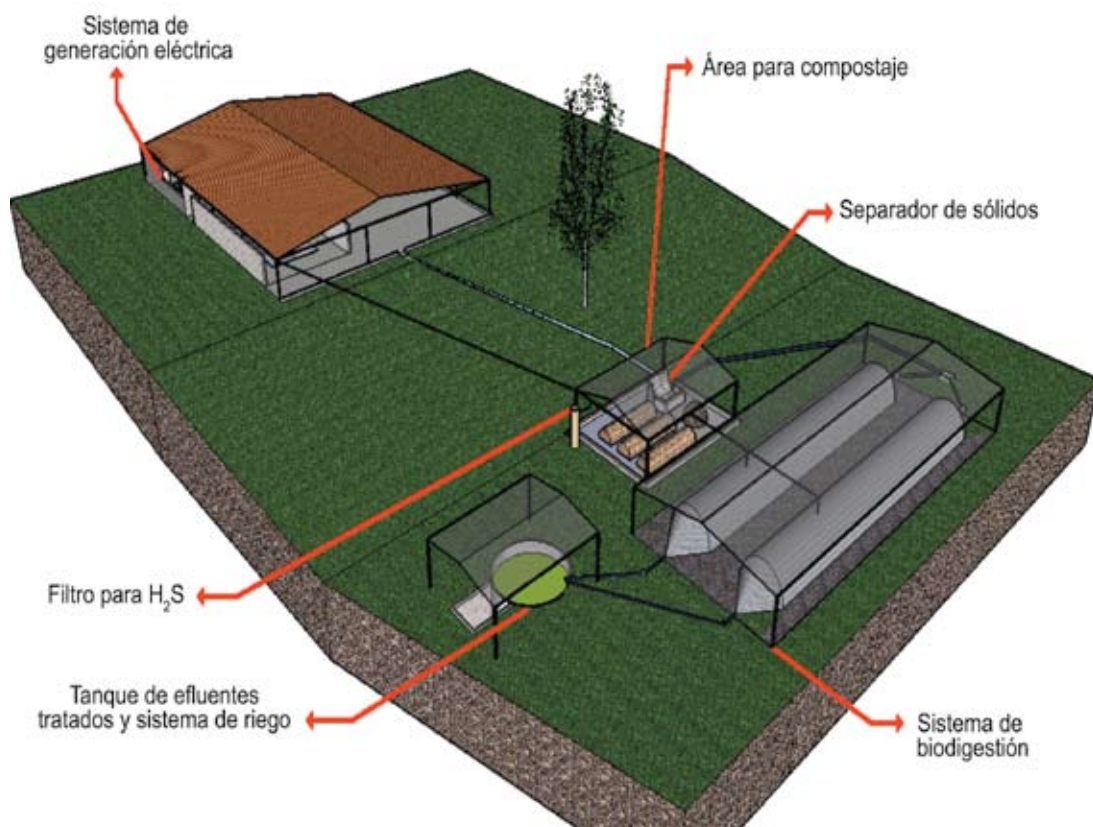
Filtro para sulfuro de hidrógeno

El biogás producido del sistema de biodigestión, es conducido en tubería de 2" hacia un filtro que retiene sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico en forma acuosa). Es un cilindro hermético con un sustrato especial selectivo a H₂S, que retiene dicho compuesto con el paso del biogás. El filtro forma parte importante de la vida útil del motor generador, pues el H₂S es sumamente corrosivo.

Sistema de generación eléctrica:

El biogás, luego de ser filtrado, es impulsado, utilizando un

Figura 1. Sistema integrado de aprovechamiento y tratamiento de excretas en lechería



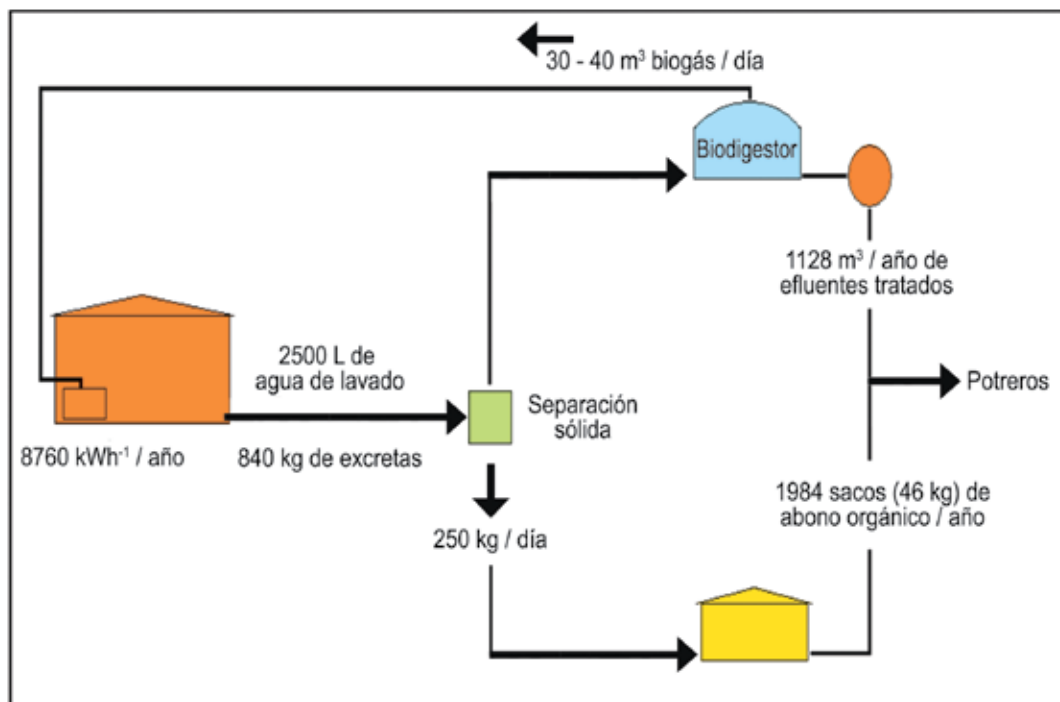


Figura 2. Diagrama técnico del sistema de aprovechamiento de excretas.

soplador que presuriza el biogás a 1 psi, para cumplir con las condiciones adecuadas del generador eléctrico Generac®. Este generador de 16 kW, funciona con gas LPG (propano) y gas natural; sin embargo, se le realizaron modificaciones importantes para que pueda funcionar, utilizando biogás. Estas modificaciones garantizan la entrega de energía de acuerdo con la demanda de la finca.

Datos técnicos

Se estima que la finca genera alrededor de 840 kg de excretas diarias, de un grupo de 80 animales en ordeño, con una semiestabulación de 9 horas diarias y 7% de excreción, acorde a su peso vivo. Por otro lado, se ha estimado la utilización de 2500 litros de agua para el proceso de lavado de los corrales, lo que indica

una relación 3:1 (agua de lavado: excreta). En la Figura 2, se presenta un diagrama técnico de este sistema de aprovechamiento de excretas.

Los purines se conducen al separador de sólidos, de donde se extraen alrededor de 250 kg de sólidos fibrosos diarios, que equivale al 30% del volumen de excreta generada en los corrales de espera/alimentación y sala de ordeño.

Acorde con la producción de excretas y la utilización de agua de lavado (840 kg excreta + 2500 litros de agua de lavado), además de los sólidos fibrosos extraídos del separador (-250 kg), se generan alrededor de 3090 litros de efluentes tratados diarios.

La producción de biogás no ha sido medida; sin embargo, se considera que el pico de producción se estaría produciendo entre 30 a 40 m³ de biogás/día.

El generador eléctrico, que funciona con biogás, es encendido solamente durante el ordeño y lavado del equipo en la tarde; pero se espera poder hacerlo en ambos ordeños, que duran aproximadamente 1,8 horas. El consumo de biogás, por ordeño (1,8 horas), ronda en los 6,4 m³, para una bomba de vacío de 5 hp de fuerza, incluyendo el pico de arranque. La eficiencia del generador eléctrico marca Generac®, se ha calculado en **25%**. La sustitución de electricidad anual se calcula en 8760 kWh⁻¹.

Datos financieros

El costo de implementación del sistema completo, de acuerdo con la descripción de cada sección es la siguiente:

Cuadro I. Costos de inversión del sistema de tratamiento

Componente	Costo \$
Separador de sólidos	1.939
Área de abono orgánico	1.436
Sistema de biodigestión	4.169
Tanque de efluente y sistema de riego	4.983
Filtro para H ₂ S	845
Sistema de generación eléctrica	5.912
TOTAL	\$19.284*

(*) TC: \$1 = ¢590.68 al 27/8/09

Estos ingresos están calculados, según el contenido de los nutrientes del abono orgánico y de los efluentes tratados, de

acuerdo con el costo de los mismos, adquiridos directamente de fuentes tales como: urea, fosfato monoamónico,

cloruro de potasio, carbonato de calcio y óxido de magnesio, a precios de agosto, 2009.

El ingreso por electricidad está estimado conforme al ahorro de electricidad de la bomba de vacío, de los dos ordeños

diarios, durante los 365 días del año, a un costo de 96 col/kWh-1, lo que equivale a casi 13 m³ de biogás. Debido a que la finca estaría generando hasta 30 m³, es posible que la factura eléctrica se reduzca aun más, al sustituir otras necesidades de electricidad con biogás

Los ingresos/ahorros anuales estimados para este proyecto, se indican en el Cuadro 2:

Cuadro 2. Ingresos/ahorros estimados en esta finca

Rubro	Reducción \$
Electricidad generada con biogás	1.284
Abono orgánico sólido	2.003
Efluente líquido (abono líquido)	1.892
Total ingresos	\$ 5.179

Costos de operación y mantenimiento

Los costos de operación equivalen a la limpieza del sólido fibroso, separado en la sección 4, la incorporación de aserrín, los volteos ocasionales y la distribución del material en campo. Para ello, se estiman 2 horas de mano de obra/día, a un costo de 850 colones/hora, con un 40% de cargas sociales.

Los costos de mantenimiento de la planta generadora de electricidad están destinados directamente a cambios de aceite, filtros de aire y aceite, entre otros (Cuadro 3).

Cuadro 3. Costos de operación y mantenimiento

Rubro	Costo \$
Aserrín	140
Mano de obra	1.467
Mantenimiento de la planta eléctrica	203
Total	\$1.810

Incorporando esta información en el flujo de caja y considerando un aumento de un 10% anual en el costo de electricidad y fertilizantes, como también un incremento del 9% en la mano de obra, sin considerar costos financieros; se estima que el proyecto tiene un tiempo de retorno de 4,9 años y una tasa interna de retorno de 20.8%.

Conclusiones

La factibilidad técnica de desarrollar un proyecto integrado para el manejo de residuos de lecherías es una realidad, incluyendo la generación eléctrica, por medio de un biodigestor.

Un proyecto integrado, que realice un tratamiento de desechos, además de producir abono orgánico sólido y líquido, de generar electricidad con el biogás, muestra índices financieros propios de un proyecto rentable.

Con la instalación de un sistema como el descrito en este documento, se logra cumplir con uno de los requisitos del SENASA, para optar para el Certificado Veterinario de Operación.




Harina de Soya de la Más Alta Calidad
Alta Biodigestibilidad de Aminoácidos
Proteína Mínima 48% Garantizada
Libre de Salmonella





Planta

Tels: (506) 2663-0323
Fax: (506) 2663-1524
Apdo: 6651-1000 San José
E-mail: servicioalcliente@inolasa.com
Contactos: mrb@inolasa.com / daa@inolasa.com
Pág Web: www.inolasa.com