

IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Data de aceite: 05/03/2023

Telly Yarita Macías Zambrano

<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

Yoan Pablo Rodríguez Monier

<https://orcid.org/0000-0001-7200-8456>

María Rodríguez Gámez

<https://orcid.org/0000-0003-3178-0946>

Ricardo Fabricio Muñoz Farfán

<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

Verónica Dayana Espinel Pino

<https://orcid.org/0000-0002-7604-7599>

Mario Hernán Mendoza Solórzano

<https://orcid.org/0000-0002-7725-563X>

Jorge Daniel Menéndez López

<https://orcid.org/0000-0001-9407-0592>

ENVIRONMENTAL IMPACT OF PHOTOVOLTAIC SOLAR TECHNOLOGY

RESUMEN: En el trabajo se expone un análisis vinculado a una de las alternativas energéticas ambientalmente sostenible que en los momentos actuales se están

adoptando con éxitos a nivel mundial. Poniendo en práctica el método de investigación de campo, se muestran los resultados de un estudio relacionado con una aplicación de innovación tecnológica para reducir el monto de la factura eléctrica de un local de docentes, mediante la introducción de tecnología fotovoltaica conectada a la red de baja tensión de la institución. Se muestran los resultados del estudio de carga y consumo horario de energía de dicha entidad y se despliega una metodología propia para el diseño tecnológico de una central fotovoltaica conectada a la red, que puede evitar el consumo de energía de la red convencional, reduciendo el monto de la factura eléctrica de la institución, al propio tiempo que se logra reducir las pérdidas, mejorar la calidad del servicio eléctrico y disminuir las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Se exponen los impactos, ambientales y sociales vinculados con la penetración de la tecnología fotovoltaica.

PALABRAS CLAVES: energía alternativa, energía solar, impacto ambiental, medio ambiente, sistemas fotovoltaicos.

1 | INTRODUCCIÓN

El desarrollo energético de la sociedad ha constituido un paso importante en el salto experimentado por el progreso humano. Es evidente que sin la energía no hubiera sido posible el desarrollo acelerado de las fuerzas productivas y la creación de la base material que permite al hombre, abandonar las primeras formas de vida y emprender nuevas rutas en el progreso de la humanidad.

Se estima que durante el siglo VI antes de Cristo con el inicio de la era neolítica, comienza el hombre a controlar y utilizar racionalmente la energía en la agricultura, así como el uso de animales para el trabajo y la preparación de alimentos. Ya en los siglos IV y III A.C., se inician los primeros grandes sistemas energéticos de la historia, con la construcción en las zonas pluviales del Tigris, el Éufrates y el Nilo, de sistemas de irrigación de cultivos. Por esta misma época se construye una maquina elemental para el levantamiento de pesos basada en el principio de la palanca (Rodríguez, Vázquez, Castro, & Vilaragut, 2012).

Entre los siglos XII y XVII se experimentó una fuerte demanda de energía para el procesamiento y preparación de los metales, incrementándose considerablemente la demanda de madera para emplearla como combustible. Todo ello dio lugar a un avance desmesurado de la deforestación en muchas regiones europeas. Es precisamente en el siglo XVII, cuando como consecuencia de un mal manejo en el uso de la madera como combustible, se experimenta una aguda escasez de este recurso en Europa occidental, sobre todo en las islas británicas, donde para la realización de las actividades industriales que se derivan de la energía térmica, hubo que empezar a quemar hulla (Saltos, Rodríguez, Vázquez, & Castro, 2016).

A partir del siglo XVII comienza a desarrollarse la primera revolución industrial, con el surgimiento de tecnologías como la máquina de vapor, el ferrocarril y las maquinas textiles, produciéndose la primera transición energética, donde la madera y el carbón vegetal son sustituidos por el carbón mineral. Algunos siglos más tarde entre 1860 y 1930 tiene lugar la segunda transición energética vinculada con la segunda revolución industrial, donde se introdujeron los sistemas eléctricos, la aviación y la siderurgia. En esta etapa el carbón mineral cede paso el uso preferencial del petróleo. Ya en 1859 se había cavado el primer pozo para la extracción de petróleo en Pensilvania por la Seneca Oil Co (Valls, 2019).

En un corto periodo de tiempo durante en la segunda mitad del siglo XIX, se había incrementado rápidamente la participación del petróleo en el mercado mundial de energía primaria, y para el año 1970 constituía la base del primer sistema global de suministro energético (Rodríguez, Vázquez, Sarmiento, & Millet, 2017).

Durante la segunda mitad del siglo XX la participación de los combustibles fósiles en la generación de energía continuó en aumento y cuando se describe el escenario de las nuevas políticas energéticas, se plantea que la demanda de energía global registra una fuerte alza y puede aumentar un tercio de 2010 a 2035 (Vázquez, Rodríguez, Villacreces, & Velez, 2017).

El incremento de la dependencia excesiva de los combustibles fósiles para la obtención de energía, fueron provocando el agotamiento de sus reservas, a tal punto que se estima según un estudio publicado por la Organización de Países Productores de Petróleo (OPEP), que podría fallar el suministro de petróleo para el año 2037 y por otra parte, con un alto grado de complejidad por el peligro que supone la quema de carbón, petróleo y gas natural para el medio ambiente y la especie humana (Dávila, Dávila, Vázquez, & Dávila, 2017).

Las discusiones internacionales acerca de las causas e implicaciones para la humanidad del llamado “efecto invernadero”, provocado por las crecientes emisiones a la atmósfera de gases tales como el CO₂, reflejan la necesidad de un enfoque integral en el tratamiento de los problemas ambientales y del desarrollo, así como la necesidad de una acción de la comunidad internacional para mitigar los efectos del calentamiento global.

La energía eléctrica sin dudas es el recurso más utilizado en el mundo, constituye un elemento técnico que se le confiere una importancia vital para el desarrollo social, sin embargo el uso intensivo de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), propician el agotamiento de sus reservas, a la vez que pueden acumularse efectos contaminantes que ponen en juego la estabilidad de la vida en la Tierra (Saltos, Intriago, Salvatierra, Vázquez, & Rodríguez, 2017).

La combustión de combustibles fósiles, es la responsable de producir el 80 % de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera generando el calentamiento global. Algunas organizaciones han publicado información que revela el peligro que supone la quema de carbón, petróleo y gas natural, pues el nivel histórico de CO₂ existente en la atmósfera, había estado en niveles entre 180 a 280 ppm y en poco más de cien años se ha elevado a 400 ppm, situación que de no controlarse puede generar una verdadera calamidad climática global (Medveczky & Ochoa, 2012).

Como posible respuesta a estos impactos naturales y la conservación de la propia vida del hombre, surge un compromiso social suficientemente entendido por la mayor parte de los seres humanos, que apuesta por un esquema de progreso que al propio tiempo sea respetuoso con la naturaleza y la integridad humana, es decir, se proyecta por un desarrollo sostenible, que potencie entre otros elementos, las fuentes renovables de energía, las

cuales hace algún tiempo no se pensaba que tuvieran una participación tan importante en lo que se refiere a la generación de electricidad (Cabeza, 2018).

Las discusiones internacionales acerca de las causas e implicaciones para la humanidad del llamado “efecto invernadero”, provocado por las crecientes emisiones a la atmósfera de gases tales como el CO₂, reflejan la necesidad de un enfoque integral en el tratamiento de los problemas ambientales y del desarrollo, así como la necesidad de una acción concertada de la comunidad internacional para mitigar los efectos del calentamiento global (Dávila et al., 2017).

Hace algunos años se viene planteando con fuerza que las fuentes renovables de energía que reemplacen los combustibles fósiles deben ser más limpias y no deben producir más impactos que aceleren el cambio climático. Se enfatiza que como ventaja adicional deberán ubicarse de manera fácil, con el menor impacto al paisaje y las condiciones ambientales (Van, 2002).

La respuesta yace en el entorno: la luz solar, el viento, el agua, las plantas, el calor de la Tierra. Algunas de estas fuentes son muy antiguas. Desde que los seres humanos aprendieron a hacer fuego utilizaron madera para lograr la calefacción y cocinar. Los molinos de viento ayudaron a irrigar los campos de los antiguos persas. Los antiguos griegos y los romanos utilizaron el agua que caía para hacer girar ruedas hidráulicas. Sin embargo a principios del siglo XX en muchos lugares los combustibles fósiles supuestamente más económicos, reemplazaron casi todas esas fuentes tradicionales de suministro de energía (Rodríguez, Vázquez, Castro, & Vilaragut, 2013).

En la Tierra la radiación solar es la principal fuente de energía primaria, la cual se transforma en energía eléctrica por conversión fotovoltaica. Prácticamente es inagotable, no contaminante, está territorialmente distribuida y su disponibilidad potencial es muy superior a las necesidades energéticas del hombre (Giraudy, Rodríguez, Massipe, Vázquez, & Rodríguez, 2014).

A diferencia de los combustibles fósiles, la energía solar no produce dióxido de carbono y por lo tanto no contribuye al calentamiento global. Lo más importante es que a diferencia de los combustibles fósiles cada vez más escasos, esta fuente de energía nunca se acabará mientras exista el hombre en el planeta (Sarmiento, Castillo, Rodríguez, & Vázquez, 2014).

A nivel mundial hay una concientización cada vez mayor sobre la importancia de la energía renovable y la eficiencia energética, las cuales constituyen una alternativa no sólo para atender el cambio climático, sino para crear nuevas oportunidades económicas y proporcionar acceso a la energía a miles de millones de personas (REN 21, 2015).

Durante la década pasada y particularmente en años recientes, han sido posibles avances en las tecnologías de fuentes renovables de energía, incrementos en la capacidad de generación a nivel mundial, así como rápidas reducciones de costos gracias al apoyo brindado por las políticas económicas, que han atraído una cantidad significativa de inversiones e impulsado la baja de costos por medio de economías de escala (REN 21, 2015).

En 2014 la energía renovable siguió desarrollándose, aun con el creciente consumo de energía a nivel mundial y el dramático declive en los precios del petróleo durante la segunda mitad del año 2015 como telón de fondo. También en 2014 la energía renovable se extendió significativamente en términos de capacidad instalada y energía producida; mientras que las inversiones en energía renovable en el sector energético superaron las inversiones netas para plantas de energía de combustibles fósiles. El crecimiento más rápido y el incremento más sustancial en la capacidad renovable a nivel mundial se vieron en el sector eléctrico, las tecnologías dominantes fueron: eólica, solar fotovoltaica (FV) y energía hidráulica (REN 21, 2015).

El apoyo a las políticas para energías renovables ha contribuido al crecimiento del volumen del mercado y a una competencia mundial alta. Las significativas reducciones en los costos, especialmente para la energía solar FV y la eólica, han jugado un papel en la creciente electrificación del transporte y de los aparatos de calefacción. Este hecho también ha resaltado el potencial para una mayor superposición entre los sectores en un futuro cercano. En muchos países las energías renovables son altamente competitivas con los combustibles convencionales, particularmente en el sector eléctrico (REN 21, 2015).

En países en desarrollo los sistemas de generación distribuida de energía ofrecen una oportunidad sin precedentes de acelerar la transición a servicios modernos de energía y de incrementar el acceso (Cabeza, 2018).

Por su parte el gobierno ecuatoriano sigue muy de cerca el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía con proyectos de generación hidráulica, eólica y solar en varios sectores del país. Pero la apuesta nacional aún se centra en el aprovechamiento de su potencial hídrico con grandes proyectos e inversiones. En Loja el Parque Eólico Villonaco es el proyecto más grande de su clase en el país, con 11 aerogeneradores instalados que aportan energía a la red de distribución de media tensión. Estos equipos generarán 16,5 MWh y su aporte al país será de 0,03% al Sistema Nacional Interconectado, pudiendo evitar la emisión de 38.000t CO₂ así como la importación de un volumen importante de diésel. Estos proyectos son impulsados a través de Energía Renovable (Hernández, Vázquez, Rodríguez, Martínez, & Torres, 2017).

Ecuador se ha puesto a tono con lo último en tecnología fotovoltaica y térmica. Como ejemplo, el Gobierno implementó paneles solares fotovoltaicos en ocho comunas del Golfo de Guayaquil. El proyecto Eurosolar pretende dotar de electricidad a 91 comunidades aisladas y pobres con ayuda de la Unión Europea. Aunque otros proyectos se vienen desarrollando mediante la introducción de instalaciones mayores de 500kWp, (Vázquez, Llor, Cuenca, & Hernández, 2016). Sin embargo el aporte de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red de baja tensión en el modo de la generación distribuida aún es pobre y no se comprende adecuadamente su esencia y objetivos.

Para obtener los resultados esperados en un proyecto fotovoltaico se deben considerar ciertos factores, los cuales deben ser estudiados y analizados detalladamente. Lo principal a valorar es la eficiencia energética del sistema fotovoltaico a instalar, para lograrlo se deben evaluar diferentes elementos que están relacionados, como las dimensiones del área de instalación de la tecnología, el potencial promedio de la energía solar diaria, el ángulo de inclinación de los módulos, el nivel de sombreado presente en el área, la calidad y características de la tecnología ofertada, la evaluación de los posibles daños ocasionados por desastres naturales y demás aspectos que de forma particular pueden ser analizados (Rodríguez, Vázquez, Saltos, & Castillo, 2016).

En el trabajo se ofrece una alternativa sostenible al problema del suministro energético, donde se exponen los resultados del diseño de un sistema fotovoltaico conectado a red en el edificio de docentes de la Universidad Técnica de Manabí, que ofrece la posibilidad de reducir la dependencia del petróleo en la generación de electricidad, contribuyendo a la disminución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

Corresponde a una investigación descriptiva, por cuanto se trata de obtener información acerca de los sistemas fotovoltaicos, especialmente los que se conectan a la red de baja tensión en el modo de la generación distribuida y su aplicación en el contexto del área de estudio con el fin de reducir el monto de la factura eléctrica, al propio tiempo de lograr la disminución en el consumo de petróleo y disminuir las emisiones de CO₂ a la atmósfera por concepto de la generación de electricidad. Se realizó una evaluación sobre la aplicación de la tecnología fotovoltaica y se procedió a verificar su impacto económico, técnico y ambiental.

El método básico utilizado es el exploratorio, con el fin de determinar un grupo de datos y situaciones que eran desconocidas, entre las que se encuentran: el consumo horario

de energía eléctrica en el edificio; el potencial solar incidente en el sitio de la instalación y; la productividad específica que puede lograrse.

De manera general se emplearon las técnicas investigativas de revisión de documentos, textos, tesis, libros, periódicos, revistas, normas técnicas, páginas web y manuales, para la obtención de la información apropiada y clara para el buen desarrollo del tema abordado.

Generación de la provincia de Manabí

La generación base en la provincia de Manabí depende del uso del petróleo mediante un sistema centralizado poco eficiente y muy costoso. Ello supone una influencia ambiental y económica negativa para el consumo de energía, pues por cada MWh de energía generada con plantas térmicas se puede estar emitiendo hasta 0.9 toneladas de CO₂ a la atmósfera, al propio tiempo que el petróleo resulta un recurso que presenta altos precios en el mercado, propiciando que el servicio eléctrico ineficiente y costoso.

La empresa eléctrica ha considerado lograr un impacto social relevante mediante el incremento de la oferta de energía y a pesar del uso de diversas tecnologías destinadas a garantizar un servicio de calidad, este último objetivo se logra a un elevado precio económico y ambiental, pues cada vez son más numerosas las tecnologías que se incorporan para lograrlo.

Las denominadas fuentes renovables de energía, conocidas así por su capacidad ágil y naturales de autogenerarse, cubren apenas el 12,9% de la demanda global de energía a nivel mundial. Este último porcentaje se desglosa de la manera siguiente: biomasa energía generada con elementos orgánicos derivados de cultivos (10,2%) hidráulicas (2,3%); energía eólica (0,2%); geotérmica y solar (0,2) (Schallenberg & et al, 2008).

En la provincia de Manabí y especialmente en la ciudad de Portoviejo, la energía fotovoltaica posee la capacidad de garantizar un servicio eléctrico de calidad, logrando reducir el impacto económico y ambiental en la generación de la electricidad, elementos que constituyen un reto para las escuelas y colegios.

Las variadas reformas operadas en el Ecuador han ido generando todo un proceder propiciador del ahorro de energía, pero nada contundente y específico como algo tan claro y eficiente como la energía limpia. Para esto, centros docentes tienen en sus planes de desarrollo académico e investigativo proyectos que involucran espacios públicos, que complementan los programas que ayudan al aumento de las energías renovables, transformando el monopolio energético por una matriz renovable diversa de generación

distribuida y sustentada en el aprovechamiento de las fuentes renovables que se encuentren disponibles en los territorios (Cabeza, 2018).

En la provincia de Manabí, la energía fotovoltaica posee la capacidad de garantizar un servicio eléctrico de calidad, logrando reducir el impacto económico y ambiental en la generación eléctrica.

Alternativa de solución sostenible al suministro de energía eléctrica

La investigación propuso una alternativa de solución sostenible al suministro de energía eléctrica, logrando al propio tiempo el ahorro de recursos, la reducción de la factura eléctrica y la disminución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

En la constitución de la República del Ecuador en el artículo 14 se expresa textualmente “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Asamblea Constituyente, 2008).

En la propia Constitución en el artículo 413 se recoge textualmente: “El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua. Más adelante en el artículo 414 se plantea textualmente: “El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica;... (Asamblea Constituyente, 2008).

En el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones del Ecuador, en el artículo 9,1 se prioriza el desarrollo en las aplicaciones basadas en fuentes renovables de energía (Asamblea Nacional, 2010).

En el Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 (SENPLADES, 2013) en el Capítulo 5.1.4. Matriz Productiva y Sectores Estratégicos se expresa textualmente: “Paralelamente a la ejecución de grandes proyectos hidroeléctricos, en 2030 la oferta de electricidad se complementara con la implementación de pequeños proyectos de generación de energía con fuentes renovables tales como: la fotovoltaica, la eólica, la biomasa y la hidroelectricidad en zonas cercanas a los consumidores, y con esquemas de gestión participativa de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, las organizaciones comunitarias y el sector privado. Estos proyectos ponen a disposición energías renovables para usos productivos

locales y el sistema interconectado, lo que permite generar empleo local, optimizar el uso de los recursos naturales, diversificar los territorios en la generación de electricidad y disminuir las pérdidas técnicas en la transmisión de electricidad.

El potencial solar

El Sol puede satisfacer las necesidades energéticas si se logran conocer las maneras de cómo aprovechar de forma racional la energía que consecutivamente esparce sobre el planeta. Para ello se utilizan sistemas de captación y transformación que se desarrollan con el progreso de la ciencia y la tecnología. Entre las ventajas de esta energía están su elevada calidad, carácter distribuido y relativamente bajo impacto ambiental. Todo el consumo mundial de energía se puede cubrir con el empleo de la energía solar en las diferentes variantes de su aprovechamiento (Alvarez, 2020).

Considerando la distancia que separa el Sol de la Tierra, la proporción de energía radiante que recibe el planeta con respecto al total emitido por el Sol es de apenas una milésima parte por millón, pero, aun así, a la Tierra llegan $1,51 \times (10^{18})$ kWh/año, esta cantidad equivale a varios miles de veces la energía que utiliza toda la humanidad (Sarmiento, 2013).

Variables que pueden afectar la radiación solar

Entre las variables que más pueden afectar la radiación solar se encuentra la nubosidad. La estimación de la generación de energía debe considerar el carácter inestable de la fuente primaria (el Sol), la cual presenta fluctuaciones durante el día debido a la nubosidad que supone una alta variabilidad, incrementando o disminuyendo de acuerdo a las estaciones del año, y concretamente en algunos territorios puede ser mayor o menor (Díaz, Vázquez, & Rodríguez, 2012).

El potencial solar significa la potencia equivalente de energía solar que llega al plano horizontal de la tierra en un día y se expresa en: kWh/m² día. La provincia de Manabí posee uno de los valores más altos del potencial solar que incide como promedio en el Ecuador. La intensidad de la radiación solar promedio de la provincia es equivalente a medio litro de petróleo por metro cuadrado diariamente.

Visualización del alcance del estudio

El proyecto desarrollado es capaz de desplegar alcance en lo económico, lo social, lo ambiental y lo científico. El alcance económico radica en la propia naturaleza de la propuesta, ya que se pretende introducir una alternativa técnica que genera un costo virtual igual a cero por concepto de consumo de combustible y lubricante; capaz de reducir las

perdidas; con potencialidad de incrementar la independencia petrolera de la generación de electricidad, lo que posibilita una reducción importante del costo del kWh generado y servido a los usuarios, pudiendo ahorrar divisas por petróleo evitado en la generación de energía.

Las soluciones energéticas que se proponen generan potencialidades de reducir la factura eléctrica. En la actualidad, cuando se consideran las externalidades generadas por el servicio eléctrico tradicional, el costo real sin subsidio del kWh servido a los usuarios finales puede estar entre 0,35 USD y 0,42 USD, en dependencia de las pérdidas. Sin embargo, el costo del kWh fotovoltaico generado en el modo de la generación distribuida y servido a los usuarios finales puede estar costando entre 0,10 USD y 0,23 USD, en dependencia del precio de la tecnología fotovoltaica a la hora de su adquisición (Rodríguez & Vázquez, 2015).

En lo social constituye la propuesta de una solución sostenible a la diversificación de la matriz energética en el territorio, puesto que contribuye a la relocalización de las fuentes energéticas, que representa la introducción de una nueva filosofía de generar y consumir la energía, donde el consumidor se puede convertir en el generador de su propia energía, logrando que la sociedad se convierta en protagonista de la gestión energética. Las aplicaciones están enfocadas en garantizar una mayor calidad y confiabilidad del servicio eléctrico, contribuyendo a mejorar la imagen institucional del sector energético ante la sociedad.

Desde el punto de vista ambiental el alcance está garantizado en la medida que la introducción de la tecnología fotovoltaica logra disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera por concepto de la generación de electricidad. Por cada MWh de electricidad generada en una planta térmica que consume petróleo, se emiten 0,25 Ton de CO₂ a la atmósfera, lo que se logra evitar con la tecnología fotovoltaica.

Hasta estos momentos la mayoría de las aplicaciones fotovoltaicas que se han realizado en Ecuador, obedecen a instalaciones centralizadas conectadas a la red de distribución del Sistema Nacional Interconectado. Desde este punto de vista el alcance científico radica en la novedad del contenido del tema que se aborda, pues se trata de una aplicación puntual en el modo de la generación distribuida, capaz de reducir pérdidas y lograr que el consumidor genere su propia energía, que lo convierte en protagonista de la gestión energética. Los resultados de la investigación pueden ser aprovechados por otros estudiantes, profesores e investigadores que incursionen en el estudio del tema tratado.

Definición de la muestra inicial del estudio y acceso a esta

Para la entrevista la población está conformada por docentes. Dada las características de la población, no se requiere realizar ninguna ecuación para definir dicha muestra.

3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestran las opiniones aportadas por los especialistas en función de la posibilidad de mejoría del servicio eléctrico aplicando tecnología fotovoltaica.

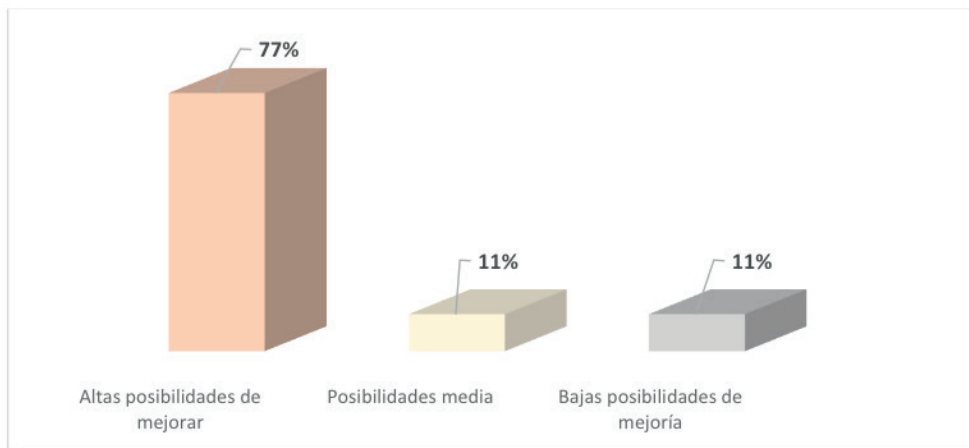


Figura 1. Opiniones aportadas por los especialistas

Fuente: Docentes encuestados

Se puede apreciar que la mayoría de los profesores entrevistados opinaron que la posibilidad de mejorar el servicio eléctrico mediante la aplicación de tecnología de energía solar es alta. Los especialistas opinaron que los sistemas de generación de electricidad aprovechando la energía solar, se basan en la capacidad de las celdas fotovoltaicas de transformar la radiación luminosa del Sol en energía eléctrica en forma de corriente directa (DC). Ello supone que el consumo de cualquier otro combustible para la generación sea nulo y por lo tanto las emisiones de CO₂ sean prácticamente simbólicas. En un sistema conectado a la red, la energía mediante el uso de un inversor es transformada a corriente alterna, la cual puede ser utilizada en hogares o instituciones con capacidad de evitar combustibles fósiles para generar electricidad y mejorar el perfil de tensión de la red junto con otros beneficios que sólo se logran con el aprovechamiento de la energía solar en el modo de la generación distribuida (Soto I. E, 2005). Considerando lo planteado anteriormente se puede definir que la introducción de la energía solar en el formato técnico

de conexión la red de baja tensión, aprovechando el modo de la generación distribuida, puede lograr el ahorro de petróleo, la reducción de la factura eléctrica de la institución y al propio tiempo contribuir a la disminución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis respecto al impacto de la energía solar en la preservación de los recursos naturales.

No	Criterios	Frecuencia	%
A	Alto impacto en la preservación de los recursos naturales	9	100
B	Un impacto medio en la preservación de los recursos naturales	0	0
C	Un impacto bajo en la preservación de los recursos naturales	0	0

Tabla 1. Impacto de la energía solar en la preservación de los recursos naturales

Nota. Elaboración propia.

Se pudo comprobar que la totalidad de los especialistas encuestados, opinaron que la energía solar puede tener un impacto alto en la preservación de los recursos naturales, pues en la provincia de Manabí la generación de electricidad tiene un origen térmico mediante el uso de petróleo y se conoce que el índice de consumo de combustible para la generación eléctrica es aproximadamente de 0,25 ton de petróleo por cada MWh de electricidad generado (0,25ton/MWh). Esto quiere decir que cada 4 MWh de energía fotovoltaica que se pueda generar, se está ahorrando una tonelada de petróleo.

Se consultó en qué medidas se considera que el aprovechamiento de la energía solar puede contribuir a la protección del ambiente obteniéndose los siguientes resultados en la figura 2 se muestran los resultados.

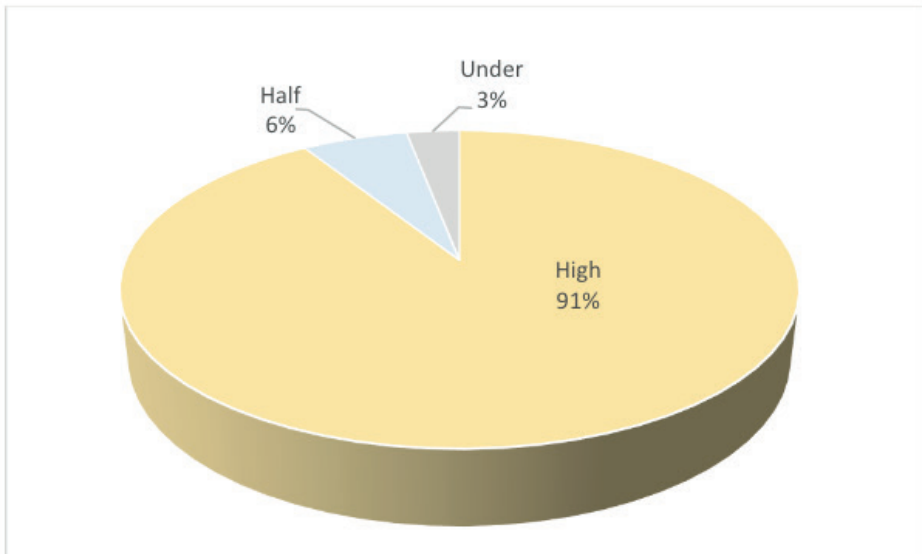


Figura 2. La energía solar puede contribuir a la protección del ambiente

El 91% de los encuestados plantearon que el aprovechamiento de la energía solar puede crear beneficios altos a la protección ambiental; el 6% considera que los beneficios pueden ser medios; mientras que el 3% opinó que dichos beneficios son bajos.

Según datos publicados por la Agencia Internacional de Energía, cuando se analizan los efectos ambientales de la generación de electricidad mediante la quema del petróleo, se puede verificar que por cada MWh generado se emiten 0,9 toneladas de CO₂ a la atmósfera, resultando una operación técnica muy contaminante y dañina de las condiciones ambientales, principalmente incrementa el efecto invernadero. Se puede afirmar que el factor contaminante derivado de la generación de electricidad con el uso de petróleo, puede experimentar una alta reducción cuando se logra implementar el aprovechamiento de la energía solar (Intriago & Salvatierra, 2015).

El impacto ambiental

El estudio de impactos ambientales se realiza con el objetivo de determinar el impacto al medio que se puede propiciar con la introducción de la tecnología fotovoltaica y estos deben ser estudiados en dos direcciones: los efectos negativos al ambiente del sitio donde se instala la tecnología; y los beneficios ambientales que se logran con la reducción del consumo de combustible fósil como consecuencias de la introducción de la tecnología fotovoltaica.

Los principales efectos ambientales negativos asociados a la introducción de la tecnología fotovoltaica, van a estar relacionados con la ocupación del espacio y la intrusión visual al paisaje que se causa con la introducción del equipamiento. La ubicación de los módulos fotovoltaicos crea un compromiso de ocupación del espacio.

Entre los beneficios y ventajas ambientales que reporta la tecnología fotovoltaica podemos señalar las siguientes: no emite ruido en su funcionamiento; no tiene partes móviles; no necesita ser abastecida; no emite gases contaminantes en su etapa de explotación y; al ser instalada en la cubierta de la edificación puede reducir la transferencia de calor hacia el interior, beneficiando la climatización de los locales y con ello el ahorro de energía por parte del equipamiento de clima. Estas características la convierten en una valiosa solución tecnológica reductiva de impactos ambientales.

Cuando se consideran las pérdidas asociadas al sistema de generación y suministro energético centralizado, se puede afirmar que por cada kWh de energía fotovoltaica suministrada en el modo distribuido de conexión directa a la red de baja tensión del edificio, se puede ahorrar más de 1 kWh de electricidad generada con fósiles, por lo que puede tener un valor agregado de reducción de impactos ambientales.

Si se entra a considerar el petróleo evitado por la generación fotovoltaica y la reducción de las pérdidas, se puede estimar que por cada MWh de electricidad fotovoltaica generada se puede evitar la emisión de 0,9 toneladas de CO₂.

Considerando la productividad energética de la central fotovoltaica que se propone, se puede estimar que en un año de generación se logran reducir más de 40 toneladas de emisiones de CO₂ a la atmósfera.

El impacto social

El impacto social constituye un elemento que difícilmente puede lograrse a través de las formas tradicionales de implementar la energía. La tecnología fotovoltaica permite como ninguna otra fuente, la relocalización del recurso energético muy próximo a los actores sociales que consumen la electricidad y este puede ser un elemento influyente para la adopción de nuevas posturas de consumo y responsabilidad en función de la preservación de los recursos y la adopción de patrones de utilización y gasto energético adecuados a las necesidades reales del trabajo y las personas.

4 | CONCLUSIONES

La generación fotovoltaica puede evitar la emisión anual de unas 40 toneladas de CO₂, por concepto de petróleo evitado en la generación de electricidad, además que puede

generar otros beneficios asociados a la protección de los recursos naturales al evitar el consumo anual de más de 1 tonelada de petróleo.

REFERENCIAS

Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Decreto Legislativo 0, Registro Oficial 449 de 20-oct-2008, Última modificación: 13-jul-2011. Estado: Vigente, Disponible en: http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Asamblea Nacional. (2010). Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones. Registro oficial del Órgano de Gobierno del Ecuador., Disponible en: <http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec050es.pdf>

Cabeza, C. J. V. (2018). Estudio del potencial disponible en el edificio 3 para aumentar la generación por energía solar. Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Trabajo de titulación previo para obtener el título de Ingeniero Electricista, Repositorio de la biblioteca de la Universidad Técnica de Manabí.

Dávila, C. M. L., Dávila, A. M. G., Vázquez, P. A., & Dávila, A. M. L. (2017). Regulatory Framework for Renewable Energy Sources in Ecuador Case Study Province of Manabí. *International Journal of Social Sciences and Humanities (IJSSH)*, [S.l.]. ISSN 2550-7001. Available at: <http://sciencescholar.us/journal/index.php/ijssh/article/view/33>. Date accessed: 16 nov. 2017. <http://dx.doi.org/10.21744/ijssh.v1i2.33>, v. 1, n. 2. aug. 2017, 29-42.

Díaz, S. R., Vázquez, P. A., & Rodríguez, G. M. (2012). Normas técnicas y sistemas fotovoltaicos conectados a red. *Revista CUBASOLAR*. www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar39/HTML/Articulo02N.htm, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE). La Habana. Cuba

Giraudy, A. C. M., Rodríguez, G. M., Massipe, C. I., Vázquez, P. A., & Rodríguez, R. R. (2014). Factibilidad de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red. *Ingeniería Energética*, Vol. XXXV, No. 2/ 2014 Mayo/ Agosto , ISSN 1815 -5901.

Hernández, C. J. C., Vázquez, P. A., Rodríguez, G. M., Martínez, G. A. A., & Torres, B. O. E. (2017). Use of Small Wind Turbines in Isolated Areas Social Impact. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research (IRJEIS)*. Available online at <http://ijcu.us/online/journal/index.php/irjeis>, Vol. 3 Issue 2, March 2017, ISSN: 2454-2261 Impact Factor: 5.211 | Thomson Reuters: K-4290-2016: <http://dx.doi.org/10.21744/irjeis.v3i2.415>, 84~90.

Intriago, C. Gabriela, & Salvatierra Ch Susana. (2015). "Implementación de tecnología fotovoltaica conectada a la red para suministrar energía eléctrica al segundo y tercer piso del edificio n° 3 de docentes a tiempo completo de la Universidad Técnica de Manabí, el ahorro y la eficiencia energética". Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí, Disponible en el repositorio de la biblioteca de la Universidad Técnica de Manabí.

(Álvarez, P. E, 2020). Energía y Cambio Climático. *Real Academia de Ingeniería*. https://issuu.com/raing/docs/energ_a_y_cambio_clim_tico._format

Medveczky, O. D., & Ochoa, C. J. (2012). Tesis previa a la obtención de título de ingeniero eléctrico. Universidad de Cuenca.

REN 21. (2015). Reporte de la situación mundial de las energías renovables 2015. Hallazgos claves 2015. Renewable energy polici network. ISBN 978-3-9815934-7-1.

Rodríguez, G. M., Vázquez, P. A., Castro, F. M., & Vilaragut, L. M. (2012). Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial. *Revista Energética. Ingeniería Energética. versión On-line* ISSN 1815-5901, vol.34 no.3 La Habana sep.-dic. 2013.

Rodríguez, G. M., Vázquez, P. A., Castro, F. M., & Vilaragut, L. M. (2013). Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial. *Revista: Ingeniería Energética. versión On-line* ISSN 1815-5901, *Energética* vol. 34 no.3 La Habana sep.-dic. 2013.

Rodriguez, G. M., Vázquez, P. A., Saltos, A. W. M., & Castillo, J. W. C. (2016). Sustainable Transformation of Energy Matrix. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research (IRJEIS)* Available online at <http://ijcu.us/online/journal/index.php/irjeis>, Vol. 2, Issue 9, September 2016; ISSN: 2454-2261 Impact Factor: 3.605 I Thomson Reuters: K-4290-2016 : <http://dx.doi.org/10.21744/irjeis.v2i9.231> <http://orcid.org/0000-0001-9998-6145>, 28~33.

Rodríguez, G. M., Vázquez, P. A., Sarmiento, S. A., & Millet, R. Z. (2017). Renewable Energy Sources and Local Development. *International Journal of Social Sciences and Humanities*. Available online at <http://sciencescholar.us/journal/index.php/ijssh>. e-ISSN: 2550-7001, p-ISSN: 2550-701X, Vol. 1 No. 2, August 2017, pages: (10~19).

Saltos, A. W. M., Intriago, C. G., Salvatierra, C. S., Vázquez, P. A., & Rodríguez, G. M. (2017). Microgrid With a 3.4 kWp Photovoltaic System in the Universidad Técnica de Manabí. *International Journal of Physical Sciences and Engineering*. Available online at <http://sciencescholar.us/journal/index.php/ijpse>. ISSN : 2550-6943, p-ISSN : 2550-6951. <http://dx.doi.org/10.21744/ijpse.v1i2.34>, Vol. 1 No. 2, August 2017, 11~20.

Saltos, A. W. M., Rodríguez, G. M., Vázquez, P. A., & Castro, F. M. (2016). Microgrids Views from a Geographic Information System. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research (IRJEIS)*. Available online at <http://ijcu.us/online/journal/index.php/irjeis>. ISSN: 2454-2261 Impact Factor: 3.605 I Thomson Reuters: K-4290-2016. <http://dx.doi.org/10.21744/irjeis.v2i11.308>. <http://orcid.org/0000-0002-4123-2823>, Vol. 2, Issue 11, November 2016, 51~57.

Sarmiento, S. A. (2013). *Energía Solar Fotovoltaica. Temas seleccionados*. Editorial Academia., Editor 2013: Empresa de Gestión del Conocimiento y la Tecnología, Gecyt. Cuba.

Sarmiento, S. A., Castillo, C. O., Rodríguez, G. M., & Vázquez, P. A. (2014). Sistemas Integrados de energías con fuentes renovables, requisitos y opciones. *Ingeniería Energética*, Vol. XXXV, No. 1/ 2014 Enero/Abril ISSN 1815 - 5901, 71-78.

Schallenberg, Julieta & et al, (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. ISBN 978-84-69093-86-3, <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>.

SENPLADES. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades, 2013 Quito, Ecuador (primera edición). ISBN-978-9942-07-448-5. Disponible en: <http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202013-2017.pdf>.

Soto I E. (2005). *Celdas fotovoltaicas en la generación distribuida*. Santiago de Chile. Tesis Consultado diciembre 2015. <http://web.ing.puc.cl/power/paperspdf/pereda.pdf>, 7.

VALLS, XAVIER (2019). Pensilvania: el lugar donde nació el "oro negro". <https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historia-contemporanea/20191009/47853320440/oro-negro-petroleo-pioneros-estados-unidos.html>

Van, D. W. (2002). La cooperación transnacional, un instrumento al servicio del desarrollo rural. Cooperación internacional entre territorios rurales. Consultado diciembre 2017. Disponible en: <http://ec.europa.eu/agriculture/rur/leader2/rural-es/coop/coop1.pdf>.

Vázquez, P. A., Loo, C. G. A., Cuenca, A. L. A., & Hernández, C. J. C. (2016). The Regulatory Framework for Renewable Energy Sources. *International Research Journal of Management, IT & Social Sciences (IRJMIS)* Available online at <http://ijcu.us/online/journal/index.php/irjmis>, Vol. 3 Issue 11, November 2016, ISSN: 2395-7492 Impact Factor: 3.552 | Thomson Reuters: K-4291-2016: <http://dx.doi.org/10.21744/irjmis.v3i11.302> <http://orcid.org/0000-0001-9998-6145>, 7~19.

Vázquez, P. A., Rodríguez, G. M., Villacreces, V. C. G., & Velez, Q. A. M. (2017). Community Power as a Driving Force for Sustainable Local Development. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research (IRJEIS)*. Available online at <http://ijcu.us/online/journal/index.php/irjeis>. ISSN: 2454-2261 Impact Factor: 5.211 | Thomson Reuters: K-4290-2016, Vol. 3 Issue 4, July 2017, 7~17.