

Notas sobre cómo

Integración de sistemas portátiles de biogás en proyectos respaldados por el FIDA

Medio ambiente y cambio climático



Las **Notas Sobre Cómo** han sido preparadas por la **División de Asesoramiento Técnico y Políticas del FIDA** y proporcionan sugerencias prácticas y directrices a los gerentes de programas en el país, los equipos de diseño de proyectos y los asociados en la ejecución, con el fin de ayudarlos a diseñar y ejecutar programas y proyectos.

En ellas se presentan aspectos técnicos y prácticos de enfoques, metodologías, modelos y componentes de proyectos específicos que han sido comprobados y cuya utilización y ampliación de escala pueden recomendarse. Las notas incluyen las mejores prácticas y casos de estudio que pueden utilizarse como modelo en sus particulares áreas temáticas.

Estas **Notas Sobre Cómo** proporcionan "herramientas" para el diseño y la ejecución de los proyectos sobre la base de las mejores prácticas recopiladas sobre el terreno. Guían a los equipos sobre cómo poner en práctica recomendaciones específicas de las políticas operacionales, los requisitos estándar de los proyectos y las herramientas de financiación del FIDA.

Estas **Notas Sobre Conocimientos** es un documento en constante evolución y se actualizarán periódicamente a partir de nuevas experiencias y retroinformación.

Autores

Antonio Rota

Especialista Técnico Principal, Ganadería
División de Asesoramiento Técnico y Políticas
Correo electrónico: a.rota@ifad.org

Karan Sehgal

Oficial de Tecnologías de Energías Renovables
División de Medio Ambiente y Clima
Correo electrónico: k.sehgal@ifad.org

Contacto

Maria-Elena Mangiafico

Oficial de Gestión de Conocimientos y Donaciones
División de Asesoramiento Técnico y Políticas
Correo electrónico: ptakmmailbox@ifad.org

Agradecimientos

Manifiestamos nuestro agradecimiento a Dominic Wanjihia, ciudadano keniano, que inventó el sistema Flexi Biogas y es Director Ejecutivo de Biogas International Ltd. También agradecemos las aportaciones de Roshan Cooke, Especialista Regional en Clima y Medio Ambiente; Enrico Mazzoli, Analista Económico y Financiero de la División de Asesoramiento Técnico y Políticas; Janvier Gasasira, Coordinador del Proyecto de Ordenación Comunitaria de Cuencas Hidrográficas en Kirehe (Rwanda); Haron Kebira, Oficial de Seguimiento y Evaluación; Francis Kagumo, Oficial de Extensión del Ministerio de Ganadería, y Bernard Kimoro, Especialista en el Sector Lácteo. Reconocemos asimismo la labor de los pequeños agricultores que han participado en las fases piloto de los siguientes proyectos respaldados por el FIDA: Proyecto de Ordenación Comunitaria de Cuencas Hidrográficas en Kirehe, en Rwanda; Programa de Fomento de los Medios de Subsistencia y Potenciación de las Tribus de Orissa, en la India; Programa de Desarrollo Participativo de Pequeñas Explotaciones Agrícolas y de la Pesca Artesanal, en Santo Tomé y Príncipe, y Programa de Comercialización de Productos Lácteos de Pequeños Productores, en Kenya. Por último, expresamos nuestro aprecio por una persona extraordinaria, el Sr. Vineet Raswant, cuya labor y apoyo constantes en el ámbito de las energías renovables para el desarrollo rural ha sido extraordinariamente importante.

Esta publicación ha sido financiada por el Programa de Adaptación para la Agricultura en Pequeña Escala (ASAP) del FIDA, la mayor iniciativa individual del mundo en materia de cambio climático destinada a los pequeños agricultores.

Mayo de 2016

Índice

SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	II
INTRODUCCIÓN	1
CONTEXTO ESTRATÉGICO	1
ENSEÑANZAS DE LA EXPERIENCIA	2
ORIENTACIÓN SOBRE EL DISEÑO Y LA EJECUCIÓN	3
ETAPA 1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO	3
ETAPA 2. PREPARACIÓN DEL PROYECTO	3
ETAPA 3. EJECUCIÓN DEL PROYECTO	4
ETAPA 4. EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS Y DETERMINACIÓN DE SU VIABILIDAD	6
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS	6
RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS.....	6
OTROS RECURSOS.....	7
BIBLIOGRAFÍA	8
ANEXO I. PRINCIPALES ENSEÑANZAS EXTRAÍDAS DE LAS PRUEBAS PILOTO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS PORTÁTILES REALIZADAS EN KENYA Y RWANDA	9
ANEXO II. RELACIÓN DE PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO	11
ANEXO III. MEDIDAS DE SEGURIDAD	12
ANEXO IV. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE BIOGÁS EN PROYECTOS DEL FIDA.....	13
ANEXO V. GUÍA DE CAMPO ILUSTRADA PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS FLEXI BIOGAS PORTÁTILES.....	15
ANEXO VI. ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO	19

Siglas y acrónimos

AEF	análisis económico financiero
RIMS	sistema de gestión de los resultados y el impacto

Introducción

El acceso a servicios modernos de energías renovables es un factor clave para erradicar la pobreza y garantizar la seguridad alimentaria. Hoy en día, 2 500 millones de personas utilizan combustibles de biomasa tradicionales (carbón vegetal, estiércol, leña) como fuente principal de energía para cocinar y calentarse. Y más del 80 por ciento de estas personas (por encima de los 1 700 millones) viven en África Subsahariana o en Asia Sudoriental. La sustitución de estos combustibles tradicionales por fuentes de energía renovables puede transformar significativamente las condiciones de vida, en particular las de las mujeres, en estas regiones, donde su capacidad de decisión a veces es escasa, incluso en asuntos domésticos, a pesar de que las tareas cotidianas del hogar pueden comprometer su salud. El humo generado al quemar estos combustibles, por ejemplo para cocinar, puede ocasionar enfermedades respiratorias (por inhalación) e infecciones oculares. Cada año, más de 4,3 millones de personas mueren por enfermedades respiratorias obstructivas

crónicas por exposición a la contaminación del aire interior (Organización Mundial de la Salud, 2012).

El arduo trabajo que conlleva la recolección de leña también puede ocasionar dolores de espalda y agotamiento: las mujeres kenianas caminan, de promedio, una distancia de 3 km cada dos días con cargas de hasta 30 kg sobre la espalda.

Es necesario promover fuentes de energía limpias, modernas y descentralizadas como alternativa a los combustibles tradicionales de biomasa. En estas orientaciones prácticas se proporcionan directrices para los gerentes de los programas del FIDA en los países y para los responsables de la formulación de políticas y profesionales del desarrollo que trabajan en pro de este objetivo.

¿Qué es el biogás?

El biogás es un combustible renovable que se obtiene a partir de materia orgánica biodegradable, como residuos de origen animal y humano o desechos de la cocina. Los sistemas de producción de biogás rentables pueden limitar las emisiones de metano del estiércol de los animales, ya que el gas se recupera y se usa como fuente de energía. La materia orgánica se introduce en un digestor cerrado herméticamente y, en ausencia de oxígeno, proliferan bacterias anaerobias que consumen la materia orgánica y producen biogás que puede canalizarse directamente a una cocina.

Contexto estratégico

El FIDA ha puesto a prueba desde mayo de 2012 un nuevo sistema de biogás portátil, denominado Flexi Biogas, que se instala sobre el terreno (no enterrado) y es más fácil de usar y menos costoso de construir y operar que los sistemas tradicionales de cúpula fija. El sistema Flexi Biogas no necesita agitador y su digestor no es un tanque hermético sino simplemente una bolsa de plástico (de lona de PVC) de 6 m x 3 m alojada en un túnel que actúa como invernadero.¹ En el cuadro 1 se comparan la producción de gas, en condiciones óptimas, del sistema Flexi Biogas con la del sistema de cúpula fija.

Con el sistema Flexi Biogas se puede contribuir a la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos mediante la reducción del volumen de gases de efecto invernadero liberados a la atmósfera. En la actualidad, el 25 por ciento de las emisiones de CO₂ en los países en desarrollo derivan del uso de leña y carbón vegetal como principales fuentes de energía (sobre todo para cocinar, iluminar y calentar).

Teniendo en cuenta que un hogar promedio, de 4 a 6 miembros, puede consumir hasta 7 kg de leña al día, el uso de un sistema de biogás puede ahorrar aproximadamente 2 500 kg de leña por hogar al año.²

El sistema Flexi Biogas presenta varias ventajas para las mujeres. Por ejemplo, reduce la necesidad de recoger leña cada día y acarrearla grandes distancias, una tarea que suelen realizar las mujeres. En lugares donde se den las condiciones pertinentes, el tiempo ahorrado puede destinarse a potenciar la capacidad y el empoderamiento de las mujeres, que puede redundar, en último término, en la mejora del nivel de vida de toda la comunidad.

¹ Si desea más información sobre el funcionamiento de un digestor de biogás portátil, consulte: <http://www.ifad.org/pub/thematic/biogas.pdf>. Para profundizar en el conocimiento general del funcionamiento del biogás, consulte el documento *Livestock and Renewable Energy*, disponible en: <http://www.ifad.org/lrkm/factsheet/energy.pdf>.

² Hasta la fecha, el Programa nacional de biodigestores en Camboya ha instalado más de 22 500 biodigestores, que han permitido preservar un total acumulado de más de 1 500 hectáreas de bosque intacto.

La iniciativa Flexi Biogas está en consonancia con el marco de la Política del FIDA de gestión de recursos naturales y medio ambiente,³ basado en diez principios básicos que deben promoverse de forma sistemática en los proyectos del FIDA. En este caso, la atención se centra más específicamente en el segundo principio: el reconocimiento y una mayor concienciación acerca del valor económico, social y cultural de los activos naturales.

La integración de la tecnología del biogás en un sistema de producción agropecuaria permite utilizar los residuos de las cosechas y otros residuos orgánicos para generar una fuente limpia de energía y, como subproducto, un fertilizante orgánico de gran calidad. Otra ventaja económica del sistema para los pequeños agricultores es la posible sustitución de fertilizantes químicos, que son caros, por este subproducto.

Enseñanzas de la experiencia

Se ha comprobado, en investigaciones y estudios de campo en Kenya, que los sistemas tradicionales de cúpula fija son más caros que el sistema Flexi Biogas y requieren 3 o 4 vacas lecheras (cuadro 1). Además, para los sistemas de cúpula fija se debe contar con la propiedad de la tierra, así como con conocimientos especializados para su instalación, mantenimiento y operación que permitan su sostenibilidad a largo plazo. En cambio, según se está comprobando, el sistema Flexi Biogas presenta importantes ventajas frente a los sistemas de cúpula fija. En el anexo I se resumen las principales enseñanzas extraídas de las pruebas piloto de sistemas de biogás portátiles realizadas en Kenya y Rwanda.

Cuadro 1. Comparación de los sistemas de cúpula fija y Flexi Biogas

	Cúpula fija de 6 m ³	Cúpula fija de 4 m ³	Flexi Biogas de 6 m ³
Costo (Kenya)	USD 1 200	USD 750	USD 600
Equivalente en cabezas de ganado vacuno necesarias (kg de estiércol/día)	3-4 (40 kg)	3 (30 kg)	1-2 (20 kg)
Producción de gas (tiempo de alimentación de la cocina)	1 000 l/día (120 minutos)	500-600 l/día (60 minutos)	1 000 l/día (120 minutos)

Las pruebas piloto se llevaron a cabo durante los dos últimos años con la colaboración de los siguientes proyectos respaldados por el FIDA: el Programa de Comercialización de Productos Lácteos de Pequeños Productores, en Kenya; el Proyecto de Ordenación Comunitaria de Cuencas Hidrográficas en Kirehe, en Rwanda; el Programa de Fomento de los Medios de Subsistencia y Potenciación de las Tribus de Orissa, en la India, y el Programa de Desarrollo Participativo de Pequeñas Explotaciones Agrícolas y de la Pesca Artesanal, en Santo Tomé y Príncipe. Los resultados obtenidos en Kenya y Rwanda son más completos porque en estos países las pruebas piloto se han desarrollado durante dos años. Aunque las pruebas piloto que se están llevando a cabo en la India y Santo Tomé y Príncipe llevan menos tiempo ejecutándose, sus resultados son similares a los de Kenya y Rwanda. Los cuatro proyectos se han seleccionado atendiendo a criterios de diversidad geográfica, circunstancias agroecológicas y culturales específicas, y la integración en procesos nacionales de formulación de políticas de agricultura y desarrollo rural que tienen como objetivo ampliar la escala de fuentes limpias de energía renovable, como los sistemas de biogás. En las directrices siguientes se expone una metodología para una mayor inclusividad de las iniciativas de biogás.

³ Véase: www.ifad.org/climate/policy/enrm_s.pdf

Orientación sobre el diseño y la ejecución

Etapa 1. Definición del proyecto

Determinación de las necesidades energéticas y los beneficiarios. En esta etapa deben calcularse las necesidades de energía (para cocinar, iluminar y calentar el hogar, para el uso de electrodomésticos, etc.) de las personas u hogares. Según las estadísticas, en las comunidades rurales se consume aproximadamente 1 tonelada de leña por persona al año (aproximadamente 2 kg por persona al día). Dado que el uso de biogás como fuente de energía reduce directamente la carga de trabajo diaria de las mujeres en las zonas rurales (por ejemplo, el acarreo de agua y la recolección de leña), se debe incluir a las mujeres entre los beneficiarios del proyecto desde el inicio. Se aplican los siguientes criterios de selección de beneficiarios:

- tiene ingresos muy bajos (incapacidad para pagar las cuotas de pertenencia a grupos o asociaciones)
- dedica al menos dos o tres horas al día a recoger leña
- posee al menos una o dos vacas, o tiene fácil acceso a estiércol de vaca para la carga inicial

Durante la fase de definición/planificación, deben considerarse los siguientes aspectos:

- Para garantizar el sentido de apropiación, los beneficiarios deben tener motivación suficiente para trabajar en la instalación del sistema (nivelación de la tierra, recogida de estiércol y carga del digestor).
- Cada beneficiario debe aceptar pagar una cuota de usuario mensual (basada en los costos de las fuentes de energía tradicionales y los niveles de ingresos de los beneficiarios).
- Debe recopilarse información sobre los volúmenes de producción de gas y la materia prima disponible.

¿Por qué los pequeños agricultores acogen tan bien la tecnología?

El sistema Flexi Biogas ha sido beneficioso para los agricultores y sus familias, en particular para las mujeres. Cabe citar el caso de Marie Goreti Twagirumukisa, una agricultora rwandesa propietaria de dos vacas, una de las cuales recibió del Gobierno como recompensa por haber criado a un niño al que salvó del genocidio de 1994. Con el estiércol de sus vacas puede producir energía suficiente para cocinar durante unas tres horas al día. Se le proporcionó, como parte del equipo de biogás, una cocina de gas de dos fogones. Marie explicó su elección en los siguientes términos: “Estoy muy contenta con el biogás. Es fácil de usar y me ahorra tiempo, puesto que ya no necesito ir a recoger leña. Fui a ver un sistema convencional y me pareció demasiado complicado de usar, así que elegí este.” El biogás es también beneficioso para la salud de los pequeños agricultores, puesto que evita que tengan que respirar el humo de la combustión de madera en el interior de la casa.

Etapa 2. Preparación del proyecto

Requisitos del emplazamiento. Para poner en marcha el sistema de biogás se necesita una cantidad suficiente de estiércol de vaca (al menos 200 kg) y una cantidad equivalente de agua.

Selección de la ubicación en la que se instalará el sistema de biogás. El digestor debe instalarse en un lugar a mitad de camino entre la cocina y la cuadra o la zona de pastoreo del ganado, con objeto de simplificar la recogida de estiércol fresco para alimentar el digestor. Otros requisitos son los siguientes:

- El digestor debe estar por encima de la cota inundable. Para reducir al mínimo las pérdidas de presión, el sistema de biogás no debe estar a más de 15 metros de la cocina. La unidad de biogás ocupa una superficie de 7 m x 2 m.
- El sistema se debe instalar en un terreno nivelado previamente, con una inclinación máxima del 5 por ciento en su longitud total para que el sustrato fluya en el interior del digestor en un solo sentido (metodología de flujo transversal).

- No debe haber árboles que bloqueen la exposición a la luz del sol. Es importante tener en cuenta que los vientos fuertes podrían ocasionar la caída de ramas de árbol que podrían dañar la cobertura del digestor y el túnel de efecto invernadero.
- Los asociados, agentes de extensión y funcionarios de seguimiento y evaluación deben recopilar información sobre las instituciones que trabajan actualmente en cuestiones relativas al abastecimiento de energía en las zonas rurales. La labor debe centrarse en determinar qué estructuras existen e incorporarlas como complemento, y no como competencia, a las iniciativas relativas al biogás en curso.

Etapa 3. Ejecución del proyecto

Tiempo de instalación. Si hay mano de obra suficiente en el lugar, el digestor se puede instalar en tres horas. Para conectar la tubería de biogás a la cocina del hogar se necesita aproximadamente una hora más, dependiendo de la distancia a la cocina y de los materiales (bambú, ladrillos, cemento, tierra, chapas de hierro, madera, etc.) que conforman las paredes y techos que deba atravesar la tubería de biogás. Para un sistema Flexi Biogas doméstico se necesitan al menos 200 kg de estiércol de vaca (preferiblemente fresco) y un volumen equivalente de agua. El digestor se debe llenar hasta el nivel de las tuberías de entrada y salida, para que no pueda entrar aire y se genere metano. En los planes de ejecución se debe tener en cuenta: i) la mano de obra necesaria para recoger el estiércol; ii) el número de cabezas de ganado (que determina la cantidad de estiércol disponible), y iii) el tipo de explotación ganadera (estabulación o pastoreo).

Proceso participativo. Los agricultores beneficiarios pueden contribuir a la instalación del sistema de biogás, que es bastante sencilla y fácil. Los niños y jóvenes también pueden participar, por ejemplo ayudando a nivelar el terreno. Este enfoque participativo fomenta un mayor sentido de apropiación, que potencia el interés de los agricultores en el funcionamiento y la gestión del sistema y en la resolución de los problemas que surjan.

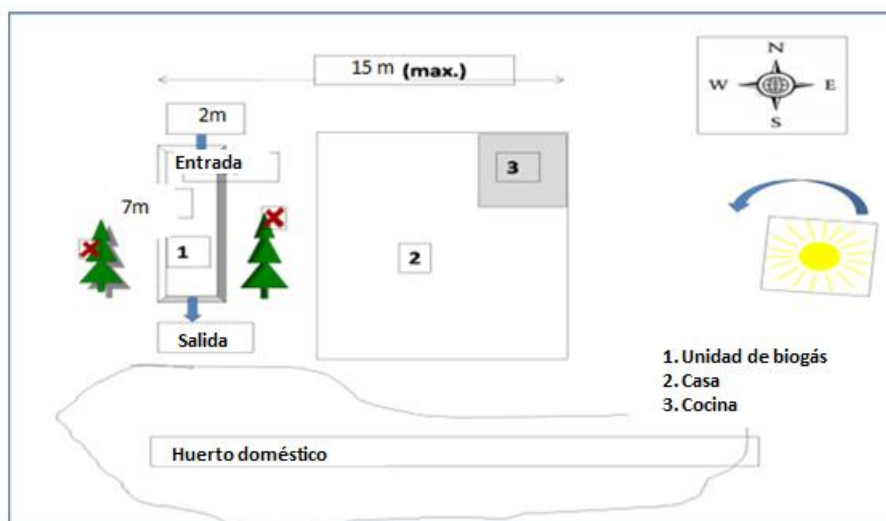
Costo del proyecto. Hay tres modelos del sistema Flexi Biogas con diferentes capacidades de producción de gas. En el cuadro 2 se indican los costos de estos modelos en Kenya (incluidos una cocina de biogás de dos fogones, el transporte y la instalación).

Cuadro 2. Costo de los sistemas Flexi Biogas en Kenya

Modelo	Núm. de beneficiarios	Capacidad diaria (m ³)	Costo (USD)
Doméstico (DBG)	4-6	3,5	600
Energía total (BG6)	10+	9	810

El tipo de sistema Flexi Biogas elegido dependerá en última instancia del número de personas que integra el hogar y de las necesidades diarias para cocinar. Según los datos generales, en África una familia rural promedio, de cuatro a seis personas, consume entre 700 y 1 000 litros de combustible para cocinar al día (excluido el carbón vegetal utilizado para calefacción).⁴ Las familias de las zonas rurales que adquieren un sistema Flexi Biogas pueden comenzar a ahorrar en leña y carbón vegetal en el plazo de una semana tras la instalación. Por el contrario, los biodigestores de cúpula fija tardan unos 30 días en producir gas metano combustible, debido a que en estos sistemas la descomposición de la materia biodegradable requiere un tiempo de retención mayor y una temperatura de funcionamiento más alta. Estas características técnicas repercuten en los ingresos de los beneficiarios, ya que con los biodigestores de cúpula fija se tarda bastante más en amortizar la inversión que con el sistema Flexi Biogas.

⁴ En Kenya, las comunidades rurales gastan, de promedio, KES 2 500-3000 (USD 28-34) en combustibles de baja calidad perjudiciales para la salud (queroseno, carbón vegetal y leña), principalmente para cocinar y para iluminación.



Esquema de la distribución idónea de un sistema de biogás

Se ha comprobado, mediante pruebas de campo, que el modelo mediano (BG5) satisface por lo general las necesidades diarias para cocinar y para calefacción. Una desventaja del sistema Flexi Biogas es que no permite utilizar lámparas de biogás porque la presión fluctúa y a menudo es demasiado baja. No obstante, las lámparas de biogás también se consideran ineficientes ya que consumen entre 100 y 200 litros de biogás por hora.

En el costo total del sistema deben tenerse en cuenta los costos del transporte y los derechos de importación. La tecnología está en sus albores y el proveedor de servicio técnico solo opera actualmente en la región de África Oriental.⁵

Indicadores clave de rendimiento. El sistema de gestión de los resultados y el impacto (RIMS) del FIDA se ha actualizado recientemente para integrar los indicadores relacionados con la adaptación al cambio climático. Los indicadores relevantes a efectos de las tecnologías con potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero son:

- **Indicador 1.1.18:** número (desglosado por sexos) de personas que adoptan tecnologías que reducen o capturan las emisiones de gases de efecto invernadero [en el nivel de los productos]
- **Indicador 2.1.8:** número de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero evitadas o secuestradas [a nivel de los efectos directos]

Podrán incluirse otros indicadores de seguimiento y evaluación, dependiendo de las especificaciones del proyecto, con objeto de evaluar:

- cómo utilizan las mujeres y los hombres las fuentes de energía y qué impacto tiene este uso a efectos del cambio climático;
- las estrategias de adaptación desarrolladas en materia de consumo de energía;
- la reducción de los costos energéticos de los hogares y de la carga de trabajo de las mujeres y las niñas (por ejemplo, en el tiempo dedicado a recoger leña);

⁵ Están planificándose varias operaciones —que se financiarán a través de la modalidad de financiación del FIDA para hacer frente al cambio climático, el Programa de Adaptación para la Agricultura en Pequeña Escala (ASAP)— en una serie de países, como Bangladesh, Camboya, Malí, Nepal y Viet Nam.

- la generación de ingresos por medio de actividades derivadas de la introducción de fuentes limpias y descentralizadas de energía renovable, y
- otras actividades de producción agrícola o elaboración y las diferentes materias primas disponibles.

Etapa 4. Evaluación de los proyectos y determinación de su viabilidad

Fomento de la capacidad. Existen diversas tecnologías de producción de biogás; por ejemplo, de cúpula fija, de tambor flotante y de digestor tubular. Es fundamental conocer cada tecnología y su ventaja comparativa en un contexto determinado, ya que cada sistema tiene requisitos diferentes. En el anexo III figura una lista de comprobación para la ejecución de sistemas Flexi Biogas fabricados por Biogas International Ltd.

Sistemas de control de la calidad y mecanismos de capacitación. Lo ideal es capacitar a técnicos locales, a nivel de las aldeas, para garantizar unos servicios adecuados de asistencia y resolución de problemas. En el anexo II se proporciona una relación detallada de problemas de funcionamiento y mantenimiento.

Servicios posventa y otras oportunidades indirectas. Además de crear la necesidad de servicios posventa, los sistemas de biogás pueden generar un excedente energético que se puede utilizar, por ejemplo, para usar maquinaria agrícola, reducir al mínimo las pérdidas poscosecha o apoyar el desarrollo ganadero (por ejemplo, la cría de pollos). Pueden establecerse programas de costos compartidos para crear un sentido de apropiación. Los sistemas no se deben proporcionar de forma gratuita. Los subsidios deben focalizarse en las familias más pobres que tengan dificultades claras para comprar la tecnología de biogás sin ayuda. En última instancia, debe concebirse un sistema de pagos mensuales por los usuarios que refleje sus gastos actuales en combustibles convencionales.

Sensibilización. Es importante que se conozcan los principales problemas relativos al funcionamiento y el mantenimiento del sistema, así como los beneficios del fertilizante orgánico (biolodo). El biolodo es un buen sustituto de los fertilizantes químicos y puede ayudar a regenerar la calidad del suelo. El saneamiento del hogar también puede mejorar gracias a la mejor gestión del estiércol.

Conclusiones y recomendaciones estratégicas

En las comunidades rurales hay escasez energética: muchas de sus necesidades —como la iluminación del hogar, el riego, la refrigeración y la elaboración poscosecha— permanecen insatisfechas. Utilizando el sistema Flexi Biogas, una familia que tenga solo una o dos vacas puede producir diariamente entre 60 y 100 kg de fertilizante de alta calidad, 2,8 m³ de biogás para cocinar y 12 litros de leche. El proyecto piloto del FIDA ha abierto nuevos canales y posibles asociaciones para la ejecución de sistemas de biogás flexibles. El modelo utilizado no solo crea empleo en las zonas rurales, sino que también aborda dos de los problemas de África Subsahariana: la seguridad nutricional y la disponibilidad de combustibles limpios. A continuación se formulan recomendaciones estratégicas clave para el diseño de proyectos que incluyen actividades relacionadas con la producción de biogás.

Recomendaciones estratégicas

1. Considere las necesidades energéticas a nivel de las explotaciones agrícolas, donde suelen realizarse actividades económicas relacionadas con la producción y la elaboración de productos agrícolas, la piscicultura, la ganadería, el bombeo de agua o pequeñas industrias. Para muchas de estas actividades solo se necesitan pequeñas cantidades de energía (de 100 vatios a 3 kilovatios), sin embargo conllevan un gran gasto, en términos del costo, del tiempo y de la mano de obra necesarios para el uso de fuentes de energía de baja calidad (queroseno, leña, carbón vegetal y otras fuentes de biomasa tradicionales).

2. Involucre a las mujeres y a otros grupos subrepresentados (es decir, los jóvenes y los niños). Además de sus efectos perjudiciales para el medio ambiente, la quema de leña es especialmente perjudicial para las mujeres, que suelen cocinar en lugares con ventilación insuficiente donde se acumulan gases tóxicos (monóxido de carbono y óxido de nitrógeno) y partículas de polvo que constituyen un riesgo para su salud. Además, lograr el apoyo de los hombres y concienciarlos sobre los beneficios que puede suponer para sus familias el empoderamiento económico de la mujer también puede ser crucial para aligerar la carga de trabajo de las mujeres y, a largo plazo, modificar los modelos tradicionales de distribución de la carga de trabajo.
3. Adopte un enfoque basado en la cadena de valor, centrado en el fertilizante orgánico. Aunque los posibles beneficios del uso de biólodo y de la simultánea reducción de la dependencia de los fertilizantes químicos son enormes, se trata de un mercado en gran medida inexplorado.
4. Considere cómo afectaría la promoción a gran escala del biogás a otros sistemas de subsistencia. Claramente afectaría a los proveedores de carbón vegetal y leña, ya que —en la mayoría de los casos— los productores de estos productos desarrollan su actividad en las zonas rurales y están representados por agentes en las zonas periurbanas y urbanas. También afectaría a muchos otros agentes (transportistas, vendedores, comerciantes de carretera, conductores de camiones, etc.) que tendrían que buscar otros medios de subsistencia.

Otros recursos

- *Flexi Biogas systems: Inexpensive, renewable energy for developing countries*, folleto técnico del FIDA. Disponible en: <http://www.ifad.org/pub/thematic/biogas.pdf>.
- *Livestock Thematic Papers: Livestock and Renewable Energy*. Disponible en: <http://www.ifad.org/lrkm/factsheet/energy.pdf>.
- Entrevista en video del FIDA con el diseñador del sistema Flexi Biogas. Disponible en: <http://www.youtube.com/watch?v=qh3mmgiybTw>.
- *Scaling and commercializing mobile biogas systems in Kenya: A qualitative pilot study*, Benjamin Sovacool. 2014.
- Blog: *A new biogas system for Rwanda*. Disponible en: http://www.ruralpovertyportal.org/country/voice/tags/rwanda/rwanda_biogas
- Artículo en Rural 21, *The International Journal for Sustainable Development*. Disponible en: <http://www.rural21.com/english/current-issue/detail/article/flexibiogas-a-climate-change-adaptation-and-mitigation-technology-00001145/>
- Video del FIDA: *Rwanda – Cooking with Biogas*. Disponible en: <http://www.unmultimedia.org/tv/unifeed/2014/10/rwanda-cow-dung-biogas/>

Bibliografía

- Appels, L., J. Baeyens, J. Degreve y R. Dewil (2008): *Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. Progress in Energy and Combustion Science*, 34: 755-781.
- Botero, R. y T. R. Preston (1971): *Feeding value of cattle manure for cattle. Journal Animal Science*, 30: 274-294.
- Corporación Financiera Internacional (IFC) (2012): *Household lighting fuel costs in Kenya. Market Intelligence Note, Issue 2*, diciembre de 2012.
- Dana, R. (2010): *Micro-Scale biogas production: A beginners guide. National Sustainable Agriculture Information Service 1-10*.
- Daxiong, Q., G. Shuhua, L. Baofen y W. Gehua (1990): *Diffusion and innovation in the chinese biogas program. World Development*, 18: (4) 555-563.
- Garnett, T. (2009): *Livestock-related greenhouse gas emissions: Impacts and options for policy makers. Environmental Science and Policy* 12: 491-503.
- Ghimire, P.C. (2007): *Final report on technical study of biogas plants installed in Pakistan. Asia/Africa Biogas Programme*, Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV).
- Hamilton, K. (2010): *Scaling up renewable energy in developing countries: Finance and investment perspectives. Energy, Environment and Resource Governance Programme Paper*, Chatham House, Reino Unido.
- Hamlin, A. (2012): *Assessment of social and economic impacts of biogas digesters in rural Kenya*, SIT Graduate Institute, ISP Collection.
- Hendriksen, G. (2011): *Biogas support mission in Rwanda. Feasibility assessment*. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA).
- Kenya National Domestic Biogas Programme (KENDBIP) (2009): *KENBIM domestic biogas construction training*. Manual de capacitación, Kenya National Federation of Agricultural Producers, Nairobi.
- Myles, R. (2008): *Practical pictorial field guide on Grameen Bandhu biogas plant. Integrated Sustainable Energy And Ecological Development Association (INSEDA)*, India.
- Mariara, J. K. (2009): *Global warming and livestock husbandry in Kenya: Impacts and adaptations. Ecological Economics* 68: 1915-1924.
- Ochieng, F. X. (2010): *Survey of Plastic Tube Digesters in Kenya: A field assessment survey of the Performance of Plastic tube digestors in Kenya*. Informe del estudio encargado por la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) y Energie Konsult Ltd.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2012): *Contaminación del aire de interiores y salud. Nota descriptiva núm. 292*, actualizada en marzo de 2014.
- Thornton, P., K. M. Herrero (2009): *The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know, Agricultural Systems* (101), 113-127.

Anexo I. Principales enseñanzas extraídas de las pruebas piloto de sistemas de producción de biogás portátiles realizadas en Kenya y Rwanda

Criterios	Enseñanzas extraídas
Sociales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se trata de una tecnología fácil de usar, que agricultores analfabetos pueden instalar, mantener y hacer funcionar, y solucionar los problemas que presente. ▪ Produce gas suficiente para satisfacer las necesidades de cocinado diarias de una familia de entre 4 y 6 miembros. Por ejemplo, el <i>githeri</i> (un plato local a base de frijoles y maíz) se prepara en tres horas en una cocina de biogás. ▪ El suministro regular de biogás reduce la carga de trabajo de recolección de leña, sobre todo para las mujeres y niñas. Se ahorran unas dos horas al día, de promedio, que las mujeres y niñas pueden dedicar al ocio y descanso, al estudio o a realizar trabajos de artesanía, así como a cuidados del ganado y otras tareas cotidianas. ▪ Algunos agricultores utilizan el biogás para iluminar la casa por la noche para que los niños puedan estudiar. Se ha decidido, en consecuencia, incluir un panel solar y una batería en todos los equipos Flexi Biogas. ▪ Los agricultores de Kenya y Rwanda han podido cultivar 0,5 hectáreas más gracias al tiempo extra disponible. Todavía no se han cuantificado los incrementos en la producción y los ingresos. ▪ La cocina de biogás se puede trasladar al interior, lo que facilita la preparación de la comida durante la temporada de lluvias. ▪ El sistema Flexi Biogas digiere todo el sustrato orgánico, de modo que no produce malos olores ni atrae a las moscas. ▪ No es necesario poseer ganado para utilizar un sistema de biogás, porque el estiércol necesario para poner el sistema en funcionamiento puede recolectarse o comprarse. ▪ La autosuficiencia energética aumenta el prestigio social y el grado de satisfacción.
Económicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La reducción del gasto en leña, carbón vegetal y mano de obra ha permitido ahorrar de USD 44 a USD 50 por hogar al mes. Todavía no se han cuantificado económicamente otros beneficios como los derivados de la mejora de la salud, el uso de biólodo en lugar de fertilizantes químicos en los huertos familiares, la mejora de la alimentación gracias a estos huertos y la mejora de la educación de los niños. ▪ El sistema Flexi Biogas es asequible: su costo es la mitad que el de los sistemas de cúpula fija en Kenya y Rwanda. ▪ La fabricación del tanque de biogás con materiales procedentes de China puede reducir los costos. (El FIDA y Biogas International Ltd. emprendieron en 2013 una misión a China para contactar con proveedores y fabricantes.) En Kenya, el costo de la lona de PVC es diez veces mayor y el material del tanque de biogás no se comercializa. ▪ El diseño se ha ajustado para reducir los costos de fabricación (por ejemplo, se ha normalizado la longitud del sistema de biogás). ▪ La inversión se amortiza en relativamente poco tiempo: el período de recuperación de costos es inferior a un año. ▪ Se crean puestos de trabajo para los jóvenes.
Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El sistema es ligero (50 kg) y fácil de transportar e instalar. Se instala en unas cuatro horas, mientras que para instalar el sistema de cúpula fija se necesita un mínimo de 20 días (en Kenya), ya que requiere labores de excavación y construcción y una logística compleja. ▪ Es sencillo de usar y las tareas de mantenimiento (principalmente el desbloqueo) son fáciles. ▪ Entre 7 y 10 días se produce biogás suficiente para satisfacer las necesidades del hogar, mientras que con el sistema de cúpula fija se necesitan entre 20 y 30 días. Esto se debe en parte a la función del "túnel de efecto invernadero", que eleva la temperatura y favorece la proliferación de las bacterias, acelerando así la producción de biogás. ▪ El sistema funciona con diferentes tipos de materia orgánica disponible en el entorno. ▪ La metodología de flujo transversal garantiza la completa digestión del biólodo, sin presencia de metano residual ni de microorganismos patógenos. ▪ El sistema es ampliable y permite, por lo tanto, responder al incremento de la demanda energética conforme aumentan las necesidades y los ingresos. ▪ La capacitación de personal técnico para la instalación, operación y mantenimiento del sistema es sencilla y se basa en el aprendizaje mediante la práctica. ▪ El sistema Flexi Biogas presenta varias ventajas frente a otros digestores de biogás en las zonas rurales. Es portátil y se puede transportar fácilmente a zonas remotas en una bicicleta o un burro; no requiere mano de obra cualificada (como albañiles); su instalación solo requiere la nivelación del terreno y no es necesario transportar grava, piedras, ladrillos, arena o cemento, y comienza a producir volúmenes suficientes de biogás en menos tiempo que otros sistemas.

Sanitarios	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La eliminación del humo en la cocina reduce la incidencia de enfermedades respiratorias crónicas e infecciones oculares. ▪ El uso del biolodo como fertilizante en los huertos familiares mejora la nutrición y la diversificación de la dieta. ▪ Mejoran las condiciones de saneamiento domésticas, gracias a una mejor gestión del estiércol. ▪ Es preciso ventilar adecuadamente las estancias donde se cocina, para evitar las intoxicaciones por monóxido de carbono u óxido de nitrógeno.
Medioambientales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La disminución del consumo de leña en aproximadamente 2 kg por persona al día⁶ contribuye a reducir la deforestación y la degradación de la tierra. ▪ Se reducen las emisiones de metano,⁷ gracias a una mejor gestión del estiércol. ▪ El biolodo es un buen sustituto de los fertilizantes químicos y contribuye a mejorar la calidad del suelo. ▪ Se reduce la dependencia de los combustibles fósiles.
Normativos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No es necesario tener la propiedad de la tierra porque el equipo se puede trasladar en caso necesario. ▪ El sistema Flexi Biogas es compatible con las estrategias nacionales sobre abastecimiento energético en las zonas rurales y se integra en las operaciones de los proyectos del FIDA. Debe complementarse con subsidios nacionales a la energía en las zonas rurales, para reducir los costos unitarios. ▪ El sistema Flexi Biogas compite con más dificultad en zonas con gran disponibilidad de leña. ▪ Se han promovido iniciativas de cooperación Sur-Sur para influir en el diálogo sobre políticas relativas a los problemas de abastecimiento energético en las zonas rurales de los países en desarrollo. El FIDA ha asistido, hasta la fecha, a las siguientes actividades para potenciar el perfil de Biogas International Ltd. y de la tecnología Flexi Biogas: <ul style="list-style-type: none"> - Convención sobre el biogás en el Indian Institute of Technology (Nueva Delhi, septiembre de 2012) - Exposición Mundial sobre el Desarrollo Sur-Sur (Viena, noviembre de 2012) - Exposición Mundial sobre el Desarrollo Sur-Sur (Nairobi, octubre de 2013) - Iniciativa de cooperación Sur-Sur para la determinación de oportunidades de asociación con fabricantes chinos (junio de 2013) - Taller sobre asociaciones público-privadas en el sector del biogás (SNV) (Hanoi, noviembre de 2013) - Conferencia internacional sobre las energías sostenibles (Milán, diciembre de 2013) - Campañas de información: Well Told Story – Shujaaz FM en Kenia

⁶ Las emisiones de CO₂ de la leña constituyen el 25 por ciento de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero en los países en desarrollo.

⁷ El metano es un gas de efecto invernadero más potente que el CO₂: su capacidad de retención de calor es 22 veces mayor.

Anexo II. Relación de problemas de funcionamiento y mantenimiento

Determinación del problema	Causa	Solución
¿Se alimenta el digestor todos los días?	El digestor debe alimentarse diariamente con unos 20 kg de estiércol y una cantidad equivalente de agua.	<ul style="list-style-type: none"> Para el correcto funcionamiento del digestor, las bacterias productoras de metano deben recibir un suministro continuo de materia biodegradable. Si no dispone de estiércol de vaca, utilice residuos de la cocina o el huerto, o aguas cloacales.
¿Huele a gas?	Tubería mal conectada. Llave de paso rota en la cocina Agujero en el digestor de plástico. Pomo defectuoso de la cocina de gas.	<ul style="list-style-type: none"> Cierre la llave de paso de gas del digestor. Compruebe todas las conexiones, comenzando por las llaves de paso en la cocina hasta la salida de gas del digestor, así como las tuberías de plástico, las juntas, las abrazaderas y las válvulas de compuerta. Si hay un agujero en el digestor, puede repararse fácilmente con esparadrapo o cola específicos para lonas de PVC reforzadas.
¿No se produce suficiente gas?	Tubería mal conectada. Sección de tubería rota. Acumulación de agua en las tuberías que obstaculiza el flujo del gas.	<ul style="list-style-type: none"> Cierre la llave de paso de gas del digestor. Compruebe todas las conexiones, comenzando por las llaves de paso en la cocina hasta la salida de gas del digestor. Desbloquee la tubería de salida con descargas de agua o con ayuda de un palo.
¿El depósito del sifón contiene suficiente agua?	Nivel de agua subóptimo, por evaporación.	<ul style="list-style-type: none"> Compruebe periódicamente el nivel del depósito y añada agua en caso necesario.
¿Aunque el digestor está visiblemente cargado, el gas no llega a la cocina o llega muy poco?	Presión interior de la bolsa del digestor insuficiente. Acumulación de agua.	<ul style="list-style-type: none"> Coloque bolsas de arena (20 kg en total), centradas, sobre la bolsa del digestor. El agua puede evaporarse y condensarse en las tuberías bloqueando el flujo del gas hacia la cocina. Las tuberías de gas deben purgarse cada dos meses con descargas de agua.
¿Hay poco gas en el digestor por la mañana?	Olvido de cierre de llave de paso de gas de la cocina. Abertura de salida/desbordamiento sucia.	<ul style="list-style-type: none"> Recuerde cerrar la llave de paso después de cocinar.
¿El color de la llama de biogás no es azul claro?	Concentración de residuo de sulfuro de hidrógeno más alta de lo habitual (0,3 por ciento).	<ul style="list-style-type: none"> Cambie el filtro de sulfuro de hidrógeno de la conexión en T de la válvula de seguridad. Se recomienda sustituir el filtro cada seis meses.
¿Se ha acumulado una gran cantidad de tierra en los lados del biodigestor?	Problema que surge, por lo general a largo plazo, debido a la instalación del digestor sobre un suelo muy arenoso o en un lugar deprimido hacia el que la lluvia arrastra tierra abundante. Mantenimiento o limpieza inadecuados de las fosas de compostaje.	<ul style="list-style-type: none"> Construya zanjas para desviar el agua de lluvia o construya un tejado que permita recolectar el agua de lluvia y almacenarla para añadirla a la mezcla de alimentación del digestor.
¿El lodo es maloliente?	Alimentación excesiva (cantidad o frecuencia) del digestor.	<ul style="list-style-type: none"> Reduzca la frecuencia de alimentación y la cantidad de sustrato aportado al sistema de biogás.
¿Se ha derrumbado el túnel o las tuberías?	Varias causas.	<ul style="list-style-type: none"> Llame al servicio técnico. Es importante que no entre aire en el túnel y que se mantenga sellado en las regiones o épocas más frías.
¿Está rota la cremallera del túnel?	Desgaste por el uso.	<ul style="list-style-type: none"> Encargue la reparación a nivel local (se necesita una máquina de coser).

Anexo III. Medidas de seguridad

Lea estas instrucciones detenidamente al instalar o utilizar un sistema de biogás

1	Revise periódicamente todo el sistema para cerciorarse de que no haya fugas.
2	Facilite la ventilación alrededor de todas las conducciones de gas.
3	Mantenga siempre una presión positiva en el sistema.
4	Disponga un respiradero en el punto más alto del techo para permitir la salida de los gases más ligeros que el aire.
5	Asegúrese de que las conducciones de gas cuentan con colectores que drenen el agua condensada.
6	Prohíba fumar o el fuego abierto cerca de los digestores de biogás y los tanques de almacenamiento de gas, sobre todo al comprobar posibles fugas de gas.
7	No introduzca en el digestor ciertos productos, como antibióticos, detergentes líquidos, plaguicidas, jabón, ramas o ramitas, tierra o paja.

Anexo IV. Lista de comprobación para la integración de sistemas de biogás en proyectos del FIDA

	Condiciones previas	Notas	Aspectos que deben tenerse en cuenta	Comprobado
Información general sobre el usuario	Conocimiento de la situación económica del usuario	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de personas ▪ Niveles de ingresos ▪ Tasas de alfabetización ▪ Títulos de propiedad de la tierra y espacios edificados 	Disposición, en particular por parte de las mujeres agricultoras, a pagar por los sistemas de biogás	
	Estructura del hogar	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Material de las paredes ▪ Tierra o barro ▪ Madera/bambú o chapas de hierro ▪ Cemento o ladrillos ▪ Otros (especifíquese) 	Posibilidad de instalar un panel solar de 50 vatios para satisfacer las necesidades de iluminación	
	Residuos de los cultivos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de mazorcas de maíz como combustible ▪ Suministro abundante de mazorcas de maíz 	Combustible principal para cocinar en el hogar	
	Usos de la tierra	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿Qué proporción de la tierra se cultiva? <ul style="list-style-type: none"> – Cultivos alimentarios – Cultivos comerciales – Árboles 	Tipos y cantidades de residuos vegetales	
	Ganado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿Qué tipo de ganadería se practica? <ul style="list-style-type: none"> – Pastoreo – Estabulación ▪ Número de vacas ▪ Número de cabras ▪ Número de cerdos ▪ Número de pollos ▪ Número de burros ▪ Número de conejos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿Qué tipo de ganadería se practica? <ul style="list-style-type: none"> – La recolección del estiércol puede llevar tiempo. ▪ Naves de engorde (número de pollos) 	
	Disponibilidad de agua	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estación seca (meses) ▪ Distancia a fuente de agua 	Se necesitan al menos 20 litros al día	
Activos agrícolas y domésticos	Activos domésticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hornillo o cocina de gas ▪ Frigorífico ▪ Radio ▪ Televisión 		
	Medios de transporte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Automóvil o camión ▪ Motocicleta ▪ Bicicleta ▪ Carreta (de tracción animal) 		
	Equipo agrícola	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Azadas/palas ▪ Arados ▪ Bomba de pulverizador ▪ Bomba de agua 		

Activos agrícolas y domésticos (continuación)	Tipos de combustible utilizados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Leña <ul style="list-style-type: none"> – Costo – Cantidad ▪ Carbón vegetal <ul style="list-style-type: none"> – Costo – Cantidad ▪ Queroseno <ul style="list-style-type: none"> – Costo – Cantidad ▪ Gases licuados del petróleo (GLP) <ul style="list-style-type: none"> – Costo – Cantidad ▪ Electricidad <ul style="list-style-type: none"> – Costo – Cantidad ▪ Estiércol seco <ul style="list-style-type: none"> – Costo – Cantidad ▪ Serrín <ul style="list-style-type: none"> – Costo – Cantidad ▪ Biomasa de otros residuos 		
	Fertilizante	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidades y tipos tradicionales de fertilizantes • Cultivos fertilizados • Conocimiento del fertilizante orgánico 		
Funcionamiento del sistema de biogás	Posibles ubicaciones de la planta de biogás	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distancia entre la planta de biogás y el establo ▪ Distancia entre la planta de biogás y el lugar de consumo del gas 		
Funcionamiento y mantenimiento	Estiércol	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carga inicial: 500 kg ▪ Carga diaria: 20 kg (modelo de 4 m³ de biogás) 	Tras la carga inicial, el sistema puede alimentarse con cualquier materia biodegradable sin que se bloquee o se forme espuma o costra	
	Residuos vegetales o de la cocina	<ul style="list-style-type: none"> • Carga diaria: entre 5 y 10 kg (modelo de 4 m³ de biogás) 	Se recomienda utilizar un pulverizador o una picadora	
	Agua	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carga inicial: 500 litros ▪ Carga diaria 	Cualquier materia de alimentación se añade en una proporción sustrato:agua de 1:1	
	Biólodo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso ▪ Distancia entre la planta de biogás y el huerto 		

Anexo V. Guía de campo ilustrada para la instalación de sistemas Flexi Biogas portátiles

ETAPA 1: nivelación del terreno

ETAPA 2: despliegue de la cobertura del digestor



ETAPA 3: colocación del túnel



ETAPA 4: carga del sustrato



Sistema Flexi Biogas con globo de almacenamiento de gas sobrante



Agricultores beneficiarios en Nakaru, Kenya



Anexo VI. Análisis económico y financiero

Cómo incluir los beneficios del suministro de biogás y las instalaciones de energía solar domésticas en un análisis de los costos y los beneficios

Introducción

1. Actualmente, alrededor del 85 por ciento de la energía consumida por las comunidades rurales se utiliza principalmente para cocinar y para iluminación. El queroseno es la principal fuente de energía para la iluminación, mientras que la leña y el carbón vegetal se utilizan sobre todo para cocinar. La combustión de estas fuentes tradicionales de biomasa ocasiona importantes perjuicios para la salud, como enfermedades respiratorias crónicas e infecciones oculares. Además, los agricultores en África Subsahariana y Asia Sudoriental gastan una parte considerable de sus ingresos (de USD 10 a USD 30 al mes) en estas fuentes de energía de baja calidad y perjudiciales para la salud.
2. En esta sección se evalúa la viabilidad económica y financiera de la inclusión en el diseño de proyectos del FIDA de sistemas de biogás portátiles y de sistemas tradicionales de cúpula fija (combinados con instalaciones de energía solar domésticas). Se proporcionan ejemplos prácticos de la cuantificación de los beneficios derivados de las inversiones en este tipo de equipos en los hogares.
3. En el siguiente análisis de costos y beneficios —cuyo objeto es proporcionar orientación y servir como instrumento de apoyo a la toma de decisiones para los gerentes de los programas del FIDA en los países y para los responsables de la formulación de políticas y profesionales del desarrollo— se indica el período de amortización de la inversión y la relación costo-beneficio de tecnologías concretas de energía renovable. En este sentido, es importante distinguir entre la perspectiva de una empresa comercial (cuyo objeto es obtener beneficios económicos) y la de una iniciativa social (impulsada por una combinación de valores de interés para el conjunto de la sociedad); el presente informe se refiere al segundo caso.

Beneficios del acceso al biogás como fuente de energía

4. El acceso a fuentes de energía limpias, descentralizadas y renovables, como el biogás, puede mejorar directamente la productividad agrícola, además de aportar otros beneficios socioeconómicos para el hogar, la comunidad y el medio ambiente. Sin embargo, estos beneficios intangibles⁸ son generalmente difíciles de cuantificar y, por lo tanto, se omiten en un análisis de costos y beneficios convencional.
5. En el análisis siguiente se examina el proyecto de la Iniciativa para la integración de innovaciones,⁹ financiado por el Ministerio Británico para el Desarrollo Internacional y gestionado a través del FIDA, con el fin de demostrar que los beneficios no monetarios pueden dar lugar a oportunidades de generación de ingresos derivadas de:
 - **el tiempo ahorrado** por no tener que recoger leña y acarrear agua
 - **la reducción de la incidencia de enfermedades** en los miembros del hogar debido a la eliminación del humo generado por la combustión de la leña y el carbón vegetal
 - **el aumento de la productividad agrícola** debido al uso de abono orgánico (biólodo) y al suministro de forraje para el ganado
 - **el aumento de los ingresos y la mejora de la nutrición** derivados de la horticultura doméstica y la cría de ganado menor

⁸ Pueden considerarse beneficios intangibles la mejora de la salud (incluido el aumento del tiempo disponible para descansar), la mejora de la alimentación que aportan los productos de los huertos familiares cultivados con el biólodo, y la reducción de las emisiones de metano gracias a una mejor gestión del estiércol.

⁹ En la presente nota no se pretende analizar todos los casos posibles, sino presentar algunos ejemplos prácticos útiles, basándose en el proyecto IMI financiado por el Ministerio Británico para el Desarrollo Internacional : *Making Biogas Portable: Renewable Technologies for a Greener Future* [Hacer portátil el biogás: tecnologías renovables para un futuro más verde].

- **otros beneficios intangibles:** la reducción de la malnutrición (especialmente en los niños), debido al incremento de la disponibilidad de alimentos y de la seguridad en su preparación; el aumento de la tasa de escolarización de los niños; y la mejora de la protección y la seguridad, especialmente de las mujeres y los niños.

Análisis económico y financiero

6. La mayoría de las empresas sociales reconocen la importancia de los resultados no económicos, pero los análisis económicos y financieros (AEF) tradicionales se centran por lo general solo en los costos y beneficios que pueden cuantificarse en términos monetarios. El objetivo general de este AEF es corroborar un flujo de efectivo transparente, poniendo de manifiesto los beneficios monetarios que conlleva para los pequeños agricultores la adopción de tecnologías de energía renovable y la consiguiente sustitución de la leña, el carbón vegetal y el queroseno. El beneficio económico directo del biogás se determina, por tanto, como una reducción del gasto en combustibles.
7. Según los datos obtenidos de los beneficiarios del Programa del FIDA de Comercialización de Productos Lácteos de Pequeños Productores en Nakuru (Kenya), las necesidades medias de combustible para cocinar en los hogares rurales son de entre 700 y 1 000 litros al día y el gasto en leña y carbón vegetal para cocinar asciende, de promedio, a unos USD 0,60 al día (USD 17 al mes). La recolección de leña —generalmente por las mujeres y niños— lleva alrededor de 3 horas al día, que podrían dedicarse a otras actividades productivas o al ocio y la relajación.¹⁰
8. En Kenya, los hogares gastan alrededor de USD 10 al mes en queroseno para lámparas (10 litros, a USD 0,93 el litro). El uso de queroseno presenta dos desventajas importantes: los problemas de salud que ocasiona (derivados de su inhalación y por quemaduras accidentales) y el precio volátil y creciente de los combustibles fósiles. Las lámparas de biogás pueden reducir los costos de combustible, pero consumen alrededor de 100 litros de biogás por hora y, por lo tanto, se consideran ineficientes. Por este motivo, en el proyecto la tecnología del biogás se combina con pequeñas instalaciones de energía solar domésticas constituidas por un panel solar (de 50 vatios), una batería de automóvil (de 75 amperios hora), un controlador de carga, cuatro bombillas y una toma de corriente para un cargador de teléfono o un inversor, con un costo de USD 300 (incluidos los honorarios de instalación).
9. Otro beneficio de la utilización de un digestor de biogás es la producción de biólodo que, según se ha comprobado, contiene altas concentraciones de nutrientes. Este efluente puede sustituir parcialmente a los fertilizantes químicos comunes y mejorar la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos, lo que supone un aumento de los ingresos.¹¹

Costo de la construcción de digestores de biogás de cúpula fija

10. Para calcular la inversión necesaria para construir un sistema de cúpula fija se necesita información sobre los precios de las materias primas, que pueden variar bastante en función de las especificidades de cada país y lugar (por ejemplo, teniendo en cuenta los costos del transporte de dichas materias hasta las zonas rurales). Los costos de inversión y recurrentes incluyen todos los costos de construcción y operación de los sistemas de biogás tradicionales de cúpula fija; a saber:
 - *los costos de inversión*, en los que han de incluirse los costos de sustitución al final de la vida útil de la infraestructura, que variarán en función del tipo de intervención (cada 20, 15 o 10 años) y deberán calcularse como costos *por unidad*

¹⁰ En el análisis económico y financiero el costo de oportunidad de no tener que recoger leña se calcula, en términos monetarios, basándose en el coste medio de la hora de mano de obra no cualificada en Kenya.

¹¹ Hay una laguna de conocimiento reconocida en lo que respecta a los métodos de aplicación y los efectos de la digestión del estiércol, que depende directamente de la cantidad de nutrientes que contiene el lodo. El FIDA está trabajando con el Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo y con la FAO, a través de la Coalición Clima y Aire Limpio, en la determinación de prácticas agrícolas que permitan gestionar el biólodo de manera que optimice los beneficios y reduzca los contaminantes climáticos de vida corta.

- *los costos de funcionamiento y mantenimiento*, que deben considerarse para todo el período considerado en el análisis económico (es decir, 20 años), a partir del año siguiente al de la construcción de la unidad. Estos son los costos básicos de la instalación de un sistema de biogás de cúpula fija en Kenya:¹²

Capacidad del digestor de biogás	4 m ³	6 m ³	8 m ³	10 m ³	12 m ³
Materiales (USD)	405	550	645	690	785
Honorarios del servicio técnico, incluida la instalación (USD)	285	345	345	460	460
Costo total (USD)	690	895	990	1 150	1 245

Fuente: Damwe Energy Services, Nairobi, Kenya

11. Además de los materiales de construcción y la asistencia técnica, los agricultores que instalen un sistema de biogás de cúpula fija deberán ocuparse lo siguiente:

- fondos para comprar tuberías y para cubrir diversas contingencias (unos USD 57),
- excavación de la fosa del digestor, siguiendo las instrucciones del contratista,
- mano de obra para la instalación (dos ayudantes no cualificados).

¹² Si desea más información, consulte: <http://www.ifad.org/pub/thematic/biogas.pdf>. El informe completo está disponible en: <http://www.ifad.org/Irkm/factsheet/energy.pdf>.

Costos de funcionamiento y mantenimiento

12. Para el funcionamiento y mantenimiento de un sistema de cúpula fija tradicional, cada agricultor utiliza diariamente:
 - *Estiércol*: una carga inicial de 5 toneladas de estiércol de vaca y, posteriormente, 60 kg al día. Es preferible (pero no imprescindible) que el ganado permanezca estabulado (sistema sin pastoreo); en caso contrario, se debe tener en cuenta el tiempo de trabajo necesario para recoger el estiércol y cargar el sistema.
 - *Agua*: carga inicial de 5 000 litros y, posteriormente, 60 litros al día.
13. Según los resultados del proyecto de la Iniciativa para la integración de innovaciones, aunque los sistemas de biogás tradicionales de cúpula fija son fiables, en Kenya estos sistemas son más caros (USD 1 200) y se necesitan 3 o 4 vacas lecheras y la propiedad de la tierra. Además, debe haber técnicos conocedores del funcionamiento y el mantenimiento del sistema de biogás para garantizar unos servicios adecuados de posventa y la resolución de los problemas que puedan surgir.

Costo de la construcción de los sistemas Flexi Biogas

14. El sistema Flexi Biogas es un equipo portátil de producción de biogás diseñado y fabricado en Kenya por una empresa privada: Biogas International Ltd.¹³ En las zonas rurales, la portabilidad del sistema constituye una ventaja frente a otros digestores de biogás, ya que puede transportarse fácilmente en bicicleta o en burro a zonas remotas, no requiere mano de obra cualificada (por ejemplo, albañiles) ni materiales de construcción (por ejemplo, grava, piedras, ladrillos, arena y cemento) y para instalarlo solo es necesario nivelar la tierra.
15. El cálculo de los costos de una unidad Flexi Biogas es sencillo, dado que el sistema se comercializa como un equipo completo. Hay que sumar los costos del transporte y los derechos de importación, que son específicos de cada país.
16. **Costos de inversión.** El precio de venta actual de un sistema Flexi Biogas de tamaño medio, con una capacidad de 5,5 m³, es de USD 600, que incluye una cocina con un solo fogón. Un equipo más grande, con una capacidad total de 9 m³ de biogás, que puede generar energía para máquinas agrícolas, como bombas de agua o picadoras de forraje, cuesta USD 825. Este precio incluye los tres componentes principales del sistema: i) el tanque de biogás, de lona de PVC; ii) el túnel de efecto invernadero, de plástico (tejido de polietileno), y iii) las tuberías de entrada y salida y las juntas (los costos dependen de la disponibilidad en el país).

Costos de funcionamiento y mantenimiento

17. Para el funcionamiento y mantenimiento diarios de los sistemas Flexi Biogas, cada agricultor utiliza aproximadamente:
 - *estiércol* (de vaca): carga inicial de 1 tonelada y, posteriormente, 20 kg al día
 - *agua*: carga inicial de 1 000 litros y después 20 litros al día (el estiércol se mezcla con agua en una proporción 1:1)¹⁴
18. También deben considerarse los siguientes aspectos:
 - Los agricultores son muy capaces de utilizar y mantener el sistema, por lo que hay poca necesidad de conocimientos cualificados para garantizar el correcto funcionamiento de la tecnología.
 - La capacitación de técnicos en la instalación del sistema y la provisión de servicios de funcionamiento y mantenimiento es sencilla y se basa en el aprendizaje mediante la práctica.

¹³ Desde mayo de 2012, esta nueva generación de sistemas de biogás se ha puesto a prueba en tres proyectos piloto del FIDA: el Programa de Comercialización de Productos Lácteos de Pequeños Productores, en Kenya; el Proyecto de Ordenación Comunitaria de Cuencas Hidrográficas en Kirehe, en Rwanda, y el Programa de Fomento de los Medios de Subsistencia y Potenciación de las Tribus de Orissa, en la India.

¹⁴ En Kenya, una vaca produce entre 10 y 20 kg de estiércol al día. Para un sistema doméstico (de 4 m³) se necesitarían 1 o 2 cubos (de 20 kg cada uno) al día, dependiendo de la temperatura externa. Cuanto mayor sea la temperatura, menos estiércol se requiere. Para un sistema más grande (de 10 m³) se necesitarían 3 o 4 cubos al día.

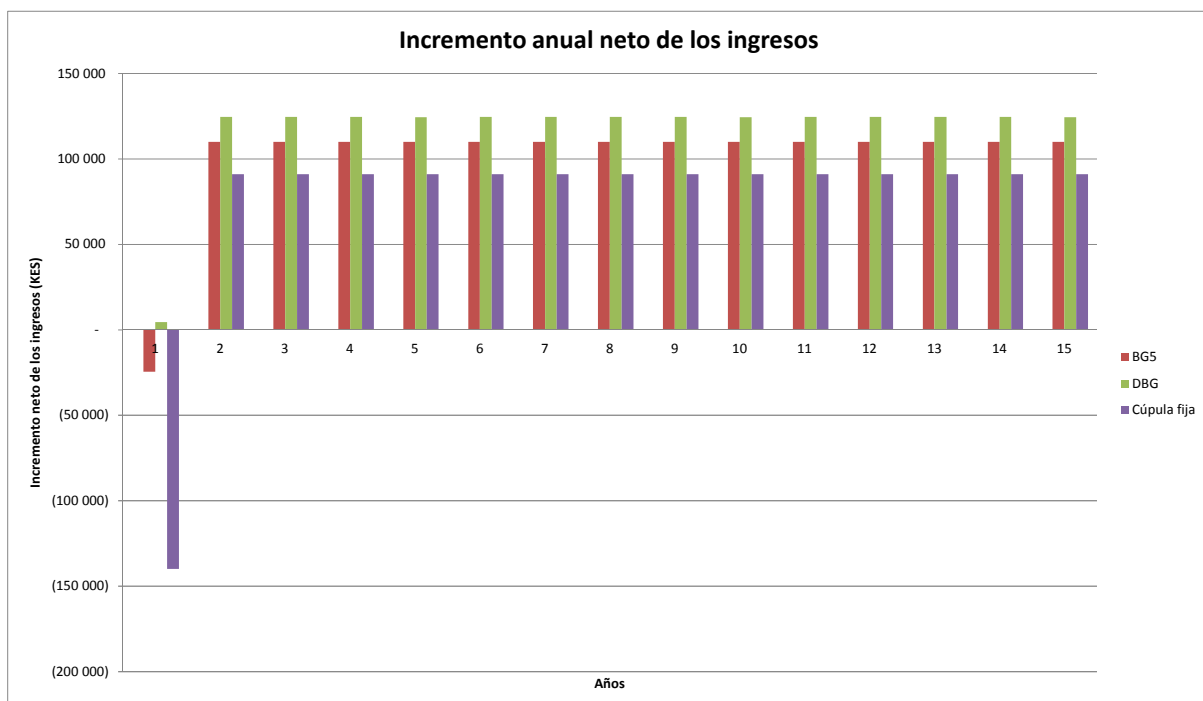
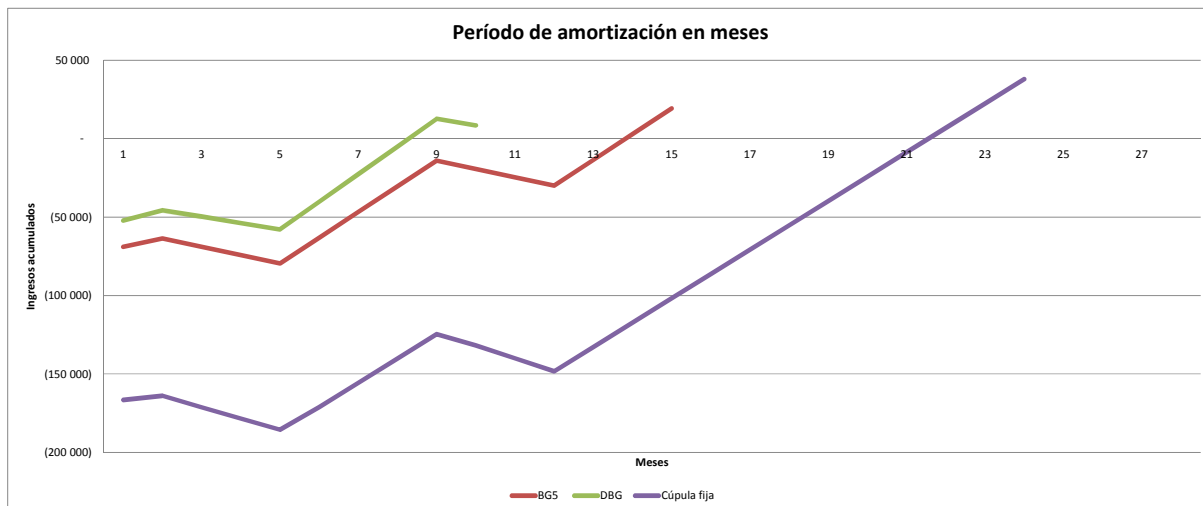
Análisis del flujo de efectivo

19. El siguiente análisis del flujo de efectivo se basa en los datos recopilados durante los últimos dos años en Kenya y Rwanda. En el análisis económico y financiero se tiene en cuenta el hecho de que las necesidades energéticas pueden variar significativamente en función del número de miembros del hogar. Se evalúan tres opciones: i) sistema Flexi Biogas doméstico (DBG) con una instalación de energía solar doméstica; ii) sistema Flexi Biogas de tamaño medio (BG5) con una instalación de energía solar doméstica, y iii) digestor tradicional de cúpula fija con una instalación de energía solar doméstica.
20. El análisis se basa en la hipótesis de un consumo por los hogares rurales de alrededor de 2,3 kg de leña al día, y de un ahorro de tan solo el 70 por ciento de este consumo diario de leña. Esto se debe a que el ahorro de leña no es uniforme a lo largo del año. En primer lugar, como la producción de biogás tiende a disminuir durante la estación húmeda, para satisfacer sus necesidades de combustible para cocinar los agricultores tienen que complementar el biogás con leña. En segundo lugar, el tiempo de retención hidráulica del digestor de biogás —el tiempo que tardan las bacterias del interior del digestor en estabilizarse y alcanzar la producción óptima de biogás— es de entre 30 y 45 días. En consecuencia, tras la instalación del sistema de biogás, durante el primer mes los agricultores tienen que continuar consumiendo leña, además de biogás. Por último, en el análisis económico y financiero no se tienen en cuenta las costumbres tradicionales culinarias, por ejemplo en la preparación de *chapatti* y *githeri* (plato nacional de frijoles y maíz). Las mujeres a menudo prefieren usar leña para proporcionar sabor ahumado a un alimento.
21. El salario diario habitual para el trabajo no cualificado (incluida la mano de obra familiar) es de 75 chelines kenianos (KES). Los agricultores suelen dedicar 45 horas al mes (aproximadamente, 1,5 horas al día) al funcionamiento y mantenimiento del sistema de biogás, principalmente para recoger el estiércol que alimenta el digestor. Aunque en el análisis económico y financiero se supone que las vacas se crían sin pastoreo y que, por lo tanto, el estiércol es gratuito, se asigna al estiércol un coste mínimo por kilogramo con objeto de demostrar que el sistema de biogás es una opción económicamente viable incluso cuando se paga por el estiércol.¹⁵

Resultados

22. En los tres análisis del flujo de efectivo se incluyen instalaciones de energía solar domésticas y los tres se basan en ciertos supuestos, tales como una reducción en los gastos directos en combustible, la disponibilidad de abundante estiércol de vaca y la posibilidad de obtener ingresos de la venta o el uso del biólodo. Otro aspecto importante que se debe considerar es el hecho de que los sistemas de biogás integrados reducen la liberación de gases de efecto invernadero nocivos como el metano y el óxido nitroso. Esta cantidad debe cuantificarse para una evaluación óptima de la relación costo-eficiencia de cualquier tecnología de producción de biogás.

¹⁵ En el análisis económico y financiero no se consideran los costos del mantenimiento del ganado (como el forraje, el agua y los servicios veterinarios).



23. En el gráfico se muestra que el período de amortización o umbral de rentabilidad es de 9 meses para el modelo Flexi Biogas doméstico, de 14 meses para el modelo Flexi Biogas mediano y de 22 meses para el digestor de cúpula fija.

		Año														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BG5	Beneficios	102 600	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449
	Túnel					40					40					40
	Costos	127 214	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531
	Incremento neto de los ingresos (KES)	(24 614)	109 917	109 917	109 917	109 917	109 917	109 917	109 917	109 917	109 877	109 917	109 917	109 917	109 917	109 877
VAN @ 12%		628 471														
B/C		2,2														
		1 153 585	525 071													
DBG	Beneficios	102 628	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485
	Túnel					40					40					40
	Costos	98 266	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016
	Incremento neto de los ingresos (KES)	4 363	124 469	124 469	124 469	124 469	124 469	124 469	124 469	124 469	124 469	124 429	124 469	124 469	124 469	124 429
VAN @ 12%		740 461														
B/C		2,8														
		1 153 824	413 321													
Cúpula fija	Beneficios	107 358	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476
	Costos	247 404	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402
	Incremento neto de los ingresos (KES)	(140 046)	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074
	VAN @ 12%		413 938													
B/C		1,5														
		1 211 260	797 322													

Observaciones finales

24. Los resultados del análisis económico y financiero se basan en ciertas hipótesis que deben contextualizarse; de lo contrario, pueden resultar engañosas. Por ejemplo, aunque es difícil valorar económicamente los beneficios para la salud, se asigna un valor monetario al número de días de enfermedad evitados. En el análisis económico y financiero se consideran los beneficios derivados del ahorro de tiempo (por ejemplo, por no tener que recoger leña) como beneficios dependientes del entorno local: algunos hogares dedicarán el tiempo ahorrado a actividades productivas y otros a actividades de ocio (por ejemplo, pasar más tiempo con los niños) o al descanso. En Nakuru (Kenya), por ejemplo, muchos agricultores crían pollos y obtienen ingresos adicionales de su venta.
25. Los proyectos del FIDA que se ocupan del acceso a la energía en los hogares deben tener en cuenta la cadena de valor agrícola. Se ha comprobado en experiencias en todo el mundo que la tecnología de producción de biogás puede sustituir al diésel como combustible para la maquinaria agrícola (bombas de agua, molinos de arroz, picadoras de forraje, etc.), lo que permite aumentar la producción agrícola y estimula las cadenas de valor relacionadas. Esto es importante porque en las comunidades rurales suele haber necesidades de energía insatisfechas, sobre todo para la iluminación del hogar, el riego, la refrigeración y la elaboración poscosecha.
26. El análisis económico y financiero pone de manifiesto que, si se dispone de mecanismos de financiación adecuados, y en los casos en los que los estudios de referencia indican que la adopción de la producción de biogás está impulsada por la demanda y hay voluntad de pagarla, en un sistema agropecuario integrado (con solo una o dos vacas) se pueden producir entre 60 y 100 kg de fertilizante de alta calidad, 2,8 m³ de biogás para necesidades culinarias y de iluminación, y 12 litros de leche diariamente. El proyecto piloto del FIDA ha abierto nuevos canales y posibles asociaciones para poner a prueba el “modelo de una vaca” a nivel mundial. En Rwanda, el Proyecto de Ordenación Comunitaria de Cuencas Hidrográficas en Kirehe promueve un modelo que comprende: dos vacas; un sistema de biogás y un componente solar que incluye un panel de 50 vatios; una batería de automóvil de 75 amperios hora; un controlador de carga; 5 bombillas y una toma de corriente para un cargador de teléfono o inversor. El modelo no solo crea empleo en las zonas rurales, sino que aborda dos de los principales problemas de África Subsahariana: la nutrición y la disponibilidad de combustibles limpios.

Cuadros detallados del análisis económico y financiero

Flexi Biogas doméstico (DBG) con instalación de energía solar doméstica

1.1 Presupuesto de insumos y productos		Precio	Meses											
Unidad	(KES)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beneficios														
Ahorro en leña	kg	9		12	24	23	23	23	34	34	34	34	23	23
Ahorro en carbón vegetal	kg	48		2	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Ahorro en fertilizante químico	kg	90			120	-	-	-	240	240	240	240	-	-
Ahorro en queroseno	l	83		164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
Costos														
Componentes físicos	suma fija	39 974	1											
Mano de obra no calificada	persdía	600	4											
Panel solar (45 vatios)	núm.	29 980	1											
Costos de funcionamiento y mantenimiento														
Estiércol	kg	2	1 000	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
Mano de obra doméstica	h	75	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Batería de automóvil	núm.	5 214	1											

1.2 Presupuesto de insumos y productos (KES)		Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beneficios													
Ahorro en leña			105	210	196	196	196	294	294	294	294	196	196
Ahorro en carbón vegetal			99	197	296	296	296	296	296	296	296	296	296
Ahorro en fertilizante químico				10 800	-	-	-	21 600	21 600	21 600	21 600	-	-
Ahorro en queroseno			13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638
Beneficios totales			13 842	24 845	14 130	14 130	14 130	35 828	35 828	35 828	35 828	14 130	14 130
Costos													
Componentes físicos		39 974											
Mano de obra doméstica		2 400											
Panel solar (45 vatios)		29 980											
Subtotal de costos de instalación		72 354											
Costos de funcionamiento y mantenimiento (FyM)													
Estiércol		2 086	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210
Mano de obra doméstica		3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375
Batería de automóvil		5 214											
Subtotal de costos de FyM		10 675	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585
Ingresos netos (KES)		(83 029)	9257	20261	9545	9545	9545	31243	31243	31243	31243	9545	9545
Período de amortización		(73 772)	(53 511)	(43 966)	(34 420)	(24 875)	6 368	37 612	68 855	100 098	109 644	119 189	119 189

Flexi Biogas mediano (BG5) con instalación de energía solar doméstica

1.1 Presupuesto de insumos y productos		Precio	Meses											
Unidad	(KES)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beneficios														
Ahorro en leña	kg	9		12	24	23	23	23	34	34	34	34	23	23
Ahorro en carbón vegetal	kg	48		2	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Ahorro en fertilizante químico	kg	90			120	-	-	-	240	240	240	240	-	-
Ahorro en queroseno	l	83		164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
Costos														
Componentes físicos	suma fija	55 616	1											
Mano de obra no calificada	persdía	600	4											
Panel solar (45 vatios)	núm.	29 980	1											
Costos de funcionamiento y mantenimiento														
Estiércol	kg	2	1 000	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160
Mano de obra doméstica	horas	75	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Batería de automóvil	núm.	5 214	1											

Integración de sistemas portátiles de biogás en proyectos respaldados por el FIDA

1.2 Presupuesto de insumos y productos (KES)	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beneficios												
Ahorro en leña		104	208	194	194	194	291	291	291	291	194	194
Ahorro en carbón vegetal		99	197	296	296	296	296	296	296	296	296	296
Ahorro en fertilizante químico			10 800	-	-	-	21 600	21 600	21 600	21 600	-	-
Ahorro en queroseno		13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638
Beneficios totales		13 841	24 843	14 128	14 128	14 128	35 825	35 825	35 825	35 825	14 128	14 128
Costos												
Componentes físicos	55 616											
Mano de obra no cualificada	2 400											
Panel solar (45 vatios)	29 980											
Subtotal de costos de instalación	87 996											
Costos de funcionamiento y mantenimiento (FyM)												
Estiércol	2 086	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419
Mano de obra doméstica	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375
Batería de automóvil	5 214											
Subtotal de costos de FyM	10 675	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794
Ingresos netos (KES)	(98 671)	8 046	19 049	8 333	8 333	8 333	30 030	30 030	30 030	30 030	8 333	8 333
Período de amortización	(90 625)	(71 576)	(63 242)	(54 909)	(46 576)	(16 545)	13 485	43 515	73 546	81 879	90 212	98 546

Digestor de biogás de cúpula fija con instalación de energía solar doméstica

1.1 Presupuesto de insumos y productos	Unidad	Precio (KES)	Meses											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beneficios														
Ahorro en leña	kg	9		12	24	34	34	34	34	34	34	34	34	
Ahorro en carbón vegetal	kg	48		2	4	6	6	6	6	6	6	6	6	
Ahorro en fertilizante químico	kg	90		126	0	0	0	252	252	252	252	0	0	
Ahorro en queroseno	l	83	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	
Costos														
Componentes físicos	suma fija	112 970	1											
Honorarios del servicio técnico	persdía	4 345	6											
Mano de obra no cualificada	persdía	600	10											
Panel solar (45 vatios)	núm.	29 980	1											
Costos de funcionamiento y mantenimiento														
Estiércol	kg	2	5 000	2 100	2 100	2 100	2 100	2 100	2 100	2 100	2 100	2 100	2 100	
Asistencia técnica	h	543		2				2				2		
Mano de obra doméstica	h	75	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Batería de automóvil	núm.	5 214	1											

1.2 Presupuesto de insumos y productos (KES)	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beneficios												
Ahorro en leña		0	104	208	291	291	291	291	291	291	291	291
Ahorro en carbón vegetal		0	99	197	296	296	296	296	296	296	296	296
Ahorro en fertilizante químico			11 340	0	0	0	22 680	22 680	22 680	22 680	0	0
Ahorro en queroseno		13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638
Subtotal de beneficios		13 638	25 181	14 043	14 225	14 225	36 905	36 905	36 905	36 905	14 225	14 225
Costos												
Componentes físicos	112 970											
Honorarios del servicio técnico	26 070											
Mano de obra no cualificada	6 000											
Panel solar (45 vatios)	29 980											
Subtotal de costos de instalación	175 020											
Costos de funcionamiento y mantenimiento (FyM)												
Estiércol	10 428	4 380	4 380	4 380	4 380	4 380	4 380	4 380	4 380	4 380	4 380	4 380
Asistencia técnica			1 086				1 086					1 086
Mano de obra doméstica	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375
Batería de automóvil	5 214											
Subtotal de costos de FyM	19 017	7 755	8 841	7 755	7 755	7 755	8 841	7 755	7 755	7 755	7 755	8 841
Ingresos netos (KES)	(19 4037)	5 883	16 340	6 288	6 470	6 470	28 064	29 150	29 150	29 150	6 470	5 384
Período de amortización	(188 154)	(171 814)	(165 526)	(159 056)	(152 586)	(124 522)	(95 373)	(66 223)	(37 073)	(30 603)	(25 219)	(19 836)



Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
Via Paolo di Dono, 44 - 00142 Roma (Italia)
Tel: (+39) 06 54591 - Fax: (+39) 06 5043463
Correo electrónico: ifad@ifad.org


www.ifad.org


www.ruralpovertyportal.org

 ifad-un.blogspot.com

 [instagram.com/ifadnews](https://www.instagram.com/ifadnews)

 www.facebook.com/ifad

 www.twitter.com/ifadnews

 www.youtube.com/user/ifadTV