

Wireless data acquisition for assistance with mobile application in the sizing of a photovoltaic system in the province of Chepen

Eduardo Chavez-Gallegos, Ingeniero¹, Ronal Trauco-Mas, Estudiante¹, Ricardo Gutierrez-Tirado, Maestro¹, Wilmer Chavez-Sanchez, Maestro¹, Juan Mendoza-Nolorbe, Maestro¹ y Martin Gamarra-Suchero, Maestro¹

¹Universidad Nacional del Callao, enchavezg@unac.edu.pe, rtraucom@unac.edu.pe, ragutierrez@unac.edu.pe, wpchavez@unac.edu.pe, jnmendozan@unac.edu.pe, mmgamarras@unac.edu.pe

Abstract: *Currently, the use of photovoltaic systems as a source of energy has increased. However, its installation requires hiring specialized professionals to perform complex calculations for the sizing of photovoltaic systems. The objective of this research is to develop a mobile application that receives and analyzes different physical parameters to size the photovoltaic system in different districts of the city of Chepén. For this reason, portable bases were developed to detect irradiation and geolocation, which were placed within the districts of Chepén and wirelessly sent the data through Firebase to a mobile application that performed the sizing calculations. The result was obtained when comparing the districts of Chepén and Pacanga that the district with better radiation and that required the use of fewer solar panels was Chepén. It is concluded that a larger area can be analyzed using the portable bases to identify the location with the most convenient sizing and that the application can help people who are not related to the field of photovoltaic energy.*

Keywords: *Photovoltaic systems, mobile application, photovoltaic sizing and portable base.*

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el 80% de los países en vía de desarrollo cuentan con acceso a la electricidad, siendo las personas que viven en zonas rurales y de escasos recursos los limitados en su desarrollo debido a la falta de oportunidades para acceder a una infraestructura eléctrica. Subsistiendo de la obtención de energía a través de los recursos naturales, principalmente la leña y el carbón, una fuente de energía limitada, peligrosa y contaminante. Perú, debido a su ubicación geográfica y sus condiciones climáticas favorables se ha convertido en uno de los países con gran potencial para el desarrollo de energía solar limpia y renovable [1], impulsando las investigaciones relacionadas al uso de tecnologías de sistemas fotovoltaicos, siendo de los proyectos que más se han desarrollado en este país a pequeña y gran escala, con el objetivo de mejorar la eficiencias y la tecnología de los sistemas solares [2]. Los sistemas fotovoltaicos convierten energía solar en energía mediante las células fotovoltaicas que son conocidas como paneles solares, estas constan de paneles, inversores, reguladores y baterías hechas de material semiconductores como el silicio. Para calcular el tamaño adecuado de un panel solar se deben tener en cuenta los siguientes factores:

determinar el consumo de electricidad, la radiación solar disponible en el área y los elementos necesarios para su implantación como el tipo y la calidad del panel [3]. Para determinar el tamaño, la configuración adecuada y el rendimientos de los equipos del sistema solar fotovoltaica mediante el proceso de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, se debe tener en cuenta los factores climáticos, energéticos y financieros [4]. Es así que el interés por optimizar y generar un dimensionamiento de paneles fotovoltaicos eficaz, a generando una gran variedad de software, mejorando el ingreso de mayor data referente a localización geográfica adecuada, optimiza el rendimiento energético, mejora el retorno de la inversión, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental [5]. El diseño de los sistemas fotovoltaicos varía significativamente dependiendo si es autónomo o conectados a la red eléctrica, en cada caso la optimización del rendimiento, la confiabilidad y la rentabilidad del sistema puede verse afectada, además el funcionar por medio de paquetes computacionales es de gran valor técnico ya que facilita su aplicabilidad [6]. Sin embargo, la diferencia de costos entre software de escritorio y celulares para el diseño y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos varía, siendo los de escrito los de mayor costo debido la funcionalidad, la licencia de uso, la complejidad y la marca o proveedor. Por el contrario, las aplicaciones para teléfonos y tablets son accesibles debido a que son gratuitas o de bajo costo, tiene funciones básicas y simplificadas, teniendo la capacidad de realizar proyectos y diseños rápidos, incluyendo la capacidad de una configuración optima del sistema al igual que una computadora [7]. Convirtiéndolo una herramienta factible, sencilla y practica para los usuarios menos experimentados en dimensionar un sistema fotovoltaico debido a que solo implica descargarlos en la tienda del sistema operativo y no configurarlo a la red de la computadora, que en muchos casos puede complicar el manejo del sistema a los usuarios [8].

Los avances significativos en tecnología fotovoltaica en varias áreas a contribuido a su rápido posicionamiento a nivel nacional e internacional, mejorando la eficiencia, reduciendo costos y ampliando las aplicaciones con esta tecnología [9]. Además, considerando el auge de las tecnologías de telefonía móvil actuales en el mercado, este trabajo de investigación plantea el diseño y desarrollo de una aplicación accesible para Android que dimensiona y muestra en su interfaz cada elemento de los sistemas fotovoltaicos con su respectivo valor [10], adaptándose a las necesidades del usuario con respecto a las

necesidades energéticas residenciales como la iluminación, climatización, electrodomésticos, entretenimiento, agua caliente, electrodomésticos y dispositivos de carga, utilizando los datos almacenados en el Firebase y Google Sheets sobre las medidas de la radiación y la geolocalización obtenidas por las bases portátiles en la ciudad de Chepén en la región de La Libertad.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

Para la elaboración de esta investigación se utilizaron los siguientes materiales:

- ESP32
- Piranómetro modelo RS-TBQ-*-A
- Integrado LM1117T
- IDE de Arduino
- Firebase
- Google Sheets
- MIT APP inventor
- GPS Module NEO 6m

MODELOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

- Modelo off – grid
El Modelo “off-grid” o modelo fuera de la red de sistemas fotovoltaicos, es un sistema que opera de manera independiente, basándose en el almacenamiento de energía eléctrica en las baterías para su posterior uso, siendo fundamental seleccionar adecuadamente las baterías a utilizarse. Este modelo permite abastecer de energía durante un año a partir de energía solar, convirtiéndose en un sistema autónomo para áreas remotas o rurales que no cuentan con un acceso a una red eléctrica [11].
- Modelo on – grid
El Modelo “on-grid” o modelo conectado a la red de sistemas fotovoltaicos, se refiere a que los sistemas de paneles solares están conectados a la red eléctrica convencional, en este sistema la electricidad generada por los paneles es el primero en consumirse y en un corte de energía suele aislarse para evitar cualquier tipo de accidente.

PROMEDIO DE CONSUMO DIARIO DE VIVIENDA

Para lograr dimensionar un sistema fotovoltaico correctamente para una vivienda de Chepén, se determina primero los factores y elementos necesarios para hacerlo, como evaluar el consumo eléctrico. Para ello a través de una encuesta, se recopilan los datos de información para observar detalladamente el consumo de energía eléctrica. Teniendo tabulada la información y el mínimo de elementos necesarios que requirieran energía para una vivienda rural, se procede a realizar el cálculo de consumo diario de energía eléctrica [12].

TABLA I
DEMANDA MÁXIMA DE ENERGÍA POR VIVIENDA

Demanda rural	
Número de viviendas	10
Potencia instalada por vivienda	370
Demanda Rural (kWh/día)	37.720

Como se observa en la Tabla 1. Las 10 viviendas familiares en una zona rural en la provincia de Chepen, presentan en promedio una misma demanda energética, permitiendo obtener los siguientes valores que se muestran en la Tabla 2.

TABLA II
DEMANDA RESIDENCIAL

Item	Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Potencia total	Horas	Energía (Wh/día)
1	Focos Led-interior	4	10	40	5	200
2	TV	1	120	120	1	120
3	Radio	1	40	40	1	40
4	Refrigeradora	1	140	140	24	3360
5	Cargador de celular	1	6	6	2	12
6	Laptop	1	40	40	1	40
Potencia instalada (W)				386		
Energía requerida por día (Kwh/día)						3772

Cálculo del consumo medio real diario:

Para hallar la energía necesaria suministrada por el sistema híbrido aplicamos la ecuación 1, en ella añadimos las pérdidas que se tienen durante el consumo diario.

$$E_{necesaria} = \frac{E_{requerida\ por\ día}}{R} \quad (1)$$

Dónde:

R : rendimiento global de la instalación.

Se debe tener en cuenta las posibles pérdidas en la instalación para ello se debe calcular las pérdidas R con la ecuación 2 [13].

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) \left(1 - \frac{k_a N}{P_d}\right) \quad (2)$$

Dónde:

R : rendimiento global de la instalación.

k_b : factor de pérdidas en el conjunto de baterías y regulador.

k_c : factor de pérdidas en el inversor.

k_v : factor de pérdidas varias.

k_a : coeficiente de autodescarga diaria de las baterías.

N : número de días de autonomía.

P_d : profundidad de descarga de las baterías.

Tomando como referencia una autonomía de 3 días y una profundidad de descarga de batería de 0.7, los valores de los factores de cálculo de rendimiento globales (k_b , k_c , k_v , k_a) se extraen de la Tabla 3.

TABLA III
FACTORES PARA EL CÁLCULO DE RENDIMIENTO GLOBAL

Fig. 1 Arquitectura del sistema general

Reemplazamos los valores de la tabla 3 en la ecuación 2 para obtener el valor de R

$$R = (1 - 0.1 - 0.1 - 0.1) \left(1 - \frac{0.005(3)}{0.7} \right) \quad (3)$$

$$R = 0.685$$

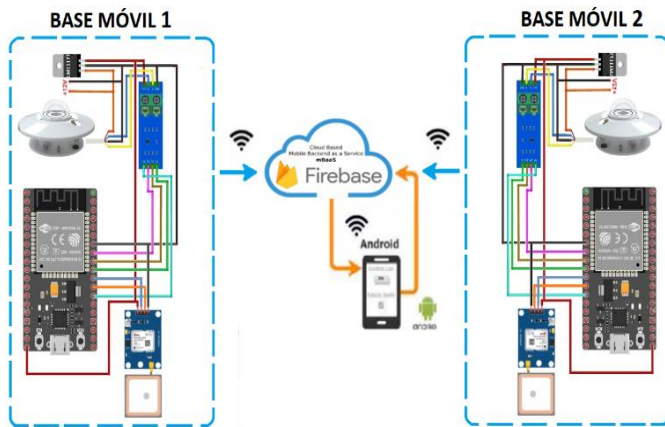
Reemplazando R en la ecuación 1 y obtenemos el consumo medio real diario como se muestra en la siguiente ecuación.

$$E_{necesaria} = \frac{37.720Kwh/día}{0.685}$$

$$E_{necesaria} = 55.05 \approx 55 Kwh/día \quad (4)$$

SISTEMA GENERAL

El sistema general cuenta con dos bases portátiles que pueden ser instalados en diferentes puntos de la ciudad de Chapén en los cuales recolectará los niveles de radiación al mismo tiempo que la ubicación del punto donde se coloque la base. Cada base cuenta con un módulo GPS NEO 6m que se conecta en los pines Vin, GND, TX2 y RX2 del microcontrolador ESP32 que forma parte de la base portátiles, otro elemento conectado al microcontrolador es un transceptor MAX485 que utiliza el protocolo RS-485 para una comunicación dúplex que permite la recepción y transmisión de datos desde ambos extremos de un sistema de comunicación al mismo tiempo está conectado a los pines GPIO 4, 5, 18 y 19 como se puede ver en la figura 1 [14]. El sensor piranómetro se alimentó con 12 V que se obtuvo de una batería o fuente de alimentación, a la salida de esta fuente se le colocó el circuito integrado LM1117T que regula el voltaje hasta 3.3V lo cual alimentó el microcontrolador el cual alimenta al módulo GPS con su pin Vin y GND [15]. Este controlador procesa la información obtenida por el sensor y luego lo envía utilizando el protocolo MQTT al Firebase para que muestre los valores en tiempo real. El Firebase está sincronizado con el Google Sheets que almacena la información en una hoja de cálculo que tiene las mismas funciones que MS Excel. Finalmente, el aplicativo extrae y analiza la información almacenada en conjunto con los parámetros ingresados manualmente del panel solar que se utilizará y da como resultado el dimensionamiento de cada elemento del sistema fotovoltaico con su respectivo valor.



CÁLCULOS DEL DIMENSIONAMIENTO

Configuración del panel solar

a) Angulo de Inclinación: para calcular el Angulo de inclinación (β) óptimo para los paneles solares se utiliza la ecuación (5), que relaciona la latitud de la ubicación del panel con una constante, resaltando la ubicación geográfica y la latitud como factor importante en el cálculo de la inclinación [16].

$$\beta = 3.7 + 0.69 * |latitud| \quad (5)$$

b) Distancia entre paneles: Para calcular la distancia mínima entre paneles solares en un sistema fotovoltaico se utiliza la ecuación (6) y (7), considerando factores como las sombras, el tamaño de los paneles, el Angulo de inclinación, distancia de separación vertical y horizontal para garantizar un rendimiento óptimo del sistema y evitar que afecten el rendimiento energético.

$$h = L_p (\sin\beta) \quad (6)$$

$$d = \frac{h}{tg(61 - \phi)} \quad (7)$$

Donde:

d : distancia mínima entre paneles fotovoltaicos.

h : altura que forma el panel y el ángulo de inclinación.

L_p : longitud del panel solar en m.

β : ángulo de inclinación del panel solar.

ϕ : latitud del lugar en donde está ubicada la vivienda

d) Para hallar el HSP debemos tomar en cuenta la irradiación solar diaria y la irradiación solar pico como se puede ver en la ecuación 8.

$$HPS = \frac{\text{Irradiación solar diaria}}{\text{Irradiación solar pico}} \quad (8)$$

e) Número de paneles fotovoltaicos: Para determinar el número total de paneles solares necesarios, es necesario tener en cuenta el consumo total diario de energía en kilovatios-hora (KWh/día), la irradiancia diaria (KWh/m²/día) y el tamaño del panel en m² como se muestra en la ecuación 9

$$NT = \frac{E}{A * G} \quad (9)$$

Donde:

NT : El número total de paneles fotovoltaicos.

Factor	Valor predeterminado	total
E : Energía consumida en Kwh/día.	k_p	0.1
A : El área del panel solar en m ² .	k_c	0.1
G : Irradiancia solar diaria	k_v	0.1
	k_a	0.005
	N	De 3 a 10
	P_d	0.7

Dimensionamiento del sistema de batería

- f) Capacidad y requerimiento de almacenamiento: Se debe elegir la tensión del sistema entre 12VDC, 24VDC o 48VDC, según los siguientes criterios:
- De 1 a 2000 Wh de consumo diario, se recomienda hacer el sistema a 12VDC.
 - De 2001 a 4000 Wh de consumo diario, se recomienda hacer el sistema a 24VDC.
 - De 4001 Wh en adelante, se recomienda hacer el sistema a 48VDC.

El parámetro de la batería Ah/día se calcula utilizando la ecuación 9 [17]:

$$C = \frac{E \left[\frac{kWh}{día} \right] (N[días])}{V_b [V] (P_d [\%])} [Ah] \quad (9)$$

Donde,

E: energía real requerida.

N: número de días de autonomía.

V_b: tensión del banco de baterías.

P_d: profundidad de descarga.

- g) Número de batería: para calcular el número de baterías para un sistema solar se debe tomar en cuenta factores como la capacidad de almacenamiento de la batería, la hora de sol pico, la potencia nominal de cada panel y el número de paneles fotovoltaicos que se utilizan con su respectiva potencia nominal y las horas totales de irradiaciones solar, como se observa en la ecuación (10), estas pueden variar según las características específicas de cada sistema y las condiciones en que se apliquen.

$$NB = \frac{W_p * NT * HSP}{C_B} * N \quad (10)$$

Donde:

NB: Número de baterías.

W_p: Potencia nominal del panel fotovoltaico (kW)

HSP: Hora solar pico (h/día)

C_B: Capacidad de la batería (kWh).

NT: El número total de paneles fotovoltaicos

N: Cantidad de días de autonomía requerida sin el uso de radiación solar (día)

Las horas solar pico o horas de sol pleno, se refiere al periodo de horas donde la radiación solar es más intensa, se pueden hallar mediante la aplicación de la ecuación (11), tomando en cuenta la irradiación solar diaria y la irradiación solar pico. Además, factores como la ubicación geográfica, la estación del año y las condiciones climáticas pueden afectar el cálculo de las horas pico del sol.

$$HPS = \frac{Irradiación\ diaria \left(\frac{Wh}{m^2} / día \right)}{Irradiación\ solar\ pico \left(w/m^2 \right)} \quad (11)$$

Mediante la ecuación (12) se calcula el número de baterías conectadas en serie y se determina por el cociente entre el voltaje nominal de las cargas del consumo y el voltaje nominal de la batería. Permitiendo una tensión del sistema segura, una mejor eficiencia del sistema, optimizar la potencia y una compatibilidad de los componentes, generando un funcionamiento óptimo y confiable del sistema.

$$N^{\circ} \text{ batería s.} = \frac{Volt\ nominal\ sistema}{Volt\ nominal\ Batería} \quad (12)$$

Mediante la ecuación (13) se calcula el número de baterías conectadas en paralelo y viene determinado por el cociente entre la capacidad necesaria de batería y la capacidad nominal de una sola batería [18], permitiendo un aumento en la capacidad de almacenamiento, una reducción de la corriente de carga, mayor disponibilidad de energía, un equilibrio en la cara y una mayor flexibilidad y escalabilidad en el diseño del sistema.

$$N^{\circ} \text{ batería p.} = \frac{Cap.\ necesaria\ batería}{Cap.\ de\ una\ Batería} \quad (13)$$

Dimensionamiento del inversor

- h) Potencia del inversor: Se calcula mediante la ecuación (14) y es la capacidad máxima de salida de un inversor de corriente continua a corriente alterna, siendo clave para convertir la corriente continua en corriente alterna, estos inversores deben contar con un 25% más de potencia que la potencia total del dispositivo, debido a que puede causar que el inversor se quemara por las sobretensiones causadas por los aparatos eléctricos [19].

$$P_{pv(ac)} = 1.25(P_{max}) \quad (14)$$

- i) Número de inversores: para calcular el número de inversores para un sistema solar se aplica la ecuación (15), tomando en cuenta la capacidad del inversor y la capacidad total de la radiación solar. Otros factores que se toman en cuenta son la capacidad de inversores individuales y las configuraciones eléctricas específicas del sistema.

$$NI = \frac{W_p * NT}{C_I} \quad (15)$$

Donde:

NI: Número de inversores.

C_I: Capacidad del inversor.

W_p: Potencia nominal del panel fotovoltaico (kW)

NT: El número total de paneles fotovoltaicos

Dimensionamiento del regulador

- j) Corriente de consumo del regulador: Para calcular la corriente de consumo del regulador se aplica la ecuación (16), el regulador es un componente

diseñado para controlar la energía que fluye desde la fuente de energía y tiene por objetivo gestionar el sistema frente a una sobrecarga de corriente, garantizando un funcionamiento eficiente y seguro del sistema.

$$I_c = \frac{P_{AC}}{V_{bat} + V_{DC}} \quad (16)$$

Donde:

I_c : Corriente de consumo

P_{AC} : Potencia instalada

V_{bat} : Voltaje de la batería

k) Número de reguladores: Para hallar el número de reguladores, solo se necesita saber la corriente que puede soportar cada regulador como se puede ver en la ecuación 17 [20].

$$N_{reg} = \frac{I_{REG}}{I_{reg}} \quad (17)$$

Donde:

N_{reg} : El número total de reguladores.

I_{REG} : Corriente máxima que debe soportar el regulador.

I_{reg} : Corriente de cada regulador.

ELEMENTOS DEL HARDWARE

Desarrollo de las bases portátiles

- Microcontrolador ESP32

El microcontrolador ESP32 es un chip o placa de desarrollo de bajo costo y bajo consumo de energía que combina la funcionalidad de conectividad del Wi-Fi y el Bluetooth, posibilitando la realización de proyecto utilizando la plataforma ESP32 desarrollada por Espressif System (ver Figura 2.). De doble banda a 2.4 GHz y equipado con un procesador de doble núcleo Tensilica Xtensa LX6, ideal para una amplia gama de aplicaciones de campo de la electrónica y la computación [21]. Además, facilita la conexión a una red Wi-Fi, tiene un potente procesador, una memoria integrada, una amplia variedad de periféricos y pines de entrada/salida permitiendo la comunicación con otros dispositivos, ejecutar aplicaciones complejas y una conexión a una variedad de dispositivos externo, siendo similar de programas a las tarjetas Arduino [22].



Fig. 2 Módulo ESP32

- Sensor de piranómetro modelo RS-TBQ-*-A

Utiliza el principio termoelectrico y puede medir la radiación solar con un rango espectral de 0,3~3µm. Un cartucho de secado lleno de desecante evita que se forme rocío en los lados internos de los domos. También tiene una función de compensación de temperatura, que puede medir con precisión la radiación solar (ver figura 3) [23].

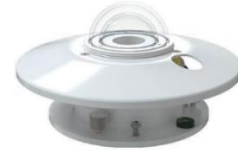


Fig. 3 Sensor de piranómetro RS-TBQ-*-A

- Modulo GPS NEO 6m

El Modulo GPS NEO 6m es un dispositivo compacto que integra un receptor GPS, diseñado para proporcionar información precisa de ubicación en tiempo real como se observa en la Figura 4. El módulo esta optimizado con una antena patch con una sensibilidad de 161 dBm, para recepcionar señales satélites para la comunicación, permitiendo obtener una ubicación rápida y confiable de la base portátil [24]. Este módulo opera a 3,3 v; y esta alimentado por ESP32 mediante el uso de dos pines en ESP32 (3.3 V, GND)



Fig. 4 Modulo GPS NEO 6m

ELEMENTOS PARA LA CONECTIVIDAD

- Firebase

El Firebase es una plataforma de desarrollo de app móviles y paginas webs de Google, siendo popular entre los desarrolladores para la creación de aplicaciones móviles (ver Figura 2.2.11), ofreciendo una variedad de servicios y herramientas cruciales para crear aplicaciones de manera eficiente. El formato JSON (notación de objeto de JavaScript) y la base de datos NoSQL, permite que la información sea almacenada de manera segura. Siendo los servicios principales: Firebase Realtime Database, Firebase Authentication, Firebase Storage, Firebase Analytics, Firebase Cloud Messaging, etc. [25] (Ver Figura 5.)



Fig. 5 Servicios de Firebase

- App inventor diseño de aplicaciones
El App inventor es una plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles creada por el MIT, permitiendo a las personas sin experiencia y sin usar un lenguaje de programación compleja, generar una programación sencilla sobre una aplicación. Las características más destacadas de esta aplicación es que cuenta con una interfaz grafica de usuario basada en bloques y un acceso a componentes del teléfono permitiendo simplificar la creación de aplicaciones, tal como se muestra en la Figura 6 [26].

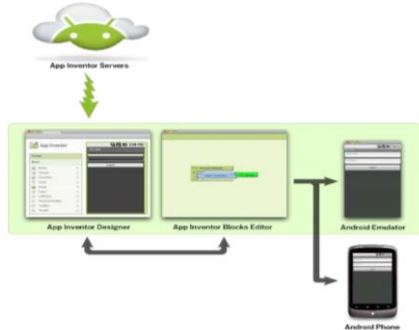


Fig. 6 Diagrama de flujo del MIT App Inventor

- Google Sheets
Google Sheets es una aplicación de hojas de cálculo en línea, que ofrece características y funciones similares a la aplicación de Microsoft Excel el cual almacena todo los datos ingresados a un servidor de la nube y permite el acceso a varios usuarios desde cualquier ordenador de manera independiente (Ver Figura 7) [27]. En esta investigación se utilizó el programa Google Sheets para sincronizar con Firebase permitiendo un almacenaje de información del monitoreo de la irradiación [28] enviada por el ESP32 mediante las capacidades del Wi-Fi para transferir datos leídos por el sensor de irradiación y le modulo GPS [29].



Google Sheets

Fig. 7 Logo del Google Sheets

III. RESULTADOS

Se tomo las medidas de los niveles de irradiación de dos diferentes distritos de la ciudad de Chepén junto con su geolocalización desde bases portátiles colocadas en el distrito de Chepén y en el distrito de Pacanga. Luego esta información se muestra en el aplicativo como se puede ver en la figura 8(a). Para ayudar en el dimensionado del sistema fotovoltaico se ingresa de manera manual parámetros como el consumo diario que se obtuvo de una encuesta realizada y otros parámetros relacionados a la capacidad de los elementos del sistema fotovoltaico como se puede observar en la figura 8(b). Después

observamos que en la figura 8(c) aparece un botón, este botón al presionarlo realizará los cálculos y nos mostrará los resultados del dimensionamiento como se puede observar en la figura 8(d)

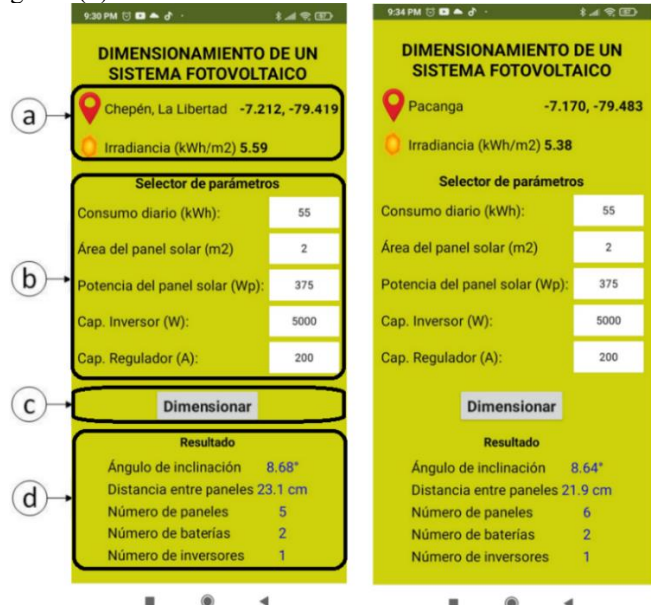


Fig. 8 Interfaz de dimensionamiento del Sistema fotovoltaico (a) datos provenientes de la base portátil, (b) datos ingresados por el usuario, (c) botón para realizar dimensionado, (d) resultados del dimensionamiento

Una vez realizado el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se puede visualizar que a pesar de que los dos distritos se encuentran en la misma ciudad el resultado tiene variaciones entre las que destaca el número de paneles que en el caso de Pacanga es mayor necesitando 1 panel más que en el distrito de Chepén. Podemos notar esta variación debido a los datos recopilados por la base portátil

Los datos recopilados sobre la irradiancia diaria por la base portátil se almacenaron en el Google Sheets, en este caso se muestra en la figura 9 los valores de irradiancia del mes de enero junto con la fecha y los datos de geolocalización

	A	B	C	D	E	F	G
1	Fecha	Latitud	Longitud	Irradiancia (kWh/m ²)			
2	01/01/2023	-7.212	-79.419	5.75			
3	02/01/2023	-7.212	-79.419	5.60			
4	03/01/2023	-7.212	-79.419	5.92			
5	04/01/2023	-7.212	-79.419	5.57			
6	05/01/2023	-7.212	-79.419	5.95			
7	06/01/2023	-7.212	-79.419	5.74			
8	07/01/2023	-7.212	-79.419	5.75			
9	08/01/2023	-7.212	-79.419	5.67			
10	09/01/2023	-7.212	-79.419	6.02			
11	10/01/2023	-7.212	-79.419	5.86			
12	11/01/2023	-7.212	-79.419	5.56			
13	12/01/2023	-7.212	-79.419	5.76			
14	13/01/2023	-7.212	-79.419	5.62			
15	14/01/2023	-7.212	-79.419	5.83			
16	15/01/2023	-7.212	-79.419	5.64			
17	16/01/2023	-7.212	-79.419	5.94			
18	17/01/2023	-7.212	-79.419	5.48			
19	18/01/2023	-7.212	-79.419	6.00			
20	19/01/2023	-7.212	-79.419	5.83			
21	20/01/2023	-7.212	-79.419	5.71			
22	21/01/2023	-7.212	-79.419	5.84			
23	22/01/2023	-7.212	-79.419	5.81			
24	23/01/2023	-7.212	-79.419	5.77			
25	24/01/2023	-7.212	-79.419	5.73			
26	25/01/2023	-7.212	-79.419	5.94			
27	26/01/2023	-7.212	-79.419	5.65			
28	27/01/2023	-7.212	-79.419	5.50			
29	28/01/2023	-7.212	-79.419	5.78			
30	29/01/2023	-7.212	-79.419	5.97			
31	30/01/2023	-7.212	-79.419	5.48			

Fig. 9 Valores de irradiancia en chepen del mes de enero en Google Sheets

Se realizó el analisis de los valores de irradiancia obtenidos en los distritos de Chepén y Pacanga como se puede observar en la figura 10, los valores fueron recolectados en simultaneo lo cual permite un mejor analisis de los niveles de irradiancia en una zona amplia.

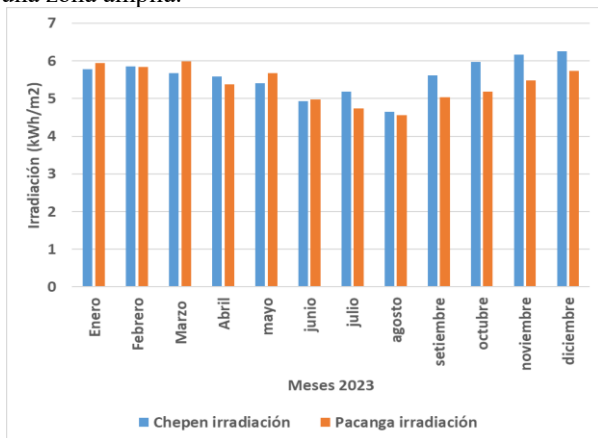


Fig. 10 Niveles de irradiancia en los distritos de la ciudad de Chepén

V. CONCLUSIONES

Este aplicativo puede ayudar a personas que no están relacionados con el campo de las energías fotovoltaicas, ya que no deben realizar cálculos matemáticos complejos o recurrir a profesionales para el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos. Siendo este aplicativo una alternativa viable para personas que deseen diseñar hogares autosustentables con energía solar en zonas alejadas del sistema eléctrico convencional.

La base portátil permite identificar la zona que tiene mejor irradiancia lo cual evita que se tenga que realizar gastos adicionales, ya que como se vio en Pacanga se requiere un más que en el distrito de Chepén. Además, la cantidad de bases

portátiles se puede aumentar lo que permitirá un mejor mapeo de la zona en la que se quiere instalar el sistema fotovoltaico.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Nacional del Callao y al Vicerrectorado de Investigación, en virtud de las lecciones aprendidas y las valiosas sugerencias y recomendaciones que nos ha proporcionado

REFERENCIAS

- [1] J. Castro, "Desarrollo e implementación de un software para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos en el distrito de Echarati," Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019.
- [2] J. Yong and M. Zainizan, "Photovoltaic Cell Sizing Software Development by Android Studio for Solar Powered Tube-well System," *Evol. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 18–28, 2021.
- [3] D. A. Velazco Capacho, C. I. Nova Pinzón, and M. A. Bayona Cely, "Dimensionamiento Y Aplicación Android Para Un Sistema Fotovoltaico Autonomo En Zona Rural: Caso De Estudio," *Rev. Colomb. Tecnol. Av.*, vol. 2, no. 28, 2017, doi: 10.24054/16927257.v28.n28.2016.2478.
- [4] H. Ochoa and F. Ramirez, "HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS BASADA EN REDES NEURONALES ARTIFICIALES (RNA) PARA DETERMINAR LA CONFIGURACIÓN, SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ARREGLOS FOTOVOLTAICOS EN COLOMBIA," UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA, 2020.
- [5] J. Cosme, M. Meza, J. Cabezas, and F. Peñares, "Photovoltaic Systems: A Review Analysis," *Ingenium*, vol. 3, no. 1, pp. 36–44, 2018.
- [6] K. Vega-Carranza, J. F. Piedra-Segura, and G. Richmond-Navarro, "Photovoltaic systems sizing using graphical user interface," *Rev. Tecnol. en Marcha*, vol. 32, no. 3, pp. 66–78, 2019, doi: 10.18845/tm.v32i3.4480.
- [7] H. Seo and J. Suh, "A review of smartphone applications for solar photovoltaic use: Current status, limitations, and future perspectives," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 5, pp. 1–31, 2021, doi: 10.3390/app11052178.
- [8] N. I. Ahmad, A. Fateh, and M. Nor, "Computational Method for Sizing and Cost Analysis of Grid-Connected Photovoltaic System," *Evol. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 364–376, 2022.
- [9] J. M. Correa Herrera, "Dimensionamiento óptimo de sistemas fotovoltaicos bajo el marco regulatorio de la ley 20.571," UNIVERSIDAD DE CHILE, 2017.
- [10] I. H. Denwigwe, J. D. Akinde-Peters, O. M. Babatunde, O. Samson Adedaja, I. A. Taiwo, and T. B. Adedaja, "An Android-based mobile platform for understanding Residential PV system sizing," *African J. Sci. Technol. Innov. Dev.*, vol. 14, no. 5, pp. 1377–1390, 2022, doi: 10.1080/20421338.2021.1959280.
- [11] F. Cabrales and R. Mejía, "SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: SOLUCIÓN ENERGÉTICA EN LAS COMUNIDADES AISLADAS," *Rev. Cienc. e Ing.*, vol. 9, no. 2, p. 26, 2022, [Online]. Available: <http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei><http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei>

- [12] U. Alvarez Yana and P. P. Ojeda Aguilar, *Diseño de un aplicativo de cálculo de Sistemas Fotovoltaicos para la optimización del costo de instalación en el Perú*, 2023.
- [13] E. Chavez *et al.*, “Study of the energy potential in a Photovoltaic Wind Hybrid system to electrify the rural area of Anexo Quebrada Honda in Cajamarca Estudio del potencial energético en un sistema Híbrido Eólico Fotovoltaico para electrificar la zona rural de Anexo Quebrada,” pp. 1–10.
- [14] A. Hussain *et al.*, “Development of Cost-Effective and Easily Replicable Robust Weeding Machine—Premiering Precision Agriculture in Pakistan,” *Machines*, vol. 11, no. 2, 2023, doi: 10.3390/machines11020287.
- [15] C. Peng and K. Qian, “Development and Application of a ZigBee-Based Building Energy Monitoring and Control System,” *Sci. World J.*, vol. 2014, p. 13, 2014, doi: 10.1155/2014/528410.
- [16] M. Cristian and L. Eider, “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para generar electricidad en la I.E 14508,” UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ, 2021.
- [17] C. A. Bolaños Jiménez and G. Gómez Ramírez, “Methodology for the implementation of photovoltaic systems with storage for small industries,” *Tecnol. en Marcha*, vol. 36, pp. 18–32, 2023.
- [18] M. Abella, “Dimensionado de sistemas Fotovoltaicos,” Escuela organizacional industrial, 2017.
- [19] D. G. Córdova and J. A. Quiñonez, “Instalación de un sistema de panel solar fotovoltaico con capacidad de 400 W, para el suministro de energía a una vivienda en un sector aislado,” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2023.
- [20] J. Cieza, “DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALUMBRADO EN EL HOSTAL LANCELOT UBICADO EN CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE,” UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, 2017.
- [21] N. Salazar, “Diseño de un Sistema Inteligente para el Control Automatizado de Invernaderos,” Universidad Autónoma Del Estado De Morelos, 2020.
- [22] J. Ortiz and G. Valencia, “Diseño e implementación de un sistema de iluminación led fotovoltaica utilizando la plataforma APP inventor para monitoreo remoto de sus variables energéticas y control de energéticas y control de encendido aplicado al laboratorio de audiovisual de la esc,” Universidad Politecnica Salesiana Sede Guayaquil, 2018.
- [23] Z. Hu, Y. Qiu, J. Zhou, and Q. Li, “Smart Flexible Porous Bilayer for All-Day Dynamic Passive Cooling,” *Small Sci.*, vol. 2300237, pp. 1–12, 2024, doi: 10.1002/smssc.202300237.
- [24] E. A. Mohammed, M. H. Qahtan, and A. J. Ali, “Internet of things based real-time electric vehicle and charging stations monitoring system,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 27, no. 3, pp. 1661–1669, 2022, doi: 10.11591/ijeecs.v27.i3.pp1661-1669.
- [25] P. Llumiquinga, “IMPLEMENTACIÓN DE UN MEDIDOR DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA FOMENTAR EL AHORRO EN CONSUMIDORES RESIDENCIALES,” Escuela Politécnica Nacional, 2021.
- [26] R. H. Saputra and W. Winia, “Utilizing the Mit App Inventor Tools As a Learning Media Information To Create Android-Based Applications,” *Asia Inf. Syst. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2023.
- [27] Z. J. Kunicki, N. S. Zambrotta, M. C. Tate, A. R. Surrusco, M. M. Risi, and L. L. Harlow, “Keep Your Stats in the Cloud! Evaluating the Use of Google Sheets to Teach Quantitative Methods,” *J. Stat. Educ.*, vol. 27, no. 3, pp. 188–197, 2019, doi: 10.1080/10691898.2019.1665485.
- [28] K. Bhattar, “System for Advanced Locking and Ticketing (S.A.L.T),” *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–4, 2022, doi: 10.37421/2169-0316.22.11.332.
- [29] R. Rotar, S. L. Jurj, R. S. Flavius, and M. Vladutiu, “Global Energy Production Computation of a Solar-Powered Smart Home Automation System Using Reliability-Oriented Metrics,” *Energies*, vol. 14, p. 2541, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/en14092541>.