



**BIOENERGÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA
ÉVALUACIÓN RÁPIDA (BEFS RA)**

Manual de Usuario

ACEITE VEGETALES CRUDOS



Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

© FAO, 2014

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO apruebe los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

Evaluación Rápida BEFS

Módulo Opciones de Uso Final de la Energía

Sub-Módulo Electrificación Rural

Sección 2: Aceite Vegetales Crudos

Manual de Usuario

Menciones

La Evaluación Rápida BEFS (BEFS RA) es el resultado del trabajo de un equipo técnico integrado por los siguientes autores, nombrados en orden alfabético¹: Giacomo Branca (Universidad de la Tuscia, Viterbo), Luca Cacchiarelli (Universidad de la Tuscia, Viterbo), Carlos A. Cardona (Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales), Erika Felix, Arturo Gianvenuti, Ana Kojakovic, Irini Maltoglou, Jutamane Martchamadol, Luis Rincon, Andrea Rossi, Adriano Seghetti, Florian Steierer, Heiner Thofern, Andreas Thulstrup, Michela Tolli, Monica Valencia (Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales) y Stefano Valle (Universidad de la Tuscia, Viterbo).

También se recibieron aportes y contribuciones de Renato Cumani, Amir Kassam, Harinder Makkar, Walter Kollert, Seth Meyer, Francesco Tubiello y su equipo, Alessio d'Amato (Universidad de Roma, Tor Vergata) y Luca Tasciotti.

Queremos agradecerle al Grupo de Trabajo de bioenergía y seguridad alimentaria de Malawi², al Consejo Nacional de Biocombustibles³ y al Grupo de Trabajo Técnico en Filipinas por la participación en la prueba piloto del BEFS RA y por sus útiles aportes. Asimismo, queremos expresar nuestro agradecimiento a Rex B. Demafelis y a su equipo de la Universidad de Filipinas “Los Baños” por su valioso apoyo durante la prueba piloto.

La Evaluación Rápida BEFS se ha beneficiado de las observaciones formuladas en la reunión de revisión de los pares, la cual tuvo lugar en la oficina central de la FAO en febrero 2014. En dicha reunión participaron: Jonathan Agwe (International Fund for Agricultural Development); Adam Brown (International Energy Agency); Michael Brüntrup (German Institute for Development Policy); Tomislav Ivancic (Comisión Europea); Gerry Ostheimer (UN Sustainable Energy for All); Klas Sander (World Bank); James Thurlow (International Food Policy Research Institute); Arnaldo Vieira de Carvalho (Inter-American Development Bank); Jeremy Woods (Imperial College, University of London) y Felice Zaccheo (Comisión Europea). También se recibieron aportes de gran utilidad de Duška Šaša (Energy Institute Hrvoje Požar, Zagreb).

Además, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a Monique Motty e Ivonne Cerón Salazar (Universidad del Tolima, Colombia) por su ayuda en la finalización de las herramientas y documentos.

El trabajo se llevó a cabo en el contexto del Proyecto Evaluación Rápida BEFS (GCP/GLO/357/GER) financiado por el Ministerio Federal Alemán de Alimentación y Agricultura (BMEL).

¹ A menos que se especifique lo contrario, todos los autores estaban afiliados con FAO en el momento de su contribución.

² El Grupo de Trabajo BEFS en Malawi consiste de los siguientes miembros: Ministry of Energy, Ministry of Lands, Housing, and Urban Development, Ministry of Finance, Ministry of Agriculture and Food Security, Ministry of Environment and Climate Change and Department of Forestry, Ministry of Industry and Trade, Ministry of Economic Planning and Development, Ministry of Labour and Vocational Training, Ministry of Transport and Public Infrastructure, Ministry of Information and Civic Education, Ministry of Local Government and Rural Development.

³ El National Biofuels Board está presidido por el Secretary of Department of Energy e incluye los siguientes miembros: Department of Trade and Industry, Department of Science and Technology, Department of Agriculture, Department of Finance, Department of Labor and Employment, Philippine Coconut Authority, Sugar Regulatory Administration.

Volúmenes de los Manuales de Usuario BEFS RA

- I. Introducción al Planteamiento y los Manuales
- II. Módulo Situación Actual del País
- III. Módulo Recursos Naturales
 - 1. Cultivos
 - Sección 1: Producción de Cultivos
 - Sección 2: Presupuesto Agrícola
 - 2. Residuos Agropecuarios
 - Residuos Agrícolas y Residuos Ganaderos
 - 3. Madera Combustible y Residuos de Madera
 - Sección 1: Aprovechamiento Forestal y Residuos del Aprovechamiento de la Madera
 - Sección 2: Presupuesto para Plantaciones de Madera como Combustible
- IV. Módulo Opciones de Uso Final de la Energía
 - 1. Productos Intermedios o Finales
 - Sección 1: Briquetas
 - Sección 2: Pellets
 - Sección 3: Carbón Vegetal
 - 2. Calefacción y Cocina
 - Biogás Comunitario
 - 3. Electrificación Rural
 - Sección 1: Gasificación
 - Sección 2: Aceite Vegetales Crudos**
 - Sección 3: Combustión
 - 4. Calor y Electricidad
 - Sección 4: Cogeneración
 - Sección 5: Biogás Industrial
 - 5. Transporte
 - Etanol y Biodiesel

Tabla de Contenidos

1	Resumen del Módulo Opciones de Uso Final de la Energía (Uso Final)	4
2	El <i>Componente AVC</i>	6
3	Términos y Definiciones utilizados en el <i>Componente AVC</i>	9
4	Alcance y Objetivo del <i>Componente AVC</i>	9
5	Ejecutando el <i>Componente AVC</i>	10
5.1	Paso 1: Demanda energética	12
5.2	Paso 2: Definición de la materia prima	12
5.3	Paso 3: Definición del precio de la electricidad	15
5.4	Paso 4: Costo de producción y parámetros financieros	17
5.5	Paso 5: Cálculo del costo de producción de electricidad	18
6	Supuestos y Limitaciones del <i>Componente AVC</i>	21
7	Resultados del <i>Componente AVC</i>	21
7.1	Resumen de la calculadora de costos de producción (opcional)	21
7.2	Resumen de resultados por materia prima	24
7.3	Resumen de resultados comparativo	27
8	Anexo	29
8.1	Metodología y Resultados	29
8.1.1	Cálculo de costo de los insumos requeridos	29
8.1.2	Cálculo del costo de la mano de obra requerida	30
8.1.3	Cálculo de costo del transporte requerido	31
8.1.4	Cálculo de costo de almacenamiento	31
8.1.5	Cálculo de costo fijo	32
8.1.6	Cálculo de otros costos	33
8.1.7	Cálculo del costo de producción total y unitaria de la electricidad	34
8.1.8	Cálculo de los ingresos del proyecto	34
8.2	Datos requeridos para ejecutar la herramienta	35
9	Referencias	37

Lista de Figuras

Figura 2: Sistema de Biomasa AVC para Generación de Electricidad y/o Calefacción Rural	6
Figura 3: Disposición de las Hojas de los Resultados AVC.....	8
Figura 4: Herramienta Evaluación Rápida para Electricidad y/o Calefacción Rural – <i>Componente AVC</i>	10
Figura 5: <i>Componente AVC</i> : Flujo del Análisis y las Relaciones con Módulos y Componentes de la Evaluación Rápida BEFS.....	11
Figura 6: Demanda Energética	12
Figura 7: Selección de la Materia Prima	13
Figura 8: Costo de Almacenamiento de la Materia Prima.....	14
Figura 9: Calculadora de Almacenamiento de la Materia Prima.....	15
Figura 10: Definición del Precio de Electricidad - Método 1	16
Figura 11: Definición del Precio de Electricidad - Método 2	16
Figura 12: Insumos Generales	17
Figura 13: Cálculo de los Costos de Producción	19
Figura 14: Costos de Proceso para la Extracción de Aceite y Generación de Potencia.....	19
Figura 15: Costos de Producción de Electricidad Detallada por Capacidad de Generación de Potencia.....	23
Figura 16: Resultados de los Costos de Producción y de Inversión.....	25
Figura 17: Resultados de Operación.....	26
Figura 18: Resultados del Análisis Financiero.....	26
Figura 19: Disposición de los Resultados Comparativos	28

Lista de Tablas

Tabla 1: Costos de Almacenamiento Estimados en Contenedores de Acero.....	14
Tabla 2: Ecuaciones de Costos de Insumos	29
Tabla 3: Ecuaciones de Costo de Mano de Obra y Costos Varios.....	31
Tabla 4: Ecuaciones de Costo de Transporte de la Materia Prima.....	31
Tabla 5: Ecuaciones de Costo de Almacenamiento.....	31
Tabla 6: Ecuaciones de Costos Fijos	32
Tabla 7: Ecuaciones de Otros Costos.....	33
Tabla 8: Ecuaciones del Costo Total de Producción	34
Tabla 9: Ecuaciones de Ingreso Potencial.....	34
Tabla 10: Datos Requeridos para Ejecutar la Herramienta	35

1 Resumen del Módulo Opciones de Uso Final de la Energía (Uso Final)

Como se explicó en la introducción general del manual de instrucciones de la Evaluación Rápida BEFS, el módulo de *Opción de Uso Final de la Energía* se utiliza para evaluar la viabilidad tecno-económica y socio-económica de las diferentes rutas de producción de bioenergía. El módulo se divide en cinco secciones, las cuales son: Productos Intermedios o Finales, Calefacción y Cocina, Electrificación Rural, Calor y Electricidad y Transporte. Cada uno de los sub-módulos incluye la selección de componentes de análisis para evaluar la producción de biocombustibles específicos basados en una tecnología de proceso particular, como se muestra en la Figura 1. Este módulo se construye con la información generada en los módulos de *Recursos Naturales* en relación con la materia prima. Para información más detallada del módulo refiérase a la introducción general del manual de instrucciones.



[†]Estos productos pueden ser utilizados ya sea como productos finales para calefacción y cocina o como productos intermedios en las opciones de electrificación rural de gasificación y combustión.

Figura 1: Estructura del Módulo Uso Final de la Energía

Una descripción general de cada sub-módulo y sus respectivos componentes de análisis es presentado a continuación. Una discusión más detallada de cada componente de análisis se proporciona en su respectivo manual.

El sub-módulo **Productos Intermedios o Finales** se utiliza para evaluar la viabilidad de producir briquetas, pellets y carbón vegetal. Los componentes **Briquetas/Pellets** se utilizan para evaluar el potencial de desarrollo de producción de briquetas/pellets para suplir energía para la cocina y la calefacción en viviendas rurales y urbanas. El objetivo de este análisis es generar información sobre los costos de producción, requerimientos de biomasa y parámetros de viabilidad financiera y social que ayude a los usuarios en la decisión de promover la producción de briquetas/pellets en el país. El componente **Carbón Vegetal** es usado para comparar las tecnologías actuales de producción de carbón con tecnologías mejoradas y más eficientes. El objetivo de este análisis es evaluar el costo capital inicial de las tecnologías mejoradas, la viabilidad financiera desde el punto de vista de los productores de carbón y los beneficios sociales y económicos que las tecnologías mejoradas puedan acarrear cuando son comparadas con las tecnologías de producción de carbón existentes. Los resultados generados mediante el análisis proporcionan información sobre los posibles obstáculos de

incorporar las tecnologías mejoradas por parte de productores y ayuda a definir cómo difundir efectivamente su introducción.

El sub-módulo **Calefacción y Cocina** se utiliza para evaluar la viabilidad de producir carbón, briquetas y biogás. El componente **Biogás Comunitario** es usado para evaluar el potencial de producción de biogás a partir de estiércol a nivel doméstico y comunitario y compara tres tipos de tecnologías. El componente genera información sobre: 1) La cantidad de biogás que se puede producir basado en la disponibilidad de estiércol, 2) El tamaño del biodigestor necesario para aprovechar la energía, 3) Los costos de instalación de los tres tipos de tecnologías de biodigestión. El componente también proporciona parámetros financieros, sociales y económicos que ayudan al usuario a comprender las posibles oportunidades y los requerimientos necesarios para la implementación de la tecnología de producción de biogás en sus países.

El sub-módulo **Electrificación Rural** se utiliza para evaluar la viabilidad de proporcionar electricidad a partir de biomasa, en áreas remotas sin acceso a la red eléctrica. Este sub-módulo está compuesto de tres diferentes tecnologías descentralizadas para la electrificación: gasificación, uso de aceite vegetales crudos (AVC), combustión. Los resultados obtenidos por este sub-módulo, generan estimados de los costos de la generación de electricidad y distribución, calculan la viabilidad financiera de electrificación e informan sobre los resultados sociales y económicos asociados a cada vía tecnológica. El componente **Gasificación** analiza la combustión parcial de biomasa para generar una mezcla de gases que posteriormente puede usarse en motores de gas para producir electricidad. El componente **Aceite Vegetal Crudos (AVC)** se basa en el componente de Cultivos del módulo de Recursos Naturales. Este evalúa el potencial de utilizar AVC en motores para producir electricidad en lugar de diésel. El componente **Combustión** evalúa la quema de biomasa para producir vapor el cual acciona una turbina a vapor para producir electricidad.

El sub-módulo **Calor y Electricidad** se utiliza para evaluar la viabilidad de la generación de electricidad y calor a partir de biomasa de recursos locales. Este sub-módulo está compuesto de dos diferentes tecnologías descentralizadas para la electricidad y la calefacción: cogeneración y biogás industrial. El componente **Cogeneración** examina el potencial para la producción simultánea de la electricidad y calefacción a partir de una fuente de biomasa, que permite al usuario analizar una producción integrada de fábrica o una operación independiente para la generación de electricidad de la red eléctrica. El componente **Biogás Industrial** evalúa el potencial para desarrollar una industria basada en biogás para electricidad, calefacción, cogeneración o biogás mejorado. Esto se realiza utilizando las aguas residuales, los sólidos de alta humedad, los sólidos de baja humedad o una combinación de éstos. Todas las vías tecnológicas son sencillas, fácilmente disponibles y adaptables a las zonas rurales remotas.

El sub-módulo **Transporte** es usado para evaluar la viabilidad de producir biocombustibles líquidos para el transporte, conocidos como etanol y biodiesel. Este análisis se basa en los resultados generados a partir de los componentes del módulo Recursos Naturales en términos de disponibilidad de materia prima y el presupuesto agrícola. La herramienta envuelve la producción de etanol y biodiesel. En la sección del etanol, el usuario puede evaluar el potencial del desarrollo industrial del etanol en el país. Asimismo, en la sección del biodiesel el potencial de desarrollo de la industria de biodiesel es evaluada. Los resultados del análisis generan estimaciones sobre los costos de producción del biocombustible seleccionado basado en el origen de la materia prima, es decir, materia prima de pequeños agricultores, la combinación de pequeños agricultores/comerciales o comerciales, de acuerdo a cuatro predefinidas capacidades de planta: 5, 25, 50 y

100 millones de litros/año⁴. Estos resultados también contienen información sobre la factibilidad económica y parámetros socioeconómicos. En este componente, el usuario tiene la opción de incluir en la evaluación un análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero que cubre toda la cadena de suministro de los biocombustibles seleccionados.

Otra opción para el usuario es utilizar la **Calculadora de Pretratamiento** antes de utilizar las herramientas de Uso Final de Energía⁵. Esto permite al usuario calcular los costos adicionales de pre-procesamiento de la biomasa seleccionada con el fin de obtener las condiciones específicas que se requieren para la conversión de biomasa final para el uso final de energía.

2 El Componente AVC

El *Componente Aceite Vegetal Crudo (AVC)* está diseñado para evaluar el potencial para desarrollar sistemas de generación eléctrica para proveer electricidad en áreas rurales sin acceso a electricidad utilizando AVC como fuente combustible. Estos sistemas son evaluados comparando 3 capacidades típicas de generación de potencia (10 kW, 40 kW y 100 kW). Los límites del *Componente AVC* se presentan en la Figura 2. La herramienta está basada en revisión extensiva de literatura del tema, así como en balances de energía sobre los límites del sistema. Las suposiciones y cálculos utilizados para desarrollar la herramienta se presentan en este manual de instrucciones.

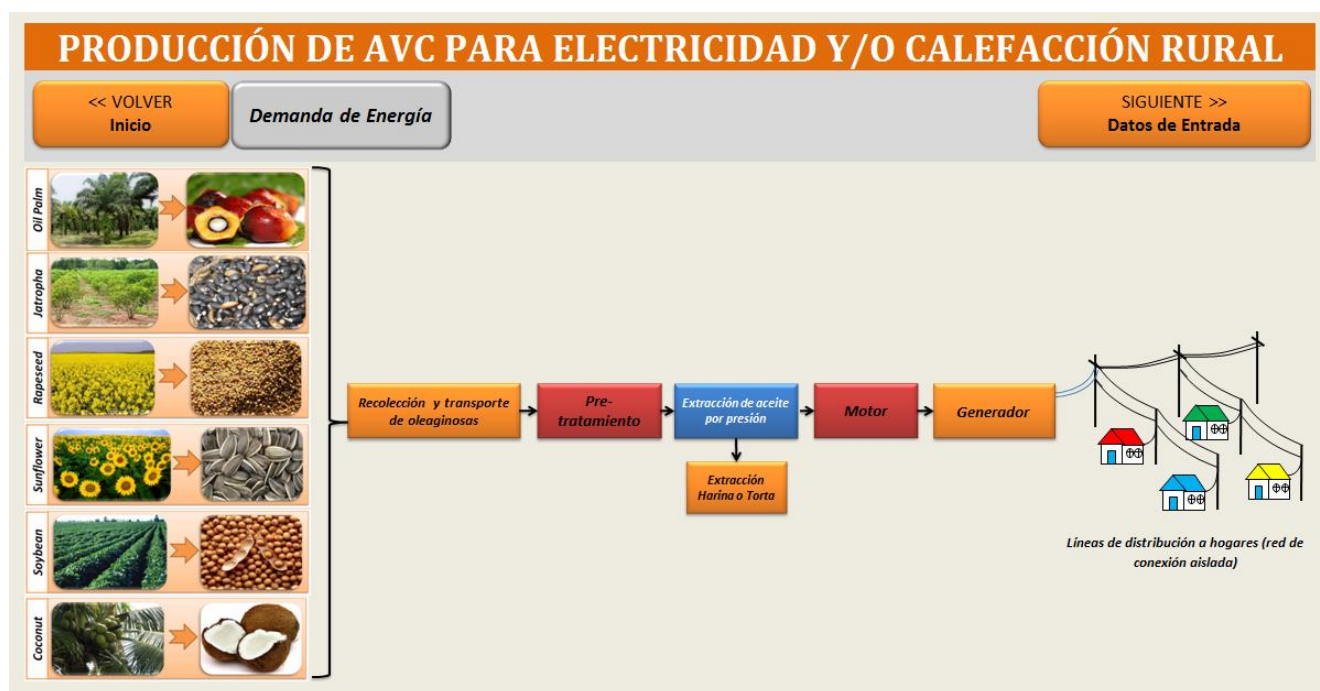


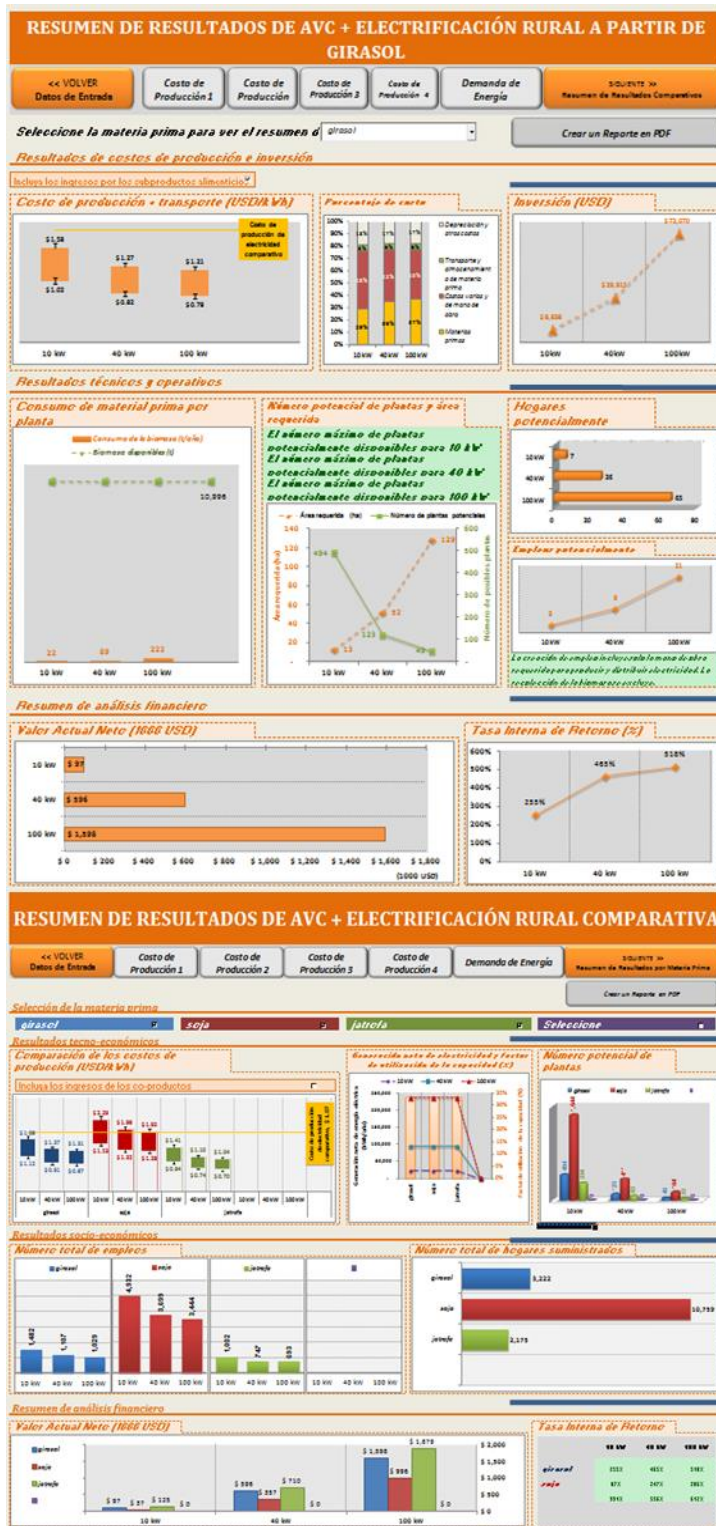
Figura 2: Sistema de Biomasa AVC para Generación de Electricidad y/o Calefacción Rural

Después de completar el análisis, el usuario tendrá una indicación sobre: 1) el consume de material prima y el área requerida para producir la materia prima suficiente para suplir las diferentes escalas de las plantas de

⁴ La selección de las capacidades de planta son basadas en la revisión de literatura relevante, por favor ver el Manual de Transporte para más detalles sobre esto.

⁵ La Calculadora de Pretratamiento puede usarse antes de la utilización de las herramientas de Uso Final de Energía. Las excepciones son las herramientas de Biogás Comunitario y Transporte, ya que estas herramientas ya incluyen pre-tratamiento.

electrificación AVC; 2) el número potencial de plantas de electrificación AVC que pueden ser desarrolladas en el país con base en la disponibilidad de la biomasa; 3) el costo de inversión requerido para construir cada planta; 4) el costo de producción asociado por kWh para cada escala de producción; 5) el número de hogares que pueden ser electrificadas; y 6) el potencial de generación de empleo y la viabilidad financiera asociada a cada nivel de producción como lo muestra la Figura 3. El usuario podrá también comparar a través de diferentes materias primas oleoquímicas y capacidades de planta para identificar la fuente de energía y el tamaño de planta más apropiado con base en un número de factores incluyendo disponibilidad física y resultados sociales y económicos.



Salida General por Materias Primas

Los Costos de Producción y los Resultados de las Inversiones:
 Costo de producción de electricidad, Parte de los costos totales de producción y Costo total de inversión

Resultados Operativos:
 Consumo de biomasa, Requisito de la área de biomasa, Numero potencial de AVC multi-plataformas, Numero de hogares potencialmente suministrado y Creación de empleo de operación

Análisis Financiero – Antes de Impuestos:
 Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

Salidas Comparativas por Capacidad

Resultados Tecno-económicos:
 Costo de producción de la electricidad, Generación neta de electricidad, Factor de capacidad de uso y Numero de AVC multi-plataformas

Resultados Socio-económicos:
 Numero total de empleos, Numero total de hogares suministrado

Análisis Financiero – Antes de Impuestos:
 Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

Figura 3: Disposición de las Hojas de los Resultados AVC

3 Términos y Definiciones utilizados en el *Componente AVC*

Esta sección incluye las definiciones de términos específicos utilizados en el *Componente AVC* de la herramienta. Es importante anticipar estas definiciones y considerarlas a lo largo del análisis, para poder interpretar los resultados correctamente.

- **Materias primas oleoquímicas** incluye un número de cultivos oleaginosos comestibles y no comestibles (Existen más de 350 especies oleaginosas, con miles de sub-especies), grasas y aceites animales, aceites reciclados o residuales, subproductos de industrias de aceite comestible y lácteos. Las materias primas oleaginosas juegan un papel cada vez más importante en la sociedad, tanto como producto alimenticio o con propósitos industriales. Uno de los productos más importantes y mejor conocido a partir de estas materias primas son los **aceites vegetales** (Bart, Palmeri et al., 2010). Otra característica importante es que los diferentes subproductos obtenidos de la extracción de las materias primas oleoquímicas, se utilizan como harina (En el caso de las oleaginosas) proporcionando una importante fuente de alimento nutricional y con alta energía (Mailer, 2004).
- **AVC** es un acrónimo para Aceites Vegetales Crudos. Es un término utilizado para describir aceites vegetales utilizados directamente como combustibles en motores de combustión interna, sin modificaciones químicas. AVC son ampliamente utilizados en programas de electrificación rural y como parte de leyes de biocombustibles en algunos países, reemplazando el biodiesel, debido a los bajos requerimientos de proceso. Sin embargo, para un uso apropiado de los AVC el motor debe ser modificado con el objetivo de soportar la operación con las altas viscosidades y los altos puntos de inflamación de estos aceites vegetales, los cuales pueden causar problemas de solidificación y daños en los motores a largo plazo.
- **Motores diésel modificados** se refiere a los motores diésel convencionales con modificación interna en válvulas, sistemas de bombeo y líneas, realizadas para soportar la operación con AVC. Los motores diésel modificados son utilizados en proyectos de electrificación rural montados en plataformas multifuncionales donde son conectados a generadores de potencia (Rordorf, 2011).
- **El análisis AVC** involucre las siguientes etapas: Recolección de las materias primas oleoquímicas (Biomasa), transporte y almacenamiento en la planta AVC. La primera etapa comprende el procesos de pretratamiento donde las materias primas oleoquímicas se secan para remover el exceso de humedad y/ se muelen para reducir su tamaño. Después del proceso de pretratamiento, la biomasa residual está lista para la extracción mecánica del AVC. El aceite vegetal es llevado a un sistema y, luego, es alimentado a un motor diésel modificado para la generación de potencia. La salida del motor diésel modificado es electricidad, que es distribuida a hogares en un área particular.

4 Alcance y Objetivo del *Componente AVC*

El objetivo del *Componente AVC* es evaluar la factibilidad de desarrollar sistemas de generación de electricidad con base en AVC para suplir áreas rurales donde la extensión de la red eléctrica nacional no es viable económica o físicamente. Este proporciona al usuario con una fundamentación teórica para desarrollar un análisis de sistemas AVC a diferentes escalas considerando diferentes tipos de materias primas oleoquímicas. Los resultados del análisis pueden ser utilizados para identificar la viabilidad de la producción de AVC en términos de la materia prima más apropiada, la viabilidad financiera de los diferentes sistemas de producción, la capacidad óptima de producción y los beneficios socio económicos que se pueden alcanzar con cada sistema de producción. La información generada por el análisis puede ser utilizada también como base para discutir

estrategias potenciales para promover el desarrollo de sistemas de electrificación basados en AVC en áreas rurales sin acceso a electricidad en la actual.

La siguiente sección describe el flujo del análisis y las opciones dentro del componente. La metodología para evaluar el almacenamiento de la biomasa y el análisis financiero del AVC se describen en detalle en el Anexo.



Figura 4: Herramienta Evaluación Rápida para Electrificación Rural – *Componente AVC*

5 Ejecutando el *Componente AVC*

El flujo del análisis dentro del *Componente AVC* y las relaciones con los otros componentes es descrito en la Figura 5. El usuario tiene la opción de seleccionar los componentes del análisis en diferente orden o inclusive omitir algunos componentes. Sin embargo, se recomienda que el usuario siga el orden y flujo del análisis como se describe a continuación dado que el *Componente AVC* depende de información generada en el módulo *Recursos Naturales* y puede cruzarse información con otros módulos para contextualizar los resultados del análisis. Los resultados de este componente son esenciales para la comprensión del análisis dado que cuando se interpretan los resultados se deben tener en cuenta factores relevantes, inclusive aspectos de los componentes del análisis que son omitidos (Por ejemplo, aspectos relacionados con seguridad alimentaria, comercio agrícola, uso sostenible de recursos naturales, etc.).

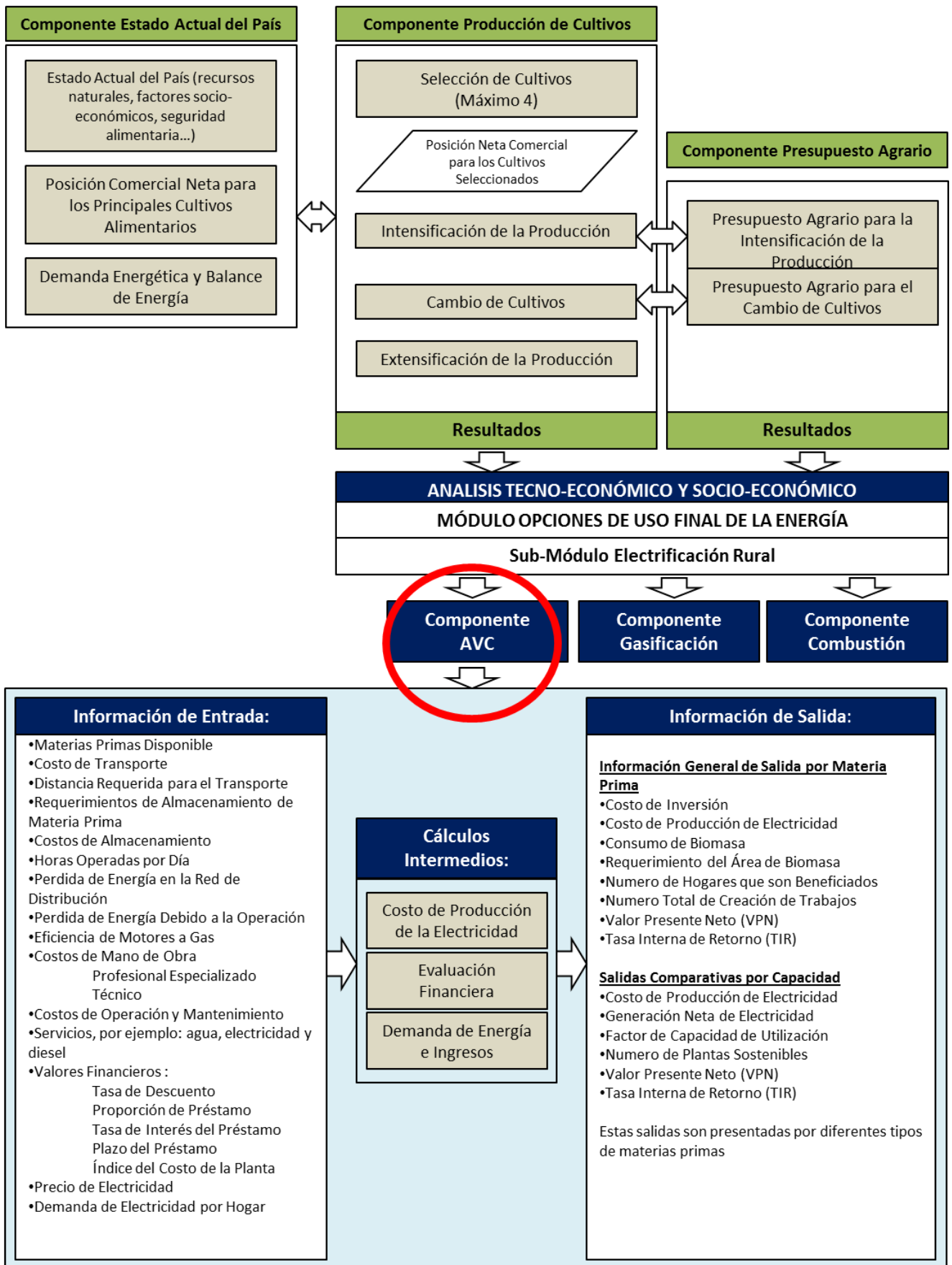


Figura 5: *Componente AVC*: Flujo del Análisis y las Relaciones con Módulos y Componentes de la Evaluación Rápida BEFS

El usuario navega paso a paso a través de las opciones y se le pide ingresar datos necesarios para obtener los resultados finales. Cuando los datos requeridos son limitados o no están disponibles, pueden utilizarse los valores por defecto proporcionados por la herramienta. Los botones de navegación dentro de la herramienta se encuentran situados en la parte superior e inferior de la hoja. El botón “SIGUIENTE>>” indica el siguiente paso y el botón “<<VOLVER” permite regresar al paso anterior.

Los siguientes subcapítulos describen cada paso del análisis, con un ejemplo usando girasol, soja y jatrofa como materia prima para el AVC que es utilizado para alimentar el sistema de generación de potencia. Todos los parámetros ingresados se basan en situaciones genéricas.

Al comienzo del análisis, el usuario debe seleccionar el idioma de su preferencia con el fin de ver la herramienta en ese idioma (Figura 4, etiqueta 1). Las opciones son: inglés (EN), francés (FR) y español (ES). A continuación, el usuario tiene tres opciones, con los siguientes botones de navegación: “AVC y Descripción de la Electrificación Rural”, “Datos de Entrada” y “Demanda de Energía”, como se muestra en la Figura 4.

5.1 Paso 1: Demanda energética

El usuario necesita introducir el consumo de electricidad por hogar (kWh/mes) como ha sido definido en el módulo *Estado del País* (Figura 6).

Figura 6: Demanda Energética

5.2 Paso 2: Definición de la materia prima

Paso 2.A Selección de la materia prima

El usuario tiene que:

1. Seleccionar el (los) cultivos(s) para producir el AVC del menú desplegable. La lista incluye 6 cultivos basados en aceite. El usuario puede seleccionar hasta cuatro materias primas oleoquímicas para ser analizadas al mismo tiempo (Figura 7, etiqueta 1).

DATOS DE ENTRADA PARA AVC + ELECTRICIDAD Y/O CALEFACCIÓN RURAL

<< VOLVER Inicio
Cargar Valores por Defecto A
Limpiar Datos
AVC y Descripción del Proceso de Electrificación Rural
Demanda de Energía

Utilice las celdas blancas para ingresar los datos

Utilice las celdas grises para los cálculos

	Materia prima 1	Materia prima 2	Materia prima 3	Materia prima 4	
Materia prima	girasol	soja	jatrofa	Seleccione	
Potencial de materia prima (t/año)	10,996	84,745	7,140		Costo de Producción 1
Rendimiento de la materia prima (t/ha)	1.73	2.20	2.38		Costo de Producción 2
Contenido de aceite (%)	53%	21%	55%		Costo de Producción 3
Precio de la materia prima (USD/t)	\$ 404	\$ 370	\$ 217		Costo de Producción 4
Costo de almacenamiento de la materia prima (USD/t)	\$ 10.80	\$ 5.40	\$ 5.90		
	Calculadora de Almacenamiento 1	Calculadora de Almacenamiento 2	Calculadora de Almacenamiento 3	Calculadora de Almacenamiento 4	

Figura 7: Selección de la Materia Prima

2. Ingresar los datos sobre materia prima disponible (t/año) y rendimiento (t/ha) de la materia prima seleccionada (Figura 7, etiqueta 2). *Esta información es generada en el módulo Recursos Naturales.*
3. Ingresar datos sobre precio de la materia prima (USD/t) de la materia prima oleaginosa seleccionada (Figura 7, etiqueta 3). *El usuario puede ingresar el precio en el mercado como el costo de producción que fue estimado en el módulo Recursos Naturales en la Herramienta Presupuesto Agrícola.*
4. El contenido de aceite (%) o el contenido promedio de humedad en porcentaje de las materias primas seleccionadas son automáticamente seleccionadas de la base de datos técnica de la herramienta.

Para este ejemplo, las siguientes materias primas fueron seleccionadas: Materia Prima 1 “Girasol”, Materia Prima 2 “Soja”, y Materia Prima 3 “Jatrofa” (Figura 7).

Paso 2.B: Costo de almacenamiento (USD/t)

Paso 2.B.1 El usuario puede ingresar los *precios existentes* de almacenamiento de los productos agrícolas en el país como una aproximación. El precio debe ser ingresado en las respectivas celdas para cada materia prima (USD/t). Si esta información no está disponible, siga con el siguiente paso.

Paso 2.B.2 El usuario puede determinar un aproximado de este valor siguiendo los siguientes pasos:

1. Identificar un tipo de almacenamiento de material prima asociados con condiciones en el país de las opciones presentadas en la Tabla 1.
2. Para la opción de almacenamiento seleccionada, encierre el costo de construcción global proporcionado en la Tabla 1.
3. Ingrese el valor aproximado (USD/t) en la respectiva celda para cada materia prima.

Tabla 1: Costos de Almacenamiento Estimados en Contenedores de Acero

Capacidad de almacenamiento (t)	Costo sin piso (USD/t/año)	Piso de acero (USD/t/año)	Piso de concreto (USD/t/año)	Piso ventilado (USD/t/año)	VENTILACIÓN Y CALOR (USD/t/año)
Coco	\$ 6.8	\$ 7.3	\$ 7.6	\$ 8.6	\$ 8.9
Jatrofa	\$ 5.3	\$ 5.7	\$ 5.9	\$ 6.7	\$ 6.9
Palma de aceite	\$ 4.8	\$ 5.2	\$ 5.4	\$ 6.2	\$ 6.3
Colza	\$ 4.4	\$ 4.7	\$ 4.9	\$ 5.6	\$ 5.7
Soja	\$ 4.8	\$ 5.2	\$ 5.4	\$ 6.2	\$ 6.3
Girasol	\$ 9.7	\$ 10.4	\$ 10.8	\$ 12.3	\$ 12.7

Calculado de: (State of Michigan 2003) y (Agriculture and Rural Development of Alberta 2014)

Para este ejemplo, todas las materias primas son almacenadas en contenedores de acero con piso de concreto. El costo de almacenamiento es de \$10.80 para el girasol, \$5.40 para la soja y \$5.90 para la jatrofa. El usuario ingresa el costo de almacenamiento en las celdas correspondientes como se muestra en la Figura 8, rótulo 1.

Utilice las celdas blancas

Materia prima	Materia prima 1	Materia prima 2	Materia prima 3	Materia prima 4
Potencial de materia prima (t/año)	10,996	84,745	7,140	
Rendimiento de la materia prima (t/ha)	1.73	2.20	2.38	
Contenido de aceite (%)	53%	21%	55%	
Precio de la materia prima (USD/t)	\$ 404	\$ 370	\$ 217	
Costo de almacenamiento de la materia prima (USD/t)	\$ 10.80	\$ 5.40	\$ 5.90	

Calculadora de Almacenamiento 1 Calculadora de Almacenamiento 2 Calculadora de Almacenamiento 3 Calculadora de Almacenamiento 4

Costo de Producción 1
Costo de Producción 2
Costo de Producción 3
Costo de Producción 4

Figura 8: Costo de Almacenamiento de la Materia Prima

Paso 2.C.3 Calculo de los requerimientos de almacenamiento, seleccione en “Calculadora de Almacenamiento” (Figura 8, etiqueta 2). Esto llevará al usuario a la Calculadora de Almacenamiento de Biomasa (Figura 9). En esta hoja, el usuario debe:

1. Seleccionar los meses de cosecha del cultivo (Figura 9, etiqueta 1).
2. Ingresar la tasa de stock de biomasa (%). Esto es el porcentaje de material prima necesaria para asegurar condiciones de suministro continuo de la materia prima para manejar incertidumbres en la producción debido a disponibilidad estacional, estaciones de producción, inundaciones, sequías y otros factores. Esta tasa de existencia % se utiliza para estimar la capacidad de almacenamiento (Figura 9, etiqueta 2).
3. Seleccionar “Calcular” (Figura 9, etiqueta 3) para calcular automáticamente la capacidad de almacenamiento máxima requerida (tonelada) y el almacenamiento mínimo de seguridad (tonelada por mes) para cada una de las capacidades pre-definidas (Figura 9, etiqueta 4).
4. Seleccionar “OK” para regresar a la hoja “Datos de Insumos Requeridos” (Figura 9, etiqueta 5).
5. El usuario deberá repetir los mismos pasos para todas las materias primas.

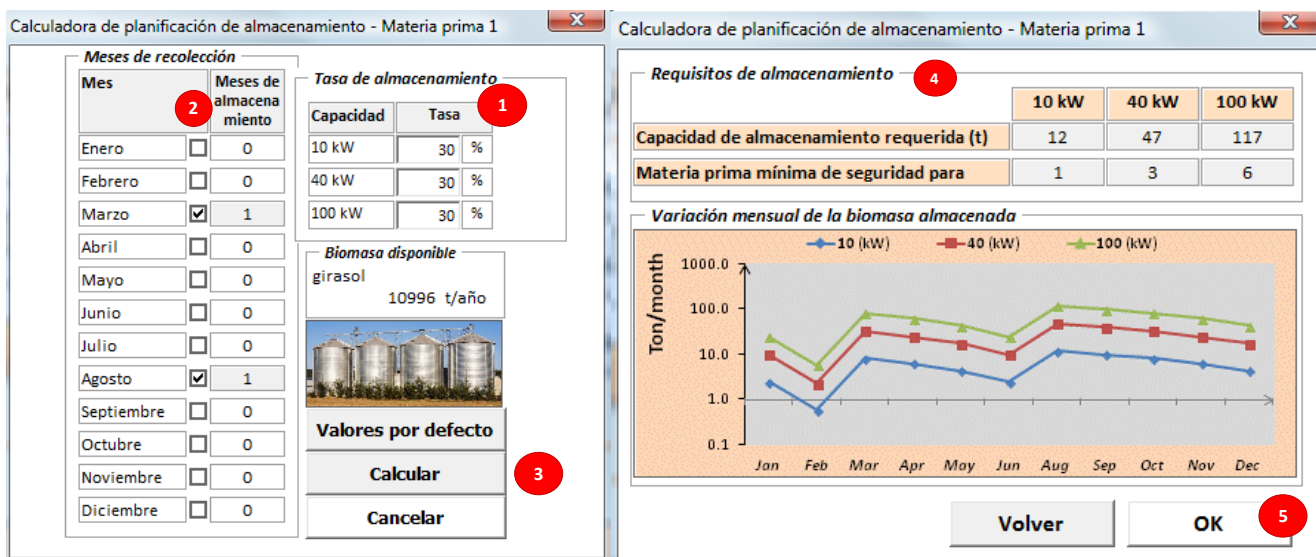


Figura 9: Calculadora de Almacenamiento de la Materia Prima

Para este ejemplo para la materia prima 1, la cosecha es en 2 meses, Abril y Agosto. Como resultado, la capacidad de almacenamiento requerida es 12 t para asegurar biomasa suficiente para una capacidad de producción de 10kW. La materia prima mínima a almacenar es 1 t por mes (Figura 9).

5.3 Paso 3: Definición del precio de la electricidad

El precio de la electricidad se utiliza para analizar los ingresos totales de la generación de potencia por medio de una planta de electrificación AVC. El usuario selecciona el método para definir el precio de la electricidad de las siguientes opciones:

- A. Método 1:** Uso de una calculadora para definir el precio de la electricidad con base en un sistema de generación de diésel. Para ejecutar esta opción el usuario deberá:
 1. Seleccionar el “Método 1” para definir el precio de la electricidad (Figura 10, etiqueta 1).
 2. Seleccionar “Calculadora de Precio de Electricidad” (Figura 10, etiqueta 2).
 3. Ingresar los siguientes datos en la “Calculadora de Precio de Electricidad” (Figura 10, caja roja). Si no se dispone de datos específicos, se pueden utilizar los valores por defecto (Figura 10, etiqueta 3)
 - Tecnología actual de electricidad:
 - Capacidad del generador de diésel (kW)
 - Horas de operación por día
 - Días de operación por año
 - Eficiencia típica
 - Parámetros de costos:
 - Costo del diésel (USD/litro)
 - Costo de transporte del diésel (USD/t/km)
 - Distancia de transporte (km)
 - Costo de operación y mantenimiento (USD/kWh)
 - Costo de los equipos (USD)
 4. Cuando todos los datos se hayan ingresado, seleccionar “Calcular” (Figura 10, etiqueta 4)

- El costo comparativo de producción de electricidad será generado (Figura 10, etiqueta 5) el cual está relacionado con la hoja de trabajo “Datos de Entrada Requeridos” y utilizados para cálculos subsecuentes.

Definición del precio de electricidad

Seleccione un método para determinar el precio de la electricidad

Método 1

unidad **\$ 1.87 USD/kWh**

Costo de producción de electricidad comparativo

Definición del precio de electricidad

Método 1: Utilice una calculadora para determinar el costo de producción de electricidad a partir de un generador diésel.

Calculadora de precio de la electricidad

Costo de producción comparativo de la electricidad

Tecnología actual de generación de electricidad

Capacidad típica del generador diésel kW

Horas funcionamiento al día h/día

Días de operación por año día/año

Eficiencia típica %

Parámetros de costo

Costo del diésel USD/l

Costo de transporte del diésel USD/t/km

Distancia de transporte km

Costos de operación y mantenimiento USD/kWh

Costo del equipo USD

Costo total de la producción de electricidad

Item	Unidad
Costo del diésel	\$ 7,959 USD/año
Costo del transporte	\$ 367.71 USD/año
Costos de mano de obra y mantenimiento	\$ 118,800 USD/año
Costos de inversión	\$ 21,000 USD/año
Costo total de la producción de electricidad	\$ 148,127 USD/año

Costos comparativos de la producción de electricidad **\$ 1.87 USD/kWh**

Valores por defecto

Figura 10: Definición del Precio de Electricidad - Método 1

B. Método 2: Uso de un precio de electricidad identificado por el usuario. El usuario identifica un precio de electricidad en unidades de USD/kWh. Este precio puede ser el precio actual de la red nacional o el precio de electricidad que es generado por opciones descentralizadas de energía, por ejemplo, energía solar, pequeña potencia hidráulica, etc. Para llevar a cabo este análisis, el usuario tiene que:

Nota: Este precio puede incluir subsidios. Se recomienda considerar esto y evaluar cuidadosamente la probabilidad de que este precio afecte el precio real pagado por los consumidores rurales.

- Seleccionar “Método 2” para definir el precio de electricidad (Figura 11, etiqueta 1).
- Ingresar el precio de electricidad pagado por el consumidor (Figura 11, etiqueta 2).

Definición del precio de electricidad

Seleccione un método para determinar el precio de la electricidad

Método 2

unidad **\$ 0.13 USD/kWh**

Precio pagado por el consumidor

Método 2: Utilizar un precio de electricidad definido por el usuario. En la evaluación, es importante tener en cuenta que este precio podría incluir subsidios.

Figura 11: Definición del Precio de Electricidad - Método 2

Para este ejemplo, el usuario puede utilizar el precio mínimo de electricidad pagado por el consumidor que es 1.87 USD/kWh (resultado del Método 1 como lo muestra la Figura 10) o 0.13 USD/kWh (resultado del Método 2 como lo muestra la Figura 11) para futuros análisis.

5.4 Paso 4: Costo de producción y parámetros financieros

Los insumos generales requeridos para llevar a cabo el cálculo de los costos se muestran en la Figura 12. El usuario necesitará proveer datos sobre:

Costo de producción y parámetros financieros			
Mano de obra		unidad	unidad
Trabajadores no cualificados	\$ 1.25	USD/persona-h	Trabajadores cualificados
			\$ 2.00
			USD/persona-h
Servicios		unidad	
Diésel	\$ 1.00	USD/litro	==>Requerido para poner en marcha el motor
Costo de transporte		unidad	
Materia prima (punto de recolección a la planta)	\$ 0.09	USD/t/km	
Otros costos		unidad	unidad
Generales y administrativos (%)	10%	Mantenimiento (%)	25%
Gastos generales de planta (%)	20%	Varios (%)	20%
Parámetros financieros		unidad	Actualización del costo de inversión
Tasa de descuento	10%		
Proporción de créditos	50%		Índice de costo de la planta durante 6/2014
Tasa de interés de créditos	12%		157.30
Plazo del créditos	5	año	http://base.intratec.us/home/ic-index

SIGUIENTE >>
Resumen de Resultados Comparativos
SIGUIENTE >>
Resumen de Resultados por Materia Prima

Figura 12: Insumos Generales

- Costos de mano de obra (USD/persona-hora):** Valor de mano de obra para trabajadores calificados y no calificados (USD por persona por hora). Estos parámetros se requieren para calcular el costo de mano de obra de los procesos de extracción y producción de electricidad.
- Costo de servicios:** Precio del diésel requerido para el arranque. Este precio será ingresado directamente por el usuario en la celda correspondiente en USD por litro.
- Costo de transporte de la materia prima (USD/t/km):** Costo de transporte de la materia prima desde los puntos de recolección hasta la planta de electrificación AVC, el usuario necesitará:
 - Identificar los métodos de transporte actuales usados comúnmente para mover productos agrícolas dentro del país.
 - Definir los precios de transporte actuales asociados al método de transporte identificado arriba en unidades de USD por t por km.

Guía: Esto puede basarse en productos agrícolas no procesados.

Guía: Si el método de transporte es a pie o en bicicleta, se recomienda estimar el costo utilizando el costo de mano de obra por hora, tiempo de trabajo, cantidad de material que puede ser transportada, y los kilómetros aproximados que pueden ser recorridos bajo el método seleccionado con la siguiente ecuación:

Costo de transporte (USD/t/km)

= Salarios por hora (USD/hora/persona) x Tiempo de trabajo (horas)

Distancia de transporte (km) x Materia prima transportada (t/persona)

4. Otros parámetros de costos (%): El usuario ingresa el porcentaje de:

- Costos generales y administrativos,
- Gastos generales de la planta,
- Costo de mantenimiento y
- Costos varios.

Estos parámetros se utilizan para estimar el costo de producción de electricidad.

5. Parámetros financieros: El usuario identifica los valores para los siguientes parámetros financieros:

- A. Tasa de descuento (%),
- B. Porción de préstamos (%),
- C. Tasa de interés en préstamos (%),
- D. Plazo del préstamo (años) y
- E. Índice de costo de la planta.

El índice de costo de la planta de los datos de costo de equipos se obtiene de literatura técnica y con base en condiciones técnicas y económicas pasadas. Por lo tanto, el índice de construcción de una planta química Intratec (IC), un índice adimensional utilizados como aproximado para actualizar el costo de capital de una planta química para tener en cuenta el cambio de precios debido a inflación/deflación y condiciones económicas, es aplicado a la herramienta BEFS RA. Este índice es actualizado y disponible gratuitamente en (<http://base.intratec.us/home/ic-index>).

Para este ejemplo, los valores presentados en la Figura 12 fueron usados para llevar a cabo el análisis.

5.5 Paso 5: Cálculo del costo de producción de electricidad

Después de completar todos los insumos requeridos en los Pasos 1 a 4, el usuario selecciona el botón “Costos de Producción” (Figura 13, etiqueta A).

Nota: Esta sección también muestra los presupuestos para calcular los costos de procesamiento. Estos cálculos se hacen automáticamente utilizando la información ingresada por el usuario en los pasos previos. Aquí el usuario puede revisarlos si gusta (ver sección 7.1 para mayor información).

DATOS DE ENTRADA PARA AVC + ELECTRICIDAD Y/O CALEFACCIÓN RURAL

<< VOLVER Inicio
Cargar Valores por Defecto
Limpiar Datos
AVC y Descripción del Proceso de Electrificación Rural
Demanda de Energía

Utilice las celdas blancas para ingresar los datos
Utilice las celdas grises para los cálculos

	Materia prima 1	Materia prima 2	Materia prima 3	Materia prima 4
Materia prima	girasol	soja	jatrofa	Seleccione
Potencial de materia prima (t/año)	10,996	84,745	7,140	
Rendimiento de la materia prima (t/ha)	1.73	2.20	2.38	
Contenido de aceite (%)	53%	21%	55%	
Precio de la materia prima (USD/t)	\$ 404	\$ 370	\$ 217	
Costo de almacenamiento de la materia prima (USD/t)	\$ 10.80	\$ 5.40	\$ 5.90	
	Calculadora de Almacenamiento 1	Calculadora de Almacenamiento 2	Calculadora de Almacenamiento 3	Calculadora de Almacenamiento 4

Costo de Producción 1

Costo de Producción 2

Costo de Producción 3

Costo de Producción 4

Figura 13: Cálculo de los Costos de Producción

Esto llevará al usuario a la sección de presupuesto de procesamiento para la materia prima seleccionada (Figura 14).

COSTOS DE PROCESAMIENTO PARA AVC + ELECTRICIDAD Y/O CALEFACCIÓN RURAL A PARTIR DE GIRASOL

<< VOLVER Datos de Entrada
AVC y Descripción de la Electrificación Rural
Demanda de Energía
SIGUIENTE >> Resumen de Resultados Comparativos
SIGUIENTE >> Resumen de Resultados por Materia Prima

Utilice las celdas blancas para ingresar los datos
Utilice las celdas grises para los cálculos

Resumen de materias primas y almacenamiento

Materia prima disponible (t/año)	10,996
Costo de almacenamiento de la materia prima (USD/t)	\$ 11
Rendimiento de la materia prima (t/ha)	2
Contenido de aceite (%)	53%
girasol meal price (USD/t)	\$ 200

Calculadora de Almacenamiento 1

Resumen de parámetros operacionales

Factor de capacidad de uso	33%
Valor calorífico (kWh/kg de aceite)	10.83
Eficiencia de la extracción de aceite	80%
Aceite residual en la torta/comida	7%
Eficiencia del motor (%)	30%
Horas de operación por día	8
Pérdida de potencia en la red de distribución (%)	5%
Pérdida de potencia por operación (%)	5%

Parámetros financieros

Tasa de descuento (%)	10.0%
Tasa de inflación (%)	0.0%
Tasa de interés de créditos (%)	12.0%
Proporción de créditos (%)	50.0%
Plazo del crédito (años)	5
Costo de producción de electricidad comparat	\$ 1.87

Distancia de transporte de la materia prima		Cantidad transportada	Distancia de transporte de la materia prima		Cantidad transportada
Distancia de producción de pequeña escala (km)	1	Pequeña escala (t/año)	22	Distancia de producción de gran escala (km)	5
Distancia de producción de mediana escala (km)	5	Mediana escala (t/año)	89	Costo de transporte (USD/t/km)	\$ 0.1

Figura 14: Costos de Proceso para la Extracción de Aceite y Generación de Potencia

En esta hoja de trabajo, el usuario necesitará ingresar datos adicionales en las celdas blancas, especialmente:

1. Pérdidas de potencia debido a la operación (%):

Pérdidas debido a la operación inapropiada del sistema motor-AVC. Se asumen que estas pérdidas son del 15%. Sin embargo, el usuario puede ingresar sus propios parámetros directamente (Figura 14, etiqueta 1).

Nota: Esto puede deberse a falta de control y monitoreo de las unidades de medida de presión de gas, composición del gas, fugas de aire o temperaturas, etc. Esto lleva a potencias de salida menores a la capacidad instalada.

Guía: Las horas de operación deben estar relacionadas con la demanda de electricidad en una zona rural dada. Por ejemplo, operar seis horas por día en la noche para cubrir la demanda de iluminación en el área rural A.

- 2. Horas de operación por día:** El usuario ingresa las horas de operación por día de la planta de electrificación AVC. Las horas de operación diarias se utilizan para calcular las horas de operación anuales totales y el factor de capacidad, asumiendo que la planta de electrificación AVC funciona por 365 días al año (Figura 14, etiqueta 1).

- 3. Pérdidas de potencia en la red de distribución (%):** El usuario identifica las pérdidas de potencia (%) en la red de distribución. Si esta información no se encuentra disponible, la siguiente base de datos puede ser utilizada:

<http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS>

(The World Bank, n.d.).

Guía: Las pérdidas de potencia en la distribución de la red eléctrica actual pueden ser utilizadas como aproximado.

- 4. Eficiencia del motor (%):** La eficiencia típica de un motor modificado por el uso de AVC como combustible es de 25-35%. El valor asumido es de 30% (Figura 14, etiqueta 1).

- 5. Distancia de transporte de la materia prima a la planta de electrificación AVC:** El usuario identifica una distancia estimada, en kilómetros, que se requerirá para transportar la materia prima. La distancia de transporte depende de la disponibilidad de biomasa en un área particular y de la cantidad de biomasa requerida para cada capacidad de producción (Figura 14, etiquetas 2 y 3).

Guía: Las plantas a pequeña escala utilizan menos biomasa que las media y gran escala. Por lo tanto, la distancia de transporte puede ser menor. Si la disponibilidad de la biomasa en esa área es alta y suficiente para suplir todas las escalas de producción, el usuario puede ingresar la misma distancia de transporte para todas las escalas.

- 6. Precio de la harina:** El usuario identifica el precio de Mercado en USD/t de la harina como subproducto de la materia prima seleccionada. En este caso el valor utilizado es 200 USD/t (Figura 14, etiqueta 4).

Cuando los datos han sido ingresados, el usuario necesita seleccionar “<<VOLVER Datos de Entrada” para regresar a la hoja de Datos de Entrada Requeridos. El usuario puede repetir los mismos pasos para todas las materias primas.

Para este ejemplo, el “Costo de Producción 1” es “Girasol”, donde los valores usados para llevar a cabo el análisis son:

Pérdidas de potencia debido a la operación (%):	5%
Horas de operación por día:	8
Pérdidas de potencia en la red de distribución (%):	5%
Eficiencia del motor (%):	30%
La distancia de transporte de la materia prima a la planta de AVC:	
Distancia para planta a pequeña escala:	1 km
Distancia para planta a mediana escala:	5 km
Distancia para planta a larga escala:	5 km
Las cantidades a transportar son generadas automáticamente:	
Planta a pequeña escala:	22 t por año
Planta a mediana escala:	89 t por año
Planta a larga escala:	222 t por año

Estos parámetros se utilizan para análisis futuros.

6 Supuestos y Limitaciones del Componente AVC

Antes de iniciar el análisis, el usuario debe familiarizarse con las limitaciones y los supuestos de la herramienta y considerarlos durante el análisis, en particular en la interpretación de los resultados.

Las limitaciones del *Componente AVC* son:

1. Se consideran tres capacidades de generación de electricidad: 10kW, 40kW and 100kW.
2. Se considera que el tiempo de vida de los equipos para el análisis financiero es de 20 años.
3. La eficiencia de la extracción de aceite ha sido predefinida para cada opción de materia prima.
4. La planta de electrificación de AVC se basa en una opción de mini red que integra generación local, transmisión y distribución de electricidad.
5. La cantidad de cable para construir el sistema de distribución se estima asumiendo que se requieren 10 metros de cable/hogar.

Los detalles de los supuestos y las ecuaciones de cálculo se presentan en el Anexo.

7 Resultados del Componente AVC

7.1 Resumen de la calculadora de costos de producción (opcional)

Después de que el usuario ingrese todos los datos requeridos (Pasos 1 a 5). Los detalles de los costos de producción para análisis futuros se generan como lo muestra la Figura 15. Existen cinco secciones principales en esta hoja de resultados.

- **PARTE 1** (Figura 15, etiqueta 1) muestra la distribución de los costos de producción para las siguientes categorías: insumos, mano de obra, transporte de materia prima, almacenamiento, inversión, gastos generales de planta, costos generales y administrativos, y intereses de préstamos. Los costos totales de producción (USD/año) para tres capacidades de generación de potencia (10kW, 40kW and 100kW) se presentan para análisis comparativos.

- **PARTE 2** (Figura 15, etiqueta 2) muestra la generación de potencia neta total que es la unidad de electricidad en unidades de kWh por año (note que el auto consumo para arrancar la operación y la pérdida de potencia en transmisión y en red de distribución ha sido sustraída). Estos valores se usan para calcular los ingresos del sistema de generación de potencia AVC. Los resultados se presentan para todas las tres capacidades de generación de potencia.
- **PARTE 3** (Figura 15, etiqueta 3) muestra el costo unitario de electricidad (USD/kWh) para todas las tres capacidades de generación de potencia.
- **PARTE 4** (Figura 15, etiqueta 4) Resume los detalles de préstamos, por ejemplo, cantidad de préstamos, intereses de préstamos, pago anual de préstamos, etc., para el análisis financiero.
- **PARTE 5** (Figura 15, etiqueta 5) el botón “Análisis Financiero” abrirá la hoja con los detalles del análisis financiero para todas las tres capacidades de generación de potencia.

Detalles de los costos de producción

		Capacidad (kW de generación de energía)						
		10		40		100		
		Horas de operación por año 2,920		Horas de operación por año 2,920		Horas de operación por año 2,920		
		Análisis Financiero 10 kW		Análisis Financiero 40 kW		Análisis Financiero 100 kW		
Insumos	unidad	Precio unitario (USD/unidad)	Cantidad (unidad/año)	Total (USD/año)	Cantidad (unidad/año)	Total (USD/año)	Cantidad (unidad/año)	Total (USD/año)
Materia prima (semillas oleaginosas)	t	\$ 404.0	22.23	\$ 8,980	89	\$ 35,920	222	\$ 89,800
Diésel para el arranque	litre	\$ 1.0	569	\$ 569	2,274	\$ 2,274	5,685	\$ 5,685
Subtotal				\$ 9,549		\$ 38,194		\$ 95,486
Mano de obra y costos varios	unidad	Precio unitario (USD/person/h)	Cantidad (unidad)	Total (USD/año)	Cantidad (unidad)	Total (USD/año)	Cantidad (unidad)	Total (USD/año)
Trabajadores no cualificados	# trabajador	\$ 1.3	2	\$ 7,300	7	\$ 25,550	17	\$ 62,050
Trabajadores cualificados	# trabajador	\$ 2.0	1	\$ 5,840	2	\$ 11,680	4	\$ 23,360
Costos varios	%		20%	\$ 2,628	20%	\$ 7,446	20%	\$ 17,082
Subtotal				\$ 15,768		\$ 44,676		\$ 102,492
Transporte de materia prima	unidad	Precio unitario (USD/t/km)	Cantidad (unidad)	Total (USD/año)	Cantidad (unidad)	Total (USD/año)	Cantidad (unidad)	Total (USD/año)
Materia prima (finca a la planta)	km	\$ 0.1	1	\$ 2	5	\$ 40	5	\$ 100
Subtotal				\$ 2		\$ 40		\$ 100
Almacenamiento	unidad	Precio unitario (USD/t)	Cantidad (unidad)	Total (USD/año)	Cantidad (unidad)	Total (USD/año)	Cantidad (unidad)	Total (USD/año)
Materia prima	t	\$ 10.80	12	\$ 130	47	\$ 508	117	\$ 1,264
Subtotal				\$ 130		\$ 508		\$ 1,264
Inversión	unidad	años	Total (USD)	Depreciación (USD/año)	Total (USD)	Depreciación (USD/año)	Total (USD)	Depreciación (USD/año)
Equipos	USD	20	\$ 4,879	\$ 244	\$ 19,514	\$ 976	\$ 48,786	\$ 2,439
Construcción	USD	20	\$ 2,020	\$ 101	\$ 2,644	\$ 132	\$ 3,891	\$ 195
Instalación	USD	20	\$ 287	\$ 14	\$ 1,148	\$ 57	\$ 2,871	\$ 144
Red de distribución	USD	20	\$ 1,652	\$ 83	\$ 6,609	\$ 330	\$ 16,523	\$ 826
Inversión total			\$ 8,838		\$ 29,915		\$ 72,070	
			Depreciación total	\$ 442	Depreciación total	\$ 1,496	Depreciación total	\$ 3,604
Costos de mantenimiento	%	25%	\$	\$ 110	\$	\$ 374	\$	\$ 901
Subtotal				\$ 552.37		\$ 1,869.71		\$ 4,504.40
Otros costos	unidad	Tasa (%)	Total (USD/año)		Total (USD/año)		Total (USD/año)	
Gastos generales de planta	USD	20%	\$ 2,650		\$ 7,521		\$ 17,262	
Costos generales y administrativos	USD	10%	\$ 2,808		\$ 9,077		\$ 21,614	
Intereses de créditos	USD	0%	\$ 74		\$ 250		\$ 603	
Impuesto sobre la renta	USD	-	\$ -		\$ -		\$ -	
Subtotal			\$ 5,532		\$ 16,848		\$ 39,479	
Costos de operación totales			Total (USD/año)	Parte (%)	Total (USD/año)	Parte (%)	Total (USD/año)	Parte (%)
			\$ 25,448	81%	\$ 83,418	82%	\$ 199,341	82%
Costos fijos totales			\$ 552	2%	\$ 1,870	2%	\$ 4,504	2%
Otros costos totales			\$ 5,532	18%	\$ 16,848	16%	\$ 39,479	16%
Costos de producción totales			\$ 31,532		\$ 102,135		\$ 243,325	

Generación de Energía

	unidad	Cantidad (unidad)	Cantidad (unidad)	Cantidad (unidad)
Generación de Energía	kWh/año	27,740	110,960	277,400
Electricidad-uso propio	kWh/año	-2,774	-11,096	-27,740
Pérdida de potencia en la red de distribución	kWh/año	-1,387	-5,548	-13,870
Subtotal		23,579	94,316	235,790

Costo de producción total + Distribución

		Capacidad (kW de generación de energía)						
		10		40		100		
Costo unitario de la electricidad (USD/kWh)		\$ 1.34		\$ 1.08		\$ 1.03		
Interés promedio del crédito	unidad	Proporción de créditos (%)	Inversión total (USD)	Monto del crédito (USD)	Inversión total (USD)	Monto del crédito (USD)	Inversión total (USD)	Monto del crédito (USD)
Monto del crédito	USD	50%	\$ 8,838	\$ 4,419	\$ 29,915	\$ 14,958	\$ 72,070	\$ 36,035
Tasa de interés de créditos	%			12%		12%		12%
Pago del crédito	USD/mes		\$	\$ -98	\$	\$ -333	\$	\$ -802
Pago anual del crédito	USD/año		\$	\$ -1,180	\$	\$ -3,993	\$	\$ -9,619
Plazo del créditos	año			5		5		5
Pago total del crédito	USD		\$	\$ -5,898	\$	\$ -19,964	\$	\$ -48,095
Intereses de créditos	USD		\$	\$ -1,479	\$	\$ -5,006	\$	\$ -12,060
Interés promedio del crédito	USD/año		\$	\$ -74	\$	\$ -250	\$	\$ -603

Figura 15: Costos de Producción de Electricidad Detallada por Capacidad de Generación de Potencia

Para este ejemplo, el costo total de producción de electricidad cuando se utiliza AVC de girasol para una arrancar una planta de 10kW de capacidad es de 31,532 USD/año y el costo unitario de la electricidad es de 1.34 USD/kWh. La generación total de potencia es de 23,579 kWh/año. Para las otras capacidades predefinidas, referirse a la Figura 15.

7.2 Resumen de resultados por materia prima

La información presentada en esta sección busca ayudar al usuario en el proceso de toma de decisiones para soportar el desarrollo de un sistema de generación de potencia basado en AVC en su país. El objetivo de estos resultados es responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los costos de inversión y los costos de producción por kWh?
- ¿Cuánta materia prima oleoquímica es requerida para soportar cada escala de generación de electricidad analizada en la herramienta?
- ¿Cuánta tierra es requerida para suplir las necesidades de materia prima?
- ¿Cuál es el número potencial de plantas de generación de potencia AVC que pueden ser desarrolladas con base en la disponibilidad de la materia prima a nivel nacional?
- ¿Cuántos hogares pueden ganar acceso a la electricidad a través de los sistemas de generación AVC?
- ¿Cuántos trabajos pueden ser creados a través del desarrollo de sistemas de generación de potencia AVC?
- ¿Cuál es la viabilidad financiera de los diferentes sistemas de electrificación AVC en términos de materia prima y capacidad de producción?
- ¿Qué tipo de material prima es más apropiada para promover el desarrollo de sistemas de generación AVC?

Los resultados para el *Componente AVC* se dividen en tres categorías principales: Costos de Producción e Inversión; Operación de la Planta; y Análisis Financiero.

1. El usuario primero selecciona la materia prima (Figura 16, etiqueta 1) que se encuentra desplegando el menú. Los resultados para esa materia prima específica serán generados.
2. Los costos de producción e inversión se presentan como sigue:
 - Costo de producción y distribución de la electricidad (USD por kWh) (Figura 16, etiqueta 2). El usuario puede comparar el costo de producción con el precio de la electricidad (de acuerdo con el método seleccionado en el Paso 3).
 - Distribución de los costos de producción (%) (Figura 16, etiqueta 3).
 - Costo total de inversión (USD) del sistema AVC para cada capacidad de generación de potencia (Figura 16, etiqueta 4).
3. Adicionalmente, el usuario puede de forma alternativa incluir ingresos si utiliza las harinas como subproducto. Esto tendrá un impacto sobre los costos totales de producción. *Esta opción sólo aparece para materia prima de la que se puede obtener subproductos alimenticios* (Figura 16, etiqueta 5).

Guía: Solo las siguientes materias primas pueden producir harinas comestibles que pueden ser comercializadas: Girasol, soja, colza. Las demás materias primas producen tortas de extracción. Estas tienen otras aplicaciones potenciales (Por ejemplo, fertilizantes) que no son considerados en esta herramienta.

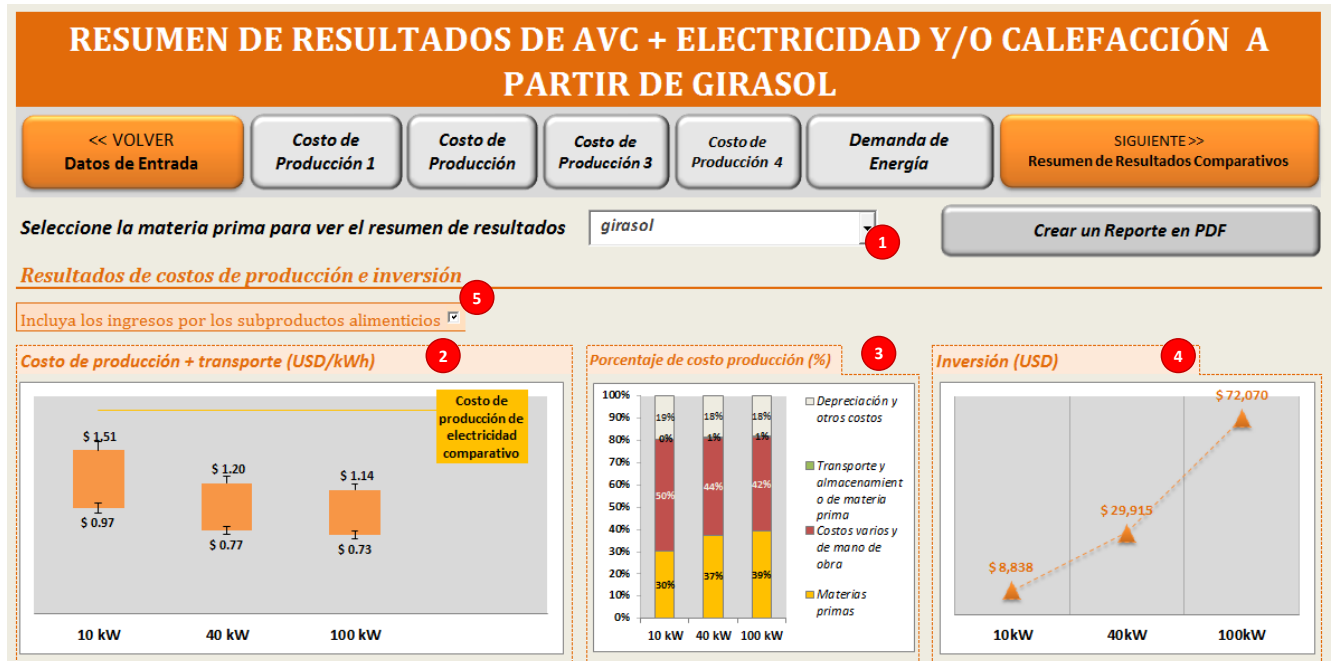


Figura 16: Resultados de los Costos de Producción y de Inversión

En el ejemplo para girasol, los costos de producción incluido el costo de distribución de 10 kW variaba entre 0.97-1.51 USD por kWh. Estos costos unitarios son menores que el precio de la electricidad de 1.87 USD/kWh (Método 1 en el Paso 3 fue seleccionado). Por lo tanto, esta planta es una inversión factible y atractiva. El costo total de inversión para 10kW es 8,838 USD. Para otras capacidades predefinidas referirse a la Figura 16.

4. Los resultados para la operación de sistemas de electrificación AVC, se presentan como sigue:
- Materia prima requerida para operar a cada una de las capacidades de producción (t por año) (Figura 17, etiqueta 1).
 - Requerimiento de área de materia prima para producir la biomasa suficiente para operar el sistema AVC (hectárea) (Figura 17, etiqueta 2).
 - Número de plantas de electrificación AVC con base en la disponibilidad de la materia prima oleoquímica (Figura 17, etiqueta 3).
 - Número de hogares que pueden ser suplidas con los diferentes sistemas de electrificación (Figura 17, etiqueta 4).
 - Número total de trabajos que pueden ser creados a través de la implementación de sistemas de electrificación AVC analizados por la herramienta (Figura 17, etiqueta 5).

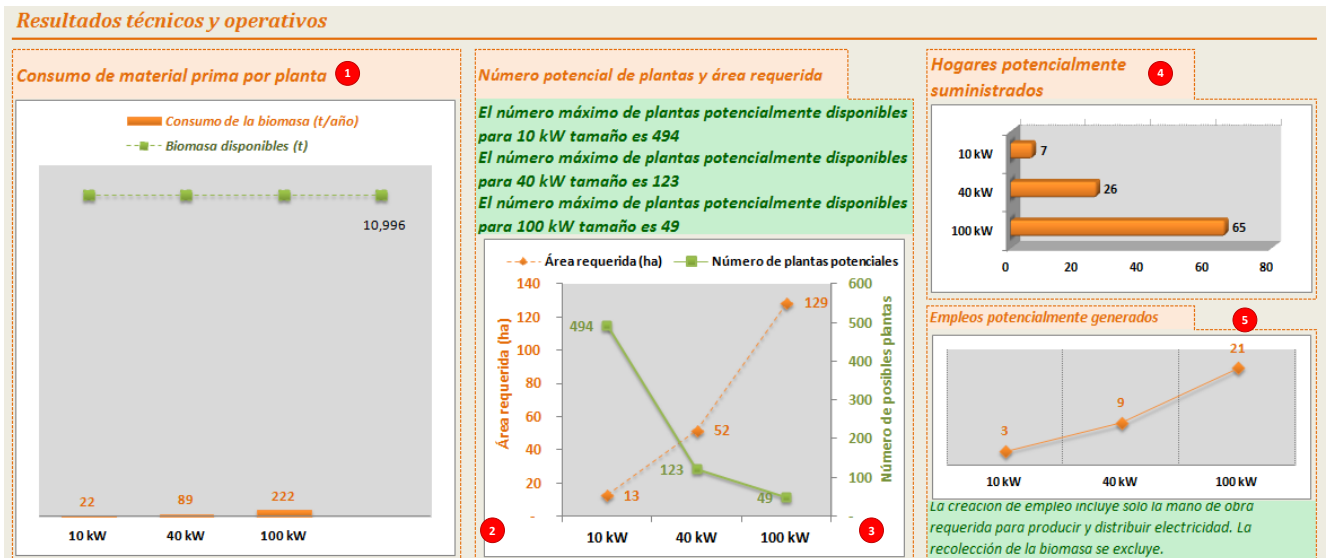


Figura 17: Resultados de Operación

En el ejemplo para girasol, la materia prima disponible es 10,996 t por año el cual es suficiente para suplir la materia prima requerida para las tres capacidades de producción.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de la materia prima, aproximadamente 494 plantas potenciales de 10kW de capacidad, que requiere 13 hectáreas de área de materia prima pueden ser desarrolladas. El desarrollo de una planta de AVC de 10 kW puede suplir energía a 7 hogares. Adicionalmente, la creación potencial de empleo de una planta AVC de 10 kW es de 3 empleados. Por lo tanto, si todas las 494 plantas son desarrolladas, se crearían cerca de 1560 empleos.

Para más resultados acerca de las implicaciones para las otras capacidades predefinidas, referirse a la Figura 17.

- Los resultados del análisis financiero (antes de impuestos) se generan con base en los siguientes indicadores financieros:
 - Valor Presente Neto (VPN) (Figura 18, etiqueta 1)
 - Tasa Interna de Retorno (TIR) (Figura 18, etiqueta 2)

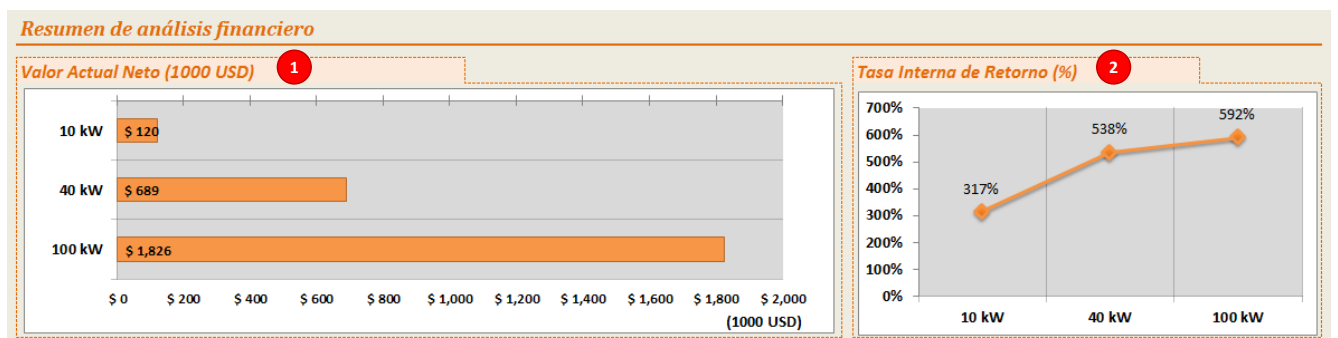


Figura 18: Resultados del Análisis Financiero

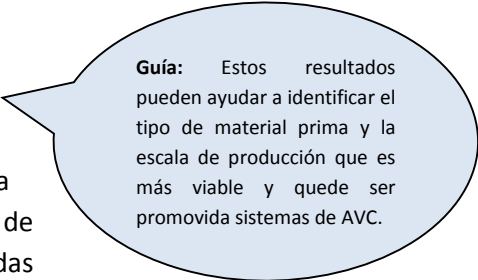
Para este ejemplo, para el girasol, el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) son positivos para todas las capacidades, como lo muestra la Figura 18. Puede concluirse que la electrificación AVC utilizando girasol es factible para la generación de potencia para todas las capacidades de planta (Figura 18).

El usuario puede exportar los resultados en formato PDF utilizando “Crear Reporte en PDF” y siguiendo las instrucciones (Figura 16, etiqueta A).

7.3 Resumen de resultados comparativo

La información presentada en esta sección busca ayudar al usuario en el proceso de toma de decisiones para soportar el desarrollo de biomasa AVC para la generación de potencia en áreas rurales para cuatro tipos de materias primas.

1. El usuario primero selecciona las materias primas, haciendo clic en ella(s), que el usuario quiere revisar. Los resultados para esa materia prima será generada.
2. La comparación de los resultados se presenta así:
 - Comparación de los costos de producción por tipo de materia prima (USD/kWh) (Figura 19, etiqueta 1)
 - Generación neta de electricidad y porcentaje de la capacidad potencial total (Por ejemplo, si la planta opera 24 horas al día) que está siendo utilizada actualmente de acuerdo con cada uno de las materias primas seleccionadas (Figura 19, etiqueta 2)
 - Número de plantas de electrificación AVC potenciales que pueden ser desarrolladas de acuerdo con la materia prima (Figura 19, etiqueta 3)
 - Comparación del VPN-antes de impuestos para cada una de las opciones de materia prima (Figura 19, etiqueta 4)
 - Comparación de la Tasa Interna de Retorno-antes de impuestos para cada opción de materia prima (Figura 19, etiqueta 5)



Guía: Estos resultados pueden ayudar a identificar el tipo de material prima y la escala de producción que es más viable y quede ser promovida sistemas de AVC.

El usuario puede guardar y exportar los resultados en formato PDF utilizando “Crear un Reporte en PDF” y siguiendo las instrucciones (Figura 19, etiqueta A).

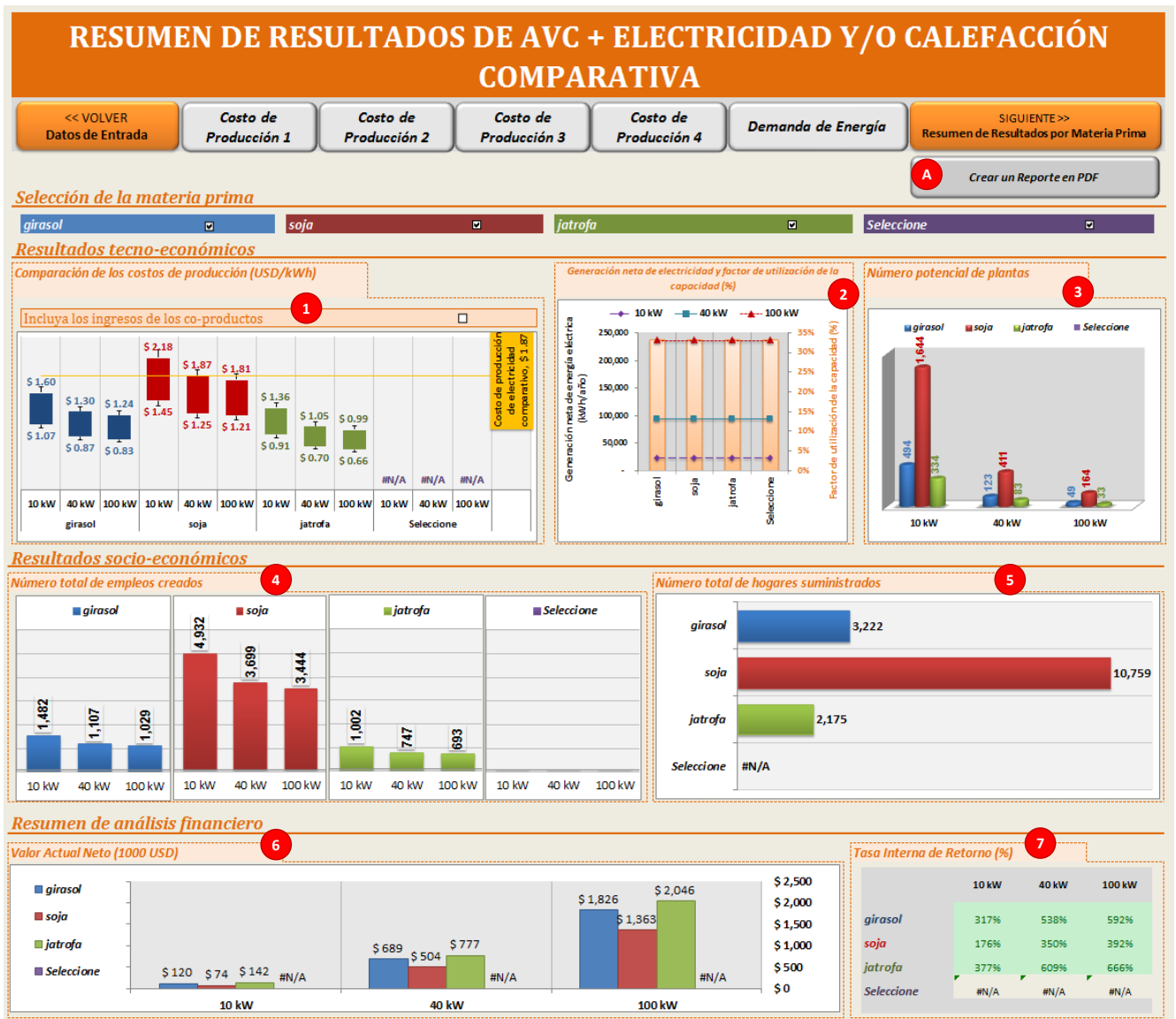


Figura 19: Disposición de los Resultados Comparativos

Para este ejemplo, el costo de producción de electricidad cuando se utiliza soja como materia prima es mayor para todas las capacidades de planta comparada con las otras materias primas. Girasol y jatropa presentan el menor costo de producción. Notablemente, todas las materias primas proporcionan VPN y TIR positivos como se muestra en la Figura 19. De este análisis, el usuario puede concluir que:

1. El girasol, la soja y la jatropa son todas materias primas alternativas factibles para generación de potencia para las tres capacidades de producción.
2. El mayor ingreso puede ser obtenido en el caso en que la jatropa se utilice como materia prima, sin embargo, solo pocas plantas pueden ser desarrolladas.
3. La soja es la materia prima que está más disponible para soportar el desarrollo de un gran número de plantas de electrificación.

8 Anexo

8.1 Metodología y Resultados

Esta sección describe las metodologías integradas en el *Componente AVC*. También incluye una descripción de las ecuaciones que soportan el análisis. Las ecuaciones no son visibles al usuario, pero su estructura y contenido podrían ser importantes para aquellos que las actualizan y/o trabajan en mejorar la herramienta.

8.1.1 Cálculo de costo de los insumos requeridos

Los insumos requeridos consisten en el costo de la materia prima (biomasa), y el costo del diésel para el arranque. Las ecuaciones utilizadas para llevar a cabo los cálculos de los costos para estos ítems se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Ecuaciones de Costos de Insumos

Ítem	Ecuación y Supuesto	Observación
Cantidad de materia prima	$QF = PG / [PC \times \text{eficiencia del motor} \times OE \times OC \times (1 - \text{Pérdida de potencia debido a la operación})]$ <p>Dónde: QF es la cantidad de materia prima (t por año) PG es la generación de potencia (kWh por año) OE es la eficiencia de la extracción de aceite (%) OC es el contenido de aceite (%) PC es la conversión de potencia máxima (kWh por kg de materia prima)</p>	PC varía de acuerdo al tipo de materia prima Se asume una pérdida de potencia debido a la operación de 15%. La eficiencia de extracción de aceite y el contenido de aceite dependen de la materia prima
Consumo de diésel para el arranque	$C = 50\% \times PC \times OP / (10.7 \times \text{eficiencia del motor})$ <p>Dónde: PC es la capacidad de generación de potencia (kW) OP es Horas de operación para el periodo de arranque (horas por año) DS es el consume específico de diésel (kWh por litro)</p>	PC son capacidad de 10kW, 40kW y 100kW Valor por defecto de OP es 365 horas por año (1 hora por día) Valor por defecto para DS se asume igual a 3.33. 10.7 es el valor calorífico del diésel en kWh/l
Costo Total de Insumos	$TIC = (QF \times Cf) + (DC \times Cd)$ <p>Dónde: TIC es el costo total de Insumos (USD por año) QF es la cantidad de materia prima (t por año) DC es el consume de diésel (litros por año) Cf es el costo de la materia prima (USD por t) Cd el Costo unitario de diésel(USD por litro)</p>	
Generación de potencia (PG) (kWh por año)	Capacidad de potencia (kW) x Horas de operación por año <p>Donde, Horas de operación por año= Horas de operación por día x 365 días por año</p>	Horas de operación por año ingresado por el usuario.

Para calcular el consumo de biomasa como materia prima

La cantidad de materia prima se calcula con base en la generación de potencia en kWh por año y en la conversión de potencia de biomasa a electricidad a través de un sistema AVC.

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia del motor (\%)} &= \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de entrada}} \\ &= \frac{\text{Capacidad de potencia (kW)} \times \text{Horas de operación } \left(\frac{\text{h}}{\text{año}}\right)}{\text{Conversión de potencia máxima } \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kg biomasa}}\right) \times \text{Consumo de biomasa } \left(\frac{\text{kg}}{\text{año}}\right)} \end{aligned}$$

Dónde:

$$\text{Conversión de potencia máxima} = \text{Valor Calorífico AVC} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg AVC}}\right) \times \frac{1\text{kWh}}{3.6 \text{ MJ}}$$

Por lo tanto, el consumo de biomasa (kg/año) es calculado por

$$\begin{aligned} &= \\ &\frac{\text{Capacidad de potencia (kW)} \times \text{Horas de operación } \left(\frac{\text{h}}{\text{año}}\right)}{\text{Conversión de potencia máxima } \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kg AVC}}\right) \times \text{eficiencia del motor (\%)} \times \text{eficiencia de extracción de aceite (\%)} \times \text{contenido de aceite (\%)}} \end{aligned}$$

Sin embargo, la generación de potencia real toma en cuenta la pérdida de potencia. Estas pérdidas debidas a operación inapropiada del sistema motor-AVC. Esto incluye la falta de control y monitoreo de las unidades de medición de presión de gas, fugas de gas, o temperaturas, etc. Por lo tanto, estas causas conducen a una salida de potencia menor que la capacidad instalada. Estas pérdidas se asumen igual al 5%.

Por lo tanto, el consume de potencia (kg/año) se calcula por

$$\begin{aligned} &= \\ &\frac{\text{Capacidad de potencia (kW)} \times \text{Horas de potencia } \left(\frac{\text{h}}{\text{año}}\right)}{\text{Conversión de potencia máxima } \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kg AVC}}\right) \times \text{eficiencia del motor (\%)} \times \text{eficiencia de extracción de aceite (\%)} \times \text{contenido de aceite (\%)} \times (1 - \text{Pérdidas debido a operación (\%)})} \end{aligned}$$

8.1.2 Cálculo del costo de la mano de obra requerida

Este paso presenta las ecuaciones y suposiciones para calcular los costos de mano de obra y costos varios con base en la capacidad de generación de potencia como lo muestra la Tabla 3.

Tabla 3: Ecuaciones de Costo de Mano de Obra y Costos Varios

Ítem	Ecuación y Supuesto	Observación
Número de empleados no calificados	Para capacidad de 10kW 1 persona Para capacidad de 40kW 3 personas Para capacidad de 100kW 6 personas	(Nouni et al., 2007) (Dasappa, Subbukrishna, Suresh, Paul, & Prabhu, 2011)
Número de empleados calificados	Para capacidad de 10kW 1 persona Para capacidad de 40kW 1 persona Para capacidad de 100kW 2 personas	(Dasappa et al., 2011)
Costo total de mano de obra no calificada (USD por año)	Costo unitario de mano de obra no calificada x número de empleados no calificados x horas de operación por año	Costo unitario de mano de obra no calificada (USD/persona/hora) Ingresada por el usuario en “Datos de entrada requeridos” Horas de operación por año igual que en la Tabla 2.
Costo de mano de obra calificada (USD por año)	Costo unitario de mano de obra calificada x número de empleados calificados x horas de operación por año	Costo unitario de mano de obra calificada (USD/persona/hora) Ingresada por el usuario en “Datos de entrada requeridos” Horas de operación por año igual que en la Tabla 2.
Costos varios (USD por año)	Porcentaje de costos varios (%) x (Costo total de mano de obra no calificada + Costo total de mano de obra calificada)	Porcentaje de costos varios ingresado por el usuario. Valor por defecto 10%
Costo de mano de obra total (USD por año)	Costo total de mano de obra no calificada + Costo total de mano de obra calificada + Costos varios	

Note que los costos varios consisten en beneficio de la mano de obra, seguro de salud y vida, suministros de operación y/o cargos de laboratorio (si existen).

8.1.3 Cálculo de costo del transporte requerido

Este paso presenta las ecuaciones de cálculo de los costos de transporte como lo presenta la Tabla 4.

Tabla 4: Ecuaciones de Costo de Transporte de la Materia Prima

Ítem	Ecuación y Supuesto	Observación
Transporte de materia prima (campo a planta) (USD por año)	Costo unitario de transporte x Distancia de transporte x QF Donde: QF es la cantidad de materia prima (T por año)	Costo unitario de transporte (USD/t/día/km) y Distancia de transporte (km) ingresados por el usuario QF se calcula en la Tabla 2.

8.1.4 Cálculo de costo de almacenamiento

En la Tabla 5 se presentan las ecuaciones de cálculo para estimar los costos de almacenamiento.

Tabla 5: Ecuaciones de Costo de Almacenamiento

Ítem	Ecuación y Supuesto	Observación
Capacidad de almacenamiento (T/año)	La capacidad de almacenamiento instalada en la hoja “Calculadora de almacenamiento” presionando en “Calculadora almacenamiento”	
Costo de almacenamiento (USD por año)	Costo de almacenamiento unitario x Capacidad de almacenamiento	Costo de almacenamiento unitario (USD/t/día) ingresado por el usuario con la guía proporcionada en el manual.

8.1.5 Cálculo de costo fijo

El costo fijo consiste en el costo asociado a equipos, construcción, instalación y red de distribución. La Tabla 6 presenta las ecuaciones y suposiciones aplicadas para calcular los costos fijos y los costos de depreciación.

Tabla 6: Ecuaciones de Costos Fijos

Ítem	Ecuación y Supuesto	Observación
Costo de equipos (EC) (USD)	La base de datos de los costos detallados proporciona y ajusta considerando el reemplazo de los equipos que tienen un tiempo de vida menor que el tiempo de vida del proyecto. Los costos consisten en el pretratamiento de la biomasa, el sistema AVC, el sistema de limpieza del gas y el sistema de motores. EC en el periodo actual = EC (año base) x [Índice de costo de la planta (periodo actual) / Índice de costo de la planta (Año base)]	(The World Bank 2009) (Bouffaron, Castagno et al. 2012) (Wiskerke, Dornburg et al. 2010) (SCENARIO GLOBAL ENERGY 1999; Rordorf 2011) Índices de costo de la planta (periodo actual) ingresado por el usuario.
Costos de construcción (BC) (USD)	La base de datos proporcionada incluye: Construcción del sistema AVC, motor de diésel modificado, piscina de agua y trabajo civil. BC en el periodo actual = BC (año base) x [Índice de costo de la planta (periodo actual) / Índice de costo de la planta (Año base)]	Índices de costo de la planta (periodo actual) ingresado por el usuario.
Costos de instalación (IC) (USD)	La base de datos proporcionada incluye: Estudio de factibilidad, desarrollo e ingeniería, instalación, montaje, puesta en marcha, entrenamiento, compra, servicios, seguros, desmonte, etc. IC en el periodo actual = IC (año base) x [Índice de costo de la planta (periodo actual) / Índice de costo de la planta (Año base)]	(The World Bank 2009) (Bouffaron, Castagno et al. 2012) (Wiskerke, Dornburg et al. 2010) (SCENARIO GLOBAL ENERGY 1999; Rordorf 2011) Índices de costo de la planta (periodo actual) ingresado por el usuario.
Costo de la red de distribución (USD)	$(27.1 \times \text{Capacidad de potencia (kW)}) + (7.5 \times 10 \times \text{Número de hogares con acceso a electricidad})$ Dónde: Conexión y toma de tierra: 27.1 USD/kW. Cable de electricidad primaria: 7.5 USD/m Longitud promedio del cable de electricidad: 10 m/hogar	(Bouffaron, Castagno, & Herold, 2012)(Wiskerke, Dornburg, Rubanza, Malimbwi, & Faaij, 2010)
Inversión total (USD)	Costo de equipos + Costo de construcción + Costo de instalación + Costo de la red de distribución	
Depreciación de equipos (USD por año)	Costo de equipos dividido por el tiempo de vida del proyecto	Método de la línea recta para el cálculo de la depreciación
Depreciación de construcción (USD por año)	Costo de construcción dividido por el tiempo de vida del proyecto	Método de la línea recta para el cálculo de la depreciación
Depreciación de instalación (USD por año)	Costo de instalación dividido por el tiempo de vida del proyecto	Método de la línea recta para el cálculo de la depreciación
Depreciación de la red de distribución (USD por año)	Costo de la red de distribución dividido por el tiempo de vida del proyecto	Método de la línea recta para el cálculo de la depreciación
Depreciación total (USD por año)	Depreciación de equipos + Depreciación de construcción + Depreciación de instalación + Depreciación de la red de distribución	Método de la línea recta para el cálculo de la depreciación

Costo de mantenimiento (USD por año)	Porcentaje de costo de mantenimiento (%) x Depreciación total	Porcentaje de costo de mantenimiento ingresado por el usuario. Valor por defecto 10%.
Costos fijos totales (USD por año)	Depreciación total + Costo de mantenimiento	

Nota: El índice de costo de la planta se utiliza para actualizar los costos de equipo, construcción e instalación al periodo actual. Por favor visite esta página web para mayor información:

http://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_plant_cost_indexes

La suposición en esta herramienta es que el índice de costo de la planta puede ser aplicado a cualquier tamaño de la misma. Se ha probado una aproximación aceptable al actualizar los costos de inversión.

8.1.6 Cálculo de otros costos

Los gastos generales de la planta se definen como los cargos a la producción por servicios, comodidades, nómina de planta. Los costos generales y administrativos comprenden rentas, seguros, y salarios de directivos, administrativos y ejecutivos. La Tabla 7 muestra las ecuaciones para calcular el costo asociado con los gastos generales de la planta, costos generales y administrativos, pago promedio de intereses pro préstamos e impuestos corporativos.

Tabla 7: Ecuaciones de Otros Costos

Ítem	Ecuación y Supuesto	Observación
Gastos generales de la planta (USD por año)	Porcentaje de gastos generales de planta (%) x (Costo total de mano de obra + Costo de mantenimiento)	Porcentaje de gastos generales dado por el usuario. Valor por defecto 30%.
Costos administrativos y generales (USD por año)	Porcentaje de costos generales & administrativos (%) x (Costo total de insumos + costo total de mano de obra + Gastos generales de planta)	Porcentaje de costo generales & administrativos ingresado por el usuario. Valor por defecto 5%.
Pago promedio de los intereses de préstamo (USD por año)	<p>Cantidad de préstamo = Relación de préstamo (%) x Costo de inversión total</p> <p>Pago de préstamo (USD/mes) = $PMT([Tasa\ de\ interés\ de\ préstamo/12],[12 \times Plazo\ de\ préstamo], Cantidad\ prestada)$</p> <p>Pago anual de préstamo = Pago de préstamo (USD/mes) x 12 meses</p> <p>Pago total del préstamo = Pago anual de préstamo x Plazo del préstamo</p> <p>Pago de intereses de préstamo = Pago total de préstamo - Cantidad prestada</p> <p>Pago promedio de los intereses de préstamo = Pago de intereses de préstamo dividido por el tiempo de vida del proyecto</p>	PMT es la función financiera en Microsoft Excel para calcular el pago por préstamo con base en pagos constantes y en tasas de interés constantes.

8.1.7 Cálculo del costo de producción total y unitaria de la electricidad

La Tabla 8 presenta las ecuaciones de cálculo de los costos de operación total, los costos fijos totales y otros costos totales. Los resultados finales de estos costos se utilizan para calcular el costo total de producción de la electricidad y el costo unitario de producción por kWh.

Tabla 8: Ecuaciones del Costo Total de Producción

Ítem	Ecuación y Supuesto	Observación
Costos totales de operación (USD por año)	Costo anual de insumos + costo anual de mano de obra + costo anual de transporte + costo anual de almacenamiento	
Costos fijos totales (USD por año)	Costo fijo de depreciación + costo anual de mantenimiento	
Otros costos totales (USD por año)	Gastos generales de planta anuales + Costos generales & administrativos + Pago anual de préstamo + impuesto sobre la renta anual	
Costos totales de producción (USD por año)	Costos totales de operación + Costos fijos totales + Otros costos totales	
Costo de producción por kWh	Costo total de producción dividido por la generación de potencia	La ecuación de generación de potencia (kWh por año) se presenta en la Tabla 3.

8.1.8 Cálculo de los ingresos del proyecto

La Tabla 9 presenta las ecuaciones para calcular los ingresos potenciales del sistema AVC.

Tabla 9: Ecuaciones de Ingreso Potencial

Ítem	Ecuación y Supuesto	Observación
Ingreso potencial (USD por año)	[Generación de potencia – Electricidad para uso propio – Pérdida de potencia en la red de distribución]x Precio de la electricidad Donde, Pérdida de potencia en la red de distribución (%) x Generación de potencia	Generación de potencia igual que en la Tabla 3. Electricidad para uso propio (kWh por año) Se asume igual al 10% de la generación de potencia. Pérdida de potencia en la red de distribución ingresada por el usuario en el Paso 4.
Precio de la electricidad (USD/kWh)	Opciones seleccionadas por el usuario: Método 1 o Método 2 para definir el precio de la electricidad pagado por el usuario	Datos ingresados por el usuario en "Datos de Entrada Requeridos".

8.2 Datos requeridos para ejecutar la herramienta

La Tabla 10 incluye los datos requeridos para ejecutar el *Componente AVC*.

Tabla 10: Datos Requeridos para Ejecutar la Herramienta

Datos	Definición y Fuente
Materias primas oleoquímicas	El usuario selecciona la materia prima oleoquímica para el análisis detallado
Precio de la materia prima	Si el precio de la materia prima no está disponible el usuario necesitará información sobre salarios por hora para empleados calificados y no calificados (USD por empleado por hora) y el consume de combustible de la maquinaria utilizada normalmente en operaciones agrícolas o forestales para calcular un aproximado de éste valor.
Precio del Diésel	El usuario ingresa el precio actual del diésel (USD/litro)
Costo de almacenamiento de la materia prima (USD por t).	El usuario identifica el costo de almacenamiento de la materia prima. El usuario puede ingresar precios actuales de almacenamiento de la de productos agrícolas en el país. Si esta información no está disponible en el país, el usuario puede estimar esto con base en la selección del tipo de almacenamiento disponible en el país que proporciona la herramienta. Además, el tamaño del sitio de almacenamiento o contenedor es estimado utilizando la calculadora de almacenamiento de biomasa.
Tasa de stock de materia prima (%)	El usuario define este valor en la calculadora de almacenamiento de biomasa. Este valor define el porcentaje de biomasa que debe reservarse para operar la planta durante periodos de escasez.
El usuario selecciona la opción para identificar el precio de la electricidad pagado por el cliente (USD/kWh).	El precio de la electricidad puede ser el precio para la red nacional que es generada por otras fuentes de energía, por ejemplo, generador de diésel, energía solar, energía hidráulica, gas natural, etc. Para estimar el precio de la electricidad utilizando el generador de diésel, el usuario ingresa la capacidad del generador de diésel (kW), las horas de operación por día, días de operación por año, costo de transporte y distancia de transporte del diésel incluyendo los costos de mano de obra y de mantenimiento en la “Calculadora de precio de electricidad”.
Costo de mano de obra	Trabajadores calificados y no calificados en unidades de USD por empleado por hora.
Horas dedicadas a la recolección de la materia prima	Horas dedicadas a la recolección de la materia prima por método manual o mecanizado.
El costo de transporte de la materia prima (campo/punto de recolección a planta) en unidades de USD por t por km.	El costo de transporte de la materia prima desde el punto de recolección (o campo) a la planta AVC, el usuario ingresa el costo de transporte en unidades de USD por t por km. Si el transporte se realiza a pie o en bicicleta, el usuario puede incluir este costo en la recolección de la materia prima. De forma alternativa, el usuario puede estimar el costo utilizando los costos de mano de obra por hora, tiempo trabajado, cantidad de material

	que puede ser transportada y los kilómetros aproximados que pueden recorrer con el método seleccionado.
Distancia de transporte de la materia prima a la planta AVC en kilómetros por la capacidad de generación de potencia	La distancia de transporte se determina con base en la disponibilidad de la biomasa en un área particular en relación con la cantidad requerida para operar cada capacidad de generación de potencia.
Horas de operación por día para el sistema AVC.	El usuario proporciona un número estimado de horas por día que se espera que el sistema opere. La mayoría de la literatura indica que el sistema AVC opera solo por pocas horas durante el día, por ejemplo en casos donde el sistema AVC supe electricidad a hogares estos operan 4 horas normalmente en la noche. El usuario puede determinar este valor con base en demandas energéticas potenciales.
Pérdida de potencia en la red de distribución (%).	Esta información puede ser la pérdida actual en la red nacional. De forma alterna, se proporciona un link a la base de datos del Banco Mundial que compila pérdidas de distribución nacionales. Por favor visite: http://data.worldbank.org/indicador/EG.ELC.LOSS.ZS
Pérdida de potencia debido a la operación (%).	El usuario estima las pérdidas debidas a la operación. Estas pérdidas se deben a una operación inapropiada del sistema motor-AVC. Este incluye falta de control y monitoreo de las unidades de medición de la presión de gas, composición de gas, fugas de aire o temperaturas, etc.
Eficiencia del motor de diésel modificado (%)	Este parámetro es proporcionado por el fabricante del motor de diésel modificado.
Parámetros de costos	El porcentaje de los costos generales de planta, los costos generales y administrativos, los costos de mantenimiento y los costos varios.
Parámetros financieros	Tasa de inflación (%) Tasa de descuento (%) Porción de préstamos (%) Tasa de interés de préstamos (%) Plazo del préstamo (años), Índice de costo de planta http://base.intratec.us/home/ic-index
Demanda de electricidad por hogar.	El usuario ingresa datos en el Módulo Situación Actual del país. El consumo de electricidad estará basado en el tipo de electrodomésticos utilizados normalmente en hogares rurales, la cantidad de estos electrodomésticos por hogar rural y las horas de operación promedio de los electrodomésticos. Note que este valor será utilizado como una aproximación para identificar el número de hogares potenciales que pueden ser electrificadas. Un análisis más detallado y localizado de acuerdo con los perfiles de demanda de energía y marco tiempo será requerido para realizar una planeación e implementación adecuadas de un sistema AVC.

9 Referencias

Agriculture and Rural Development of Alberta. (2014). "Bushel / Tonne Converter." from <http://www.agriculture.alberta.ca/app19/calc/crop/bushel2tonne.jsp>.

Bart, J. C. J., N. Palmeri, et al. (2010). Biodiesel science and technology: From soil to oil, CRC Press Taylor & Francis Group.

Bouffaron, P., F. Castagno, et al. (2012). "Straight vegetable oil from *Jatropha curcas* L. for rural electrification in Mali—A techno-economic assessment." Biomass and Bioenergy **37**: 298-308.

Mailer, R. J. (2004). OILSEEDS | Overview. Encyclopedia of Grain Science. C. Wrigley. Oxford, Elsevier: 380-385.

Rordorf, J. (2011). Opportunities for a sustainable rural energy supply through renewable energies in developing countries. Master-Programme Sustainability and Quality Management. Berlin, Germany, Berlin School of Economics and Law - Institute of Management Berlin. **MSc**: 156.

SCENARIO GLOBAL ENERGY (1999). "PART II BIO-ENERGY OPTIONS AND RURAL INDIA." INDIA INFRASTRUCTURE REPORT 2007 **1979**: 165.

State of Michigan. (2003). "Grain Bins and Tanks." from http://www.michigan.gov/documents/Vol1-27GrainBinsandTanks_120836_7.pdf.

The World Bank (2009). Pacific Islands Coconut Oil Power Generation: A how-to guide for small stationary engines, Asia Sustainable and Alternative Energy Program: 47.

Wiskerke, W., V. Dornburg, et al. (2010). "Cost/benefit analysis of biomass energy supply options for rural smallholders in the semi-arid eastern part of Shinyanga Region in Tanzania." Renewable and Sustainable Energy Reviews **14**(1): 148-165.