

## Evaluación técnica y financiera de un sistema fotovoltaico para iluminación en aulas de Instituciones de Educación Superior

MELCHOR-CHÁVEZ, Pedro\*†, REYES-ALONSO, Gonzalo, ESCAMILLA-HERNÁNDEZ, Enrique

*Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo*

Recibido Febrero 15, 2017; Aceptado Agosto 29, 2017

### Resumen

Los paneles solares fotovoltaicos son una alternativa para generar energía eléctrica y disminuir la producción de gases de efecto invernadero CO<sub>2</sub>. El presente proyecto se enfoca en la implementación de un sistema fotovoltaico aislado a la red eléctrica, para iluminación en un aula por medio de lámparas fluorescentes, teniendo la cantidad de trescientos luxes sobre el plano de trabajo, NOM-025-STPS-2008. La instalación eléctrica se modifica de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2012. El sistema consta de cuatro paneles fotovoltaicos conectados en paralelo, con capacidad de 250W cada uno, así como inversores de corriente, controladores de carga y banco de baterías. El estudio sobre la energía consumida se lleva a cabo por medio de un medidor de calidad de la energía. El sistema fotovoltaico instalado tiene una vida útil de veinticinco años, después de ese periodo disminuye su eficiencia en uno por ciento anual, tomando en cuenta la inversión inicial y el ahorro generado por el sistema fotovoltaico, se proyecta un retorno de la inversión aceptable.

**Ahorro energético, consumo eléctrico, energía renovable**

### Abstract

Photovoltaic solar panels are an alternative process to generate electricity and reduce the production of greenhouse gases CO<sub>2</sub>. This project focuses on the implementation of a photovoltaic system isolated to the power grid, lighting a classroom by fluorescent lamps, having an amount of three hundred lux on the working plane, according to Standard NOM-025STPS-2008. The Mexican Official Standard NOM-001-SEDE-2012 is used also to modify the electrical installation. The system consists of four parallel-connected photovoltaic panels with a capacity of 250W each, as well as current inverters, charge controllers and battery bank. For the study of the electrical consumption, a meter of quality of the electric energy is used. The installed photovoltaic system has a lifespan of twenty-five years, after that period it starts to decrease its efficiency by one percent annually, in reference to the initial investment and savings generated by the photovoltaic system, the return on investment is appropriate.

**Electricity consumption, energy saving, renewable energy**

**Citación:** MELCHOR-CHÁVEZ, Pedro, REYES-ALONSO, Gonzalo, ESCAMILLA-HERNÁNDEZ, Enrique. Evaluación técnica y financiera de un sistema fotovoltaico para iluminación en aulas de Instituciones de Educación Superior. Revista de Sistemas Experimentales. 2017, 4-12: 1-10.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: pmelchor@itsoeh.edu.mx)

†Investigador contribuyendo como primer Autor.

## Introducción

Derivado del estilo de vida moderna y al crecimiento de la población a nivel mundial, la demanda de energía eléctrica ha aumentado de forma exponencial, de continuar con esta tendencia es posible que la demanda exceda en la capacidad de abastecimiento (Lew, 2000) (Omer, 2008). En el proceso de la generación de energía eléctrica, cada año se producen en el mundo millones de toneladas métricas de gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global (Di Stefano, 2000).

Investigaciones recientes muestran el uso de energías limpias para el desarrollo sustentable como una alternativa a la reducción del consumo de los combustibles fósiles, sin embargo, esto representa un alto costo y un lento crecimiento en el desarrollo de estas tecnologías (Midilli & Dincer, 2006).

En México se han realizado diferentes trabajos relacionados con la puesta a punto de sistemas fotovoltaicos y es uno de los temas de investigación en área de energías de mayor interés. La importancia que tiene la implementación de este proyecto estriba en los beneficios como son, la reducción del consumo de energía eléctrica producida por combustibles fósiles contaminantes al medio ambiente, es una fuente inagotable de energía, se reduce la dependencia del petróleo y otros combustibles fósiles. Bajos costos de mantenimiento.

Son sistemas silenciosos limpios que no afectan el medio ambiente. Modularidad, los módulos pueden ser añadidos gradualmente y así incrementar la energía disponible de acuerdo a la demanda. Cabe mencionar que la inversión inicial es significativa, pero su retorno es de corto a mediano plazo, ya que después de recuperar lo invertido, el resto de la energía producida representa utilidad.

## Desarrollo

En el transcurso de los últimos diez años, el índice de independencia energética, que muestra la relación entre la producción y el consumo nacional de energía, disminuyó a una tasa promedio anual de 3.2%. Los hidrocarburos aportaron el 87.2% a la producción de energía primaria, 7.4% menor respecto a lo observado en 2014. La producción de fuentes no fósiles de energía primaria aumentó su participación, pasando de 8.7% a 9.3% de 2014 a 2015 (Secretaría de Energía, 2016).

En el año 2015, en el rubro de consumo final energético, el sector transporte representó el 46.4%, el cual creció 5.1% respecto a 2014, el sector industrial representó el 31.4%. El consumo en los sectores residencial, comercial y público creció 1.4% y representó el 18.7% (Secretaría de Energía, 2016). Se reporta que alrededor del 25% del total de la electricidad en el sector comercial es consumida por los sistemas de iluminación (Bleeker, 1993). El consumo oscila mucho de un país a otro y no es sólo debido a las condiciones climáticas y de diseño, sino también culturales y hábitos.

## La energía solar

Es la potencia radiante producida por el sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión, que llegan a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía. Estos son llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre (Mendieta Melchor, 2002). Son transmitidos por medio de ondas electromagnéticas presentes en los rayos solares, las cuales son generadas en forma continua y emitida permanentemente al espacio, esta energía la podemos percibir en forma de luz y calor.

Una importante ventaja de la energía solar es que permite la generación de electricidad en el mismo lugar de consumo mediante la integración arquitectónica, pero para poder producirla se requiere la utilización de dispositivos que capten la energía solar y la transformen en otra energía compatible con la demanda que se pretende satisfacer.

### La celda fotovoltaica

Es un elemento que permite la transformación directa la luz en energía eléctrica. Su composición por materiales semiconductores permite que, al chocar un fotón con estos, se genere una diferencia de potencial. Al conectar los polos opuestos de esta juntura mediante un circuito, el voltaje permitirá la circulación de corriente eléctrica.

Las celdas fotovoltaicas que se ofrecen en el mercado actual utilizan dos tipos de materiales semiconductores. Uno tiene una estructura cristalina uniforme, el otro una estructura policristalina. El tipo cristalino requiere un elaborado proceso de manufactura, que consume enormes cantidades de energía eléctrica, incrementando substancialmente el costo del material semiconductor.

La versión policristalina se obtiene fundiendo el material semiconductor, el que es vertido en moldes rectangulares. Su estructura cristalina no es uniforme, de ahí el nombre de poli (muchos) y cristalino (cristales). Los dos tipos pueden ser identificados a simple vista, ya que la estructura cristalina provee una superficie de brillo uniforme, mientras que la policristalina muestra zonas de brillo diferente.

### Radiación solar

Es la energía radiante que incide en una superficie de área conocida, en un intervalo de tiempo dado. Su unidad de medida es el wathora por metro cuadrado (Wh/m<sup>2</sup>).

Un watt (W) es la potencia que da lugar a una producción de energía igual a 1 joule por segundo, un joule (J) es el trabajo producido por una fuerza de 1 newton, cuyo punto de aplicación se desplaza 1 metro en la dirección de la fuerza. Un newton (N) es la fuerza que, aplicada a un cuerpo que tiene una masa de 1 kilogramo, le comunica una aceleración de 1 metro por segundo cuadrado (CENAM, 2001).

La radiación también se expresa en términos de horas solares pico. Una hora de energía es equivalente a la energía recibida durante una hora, a una radiación promedio de 1,000 W/m<sup>2</sup> es decir, la potencia incidente de 1000 watts por unidad de superficie. La energía útil que entrega el panel fotovoltaico es directamente proporcional a la radiación incidente. Para calcularla se puede asumir que no hay atmósfera o que se mide en la parte alta de ella y se denomina insolación diurna o anual no atenuada, otra forma es medir en la superficie de la Tierra teniendo en cuenta la presencia de la atmósfera, en este caso se denomina radiación atenuada siendo más complejo calcularla. La radiación es un parámetro muy importante en el diseño de sistemas solares. Los factores climáticos y el ángulo de posicionamiento del panel con respecto al sol afectan la radiación sobre la superficie de captación. En zonas de poco sol, ya sea por nubes, neblina u otro factor, la radiación promedio en un periodo de tiempo es menor. En días de invierno los niveles de radiación promedio son considerablemente menores en comparación a los días de verano, esto se da para lugares cuya latitud sea mayor a los 15°.

### Orientación de un panel fotovoltaico

La orientación e inclinación son aspectos determinantes en los arreglos fotovoltaicos para su producción eléctrica. La radiación solar que incide sobre una placa variará con el ángulo que forme la misma con la radiación.

La captación de energía solar será máxima cuando la posición de la placa solar sea perpendicular a la radiación. La inclinación de los rayos del sol respecto a la superficie horizontal es variable a lo largo del año (máxima en verano y mínima en invierno) y, por tanto, en aquellas instalaciones cuyos paneles estén fijos, existirá un ángulo de inclinación que optimizará la colección de energía sobre una base anual. Es decir, conviene buscar el ángulo de inclinación de los paneles respecto al plano horizontal que hace máxima la potencia media anual recibida. Si se establece una orientación hacia el sur geográfico y un ángulo de inclinación igual al ángulo de latitud, se maximiza la producción en términos anuales.

Evidentemente, las pérdidas de las superficies horizontales con respecto a las que están inclinadas aumentan progresivamente a medida que nos acercamos al norte (en el hemisferio norte) o al sur (en el hemisferio sur). Es extremadamente difícil valorar las pérdidas en los climas templados ya que la proporción de luz difusa del sol es más grande debido a la presencia de polvo, vapor de agua y nubes. La orientación no ofrece ninguna ventaja en cuanto a la energía recibida desde la radiación indirecta. Por el contrario, debido a que los paneles inclinados reciben la luz de una parte del hemisferio, estos recogen menos luz difusa que los receptores horizontales.

### Disponibilidad del recurso solar

México cuenta con un excelente recurso solar en casi todo su territorio. En la mayor parte del país, los días son largos y despejados durante el verano, en el campo hay una relación directa a favor del uso de la energía solar: los días con mayor necesidad de agua son aquellos en que el sol es más intenso. Existen mapas y tablas que indican la insolación mensual promedio para diferentes zonas geográficas.

La insolación es la energía proveniente del sol, la unidad común de insolación es el kWh/m<sup>2</sup>. Se recomienda que los sitios para el desarrollo de proyectos de energía solar deben contar con al menos 3 kWh/m<sup>2</sup>, específicamente el Estado de Hidalgo cuenta con regiones de insolación normal directa entre 6 y 7 kWh/m<sup>2</sup>.

### Hipótesis

Mediante la implantación de un sistema fotovoltaico aislado de la red de distribución eléctrica pública, se tendrá un correcto funcionamiento del sistema de iluminación en aulas de clases y un ahorro en el consumo de energía eléctrica.

### Objetivo general

Implementar un sistema fotovoltaico aislado a la red de distribución pública para el ahorro de energía eléctrica en iluminación en el aula de clases.

### Objetivos específicos

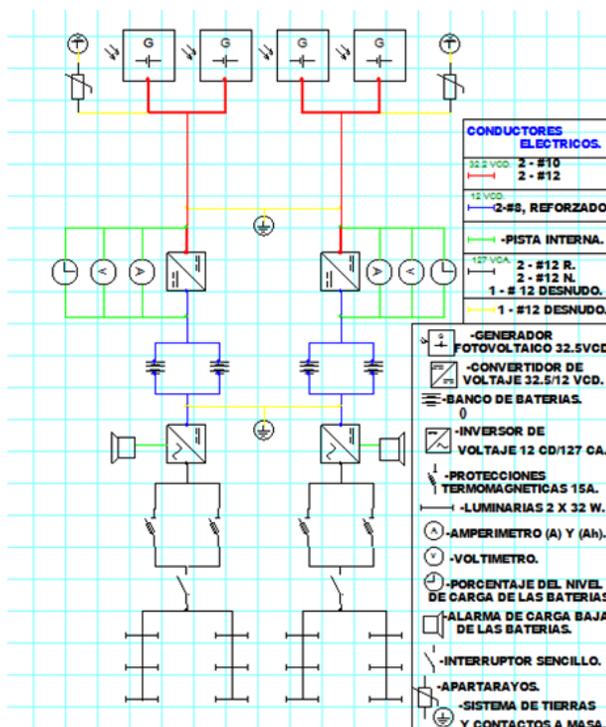
Medir el consumo de energía eléctrica en iluminación mediante equipo especializado. Realizar las adecuaciones necesarias para la instalación eléctrica de las lámparas instaladas en el aula. Analizar el retorno de la inversión y del ahorro económico del sistema fotovoltaico empleando mediciones y costos del consumo.

### Metodología

El sistema fotovoltaico se implanta en función de la potencia eléctrica requerida por las luminarias del aula seleccionada de la institución de educación superior, con lo cual se pretende el aprovechamiento óptimo de la energía producida por el sistema. Las adecuaciones al circuito eléctrico del aula se muestran en la figura 1.

Como aspecto fundamental a tomar en cuenta es la disposición de los paneles fotovoltaicos con respecto al sol, por lo que se instalaron en un lugar donde se aprovecha la mayor cantidad de radiación solar. Se toma en cuenta los siguientes factores básicos: el espacio, la orientación, la inclinación y las posibles sombras a lo largo del año. Para la instalación del arreglo de paneles fotovoltaicos se elige un espacio de fácil acceso durante el periodo de instalación y de pruebas, así como para su mantenimiento preventivo y correctivo futuro.

El sistema aislado básico está compuesto por: Módulos fotovoltaicos, controlador de carga, baterías y en su caso un inversor. El controlador de carga se emplea para regular la cantidad de energía que se inyecta a las baterías, así como también protege de sobre cargas y descargas excesiva de las baterías.



**Figura 1** Diagrama unifilar de conexión

Fuente: Elaboración propia, utilizando ProfiCAD

### Características específicas de la carga eléctrica del aula

Uno de los datos más críticos es la potencia eléctrica que requiere el sistema de iluminación, además del tiempo de uso por día. El aula cuenta con una superficie de cincuenta y ocho metros cuadrados, con un horario de uso de las siete a veintiún horas, por lo que en el peor de los casos se mantiene iluminada durante catorce horas y en otros, por periodos más cortos.

Cuenta con un total de doce luminarias, cada una con dos lámparas fluorescentes, dando un total de veinticuatro instaladas, cada lámpara tiene un consumo de 32W. Al multiplicar el número de horas por la potencia requerida, se obtiene la energía necesaria para alimentar las luminarias, expresada en kilo wathora diarios (kW-h). El consumo de energía en el aula es de:

$$\text{Num lámparas} * \text{consumo c/u} \quad (1)$$

$$\text{Consumo aula} = 24 * 32 \text{ W} = 768 \text{ watts. Consumo diario del aula:}$$

$$\text{Consumo aula} * \text{horas servicio} \quad (2)$$

$$768 \text{ W} * 14 \text{ horas} = 10752 \text{ W-h} = 10.752 \text{ kW-h como máximo.}$$

Para confirmar los resultados obtenidos por la formula, se utilizó un instrumento de medición marca Fluke modelo 43B, analizador eléctrico avanzado. El instrumento se conectó a la caja de fusibles térmicos de las luminarias del aula. La prueba fue realizada por un lapso de una hora en la que se registra un consumo de 0.76kW.

### Cálculo del arreglo de paneles fotovoltaicos

Mediante el estudio previo realizado y tomando en cuenta el consumo eléctrico de las luminarias, se implementa un sistema fotovoltaico aislado a la red eléctrica pública tipo isla, con el cual se alimentará la energía consumida por el sistema de alumbrado del aula. Dimensionamiento del sistema:

$$Pm = \frac{Ec*Fs}{hp*ns*ni} \quad (3)$$

Dónde: Pm potencia del sistema en watts; Ec potencia de carga por tiempo de uso en W-h, se asumen 6 horas de servicio; Fs factor de sobredimensionamiento 10%; ns % de eficiencia 88%, hp horas pico de insolación 6h y ni % de eficiencia del inversor. Sustituyendo en (3):

$$Pm = (768*6*1.1)/(6*.88*.9)=1067W$$

El sistema se compone de un arreglo de cuatro paneles fotovoltaicos, de los cuales se optó por un arreglo de dos pares de paneles conectados en paralelo, para así obtener la mayor intensidad de corriente posible. Los paneles fotovoltaicos que se utilizaron para la instalación, son del tipo policristalinos marca Solartec S60PC-250 cuyas características se muestran en la tabla 1, así como los componentes del sistema fotovoltaico en la tabla 2.

Descripción	Cantidad
Número de paneles	4
Potencia de cada panel (W)	250
Voltaje nominal de cada panel (VDC)	36.30
Corriente nominal de cada panel (A)	8.17
Potencia instalada (W)	1000

**Tabla 1** Características del arreglo fotovoltaico

Fuente: Elaboración propia, con información del proveedor

	Descripción	Cantidad
1	Paquete de 1000W	
2	Panel fotovoltaico de 250W	4
3	Inversor de onda sinusoidal 600W	2
4	Sistema de montaje 4PV aluminio	1
5	Caja de interconexión	1
6	Controlador de carga 30A	2
7	Batería 102 A-h libre mantenimiento	1
8	"T" para unión paralelos de paneles FV	1

**Tabla 2** Componentes del sistema fotovoltaico

Fuente: Elaboración propia, con información del proveedor

El sistema requiere almacenamiento de energía, debido a que la energía generada por los paneles no se consume al mismo tiempo que se genera. Se emplean baterías recargables de ciclo profundo para almacenar la energía eléctrica. La potencia total del banco de baterías (PB) se calcula de la siguiente manera:

$$PB = \frac{AUT*Ec}{Rend*ni} \quad (4)$$

Dónde: Autonomía (AUT, tiempo sin brillo solar): 2 días (sugeridos). Demanda energética (Ec): 768 Wh/día. Eficiencia de las baterías (Rend): 80% (asumiendo que son baterías de ciclo profundo), ni % de eficiencia del inversor, 90%. Voltaje del sistema (V): 12V (se sugiere para sistemas no mayores de 1500 Wh/día).

Usando la ecuación (4) se obtiene

$$PB = 2133.33 \text{ W-h}$$

Capacidad total del banco de baterías:

$$CB = \frac{PB}{V} \quad (5)$$

Usando la ecuación (5) se obtiene

$$CB = 177.78 \text{ A-h.}$$

En este caso, por cuestiones de presupuesto, se dispuso solamente de una batería de 102 A-h.

### Cálculo del ángulo de inclinación de los paneles

Para determinar el ángulo de inclinación al cual deben estar los paneles fotovoltaicos, se utiliza el valor de la latitud del lugar geográfico donde se instala el sistema, el grado de inclinación es igual al grado de latitud. El municipio de Mixquiahuala de Juárez Hidalgo lugar en el que se localiza el aula tiene como coordenadas geográficas latitud 20.206° y longitud 99.222° (SAGARPA, 2017).

Para el caso del sistema fotovoltaico del aula, los módulos fotovoltaicos están propuestos a una inclinación fija a lo largo de todo el año, como es este caso, el criterio a seguir para obtener una optimización del sistema consiste en dar un grado de inclinación tal que permita recibir la mayor cantidad de energía en el todo el año. De acuerdo a la radiación solar incidente sobre superficies inclinadas orientadas al sur, se promediaron, y la inclinación que permite recibir mayor cantidad de energía es la de 22° sobre la horizontal, ya que es la óptima para la época de mayor radiación solar del año.

### Resultados

El desempeño de un sistema fotovoltaico, está en función de la energía producida y esta a su vez de la radiación solar, de la potencia y el rendimiento del mismo, así como del uso racional que se haga de esa energía.

En el caso de sistemas de iluminación, por ejemplo, apagando las luminarias en el momento en el que la luz natural sea la suficiente para desarrollo de actividades.

El reemplazo de dispositivos de iluminación, por otros de menor consumo, como son la iluminación mediante tecnología Led, también contribuye a la adopción de fuentes fotovoltaicas.

Para este caso, el sistema requiere de ajustes técnicos para cumplir con lo planteado en un principio, tanto en la configuración física del sistema, como de la adecuación de los dispositivos de iluminación. Para el desarrollo de la evaluación financiera del sistema, se consideran los parámetros descritos a continuación.

Todos los sistemas fotovoltaicos tienen pérdidas energéticas originadas por distintos factores. Éstos tienen que ver en la disminución de la energía solar incidente con respecto a la real generada por el sistema fotovoltaico proporcionada al sistema eléctrico. La energía que genera el sistema fotovoltaico durante la vida útil de los paneles, que es de 25 años y que son los años de rendimiento del sistema (Eg), se calcula tomando como referencia la siguiente fórmula:

$$Eg = N * Pm * hp * días * años * ns \quad (6)$$

Dónde: número de paneles (N), 4; potencia máxima de cada panel (Pm), 250W; horas solares pico en la localidad de Mixquiahuala (hp), 6h; 365 días y 25 años. Sustituyendo en (6):

$$Egen=250*4*6*365*25*0.88 = 48,180 \text{ kW-h.}$$

Se toma 0.88 como factor de reducción de capacidad normal (ns), para considera otras pérdidas del sistema, incluyendo tolerancia de producción el módulo, acoplamiento deficiente entre los módulos, pérdidas en el cableado o alambrado, pérdidas por polvo, manchas, etc. De dónde la energía diaria, mensual y anual que produce el sistema es de: 5.3, 158 y 1,927 kW-h respectivamente.

### Costo del sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico se demuestra rentable a partir del hecho de que la energía del sol se considera gratuita, por lo que se puede inducir que el único costo es la inversión inicial y el mantenimiento. Para realizar el estudio económico se toma en cuenta el costo total del material utilizado en el sistema fotovoltaico tabla 2, el cual asciende a un monto de \$42,605 pesos M.N.

### Costo de energía eléctrica con el sistema fotovoltaico implementado

El tipo de tarifa que se tiene es HM de acuerdo al recibo por consumo de energía eléctrica. Para el cálculo se tomó la tarifa de energía en punta que es de \$1.7605. Se calcula el pago diario de electricidad sin sistema fotovoltaico, usando la ecuación (2), con 10 horas de servicio y multiplicando por la tarifa punta, se obtiene:  $(0.768 \text{ kW} * 10\text{h} * \$1.7605/\text{kW-h}) = \$13.521$

### Ahorro de pago de energía eléctrica con el sistema fotovoltaico

El ahorro que se obtendrá anualmente es de:  $\$13.521 * 210$  (días hábiles con requerimientos de iluminación) = \$2,839.33 pesos M.N.

### Evaluación del proyecto de inversión

#### Cálculo de tiempo de recuperación de la inversión

$$TR = \frac{I_0}{FE} \quad (7)$$

$$\$42,605 / \$2,839.33 = 15 \text{ años}$$

Entonces, tomando en cuenta la inversión inicial y el ahorro generado por el sistema fotovoltaico, se proyecta que el tiempo de recuperación la inversión será en 15 años, por lo que el restante tiempo de vida de los paneles será de ganancia.

Este es un método muy sencillo para evaluar un proyecto de inversión pero, tiene el inconveniente que no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

### Cálculo del Valor Presente Neto de la inversión (VPN)

Este método si toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo (Melchor-Chávez P., 2016), para lo cual se considera una inflación del 4% anual durante los 25 años.

$$VPN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FET}{(1+td)^t} \quad (8)$$

Donde:  $I_0$  es la inversión inicial, costo del sistema.  $n$  es el número total de periodos, 25 años.  $t$  es el periodo incremental desde 1 hasta  $n$ .  $FET$  flujo de efectivo en el periodo  $t$ , ahorro anual.  $td$  es la tasa de descuento, en este caso la inflación anual de 4%.

Entonces: sustituyendo en la ecuación (8) se obtiene un VPN de \$1,751.31 M.N. lo que hace aceptable el proyecto de inversión. Incluso lo hace atractivo hasta con una inflación de 4.31% anual para los 25 años. Lo que convierte al 4.31% anual en la Tasa Interna de Rendimiento del proyecto (TIR), dado que es la tasa de descuento que hace cero al VPN.

### Agradecimiento

Al Tecnológico Nacional de México, a su programa de "Apoyo a la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico de los Programas Educativos de los Institutos Tecnológicos Descentralizados" por la asignación de recursos al Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo para el financiamiento del proyecto.

## Conclusiones

En el presente trabajo se realizó la metodología e implantación de un sistema fotovoltaico, para uso en luminarias en el aula de clase. El Sistema fotovoltaico cumple con la generación de energía eléctrica limpia, el máximo aprovechamiento de la radiación solar así como un ahorro económico durante un periodo prolongado. Sin embargo, el sistema requiere de ajustes técnicos para cumplir con lo planteado en un principio, tanto en la configuración física del sistema, como de la adecuación de los dispositivos de iluminación.

Para la realización de los cálculos del sistema se basó en un estudio previo de consumo en iluminación, el cual fue de 0.768 kW-h. Así como también considerando los datos geográficos de la ubicación del aula para la orientación e inclinación de las estructuras de los paneles fotovoltaicos. Partiendo de estos datos se diseñó e instaló el sistema fotovoltaico aislado a la red eléctrica pública, tipo isla, con un consumo aceptable por parte de las luminarias del aula; el sistema se compone de 4 paneles y dos inversores, con una capacidad instalada de 1 kW.

El costo total del sistema fotovoltaico fue de \$42,605 M.N., del cual, el retorno de inversión se proyecta en 15 años, por lo que el resto del tiempo de vida del sistema es ganancia. Se generará un ahorro aproximado de \$ 28,393 M.N. después del tiempo de recuperación de la inversión. Si la evaluación del proyecto de inversión se hace mediante el modelo matemático del Valor Presente Neto, el proyecto sigue siendo aceptable dado que se obtiene un valor de \$19,493 tomando en cuenta una inflación anual del 4%. La Tasa Interna de Rendimiento del proyecto se calcula de 7.95% anual. Con el mantenimiento correcto el sistema mantendrá un buen resultado en la producción de energía.

Cabe mencionar que la importancia que tiene la implementación de este proyecto es que se reducirá el consumo de energía eléctrica producida por combustibles fósiles que contaminan, al utilizará la energía limpia y renovable del sol.

## Referencias

Atif, M. G. (2003). Energy performance of daylight-linked automatic lighting control systems in large atrium spaces: report on two field-monitored case studies. *Energy and Buildings*(35), 441-461

Bleeker, N. C. (1993). Benefits of energy efficient lighting. *Energy Engineering* (90), 6-13.

CENAM (2001). El sistema internacional de unidades (SI). (CENAM, Ed.) Publicación técnica CNM-MMM-PT-003, 3, 29-30

Di Stefano, J. (2000). Energy Efficiency and the Environment: the Potential for Energy Efficient Lighting to Save Energy and Reduce Carbon Dioxide at Melbourne University. *Energy* (25), 823-839.

Fluke. (2008). <http://www.fluke.com>. (Fluke, Ed.) Retrieved from <http://en-us.fluke.com>. Ghisi, E., & Tinker, J. A. (2005). An Ideal Window Area concept for energy efficient integration of daylight and artificial light in buildings. *Building and Environment* (40), 51-61.

Krüger, L., & Paulo, H. (2004). Acoustic, thermal and luminous comfort in classrooms. *Building and Environment*(39), 1055-1063.

Lew, D. J. (2000). Alternatives to Coal and Candles: Wind Power in China. *Energy* (28), 271-286.

Melchor-Chávez, P. (2016). Valuación de activos financieros. (UAEH, Ed.) Xikua, 4(8).

Melchor-Chávez, P., & Reyes-Alonso, G. (2015). Evaluación de un sistema fotovoltaico de suministro de agua para higiene corporal. (ITSOEH, Ed.) CONAINTE, 1(1).

Mendieta Melchor, E. (2002). Energía Solar y Arquitectura. (UNAM, Ed.) Revista Digital Universitaria, 3(2).

Midilli, A., & Dincer, I. (2006). Green Energy Strategies for Sustainable Development. *Energy Policy* (34), 3623-3633.

Muñoz, V. (2008). Estudio de Calidad y Ahorro de Energía Eléctrica en las Instalaciones de los Edificios Bernardo Quintana, Valdez Vallejo, DIMEI y 12 del Instituto de Ingeniería. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Omer, A. M. (2008). Energy, Environment and Sustainable Development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(9), 2265-2300.

Raya-Narváez, V. (2009). Estudio Técnico Económico de Instalación Fotovoltaica en cubierta y conectada a red en el Instituto de Enseñanza Secundaria "Francisco Salinas" de Salamanca. Salamanca, España: Universidad Internacional de Andalucía.

Reyes-Alonso, G., & Melchor-Chávez, P. (2016). Sistema de control inteligente de sombras para el confort lumínico en oficinas de edificios públicos. (I. T. Hidalgo, Ed.) *Revista de Ingeniería y tecnologías para el desarrollo Sustentable*, 1, 7-15.

SAGARPA. (2017). Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales agrícolas yPecuarías).<http://clima.inifap.gob.mx/lnmyst/Pincipal/Index>

Secretaría de Energía. (2016). Balance Nacional de Energía 2015. Secretaría de Energía, Dirección General de Planeación e Información Energéticas. México: Secretaría de Energía.

SENER. (2012). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización). Diario Oficial de la Federación.

STPS. (2008). NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. (S. D. SOCIAL, Ed.) Diario Oficial de la Federación.