



La tecnología fotovoltaica conectada a la red eléctrica, para el autoconsumo en la Unidad Educativa Cristo Rey de Portoviejo

Photovoltaic technology connected to the electricity grid, for self-consumption in the Cristo Rey Educational Unit in Portoviejo

Tecnologia fotovoltaica conectada à rede elétrica, para autoconsumo na Unidade Educacional Cristo Rey em Portoviejo

Jorge Darío Vega-Mendoza ^I

jvega4058@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9913-8493>

María Rodríguez-Gámez ^{II}

maria.rodriguez@utm.edu.ec

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

Correspondencia: jvega4058@utm.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 15 de marzo de 2022 * **Aceptado:** 16 de abril de 2022 * **Publicado:** 09 de mayo de 2022

- I. Ingeniero Eléctrico, Estudiante de Maestría Académica con Trayectoria de Investigación en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia, Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- II. Doctorado en Estrategias y Planificación, Docente en la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Eléctrica, Portoviejo, Ecuador

Resumen

Considerando la demanda energética mundial y en especial de naciones emergentes que buscan lograr de desarrollo sostenible, se puede observar que desde un pequeño poblado hasta una gran metrópolis tienen un alto consumo de energía eléctrica, es de ahí la necesidad de implementar una fuente de generación que ofrezca la posibilidad de disminuir el alto costo económico y ambiental que puede tener el consumo energético cuando se genera con combustibles fósiles, en este caso en particular se ha tomado en consideración un sistema de autoconsumo que puede generar con fuentes renovables de energía, como es la generación con sistemas fotovoltaicos para ayudar a disminuir el consumo de la red eléctrica pública.

En la investigación tuvo como objetivo analizar y mostrar como la tecnología fotovoltaica es una fuente de generación que mejora la repotenciación energética en la Unidad Educativa Cristo Rey en la ciudad de Portoviejo; además de implementar una estructura de ahorro y eficiencia energética mejorando el factor económico y disminuyendo la contaminación ambiental.

Se utilizó como herramienta de cálculo el PVSys, el método cualitativo y cuantitativo, además el histórico que permitió conocer el consumo que la unidad ha tenido durante varios meses como promedio, se tuvo como resultado el diseño de un sistema fotovoltaico con un impacto positivo en su mejoramiento del autoconsumo, disminución del impacto ambiental, económico y social de la Unidad Educativa Cristo Rey.

Palabras clave: Sistema fotovoltaico; Eficiencia energética; Generación Distribuida.

Abstract

Considering the global energy demand and especially of emerging nations that seek to achieve sustainable development, it can be observed that from a small town to a large metropolis have a high consumption of electrical energy, hence the need to implement a generation source that offers the possibility of reducing the high economic and environmental cost that energy consumption can have when generated with fossil fuels, in this particular case, a self-consumption system that can be generated with renewable energy sources has been taken into consideration, such as generation with photovoltaic systems to help reduce the consumption of the public electricity grid.

The research aimed to analyze and show how photovoltaic technology is a source of generation that improves energy repowering in the Cristo Rey Educational Unit in the city of Portoviejo; in

addition to implementing a structure of saving and energy efficiency improving the economic factor and reducing environmental pollution.

The PVSyst was used as a calculation tool, the qualitative and quantitative method, in addition to the historical one that allowed to know the consumption that the unit has had for several months on average, it resulted in the design of a photovoltaic system with a positive impact on its improvement of self-consumption, reduction of the environmental, economic and social impact of the Cristo Rey Educational Unit.

Keywords: Photovoltaic System; Energy Efficiency; Distributed Generation.

Resumo

Considerando a demanda energética mundial e principalmente as nações emergentes que buscam alcançar o desenvolvimento sustentável, pode-se constatar que desde uma pequena cidade até uma grande metrópole possuem um alto consumo de energia elétrica, daí a necessidade de implantação de uma fonte de geração que ofereça a possibilidade de reduzindo o alto custo econômico e ambiental que o consumo de energia pode ter quando é gerado com combustíveis fósseis, neste caso específico foi levado em consideração um sistema de autoconsumo que pode gerar com fontes de energia renováveis, como geração com sistemas fotovoltaicos para ajudar reduzir o consumo da rede pública de eletricidade.

O objetivo da pesquisa foi analisar e mostrar como a tecnologia fotovoltaica é uma fonte de geração que melhora a repotenciação de energia na Unidade Educacional Cristo Rey na cidade de Portoviejo; além de implementar uma estrutura de economia e eficiência energética, melhorando o fator econômico e reduzindo a poluição ambiental.

O PVSys foi utilizado como ferramenta de cálculo, o método qualitativo e quantitativo, além do histórico que permitiu conhecer o consumo que a unidade teve por vários meses em média, o resultado foi o projeto de um sistema fotovoltaico com impacto positivo na melhoria do autoconsumo, redução do impacto ambiental, econômico e social da Unidade Educacional Cristo Rey.

Palavras-chave: Sistema fotovoltaico; Eficiência energética; Geração distribuída.

Introducción

La actual crisis energética del planeta es una realidad a la que no se puede despreciar en los momentos actuales, donde los problemas energéticos se agudizan (Díaz, Gerald, Castro, & Herrera, 2012), lo que resulta en la producción, transformación, distribución y consumo de energía que condujo al agotamiento evidente de los combustibles fósiles, problemas ambientales generados por la explotación (Lugones & Valdés, 2011), el transporte y el uso de los recursos naturales, cambio climático, contaminación, entre otros.

La importancia de contribuir al desarrollo del campo de investigación de la Educación en Energías Renovables, debido a las discusiones que actualmente surgen ante la falta de responsabilidad social en energía y el desinterés en el uso de energías alternativas como estrategia de reducción de los problemas ambientales del contexto (Caamaño, 1998); finalmente, la necesidad de formular nuevas formas para la implementación del uso de energías renovables por parte de los ciudadanos con la intención de mitigar los problemas derivados del desarrollo excesivo de la ciencia y la tecnología que ha sido problemático en las últimas décadas (Ballesteros & Gallego, 2019).

Las medidas para sustituir el uso de combustibles fósiles (combustible de termoeléctricas, motores de combustión interna, etc.) por energías apreciadas como 'limpias' no han forjado mayores resultados. La generación del recurso energético del país aún depende, principalmente del petróleo (Hidalgo Aguilar & Pillajo Amagua, 2019).

A partir de la exploración, del concepto y evolución de la calidad, de sus diferentes modelos de gestión; se busca construir una propuesta de un sistema de gestión de la calidad para empresas o instituciones en base a energías renovables en el Ecuador, a partir de un caso de estudio (León Guarnizo, 2020).

La introducción de energías renovables y eficiencia energética a través del transporte eléctrico sostenible en Ecuador tanto público como privado, se ha ido avanzando muy poco debido a pesar de tener un impacto ambiental menor al común, que en su gran mayoría utilizan sistemas solares fotovoltaicos, asimismo la búsqueda del aprovechamiento total de la capacidad energética del Ecuador (Ponce, 2019), la eliminación de subsidio de los combustibles fósiles que generaría un ahorro millonario al país, ya que anualmente Ecuador gasta 1.400 millones de dólares por concepto de subsidio de combustibles, además que de esta manera se mantendría el costo del pasaje de transporte público sin afectar la economía de los ecuatorianos usuarios y así

llegar al objetivo de que nuestras ciudades sean ecológicas amigables con el medio ambiente, libres de ruido, CO₂ y Diesel (Léon Jordan, 2020).

Materiales y Métodos

Para el desarrollo de la investigación se realizó un trabajo de campo y se utilizaron los métodos cuantitativo y cualitativo por medio de excel, para obtener la información necesaria y conocer la factibilidad del sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica de la Unidad Educativa Cristo Rey; se utilizó en sistema de información geográfica para proponer el mapa de radiación solar; además del PvSyst para el dimensionamiento del sistema (PVSyst, 2021). El estudio se realizó entre los meses de mayo hasta noviembre del 2021, monitoreando diariamente en las horas pico el comportamiento y el consumo energético por parte de la institución beneficiada.

Análisis y Discusión de Resultados

La Unidad Educativa Particular Cristo Rey de la ciudad de Portoviejo, a pesar de contar con el suministro de energía eléctrica por parte de la empresa distribuidora local, se ve en la necesidad de realizar un estudio de demanda de consumo de energía eléctrica diario, en horario diurno (08:00 – 18:00), lo cual permitirá conocer el comportamiento del sistema eléctrico instalado y a su vez calcular el valor por planilla de consumo eléctrico mensual.

Este análisis realizado ayudó a diseñar un sistema fotovoltaico para autoconsumo que permitirá en un futuro que la institución pueda generar parte de su energía mediante la generación fotovoltaica por ser un centro educacional sus consumos más elevados se encuentran en horario diurno, apoyando con ello mejorar la visión energética, disminuyendo el impacto económico, ambiental y social pudiendo educar a sus estudiantes en el ahorro y eficiencia energética.

Estudio de Demanda

Se realizó un estudio de carga en la Unidad Educativa, donde se pudo identificar los siguientes artefactos eléctricos y electrónicos instalados en el establecimiento: computadoras, impresoras, copiadoras, sistemas de seguridad, sistemas de distribución internet (rack de datos), centrales telefónicas, televisores, microondas, iluminación, neveras, bombas de agua, ventiladores,

sistemas de aire acondicionado, cargadores para equipos electrónicos, y sistemas de audio, entre los más usados.

Después del estudio de carga se valoró la demanda para llevar a cabo el dimensionamiento y diseño de la central solar fotovoltaica, por lo que se consideró tomar muestras correspondientes en el día desde las (08:00 – 18:00 horas) y en la noche de (18:00 – 08:00 h), analizando dentro de estos horarios el uso de cada equipo instalado en la institución y las horas de uso de estos, como se muestra en la Figura 1.

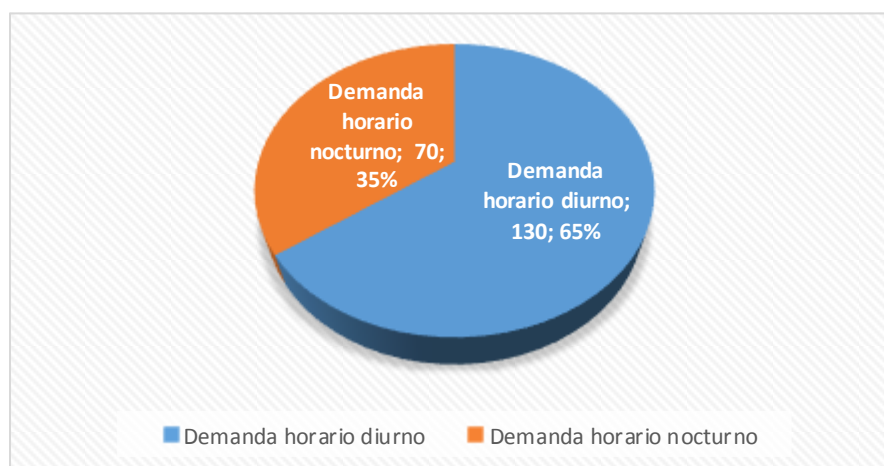


Figura 1. Estudio de demanda de la Institución Educativa en kWh
Fuente: Elaboración propia mediante datos de consumo energético

Como se observa la mayor cantidad de energía se utiliza en horario diurno con un 65 %, pudiendo en este tiempo aprovechar la energía solar siendo limpia que no afecta el ambiente y gratuita, logrando en un futuro poner en práctica la instalación

Evaluación de Recurso Energético (Potencial Solar)

Usando el sistema de información geográfica (SIG), se obtuvo el dimensionamiento del mapa de incidencia de potencial solar de la provincia de Manabí, en el cantón Portoviejo, mediante la ubicación y las variables geográficas del terreno donde se sitúa el lugar de estudio, como se observa en la Figura 2.

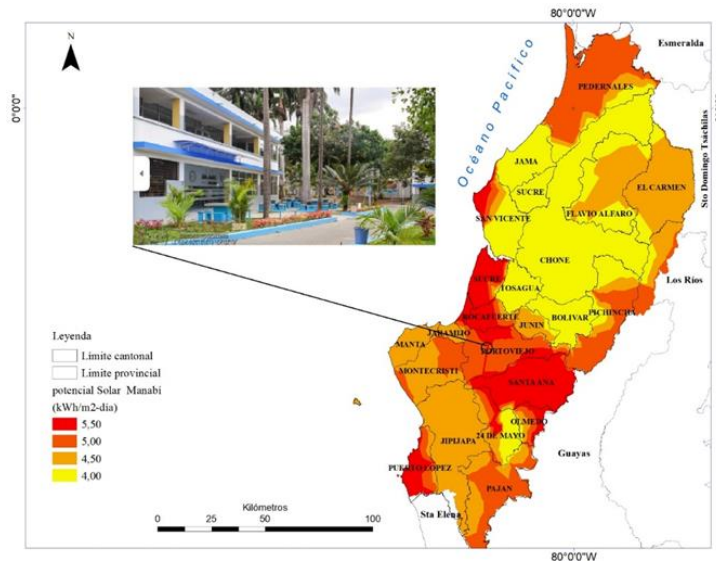


Figura 2. Potencial solar promedio diario del Cantón Portoviejo
Fuente: (Vega & Rodríguez, 2021)

Como se muestra en la Figura 2, la incidencia solar sobre el Cantón Portoviejo, al encontrarse en zona Centro-Sur de la provincia de Manabí, hace que sea elevado el nivel de incidencia solar para ser aprovechado en horarios diurno, para la generación con sistemas solares fotovoltaicos. Teniendo como datos los niveles de potencial solar sobre el cantón, oscilan entre los 4,00 y 5,50 kWh/m²día.

La evaluación del recurso energético (potencial solar), de la Unidad Educativa Cristo Rey, en la ciudad de Portoviejo, se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas -1.055077,-80.445733, la ubicación se muestra marcada, mostrando su ubicación exacta con niveles mayores de radiación solar promedio en kWh/m²día, que incide en el sector.

En la tabla 1, se observa los valores de irradiación solar promedio para todos los meses del año y el promedio anual.

Tabla 1. Irradiación solar promedio en kWh/m²día de los meses del año

| Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Agos. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Anu. |
|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 5,47 | 5,30 | 5,81 | 5,74 | 5,21 | 4,09 | 3,66 | 4,00 | 4,37 | 4,40 | 4,59 | 5,22 | 4,82 |

Fuente: Meteosat tomado del software PvSyst 7.2

Como se observa en la tabla, el mes de mayor irradiación solar promedio es en Marzo, con un valor de 5,81 kWh/m²día, debido a que en esas fecha se encuentra en periodo estacional de invierno y el cielo se encuentra despejado libre de nubosidad y contaminación ambiental, existiendo la mayor parte del día un aumento de potencial solar durante las jornadas diurnas y por las noches se considera tener lluvias, debido a la zona ecuatorial en que se encuentra. Así mismo, el mes de menor irradiación solar promedio es en el mes de Julio, con un valor de 3,66 kWh/m²día, lo cual, por el cambio de estación, se presentan jornadas diurnas más frescas y con mayor sombreado sobre la zona.

Dimensionamiento del Sistema Solar Fotovoltaico

El sistema solar fotovoltaico, que se diseñó, tiene como propósito principal disminuir la demanda de energía eléctrica en horarios diurnos, contemplados entre los horarios de (08:00-18:00 horas), lo cual se calculó un valor de 8,33 kWh.

Para el diseño del sistema solar fotovoltaico, se ha escogido utilizar módulos fotovoltaicos monocristalinos de 275 Wp de potencia nominal, de modelo JKM 275M-60, de la marca Jinkosolar; así mismo, el inversor escogido es del fabricante Power Electronics modelo FreeSun FS0040 LVT.

En la tabla 2 y 3, que se detallan las características de los módulos fotovoltaicos y del inversor respectivamente.

Tabla 2. Especificaciones del fabricante de los módulos fotovoltaicos

| Magnitud | Símbolo | Cantidad | Unidad |
|--|---------|----------|------------------|
| Corriente de cortocircuito | Isc | 9,400 | A |
| Intensidad de punto de potencia máxima | Impp | 8,700 | A |
| Temperatura de referencia | TRef | 25 | °C |
| Tensión en el punto de máxima potencia | Vmpp | 31,60 | V |
| Tensión en circuito abierto | Voc | 38,50 | V |
| Generación de referencia | GRef | 1000 | W/m ² |

Fuente: (JinkoSolar, 2017)

Tabla 3. Especificaciones del inversor proporcionados por el fabricante

| Lado de entrada de campo (Campo FV CC) | | |
|---|-----------------|---------------|
| Magnitud | Cantidad | Unidad |
| Voltaje MPP Mínimo | 450 | V |
| Voltaje MPP Máximo | 820 | V |
| Voltaje FV máx.absoluto | 900 | V |
| Umbral de potencia | 480 | W |
| Lado de salida (Red CA) | | |
| Voltaje de Red | 400 | V |
| Potencia de CA nominal | 40,0 | Kw |
| Eficiencia máxima | 96,20 | % |

Fuente: (PowerElectronics, 2012)

Como se puede notar, se proporcionan los valores correspondientes para considerar que los elementos a utilizar no vayan a sufrir inconvenientes en el momento de su funcionamiento, sin exceder los valores nominales de trabajo, tanto en los módulos fotovoltaicos, como en el inversor.

Así mismo, se debe considerar que la demanda a cubrir diaria es de 47,12 kWp, teniendo como resultado, 171 módulos fotovoltaicos, conectados 19 módulos en serie por 9 cadenas, y se propone darle una inclinación correspondiente de 5°, debido a la posición geográfica en la zona ecuatorial, y así aprovechar de mejor manera la captación del sol en el horario diurno. La inclinación que se propone se recomienda para evitar que se acumulen grandes cantidades de polvo sobre estos, debido a que es un factor que provoca disminución de la eficiencia de generación (Rodríguez & Vásquez, 2018).

En la Figura 3, se puede observar el esquema simplificado del sistema solar fotovoltaico conectado directamente a la carga, que se diseñó mediante el software PVSyst 7.2, donde se detallan las partes principales del sistema, los cuales son: la conexión de los módulos fotovoltaicos, el inversor y la conexión a la carga.

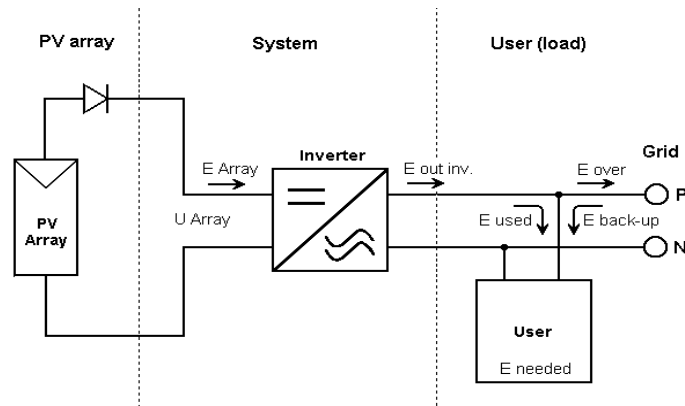


Figura 3. Esquema simplificado del sistema solar fotovoltaico
Fuente: PVSyst 7.2

El sistema solar fotovoltaico ocupa un área aproximada de 280 m², siendo el área real de 244 m², de igual manera la instalación de un solo inversor, el cual permitirá transformar la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA), teniendo en cuenta las características de los equipos, como se observó en las tablas 2 y 3.

Este sistema debe suplir, de cierta manera la demanda por horas de 8,33 kWh en el horario diurno, cuando existe una mayor exigencia energética por parte del personal que labora en las instalaciones de la unidad educativa.

En la Figura 4, se puede observar una gráfica donde se detalla la curva I/V (dimensionamiento del voltaje del conjunto fotovoltaico), donde se tiene en el eje de las X los valores del voltaje, y en el eje de las Y, los valores correspondientes a la intensidad.

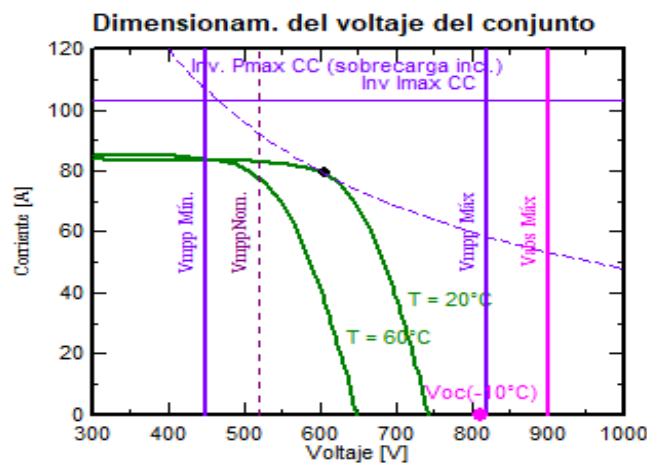


Figura 4. Dimensionamiento del voltaje del conjunto fotovoltaico
Fuente: Obtenido del diseño realizado en el programa PVSyst 7.2

Para la dimensión del sistema solar fotovoltaico diseñado, se obtienen los valores correspondientes a los niveles de tensión que trabaja el sistema, ya sea con un valor de voltaje máximo, nominal y mínimo, como se observa en la figura anterior. Así también se conoce mediante la simulación que, los valores de pérdidas por sobrecarga son de 0,6 kWh, el cual es un valor ideal para el funcionamiento correcto del mismo y no presente fallas o alteraciones al momento de operar.

En la Figura 5, se puede observar los resultados obtenidos de la simulación del sistema fotovoltaico.

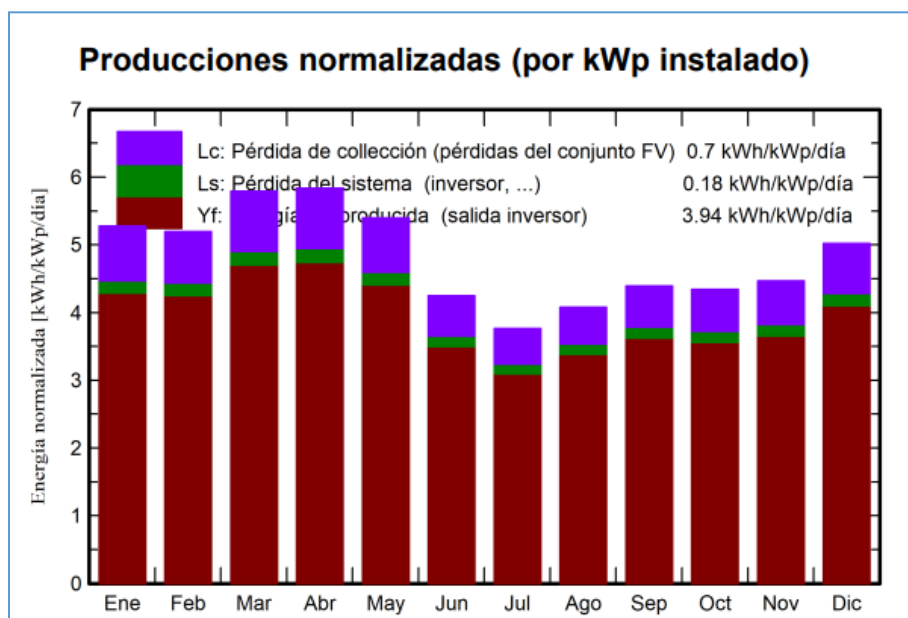


Figura 5. Pérdidas y producción de energía del sistema fotovoltaico.
Fuente: Obtenido del diseño realizado en el programa PVSyst 7.2

Realizando una comparativa entre la tabla 1, y la figura 5, se puede observar los meses con mayor y menor generación eléctrica en el sistema fotovoltaico simulado. Teniendo como dato relevante que, el sistema fotovoltaico va a tener una producción de energía de 67,70 MWh/año, obteniendo una producción específica de 1440 kWh/año, por cada kWp instalado. El porcentaje de rendimiento del sistema es de 81,89%, lo cual es un porcentaje bueno para el funcionamiento del sistema fotovoltaico, con respecto a la zona geográfica escogida.

El sistema fotovoltaico va a tener un valor de energía útil producida a la salida del inversor de 3,94 kWh/kWp/día, como se observa también en la Figura 5, esto permite conocer en base a los

kWp instalados, también el valor de 40 kWp, lo cual hace referencia a la potencia de salida total del inversor, cubriendo de esta manera el valor de potencia a generar de 47 kWp que consume la institución educativa, pudiendo cubrir el 85,11% de la demanda energética por la generación fotovoltaica en el horario diurno.

La Tabla 4, describe la cantidad de energía de manera mensual y anual, presentadas en kWh.

Tabla 4. Producción mensual y anual de energía eléctrica en kWh.

| Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Agos. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Anu. |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 169,6 | 148,4 | 180,1 | 172,2 | 161,5 | 122,7 | 113,5 | 124,0 | 131,1 | 136,4 | 137,7 | 161,8 | 1759,0 |

Fuente: Obtenido del diseño realizado en el programa PVSyst 7.2

La irradiación solar en la zona geográfica donde se encuentra ubicada la Institución Educativa, en la ciudad de Portoviejo, va a depender del mes de año que se encuentre, y esto permite, obtener un resultado variable en la producción de energía en el sistema fotovoltaico, lo cual se puede apreciar en la Figura 5 y en la Tabla 4, siendo así el mes de marzo, con mayor generación de energía eléctrica del 180,1 kWh y el mes de julio, el de menor generación de energía eléctrica del 113,5 kWh.

El sistema fotovoltaico posee una buena productividad específica de energía, generando un promedio de 3,94 kWh/día, por cada kWp instalado, permitiendo que no se depende en su totalidad de la empresa distribuidora de energía eléctrica local en horario diurno.

Todo sistema eléctrico en general presenta pérdidas en su generación, transportación y distribución, es por ello, que el sistema solar fotovoltaico no está muy alejado de la realidad técnica y se lo puede comprobar en la Figura 5 y 6 respectivamente.

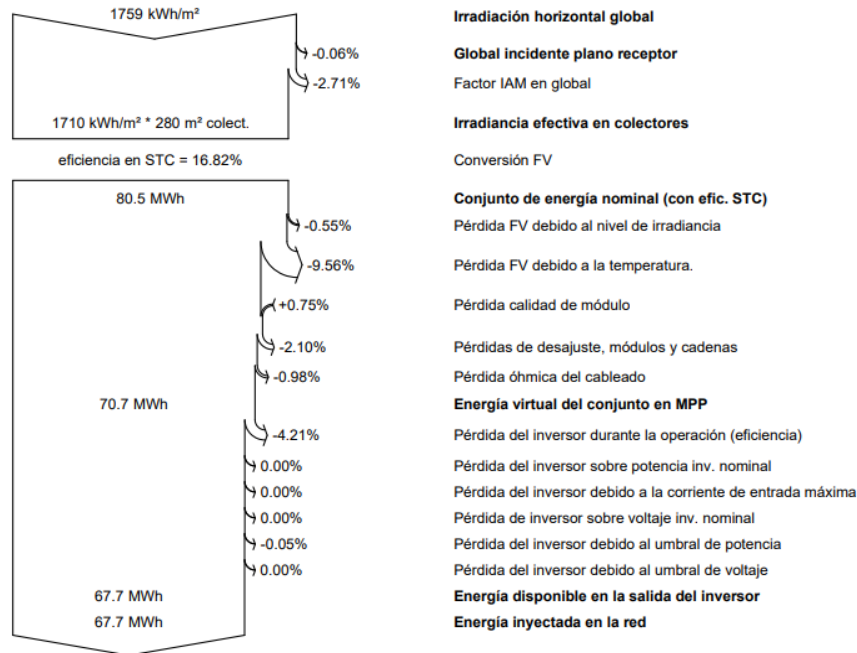


Figura 6. Diagrama de Pérdidas
Fuente: Obtenido del diseño realizado en el programa PVSyst 7.2

En la figura 6, se puede observar los diferentes factores por lo cual se generan las pérdidas en el sistema, teniendo con mayor porcentaje, las pérdidas generadas por temperatura y por el funcionamiento del inversor.

Cuando existen altas temperaturas en el sistema solar fotovoltaico, generan pérdidas considerables para el rendimiento de este, lo cual afecta y disminuye su eficiencia. Las causas de este efecto, se las puede describir cuando, existe mala instalación y los paneles solares, no se los instala con una separación recomendada del suelo y entre ellos, al no tener una zona ventilada, genera el efecto antes mencionado, al igual cuando existen objetos que cubren alrededor del mismo.

Las pérdidas por inversor se producen, conocimiento que dicho elemento, no va a operar al 100% y generan pérdidas al momento de la conversión de CC a CA, es por ello que se obtiene un resultado de eficiencia del equipo del 85,11%, considerando las pérdidas existentes en el Inversor *Power Electronics* escogido para la simulación.

Impacto Económico

A través del proyecto se espera influir en el desarrollo de nuevos modelos técnicos relacionados a la generación de energía solar en forma distribuida y diseñar un sistema de beneficios económicos e incentivos financieros que estimulen el interés de inversionistas en este tipo de tecnología, a través de proyectos que permitan una recuperación económica en plazos razonables.

En la mayoría de los países en los que se ha desarrollado este tipo de proyectos, tales como Alemania, España, Italia y Japón, el sistema de incentivos económicos implementado corresponde a la aplicación de una tarifa diferencial llamada por sus términos en inglés FIT ("*Feed In Tariff*"). En algunos casos, la tarifa depende del tamaño y tipo de sistema implementado, priorizando aquellos proyectos en los cuales se ha instalado el sistema en el techo y cuando alimentan a edificios, de igual forma, algunos países han implementado un proyecto para la reducción gradual de las tarifas en función del tiempo de operatividad del sistema. En consecuencia, se ha observado un crecimiento exponencial del mercado, no obstante, como cualquier proyecto se han presentado inconvenientes que han perjudicado a algunas industrias; este suceso ha ocurrido con mayor frecuencia en España e Italia. (Durán, Álvarez, Eiras, & Parisi, 2014).

El recurso solar es abundante en Ecuador, y supone una oportunidad para diversificar y fortalecer la matriz energética del país. El abundante recurso no sólo podrá aprovecharse mediante grandes plantas de generación, sino mediante un reglamento de generación distribuida que consienta a cada usuario generar su propia energía, reduciendo las pérdidas por distribución y fortaleciendo la generación mediante su diseminación (CONELEC, 2008).

La utilización de sistemas fotovoltaicos en forma de generación distribuida en Ecuador es muy baja, por lo cual la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables más conocida como ARCERNNR, aprobó en abril del 2021 la Regulación Nro. ARCERNR 001/21 “Marco normativo de la generación distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica”, esta tiene como objetivo el establecer las disposiciones para el proceso de habilitación, conexión, instalación y operación de estos tipos de sistemas basados en fuentes de energía renovable para el autoabastecimiento de consumidores regulados. (ARCERNNR, 2021), (Sánchez & Rodríguez, 2021).

Las regulaciones antes mencionadas, permite vender los excedentes de energía generada a la

empresa distribuidora, logrando una recuperación de la inversión en un mediano y no largo plazo. Con el tipo de tecnología implementada, se puede conseguir una disminución del monto de la factura de consumo eléctrico en la institución educativa, ya que la producción anualmente de 67,70 MWh, y con el precio actual del kWh de 0,11\$, se obtiene un ahorro de 7447\$ anual, lo cual representa un ahorro considerable para el abonado, tomando en cuenta las altas demandas de consumo eléctrico en horario diurno.

En Ecuador, la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica no contempla la exoneración de aranceles, impuestos y más gravámenes que afecten la importación de materiales y equipos no producidos en el país, para la instalación de sistemas destinados a la utilización de energías renovables no convencionales como la energía solar (Muñoz, Rojas, & Barreto, 2019).

Impacto Social

La implantación de sistemas solares fotovoltaicos en forma de generación distribuida, tiene un efecto positivo en la sociedad, con la ayuda de esta nueva tecnología se logrará mejorar calidad y eficiencia energética, contribuyendo al desarrollo social sostenible.

Con la llegada de los sistemas fotovoltaicos, se reducen las pérdidas provocadas por la transmisión y distribución de electricidad, utilizando fuentes de energía locales tales como: la solar.

El advenimiento de las nuevas tecnologías juega un papel social importante porque convertirse en productor de energía creando conciencia social de ahorro, promoviendo la eficiencia energética, los módulos se colocan en el techo, no obstruyen el paso del ser humano, no ocupa una zona concreta de la tierra, optando por la generación fotovoltaica para reducir la carga en el sistema de transmisión de energía y reducir el consumo de petróleo, como materias primas para la producción de energía.

Impacto Ambiental

Los sistemas fotovoltaicos contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero como el CO₂. La Tabla 5, muestra la reducción de emisiones del sistema fotovoltaico desarrollado a lo largo de 25 años de operación, generando beneficios sociales y ambientales, promover la sustentabilidad ambiental, combatir el calentamiento global en el planeta y la capacidad de promover el desarrollo local utilizando los recursos locales.

Tabla 5. Balance de emisiones de CO₂

| Emisiones reemplazadas | | |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| Magnitud | Cantidad | Unidad |
| Total | 539,9 | tCO ₂ |
| Sistema de Producción | 67,70 | MWh/año |
| Emisiones del ciclo de vida de la red | 319 | gCO ₂ /kWh |
| Tiempo | 25 | Años |
| País | Ecuador | |

Fuente: Obtenido del diseño realizado en el programa PVSyst 7.2

Como se observa, en tan solo 25 años de funcionamiento normal de un sistema fotovoltaico, se dejan de emitir a la atmósfera 539,9 toneladas de CO₂. Al disminuir el consumo eléctrico de la red de distribución a través de un sistema fotovoltaico, se logra reducir las emisiones en 319 gCO₂/kWh durante los 25 años de vida del sistema.

El sistema desarrollado puede ser implementado en instituciones educativas, financieras o de otros servicios vecinos al sitio, que presenten las condiciones similares, con el mismo nivel de consumo eléctrico. Para implementar sistemas fotovoltaicos distribuidos en otros campos, puede seguir los mismos pasos que en esta investigación.

Conclusiones

Se demostró que la tecnología fotovoltaica es una fuente de generación que mejora la repotenciación energética en la Unidad Educativa Cristo Rey en la ciudad de Portoviejo; además de implementar una estructura de ahorro y eficiencia energética mejorando el factor económico y disminuyendo la contaminación ambiental, mejorando el impacto social y logrando reducir el pago de la factura eléctrica.

Con el sistema propuesto se puede producir su propia energía eléctrica, la cual se conecta directamente a la carga en forma de generación distribuida, capaz de satisfacer 85,11% de las necesidades energéticas en horario diurno, aportando viabilidad económica, social y ambiental

La introducción de nuevas tecnologías basadas en la producción fotovoltaica mejora la calidad y la eficiencia de la energía, reduce el coste de producción del kWh, a reducción de pérdidas de transporte y distribución, disminuyendo así las emisiones de CO₂ a la atmósfera, combatiendo el calentamiento global y contribuyendo al desarrollo sostenible del territorio.

Referencias

1. ARCERNNR. (2021). ARCERNNR-001/2021. Quito: ARCERNNR. Obtenido de https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/09/resolucion_nro._arcernnr-013-2021ed.pdf
2. Ballesteros, V. A., & Gallego, A. P. (2019). Modelo de educación en energías renovables desde el compromiso público y la actitud energética. Revista Facultad de Ingeniería de la UPTC (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia), 27-42. Obtenido de <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/9652>
3. Caamaño, M. (3 de Marzo de 1998). EDIFICIOS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED. Madrid, España. Obtenido de <http://oa.upm.es/1322/>
4. CONELEC. (2008). Regulación No. CONELEC 008/08. Quito: CONELEC. Obtenido de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Regulacion-No.-CONELEC-008-08.pdf>
5. Díaz, Gerald, Castro, & Herrera. (2012). SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA, SU DISEÑO. Convención científica de ingeniería y arquitectura. Palacio de convenciones de la Habana Cuba. La Habana, Cuba. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Raynel-DiazSantos/publication/317098488_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_CONECTADO_A_LA_RED_ELECTRI
6. Durán, J., Álvarez, M., Eiras, R., & Parisi, & F. (2014). Generación fotovoltaica distribuida conectada a red en áreas urbanas. Electrotécnica, 34-39. Obtenido de https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie299_electrotecnica_generacion_fotovoltaica_distribuida_0.pdf

7. Hidalgo Aguilar, J. R., & Pillajo Amagua, T. O. (17 de Septiembre de 2019). Repositorio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13391>
8. JinkoSolar. (2017). Obtenido de <https://solarpowerdirect.com.au/brochures/products/JKM275PP-60-Eagle.pdf>
9. JinkoSolar. (s.f.). Jinko Solar. Obtenido de <https://solarpowerdirect.com.au/brochures/products/JKM275PP-60-Eagle.pdf>
10. León Guarnizo, C. J. (2020). Repositorio de la Universidad Andina Simón Bolívar Ecuador. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10644/7244>
11. León Jordan, A. A. (3 de Marzo de 2020). Repositorio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14364>
12. Lugones, & Valdés. (2011). Costos actuales de los módulos y sistemas fotovoltaicos importados. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/317098488_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_CONECTADO_A_LA_RED_ELECTRICA_SU_DISEÑO
13. Muñoz, J., Rojas, M., & Barreto, C. (2019). INCENTIVO A LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN EL ECUADOR. Ingenius, 65-66. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5055/505554803006/505554803006.pdf>
14. Ponce, M. (2019). La energía solar fotovoltaica distribuida y las Smart Grid como modelo para diversificar la matriz energética en el Ecuador. Madrid. Obtenido de <http://espacio.uned.es/fez/view/tesisuned:ED-Pg-TecInd-Maponce>
15. PowerElectronics. (2012). Krannich Solar. Obtenido de https://es.krannich-solar.com/fileadmin/content/data_sheets/inverter/spain/FREESUN_FS0040_AE10604.pdf
16. PvSyst (2021). Un paquete de estudio para el diseño de los sistemas fotovoltaicos. <https://www.pvsyst.com/>
17. Rodríguez, M., & Vásquez, A. (2018). La Energía Fotovoltaica en la Provincia de Manabí. Portoviejo: Ediciones UTM. Obtenido de https://www.utm.edu.ec/ediciones_utm/index.php/component/content/article?id=713:la-energia-fotovoltaica-en-la-provincia-de-manabi

18. Sánchez, J., & Rodríguez, M. (2021). Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en. *Dominio de las ciencias*, 142. Obtenido de <https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2321/html>
19. Vega, J., & Rodriguez, M. (Diciembre de 2021). Sistema de Información Geográfica para el Desarrollo Sostenible. Obtenido de http://geoportal.utm.edu.ec/sigds/personal/index.php?page=potencial_de_produccion_de_energia_fotovoltaica