

CAPÍTULO 4

ESTUDIO DE UN SISTEMA PARA RIEGO AGRÍCOLA CON ALIMENTACIÓN FOTOVOLTAICA AUTÓNOMA. UNA CONTRIBUCIÓN PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN EL RANCHO LA TUNA MORELOS, TLALIXCOYAN, VERACRUZ, DESARROLLADO EN LA MATERIA TALLER DE INVESTIGACIÓN

Data de submissão: 04/12/2023

Data de aceite: 01/02/2024

Miguel Angel Quiroz García

TECNM, Campus Veracruz
Veracruz, Ver., México
<http://orcid.org/0000-0001-5570-7444X>

Alejandro Zavaleta Bordonave

Institución TECNМ, Campus Veracruz
Veracruz, Ver., México
Doctorado en educación

Marycarmen Arana Altamirano

TECNM, Campus Veracruz
Veracruz, Ver., México
Lic. en Ingeniería Electrónica

Enrique Sánchez Hernández

TECNM, Campus Veracruz
Veracruz, Ver., México
Ingeniero Industrial Electricista

Heidi Virginia Ladrón de Guevara

M.A. en Sistemas de Información
CONALEP VERACRUZ II

Eucalit Sánchez García

TECNM, Campus Veracruz
Veracruz, Ver., México
Ing. Industrial en Electricidad

que se obtienen de centrales eléctricas convencionales que obtienen la energía a partir de combustibles fósiles; esto implica un gran problema para los usuarios rurales ya que es de gran costo y a la mayoría no les llega dicha energía, además del impacto ambiental negativo que se tiene. Esta problemática se atendería a través del desarrollo de los sistemas de riego agrícola con alimentación fotovoltaica autónoma que permite ahorros de energía ya que no estarán conectados a la red eléctrica. En los sistemas de riego tradicionales, el agua se aplica al campo entero, ya sea por aspersión o por riego por inundación, lo que resulta en una pérdida significativa de agua. El riego por goteo es un método de riego moderno en el cual el agua es aplicada directamente a la zona radicular de la planta. En tales sistemas de riego, se aplica el agua solamente en zonas específicas en el campo, donde se cultivan las plantas.

PALABRAS CLAVE: energías renovables, Sistema fotovoltaico, Irradiación solar.

RESUMEN. El sistema de riego agrícola por lo general es alimentado por energías

STUDY OF A SYSTEM FOR AGRICULTURAL IRRIGATION WITH AUTONOMOUS PHOTOVOLTAIC POWER. A CONTRIBUTION TO ENERGY SAVINGS AT THE LA TUNA MORELOS RANCH, TLALIXCOYAN, VERACRUZ, DEVELOPED IN THE FIELD OF A RESEARCH WORKSHOP

ABSTRACT: The agricultural irrigation system is generally powered by energy obtained from conventional power plants that obtain energy from fossil fuels; This represents a big problem for rural users since it is very expensive and most of them do not receive this energy, in addition to the negative environmental impact it has. This problem would be addressed through the development of agricultural irrigation systems with autonomous photovoltaic power that allows energy savings since they will not be connected to the electrical grid. In traditional irrigation systems, water is applied to the entire field, either by sprinkler or flood irrigation, resulting in significant water loss. Drip irrigation is a modern irrigation method in which water is applied directly to the root zone of the plant. In such irrigation systems, water is applied only to specific areas in the field, where the plants are grown.

KEYWORDS: Renewable energies, photovoltaic system, solar irradiation.

1 | INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, debido al incremento del costo de los combustibles fósiles y los problemas medioambientales derivados de su explotación, estamos asistiendo a un renacer de las energías renovables.

En la presente investigación se propone un sistema de riego con alimentación fotovoltaica, la energía que produzca dicho sistema fotovoltaico que alimente a una bomba de agua que extraiga esta de un pozo, luego de ser extraída dicha agua se expulsara al sistema de riego. Se propone instalar un sistema de riego por goteo ya que este tiene diversas ventajas sobre otros métodos de irrigación, incluyendo: la eliminación de la escorrentía superficial, nivel constante en la humedad del suelo, alta eficiencia en el uso del agua, flexibilidad en la aplicación de fertilizantes, previene el crecimiento de malezas y enfermedades de las plantas.

En los sistemas de riego tradicionales, el agua se aplica al campo entero, ya sea por aspersion o por riego por inundación, lo que resulta en una pérdida significativa de agua. El riego por goteo es un método de riego moderno en el cual el agua es aplicada directamente a la zona radicular de la planta.

En la Figura 1. Se muestra el sistema de riego por goteo, en tales sistemas de riego, se aplica el agua solamente en zonas específicas en el campo, donde se cultivan las plantas.

21 ASPECTOS QUE SE CONSIDERAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO CON ALIMENTACIÓN FOTOVOLTAICA NORMAS APLICABLES A SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Normas IEC de apoyo – Sistemas fotovoltaicos ☐	Serie IEC – Sistemas fotovoltaicos ¶
➤ → IEC-62446☐	➤ → IEC-61730☐
➤ → IEC-61727☐	➤ → IEC-60904☐
➤ → IEC-61836☐	➤ → IEC-62257☐
➤ → IEC-61215☐	☐
➤ → IEC-61646☐	☐

Incidencia Solar

Como resultado de la investigación presentada se puede concluir que la propuesta del sistema de riego con alimentación fotovoltaica tendrá muchos beneficios y cubrirá las necesidades que se tienen, ya que las energías renovables ofrecen la oportunidad de obtener energía útil para diversas aplicaciones; su aprovechamiento tiene menores impactos ambientales que el de las fuentes convencionales y poseen el potencial para satisfacer todas las necesidades de energía presentes y futuras. Así mismo, su utilización contribuye a conservar los recursos energéticos no renovables y propicia el desarrollo regional.

La suma de ambas es la irradiación total incidente. La superficie del planeta está expuesta a la radiación proveniente del Sol. La tasa de irradiación depende en cada instante del ángulo que forman la normal a la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares. Por supuesto, dada la lejanía del Sol respecto de nuestro planeta, es factible suponer, con muy buena aproximación, que los rayos del Sol inciden esencialmente paralelos sobre el planeta. No obstante, en cada punto de este, localmente considerado, la inclinación de la superficie respecto a dichos rayos depende de la latitud y de la hora del día para una cierta localización en longitud; dicha inclinación puede definirse a través del ángulo que forman el vector normal a la superficie en dicho punto y el vector paralelo a la dirección de incidencia de la radiación solar.



Figura 1. Sistema de riego por goteo

Análisis del sistema de riego agrícola

A lo largo de la historia, los sistemas de riego han sido una parte muy importante del desarrollo agrícola. Los sistemas de riego primero se remontan 6000 años y han sido utilizados por los egipcios y mesopotámicos, los egipcios y el pueblo de Mesopotamia, que se utiliza una forma pasiva de riego, totalmente en función de la inundación anual del río. Los egipcios utilizaron el río Nilo como fuente de agua e hizo las cuencas individuales de los cultivos que entran en contacto con el agua de las inundaciones.

En Asia hace unos 2000 años, China usa los métodos tradicionales de riego por superficie y se fue a un nivel totalmente nuevo de riego, construcción de canales para la adquisición de agua desde muy lejos. La ciudad que ahora es Camboya ha tenido un complejo sistema de canales, estanques y embalses para el riego y el almacenamiento de agua desde el siglo 9 y 14.

En Europa los romanos habían construido complejos sistemas de irrigación más de 2000 años antes. Algunos canales transportaban agua de las montañas y lo deposita en los embalses.

El sistema de Riego es el conjunto de estructuras, que permite determinar qué área pueda ser cultivada aplicándole el agua necesaria a las plantas y consta de varios componentes. El conjunto de componentes dependerá de si se trata de riego superficial, por aspersión, o por goteo. Por ejemplo, un embalse no será necesario si existe otra fuente de agua cercana tales como río o arroyo de los cuales se capta el agua y estos tienen un caudal suficiente incluso en el periodo de sequía. Los sistemas de riego más comunes son la acequia, terrazas, riego por aspersión, riego por goteo y riego de tierra, etc.

Tipos de sistema de riego

- Sistema de riego por aspersión
- Riego con difusores
- Sistema de riego por goteo
- Riego subterráneo

Estudio sobre la obtención del agua para el sistema de riego

Para determinar la obtención del agua se debe de buscar un pozo lo suficientemente profundo para que este pueda brindar el agua necesaria para el sistema de riego. Un pozo es un agujero, excavación o túnel vertical que perfora la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar la reserva de agua subterránea de una capa freática.

Construidos con desarrollo y forma cilíndrica en la mayoría de los casos, se suelen asegurar sus paredes con ladrillo, piedra, cemento o madera, para evitar su deterioro y derrumbe, que podrían causar el taponamiento del pozo. Se debe buscar un pozo que este cercano al lugar de la siembra y si no se encuentra ninguno se procederá a realizarlo.

Bomba de alimentación para el sistema de riego

Es la máquina que transforma energía, aplicándola para mover el agua. Este movimiento, normalmente es ascendente. Las bombas pueden ser de dos tipos “volumétricas” y “turbobombas”. Todas constan de un orificio de entrada (de aspiración) y otro de salida (de impulsión). Las volumétricas mueven el agua mediante la variación periódica de un volumen. Es el caso de la bomba de émbolo. Las turbobombas poseen un elemento que gira, produciendo así el arrastre del agua. Este elemento “rotor” se denomina “Rodete” y suele tener la forma de hélice o rueda con paletas. Las bombas pueden recibir la energía de diversas fuentes. Desde la antigüedad se ha usado la energía eólica en este menester. El movimiento de las paletas del molino de viento se transmite a una bomba que extrae agua de un pozo.

Cuando la bomba recibe la energía a través de un motor acoplado (eléctrico, de gasóleo o gasolina), al conjunto se le llama motobomba. El motor puede también estar separado de la bomba. Entonces hace falta un elemento que le transmita el movimiento. Puede ser una polea, un eje, etc.

Elementos del sistema fotovoltaico

Generador fotovoltaico- Los paneles solares o módulos fotovoltaicos convierten la energía luminosa del Sol en electricidad, esta es utilizada de inmediato mediante inversores

de red o es almacenada en un banco de baterías a través de un control de carga o un seguidor de máxima potencia (MPPT).

Por lo general, son hechos de silicio, un elemento conductor. Pueden ser mono y policristalinos. Los primeros son 2% a 3% más eficientes (15% a 19% de eficiencia frente a 13 a 15%). Los monocristalinos ocupan un área de 6 a 8 metros cuadrados por kW, mientras que los policristalinos usan de 7 a 9 m² por kilowatt. La utilización de uno u otro tipo de panel depende de la estructura de soporte y el tipo de cableado. Cuando el sistema se emplaza sobre estructuras fijas, para realizar un mejor cableado y aumentar el voltaje, los expertos prefieren trabajar con policristalinos. En cambio, cuando se emplean ‘seguidores de sol’ por lo que se quiere disminuir la cantidad de paneles en serie, se usan los monocristalinos.

El generador está formado por un conjunto de módulos conectados en serie y en paralelo entre sí.

Conectando en serie los módulos:

La corriente total del módulo se “adecua” a la del módulo que genera menos corriente, mientras que la tensión global es el resultado de la suma de la tensión de cada módulo. Un conjunto de módulos conectados en serie constituye la así llamada “cadena”.

Conectando en paralelo varias cadenas de módulos:

La corriente total del generador fotovoltaico es el resultado de la suma de la corriente de salida de cada cadena. En cambio, la tensión global del sistema es equivalente a la tensión generada por una sola cadena.

La potencia nominal total del sistema es equivalente a la suma de la potencia nominal de cada módulo.



Figura 2. Panel solar de silicio monocristalino

Banco de baterías

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.

Otra importante función de las baterías es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar. Tal es el caso de un motor, que en el momento del arranque puede demandar una corriente de 4 a 6 veces su corriente nominal durante unos pocos segundos.

Normalmente el banco de baterías y los módulos fotovoltaicos trabajan conjuntamente para alimentar las cargas, durante la noche toda la energía demandada por la carga la provee el banco de baterías. En horas tempranas de la mañana los módulos comienzan a generar, pero si la corriente que entregan es menor que la que la carga exige, la batería deberá contribuir en el aporte. A partir de una determinada hora de la mañana la energía generada por los módulos fotovoltaicos supera la energía promedio demandada. Los módulos no solo atenderán la demanda, sino que, además, todo exceso se almacenara en la batería que empezara a cargarse y a recuperarse de su descarga de la noche anterior. Finalmente, durante la tarde, la corriente generada decrece y cualquier diferencia con la demanda la entrega a la batería; en la noche, la generación es nula y todo el consumo lo afronta la batería.

Regulador

Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobre descargas profundas.

El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de estas para alargar su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga.



Figura 3. Banco de batería para sistemas fotovoltaicos

Los reguladores actuales introducen microcontroladores para la correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su programación elaborada permite un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, permitiendo la modificación manual de sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales. Incluso los hay que memorizan datos que permiten conocer cuál ha sido la evolución de la instalación durante un tiempo determinado.

Para ello, consideran los valores de tensión, temperatura, intensidad de carga y descarga, y capacidad del acumulador.



Figura 4. Regulador de carga para sistemas fotovoltaicos

Inversor- Convertir la CC de la instalación fotovoltaica en CA para la alimentación de los receptores que trabajan con CA (la mayoría).

Dispositivos electrónicos que convierten la corriente continua en alterna y permiten, por tanto: Utilizar receptores de CA en instalaciones aisladas de la red

Conectar los sistemas FV a la red de distribución eléctrica Se pueden distinguir entre:

Inversores de conmutación natural. También son conocidos como inversores conmutados

- por la red, por ser esta la que determina el fin del estado de conducción en los dispositivos electrónicos. Su aplicación es para sistemas FV conectados a la red. Actualmente están siendo desplazados por los inversores de conmutación forzada tipo PWM, conforme se desarrollan los transistores de tipo IGBT para mayores niveles de tensión y corriente.
- Inversores de conmutación forzada o auto conmutados. Son para sistemas FV aislados. Permiten generar CA mediante conmutación forzada, que se refiere a la apertura y cierre forzados por el sistema de control. Pueden ser de salida escalonada (onda cuadrada) o de modulación por anchura de pulsos (PWM), con los que se pueden conseguir salidas prácticamente senoidales y por tanto con poco contenido de armónicos.



Figura 5. Inversor de corriente para Sistema fotovoltaico

Diseño del sistema de riego con alimentación fotovoltaica autónoma

Cálculo de la incidencia del sol en el lugar a instalar el sistema de riego con alimentación fotovoltaica

Cálculo de la radiación global

La radiación global ($Global_{tot}$) se calcula como la suma de la radiación directa (Dir_{tot}) y difusa (Dif_{tot}) de todos los sectores del mapa solar y mapa del cielo, respectivamente.

$$Global_{tot} = Dir_{tot} + Dif_{tot}$$

Radiación solar directa

La insolación directa total (Dir_{tot}) para una ubicación dada es la suma de la insolación directa ($Dir_{e,\infty}$) de todos los sectores del mapa solar:

$$Dir_{tot} = \sum Dir_{e,\infty}$$

La insolación directa del sector del mapa solar ($Dir_{e,\infty}$) con un centroide en los ángulos cénit (θ) y el ángulo acimutal (α) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Dir_{e,\infty} = S_{Const} * \beta^{m(\theta)} * SunDur_{e,\infty} * SunGap_{e,\infty} * \cos(\text{AngIn}_{e,\infty})$$

Dónde:

- S_{Const} : es el flujo solar fuera de la atmósfera en el valor medio de la tierra, la distancia del sol, conocida como constante solar. La constante solar utilizada en el análisis es de 1.367 W/m^2 . Coincide con la constante solar del Centro Mundial de Radiación (World Radiation Centre, WRC).
- β : es la transmisividad de la atmósfera (el promedio de todas las longitudes de onda) para la ruta más corta (en dirección al cénit).

- SunDur_{θ,∞}: es la longitud de ruta óptica relativa que se mide como una proporción en relación con la longitud de ruta del cénit (vea la ecuación 3 más adelante).
- SunGap_{θ,∞}: es la duración de tiempo representada por el sector del cielo. Para la mayoría de los sectores, es igual al intervalo diario (por ejemplo, un mes) multiplicado por el intervalo horario (por ejemplo, media hora). Para los sectores parciales (cercanos al horizonte), la duración se calcula mediante la geometría esférica.
- SunGap_{θ,∞}: es la fracción de espacio para el sector del mapa solar.
- Angln_{θ,∞}: es el ángulo de incidencia entre el centroide del sector del cielo y el eje normal para la superficie

Longitud óptico-relativa, $m(\Theta)$, se determina por el ángulo cénit del sol y elevación sobre el nivel del mar.

Para los ángulos cénit menores que 80° , se puede calcular mediante la siguiente ecuación: $m(\Theta) = \text{EXP}(-0.000118 * \text{Elev} - 1.638 * 10^{-9} * \text{Elev}^2) / \cos(\Theta)$

Dónde:

- Θ : es el ángulo cénit del sol.
- Elev: es la elevación sobre el nivel del mar, en metros.

Se considera el efecto de la orientación de la superficie al multiplicar por el coseno del ángulo de incidencia. El ángulo de incidencia ($\text{AnglnSky}_{\theta,\infty}$) entre la superficie interceptora y un sector de cielo determinado con un centroide en los ángulos cénit y acimutal se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Angln}_{\theta,\infty} = \text{acos}(\text{Cos}(\Theta) * \text{Cos}(G_z) + \text{Sin}(\Theta) * \text{Sin}(G_z) * \text{Cos}(\infty - G_a))$$

Dónde:

G_z : es el ángulo cénit de la superficie.

Tenga en cuenta que la refracción es importante para los ángulos cénit mayores que 80° .

G_a , es el ángulo acimutal de la superficie.

Cálculo de la radiación difusa

Para cada sector del cielo, se calcula la radiación difusa en su centroide (Dif), se la integra al intervalo de tiempo y se la corrige con la fracción de espacio y el ángulo de incidencia mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Dif}_{\theta,\alpha} = R_{\text{gib}} * P_{\text{dif}} * \text{Dur} * \text{SkyGap}_{\theta,\alpha} * \text{Weight}_{\theta,\alpha} * \cos(\text{Angln}_{\theta,\alpha})$$

Dónde:

- R_{gib} : es la radiación global normal (vea la ecuación 6 más adelante).

- P_{dif} : es la proporción del flujo de radiación global normal difundido. Por lo general, es aproximadamente de 0,2 para condiciones de cielo muy claro y de 0,7 para condiciones de cielo muy nublado.
- Dur : es el intervalo de tiempo para el análisis.
- $SkyGap_{\theta,\alpha}$: es la fracción de espacio (proporción de cielo visible) para el sector del cielo.
- $Peso_{\theta,\alpha}$: es la proporción de radiación difusa que se origina en un determinado sector del cielo relacionada con todos los sectores (vea las ecuación 7 y 8 más adelante).
- $Angln_{\theta,\alpha}$: el ángulo de incidencia entre el centroide del sector del cielo y la superficie interceptora.

La radiación global normal (R_{glb}) se puede calcular mediante la suma de la radiación directa de cada sector (incluidos los sectores obstruidos) sin la corrección para el ángulo de incidencia, y la posterior corrección para la proporción de radiación directa, lo que equivale a $1-P_{dif}$:

$$R_{glb} = (S_{Const} \sum(\beta^{m(\theta)})) / (1 - P_{dif})$$

Para el modelo difuso de cielo uniforme, $Peso_{\theta,\alpha}$ se calcula de la siguiente manera:

$$Weight_{\theta,\alpha} = (\cos\theta_2 - \cos\theta_1) / Div_{azi}$$

Dónde:

- θ_1 y θ_2 : son los ángulos cénit de delimitación del sector del cielo.
- Div_{azi} : es el número de divisiones acimutales en el mapa del cielo.

Para el modelo de cielo cubierto estándar, $Peso_{\theta,\alpha}$ se calcula de la siguiente manera:

$$Weight_{\theta,\alpha} = (2\cos\theta_2 + \cos2\theta_2 - 2\cos\theta_1 - \cos2\theta_1) / 4 * Div_{azi}$$

La radiación solar difusa total para la ubicación (Dif_{tot}) se calcula como la suma de la radiación solar difusa (Dif) de todos los sectores del mapa del cielo:

$$Dif_{tot} = \sum Dif_{\theta,\alpha}$$

Selección de la bomba de alimentación para el sistema de riego

Para seleccionar la bomba será necesario conocer el descenso máximo que experimente el nivel de agua del pozo durante el bombeo, para evitar que este pueda descender por debajo de la entrada a la bomba.

Para pozos con aguas profundas resulta más eficaz el empleo de bombas centrifugas.

Toda bomba deberá trabajar cerca de su máximo rendimiento, el cual se alcanza solo en un estrecho margen de caudal, que será el criterio que se emplee para la selección del tipo de bomba. Esta información aparecerá en las curvas de funcionamiento de la bomba que deberá ser suministrada por el fabricante en sus catálogos técnicos. Por lo tanto, el punto de funcionamiento de la bomba será aquel cuyo caudal que suministre este lo más

próximo posible a su punto de rendimiento óptimo, o bien ligeramente a la derecha de este.

Mediante la siguiente expresión se puede calcular el consumo energético (en kWh) de la bomba, en función de su rendimiento (η), del caudal suministrado (Q) y de la altura o presión de descarga (H):

Donde,

$$\text{KWh} = (Q \cdot H) / (367 \cdot \eta)$$

Q es el caudal suministrado por la bomba, en m³/h

H es la altura de impulsión, en m

η es el rendimiento de la bomba.

Diseño del sistema fotovoltaico

Un sistema autónomo debe generar energía eléctrica y acumularla en baterías para ser utilizada en el momento en que se requiera. Es un sistema más complejo que el conectado a la red.

Cálculos por considerar:

Cálculo de la energía que el usuario necesitaría cada día.

Energía consumida en corriente continua (DC) en Wh:

$$E_{DC} = \sum P_{(DC)i} \cdot t_{di}$$

$P_{(DC)i}$ = potencia nominal del equipo i en W

t_{di} = tiempo diario de uso en horas

Energía consumida en corriente alterna (AC) en Wh:

$$E_{AC} = \sum P_{(AC)i} \cdot t_{di}$$

$P_{(AC)i}$ = potencia nominal del equipo i en W

t_{di} = tiempo diario de uso en horas

Consumo total diario en Wh:

$$\eta_{BAT} \eta_{INV} = \frac{E_{DC}}{E_T} + \frac{E_{AC}}{E_T}$$

$\eta_{BAT} \eta_{INV}$ = Eficiencia de la batería y del inversor

El método de balance energético parte de la igualdad entre energía consumida por día y energía generada por día:

$$E_T = HPS \cdot P_p \cdot N_p$$

La energía generada por día es la potencia pico del panel (se supone que trabajara en el punto de máxima potencia) por el número de horas pico del día, por el número de paneles. Dos estrategias para determinar HPS:

HPS media del peor mes. Minimiza el sistema de acumulación, pero usa más paneles que los estrictamente necesarios.

HPS media del año. Minimiza el número de paneles, pero deberá invertir más en un sistema de acumulación mayor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la investigación presentada se puede concluir que la propuesta del sistema de riego con alimentación fotovoltaica tendrá muchos beneficios y cubrirá las necesidades que se tienen, ya que las energías renovables ofrecen la oportunidad de obtener energía útil para diversas aplicaciones, su aprovechamiento tiene menores impactos ambientales que el de las fuentes convencionales y poseen el potencial para satisfacer todas nuestras necesidades de energía presentes y futuras. Además, su utilización contribuye a conservar los recursos energéticos no renovables y propicia el desarrollo regional.

Por otra parte, para poder llevar a cabo dicho trabajo se deben tomar en cuenta aspectos descritos en esta investigación. Primordialmente se tienen las normas que se deben de tomar en cuenta para realizar ciertas actividades y que el sistema funcione correctamente. También se debe de tener en cuenta el lugar para poder conocer la incidencia solar, se debe seleccionar el sistema de riego agrícola, la obtención del agua, los aspectos eléctricos como la bomba y los elementos del sistema fotovoltaico como lo son los paneles solares. Estos son de gran importancia ya que son los encargados de convertir la energía luminosa del Sol en electricidad; la energía del sol no corre el riesgo de desaparecer, por tanto, no hay que preocuparse de que se agote, al menos en muchos millones de años.

Todos los aspectos mencionados anteriormente se deben seleccionar adecuadamente de acuerdo con el tamaño del sistema de riego a implementar. Se deberán hacer cálculos y estimaciones ya que se deben cubrir todas las necesidades de este.

Es debido a esto que se puede concluir que el sistema de riego con alimentación fotovoltaica puede implementarse siempre y cuando cubra con los aspectos que se mencionan en la investigación. Y serán de gran importancia ya que se atenderían las necesidades que tiene la población rural.

Otro aspecto por considerar son las baterías su función prioritaria es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.

Actualmente el proyecto está en la etapa de implementación en el rancho la tuna Morelos, Tlalixcoyan, Veracruz y para ello se están considerando los costos de los materiales a utilizar en la elaboración y puesta en marcha del sistema

REFERENCIAS

- 1.- Ecopotencia. (2010). Incidencia solar. Marzo 9, 2016, de Ecopotencia Sitio web: <http://www.ecopotencia.com/incidencia.html>
- 2.- Ecured. (2013). Sistema de riego. Marzo 10, 2016, de Ecured Sitio web: [+http://www.ecured.cu/SistemadeRiego](http://www.ecured.cu/SistemadeRiego)
- 3.- El inversor. Abril 27, 2016, de energía solar fotovoltaica Sitio web: <http://energiasolarfotovoltaica.b1ogspot.mx/2006/01/e1inversor.html>
- 4.- El regulador de carga. Abril 25, 2016, de energía solar fotovoltaica Sitio web: <http://energiasolarfotovoltaica.b1ogspot.mx/2006/01/e1reguladordecarga.html>
- 1.- Fernando. (noviembre 3, 2015). Energías renovables. Febrero 16, 2016, de Erenovable Sitio web: [http://erenovable.com/energiasrenovables/energias_renovables_\(s.f.\)](http://erenovable.com/energiasrenovables/energias_renovables_(s.f.)).
- 2.- Energías renovables. Febrero 18, 2016, de energías renovables Sitio web: <http://www.anes.org/anes/index.php?option=comwrapper&Itemid=1>
- 4.- Diystart. (2012). La historia del sistema de riego. Marzo 7, 2016, de Diy start Sitio web: <http://es.diystart.com/tag/lahistoriadelsistemaderiego->
- 6.- Presmetal. (2015). Reparación de bomba de agua. Abril 11, 2016, de Presmetal Sitio web: <http://www.presmeta1.c1/producto.php?id=33energiasolarfotovoltaica> (s.f.).
- 8.- Enerpoint . (s.f.). El generador fotovoltaico. Abril 18, 2016, de Enerpoint Sitio web: <http://www.enerpoint.es/photovoltaictechnology5phpenergiasolarfotovoltaica> (s.f.).
- 10.- Erenovable. (diciembre 28, 2015). Como funcionan los paneles solares. Abril 23, 2016, de Erenovable Sitioweb: [http://erenovab1e.com/comofuncionanlospanelessolares/-](http://erenovab1e.com/comofuncionanlospanelessolares/)
- 11.- Energía solar fotovoltaica. (s.f.). La batería. Abril 24, 2016, de energía solar fotovoltaica Sitio web: <http://energiasolarfotovoltaica.b1ogspot.mx/2006/01/labateria> 29.html