



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

DISEÑO DE TRAPICHE PANELERO CON SOSTENIBILIDAD ELÉCTRICA A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR

Henry William Peñuela Meneses, María Elena Leyes Sánchez

**Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia**

Resumen

La producción panelera en Colombia está repartida en diferentes regiones, aunque Risaralda no está dentro de los departamentos de mayor producción, si genera un impacto social en la economía regional ya que beneficia a una gran cantidad de familias con áreas de cultivo pequeñas.

Las técnicas para la obtención de panela se evidencian cada vez más versátiles y tendientes a un mejoramiento continuo, procurando por la sostenibilidad en los procesos, siempre en búsqueda de la eficiencia energética en la producción, tratando de minimizar dificultades en la dinámica productiva y de mercado, considerando aspectos decisivos como el establecimiento de consumo energético, determinación del daño ambiental y eficiencia en los procesos.

Desde la entrada en vigor de la ley 1715 de 2014, en la cual se promueve el desarrollo y la utilización de las energías renovables, estimulando la inversión, la investigación y el desarrollo tecnológico, ocupa el quehacer de la línea de investigación en energías renovables, del grupo MECABOT, del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Pereira, la búsqueda de un mecanismo de modernización para la industria panelera, la cual ocupa el tercer nivel nacional en actividades agropecuarias.

Haciendo uso de mejoras tecnológicas y energías limpias, se puede contribuir a mejorar las condiciones de vida de los productores y del medio ambiente, permitiendo adaptar los procesos productivos del campo a los nuevos conceptos de sostenibilidad.

A continuación, se presenta el diseño del sistema de suministro eléctrico fotovoltaico: Una instalación fotovoltaica del tipo aislada, o tipo "Off Grid", conformada por paneles solares, acumuladores o banco de baterías, controlador o regulador de carga e inversor DC/AC. Los

componentes del sistema fotovoltaico están agrupados en los siguientes subsistemas: Subsistema de generación, subsistema de almacenamiento y subsistema de control. Este modelo supone la existencia de trapiches paneleros cada vez más eficientes, que apunten a la sostenibilidad energética, beneficiando los campesinos con procesos de producción tradicionales.

Palabras clave: eficiencia eléctrica; trapiche panelero; mecatrónica

Abstract

Panela production in Colombia is distributed in different regions, although Risaralda is not located within the departments with the highest production, but it does have a social impact on the regional economy, since it benefits a large number of families with small cultivation areas.

The techniques to obtain panela are becoming increasingly versatile and tend to continuous improvement, seeking sustainability in the processes, always seeking energy efficiency in production, trying to minimize difficulties in production and market dynamics, considering decisive aspects such as the establishment of energy consumption, determination of environmental damage and efficiency in processes.

Since the entry into force of Law 1715 of 2014, which promotes the development and use of renewable energy, stimulating investment, research and technological development, he has occupied the work of the line of research in renewable energy, of the MECABOT group, of the Mechatronic Engineering Program of the Technological University of Pereira, the search for a modernization mechanism for the panela industry, which occupies the third national level in agricultural activities in the country.

By making use of technological improvements and clean energy, it is possible to contribute to improving the living conditions of producers and the environment, allowing the production processes of the field to adapt to the new concepts of sustainability.

Next, the design of the photovoltaic electrical supply system is presented: an isolated type photovoltaic installation, or "Off Grid" type, consisting of solar panels, accumulators or battery bank, controller or charge regulator and DC / AC inverter. The components of the photovoltaic system are grouped into the following subsystems: generation subsystem, storage subsystem and control subsystem. This model assumes the existence of increasingly efficient sugar mills, aimed at energy sustainability, which benefit farmers with traditional production processes.

Keywords: electrical efficiency; sugar mill; mechatronics

1. Introducción

Para la formación en ingeniería, se requiere un compromiso irrestricto con el desarrollo y la sostenibilidad, especialmente la incorporación de tópicos que redunden en la implementación de mecanismos que resuelvan las necesidades sin comprometer los futuros escenarios.

Los enormes costos en la producción y fabricación, recolección de materia prima, consecución de insumos para cultivos de la caña de azúcar, mano de obra y consumo energético, generan una inquietud permanente por introducir progresos en las técnicas de producción que hasta el momento se realizan de forma artesanal, facilitando la innovación tecnológica. Pensando en el pequeño productor, se involucran actividades como la molienda, ésta se hace en horario nocturno como parte del proceso, por lo tanto, se necesita constante suministro de energía eléctrica a altas horas de la madrugada.

Adicionalmente, los trapiches paneleros normalmente están ubicados en las zonas rurales, donde el suministro eléctrico es muy susceptible a fallas por cambios climáticos y con muy poca asistencia técnica, por lo tanto, presentan fallas continuas en este servicio y el restablecimiento de este no es inmediato, perjudicando la producción en el trapiche.

A continuación, se presenta el modelo del sistema de suministro eléctrico fotovoltaico, integrando un tipo "Off Grid", conformada por paneles solares, acumuladores, regulador de carga e inversor DC/AC.

Desde el grupo de investigación MECABOT, se desea dar solución a los posibles retos que fundamenten aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento mecatrónico, realizando inclusión social de la academia al entorno regional.

2. Diseño mecatrónico de trapiche panelero con sostenibilidad energética alternativa

Atendiendo a la funcionalidad de los sistemas fotovoltaicos, en donde se debe garantizar la seguridad y el funcionamiento del sistema, tomando radiación solar y convertirlos en energía eléctrica, se presenta un sistema en donde el objetivo es tener un consumo energético nocturno, en un módulo panelero donde gran parte de las actividades de procesamiento de la caña es al final del día, debe ser versátil, con un sistema de almacenamiento energético o de acumulación, en los sistemas fotovoltaicos la energía producida durante el día se almacena en baterías.

Para este tipo de necesidades es preciso utilizar un sistema fotovoltaico clasificado como "sin acceso a la red eléctrica" o "sistema independiente". Este tipo de aplicación es ideal para poblaciones donde es difícil obtener un suministro de energía eléctrica pública y de calidad.

La electricidad generada se destina al autoconsumo. En este caso, la instalación de baterías al sistema para la acumulación de energía y realizar su consumo durante la noche.

Los componentes del sistema fotovoltaico están agrupados en tres 3 subsistemas:

- Subsistema de Generación, éste es responsable de la transformación de energía solar en energía eléctrica. Está conformado por el generador fotovoltaico o panel solar.
- Subsistema de almacenamiento, éste es responsable del almacenamiento de la energía eléctrica producida por el panel solar durante el día. Está conformado por la batería de acumulación.
- Subsistema de control, éste es responsable de tener el control de todo el sistema fotovoltaico y monitorear su buen funcionamiento. Normalmente está conformado por el controlador o regulador de carga, el interruptor termomagnético, el inversor y el consumo con su respectiva protección.
-

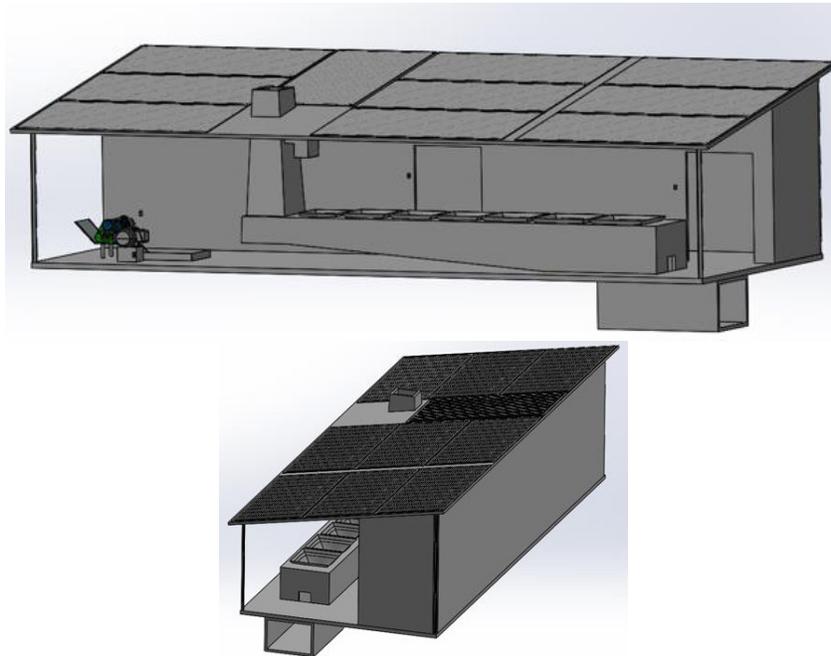


Figura 1. Modelo Diseño Mecatrónico de trapiche panelero con sostenibilidad energética.

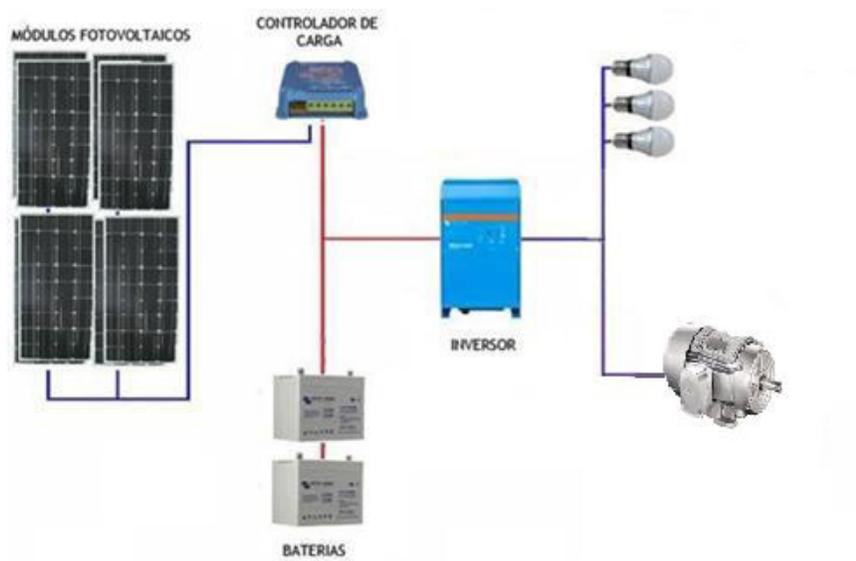


Figura 2. Modelo Esquema básico sistema fotovoltaico con iluminación DC

3. Construcción del prototipo y resultados

A continuación, se presentan los diferentes tópicos para la construcción del modelo:

- Subsistema de generación:

Estimación de consumo

Para hacer los cálculos de dimensionamiento de los equipos del sistema solar fotovoltaico, es necesario conocer el comportamiento de la carga eléctrica que se va a alimentar. En un trapiche panelero tradicional, el proceso de molienda y utilización del molino extractor de caña se hace en la noche, dichas actividades requieren de luz eléctrica para la iluminación y funcionamiento del motor que interviene en el proceso producción.

Se construye entonces, los valores establecidos mediante la estimación del dimensionamiento promedio de los elementos de un trapiche panelero tradicional con sus respectivos dispositivos eléctricos.

Con la información anterior, se obtiene el consumo medio diario de la instalación, se le ha aplicado un 20% como margen de seguridad. Así mismo, para la instalación de los sistemas fotovoltaicos, normalmente hay pérdidas por rendimiento de la batería y del inversor, estos aspectos influyen en la cantidad de energía necesaria final.

Generalmente, para calcular un buen dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, se referencia los rangos de rendimiento de la batería de 95%, los rangos de eficiencia del inversor con 90% y de los conductores un 100%.

Cálculos de paneles solares

Una vez calculado el consumo, se procede a hallar los datos de radiación solar global en Colombia, para esto existen muchas herramientas virtuales, que suministran los datos. Dicha información es valorada a partir de las coordenadas, y el ángulo de radiación establecido, calculando la radiación solar durante todo un año, teniendo en cuenta la repetición con cada variación de ángulo recomendadas para la instalación de paneles solares. Para los cálculos con los diversos ángulos recomendados (30°, 40°, 50°, 60°), se obtiene el insumo con las radiaciones (Wh/m²/día) distribuidos durante los meses del año, analizando la inclinación óptima para la instalación de los paneles.

$$C_c = \frac{L_{ma}}{R_m}$$

C_c: Cocientes de consumo.

L_{ma}: Consumo Total medio anual.

R_m: Valores de radiación de cada mes con su respectivo ángulo.

Para calcular el número total de paneles solares necesarios, se tiene:

$$N_T = \frac{L_{md}}{P_{MPP} \cdot HPS_{crit} \cdot PR}$$

L_{md} : Consumo medio de energía diario.

P_{MPP} : Potencia pico del módulo en condiciones estándar de medidas STC.

HPS_{crit} : Irradiación del mes crítico.

PR: Factor global de funcionamiento.

En conclusión, en los cálculos del diseño se establece entonces el número total de paneles como 14. Como no está estipulado la instalación de un regulador con seguimiento de punto de máxima potencia, se debe contemplar otro criterio en el diseño y éste es el de Ampere-Hora, pues es entonces la batería la que establece la tensión del sistema (48 V) y rara vez alcanza el punto de máxima potencia de los módulos fotovoltaicos que se emplean, es decir, la instalación fotovoltaica debe disponer de una inclinación de 60°.

- Subsistema de almacenamiento

Cálculo de baterías o acumuladores

Para el cálculo de acumuladores se necesitan dos parámetros importantes para el dimensionado de la batería: la máxima profundidad de descarga (estacional y diaria) y el número de días de autonomía.

Como norma general, la batería AGM Sellada 360AH/48V (C100) tiene los siguientes parámetros de funcionamiento:

Profundidad de Descarga Máxima Estacional ($P_{Dmax,e}$) = 70% = 0,7

Profundidad de Descarga Máxima Diaria ($P_{Dmax,d}$) = 15% = 0,15

Número de días de Autonomía (N) = 6

Al conocer la capacidad nominal necesaria que debe tener una batería solar en función de la profundidad de descarga estacional y diaria, será elegida la mayor, pues de lo contrario se puede incurrir en una insuficiencia estacional o diaria.

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria (C_{nd}):

$$C_{nd}(Wh) = \frac{L_{md}}{P_{Dmax,d} \cdot F_{CT}}$$

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional (C_{ne}):

$$C_{ne}(Wh) = \frac{L_{md} \cdot N}{P_{Dmax,e} \cdot F_{CT}}$$

Así pues, la capacidad nominal las baterías se establece en un rango mínimo de C100=250Ah, por lo tanto, batería seleccionada AGM Sellada 360AH/48V (C100), es ideal para el sistema.

- Subsistema de control

Cálculo controlador o regulador de carga.

Para este procedimiento se debe conocer la máxima corriente de tolerancia del regulador, al calcularse la corriente de entrada al regulador, se relaciona con el producto de corriente de cortocircuito de un módulo, en este caso, la del Panel solar 320WP Marca Gela de $I_{sc} = 5,30$ A, y se multiplica por el número de las ramas (la corriente de cada rama en paralelo será aproximadamente la misma) en paralelo, así:

$$I_{entrada} (A) = 1.25 \cdot I_{MOD,SC} \cdot N_T$$

Donde $I_{MOD,SC}$ es la corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito. La corriente de cortocircuito para el cálculo de la corriente de entrada al regulador es la máxima corriente que podría ser generada por el módulo fotovoltaico y referenciada para evitar pérdidas de rendimiento.

Para el cálculo de la corriente de salida se debe de valorar las potencias de las cargas DC y las cargas AC:

$$I_{salida} (A) = \frac{1.25 \cdot (P_{dc} + \frac{P_{ac}}{\eta_{inv}})}{V_{BAT}}$$

Donde:

P_{dc} : Potencia de las cargas en continua.

P_{ac} : Potencia de las cargas en alterna.

η_{inv} : Rendimiento del inversor, en torno a 90-95%.

Así pues, el regulador de carga debe soportar una corriente, como mínimo de 92 A a su entrada y 13 A en la salida.

- Cálculo de convertidores o inversores de voltaje

Para el cálculo del inversor de voltaje del sistema fotovoltaico de categoría solar aislada, se debe suponer la suma de las potencias de las cargas de alterna. En el caso del trapiche panelero se establece: ventilador (AC), computador (AC), radio (AC), motor eléctrico 3HP (AC) y aplicar un margen de seguridad del 20%. Se considera un inversor de 2800W aproximadamente.

Gran cantidad de los dispositivos con motor utilizados tienen "picos de arranque", lo que supone que para su arranque van a demandar mayor potencia que la nominal, en ocasiones hasta 2 o 3 veces más de la potencia nominal prevista.

Es por esta razón que, para evitar problemas y deficiencias en el correcto funcionamiento de una instalación fotovoltaica, se recomienda hacer un sobredimensionamiento que contemple los picos de arranque, es decir, el inversor debería cubrir, al menos, 5524W de demanda para tener cubiertas las necesidades del trapiche, incluso los picos de demanda por arranque del motor.

4. Optimización del Modelo del trapiche panelero

Las mejoras estructurales de un trapiche de baja capacidad están enfocadas en ayudar al agricultor a tener un trapiche más tecnificado, con mejor orden en sus procesos de manufactura, esto con el objetivo de reducir costos de producción.

Las estructuras montadas en el techo del trapiche están diseñadas para la instalación óptima de los paneles.

La estructura de espacio de la planta horizontal del trapiche se considera con una longitud de 20m, ancho de 8m, altura del espacio de 5m y una altura para luminarias de 3m.

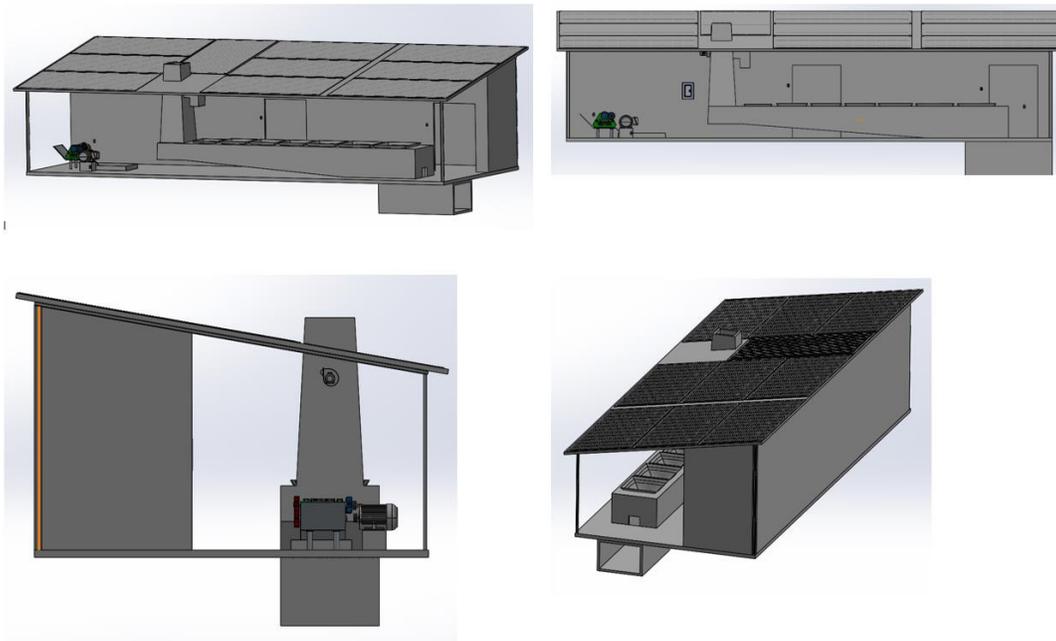


Figura 3. Modelo del diseño de Modelo de trapiche panelero – Mejoras estructurales

- Diseño de iluminación

Se utiliza el software RELux que ofrece diseño luminotécnico profesional, y permite simular de manera intuitiva y con un alto rendimiento la luz artificial y natural.

5. Conclusiones

- Esta metodología se puede usar como referencia para proyectos futuros, donde se puedan diseñar trapiches paneleros cada vez más eficientes, que propongan una sostenibilidad energética en zonas rurales de difícil acceso de nuestra región, beneficiando a los campesinos que aún emplean procesos de producción tradicionales.
- Al momento de indagar sobre la legislación colombiana relacionada con este tipo de inclusiones fotovoltaicas, se llega a la conclusión que, éstas tienen muchos aprovechamientos económicos, pero por la poca difusión de las leyes y programas que se

promueven y financian en el país, el campesino, agricultores y empresarios, pierden estas oportunidades.

- Éste tipo de implementaciones fotovoltaicas le ofrece a los productores paneleros poder tecnificar sus trapiches, ayudándolos a incluirse en los avances tecnológicos que están ocurriendo globalmente, además, los beneficios económicos son amplios, pues este tipo de sistemas casi no requieren mantenimiento, funcionando de manera autónoma; a pesar de tener una considerable inversión inicial, los productores verán, a largo plazo, una reducción de costos de tipo energético, sin perder en ningún momento su inversión.

6. Referencias

- Ladino, Rafael E. (2011). Tesis: "La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia."
- Ortega Rodríguez, Mario. (2003) Energías renovables. Editorial Thomson.
- Jutglar, Luís. (2004) Energía Solar, CEAC, Barcelona, España.
- Perales, Tomas. (2006) Energías Renovables. Editorial Limusa.
- Smil, V. (1991). General Energetics Energy in the Biosphere and Civilization. New York: John Wiley.
- Kan Academy -Herranz, A. C.-G. (2010). Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid, España: Editex.
- Harper, Enríquez. (2012) El ABC de las Instalaciones Eléctricas en Sistemas Eólicos y Fotovoltaicos. México D.F Limusa.

Sobre los autores

- **Henry William Peñuela Meneses.** Ingeniero Electricista, Máster en Instrumentación Física. Profesor Facultad de Tecnología. Integrante del Grupo de Investigación MECABOT, Semillero de Investigación MECABOTICA. Universidad Tecnológica de Pereira tesla@utp.edu.co
- **María Elena Leyes Sánchez.** Ingeniero Electricista, Doctor© en Ciencias de la educación, Máster en Instrumentación Física. Profesor Facultad de Tecnología y Facultad de Ciencias Básicas. Integrante del Grupo de Investigación MECABOT, Semillero de Investigación MECABOTICA. Universidad Tecnológica de Pereira. mleyes@utp.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)