

DESARROLLO DE UN INSTRUMENTO DE TELEMEDIDA PARA MEDICIÓN DE POTENCIA EN MÓDULO FOTOVOLTAICO DE LA UAN SEDE MANIZALES

Autores: Jefferson Marin Rodriguez 23552017695
Universidad Antonio Nariño
jmarin51@uan.edu.co

RESUMEN: En este proyecto se diseñó un dispositivo conocido como telemetría el cual cumple con la función de medir la energía generada por las cargas en la instalación fotovoltaica de la UAN sede Manizales. El prototipo fue diseñado en base a ciertos componentes conocidos como sensor de corriente, regulador de voltaje, protoboard entre otros. Los cuales van conectados directamente al panel y de este manda una señal a servidor en la nube conocido como Node-Red para así conocer la potencia consumida por las cargas, con este proyecto además se busca abarcar un nuevo tipo de tecnología que facilite la recolección de datos en una nueva era digital y que sea amigable con el medio ambiente al no necesitar papel para conocer la potencia generada por las cargas pudiendo enviar electrónicamente los datos recolectados.

PALABRAS CLAVE: Firmware para sistemas embebidos, Internet de las Cosas (IoT), energías renovables, Medición de potencia, Instrumentación.

ABSTRACT: In this project we designed a device known as telemetry which fulfills the function of measuring the energy generated by the loads in the photovoltaic installation of the UAN headquarters Manizales. The prototype was designed based on certain components known as current sensor,

voltage regulator, protoboard among others. The prototype was designed based on certain components known as current sensor, voltage regulator, protoboard among others, which are connected directly to the panel and this sends a signal to a server in the cloud known as Node-Red to know the power consumed by the loads, with this project also seeks to cover a new type of technology that facilitates data collection in a new digital era and is environmentally friendly by not needing paper to know the power generated by the loads can send electronically the data collected.

KEY WORDS: Firmware for embedded systems, Internet of Things (IoT), renewable energies, power measurement, instrumentation.

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual la contaminación es un problema que cada vez se manifiesta más empeorando la vida cotidiana de la sociedad, al generar más contaminación se produce lo que se conoce como calentamiento global,[1] que según estudios recientes el planeta presenta síntomas de calentamiento global de tal manera que la

ambientación crece en los polos de la tierra, es decir donde antes había y deberían haber montañas de hielo ahora se derriten debido principalmente a las industrias del petróleo y fábricas nucleares las cuales provocan gran contaminación, sin embargo para empezar a generar cambios en relación al medio ambiente primero se debe desarrollar una sociedad que esté comprometida con el cambio proponiendo por ejemplo algunas medidas de control siendo algunas de las propuestas tales como: el correcto reciclaje por parte de los usuarios, no desaprovechar el agua y sembrar un árbol de cualquier semilla. Esto puede resultar en un cambio para bien que ayude al medio ambiente con ejercicios simples pero que benefician grandemente al ecosistema en el que habita la sociedad; esto además deja claro que el planeta requiere implementación de sistemas de generación de energías renovables. Este tipo de sistemas de telemetría pueden servir como base para tomar decisiones en cuanto al rediseño o ampliación de la capacidad instalada, en este trabajo se propone entonces realizar una telemetría que sea amigable con el medio ambiente y ayude a controlar la potencia generada por el panel solar de la sede UAN de Manizales, además se busca también que indique la energía consumida por hora, esto para llevar un control de la batería y demás componentes para evitar posibles daños, por último se implementará un servidor para mostrar los datos ya mencionados que llegarán a través de una red WLAN (Wireless Local Area Network) y de esta manera no tener que ir directamente hasta la fuente de alimentación para conocer cuánta energía se está consumiendo en el panel y cuánta energía están consumiendo los celulares de los estudiantes y/o profesores de la sede UAN de manizales lo cual lo hace una forma mas practica y sencilla de trabajo a diferencia de la manera actual..

A. Algunos antecedentes [1],[2],[3]

En ese sentido los alumnos de la UAN han realizado proyectos que cuenten con sistemas de energías renovables, los que se han investigado en este proyecto y también teniendo en cuenta el año presente 2022 no se encontraron proyectos que se

enfocarán a la medición de energía consumida vía WLAN, sin embargo sí se encontró una amplia gama de proyectos que se realizaron con energías renovables lo que habla muy bien de la conciencia de los estudiantes de la UAN y por ende de la misma institución, algunos de estos proyectos hablaban de un [2] banco didáctico, otro sobre [3] implementar un centro de investigación que fuera concretamente enfocado a energías renovables etc. [4] En otra institución se realizó un trabajo similar prueba de ello es la universidad de Valladolid en la cual realizaron un prototipo de telemetría que además de medir la energía consumida también indica la humedad, gas y temperatura. El proyecto fue realizado en colaboración con la empresa Energibid; también se propuso en ese proyecto medir la energía bajo el internet de las cosas (IoT) vía WLAN, la única desventaja es que no cuenta con implementación de energías renovables. Desde el punto de vista de la telemetría de variables en las instalaciones fotovoltaicas en la sede Manizales no hay registros de este tipo de trabajos, prueba de ello es que el módulo no lo tiene por tanto lo que se pretende en este proyecto es aprovechar el funcionamiento de la telemetría e implementar este tipo de tecnología en la sede UAN de Manizales teniendo en cuenta lo que se viene a futuro, esto es, un avance tecnológico que está guiado bajo la implementación de software que den a conocer la energía consumida con mayor precisión y en tiempo real a través del software en cuestión, lo que diferencia este proyecto de los demás es principalmente que cuenta con el uso de energías renovables prueba de esto es que estará sujeto al panel solar de la sede UAN de Manizales, además contará con un software en Node-Red, con interfaz gráfica de usuario GUI para observar los datos generados por la telemetría que muestre la energía consumida por los usuarios en tiempo real.

B. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema principal de la sociedad actual está relacionado a la contaminación y por ende esto a su vez produce lo que se conoce como calentamiento global un fenómeno que viene acarreado terribles consecuencias ya desde hace varios años atrás, tanto así que se presentan altos niveles de calentamiento global lo cual ha

concluido en hacerle daño a la vegetación y esto a su vez dando lugar a desiertos, [5] asimismo algunas especies de animales están sufriendo los daños de esta problemática como por ejemplo el pingüino emperador, tortuga laúd, leopardo de las nieves, abejorros entre otros, los cuales están en peligro de extinción por tanto lo que se pretende en este proyecto además de la telemetria es concientizar a las personas que lean el documento a tomar conciencia sobre este tema y entender que la sociedad actual debe generar soluciones para esta problemática, lo que se busca en este trabajo es cumplir la función de mitigar el daño del calentamiento global a través de un sistema fotovoltaico que funciona con energías renovables [6] lo que cuidara el medio ambiente y por ende ayudará en la lucha frente a este fenómeno llamado calentamiento global, con este proyecto se busca alcanzar a todos los estudiantes que quieran o necesiten cargar sus dispositivos móviles de la sede UAN de Manizales y dar a conocer vía WLAN el estado del panel solar, este proyecto está enfocado en conocer cuánta energía se está consumiendo en el mismo esto ayudará para saber el estado de los distintos componentes del panel y proporcionar información que puede resultar muy útil para ingenieros y/o tecnológicos y/o técnicos que quieran hacerle un mantenimiento al sistema fotovoltaico.

C. JUSTIFICACIÓN

Es necesario integrar este tipo de sistemas fotovoltaicos a nuestra sociedad actual debido a varios factores, principalmente que permite conocer en tiempo real y desde internet el consumo de energía sin necesidad de ir físicamente a la instalación como se está acostumbrado, esto facilita el hecho de no perder ni tiempo ni transporte y ahorrar ambos factores de manera eficaz. También, resulta más factible al momento de implementar medidas para la preservación de materiales y/o maquinaria especializada, además, sirve para conocer la potencia demandada en tiempo real. Actualmente la telemetria no se usa en la mayoría de ciudades y pueblos del país, esto aleja a las comunidades del país de los potenciales beneficios que trae consigo este tipo de tecnología. encima el hecho

de que es compatible con energías renovables le da un valor agregado.

II. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema piloto para la captura del consumo energético en una instalación fotovoltaica en la sede UAN de Manizales.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar acerca de la telemetria y su importancia en la calidad de vida actual.
- Desarrollar plataforma en la nube para la adquisición y visualización de los datos
- Diseñar hardware y firmware para la medición de energía generada por el panel

III. MARCO TEÓRICO

1.1 (IoT)

1.1.1 (MQTT)

1.2 CALENTAMIENTO GLOBAL

1.3 TELEMETRIA

1.4 PLATAFORMA NODE-RED

1.5 ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

1.5.1 ESP32

1.5.2 PZEM-004T

1.5.3 LM2596

1.1 (IoT)[7]

El (IoT) o internet de las cosas funciona con dispositivos con software que tienen instalados sensores inalámbricos o otra tecnología de tal manera que se conectan a través de internet o por la nube haciendo posible la conectividad entre diferentes componentes y haciendo posible

distintos usos desde domésticos hasta industriales a través del internet

1.1.1 MQTT [8]

MQTT es un protocolo de comunicación abierto conocido por su facilidad y simplicidad, por lo que puede usarse con éxito en pequeños microcontroladores con recursos de hardware limitados y bajo ancho de banda de enlace, lo que lo hace ideal para conceptos de IoT y también para este proyecto en específico al ser compatible con el microcontrolador ESP32.

MQTT significa "Transporte de telemetría de cola de mensajes" y se creó originalmente para conectar dispositivos y enviar información de sensores a servidores remotos relacionados con la industria petrolera. Hoy en día, es ampliamente utilizado en diversas industrias, como la automotriz, la manufactura, las telecomunicaciones, el petróleo y el gas, etc. Prospera en el Internet de las cosas (IoT) porque no consume demasiados recursos. Las aplicaciones que usan este protocolo incluyen Facebook, que actualmente usa MQTT para su aplicación Messenger, no solo porque el protocolo ahorra energía de la batería durante la mensajería de teléfono a teléfono, sino también porque permite que los mensajes se envíen en milisegundos (ms) para una entrega eficiente a través de redes a pesar de las conexiones de Internet inconsistentes en todo el mundo.

1.2 Calentamiento global [9]

El principal y más grave problema en relación al calentamiento global se debe primordialmente a los cambios climáticos que genera, en este proyecto se insta en este tema debido a que es necesario implementar sistemas fotovoltaicos que ayuden a subsanar esta problemática que se viene acrecentando cada vez con más fuerza, como por ejemplo dejando millones de personas en las islas costeras sin hogar o dañando los cultivos en varios lugares alrededor del mundo en este proyecto se implementó un sistema fotovoltaico capaz de generar una ficha técnica que mida el voltaje, la corriente, la potencia y el factor de potencia todo directamente desde la nube haciendo uso del (IoT) además del ya mencionado mqtt que recibe los datos y los envía a la plataforma Node-Red lugar desde donde se puede apreciar los datos

solicitados y sin necesidad de desestabilizar el ecosistema actual.

1.3 Telemetria [10]

La telemetria es un tipo de tecnología que consiste en realizar medidas eléctricas a distancia y sin necesidad del contador físico a través del (IoT) internet de las cosas. Sus principales ventajas son que permite ver el consumo en tiempo real, sin estimaciones sino la potencia generada actualmente, permite lectura de componentes de forma indirecta puesto que si hay una subida de tensión el sistema lo reportará inmediatamente en la página donde se lean los resultados, Modificaciones de contratos y comprobaciones varias de forma externa o a distancia e inmediata etc. Por lo cual en este proyecto esto es lo que se desarrolló, un sistema capaz de medir la potencia generada por las cargas sin necesidad de estar en el contador físicamente sino visualizando los datos a través de servidor WLAN.

1.4 Plataforma Node-Red [11]

Plataforma que consiste en enviar información a través de nodos los cuales son de uno de dos tipos el primero es conocido como nodo de inyección el cual se basa redundando palabras en mostrar información de un dispositivo sin necesidad de una entrada para mostrar un mensaje hacia el nodo que está conectado al mismo, el segundo caso de uso de la plataforma Node-Red es a través de nodos de función que por el contrario del ya mencionado tiene una entrada y esta a su vez produce un trabajo indicado por el usuario y es compatible con algunos microcontroladores como es el caso del esp32 este como bien se aclara en este trabajo es un microcontrolador cuya cualidad más importante a declarar es que tiene módulo de comunicación wifi y bluetooth incorporado el cual se usará en este proyecto lo que servirá para conocer el consumo de energía de la instalación fotovoltaica de la sede UAN de Manizales consumida por el panel de la misma a través de un sensor conocido como PZEM-004T cuya función principal es la de hacer de sensor de corriente en la instalación planteada, debido al presupuesto solo se medirá la energía consumida, sin embargo el dispositivo quedará abierto a mejoras futuras por ejemplo sistemas similares para la medición de temperatura, gas, etc.

1.5 Especificaciones de materiales

Los materiales usados en este proyecto para la realización de la teledadida fueron : Primero un microcontrolador llamado ESP32 el cual cumple el papel de publicador en el sistema de mqtt, un servidor en la nube conocido como mosquitto cumple el papel de breaker para que muestre los valores publicados por el esp32 en la plataforma Node-Red, además físicamente en la instalación el dispositivo para medir la corriente es el PZEM-004T, este se conecta directamente a la carga y de allí se establece una conexión con cables hacia el regulador de voltaje LM2596 para prevenir posibles daños o disparos de voltaje y que se dañe el sistema, luego finalmente se conecta del regulador de voltaje hacia el microcontrolador esp32 y este a la protoboard y así finalmente vía WLAN y con un programa en arduino ide se puede indicar los valores solicitados a la plataforma Node-Red.

A continuación especificaciones más técnicas de los componentes utilizados para el desarrollo de la teledadida.

1.5.1 ESP32 [12]

Conectividad inalámbrica:

-WiFi : velocidad de datos de 150,0 Mbps con HT40

-Bluetooth: BLE (Bluetooth de baja energía) y Bluetooth Classic

Procesador: microprocesador Tensilica Xtensa Dual-Core de 32 bits LX6, que funciona a 160 o 240 MHz

ROM: 448 KB

SRAM: 520 KB

Bajo consumo : garantiza que se pueda usar en conversiones ADC, por ejemplo, durante el sueño profundo .

Entrada/salida periférica:

- Interfaz periférica con DMA que incluye toque capacitivo

- ADC (convertidor analógico a digital)
- DAC (convertidor de digital a analógico)
- SPI (interfaz periférica en serie)
- PS (sonido internship integrado)
- PC (circuito inter integrado)
- UART (receptor/transmisor asincrónico universal)
- RMII (Interfaz independiente de medios reducida)
- PWM (modulación de ancho de pulso).

Seguridad: aceleradores de hardware para AES y SSL / TLS

Compatible con Arduino IDE: puede programar el ESP32 con Arduino IDE

Compatible con Micro Python : puede programar el ESP32 con firmware MicroPython

1.5.2 PZEM-004T [13]

El componente mencionado puede medir las siguientes especificaciones:

Interfaz UART TTL optoacoplada

Mide Voltaje RMS, Corriente RMS, Potencia Activa y Energía

Rangos de medida:

1. Potencia, rango: 0 a 22kW

De 0 a 10kW, el formato es 0.000 a 9.999

De 10 a 22 kW, el formato es 10.00 a 22.00

2. Energía, rango: 0 a 9999 kWh

De 0 a 10 kWh, el formato es 0.000 a 9.999

De 10 a 100 kWh, el formato es 10.00 a 99.99

De 100 a 1000 kWh, el formato es 100.0 a 999.9

De 1000 a 9999 kWh, el formato es 1000 a 9999

3. Voltaje, rango: 80 a 260 VAC

El formato es 110.0 ~ 220.0.

4. Corriente, rango : 0 a 100A

El formato es 00.00 a 99.99

Protección de corto circuito: SI (hasta 5A)

Protección limitadora de corriente: SI

Protección frente a inversión de polaridad: NO

Dimensiones: 43mm*21mm*13mm

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Referencia: PZEM-004T

el paquete incluye:

1x Medidor Digital Multi-función

1x Bobina

Referencia de producto: MD PZEM-004T

1.5.3 LM2596 [14]

Las especificaciones del regulador de voltaje son las siguientes:

Convertidor DC-DC Buck: LM2596

Voltaje de entrada: 4.5V a 40V DC

Voltaje de salida: 1.23V a 37V DC

V. salida ajustable (el voltaje de entrada debe tener al menos 1.5V más que la salida).

Corriente de Salida: máx. 3A, 2.5A recomendado (usar disipador para corrientes mayores a 2A).

Potencia de salida: 25W

Eficiencia de conversión: 92%

Regulación de carga: $S(I) \leq 0.5\%$.

Regulación de voltaje: $S(u) \leq 0.5\%$.

Frecuencia de Trabajo: 150 KHz

Ripple en la salida: 30mV (máx.) 20 M bandwidth

Protección de sobre-temperatura: SI (apaga la salida)

IV. DESARROLLO METODOLÓGICO

Una de las actividades que sirvió como base para el desarrollo del proyecto fue la investigación acerca de temas como el de los MQTT(Message Queuing Telemetry Transport) y su implementación en la nube con el programa gratuito que sirve de breaker entre el publicador y el suscriptor llamado mosquito

Otra actividad fue la de investigar sobre temas de programación tanto en arduino ide para el microcontrolador conocido como esp32 y en el Node-Red para las paletas y de esta manera que indique los valores solicitados por el cliente.

Una actividad más fue la de indagar sobre los componentes para desarrollar la telemida dando por conclusión los siguientes:

-ESP32(Microcontrolador)

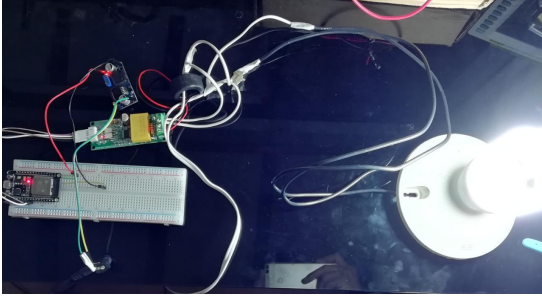
-PZEM-004T(Sensor de corriente)

-LM2596(Regulador de voltaje)

Entre otros,estos fueron los más necesarios dado las cualidades y especificaciones de los mismos además de esto se requirió también cinta aislante y cables de distinto tipo según lo solicitara la instalación,además de la protoboard que es necesaria para conectar todo eficazmente.

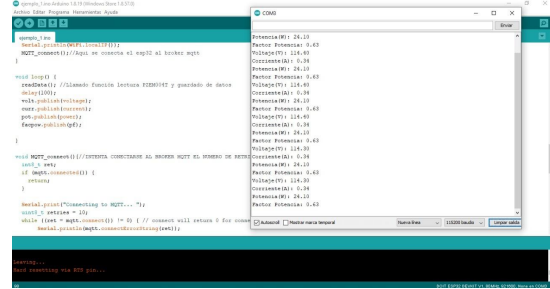
La última actividad desarrollada corresponde al tema de ensamblaje de los componentes para ya dar por terminada la instalación, además de la programación correspondiente para conocer los datos vía WLAN.

A continuación un ejemplo del funcionamiento correcto tanto del programa en Arduino ide como en la plataforma de Node-Red para ver los datos generados por la carga de un bombillo.



Fuente: El autor

En esta primera imagen se puede apreciar cómo se conectan los componentes entre sí, cabe destacar que el LM2596 ya está regulado a 9 voltios para darle la potencia necesaria tanto al sensor como al microcontrolador, desde el sensor se conecta dos cables hacia la carga y se pasa la bobina como tal en medio de uno de los cables para medir la potencia solicitada como lo indica el diagrama del pzem-004t, además también se usó el diagrama de especificaciones del pzem 004t para conectar al esp32 esto teniendo en cuenta tener las puesta a tierra unificadas.



Fuente: El autor

Por último se puede apreciar un poco la programación en arduino ide que fue necesaria para establecer una conexión entre el esp 32, mosquito y finalmente la plataforma Node-Red.

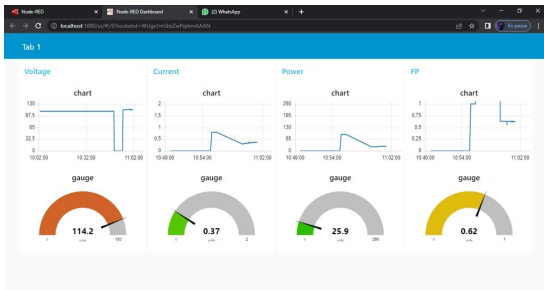
V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se diseñó sistema fotovoltaico que cumple las funciones propuestas en el anteproyecto, en la cual se solicitaba sistema capaz de medir a través de WLAN la potencia generada por las cargas por lo cual se puede afirmar que se cumple lo establecido, además se dejó en el documento las especificaciones de los componentes a resaltar por lo que la ficha técnica se esperaba que fuera física más sin embargo se encuentra ya incluida en el documento, en relación acerca de los componentes solicitados en el proyecto estos son: el esp 32, pzem-004t y el lm2596 cada uno con sus respectivas especificaciones , esto para prevenir cualquier clase de falla y poder solucionarlo eficazmente.

VI. CONCLUSIONES

Como conclusión del objetivo general el cual era desarrollar piloto de telemedida para la captura del consumo energético se puede afirmar que el sistema fotovoltaico cumple la función a cabalidad al generar el dato correspondiente vía WLAN en la plataforma conocida como Node-Red.

Como parte de los objetivos específicos el primero consistió en indagar información acerca de la telemedida, este objetivo se cumple puesto que en el proyecto se menciona anteriormente la importancia tanto para el medio ambiente, la



Fuente: El autor

En la segunda imagen se puede observar los valores mostrados en plataforma Node-red tanto del voltaje, corriente, potencia y factor de potencia que fueron solicitados en la programación de arduino ide como se verá a continuación, cabe recordar que estos valores son posibles de visualizar gracias al servidor breaker en la nube mosquito quien hace de puente entre el publicador esp 32 y la programación que este se le inyecta a través del arduino ide hacia el suscriptor que en este caso es Node-Red todo gracias al sistema de mqtt.

comodidad y/o facilidad que brinda y el ahorro de tiempo.

Se desarrolló el objetivo de crear plataforma en la nube puesto que fue necesario para obtener la visualización de los datos solicitados por el cliente en tiempo real a través de la plataforma en la nube Node-Red.

Se diseñó hardware que está conectado directamente al panel el cual cumple la función de medir la corriente generada por el mismo dando resultados en tiempo real el cual funciona de manera que el microcontrolador esp32 manda datos a la plataforma en la nube y este los capta el breaker conocido como mosquito y a su vez este los manda a Node-Red para la correcta visualización de los datos solicitados

VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Espejel Rodríguez y A. Flores Hernández, «Conocimiento y percepción del calentamiento global en jóvenes del bachillerato, Tlaxcala», *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, vol. 6, n.º 6, pp. 1277-1290, sep. 2015.
- [2] M. Moreno Lugo y J. V. Rodríguez Guevara, «Diseño e implementación de un banco didáctico de energía solar fotovoltaica para prácticas de los estudiantes de la Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio», *instname:Universidad Antonio Nariño*, feb. 2022, Accedido: 28 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/6014>
- [3] Z. V. Monsalve Laiton y L. Pérez Mateus, «Propuesta de diseño de un laboratorio de energías alternativas en la Universidad Antonio Nariño.», *instname:Universidad Antonio Nariño*, mar. 2021, Accedido: 28 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2273>
- [4] G. Blanco Rico, «Sistema de telemedida y sensorización mediante red LoRaWAN», 2021, Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/50031>
- [5] «10 de las especies más amenazadas por el cambio climático». <https://www.wwf.org.co/?371431/10-de-las-especies-mas-amenazadas-por-el-cambio-climatico> (accedido 28 de octubre de 2022).
- [6] «La telemedida en el campo: descubre todas sus ventajas», *Linkener*, 2 de marzo de 2020. <https://linkener.com/blog/la-telemedida-en-el-campo-ventajas> (accedido 28 de octubre de 2022).
- [7] «¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)?» <https://www.oracle.com/co/internet-of-things/what-is-iot/> (accedido 18 de noviembre de 2022).
- [8] «¿Qué es MQTT? El protocolo de comunicación para IoT». <https://solectroshop.com/es/blog/que-es-mqtt-el-protocolo-de-comunicacion-para-iot-n117> (accedido 22 de noviembre de 2022).
- [9] «Impacto», *Futuro Verde*, 26 de noviembre de 2016. <https://futuroverde.org/impacto/> (accedido 22 de noviembre de 2022).
- [10] «La telemedida en los contadores digitales - Holaluz», 12 de diciembre de 2012. <https://www.holaluz.com/blog/bienvenidos-al-maravilloso-mundo-de-la-telemedida/> (accedido 22 de noviembre de 2022).
- [11] «Programación Visual con Node-Red: Conectando el Internet de las Cosas con

Facilidad», *Toptal Engineering Blog*.

<https://www.toptal.com/nodejs/programacion-visual-con-node-red-conectando-el-internet-de-las-cosas-con-facilidad> (accedido 28 de octubre de 2022).

[12] «ESP32 WROOM-32 DEVKIT V1 - Placa con WiFi y Bluetooth», *VLC Components s.l.*

<https://solectroshop.com/es/modulos-wifi/5215-esp32-wroom-32-devkit-v1-placa-con-wifi-y-bluetooth.html> (accedido 18 de noviembre de 2022).

[13] «MODULO PZEM-004T MEDIDOR MULTI-FUNCIÓN - UART», *SSDIELECT ELECTRONICA SAS*.

<https://ssdielect.com/magnitudes-electricas-1/168-md-pzem-004t.html> (accedido 18 de noviembre de 2022).

[14] «Convertidor Voltaje DC-DC Step-Down 3A LM2596», *Naylamp Mechatronics - Perú*.

<https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/196-convertidor-voltaje-dc-dc-step-down-3a-lm2596.html> (accedido 18 de noviembre de 2022).