

Microrredes basadas en energía limpia, fotovoltaica y su factibilidad técnico – económica para implementaciones futuras en los sectores rurales y urbano marginales

<http://doi.org/10.53358/ideas.v6i1.905>

¹Samantha Puente Bosquez, ²Cristian Laverde Albarracín, ²Angelita Bosquez Mestanza

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, ²Universidad Técnica de Quevedo

samantha.puente4299@utc.edu.ec, claverde@uteq.edu.ec, abosquezm@uteq.edu.ec

Fecha de envío, mayo 27/2023 - Fecha de aceptación, diciembre 18/2023 - Fecha de publicación, enero 19/2024

Resumen: El objetivo de este estudio es mostrar el diseño de una microred basada en energía solar fotovoltaica, considerada energía limpia, con el fin de suministrar un área urbano marginal específica. El mecanismo utilizado es la conexión entre las tecnologías alternativas o energías renovables y las tecnologías de sistemas de energía convencionales. En este trabajo se enfatiza los conceptos utilizados, las ventajas y las problemáticas que se vive día a día en estas zonas. Los datos para este estudio se obtuvieron de una estación meteorológica, que permite el registro de diferentes parámetros como la temperatura, la radiación entre otros. obteniendo de esta manera la temperatura histórica tanto máxima como la mínima. La información obtenida fue procesada utilizando el software PVsyst que permitió la selección de los módulos fotovoltaicos y su inversor; a su vez se evaluó la factibilidad económica en el contexto, utilizando los indicadores Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

Palabras Clave: micro – redes, energías alternativas, energías renovables, energía solar, energía fotovoltaica.

Abstract: The objective of this study is to illustrate the design of a microgrid based on photovoltaic solar energy, considered a clean energy source, aimed at supplying a specific marginal urban area. The mechanism employed involves the integration of alternative technologies or renewable energies with conventional energy system technologies. This work emphasizes the concepts utilized, the advantages, and the challenges faced on a day-to-day basis in these areas. The data for this study were obtained from a meteorological station, enabling the recording of various parameters such as temperature, radiation, among others. This process resulted in the acquisition of historical temperature data, both maximum and minimum. The information obtained was processed using the PVsyst software, which facilitated the selection of photovoltaic modules and their inverter. Additionally, economic feasibility was assessed in the context, utilizing indicators such as Net Present Value (VAN) and Internal Rate of Return (TIR)

Keywords: micro-grids, alternative energies, renewable energies, solar energy, photovoltaic energy.

Introducción

En la sociedad los avances tecnológicos en el ámbito eléctrico se han incrementado, impulsando a la creación y desarrollo de las micro – redes eléctricas. Este tipo de estudios se enfocan en las problemáticas existentes en los sectores rurales y urbano – marginales, en los cuales además de tener en cuenta los datos climáticos, se debe tener en cuenta el lugar de emplazamiento, la parte financiera en conjunto con la parte tecnológica, para su desarrollo y desempeño ya sea de manera parcial o total del suministro eléctrico [1].

La facilidad de uso de las micro – redes en la obtención de energía eléctrica a través de dicha tecnología a pequeña escala y la confiabilidad en el suministro son ventajas que hacen de estas tecnologías las más requeridas a nivel mundial. Esto además ayuda a disminuir costos y reducir la huella ecológica es una matriz energética hacia la evolución en compatibilidad con el medio ambiente. El beneficio en las áreas más distantes de las localidades tales como bananeras, y distintos tipos de haciendas productoras es tangible puesto que mediante el uso de las tecnologías se reduce costos [1] [2].

El fin de la producción de energía a pequeña escala es cubrir las necesidades básicas de la sociedad influyendo en el desarrollo, estudio y producción. El estudio de estas tecnologías requiere además del enfoque de la investigación, de un estudio de la factibilidad del proyecto manteniendo la estabilidad eléctrica. De este modo se optimiza el consumo eléctrico y aumenta la fiabilidad en los sectores rurales y urbano marginales con un sistema conectado a la red, tomando en cuenta que su producción de energía es emitida directamente por el recurso solar [3].

El desarrollo de las fuentes renovables y su trayectoria ha tomado más fuerza, así como las nuevas tecnologías [1] , no solamente se realizan estudios netamente presenciales, sino que a su vez se realizan las pruebas a través de diferentes softwares, como el software HOMER [2]. Lo que hacen las fuentes renovables es mostrar escenarios posibles en un futuro de acuerdo con el aumento de uso de la energía solar fotovoltaica en el mundo incluyendo la parte social, marco regulatorio y financiero [3]. También en una línea de tendencia predice las contribuciones futuras de oferta y demanda no solo para las zonas urbanas sino las rurales y marginales [4]. La adherencia de las microrredes a pequeña o media escala en conjunto de los sistemas de potencia locales, esto permite aumentar la energía suministrada, incrementando el desarrollo, de estas tecnologías en el campo de las redes eléctricas [5] [6] [7].

Se han propuesto modelos de gestiones basados en cubrir la necesidad, estudiando las factibilidades de los diferentes medios [8] y estudiar la transferencia de energía mediante los sistemas híbridos de las energías renovables [9], estudiando el dimensionamiento minimizando los costes de operación y detallando la ubicación óptima [10].

El diseño de una microrred es un proyecto ideal que sirve como herramienta para el aprovechamiento de los recursos naturales para ser una opción viable, eficaz y eficiente para la generación de energía libre de los distintos efectos para el medio ambiente.

Metodología

Según la Resolución Nro. ARCONEL – 042/18, Regulación Nro. ARCONEL – 003/18, del Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad considera que dicho estudio se basa en diseñar una micro – red obtenida a través de energías limpias como la energía fotovoltaica y verificar su factibilidad técnico – económica para futuras implementaciones en áreas distantes, rurales y/o urbano marginales del Cantón Quevedo – Sector 024". De acuerdo a los dos primeros incisos de la LOSPEE, Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, da a denotar la innovación y mejoramiento de las redes eléctricas tomando en cuenta las disposiciones y reglamentos establecidos, redes de transmisión y generación de energía, además de comunicación y la obtención de la generación, almacenamiento de energía, la medición inteligente, control distribuido, gestión activa de la demanda, de esta manera poder ofrecer nuevos productos y servicios [11].

Dicha resolución fue emitida bajo la medida propuesta "Para el autoabastecimiento de usuario final correspondiente a la energía eléctrica se establecerán escenarios para que pueda desarrollarse sistemas de generación a baja escala como lo es la Generación fotovoltaica (μ SFV) con una capacidad nominal de hasta 100 kW, siendo ubicados en los techados del inmueble u hogares, edificios con carácter residencial siempre y cuando estos se encuentren en el pliego tarifario en bajo o medio voltaje." [11]

La regulación N°. ARCERNNR – 001/2021, objeta que los procedimientos establecidos se desarrollarán en base a los sistemas de generación distribuida, eso es, basándose en energías renovables para el consumo de los propios usuarios que se encuentran legalmente regulados, siempre y cuando sean usuarios conectados a la red de distribución y también para las empresas eléctricas distribuidoras. [12]

Análisis y resultados

La selección de la ubicación de la instalación fotovoltaica fue la fase en la que se realizó la descripción gráfica del lugar de emplazamiento, es decir, en donde se encuentra ubicada la instalación, como lo es la zona urbano – marginal en la ciudad de Quevedo.

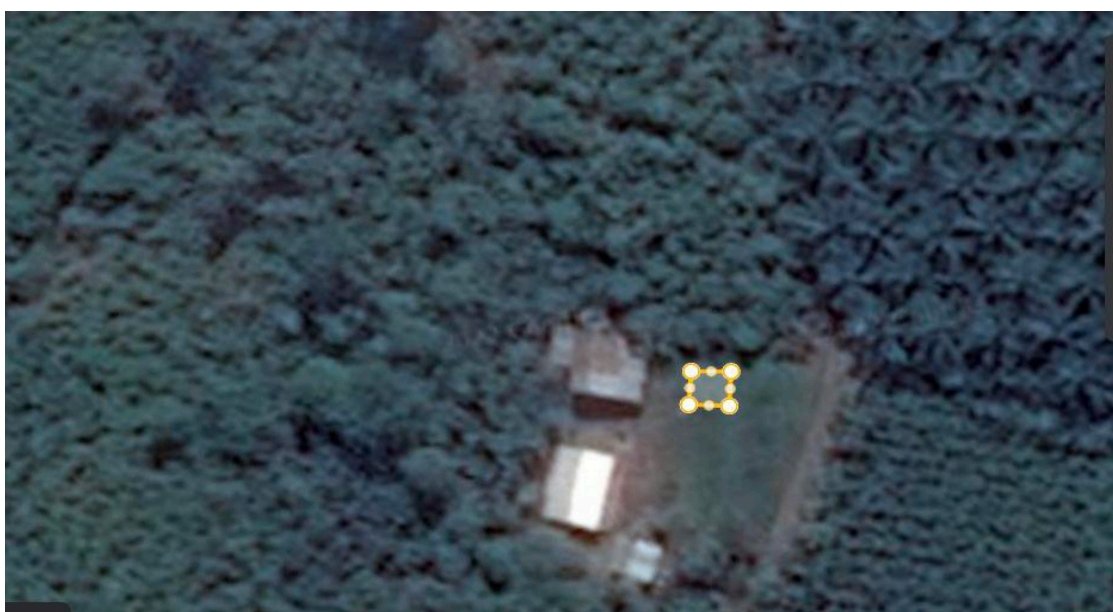


Fig. 1 Ubicación geográfica del lugar seleccionado

Tabla 1 Datos de interés
Fuente: Grupo Investigador

Instalación Fotovoltaica	Instalación fotovoltaica
Latitud	1°02'29" S
Longitud	79°31'40"W
Elevación, m.s.n.m.	74m
Temperatura Media Anual, °C	29

Se ingresó los datos de la ubicación en el Software PVsyst para obtener los valores de la irradiación, temperatura, etc.

The screenshot shows the 'Ubicación' (Location) and 'Coordenadas Geográficas' (Geographic Coordinates) sections of the PVsyst software. In the 'Ubicación' section, the site name is 'Quevedo024', the country is 'Ecuador', and the region is 'América del Sur'. The 'Coordenadas Geográficas' section includes a 'Trayectorias del sol' button and input fields for latitude (-1.0414 decimal, -1° 2' 29" DMS), longitude (-79.5278 decimal, -79° 31' 40" DMS), altitude (78 meters), and time zone (-5.0). A note indicates that the time zone corresponds to a mean difference of 0h 18m between legal and solar hours.

Fig. 2 Entrada de datos Software PVsyst

Como se mencionó anteriormente en la figura 3 se detalla los valores de los parámetros meteorológicos.

Sitio **Quevedo024 (Ecuador)**
 Origen de datos **Meteonorm 7.2, Sat=100%**

	Irradiación global horizontal kWh/m ² .mes	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² .mes	Temperatura °C	Velocidad del Viento m/s	Linke Turbidity [-]	Relative Humidity %
Enero	140.3	81.5	25.8	2.30	3.857	74.1
Febrero	146.7	78.7	25.8	1.80	3.914	79.5
Marzo	174.6	82.8	26.0	1.80	3.969	79.4
Abril	152.3	83.7	25.6	2.00	4.227	78.1
Mayo	148.6	73.5	25.3	2.49	4.043	75.8
Junio	131.8	74.4	23.7	3.10	3.737	78.2
Julio	122.3	82.5	23.6	3.30	4.319	76.7
Agosto	135.2	83.3	23.4	3.40	4.319	76.2
Septiembre	146.5	76.7	23.1	3.50	4.135	76.9
Octubre	140.8	85.9	23.7	3.61	4.135	75.2
Noviembre	125.0	72.9	23.8	3.50	5.146	75.1
Diciembre	141.9	81.0	25.2	3.20	4.778	70.9
Año	1706.1	956.9	24.6	2.8	4.215	76.3

Fig. 3 Irradiación global mensual, irradiación difusa horizontal mensual de la base de datos - Software PVsyst - Meteonorm

Además de obtener los datos de la base meteorológica Meteonorm, también se obtuvo el de la NASA (Tabla 4).

Sitio **Quevedo024 (Ecuador)**
 Origen de datos **NASA-SSE satellite data 1983-2005**

	Irradiación global horizontal kWh/m ² .mes	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² .mes	Temperatura °C
Enero	130.5	67.6	21.5
Febrero	122.6	64.1	21.3
Marzo	147.6	72.8	21.4
Abril	139.2	65.7	21.9
Mayo	129.6	62.6	21.8
Junio	113.4	57.3	21.6
Julio	118.1	60.8	21.9
Agosto	130.5	65.1	22.6
Septiembre	129.6	67.8	22.9
Octubre	123.1	69.8	22.7
Noviembre	126.3	65.7	21.9
Diciembre	126.8	66.3	21.7
Año	1537.3	785.6	21.9

Fig. 4 Irradiación global mensual, irradiación difusa horizontal mensual de la base de datos - Software PVsyst - NASA- software PVSYST

Dentro de la configuración del sistema en base a la ubicación y datos meteorológicos establecidos en el sistema se escogió el módulo fotovoltaico: Maxim Optimizer Module, ET SOLAR de 325W y los datos técnicos del inversor Growatt de 5 kW.

Luego de obtener los datos climatológicos y de obtener los kWh mensuales de los usuarios, se realizó una suma en conjunto de todos los meses para obtener un promedio mensual general.

Tabla 2 Energía mensual promedio consumida por un área en específico

ENERGÍA CONSUMIDA PROMEDIO	
Mes	kWh mensual (usuarios)
ene	635,00
feb	629,00
mar	549,00
abr	626,00
may	636,00
jun	568,00
jul	524,00
ago	534,00
sep	565,00
oct	586,00
nov	545,00
dic	565,00
Total anual kWh	6962,0

Al momento en el que se obtuvo los datos se procedió a efectuar el cálculo de la potencia efectiva producida por el sistema, los cuales se encuentran establecidos de acuerdo con los datos climáticos. Esto es gracias a la base de datos que se encuentra dentro del contenido en el software PVsyst.

Conociendo un poco el deterioro de la vida útil del módulo fotovoltaico es referencial anual de un 0,7%, afectando a su producción energética.

Con los datos que se definieron anteriormente se obtuvo la energía fotovoltaica mensual producida por el sistema respectivamente.

Tabla 3 Energía Efectiva Fotovoltaica.

Sistema			
Mes	días/mes	Superficie Inclinada	
		Diaria (kWh)	Mensual (kWh)
Enero	31	17,71	549
Febrero	28,25	18,63	578
Marzo	31	22,32	692
Abril	30	19,99	620
Mayo	31	19,87	616
Junio	30	17,94	556
Julio	31	16,58	514
Agosto	31	18,16	563
Septiembre	30	19,27	598
Octubre	31	18,23	565
Noviembre	30	15,95	495
Diciembre	31	17,92	555
Total Anual	365		6900

Una vez que se obtuvo la energía anual, se generó una producción de la degradación de los módulos fotovoltaicos, realizando un incremento de un 8% en los datos obtenidos de los usuarios. Para determinar el factor de planta son tomadas en cuenta las horas pico promedio.

Definición de un sistema red, Variante: "Quevedo 024-5kw"

Configuración global sistema
 1 Núm. de tipos de sub-conjuntos
 Esquema Simplificado

Resumen sistema global
 Núm. de módulos: 16
 Superficie módulos: 31 m²
 Núm. de inversores: 1
 Potencia nominal FV: 5.2 kWp
 Potencia máxima FV: 5.0 kWdc
 Potencia nominal CA: 5.0 kWac

Conjunto FV
Nombre y orientación del sub-conjunto
 Nombre: Conjunto FV
 Oriente: Plano Inclinado Fijo
 Inclinación: 5°
 Acimut: 0°

Ayuda al dimensionamiento
 Sin pre-dim. Entrar Pnom deseada: 0.0 kWp
 ... o superficie disponible(módulos): 0 m²

Selección del módulo FV
 Disponible actualmente: [dropdown] Filter: All PV modules [dropdown]
 ET Solar [dropdown] 325 Wp 31V Si-poly ET-P672 325WWCO Maxim Since 2016 Manufacturer 2016 [dropdown] [Abrir]
 Dimensionamiento de voltajes: Maxim VT8024 330 W Since 2015 [dropdown] [Open]
 Use Optimizer (-10°C) 51.5 V

Selección del inversor
 Disponible actualmente: [dropdown] Output voltage 400 V Tri 50Hz
 Growatt New Energy [dropdown] 5.0 kW 200 - 800 V TL 50/60 Hz Growatt 5000UE Since 2013 [dropdown] [Abrir]
 Núm. de inversores: 1 [dropdown] [checkbox checked]
 Voltaje de funcionam.: 200-800 V Potencia global inv.: 5.0 kWac
 Voltaje máx. de entrada: 800 V Inversor Amo/Esclavo: 0 [dropdown] [Esclavo] [?]

Dimensionamiento del conjunto
Núm. de módulos y cadenas
 Mód. en serie: 16 [dropdown] [checkbox] entre 7 y 15
 Núm. de cadena: 1 [dropdown]
 Perdida sobrecarga: 0.0 %
 Relación Pnom: 1.04 [?] Pérd. sobrecarga [?]
 Núm. módulos: 16 Superficie: 31 m²

Cond. de funcionamiento
 Vmpp (60°C): 511 V
 Vmpp (20°C): 610 V
 Voc (-10°C): 824 V
 Irradiancia plano: 1000 W/m²
 Imp (STC): 8.7 A
 Isc (STC): 9.3 A
 Isc (en STC): 9.3 A
 Máx. en bases
 STC
 Pmáx en funcionamiento en 1000 W/m² y 50°C: 4.7 kW
Potencia nom. Conjunto (STC) 5.2 kWp

[Conjunto del sistema] [Anular] [OK]

Fig. 5 Selección de Módulo e Inversor

Dentro de la figura 5 se observa los cálculos y valores del sistema fotovoltaico, el mismo que cuenta con 16 células fotovoltaicas de una potencia de 325W, a su vez en conjunto se obtiene una potencia total de 5,2 kW; cuenta con un voltaje de 537 V, de manera individual estaría contando con un voltaje de 33,6 V y una corriente del sistema fotovoltaico de 8,7A. También indica que el generador fotovoltaico cuenta un sobredimensionamiento de 1,04%, en el que se toma en cuenta un 4% superior a la potencia nominal del inversor.

Características del conjunto FV

Módulo FV	Si-poly	Modelo	ET-P672_325WWCO Maxim		
Base de datos PVsyst original		Fabricante	ET Solar		
Maxim integrated optimizers		Modelo	VT8024	Pnom unitaria	3 x 110 W
Número de módulos FV		En serie	16 módulos	En paralelo	1 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	16	Pnom unitaria	325 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	5.20 kWp	En cond. de funciona.	4667 Wp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	537 V	I mpp	8.7 A
Superficie total		Superficie módulos	31.0 m ²	Superficie célula	28.0 m ²

Inversor		Modelo	Growatt 5000UE		
Base de datos PVsyst original		Fabricante	Growatt New Energy		
Características		Voltaje de funcionam.	200-800 V	Pnom unitaria	5.00 kWac
Paquete de inversores		Núm. de inversores	1 unidades	Potencia total	5.0 kWac
				Relación Pnom	1.04

Factores de pérdida del conjunto FV

Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m ² K	Uv (viento)	0.0 W/m ² K / m/s
Pérdida óhmica en el Cableado	Res. global conjunto	1029 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de pérdidas	-0.8 %
Pérdidas de "desajuste" Módulos			Fracción de pérdidas	0.0 % en MPP
Deterioro promedio de los módulos	Año núm.	25	Factor de pérdidas	0.4 %/año
Desajuste debido al deterioro	Dispersión RMS sobre Imp	0 %/año	Dispersión RMS sobre Vmp	0 %/año
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05

Fig. 6 Valores obtenidos y seleccionados de las células fotovoltaicas e Inversor del sistema

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 5.20 kWp

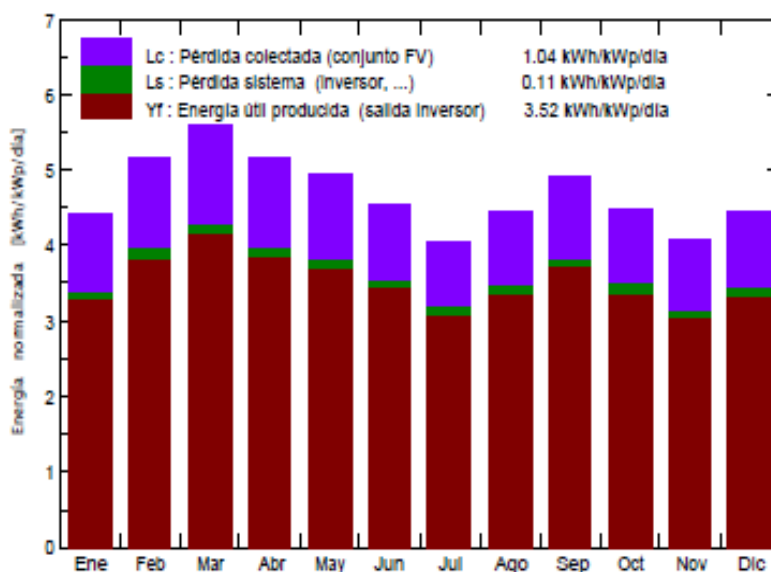


Fig. 7 Energía producida (Producción)

La figura anterior representa la producción de energía que se encuentra instalada en los diferentes campos, mostrando también las pérdidas producidas tanto en el generador instalado y en el inversor del sistema.

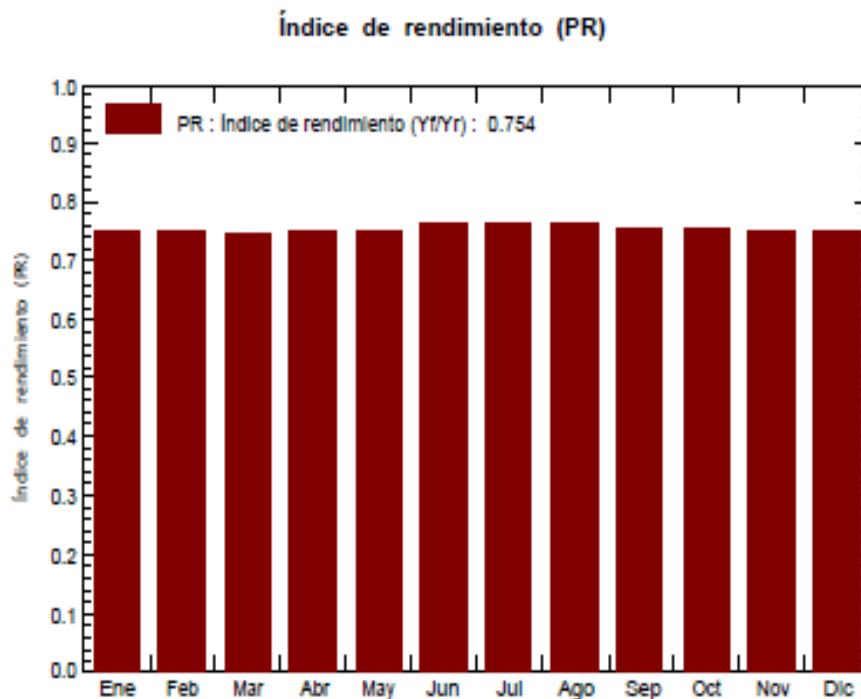


Fig. 8 Factor de Rendimiento

El factor de rendimiento establecido alrededor de 0,76, producido por la irradiación de llega a las placas, lo que significa que la energía producida varía independientemente y no proporcionalmente al rendimiento.

Los datos mensuales que se obtuvo en el software como se observa en la figura 9.

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	140.3	81.45	25.81	136.3	131.0	0.549	0.532	0.750
Febrero	146.7	78.65	25.75	144.0	138.9	0.578	0.561	0.749
Marzo	174.6	82.84	25.98	173.9	168.2	0.692	0.672	0.744
Abril	152.3	83.72	25.64	154.3	149.0	0.620	0.601	0.750
Mayo	148.6	73.49	25.31	152.9	147.8	0.616	0.597	0.751
Junio	131.8	74.41	23.68	135.9	131.0	0.556	0.539	0.763
Julio	122.3	82.46	23.60	125.0	120.3	0.514	0.497	0.765
Agosto	135.2	83.34	23.42	137.4	132.4	0.563	0.546	0.764
Septiembre	146.5	76.67	23.08	147.2	142.0	0.597	0.579	0.757
Octubre	140.8	85.90	23.70	139.1	134.0	0.565	0.547	0.756
Noviembre	125.0	72.94	23.76	122.0	117.4	0.495	0.477	0.752
Diciembre	141.9	80.98	25.23	137.5	132.2	0.555	0.538	0.752
Año	1706.1	956.85	24.57	1705.5	1644.2	6.900	6.686	0.754

Leyendas: GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del conjunto
T_Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía inyectada en la red
GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Índice de rendimiento

Fig. 9 Balances y resultados principales PVsyst

Además de los datos mensuales, el informe también muestra un diagrama donde se observan las pérdidas del sistema, detalladas por sus subcampos.

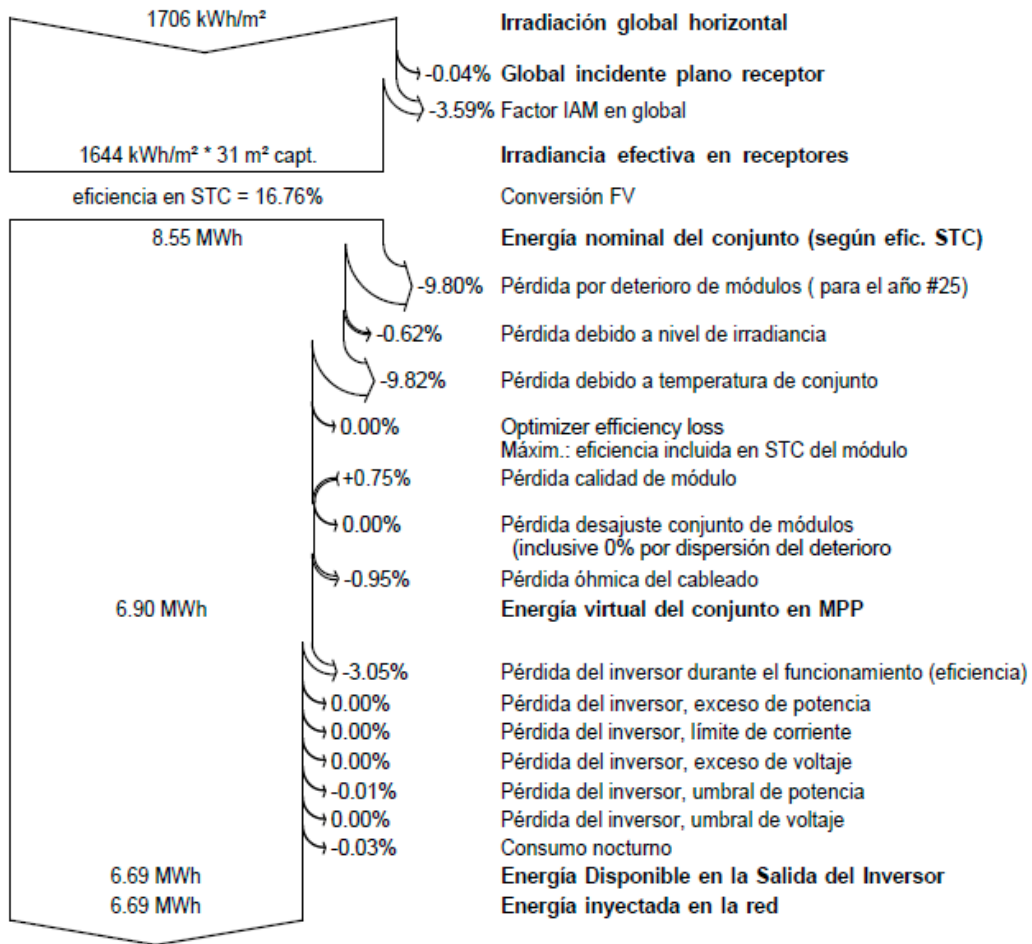


Fig. 10 Pérdidas del sistema

Si se produce un nivel de generación mayor que la demanda de los usuarios, los excedentes de energía servirán como un título de crédito, compensando los consumos del año.

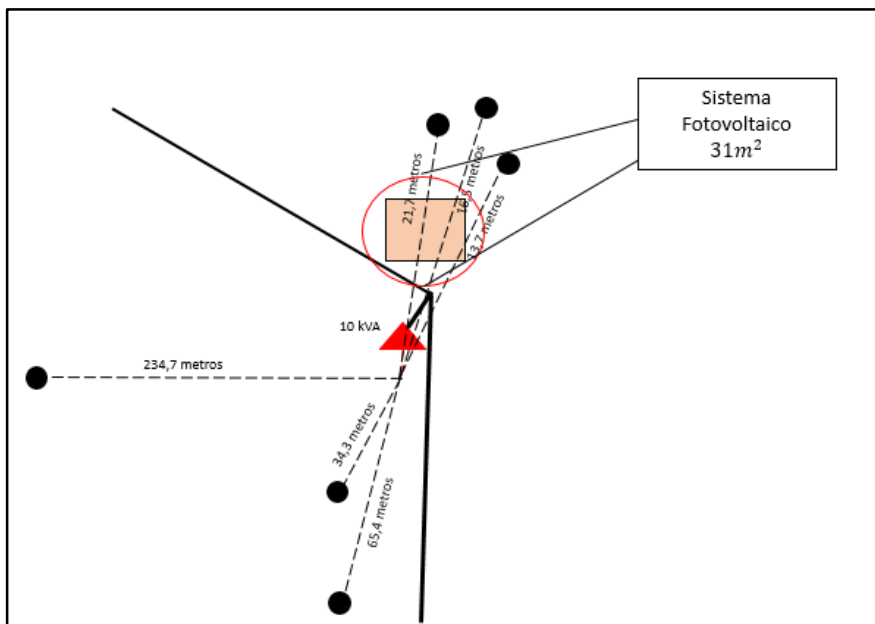


Fig. 11 Ubicación de la instalación del sistema fotovoltaico.

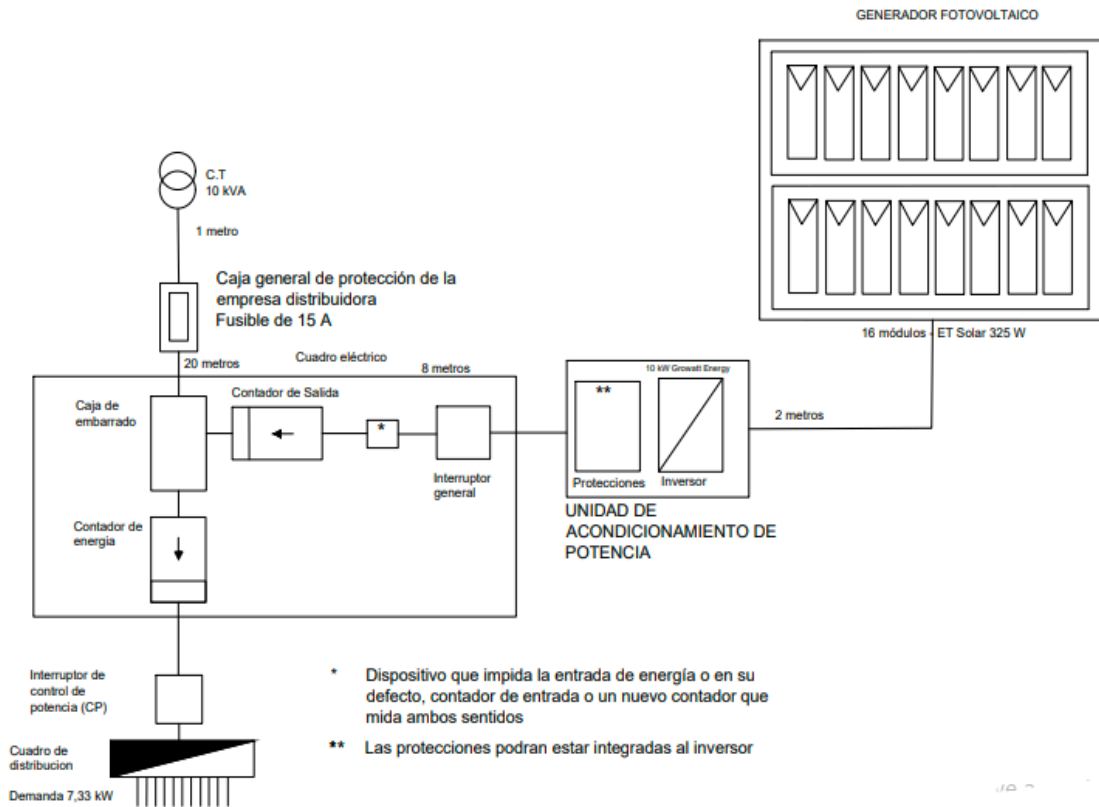


Fig. 12 Diagrama Unifilar del Sistema Fotovoltaico

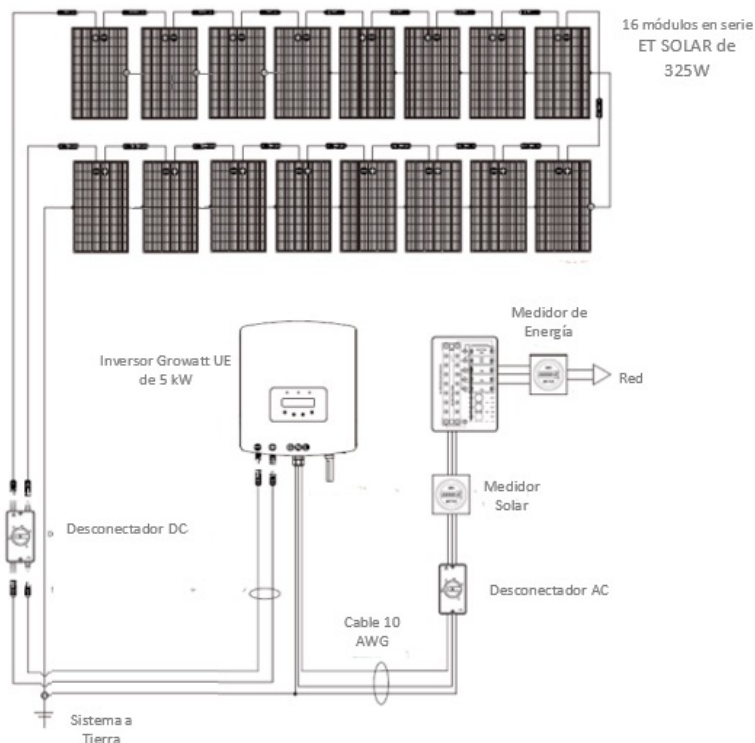


Fig. 13 Esquema Unifilar la instalación Fotovoltaica

Dentro del análisis técnico económico se realizó con base a cálculos de energía consumida por los usuarios con una proyección de tendencia de 25 años, consiguiendo una conservación de \$8.726,94; en el área rural, urbano – marginal en el Cantón Quevedo Sector-024.

La estructura de un estudio fotovoltaico que se encuentra conectado a la red necesita un estudio de viabilidad del proyecto, tomando como indicador el TIR.

Tabla 4 Estudio Económico

Análisis Económico	
TIR	-1%
VAN	-\$10.580

Mediante el costo inicial y los datos del proyecto es necesario tomar en cuenta que, para obtener una factibilidad, los datos deben encontrarse en un 12% a 15% en el TIR, gracias a dichos datos se puede obtener el tiempo de recuperación.

Tabla 5 Payback de costo

Tiempo de recuperación	
Costo Inicial	\$18.235,50
Ahorro Anual	\$ 656,89
Años	28

Siendo el payback muy alto en comparación a lo que se establece la norma que son 25 años, lo que se necesita es que la empresa interesada y la empresa eléctrica traten de impulsar la creación de proyectos de energía fotovoltaica.

Conclusiones


El recurso energético en cuestión se obtuvo mediante un análisis realizado en la ciudad de Quevedo – Sector 024, Ecuador. Este sector se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas: latitud 1°02'29" S y longitud 79°31'40"W, se realizaron estudios y cálculos para obtener la cantidad de células fotovoltaicas necesarias para su suministro. El resultado fue de 16 células de 325 kW y 1 inversor de 5 kW, estos resultados fueron obtenidos analíticamente y comparados con valores y datos integrados al software PVsyst. Es importante recalcar que los valores de rendimiento se encuentran en el rango de un 76% y una producción de energía útil de 3,54 kWh/día.

El estudio económico financiero comprobó el payback sobrepasa del tiempo de vida útil, considerando que estos sistemas constan de una vida útil de 25 años de acuerdo a la Regulación Nro. ARCERNR-001/2021. Tomando en cuenta que la TIR tuvo un resultado de un -1% y que la viabilidad teórica debe estar entre el 12% a 15%, además de que el VAN resultó de -\$10,580; se concluye que el proyecto no es factible.

De acuerdo con los datos obtenidos la microred de energía fotovoltaica estaría cubriendo el 99,1% de la energía requerida por los usuarios mientras el 0,9% seguiría siendo una energía consumida de la red eléctrica. Lo que impulsaría la utilización de sistemas fotovoltaicos es el aumento de la competitividad con los proveedores para que se cree un incentivo para trabajar con este tipo de tecnologías. Esto debido a que en su trayectoria de desarrollo, producción y evolución, las condiciones podrían cambiar y en la parte financiera podrían resultar favorables para seguir realizando este tipo de proyectos, no solo a pequeña o mediana escala, sino a gran escala también.

Algo muy importante de los sistemas fotovoltaicos a recalcar es su relación con la huella ecológica, ya que producen energías limpias. Esto conlleva a una factibilidad en el desarrollo y utilización de estos sistemas porque podrían generar ingresos a base de la venta de certificados de carbono.

Referencias

1. Sánchez, R.; Milone, D.; Buitrago, R.: Desarrollo de un Modelo para estudio de Centrales Fotovoltaicas bajo Diferentes Configuraciones. Proc. of the 8th Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission (CLAGTEE 2009), pp. 172--173 (2009) https://sinc.unl.edu.ar/sinc-publications/2009/SMB09a/sinc_SMB09a.pdf
2. Rodriguez-Borges, C; Sarmiento-Sera, A.: Competitividad de los sistemas híbridos eólicos-fotovoltaicos para la electrificación rural. Ingeniería Mecánica, La Habana, v. 18, n. 1, p. 12-22, (2015). Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442015000100002&lng=es&nrm=iso
3. ARCONEL: Resolución N.º ARCONEL-003/18  Regulación para la Microgeneración fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica. Quito. (2018). Disponible en <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu186444.pdf>
4. Ferris, D.: Innovate, The power of microgrids, Sierra Magazine. (2013). Obtenido de <http://www.sierraclub.org/sierra/201307/innovate-microgrids.aspx>
5. Manríquez, S.: Análisis técnico-económico para la implementación de microrredes eléctricas en Chile. Tesis pregrado (2013). Santiago de Chile. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/115612>
6. Gruezo-Valencia, D.; Solis-Mora, V.: Inversores inteligentes de energía solar fotovoltaica. Polo del Conocimiento, [S.l.], v. 7, n. 4, p. 1246-1266 (2022). Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3887>
7. Domenech, B.; Ferrer-Martí, L.; García-Villoria, A.; Juanpera, M.; Pastor, R.: Projectes d'electrificació rural amb energies renovables per a la docència en Enginyeria. Revista del Congrés Internacional de Docència Universitària i Innovació (CIDUI), 2021, Núm. 5, <https://raco.cat/index.php/RevistaCIDUI/article/view/380124>
8. Ecuador. Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica. Registro Oficial Suplemento 418 de 16-ene.-2015. Última modificación: 21-may.-2018 Quito. (2018). Disponible en: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2019/03/LEY-DE-ELECRICIDAD.pdf>
9. Espinoza, R.; Luque, C.; Muñoz-Cerón, E.; de la Casa, J.: Barreras a superar en el intento de una intervención masiva de sistemas FV conectados a la red en el Perú. Revista TECNIA. v.27, n.1, p.7-13, Lima (2017). Disponible en <https://www.revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/120>
10. Ecuador. RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR -001/2021. El directorio de la agencia de regulación y Control de energía y recursos naturales no renovables. Quito. (2021). Disponible en: <https://www.controlrecursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Resolucion-ARCERNNR-001-2021.pdf>

11. Buitrón R.: Elaboración de una normativa para el diseño y diagnóstico de sistemas fotovoltaicos residenciales autónomos para el Ecuador. Quito. (2010) Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2252>
12. Serván-Sócola, J.: Análisis técnico-económico de un sistema híbrido de baja potencia eólico solar conectado a la red. Tesis de pregrado. Piura. (2014). Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/147df169-6fa7-45e3-899b-5db4ffeaeaa5/content>