



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“Diseño e implementación de un dispositivo IoT para lectura de consumo eléctrico
en viviendas residenciales.”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

Autor:

PABLO ANDRES MERCHÀN IÑIGUEZ

Director:

DANIEL ESTEBAN ITURRALDE PIEDRA

CUENCA, ECUADOR

2024

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO IoT PARA LECTURA DE CONSUMO ELÉCTRICO EN VIVIENDAS RESIDENCIALES

En el presente trabajo se implementa un dispositivo IoT (Internet of Things) para el control del consumo energético en un hogar. El dispositivo cuenta con un sensor de voltaje y un sensor de corriente, los cuales sirven para calcular potencia aparente, potencia real y factor de potencia; los cuales serán enviados desde el nodo, mediante comunicación LoRa, hacia el Gateway donde se procesa los datos para calcular el consumo. Estos valores son almacenados en una base de datos, para su posterior visualización. Se realizaron pruebas en cargas resistivas, inductivas y capacitivas con las cuales se comprobó el correcto funcionamiento del sistema.

Palabras clave: *Smart grid, LoRa, inalámbrico*

Daniel Esteban Iturralde Piedra

Director de Tesis



Pablo Andrés Merchán Iñiguez

Autor

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN IoT DEVICE FOR ELECTRIC CONSUMPTION READING IN RESIDENTIAL HOUSES

In this work, an IoT (Internet of Things) device is implemented to control energy consumption in a home. The device has a voltage sensor and a current sensor, which are used to calculate apparent power, real power and power factor; which will be sent from the node, through LoRa communication, to the Gateway where the data is processed to calculate consumption. These values are stored in a database for later viewing. Tests were carried out on resistive, inductive and capacitive loads to verify the correct functioning of the system.

Keywords: *Smart grid, LoRa, Wireless.*

Daniel Esteban Iturralde Piedra

Thesis Director



Pablo Andrés Merchán Iñiguez

Author

Diseño e implementación de un dispositivo IoT para lectura de consumo eléctrico en viviendas residenciales.

Merchán Iñiguez Pablo Andrés
Escuela de Ingeniería Electrónica
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador
pabloandre17@es.uazuay.edu.ec

Resumen—En el presente trabajo se implementa un dispositivo IoT (Internet of Things) para el control del consumo energético en un hogar. El dispositivo cuenta con un sensor de voltaje y un sensor de corriente, los cuales sirven para calcular potencia aparente, potencia real y factor de potencia; los cuales serán enviados desde el nodo, mediante comunicación LoRa, hacia el Gateway donde se procesa los datos para calcular el consumo. Estos valores son almacenados en una base de datos, para su posterior visualización. Se realizaron pruebas en cargas resistivas, inductivas y capacitivas con las cuales se comprobó el correcto funcionamiento del sistema.

Palabras Clave—Smart grid, LoRa, Comunicación inalámbrica.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en Cuenca, se monitoriza el consumo energético de cada hogar mediante personal de la Centro Sur [1], en donde su labor es pasar casa por casa visualizando la lectura del medidor, provocando retrasos de tiempo, dinero e incluso se pueden dar errores humanos. La visión es desarrollar un sistema que brinde datos de la lectura del medidor de manera remota, optimizando este proceso para el usuario y para la Centro Sur.

El consumo energético hoy en día, es un punto a tomar en cuenta debido a la escasez de recursos para generar electricidad; por esta razón, se debe buscar alternativas para evitar el sobre consumo y el error humano, al poder monitorizar remotamente el consumo eléctrico. Es necesario contar con todas las facilidades tanto para la empresa que brinda el servicio eléctrico como del usuario final o consumidor, previniendo así cortes de energía, consumos no controlados y malos entendidos. Un gran problema es el sistema de cobro de la Centro Sur, pues en caso de falta de pago si se corta el servicio el usuario tiene que esperar un período de tiempo para que sea reactivado. Por otra parte, el usuario conoce el consumo mensual, únicamente cuando recibe la planilla, sin que pueda tomar medidas oportunas en función de su consumo eléctrico [1].

En la investigación del estado del arte se han encontrado varios artículos relacionados con el tema propuesto, que se detallan a continuación:

En [2] se propone la implementación de medidores eléctricos inteligentes basados en LoRa WAN (Long Range Wide Area Network) en zonas rurales para monitorear y gestionar el consumo de energía eléctrica. LoRa WAN es una

red confiable y de largo alcance para casos de uso de IoT (Internet of Things), El sistema de medidor eléctrico inteligente incluye medidores de kWh, un Gateway LoRa (Long Range), un sistema de red y un panel de monitoreo de energía. A diferencia de este trabajo nosotros aprovechamos la red para enviar datos extras como voltaje, corriente, potencia aparente, potencia real y el factor de potencia.

El proyecto [3] evalúa el uso de comunicación de largo alcance de LoRa para el monitoreo en tiempo real de dispositivos IoT en la Universidad Estatal de Campinas. El estudio realizó pruebas en UNICAMP considerando diferentes distancias, configuraciones de modulación y tamaños de paquetes de datos. Los resultados destacan que la comunicación LoRa permite el uso de dispositivos IoT en el campus con comunicaciones en tiempo real y una confiabilidad adecuada.

En el trabajo presentado en [4], se propone un medidor de energía inteligente basado en LoRa WAN para monitorear el consumo de energía en un campus. Se diseñó hardware, formato de datos y firmware para la adquisición y transmisión de datos a través de la modulación LoRa. Se realizaron pruebas de campo para evaluar el rendimiento de la red según la regulación de Indonesia, demostrando que una sola puerta de enlace en ocho canales podía recibir datos a 1.2 km en el campus. También se observó que el uso de una antena omnidireccional con VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) cercano a 1 mejoraba el rendimiento con un PER (Packet Error Rate) inferior al 1%, y con VSWR de 3.2 degradaba el rendimiento al 13,77%.

En [5] se propone un sistema que utiliza un modelo de compresión de datos en el dispositivo Edge cerca del consumidor. Luego, estos datos comprimidos se transmiten al operador a través de una red de largo alcance. Finalmente, en el operador, se realiza la descompresión para restaurar los datos a su formato original. Ofreciendo un mejor rendimiento en términos de retardo y consumo de energía.

El estudio realizado en [6] se centra en diseñar una arquitectura basada en IoT para apoyar informes y facturación diarios en infraestructuras de medidores avanzados AMI (Alternate Mark Inversion) en redes residenciales. Se analiza el modelado de redes para AMI y se examina LoRa como una opción para redes de área amplia de

baja potencia y largo alcance LPWAN (Low Power Wide Area Network). Se proporciona un análisis de la arquitectura LoRa en un estudio de una red residencial, evaluando: la tasa de entrega de paquetes, el consumo de energía, el rendimiento y la distribución de frecuencia.

En [7] se propone un sistema de monitoreo y control de carga en tiempo real basado en LoRa para abordar las limitaciones de la infraestructura de medición de energía eléctrica en países en desarrollo. Este sistema puede medir voltaje, corriente, potencia y factor de potencia en tiempo real, así como control de encendido y apagado por servidor SCADA en línea. La solución consta de un sistema de adquisición de datos (DAQ), una red de comunicación de datos (DCN) utilizando LoRa, un Gateway en línea que utiliza una Raspberry Pi y un servidor SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), IoT remoto para recopilar y mostrar datos. El sistema fue validado mediante simulaciones en Proteus y MATLAB, seguido de la implementación de hardware.

En [8] se propone un medidor inteligente de electricidad basado en IoT que utiliza tecnología LoRa para comunicarse bidireccionalmente mediante internet, permitiendo el acceso a datos eléctricos de forma digital. Este dispositivo permite pagos a través de supermercados, bancos en línea y billetera digital. Los operadores y usuarios puedan acceder a los datos de uso del medidor a través de una interfaz, que proporciona acceso a funciones de control y notificaciones.

El sistema propuesto en [9] utiliza tecnología LoRa para transmitir datos de forma inalámbrica entre sensores y una Raspberry Pi, permitiendo el monitoreo remoto de dispositivos electrónicos. La Raspberry Pi procesa estos datos para ofrecer información en tiempo real sobre los patrones de uso, lo que facilita la optimización del consumo de energía y la reducción de desperdicio. Los sensores colocados en los dispositivos recopilan datos de uso, transmitidos luego a la Raspberry Pi para su análisis. Esta solución ofrece una manera simple y rentable de monitorear y gestionar dispositivos electrónicos, mejorando así la eficiencia energética y reduciendo costos. Basándonos en este trabajo se realizaron pruebas en distintos tipos de cargas y se implementó en hogares.

En el presente trabajo se propone el diseño e implementación de un dispositivo IoT para el control del

consumo energético en una vivienda. Esto se realizará interpretando la información de sensores, los cuales se colocan en el cableado de la acometida eléctrica, para monitorear el consumo energético. Los datos obtenidos serán transmitidos de manera inalámbrica hasta un Gateway el cual se encargará de enviar la información a un centro de datos. Esta información se procesará para determinar el consumo energético. El Gateway puede recibir información de múltiples nodos, pudiendo ser este un próximo alcance para esta tesis el determinar el número de nodos. Aunque LoRa puede soportar una gran cantidad de dispositivos teóricamente, en la práctica la capacidad efectiva variará según la configuración y el comportamiento del tráfico de red.

En la sección II del presente trabajo se encuentra la descripción del software y hardware que se implementará en este proyecto. Para validar el correcto funcionamiento se especificará y analizará una sección III de resultados obtenidos en las pruebas; finalmente se detallarán las conclusiones obtenidas a lo largo del desarrollo del proyecto en la sección IV.

II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La presente sección describe los esquemas y diagramas necesarios para explicar las conexiones y funcionamiento del sistema para la lectura del consumo eléctrico en viviendas residenciales, así como también la descripción de los elementos de hardware y software.

La Fig. 1 describe el diseño e implementación del dispositivo IoT propuesto para el control del consumo energético en una vivienda. Esto se realiza interpretando la información de dos sensores, uno de corriente y otro del voltaje. Estos sensores se colocan en los cables del medidor eléctrico analógico, para sensar el consumo energético. Los datos obtenidos se transmiten de manera inalámbrica a través de un dispositivo LoRa hasta un Gateway el cual se encarga de almacenar la información en una base de datos, donde se procesa la información para determinar el consumo energético. Los valores almacenados en la base de datos, permitirán visualizar la información de forma remota desde cualquier dispositivo móvil.

A. Nodo

El nodo sensor está conformado por un módulo Heltec LoRa ESP32 que permite la comunicación inalámbrica hacia

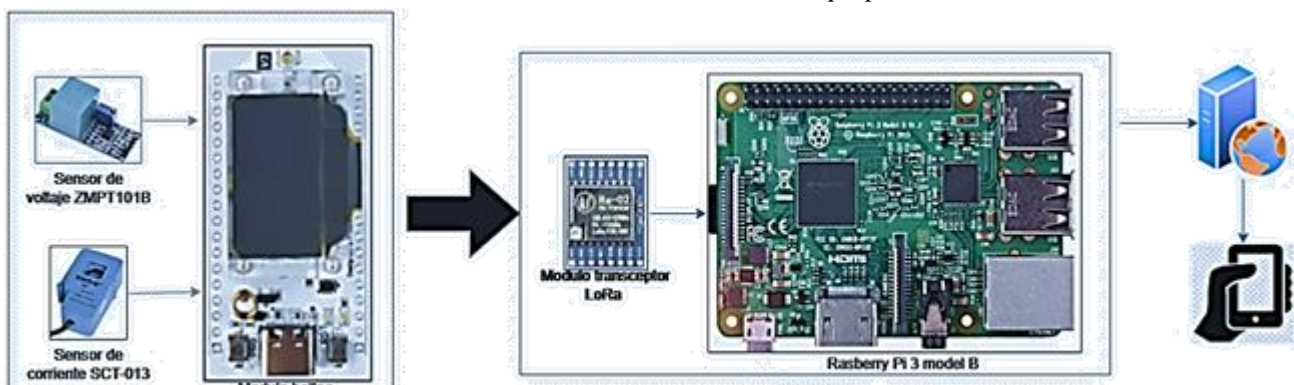


Fig. 1. Esquema de red y disposición de Nodo y Gateway

el Gateway, un sensor de voltaje (ZMPT101B) que se conecta en paralelo a la salida de la acometida del medidor análogo de la empresa eléctrica que va hacia el centro de carga del domicilio, para adquirir los datos de voltaje de la vivienda, un sensor de corriente no invasivo (SCT-013) que mide la corriente alterna que fluye a través de conductor detectando el campo magnético generado por la corriente de entrada, utilizando el IDE (Integrated Development Environment) de Arduino como software para su desarrollo. En la Fig. 1. se describe la conexión entre el módulo Heltec LoRa con los sensores de voltaje y corriente. Así también en la Fig. 2. se especifica las conexiones de los dispositivos que conforman el nodo. Aquí se observa el circuito necesario para el correcto funcionamiento del sensor de corriente. Consta de una resistencia de carga, la cual se calcula con la ley de Ohm $R = V/I$. Para esto, se considera el valor de 0.05A que es la corriente Irms según el datasheet del sensor utilizado; por lo que la corriente resultante $I_{pico} = \sqrt{2} \times 0.05 = 0.0707A$. Con esta corriente y considerando el voltaje que permite el Heltec, se consideró una R de 10Ω siendo un valor comercial disponible en el mercado. Esta resistencia se coloca en paralelo con el sensor de corriente con el objetivo de convertir la corriente medida en una señal de voltaje, y un divisor de voltaje que tiene la función de ajustar el rango de voltaje de la salida para que sea compatible con el rango de del dispositivo de medición, adicional se coloca un capacitor a la salida del divisor de tensión para mejorar la estabilidad y la precisión porque filtra el ruido y suprime interferencias electromagnéticas.

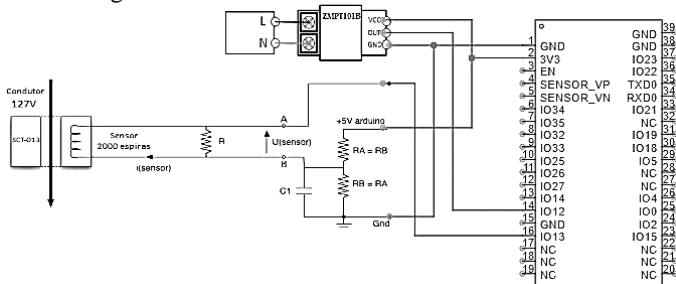


Fig. 2. Esquema de conexión del nodo

En la Tabla I se presentan las especificaciones técnicas del módulo Heltec LoRa ESP, incluye su voltaje de alimentación, frecuencia a la que transmite datos; Cuyo contenido es fundamental para los resultados que se obtendrán.

TABLA I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS HELTEC LoRa ESP32 [10].

Voltaje DC	USB 5V, Batería 3,7V
Frecuencia	915MHZ
Rango de temperatura	de -40°C a +90°C
Wifi	2,4Ghz
Bluetooth	4,2
Conector	JST GH 1,25mm
Interfaces de comunicación	UART x3, SPI x2, I2C x2, I2S x1, Entrada ADC de 12 bits x18, Salida DAC de 2 bits x2, GPIO x28, GPI x7
Flash SPI	8MB
SRAM	520Kb
Pantalla	Pantalla Oled 0.96"
Soporta	Snifer, softAP y modos directos WiFi
Velocidad de datos	150Mbps @ 11n HT40, 72Mbps @ 11n HT20, 54Mbps @ 11g, 11Mbps @ 11b
Potencia de transmisión	de 19.5dBm @ 11b, 16.5dBm @ 11g, 15.5dBm @ 11n
Sensibilidad del receptor	-98dBm

Datos importantes del sensor como el rango de voltaje medido, voltaje de alimentación y tipo de señal de salida, son fundamentales para el correcto desarrollo del proyecto. Estos datos se especifican en la Tabla II.

TABLA II. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SENSOR DE VOLTAJE ZMPT101B [11]

Voltaje DC	3.3V – 5V
Rango de sensado de voltaje AC	250VAC RMS max
Rango de salida de voltaje AC	Onda senoidal 5VAC max
Voltaje de desplazamiento de salida	de 2,4Ghz VCC/2 (2.5V para VCC: 5V, 1.65V para VCC: 3.3V)
Señal de salida	Análogica Senoidal

La Tabla III detalla las especificaciones técnicas del sensor de corriente empleado en el nodo, abordando parámetros como rango de corriente, rango de salida analógica y sensibilidad.

TABLA III. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SENSOR DE CORRIENTE NO INVASIVO (SCT-013) [12]

Rango de corriente (inducción)	0-100 RMS (AC)
Rango de salida analógica (corriente)	0-50mA RMS
Sensibilidad	50mA/ 100=0.0005
No linealidad	± 1%
Resistencia (RL)	62Ω
Turn ratio	1800:1
Temperatura	-25 °C~+70°C

En la Fig. 3 se describe la adquisición de datos de voltaje y corriente del módulo Heltec, así como los cálculos realizados para obtener los valores de potencia aparente, potencia real y el factor de potencia, para posteriormente crear un string

(secuencia de caracteres) para ser enviados a través de tecnología LoRa donde:

V: Voltaje

I: Corriente

S: Potencia aparente

Δt : Desfase entre onda de voltaje y onda de corriente

Φ : Angulo de desfase

FP: factor de potencia

P: Potencia real

F: frecuencia

```

1: Inicio
2: Setup
3: Inicialización de comunicación LoRa
4: Si Conexión establecida = Verdadero entonces
5:     V ← voltaje obtenido del sensor
6:     I ← corriente obtenido del sensor
7:     S = V x I
8:     Calculo ( $\Delta t$ )
9:      $\Phi = 2\pi \times F \times \Delta t$ 
10:    FP = Cos( $\Phi$ )
11:    P = V x I cos( $\Phi$ )
12:    Construcción de String
13:    enviar información mediante LoRa A Node-RED
14: Si no
15:     Mostrar mensaje error de conexión
16: Fin
    
```

Fig. 3. Pseudocódigo de adquisición y envío de datos.

B. Gateway

El Gateway está integrado por un transceptor LoRa y una Raspberry Pi 3 Model B. El transceptor se encarga de recibir el string que contiene los datos provenientes del nodo. Y la Raspberry, usando Node-RED, cumple la función de servidor, procesamiento de datos, interfaz gráfica. Además, usando MySQL en la Raspberry se realiza la creación de base de datos y almacenamiento. En la Fig. 4. Se especifica el esquema de conexión entre la Raspberry Pi y el transceptor.

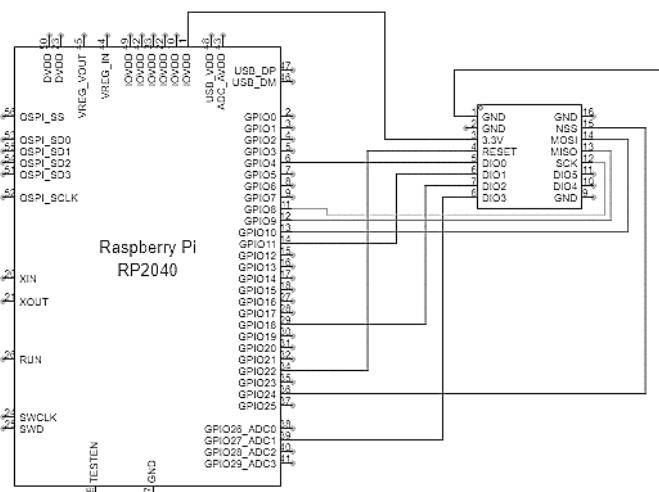


Fig. 4. Esquema de conexión del GATEWAY

En la TABLA IV se presentan las especificaciones técnicas la Raspberry Pi, Procesador, memoria RAM y puertos con los que cuenta el dispositivo.

TABLA IV. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RASPBERRY PI 3 MODEL B [13]

Procesador	Broadcom BCM2837 64bit ARMv8 Cortex-A53 Quad-Core
Clock	1,2Ghz
Memoria RAM	1GB
Wi-Fi	802.11n integrado (trabaja a frecuencia de 2,4Ghz)
Bluetooth	4,1 BLE
Puertos	USB 2.0 x4, ethernet, audio, GPIO 40 pines, CSI, DSI, Micro SD, Micro USB, HDMI

En la Tabla V se presentan las especificaciones técnicas del módulo transceptor LoRa ESP, incluye su voltaje de alimentación, frecuencia a la que transmite datos. Cuyo contenido es fundamental para los resultados que se obtendrán.

TABLA V. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÓDULO TRANSCPTOR LORA [14]

Voltaje DC	1.8-3,7V, 3,3V por defecto
Corriente	19,8 mA (LnaBoost cerrado)
Potencia de salida RF	+ 20dBm – 10mW
Comunicación	SPI Half-Duplex
Modo de modulación	FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRaTM, OOK
Rango de ondas	RSSI 127 dB
Motor de datos	CRC de 256 bytes
Puertos	SPI/GPIO
Estándar inalámbrico	433Mhz
Rango de frecuencia	420-450Mhz
Transmisión	Menos de 120mA (+20dBm)
Temperatura	-40 °C~+85°C

En la Fig. 5. se describe el proceso realizado por la Raspberry en conjunto con el módulo transceptor LoRa, que tiene como objetivo la recepción de datos provenientes de cada uno de los nodos, que serán utilizados por Node-RED para el almacenamiento de la información, así como Remote-RED, encargado de la visualización de la interfaz gráfica de forma remota.

Para el pseudocódigo presentado se usaron las siguientes siglas:

E: Consumo

Δt : Intervalo de tiempo entre muestras

Y: Valor potencia real

```

1: Inicio
2: Setup
3: Inicialización de comunicación LoRa
4: Si Conexión establecida = Verdadero entonces
5:     Recibir información mediante LoRa
6:     Separar datos
7:     Formación de código MySQL
8:     Definir formato para MySQL
9:     Definir formato Node-RED
10:    Aplicación de Node-RED
11:     $E = \frac{\Delta t}{2}(Y_0 + 2Y_1 + 2Y_2 \dots + 2Y_{(n-1)} + Y_n) = [W \cdot Seg]$ 
12:     $E[kW \cdot H] = \frac{E[W \cdot Seg]}{3600000}$ 
13:    Costo =  $E[kW \cdot H] * 0.092$ 
14:    Envío de información a MySQL
15:    Almacenamiento de información en MySQL
16:    Creación de interfaz grafica
17:    Envío de interfaz gráfica al servidor web
18: Si no
19:     Mostrar mensaje error de conexión
20: Fin

```

Fig. 5. Pseudocódigo de distribución de datos a MySQL y a Remote-RED.

Para el almacenamiento de los datos adquiridos, se usó MySQL como software para la creación de base de datos. En la Fig. 6 se describe el proceso de almacenamiento y recuperación de la información requerida por Node-RED para su visualización remota.

```

1: Inicio
2: Inicio de sesión
3: Si Conexión establecida = Verdadero entonces
4:     Recibir información del usuario MySQL
5:     MySQL Analiza la información.
6:     Ingresa a base de datos
7:     Almacenamiento en base de datos
8: Si no
9:     Volver al inicio
10: Fin

```

Fig. 6. Pseudocódigo de almacenamiento de datos

III. RESULTADOS

Para la validación del dispositivo de lectura de consumo eléctrico, se planteó la comparación entre un multímetro y el prototipo propuesto. Se adquirieron valores de voltaje y corriente en varias cargas resistivas, inductivas y capacitivas; así como el cálculo de potencia aparente, potencia real, factor de potencia y cálculo de error.

A continuación, los resultados obtenidos con el dispositivo desarrollado y un vatímetro en cargas resistivas se muestran en la Tabla VI y Tabla VII, justificado con evidencia fotográfica en el Anexo I (Fig. 1 y 2).

TABLA VI. VALORES MEDIDOS EN VATÍMETRO Y DISPOSITIVO EN CARGA RESISTIVA (HORNILLA ELÉCTRICA).

Parámetro	Medido (Vatímetro)	Dispositivo	%error
Voltaje (V)	123	123,63	0,51%
Corriente (A)	9,57	9,55	0,21%
P. Aparente (VA)	1177,11	1180,86	0,32%
Factor Potencia	0,99	0,91	8,08%
P. Real (W)	1180	1079,87	8,49%

TABLA VII. VALORES MEDIDOS EN VATÍMETRO Y DISPOSITIVO EN CARGA RESISTIVA (PLANCHA).

Parámetro	Medido (Vatímetro)	Dispositivo	%error
Voltaje (V)	123	124,06	0,86%
Corriente (A)	12,7	12,73	0,24%
P. Aparente (VA)	1562,1	1579,07	1,09%
Factor Potencia	0,99	0,91	8,08%
P. Real (W)	1570	1442,85	8,10%

Los valores obtenidos con las cargas inductivas se muestran en la Tabla VIII y Tabla IX, justificado con evidencia fotográfica en los ANEXOS I (Fig. 3 y 4).

TABLA VIII. VALORES MEDIDOS EN VATÍMETRO Y DISPOSITIVO EN CARGA INDUCTIVA (LICUADORA).

Parámetro	Medido (Vatímetro)	Dispositivo	%error
Voltaje (V)	128	127,73	0,21%
Corriente (A)	2,54	2,58	1,57%
P. Aparente (VA)	325,12	329,92	1,48%
Factor Potencia	0,97	0,82	15,46%
P. Real (W)	316,4	269,18	14,92%

TABLA IX. VALORES MEDIDOS EN VATÍMETRO Y DISPOSITIVO EN CARGA INDUCTIVA (ASPIRADORA).

Parámetro	Medido (Vatímetro)	Dispositivo	%error
Voltaje (V)	124	124,52	0,42%
Corriente (A)	11	10,93	0,64%
P. Aparente (VA)	1364	1361,4	0,19%
Factor Potencia	0,73	0,71	2,74%
P. Real (W)	1010	961,15	4,84%

Los valores obtenidos con las cargas capacitivas se muestran en la Tabla X y Tabla XI, justificado con evidencia fotográfica en los Anexos I (Fig. 5 y 6).

TABLA X. VALORES MEDIDOS EN VATÍMETRO Y DISPOSITIVO EN CARGA CAPACITIVA (TELEVISOR).

Parámetro	Medido (Vatímetro)	Dispositivo	%error
Voltaje (V)	126	125,44	0,4%
Corriente (A)	0,81	0,82	1,23%
P. Aparente (VA)	102,06	102,78	0,71%
Factor Potencia	0,98	0,95	3,06%
P. Real (W)	101,1	98,07	3,00%

TABLA XI. VALORES MEDIDOS EN VATÍMETRO Y DISPOSITIVO EN CARGA CAPACITIVA (REFRIGERADOR).

Parámetro	Medido (Vatímetro)	Dispositivo	%error
Voltaje (V)	126	124,85	0,91%
Corriente (A)	1,92	1,94	1,04%
P. Aparente (VA)	241,92	241,7	0,09%
Factor Potencia	0,57	0,54	5,26%
P. Real (W)	140,4	130,518	7,04%

Para evaluar la fiabilidad del dispositivo, se llevaron a cabo pruebas de consumo eléctrico en un domicilio en la ciudad de Cuenca. El dispositivo se conectó a la alimentación del centro de carga durante un periodo de 9 días. Durante este tiempo, se monitorizó su comportamiento y se comparó con las lecturas del medidor eléctrico. Además, se realizaron cálculos del error para evaluar la precisión del dispositivo

A continuación, en la Tabla XII los resultados obtenidos del dispositivo y el medidor eléctrico del domicilio en un lapso de tiempo de 9 días, con evidencia fotográfica en el Anexo II (Fig. 1. a Fig. 6.)

TABLA XII. VALORES DE CONSUMO ELÉCTRICO MEDIDOS DEL MEDIDOR Y EL DISPOSITIVO PROPUESTO

Día	Medidor	Dispositivo	%error
Día 1	3454	3454	0,00%
Día 2	3458	3456,82	0,03%
Día 3	3462	3460,91	0,03%
Día 4	3468	3463,67	0,12%
Día 5	3473	3464,47	0,25%
Día 9	3492	3467,76	0,69%

IV. CONCLUSIONES

Se revisó y analizó la funcionalidad de distintos dispositivos que sirvieron para la adquisición, envío y recepción de datos como voltaje y corriente; tomando en cuenta las especificaciones técnicas de los componentes usados en el

dispositivo para el correcto funcionamiento del sistema. Para lo cual se diseñó y construyó un dispositivo de medición para el consumo eléctrico en el hogar.

Se realizaron varias pruebas en cargas capacitivas, inductivas y resistivas donde se compararon los datos adquiridos con el dispositivo desarrollado y un vatímetro. Los valores obtenidos se pueden observar en las tablas de resultados y figuras de los anexos; donde datos como el voltaje, corriente y potencia aparentemente son muy similares; sin embargo, el factor de potencia y potencia real tiene cierta variación dependiendo de la carga. Así también, se realizaron pruebas de consumo comparando el valor del dispositivo con el valor del medidor eléctrico del domicilio, donde los resultados obtenidos durante un periodo de pruebas muestran un incremento progresivo en porcentaje de error a medida que pasan los días, lo cual indica falla en dispositivo con el pasar del tiempo. Estas variaciones son consecuencia de la precisión de los componentes usados en el dispositivo y calibraciones de los sensores.

Para almacenar los valores adquiridos y facilitar su uso y adquisición remota, se creó una base de datos, la cual permite la recopilación, almacenamiento y gestión de datos, asegurando que los usuarios puedan acceder a la información desde cualquier ubicación. Así como también, la creación de una interfaz amigable con el usuario, mediante la cual se pueden visualizar los datos adquiridos de forma remota mediante Node-RED.

V. REFERENCIAS

- [1] C. Sur, «Centro Sur,» [En línea]. Available: <https://www.centrosur.gob.ec/avisos/>. [Último acceso: 3 Marzo 2024].
- [2] K. A. Enriko, A. Z. Abidin y A. S. Noor, «IEEE Xplore,» 2021. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9538704>. [Último acceso: 3 marzo 2024].
- [3] L. F. Ugarte, M. Garcia y E. Rocheti, «IEEE Xplore,» 2019. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8849100>. [Último acceso: 3 marzo 2024].
- [4] E. M. F. Y. Z. Wisang Jati Anggoro, «IEEE Xplore,» 2020. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9315511>. [Último acceso: 3 marzo 2024].
- [5] H. P. G. T. D. Preti Kumari, «IEEE Xplore,» 2021. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9484533>. [Último acceso: 3 marzo 2024].
- [6] J. L. Gallardo, M. A. Ahmed y N. Jara, «IEEE Xplore,» 2021. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9530509>. [Último acceso: 3 marzo 2024].
- [7] S. Z. Rahat Hussain, A. Osman y M. A. Moin, «IEEE Xplore,» 2021. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9551208>. [Último acceso: 3 marzo 2024].

- [8] T. Adiono y A. R. Daud, «IEEE Xplore,» 2021. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9768260>. [Último acceso: 3 marzo 2024].
- [9] M. Padmaja, V. S. Priya, C. H. Naga Dontu, B. S. Devi y P. P. Kumar, «IEEE Xplore,» 2023. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10125823>. [Último acceso: 3 marzo 2024].
- [10] «HELTEC AUTOMATION,» [En línea]. Available: <https://heltec.org/project/wifi-lora-32-v3/>. [Último acceso: 9 07 2024].
- [11] «UNIT ELECTRONICS,» [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/zmpt101b-sensor-de-voltaje-ac-2ma/>. [Último acceso: 9 07 2024].
- [12] «UNIT ELECTRONICS,» [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-corriente-no-invasivo-100a-sct-013-000/>. [Último acceso: 9 07 2024].
- [13] «Raspberry,» [En línea]. Available: <https://raspberrypi.cl/raspberry-pi-3b/>. [Último acceso: 9 07 2024].
- [14] «MEGATRONICA,» [En línea]. Available: <https://megatronica.cc/producto/modulo-transceptor-lora-sx1278-ra-02-433-mhz/>. [Último acceso: 9 07 24].

ANEXO I

Fig. 1. Valores medidos en vatímetro y dispositivo en carga resistiva (hornilla eléctrica).



Fig. 2. Valores medidos en vatímetro y dispositivo en carga resistiva (plancha).



Fig. 3. Valores medidos en vatímetro y dispositivo en carga inductiva (licuadora).



Fig. 4. Valores medidos en vatímetro y dispositivo en carga inductiva (aspiradora).



Fig. 5. Valores medidos en vatímetro y dispositivo en carga capacitiva (televisión).



Fig. 6. Valores medidos en vatímetro y dispositivo en carga capacitiva (refrigeradora).



ANEXO II

Fig. 1. Valores medidos en Medidor eléctrico y dispositivo primer día

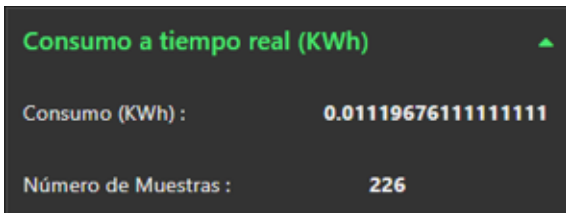


Fig. 4. Valores medidos en Medidor eléctrico y dispositivo cuarto día



Fig. 2. Valores medidos en Medidor eléctrico y dispositivo segundo día



Fig. 5. Valores medidos en Medidor eléctrico y dispositivo quinto día



Fig. 3. Valores medidos en Medidor eléctrico y dispositivo tercer día

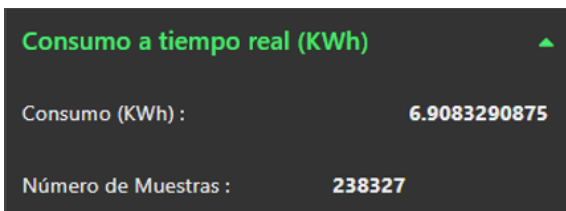


Fig. 6. Valores medidos en Medidor eléctrico y dispositivo noveno día

