

Generación de energía fotovoltaica en viviendas rurales en la provincia del Cañar

Photovoltaic energy generation in rural homes of the province of Cañar



Fausto David Quevedo Pesántez
Vicente Emmanuel Ortega Cárdenas
Luis Holguer Idrovo Ortiz

✉ <https://orcid.org/0000-0002-4120-5796>
✉ <https://orcid.org/0000-0002-1627-2196>
✉ <https://orcid.org/0000-0003-1294-3826>

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca - Ecuador | CP 010101

✉ fausto.quevedo@ucacue.edu.ec

<https://doi.org/10.26423/rctu.v10i2.748>
Páginas: 35- 49

Resumen

La escasez de combustibles fósiles y su impacto negativo en el medio ambiente están impulsando a la humanidad a buscar alternativas de combustibles renovables y sostenibles. Este trabajo tuvo como objetivo dimensionar un sistema autónomo de generación de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos para viviendas rurales en la provincia de Cañar, ubicada al Sur de Ecuador, a través de un estudio cuantitativo. Se centra en áreas donde las empresas públicas no pueden suministrar electricidad o donde los proyectos de expansión de redes no son económicamente viables. Se analiza una vivienda de tipo social con un consumo diario de 9.444Wh/día. Se calcula la cantidad de paneles fotovoltaicos, el controlador de carga, el inversor y la cantidad de baterías necesarias para abastecer la vivienda. Se tomaron como base para el estudio las viviendas ubicadas en áreas de producción agrícola. Se determinó que un total de 9 paneles fotovoltaicos de 375W, 1 controlador de carga de 48v, 1 inversor de 48v y 12 baterías eran suficientes para cubrir el 120 % de la demanda de 9.44Kwh/día.

Palabras clave: proyectos de expansión de redes, viviendas en comunidades rurales, paneles fotovoltaicos, energía renovable.

Abstract

The dwindling supply of fossil fuels and their detrimental environmental effects are propelling humanity towards exploring renewable and sustainable energy alternatives. This study seeks to dimension an independent system for electrical energy generation using photovoltaic panels in rural residences of the Cañar province, situated in southern Ecuador. The research, conducted through a quantitative analysis, primarily targets areas where public utilities struggle to provide electricity or where the economic viability of network expansion projects is questionable. Focusing on a socially-oriented dwelling with a daily energy consumption of 9,444 Wh/day, the study calculates the required quantity of photovoltaic panels, charge controller, inverter, and batteries necessary to meet the household's energy demands. Agricultural production areas served as the foundation for this study. The findings indicate that a configuration of 9 photovoltaic panels with a rating of 375W each, accompanied by a 48V charge controller, a 48V inverter, and 12 batteries, proved sufficient to cover 120% of the daily demand of 9.44 kWh/day.

Keywords: Network expansion projects, rural community housing, photovoltaic panels, renewable energy.

Recepción: 04/07/2023 | Aprobación: 28/11/2023 | Publicación: 22/12/2023

1. Introducción

En el año 2022, varios países retomaron el uso del carbón para generar electricidad, registrándose un nuevo récord mundial de emisiones de CO₂ a la atmosfera con 40 600 Mt, de esto el 90 % son por la quema de los combustibles fósiles. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) alrededor de 6.000 millones de personas dependen de combustibles fósiles importados, donde el 32,5 % utiliza para cocinar o calentar exponiendo la salud de las personas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) determinó que el 99 % de la población mundial respira aire que no cumple los estándares de calidad, estimando alrededor de 13 000 muertes por año debido a la contaminación presente en el aire [1].

Datos del Banco Mundial señalan que en el 2020 el acceso de la población a la electricidad en países como: Argentina, Colombia, Chile, Brasil, El Salvador, Paraguay, Uruguay alcanzó el 100 %, Perú 99,3 %, seguido de Ecuador con el 98,8 % y Panamá con un 96,7 % [2].

Según el Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT) de la provincia del Cañar (2021) [3] solamente el 0,04 % de la totalidad de las viviendas de la provincia utilizan energía eléctrica generada por sistemas de paneles solares. Solo un pequeño porcentaje de la producción de la energía eléctrica a nivel mundial es generado a través de energía solar, que ha venido creciendo de manera acelerada y no solo porque ha ganado popularidad entre los usuarios sino también por el apoyo de entes estatales; la madurez tecnológica y una gran competitividad económica permite que la energía solar sea una fuente de generación alternativa a las usuales [4].

Según informes del Banco Mundial, los países pueden combatir la contaminación atmosférica por medio de inversiones físicas y normativas, entre estas se enfoca el uso de fuentes no contaminantes para generar energía, en la industria el uso de combustibles renovables, en el transporte con el uso de motores eléctricos, así como también soluciones limpias en cocina y calefacción [2].

En Ecuador, según el informe del Balance Nacional de Energía Eléctrica (BNEE) del 2021, el 64,89 % de potencia efectiva total de generación proviene de fuentes renovables y el 35,11 % de centrales térmicas, de la cual el 20,21 % es producido con Motores de Combustión Interna (MCI). El informe indica que del 99,22 % de la producción de energía, el 79 % es por renovables y su déficit importado desde Colombia [6].

Con el avance tecnológico se ha intensificado la búsqueda de fuentes de energía alternativas a las convencionales, y la eficiencia en la recolección de energía renovable se ha mejorado continuamente. Una de las opciones más viables es la energía solar, ya

que es limpia, renovable y se encuentra ampliamente disponible en la mayoría de las regiones. De hecho, en tan solo 90 minutos, el sol proporciona energía suficiente para cubrir la demanda energética mundial de un año. A pesar de esto, la energía solar representa una pequeña fracción de la combinación energética actual del mundo, pero esta situación está cambiando rápidamente gracias a la iniciativa global para mejorar la seguridad energética, garantizar el acceso y mitigar el cambio climático [7].

La energía obtenida por generación solar tiene un costo inicial alto, pero con el paso del tiempo su costo se verá disminuido ya que la inversión para producción y mantenimiento son mínimos; es un recurso amigable con el ambiente, duradero y sustentable. Por cada 100kW de potencia solar instalado en una infraestructura civil se evita enviar al ambiente aproximadamente 75.000kg de dióxido de carbono al año, lo que ayuda significativamente a mitigar el cambio climático [8].

El 58 % de la población total de la provincia del Cañar se encuentra en la zona rural; este porcentaje de habitantes se dedica a la producción agrícola y ganadera, siendo estos sus principales fuentes de ingreso, por lo que generar planes de vivienda digna para este grupo de habitantes es de suma importancia.

Este estudio presenta un análisis y una solución para el abastecimiento de energía eléctrica para una vivienda rural de la provincia del Cañar, con el fin de garantizar su autonomía y brindar a una población de bajos recursos económicos una vivienda que cuente con los servicios básicos.

2. Materiales y métodos

La investigación fue de tipo cuantitativo; se analizó la propuesta de un sistema autónomo de generación eléctrica a través de paneles fotovoltaicos, se realizó un análisis de la zona de estudio con el fin de conocer la ubicación, temperatura ambiental y todas las condiciones necesarias para dimensionar el sistema autónomo de generación de energía eléctrica; de igual manera se consideró los elementos electrónicos básicos necesarios para una vivienda de interés social para la zona rural de la provincia del Cañar.

Se realizó el dimensionamiento de cada uno de los equipos necesarios para generar el sistema que abastecerá a la vivienda de energía eléctrica. A través del software Biosol [9], se obtuvo el posicionamiento de sol, con el fin de obtener el mejor rendimiento de los paneles fotovoltaicos propuestos.

Con el uso del Biosol se obtuvo datos de irradiancia y luminosidad, necesarios para que los paneles fotovoltaicos cumplan con las necesidades requeridas.

En la provincia del Cañar, una de las parroquias menos atendidas es la General Morales; el presente estudio se enfocará en las condiciones de este lugar, teniendo en cuenta que al ser una de las parroquias económicamente más vulnerable, netamente agrícola y ganadera, se busca generar una solución eficiente para las familias.

2.1. Requerimientos del sistema

Según Sánchez (2018) [10] es importante tener en mente 4 cosas para hacer un buen análisis y poder suplir la energía necesaria o requerida:

- Cantidad de energía diaria requerida por la vivienda o negocio
- Días de autonomía
- Límite de descarga de la batería
- Temperatura ambiente en la que estarán expuestas las baterías [10]

Existen otras consideraciones a tener en cuenta, como si las baterías se instalarán en serie o en paralelo, entre otras, pero eso es una determinación que el Panel Solar se hace normalmente al momento de determinar el tamaño de la instalación solar y si es necesario un sistema autónomo de energía solar [11].

Los elementos que forman parte de un sistema autónomo de generación de energía eléctrica son los siguientes:

- Paneles Fotovoltaicos

- Baterías
- Regulador o controlador de carga
- Inversor

Los paneles fotovoltaicos deben ser de silicio monocristalino debido a que al trabajar con policristalinos de la máxima capacidad conocida [12] son menos eficientes y para este estudio requieren un 9,94 % de área adicional a la establecida para cubrir la misma demanda de energía proyectada [13].

Según SUNFIELDS EUROPA (2023) los paneles fotovoltaicos más eficientes y comerciales del 2023 son de la marca SunPower®, presentan mayor durabilidad y producen más energía con relación a otras marcas ya que mantienen el 92 % de la potencia nominal al finalizar su vida útil a los 25 años [14]

Las protecciones y el calibre del conductor soportarán el 125 % del valor de la corriente máxima y una caída de voltaje no superior al 3 % según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para instalaciones eléctricas y electromecánicas [15].

Dispondrá de un sistema de puesta a tierra de tipo centrada a tierra, aislado galvánicamente por medio de un transformador de aislamiento [16].

Con respecto a los inversores, se consideró para este proyecto. Según el Global PV Inverter Shipments del 2018-2019 Huawei, Sungrow Power Supply y SMA en ese orden; son los mejores fabricantes de inversores fotovoltaicos [17].

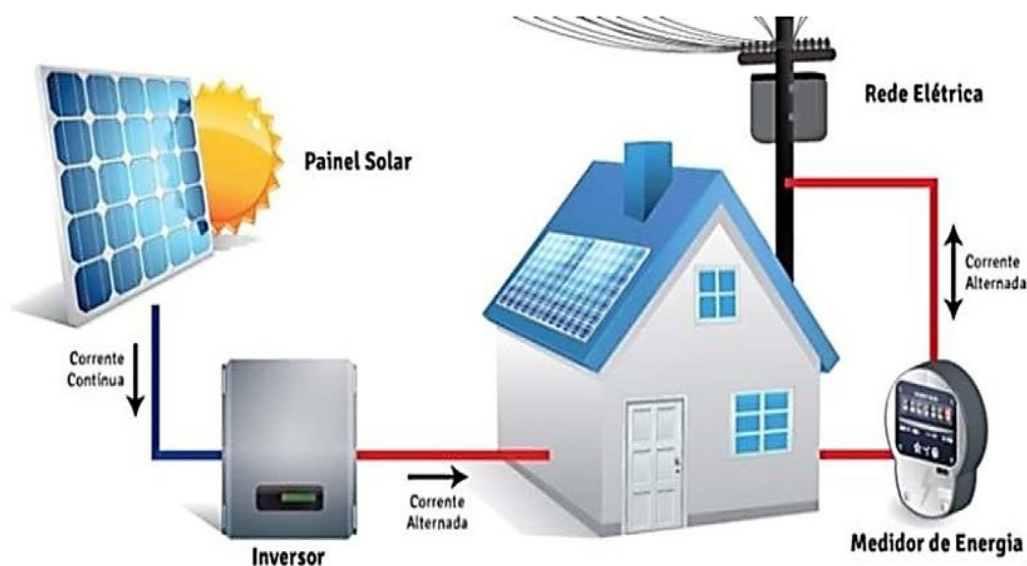


Figura 1: Ejemplo de sistema autónomo de energía solar. Fuente: [11]

Para el diseño del sistema autónomo de generación de energía eléctrica se analizó los principales artefactos que pudiere tener una vivienda en la zona rural de la provincia del Cañar tomando en cuenta su potencia, cantidad, horas de uso diario, consumo diario y demanda máxima.

Se tomó en cuenta un factor de protección del sistema de un 20 %, que también puede contemplar la conexión de artefactos de bajo consumo al sistema [18].

El cálculo del consumo diario se obtiene de la multiplicación la cantidad de unidades de cada aparato por su potencia y las horas de uso diario, mientras que la demanda se obtiene de la multiplicación entre la cantidad de cada aparato y la potencia de este. En el caso de la demanda de la bomba de agua se toma un factor de seguridad de 3 veces la demanda por las encendidas repentinas que sufre este equipo [18].

2.2. Resultados y discusión

El consumo diario con el que se va a calcular el sistema es de 9,44Kwh/día tal como se observa en la Tabla 1,

los equipos que comprenden el sistema autónomo están descritos en la Tabla 2:

2.3. Posicionamiento de los paneles fotovoltaicos

Considerando la latitud de la zona y con base a revisiones bibliográficas se determina que los paneles requieren una inclinación de 15° [19], con una orientación al norte geográfico mediante una estructura con fijación al suelo del “tipo S” [20][21].

Utilizando el software presentado por Morillón y Preciado (2010) [9], se puede identificar hacia dónde deben estar inclinados o direccionados los paneles fotovoltaicos, para poder aprovechar de mejor manera la irradiación solar en la zona de estudio.

Los datos de humedad relativa, temperatura mínima, máxima y valores de irradiación global diaria media fueron obtenidos a través de los mapas interactivos de [22][23]

Tabla 1: Estudio de cargas

Equipo Electrónico	Cantidad de equipos en la vivienda	Potencia de cada equipo (Watts)	voltaje de cada equipo	tiempo de uso diario de cada equipo	consumo diario por equipo (Wh/día)	demanda máxima por equipo (Watts)
Television	1	150	110	4	600	150
Refrigerador	1	250	110	8	2000	250
Iluminación	10	15	110	6	900	150
Bomba 0,5HP	1	370	110	1	370	1110
Ducha Eléctrica	1	4000	110	1	4000	4000
Total					7870	5660

FACTOR DE PROTECCIÓN	20
CONSUMO DIARIO (Wh/día)	9444

Tabla 2: Equipos del sistema

EQUIPO	CANTIDAD	CARACTERISTICAS
Paneles Fotovoltaicos	9	375W
Controlador de carga	1	48V, 3200W
Baterías	12	12V, 150Ah
Inversión	1	3500W, 48V

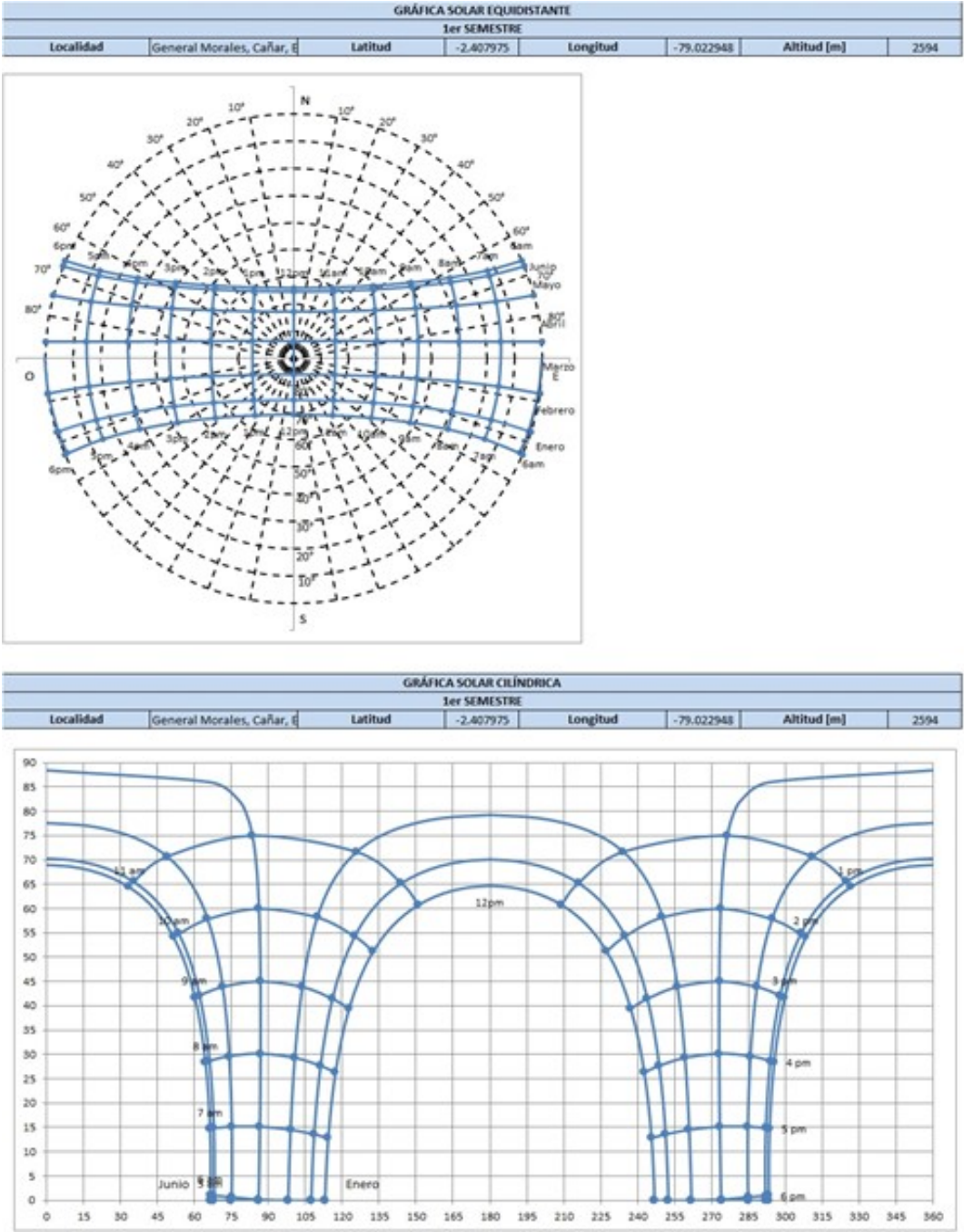


Figura 2: Gráfica solar Equidistante 1er trimestre del año. Fuente: Software BIOSOL [9]-
Modificado por Autor

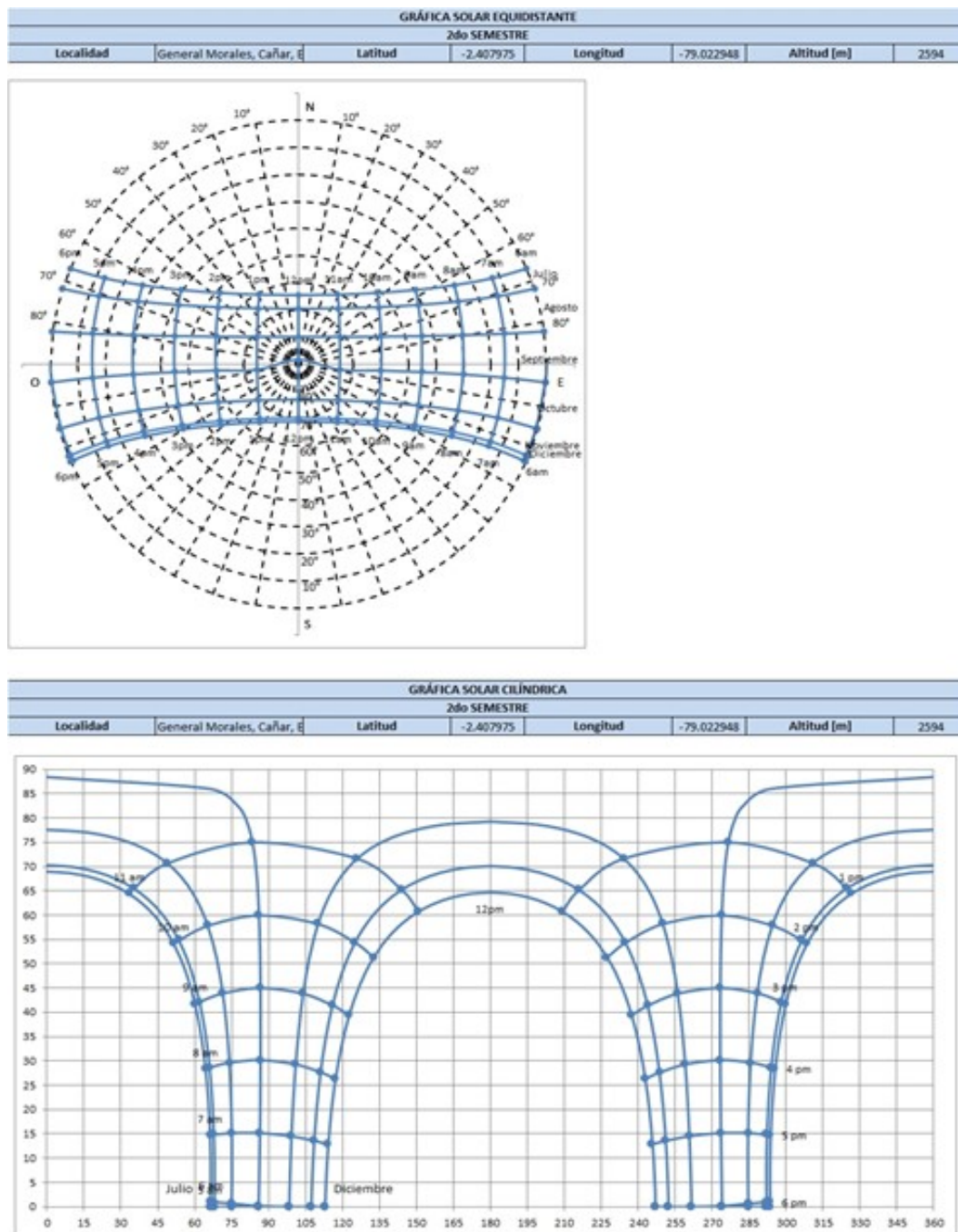


Figura 3: Gráfica solar Equidistante 2do trimestre del año. Fuente: Software BIOSOL [9]–

Modificado por Autor

Se puede observar a continuación, que la potencia radiante del sol recibida sobre el plano horizontal de tierra Tabla 3, la radiación reflejada en la superficie de la tierra dispersada por la atmósfera Tabla 4 y la radiación que llega a un punto específico procedente del disco solar Tabla 5, evidencia que el mayor

aprovechamiento de la potencia de radiación tanto directa como difusa se tendrá entre el lapso de las 09H00 y las 15H00, siendo este periodo en el cual el sistema autónomo generará y almacenará la mayor cantidad de energía.

Tabla 3: Irradiancia global horizontal. Fuente: Software BIOSOL [9]– Modificado por Autor.

Hora	[W/m ²]											
01H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06H00	5.88	3.21	0.11	-	-	-	-	-	0.06	3.36	5.98	6.94
07H00	121.56	119.38	116.85	114.00	111.77	110.84	111.69	113.95	116.81	119.51	121.64	122.43
08H00	258.10	256.90	255.50	253.90	252.65	252.13	252.61	253.88	255.47	256.97	258.14	258.57
09H00	397.47	397.51	397.55	397.57	397.57	397.56	397.57	397.57	397.55	397.51	397.47	397.45
10H00	518.28	519.52	520.95	522.54	523.76	524.26	523.80	522.56	520.98	519.45	518.23	517.78
11H00	600.38	602.50	604.93	607.65	609.75	610.63	609.83	607.69	604.97	602.38	600.30	599.54
12H00	629.47	631.90	634.70	637.84	640.26	641.27	640.35	637.89	634.76	631.77	629.38	628.51
13H00	600.38	602.50	604.93	607.65	609.75	610.63	609.83	607.69	604.97	602.38	600.30	599.54
14H00	518.28	519.52	520.95	522.54	523.76	524.26	523.80	522.56	520.98	519.45	518.23	517.78
15H00	397.47	397.51	397.55	397.57	397.57	397.56	397.57	397.57	397.55	397.51	397.47	397.45
16H00	258.10	256.90	255.50	253.90	252.65	252.13	252.61	253.88	255.47	256.97	258.14	258.57
17H00	121.56	119.38	116.85	114.00	111.77	110.84	111.69	113.95	116.81	119.51	121.64	122.43
18H00	5.88	3.21	0.11	-	-	-	-	-	0.06	3.36	5.98	6.94
19H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
00H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4: Irradiancia difusa horizontal. Fuente: Software BIOSOL [9]– Modificado por Autor.

Hora	[W/m ²]											
01H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06H00	4.49	2.46	0.09	-	-	-	-	-	0.04	2.58	4.56	5.29
07H00	79.87	78.67	77.27	75.67	74.41	73.88	74.36	75.64	77.24	78.74	79.92	80.34
08H00	150.12	149.69	149.19	148.61	148.14	147.94	148.12	148.60	149.18	149.72	150.13	150.28
09H00	210.44	210.68	210.95	211.24	211.46	211.55	211.47	211.25	210.96	210.67	210.43	210.34
10H00	256.73	257.48	258.34	259.30	260.04	260.35	260.07	259.32	258.36	257.44	256.70	256.43
11H00	285.82	286.90	288.13	289.52	290.58	291.03	290.62	289.54	288.16	286.84	285.78	285.40
12H00	295.75	296.93	298.29	299.82	301.00	301.49	301.04	299.84	298.32	296.86	295.70	295.28
13H00	285.82	286.90	288.13	289.52	290.58	291.03	290.62	289.54	288.16	286.84	285.78	285.40
14H00	256.73	257.48	258.34	259.30	260.04	260.35	260.07	259.32	258.36	257.44	256.70	256.43
15H00	210.44	210.68	210.95	211.24	211.46	211.55	211.47	211.25	210.96	210.67	210.43	210.34
16H00	150.12	149.69	149.19	148.61	148.14	147.94	148.12	148.60	149.18	149.72	150.13	150.28
17H00	79.87	78.67	77.27	75.67	74.41	73.88	74.36	75.64	77.24	78.74	79.92	80.34
18H00	4.49	2.46	0.09	-	-	-	-	-	0.04	2.58	4.56	5.29
19H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
00H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5: Irradiancia directa horizontal. Fuente: Software BIOSOL [9]– Modificado por Autor.

	[W/m ²]											
Hora-Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
01H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06H00	1.39	0.75	0.03	-	-	-	-	-	0.01	0.78	1.42	1.65
07H00	41.69	40.71	39.58	38.33	37.36	36.96	37.33	38.31	39.56	40.76	41.73	42.08
08H00	107.98	107.20	106.31	105.30	104.51	104.18	104.48	105.28	106.29	107.25	108.01	108.29
09H00	187.03	186.83	186.60	186.32	186.11	186.02	186.10	186.32	186.59	186.84	187.04	187.11
10H00	261.55	262.05	262.61	263.24	263.72	263.92	263.73	263.25	262.62	262.02	261.53	261.35
11H00	314.56	315.60	316.80	318.14	319.17	319.60	319.21	318.16	316.82	315.54	314.52	314.14
12H00	333.72	334.97	336.41	338.02	339.26	339.78	339.30	338.04	336.44	334.90	333.68	333.23
13H00	314.56	315.60	316.80	318.14	319.17	319.60	319.21	318.16	316.82	315.54	314.52	314.14
14H00	261.55	262.05	262.61	263.24	263.72	263.92	263.73	263.25	262.62	262.02	261.53	261.35
15H00	187.03	186.83	186.60	186.32	186.11	186.02	186.10	186.32	186.59	186.84	187.04	187.11
16H00	107.98	107.20	106.31	105.30	104.51	104.18	104.48	105.28	106.29	107.25	108.01	108.29
17H00	41.69	40.71	39.58	38.33	37.36	36.96	37.33	38.31	39.56	40.76	41.73	42.08
18H00	1.39	0.75	0.03	-	-	-	-	-	0.01	0.78	1.42	1.65
19H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
00H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 6: Iluminancia global horizontal. Fuente: Software BIOSOL [9]– Modificado por Autor.

	[klux]											
Hora-Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
01H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06H00	0.823	0.438	0.018	-	-	-	-	-	-9	0.458	0.835	0.960
07H00	13.535	13.323	13.030	12.651	12.325	12.177	12.294	12.612	12.986	13.312	13.531	13.609
08H00	29.206	29.159	28.985	28.657	28.312	28.138	28.257	28.579	28.900	29.113	29.183	29.201
09H00	45.621	45.793	45.785	45.545	45.192	44.997	45.115	45.426	45.661	45.709	45.576	45.514
10H00	59.427	59.848	59.987	59.791	59.355	59.087	59.208	59.550	59.738	59.675	59.342	59.204
11H00	69.238	69.824	70.082	69.952	69.503	69.213	69.332	69.668	69.795	69.615	69.136	68.940
12H00	72.733	73.381	73.682	73.577	73.122	72.825	72.943	73.276	73.379	73.158	72.624	72.406
13H00	69.234	69.823	70.078	69.951	69.499	69.209	69.327	69.662	69.788	69.611	69.131	68.935
14H00	59.423	59.847	59.983	59.792	59.351	59.082	59.202	59.543	59.732	59.669	59.337	59.200
15H00	45.621	45.796	45.785	45.548	45.192	44.997	45.115	45.427	45.662	45.709	45.576	45.514
16H00	29.209	29.164	28.988	28.662	28.314	28.141	28.261	28.583	28.906	29.117	29.186	29.205
17H00	13.538	13.327	13.032	12.655	12.327	12.180	12.297	12.616	12.991	13.316	13.534	13.612
18H00	0.824	0.438	0.018	-	-	-	-	-	-9	0.458	0.835	0.961
19H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
00H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 7: Iluminancia difusa horizontal. Fuente: Software BIOSOL [9]– Modificado por Autor.

	[klux]											
Hora-Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
01H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06H00	0.823	0.438	0.018	-	-	-	-	-	0.009	0.458	0.835	0.960
07H00	10.820	10.705	10.505	10.258	10.017	9.881	9.923	10.103	10.336	10.631	10.792	10.862
08H00	19.858	19.874	19.777	19.653	19.464	19.320	19.295	19.361	19.469	19.722	19.801	19.851
09H00	27.282	27.394	27.368	27.359	27.222	27.080	26.993	26.952	26.950	27.175	27.204	27.243
10H00	35.277	35.458	35.442	35.466	35.292	35.107	34.980	34.901	34.869	35.136	35.158	35.208
11H00	38.661	38.872	38.869	38.956	38.811	38.630	38.463	38.316	38.228	38.504	38.528	38.585
12H00	39.780	40.002	40.000	40.113	39.975	39.796	39.613	39.440	39.331	39.615	39.641	39.703
13H00	38.649	38.866	38.857	38.953	38.800	38.618	38.448	38.299	38.209	38.490	38.514	38.573
14H00	35.265	35.457	35.429	35.467	35.280	35.093	34.964	34.882	34.849	35.120	35.143	35.194
15H00	27.282	27.407	27.368	27.375	27.221	27.080	26.994	26.954	26.952	27.176	27.205	27.244
16H00	19.875	19.902	19.792	19.682	19.479	19.338	19.317	19.388	19.498	19.744	19.823	19.870
17H00	10.839	10.730	10.523	10.283	10.034	9.901	9.947	10.132	10.368	10.655	10.816	10.883
18H00	0.824	0.438	0.018	-	-	-	-	-	0.009	0.458	0.835	0.961
19H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
00H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 8: Iluminancia directa horizontal. Fuente: Software BIOSOL [9]– Modificado por Autor.

	[klux]											
Hora-Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
01H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07H00	2.71	2.62	2.52	2.39	2.31	2.30	2.37	2.51	2.65	2.68	2.74	2.75
08H00	9.35	9.29	9.21	9.00	8.85	8.82	8.96	9.22	9.43	9.39	9.38	9.35
09H00	18.34	18.40	18.42	18.19	17.97	17.92	18.12	18.47	18.71	18.53	18.37	18.27
10H00	24.15	24.39	24.54	24.33	24.06	23.98	24.23	24.65	24.87	24.54	24.18	24.00
11H00	30.58	30.95	31.21	31.00	30.69	30.58	30.87	31.35	31.57	31.11	30.61	30.35
12H00	32.95	33.38	33.68	33.46	33.15	33.03	33.33	33.84	34.05	33.54	32.98	32.70
13H00	30.59	30.96	31.22	31.00	30.70	30.59	30.88	31.36	31.58	31.12	30.62	30.36
14H00	24.16	24.39	24.55	24.33	24.07	23.99	24.24	24.66	24.88	24.55	24.19	24.01
15H00	18.34	18.39	18.42	18.17	17.97	17.92	18.12	18.47	18.71	18.53	18.37	18.27
16H00	9.33	9.26	9.20	8.98	8.83	8.80	8.94	9.20	9.41	9.37	9.36	9.33
17H00	2.70	2.60	2.51	2.37	2.29	2.28	2.35	2.48	2.62	2.66	2.72	2.73
18H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
00H00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Las **tablas 6, 7 y 8**, respaldan que el lapso de mayor iluminación tanto global, horizontal y difusa se encuentra en el lapso de las 09H00 y las 15H00, siendo estos momentos los de mayor brillantez e iluminación homogénea del día.

3. Conclusiones

Se realizó el dimensionamiento del sistema autónomo en el cual se necesita el uso de 9 paneles fotovoltaicos de 375W, un controlador de carga de 48V, 12 baterías de 12V y un inversor de 3500W, para satisfacer con amplitud las necesidades de la vivienda.

En zonas muy frías, se debe realizar un análisis de la envolvente de la vivienda, cantidades de vidrios y demás materiales para mejorar las condiciones de temperatura interna de la vivienda, con el fin de no adicionar calefacción que incrementará los costos.

4. Fuentes de financiamiento

Los autores expresan autofinanciamiento para realizar esta obra de investigación.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses. Los autores de este artículo son: Fausto David Quevedo Pesántez, Luis Holguer Idrovo Ortiz y Vicente Emmanuel Ortega Cárdenas

6. Referencias

1. UNIDAS, NACIONES. Energías renovables: energías para un futuro más seguro. [en línea]. 2022, [Citado el: 12 de Junio de 2023.] <https://www.un.org/es/climatechange/raising-ambition/renewable\bibrangedashenergy..>
2. MUNDIAL, GRUPO BANCO. Acceso a la electricidad (% de población). [en línea]. 2023, <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS..>
3. GOBIERNO PROVINCIAL DEL CAÑAR. *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DEL CAÑAR. 2021. PDOT-2021*, (planificacion.gob.ec).

4. MYASNIKOVA, TATYANA V.; KIRILLOVA, ANNA A.; SVETLANA P. IVANOVA; SVEKLOVA, OKSANA V.; OKSANA A.NADEZHDA. Simulation of Solar Energy Photovoltaic. *International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE)*. [s.f.], 1-4. DOI: 10.1109/REEPE49198.2020.9059149.
5. MUNDIAL, GRUPO BANCO. Lo quehay que saber sobre el cambio climáticoy la contaminación atmosférica. [en línea]. 2022, <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2022/09/01/what-you-need-to-know-about-climate-change-and-air\bibrangedashpollution..>
6. RENOVABLES, NEE - AGENCIA DE REGULACIÓN YCONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOSNATURALES NO. BalanceNacional de Energía Eléctrica Diciembre2020. [en línea]. 2021, http://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2021/07/BNEE_mayo_\bibrangedash2021.xls..
7. CHALA, GIMA T. Solar Energy as Renewable Energy Source: SWOT Analysis. *Conference: 2019 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC)*. 2019, DOI: 10.1109/ICBDSC.2019.8645580..
8. RIVERA, MARCO ; WHEELER, PATRICK. An Overview of Solar Energy in Chile. *IEEE International Conference on Automation, XXV Congreso de la Asociación Chilena de Control Automático ACCA, NMO IFAC*. 2021, DOI: 10.1109/PVSC43889.2021.9519071..
9. MORILLÓN GÁLVEZ, DAVID; PRECIADO OLVERA, OSCAR ULISES. BIOSOL: Software para el estudio del bioclima, control solar e iluminación natural. *IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES_{CL}A), Lima – Per.BIOSOL: Softwareparaestudiodelbioclima, con PDFFreeDownload*. 2010, (docplayer.es).

10. SÁNCHEZ, GOITIA. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL AUTOCONSUMO PARCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN EL REGATO [en línea]. 2018, Tesis (Ingeniería en Tecnología Industrial). España: Universidad del País Vasco. <https://addi.ehu.es/handle/10810/29432>.
11. KWON, TAEKMU. Caracterización bromatológica de insumos no tradicionales para alimentación animal en la región Amazonas. [en línea]. 2010, https://www.researchgate.net/publication/266422349_Advanced_LED_Warning_Signs_for_Rural..
12. SUNPOWER. Sunpower Solar PV Panel Poly330-345Wp. [en línea]. 2016, <https://pdf.indiamart.com/impdf/19848835962/MY-31737377/sunpower-solar-pv-panel-poly-330\bibrangedash345wp.pdf..>
13. PAREDES, CÉSAR. ; FLETES, NOÉ. Y DIBENE, LUIS. Insoluble fiber sources in mash or pellets diets for young broilers. on gastrointestinal tract development and nutrient digestibility. *Poultry Science*. 2018, vol. 2, n.º 6, 1-7. ISSN2531-2960. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Desarrollo_Tecnologico/vol2num6/Revista_del_Desarrollo_Tecnologico_V2_N6_1.pdf.
14. SUNFIELDS EUROPA [En línea]. 2023, <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/los-10-paneles-solares-mas-eficientes-del\bibrangedashmercado/>.
15. CONSTRUCCIÓN, MIDUVI. NORMA ECUATORIANA DE. Instalaciones Electricas y Electromecánicas. [En línea]. 2011, <https://cieema.com.ec/en/servicios/normas..>
16. ABB. Cuaderno de aplicaciones técnicas no10-. *Plantas fotovoltaicas*. [En línea]. 2015, <https://docplayer.es/360398-Cuaderno-de-aplicaciones-tecnicas-n-10-plantas\bibrangedashfotovoltaicas.html>.
17. YONGDAI, PARK. Sungrow Power Supply (300274 CH/Buy/Initiate) Global leader in solar PV inverters. [En línea]. 2021, <https://securities.miraeasset.com/bbs/download/2082659.pdf?attachmentId=2082659..>
18. PÉREZ ALVAREZ, JUAN CAMILO. GUÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS Y APLICACIÓN DE LA RESOLUCIÓN CREG 030 DE 2018 PARA INYECTAR EXCEDENTES DE ENERGÍA A LA RED : Medellín. 2019, [PerezJuan_2019_GuiaDimensionamientoSistemas.pdf\(udea.edu.co\)](https://perezjuan_2019_GuiaDimensionamientoSistemas.pdf(udea.edu.co)).
19. KWON, TAEKMU. Advanced LED Warning Signs for Rural Intersections Powered by Renewable Energy. [En línea]. 2010, https://www.researchgate.net/publication/266422349_Advanced_LED_Warning_Signs_for_Rural..
20. HUB, HE RENEWABLE ENERGY. GroundMounted Solar Panel Systems. [En línea]. 2020, <https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/solar-panels/ground-mounted-solar\bibrangedashpanels/>.
21. JOSEPH DAVID GUERRA CHÁVEZ1, JULIO CÉSAR MOLINA GUZMÁN, ANDRÉS FERNANDO MOROCHO CAIZA, JOSÉ LUIS MORALES GORDÓN. Propuesta de una planta fotovoltaica de 824,86 MW en Manabí, Ecuador. *s.l. : Revista Científica y Tecnológica UPSE*. [s.f.], vol. Vol. Junio 2022. <http://dx.doi.org/10.26423/rctu.v9i1.640>.
22. GLOBAL SOLAR ATLAS. Global Solar Atlas. [En línea]. 2022, <https://globalsolaratlas.info/map>.
23. EUROPEAN COMMISSION. PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. [En línea]. 2022, <https://re.jrc.ec.europa.eu..>



Artículo de **libre acceso** bajo los términos de una ***Licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual 4.0 Internacional***. Se permite que otros remezcLEN, adapten y construyan a partir de su obra sin fines comerciales, siempre y cuando se otorgue la oportuna autoría y además licencien sus nuevas creaciones bajo los mismos términos.