



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO

TEMA

**IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO DE ADMINISTRADOR DE CARGAS
ELÉCTRICAS, PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS Y CONTROL DE CANALES
DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

AUTORES:

BR. RONALD JOSUÉ MORAGA RODRÍGUEZ. NO. CARNET: 2017-1110U.

BR. DENIS OSWALDO SUNSÍN LÓPEZ. NO. CARNET: 2016-1202U.

TUTOR:

MSC. ING. CEDRICK ELKSNHERR DALLA TORRE.

SEPTIEMBRE DE 2023

MANAGUA, NICARAGUA

Dedicatoria.

Dedico este trabajo monográfico a Dios sobre todas las cosas, a mi esposa Lissette Suazo por apoyarme en todo este trayecto, a mis padres por brindarme su mano de alguna u otra forma, mis tíos Cesar Castillo y Scarleth Ortez quienes siempre me han apoyado de todas las formas posibles, y a mi amigo y compañero que fue parte de este trabajo, muchas gracias a cada uno de ellos, sin ellos no hubiese sido posible este logro.

Ronald Josué Moraga Rodríguez.

Dedico la elaboración y esfuerzo que representa la elaboración de este trabajo monográfico a mi madre Fátima de Jesús, mi padre Denis Walter, mi hermano Brandon José, quienes siempre me han apoyado de todas las formas posibles en todos los proyectos que realizo, brindándome su apoyo día a día, a mis abuelos Isabel del Socorro y Álvaro Guillermo, que desde el cielo continúan apoyándome, a la memoria de mi tío Ramiro José y a todas aquellas personas que de alguna manera hicieron posible este logro.

Denis Oswaldo Sunsín López.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por la vida y la sabiduría, a nuestras familias, quienes nos han apoyado en todo momento, al profesor MSc. Ing. Cedrick Dalla Torre por habernos guiado y ayudado en este proceso, a nuestros amigos que nos han ayudado cuando lo necesitamos, en general a todas aquellas personas que en algún momento nos ayudaron, contribuyendo directa o indirectamente en la realización de este trabajo monográfico.

Resumen.

En la actualidad, la gestión de recursos energéticos a nivel domiciliario e industrial es un tema de mucha importancia debido al consumo y la facturación eléctrica que realizan los proveedores del servicio a los consumidores, usualmente los consumidores presentan inquietudes respecto al consumo eléctrico en sus viviendas, se realizó una encuesta en la que se encontró que el 62.5% de los encuestados estaría totalmente de acuerdo en instalar en sus domicilios un dispositivo electrónico que permita controlar el encendido y apagado de canales eléctricos de forma remota mediante una aplicación y/o plataforma web.

Inicialmente se indagó los antecedentes respecto al desarrollo de prototipos y dispositivos de tecnologías similares, consolidando el enfoque de la investigación en la gestión de recursos energéticos, procediendo así, a la indagación de dispositivos eléctricos y electrónicos con los cuales se podría desarrollar el prototipo, luego se ejecutó el desarrollo e implementación del mismo.

Como resultado tenemos un prototipo de dispositivo de administrador de carga eléctrica que mide en cuatro canales eléctricos los parámetros: voltaje, corriente, potencia, energía, frecuencia y factor de potencia, paralelamente mediante una plataforma de aplicación y página web se pueden visualizar las lecturas de medición de los parámetros de energía eléctrica y controlar el estado de encendido/apagado de cada canal eléctrico de forma remota, también se posibilita la visualización de los parámetros de medición con una pantalla integrada en el prototipo.

Índice de contenido.

I. Introducción.....	1
II. Justificación.....	2
III. Objetivos.....	3
IV. Marco teórico.....	4
1. Administrador de cargas eléctricas.....	4
1.1. Medición.....	5
1.2. Control.....	5
1.3. Plataforma de aplicación y página web.....	6
1.4. Arduino IoT Cloud.....	7
2. Medidor.....	7
2.1. PZEM-004T.....	8
2.1.1. Voltaje.....	9
2.1.2. Corriente.....	11
2.1.3. Potencia eléctrica.....	12
2.1.4. Energía.....	13
2.1.5. Frecuencia.....	13
2.1.6. Factor de potencia.....	14
3. Actuador.....	15
3.1. Módulo de relés.....	15
4. Periféricos.....	16
4.1. Pantalla de cristal líquido.....	17
4.1.1. PCF8574T.....	18
4.2. Interruptor.....	18
4.3. Luz piloto.....	19

Índice de contenido.

5. Unidad de procesamiento de datos.....	19
5.1. ESP32.....	20
5.2. Arduino UNO.....	21
6. Componentes eléctricos.....	22
6.1. Breaker eléctrico.....	23
6.2. Borneras eléctricas.....	23
6.3. Conversor AC/DC.....	24
7. Canales eléctricos.....	24
7.1. Toma corriente.....	25
V. Resultados.....	26
1. Diagrama esquemático.....	26
2. Diagrama de Módulo de Relés.	27
3. Diagrama de bloques.....	28
4. Diagrama de flujo de programación	29
5. Máquina de estados de programación.....	30
6. Consola de plataforma de aplicación y página web.....	31
7. Implementación del prototipo.....	32
VI. Conclusiones y recomendaciones.....	39
VII. Bibliografía.....	41

Índice de Anexos.

Anexo A ENCUESTA.....	I
Anexo B CÓDIGO FUENTE PARA ARDUINO UNO.....	II
Anexo C CÓDIGO FUENTE PARA ESP32.....	III

I. Introducción.

Se presenta el diseño e implementación de un prototipo de administrador de cargas eléctricas, el cual tiene la capacidad de medición de parámetros de la energía eléctrica en cuatro canales eléctricos, permitiendo que las lecturas de medición se visualicen en una pantalla de cristal líquido, el prototipo posibilita controlar el encendido y apagado de cuatro canales eléctricos mediante una plataforma de aplicación y página web, en las cuales se visualizan las lecturas de medición y controlan el estado de los canales eléctricos.

La medición se realiza con el medidor multifunción digital para corriente alterna PZEM-004T, uno para cada canal, de los cuales la señal de medición es dirigida hacia la unidad de procesamiento de datos, adaptada con las tarjetas de desarrollo Arduino UNO y ESP32, donde se ejecutan las instrucciones que se introducen desde la plataforma de aplicación y página web, paralelamente las lecturas de medición son enviadas a la pantalla de cristal líquido y la plataforma de aplicación y página web.

La unidad de procesamiento de datos se conecta con el actuador, el cual es un módulo de relés, para activar o desactivar el flujo eléctrico en los canales eléctricos, los que están ensamblados para cargas eléctricas domiciliarias, dado que el prototipo está diseñado para uso domiciliario, se plantea que el consumidor visualice las mediciones de cada canal eléctrico, en relación con los dispositivos conectados a cada canal eléctrico.

El banco mundial, en su reseña de resultados del año 2017, indica que, además de reducir las emisiones, la eficiencia energética tiene otros beneficios para el desarrollo: mayor seguridad energética, menor presión sobre los presupuestos nacionales y de los hogares, mayor confiabilidad de los sistemas de energía eléctrica, mayor competitividad, y mejora de las operaciones en sectores fundamentales.

II. Justificación.

Actualmente las tecnologías de internet de las cosas relacionados al monitoreo y control de recursos eléctricos es uno de los temas relevantes en las industrias y hogares, debido a su relevancia en varios entornos, desde la facturación final a los consumidores, la racionalización debido a la carencia de recursos en las matrices eléctricas nacionales e internacionales, hasta las repercusiones en la contaminación ambiental.

El banco central de Nicaragua, en el informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de Nicaragua del año 2015, indica que, en Nicaragua el consumo de energéticos en el sector residencial es de relevancia al relacionarse con las condiciones socioeconómicas, en especial atención a los niveles de pobreza y su distribución territorial, dadas las características de un país en vías de desarrollo.

Desarrollando e incorporando tecnologías de administración de cargas eléctricas, ya sea a nivel domiciliario o industrial, se fomenta el uso de sistemas de monitoreo y control de recursos eléctricos, con la incorporación de tecnologías de internet de las cosas que permitan realizar las operaciones de forma remota, se añade una característica propia de la cuarta revolución industrial.

El diseño e implementación de un prototipo de administrador de cargas eléctricas, con capacidad de medición de parámetros de consumo de energía eléctrica y control sobre el estado de cuatro canales eléctricos, mediante una plataforma de aplicación y página web, plantea una solución para el seguimiento y monitoreo en el consumo de energía eléctrica, siendo este un tema de gran importancia socioeconómico y ambiental.

Las posibilidades que ofrece la implementación del prototipo de administrador de cargas eléctricas, se evaluaron en la implementación del mismo, convalidando todas las características de funcionalidad remotas y mecánicas del prototipo, documentando el proceso de instalación del prototipo y puesta en producción de la plataforma de aplicación y página web.

III. Objetivos.

Objetivo general:

- Implementar un prototipo de administrador de cargas eléctricas, para la medición de parámetros y control de cuatro canales de energía eléctrica.

Objetivos específicos:

- Diseñar la arquitectura de hardware y software del prototipo de administrador de cargas eléctricas.
- Adaptar el medidor y actuador electrónico al sistema, para lograr la medición y control del flujo eléctrico, en cuatro canales eléctricos.
- Establecer un sistema de control y visualización de lecturas de medición remoto, mediante una plataforma de aplicación y página web.
- Implementar el prototipo de administrador de cargas eléctricas en el sistema eléctrico de una vivienda.

IV. Marco Teórico.

En este capítulo se resumen los principales conceptos relacionados con el diseño e implementación del prototipo de administrador de cargas eléctricas, para la medición de parámetros y control de cuatro canales de energía eléctrica, donde se incluyen los conceptos de administrador de cargas eléctricas, medición, control y plataforma de aplicación y página web, también se presentan las terminologías de medidor, actuador y unidad de procesamiento de datos, los cuales contienen todos los dispositivos electrónicos con los que se desarrolló el prototipo.

1. Administrador de cargas eléctricas.

En concepto, la administración de cargas eléctricas es la capacidad de medir los parámetros de la energía eléctrica y controlar las cargas eléctricas de diferentes canales de una instalación eléctrica, se posibilita que el usuario evalúe las lecturas de medición del consumo de energía eléctrica respecto a los dispositivos eléctricos conectados a los canales, lo que conlleva un constante monitoreo y control de los recursos eléctricos.

Elizondo, R. (2011) conceptualiza que:

“Los procesos de control de cargas eléctricas de un sistema domótico están basados en el envío de comandos, generados por el usuario, a través de diferentes medios de comunicación y que son dirigidos a la placa principal en la cual se encuentra el controlador central del sistema, el control de las cargas eléctricas, puede ser desde una PC” (p.12).

Con el diseño e implementación del prototipo, se obtiene la visualización de lecturas de medición de los parámetros de consumo de la energía eléctrica de cada canal eléctrico, por medio de una pantalla de cristal líquido; también se posibilita el control de cuatro canales eléctricos de forma remota con una plataforma de aplicación y página web que lo permite.

1.1. Medición.

La medición es el proceso de cuantificar variables físicas, basados en una serie de parámetros mediante los cuales se permita conocer la amplitud de dichas variables, todo lo anterior basado en unidades métricas, el prototipo de administrador de cargas eléctricas mide variables relacionadas a la corriente alterna, con la finalidad de que estas las visualice el consumidor del servicio de energía eléctrica y determine la toma de decisión del encendido y apagado de los canales eléctricos.

Willis, D y Bendaña, M. (2016) señalan:

“El uso frecuente de las casas inteligentes o automatizadas nos permitirá con el tiempo desarrollar nuevos tipos de viviendas y mobiliario interno acordes a nuevas costumbres y épocas; efectuar mediciones y evaluaciones del uso de nuevas tecnologías del ámbito doméstico” (p. 19).

Para obtener las lecturas de medición, se utilizaron medidores digitales para corriente alterna en el prototipo de administrador de cargas eléctricas, con el fin de obtener lecturas de medición confiables, las cuales tienen como fin mostrarse al consumidor, mediante una pantalla de cristal líquido ensamblada en la carcasa del prototipo y una plataforma de aplicación y página web.

1.2. Control.

Se conceptualiza como control a la capacidad de ejercer dominio sobre algo o alguien, el concepto hace referencia a un mecanismo para regular algo manual o automáticamente, el prototipo de administrador de cargas eléctricas posibilita el control en el encendido y apagado de cuatro canales eléctricos, mediante una plataforma de aplicación y página web.

Willis, D y Bendaña, M. (2016) indican que:

“Lo que hoy se está viviendo en el área de control de viviendas es la consecuencia y la suma e interrelación de distintos eventos que fueron sacudiendo de forma tal, que se ha convertido en una necesidad para resolver problemas de eficiencia energética” (p. 7).

Mediante la plataforma de aplicación y página web, se logra el control sobre el encendido y apagado de los canales eléctricos, el control de dichos canales está sujeto a la toma de decisión del consumidor de energía eléctrica, el cual basado en las lecturas de medición, ejecutará tal acción, de forma digital desde cualquier dispositivo electrónico con acceso a internet y posea un navegador web o bien tenga instalada la aplicación IoT Remote.

1.3. Plataforma de aplicación y página web.

Una plataforma de aplicación y página web, es un sistema donde el usuario interactúa directamente con un entorno digital, en el cual se poseen objetivos, características y funciones; en síntesis, es un programa computacional diseñado para ejecutarse en dispositivos móviles o computadoras, este tipo de sistema es el más útil para establecer una conexión remota con el prototipo.

Elizondo, R. (2011) Indica que:

“La forma en que la aplicación principal y las aplicaciones web facilitan al usuario los procesos de gestión eléctrica se basa en el despliegue de una interfaz gráfica (botones, listas, imágenes e información digital de monitorización), mediante la cual se simplifican las labores de administración del consumo eléctrico a tal punto de poder regular el mismo desde la comodidad de una computadora o un dispositivo móvil, en cualquier parte del edificio.” (p. 5).

El prototipo de administrador de cargas eléctricas incorpora en la unidad de procesamiento de datos, el diseño y puesta en producción de un tablero diseñado en la plataforma Arduino IoT Cloud, para manipularse con una aplicación en un teléfono celular con sistema operativo Android, o bien en una página web, la aplicación como tal brinda una interfaz de usuario, mediante la cual el consumidor de energía eléctrica y usuario del prototipo de administrador de cargas eléctricas, puede controlar remotamente el encendido y apagado de los canales eléctricos, además de visualizar las lecturas de medición de cada canal eléctrico.

1.4. Arduino IoT Cloud.

Arduino IoT Cloud, es una plataforma desarrollada por la marca Arduino, con el fin de facilitar las operaciones relacionadas a las tecnologías del internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés), las cuales se basan en conectar dispositivos actuadores y/o sensores a internet, cuidando de la disponibilidad, integridad y confidencialidad de los datos.

Díaz, J y Rojas, J. (2021) plantean que:

“La tecnología IoT está en constante desarrollo y cada día es más accesible a que más personas hagan uso de ella, a inicios el IoT estaba pensada para conectar dispositivos electrónicos a una red Wi-Fi como televisores, lavadoras, entre otras, sin embargo, con la aparición de redes de quinta generación como el 5G se da un salto a modernizar la capacidad del tradicional IoT y ya no se hablan de dispositivos conectados a la red sino de cosas conectadas a la red.” (p. 5).

En el prototipo de administrador de cargas eléctricas, el control de los canales eléctricos y la visualización de los parámetros de medición de forma remota, es de vital importancia, debido a que actualmente se presenta la cuarta revolución industrial, que involucra directamente al concepto de internet de las cosas, por lo que posibilitar el control remoto de este prototipo es una característica esencial.

2. Medidor.

Un medidor es un instrumento o aparato que sirve para cuantificar algo, existen diferentes tipos de medidores, todos están basados en unidades de medición y tecnologías que determinan el buen funcionamiento del mismo, dada una serie de requisitos como la calibración, pruebas de funcionamiento, entre otros, en el prototipo de administrador de cargas eléctricas se utiliza el medidor digital multifunción para corriente alterna PZEM-004T.

Rizo, E. (2014) conceptualiza:

“Los sensores tienen la característica de monitorear el comportamiento de las magnitudes físicas en su entrada y brindar en su salida el equivalente a una señal eléctrica, que puede ser manipulada luego de cumplir ciertos requisitos para satisfacer necesidades en aplicaciones del control electrónico o proceso industrial” (p. 4).

Los sensores son dispositivos que miden o cuantifican una variable física, es decir, los medidores como tal, son dispositivos sensoriales, sin embargo, aunque por concepto de diversas fuentes, un sistema de internet de las cosas y/o sistemas embebidos, está conformado por sensores, actuadores y unidad de procesamiento de datos, en este caso se utilizará la nomenclatura medidores, en lugar de sensores, dado que se ajusta según el concepto de administrador de cargas eléctricas.

2.1. PZEM-004T.

El PZEM-004T es un módulo medidor digital multifunción diseñado para obtener lecturas de medición de parámetros de la corriente alterna, este medidor cuenta con tecnología conversora analógica-digital, esto para obtener lecturas analógicas propias de la corriente alterna, y procesarlas para una comunicación digital de tipo transmisor-receptor asíncrono universal (UART por sus siglas en inglés) hacia la unidad de procesamiento de datos del prototipo de administrador de cargas eléctricas, con el fin de procesar los datos para imprimirlos en la pantalla de cristal líquido y enviarlos a la plataforma de aplicación y página web.

Romero, E. (2017) define el medidor PZEM-004T como un:

“Módulo integrado de seguimiento y comunicación eléctrica que permite mediciones de parámetros (voltaje, corriente, potencia y energía) que incluye una función de alarma de sobrecarga si sobrepasa el umbral de energía pre-ajustado emitiendo señales auditivas y visuales. Almacena la energía medida antes de apagarse sin reestablecer los datos al encender nuevamente el sistema también permite reestablecer el valor de energía acumulado” (p.21).

Los PZEM-004T se eligieron como medidores debido a la versatilidad en la cantidad de variables que se pueden medir, además de la compatibilidad en la adaptación de los protocolos de comunicación digitales con la unidad de procesamiento, en el sistema, se adaptarán cuatro medidores PZEM-004T, uno destinado a cada canal eléctrico respectivamente, con el fin de obtener las lecturas de medición pertinente a cada canal, la conexión eléctrica entre los canales eléctricos y los medidores se ejecuta siguiendo los indicadores de conexión mostrados en la hoja de datos del fabricante de los medidores PZEM-004T.

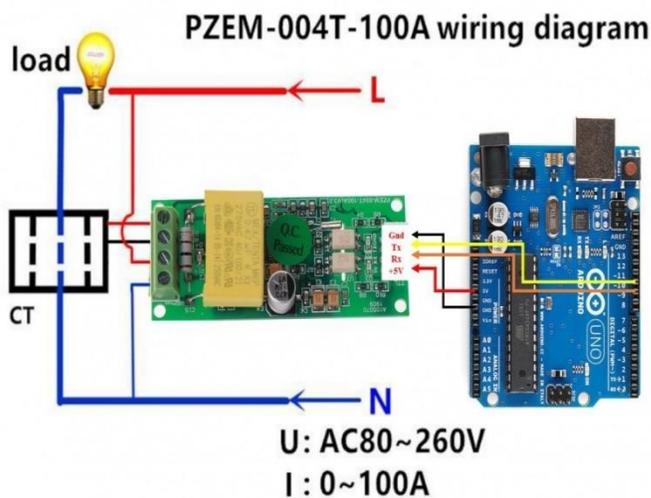


Figura 1 Estructura de los PZEM-004T-100A.

2.1.1. Voltaje.

El término voltaje hace referencia a la magnitud física del fenómeno eléctrico que se presenta mediante la diferencia de potencial entre dos puntos diferentes de un mismo conductor eléctrico, también se le llama tensión eléctrica, su unidad de medida es el voltio, esta magnitud física es de vital importancia de monitoreo en los sistemas eléctricos y electrónicos.

Martínez, H. (2017) define que el voltaje:

“Es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (FEM) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica” (p.15).

El voltaje es uno de los parámetros de la energía eléctrica que mide el prototipo de administrador de cargas eléctricas, por medio de los medidores digitales multifunción para corriente alterna PZEM-004T, dado que el prototipo está diseñado para uso domiciliario, la amplitud de voltaje que se mide se encuentra dentro de los umbrales de tolerancia del sistema de medición del prototipo.

Para mover un electrón en un conductor en una dirección particular es necesario realizar algo de trabajo o transferir energía, este trabajo lo lleva a cabo la fuerza electromotriz (FEM), la FEM también se le conoce como tensión o diferencia de potencial, la tensión v_{ab} entre dos puntos a y b en un circuito eléctrico es la energía (trabajo) necesario para mover una carga unitaria desde a hasta b ; matemáticamente,

$$v_{ab} = \frac{dw}{dq}$$

Donde w es la energía en Joules (J), y q es la carga en coulombs (C), la tensión v_{ab} o simplemente v , se mide en volts (V), llamado así en honor al físico italiano Alessandro Volta (1745 - 1827), quien invento la primera batería voltaica, dejando en evidencia que:

1 voltio = 1 joule/coulomb = 1 newton-metro/coulomb

De forma que la tensión o diferencia de potencial es la energía requerida para mover una carga unitaria a través de un elemento, medida en voltios (V).

2.1.2. Corriente.

El término corriente se refiere a la amplitud de la magnitud física que se presenta mediante el fenómeno eléctrico causado por el movimiento de una carga sobre un conductor eléctrico, la carga se refiere a un ion o electrón, la corriente es un parámetro de medición de la corriente alterna muy importante de cuantificar, debido a la incidencia directa en los productos y/o servicios eléctricos que se utilizan en los sistemas eléctricos y electrónicos, la unidad de medida es el amperio.

Martínez, H. (2017) conceptualiza:

“La corriente eléctrica es una corriente de electrones que atraviesa un material. Algunos materiales como los “conductores” tienen electrones libres que pasan con facilidad de un átomo a otro. Estos electrones libres, si se mueven en una misma dirección conforme saltan de un átomo a átomo, se vuelven en su conjunto, una corriente eléctrica” (p. 16).

En las lecturas de medición del prototipo de administrador de cargas eléctricas, la corriente es uno más de los parámetros de la energía eléctrica que se mide, este parámetro es de vital importancia para el consumidor de energía eléctrica en términos de referenciar la toma de decisión en el encendido y apagado de los canales eléctricos.

La corriente eléctrica está estrechamente ligada a las cargas eléctricas, en concepto, la carga eléctrica es el principio fundamental para explicar todos los fenómenos eléctricos, de forma que, la cantidad básica en un circuito eléctrico es la carga eléctrica, Carga es una propiedad eléctrica de las partículas atómicas de las que se compone la materia, medida en coulombs (C).

El coulomb es una unidad grande para cargas, en 1 C de cargas, hay $\frac{1}{1.602 \times 10^{-19}} = 6.24 \times 10^{18}$ electrones, de forma que los valores realistas o de laboratorio son del orden de pC , nC , o μC .

Cuando un alambre conductor (integrado por varios átomos), se conecta a una batería (una fuente de fuerza electromotriz), las cargas son obligadas a moverse, las cargas positivas se mueven en una dirección, mientras que las cargas negativas se mueven en la dirección opuesta, este movimiento de cargas crea corriente eléctrica la cual es la velocidad de cambio de la carga respecto al tiempo, medida en amperes (A).

Matemáticamente, la relación entre la corriente i , la carga q y el tiempo t es:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Donde la corriente se mide en amperes (A) y $1 \text{ ampere} = 1 \text{ coulomb/segundo}$.

2.1.3. Potencia eléctrica.

La potencia eléctrica se refiere a la cantidad de energía eléctrica utilizada en un periodo de tiempo determinado, la unidad de medida es el Watt, el cual equivale a un joule por segundo (J/s), este parámetro de medición se encuentra entre los más vitales de conocer en un sistema eléctrico, debido a que es un indicador directo del consumo en el uso de productos y/o servicios que se utilizan en un sistema eléctrico.

Portocarrero, F. y Mendoza, W. (2014) definen la potencia eléctrica como:

“La potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos” (p. 24).

En el prototipo de administrador de cargas eléctricas, se ejecuta la medición de este parámetro, con el fin de que el consumidor determine la toma de decisión en el estado de encendido y apagado de los canales eléctricos, debido a que los aparatos eléctricos podrían denotar demasiado consumo de potencia respecto al promedio estimado según la tabla de referencia de los mismos, por lo que estarían indicando averías.

2.1.4. Energía.

La energía es la capacidad de un cuerpo físico para realizar un trabajo y producir transformaciones entre los diferentes tipos de energía, la unidad de medición en el sistema internacional de unidades para este fenómeno físico es el Joule (J), el medidor digital multifunción para corriente alterna PZEM-004T, cuantifica la energía en kWh (kilowatt hora), donde un kilowatt hora equivale a tres mil seiscientos kilojoules.

Portocarrero, F. y Mendoza, W. (2014) indican que:

“En la gestión industrial de nuestro medio, el enfoque que se le da a la energía se limita, por lo general, a obtener una “buena tarifa energética”; en algunos casos, a monitorear los cambios en la cuenta mensual y en otros, a controlar la variación del índice de consumo (consumo por unidad de producción) en el tiempo, o a observar las oportunidades de cambios tecnológicos que puedan conducir a una disminución en el consumo energético, los que generalmente tienen sus causas en problemas de mantenimiento que afectan la producción” (p. 13).

En el prototipo de administrador de cargas eléctricas, la energía es otro parámetro de la electricidad que se mide, recalando que, según las lecturas de medición, visualizadas en la pantalla de cristal líquido o en la plataforma de aplicación y página web, el consumidor evalúa los datos de medición y administra las cargas eléctricas de cada canal, si así lo desea.

2.1.5. Frecuencia.

La frecuencia se define como el número de repeticiones por unidad de tiempo en un evento periódico, es decir, es la cuantificación de la cantidad de veces que se repite un evento por unidad de tiempo, la unidad de medida es el Hertz, siendo uno de los parámetros de medición de la energía eléctrica que mide el prototipo de administrador de cargas eléctricas.

Nicaragua, R y Rivera, F. (2017) señalan que:

“La frecuencia eléctrica es el número de ciclos que se repiten por segundo, según el sistema internacional el resultado se mide en (Hz), cuando se refiere al sistema eléctrico nacional la frecuencia eléctrica nominal es de 60 Hz que representa sesenta sucesos (ciclos) por segundo” (p. 33).

En Nicaragua la frecuencia a la que trabaja la red eléctrica nacional es de sesenta Hertz, este parámetro de medición de la energía eléctrica es otro de los que permite medir el PZEM-004T, al igual que los otros parámetros es de vital importancia conocer la amplitud de la frecuencia en el sistema eléctrico donde se implementará el prototipo.

2.1.6. Factor de potencia.

Se define como factor de potencia al factor numérico que refleja la relación entre la potencia activa y la potencia aparente en un circuito eléctrico, es decir, que el factor de potencia es una medida de la eficiencia en el consumo de energía eléctrica en corriente alterna, su amplitud es adimensional y se comprende desde cero a uno, donde uno se denota como valor ideal.

Nicaragua, R y Rivera, F. (2017) indican que el factor de potencia:

“Se puede definir como el coseno del ángulo de desplazamiento de las ondas de corriente y tensión, referidas a un eje de referencia. De igual forma es la relación existente entre la potencia real y la potencia aparente. En otras palabras, se puede entender como un indicador del aprovechamiento de la energía que se recibe, en la instalación” (p. 47).

El prototipo de administrador de cargas eléctricas, como último parámetro de medición de la energía eléctrica, presenta el factor de potencia en el consumo de cada canal eléctrico respectivamente, siendo este uno de los parámetros de medición más relevantes en cuanto a la evaluación y toma de decisión en la administración de cargas eléctricas.

3. Actuador.

Un actuador hace referencia a la etapa del sistema donde se encuentran los dispositivos electrónicos, que ejecutan una señal eléctrica para ocasionar una acción sobre otros elementos y/o dispositivos externos, con el fin de que estos, interfieran físicamente en el entorno, estos elementos son de vital importancia en diseños de sistemas embebidos e internet de las cosas.

Según Vildosola, E. (2014):

“Un ACTUADOR es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo de el origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico” (p. 1).

En el prototipo de administrador de cargas eléctricas, se cuenta con dispositivos eléctricos para interferir en la activación o desactivación del suministro de energía eléctrica, en cuatro canales eléctricos, la señal de entrada en los actuadores, siempre proviene de la unidad de procesamiento de datos, a la salida de los actuadores se tendrá como resultado una acción, la cual será activar o desactivar el suministro de energía eléctrica.

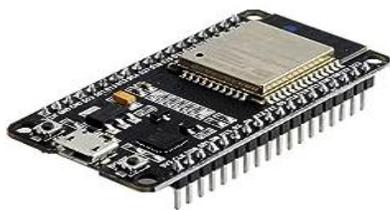
3.1. Módulo de relés.

Un módulo de relés hace referencia a una placa incrustada, la cual contiene una cantidad determinada de dispositivos relés, los cuales son dispositivos electromagnéticos que funcionan como interruptores controlados, mediante una bobina y un electroimán se activan una serie de contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes, además de contener los relés, la placa contiene una serie de resistencias, diodos, transistores y terminales de tornillos, siendo este módulo un sistema de control y protección entre la unidad de procesamiento de datos (baja potencia) y los canales eléctricos (alta potencia).

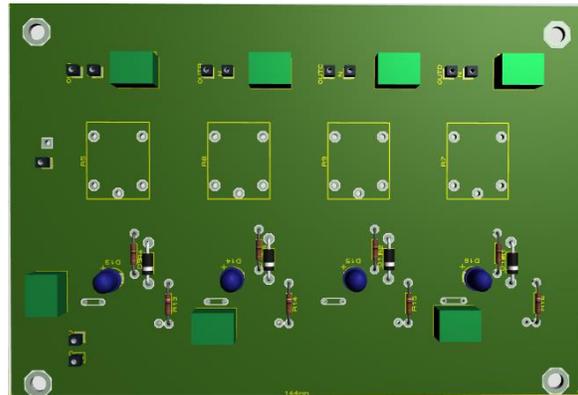
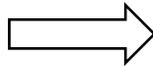
Argüello, G y Carchipulla, C. (2015) indican que en el relé:

“Su funcionamiento se basa en el electromagnetismo, compuesto por una bobina, un núcleo móvil y uno o más contactos eléctricos normalmente abiertos o cerrados, cuando se le aplica la tensión seteada a la bobina, a través de flujo magnético, ésta atrae al núcleo móvil que a su vez mecánicamente mueve los contactos eléctricos y cambian de estado” (p. 39).

El módulo de relés representará la etapa de potencia en el prototipo de administrador de cargas eléctricas, debido a que este interfiere directamente en la manipulación de la corriente alterna, para activar o desactivar el suministro de energía eléctrica en los canales eléctricos, además de formar parte del sistema de control general del prototipo.



ESP32



Módulo de relés

Figura 2 Envió de comandos de la tarjeta ESP32 al módulo de relés.

4. Periféricos.

Los periféricos son todos aquellos elementos externos hacia los cuales la unidad de procesamiento de datos y otras etapas del sistema se comunican, ya sea para ingresar comandos o bien para visualizar datos y/o estados del sistema, en general se comprende bajo el concepto de que son todos aquellos dispositivos mediante los cuales se pueden ingresar o extraer datos del sistema.

Chávez, J. (2007) define:

“Es un dispositivo de Hardware de un ordenador que potencia la capacidad de este, y que permite la entrada, procesamiento y/o salida de información. El término suele aplicarse a los dispositivos que no forman parte indispensable de un ordenador y que son en cierta forma opcionales, aunque también se suele utilizar habitualmente para definir a los elementos que se conectan externamente a un puerto del ordenador” (p. 2).

El prototipo de administrador de cargas contempla como periféricos, la pantalla de cristal líquido y luces piloto, una de ellas indica el estado (encendido/apagado) general del prototipo, otras cuatro están destinadas a indicar el estado en el cual se encuentra cada uno de los cuatro canales eléctricos a la salida del prototipo, siendo estas de vital importancia debido a ser un indicador luminoso.

4.1. Pantalla de cristal líquido.

Una pantalla de cristal líquido (LCD por sus siglas en inglés), es un dispositivo que se utiliza para visualizar imágenes fijas y en movimiento, también permite la visualización de caracteres alfanuméricos, un LCD es una pantalla formada por píxeles que consisten en moléculas de cristal líquido, esta tecnología es de mucha utilidad en la visualización de datos de medición en los sistemas embebidos.

Mellado, G. (2013) define:

“El Cristal Líquido (LC, Liquid Crystal) es considerado un medio dieléctrico anisótropo, debido a que sus propiedades ópticas macroscópicas dependen de la dirección de propagación de un campo óptico incidente. Sin embargo, se sabe que las propiedades macroscópicas de la materia son gobernadas por propiedades microscópicas: la forma y orientación de las moléculas individuales. Para entender el funcionamiento de una Pantalla de Cristal Líquido (LCD, Liquid Crystal Display)” (p. 15).

En el prototipo de administrador de cargas eléctricas se conecta una pantalla de cristal líquido a la unidad de procesamiento de datos, por medio de un circuito expensor de entradas y salidas digitales por bus, el objetivo de la pantalla de cristal líquido es posibilitar la visualización de las lecturas de medición de cada uno de los canales eléctricos, en orden respectivamente.

4.1.1. PCF8574T.

El PCF8574T es un módulo expensor de entradas y salidas digitales por bus entre circuitos, se conoce como: I2C por sus siglas en inglés, este dispositivo se diseñó para conectar diversas tarjetas de desarrollo con pantallas de cristal líquido, su funcionamiento se basa en la conexión serial de datos y de reloj con las tarjetas de desarrollo, las cuales contienen la información, previamente programada que será mostrada en la pantalla de cristal líquido.

Este módulo es determinante para la visualización de las lecturas de medición en la pantalla de cristal líquido, la pantalla esta acoplada a la carcasa del prototipo, con el fin de que el consumidor visualice en cualquier momento las lecturas de medición, en la pantalla se denotará al canal eléctrico al que corresponden las lecturas.

4.2. Interruptor.

Los interruptores son componentes eléctricos que se utilizan para interrumpir el flujo eléctrico de un conductor a otro, en el prototipo, este componente fue instalado como selector, este selector cumple la función de permitir seleccionar entre dos estados, el primero es para permitir el flujo de energía hacia los cuatro canales eléctricos, inhibiendo la incidencia de los comandos emitidos por el módulo de relés, el otro estado permite el funcionamiento del prototipo con la plataforma de aplicación y página web, permitiéndole al consumidor controlar el estado de los canales eléctricos de forma remota o mecánica.

4.3. Luz piloto.

Las luces piloto son dispositivos luminosos, formados por materiales transparentes o translúcidos, iluminados desde el interior, de tal manera que parezca por sí mismo como una superficie luminosa, estos dispositivos son de utilidad debido a que su luminiscencia indica los estados de encendido/apagado de los equipos donde se encuentran instalados.

En el prototipo del administrador de cargas eléctricas está instalada una luz piloto general para el sistema, la cual indicará si el prototipo en general está recibiendo energía eléctrica en su entrada principal, también se instalaron cuatro luces piloto en la carcasa del prototipo, las cuales indican el estado de encendido de cada canal eléctrico según corresponda.

5. Unidad de procesamiento de datos.

Una unidad de procesamiento de datos hace referencia a la etapa de un sistema que procesa los datos de entrada, para producir un resultado a la salida del mismo sistema, técnicamente conocido como CPU por sus siglas en inglés, esta unidad comprende el uso de placas de desarrollo, las que contienen un procesador o microprocesador, el cual es el componente electrónico que interpreta las instrucciones y procesa los datos.

Chávez, J. (2007) define:

“La unidad central de procesamiento, CPU o procesador. Es el componente en una computadora digital que interpreta las instrucciones y procesa los datos contenidos en los programas de computadora” (p. 199).

En el prototipo de administrador de cargas eléctricas, la unidad de procesamiento de datos está compuesta por dos tarjetas de desarrollo, la tarjeta de desarrollo Arduino UNO, la cual está destinada para obtener y procesar las lecturas de medición de los medidores PZEM-004T e imprimir esos datos en la pantalla de cristal líquido, la tarjeta de desarrollo ESP32 está destinada a la puesta en producción de la plataforma de aplicación y página web, para el control del encendido y apagado de los canales eléctricos, así como de la visualización de las lecturas de medición de cada canal eléctrico.

5.1. ESP32.

La tarjeta de desarrollo ESP32 es un módulo con capacidad de conectividad inalámbrica mediante Wi-Fi y Bluetooth de modo dual integrada, pertenece a una familia de sistemas en chip SoC por sus siglas en inglés, los cuales son circuitos integrados que reúnen una gran parte de los componentes de un ordenador o cualquier otro sistema electrónico, esta tarjeta emplea un microprocesador Tensilica Xtensa LX6, incluye en su sistema, antenas, amplificadores, y módulos de administración de energía.

Benito, A. (2019) indica:

“El ESP32 es un System On Chip igualmente diseñado por Espressif Systems, pero fabricado por TSMC. Al igual que el chip ESP8266 dispone de varios modelos con diferentes características. La propia empresa define esta serie como una solución para microcontroladores que no dispongan de conectividad, ya que podrían utilizar la familia ESP32 como puente para el acceso a la red o a las soluciones IoT. Además, la serie ESP32 es capaz de ejecutar sus propias aplicaciones de tiempo real, lo que le hace un dispositivo muy interesante.” (p. 16).

El uso de la tarjeta de desarrollo ESP32, está destinado a la conectividad remota entre el prototipo de administrador de cargas eléctricas y el consumidor de energía eléctrica, mediante la puesta en producción de la plataforma de aplicación y página web Arduino IoT Cloud, que está contenida en el desarrollo del código de programación general de la ESP32.

Utilizando la conectividad inalámbrica Wi-Fi se establece la conexión entre la tarjeta de desarrollo ESP32 y el Router pertinente a la red de área local del domicilio, luego este rutea la conexión con la red de área extendida, donde se enlaza con la base de datos del proveedor de la plataforma (Arduino), posibilitando mediante esta interacción bidireccional, el control remoto del prototipo de administrador de cargas eléctricas, desde cualquier dispositivo con acceso a internet sin importar su ubicación geográfica.

5.2. Arduino UNO.

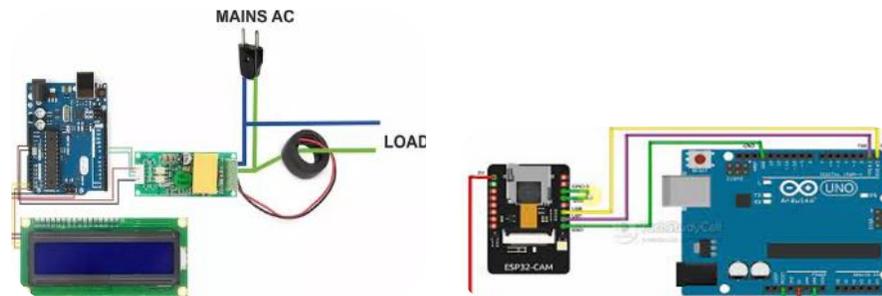
Es una placa de desarrollo destinada a la solución de problemas en la electrónica, esta consta de una serie de dispositivos electrónicos, como condensadores, transistores, entre otros, los cuales en conjunto con el microcontrolador ATmega328P y los pines de entrada y salida de propósito general, vuelven la tarjeta muy versátil para su integración en diferentes tipos de proyectos.

Tapia, C. y Manzano, H. (2013) conceptualizan:

“Arduino uno es una de las placas más utilizadas en los proyectos tecnológicos de robótica y contiene un microcontrolador Atmega328 que tiene 32 KB de memoria flash para almacenar el código de los cuales 0,5 KB es utilizado por el gestor de arranque. También dispone de 2 KB de SRAM y 1 KB de EEPROM, cuenta con 14 entradas y salidas / digitales de los cuales 6 son utilizados como salidas PWM aparte tenemos 6 entradas analógicas, un cristal de 16 MHZ oscilador, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y el botón de reinicio” (p. 39).

En el administrador de cargas eléctricas se presenta que los medidores PZEM-004T, la tarjeta de desarrollo ESP32 y la pantalla de cristal líquido necesitan alimentarse con cinco voltios y tierra, para lo cual se destina la tarjeta de desarrollo Arduino UNO, la cual se conecta directamente con los doce voltios provenientes del Conversor AC/DC, donde también se encuentra soldada una bifurcación que se conecta y alimenta de doce voltios al módulo de relés.

El procesamiento de las lecturas de medición proveniente de los PZEM-004T, se ejecuta con el módulo Arduino UNO, secuencialmente se ejecuta el proceso de impresión en la pantalla de cristal líquido del prototipo, las lecturas de medición serán enviadas vía puerto serial a la tarjeta de desarrollo ESP32, con el objetivo de que esta procese los datos para la visualización en la plataforma de aplicación y página web Arduino IoT Cloud.



Datos de medición a la pantalla Receptor y emisor de datos a la nube.

Figura 3 Envió de datos a la unidad de procesamiento de datos.

6. Componentes eléctricos.

Un componente eléctrico es un elemento y/o dispositivo que forma parte de un circuito eléctrico, cumpliendo una determinada función en el mismo, estos pueden tener como objetivo la incidencia en el comportamiento físico de la corriente eléctrica en el circuito, así como la conexión entre elementos y/o demás dispositivos.

La importancia de ordenar correctamente los elementos radica tanto en la estética como en la seguridad, como indican Vanegas, J y Ramírez, A. (2018):

“No podemos acumular demasiados elementos y sin espacio entre ellos, pues unos calentarán a otros y conllevará un mal funcionamiento del sistema. Además, deberemos dejar un espacio suficiente entre los componentes y el propio armario, ya que debemos facilitar, todo lo posible, la circulación del aire” (p. 17).

En el prototipo de administrador de cargas eléctricas se dispone del uso de cables para hacer la correcta conexión entre todos los componentes, además se utilizan borneras eléctricas para interconectar los canales eléctricos con los medidores PZEM-004T, como protección eléctrica general del sistema se instaló un breaker eléctrico a la entrada general de suministro eléctrico del sistema.

6.1. Breaker eléctrico.

El breaker eléctrico es un componente capaz de interrumpir el flujo eléctrico en un circuito eléctrico, ya sea mecánicamente o bien cuando la intensidad de la corriente eléctrica exceda de un determinado valor, con el objetivo de no causar daños a los equipos, en especial a los equipos de alta frecuencia y baja potencia, que se encuentran en la unidad de procesamiento de datos.

El breaker eléctrico está conectado como interruptor principal en el prototipo de administrador de cargas eléctricas, debido a la sensibilidad de los componentes electrónicos hacia las alteraciones que se puedan presentar en el suministro principal de energía, además de la protección general que se debe brindar al sistema.

6.2. Borneras eléctricas.

Una bornera eléctrica es un tipo de conector eléctrico en el cual un cable se aprisiona contra una pieza metálica, mediante el uso de un tornillo, este componente se vuelve sumamente importante en el prototipo de administrador de cargas eléctricas, debido a que facilita la conexión entre los módulos relés y los canales eléctricos, contemplando la inserción de los sensores de cada uno de los PZEM-004T.

En el prototipo de administrador de cargas eléctricas, los bornes eléctricos son los encargados de conectar los cables provenientes del módulo de relés, con cada uno de los canales eléctricos, los que están conformados cada uno con un par de toma corrientes, la importancia de utilizar las borneras radica en la seguridad y orden que brindan al diseño interior del administrador de cargas.

6.3. Conversor AC/DC.

Un Conversor AC/DC es un dispositivo eléctrico que se utiliza para obtener una señal de corriente directa (DC por sus siglas en inglés), a partir de una señal de corriente alterna (AC por sus siglas en inglés), por lo que, se vuelve un dispositivo muy importante en la arquitectura de hardware del prototipo de administrador de cargas eléctricas.

Calapaqui, R y Reyes, L. (2013) definen:

“Conversor AC/DC: Es un sistema que convierte voltaje Vac, en voltaje Vdc.” (p. 155).

En el prototipo de administrador de cargas eléctricas, se alimenta con cinco voltios y conexión a tierra a los medidores PZEM-004T, la tarjeta de desarrollo ESP32 y la pantalla de cristal líquido; también se alimenta con doce voltios el módulo de relés, con el fin de obtener el correcto funcionamiento de estos, se acopla un conversor AC/DC con una salida de doce voltios que se conecta a la entrada de la tarjeta de desarrollo Arduino UNO, la cual brinda la conexión de cinco voltios y tierra a una placa con una pista para cada conexión respectivamente, logrando alimentar mediante cableado a los demás dispositivos.

7. Canales eléctricos.

El término canales eléctricos referencia la conexión guiada de los conductores eléctricos que alimentan de energía eléctrica, una carga en particular, todo esto a la salida de un sistema, se debe diferenciar cada canal eléctrico con una etiqueta, con el fin de conocer y administrar correctamente las cargas eléctricas, una particularidad se presenta en que, los canales eléctricos se presentan en una conexión en paralelo, debido a que cada uno debe ser independiente en su operación.

García, M. (2015) define que:

“Los circuitos eléctricos se pueden clasificar en dos formas: Paralelo y en serie, un circuito en serie es aquel donde los receptores están conectados de tal forma que la corriente que atraviesa el primero de ellos será la misma que la que atraviesa el último, es decir tiene un solo camino para circular y si se interrumpe deja de hacerlo. Mientras que en un circuito en paralelo cada receptor conectado a la fuente de alimentación lo está de forma independiente al resto, es decir tiene más de un camino para circular la corriente y si uno de ellos se interrumpe no afecta el funcionamiento de los demás” (p. 16).

En el administrador de cargas eléctricas se tienen cuatro canales eléctricos, enumerados respectivamente para su diferenciación, cada terminal eléctrica de cada canal, contiene dos toma corriente tipo B, de tres contactos, debido a que el prototipo de administrador de cargas eléctricas, está diseñado para uso domiciliario.

7.1. Toma corriente.

Un toma corriente es un elemento que se emplea en una instalación eléctrica, el cual se instala finalizando una línea eléctrica, se utiliza para conectar productos y/o servicios que requieran de energía eléctrica, él toma corriente dispone de ranuras para la inserción de clavijas, de tal manera que la alimentación de energía sea de manera rápida y segura, para el usuario y los productos.

Los toma corriente que se utilizan en el prototipo, instalados a la salida de cada canal eléctrico, son de tipo B, de tres contactos, en los cuales se encuentran instalados para conectar productos y/o servicios que requieran de energía eléctrica, con el fin de que, según la carga de tipo domiciliario que se conecten, el prototipo inicie el proceso de medición, mientras el consumidor evalúa las mediciones de los parámetros de energía eléctrica, posibilitando la toma de decisión en el control de las cargas eléctricas de cada canal, mediante los interruptores, o la plataforma de aplicación y página web.

V. Resultados.

En este capítulo se presentan los resultados del diseño de la arquitectura de hardware y software del prototipo de administrador de cargas eléctricas, el cual presenta explícitamente las características del prototipo e indica sus funcionalidades, siendo este capítulo la extensión en carácter de implementación de la teoría observada en el Marco Teórico.

1. Diagrama esquemático.

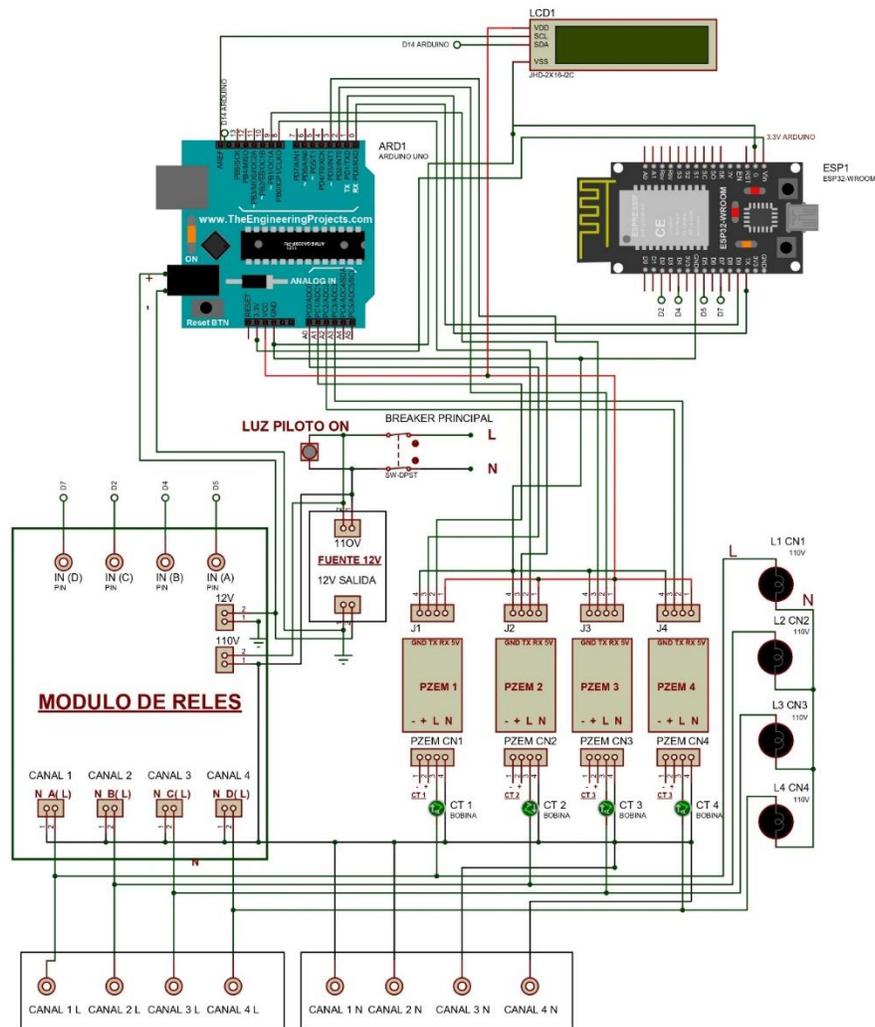


Figura 4 Diagrama esquemático del prototipo.

2. Diagrama de Módulo de Relés.

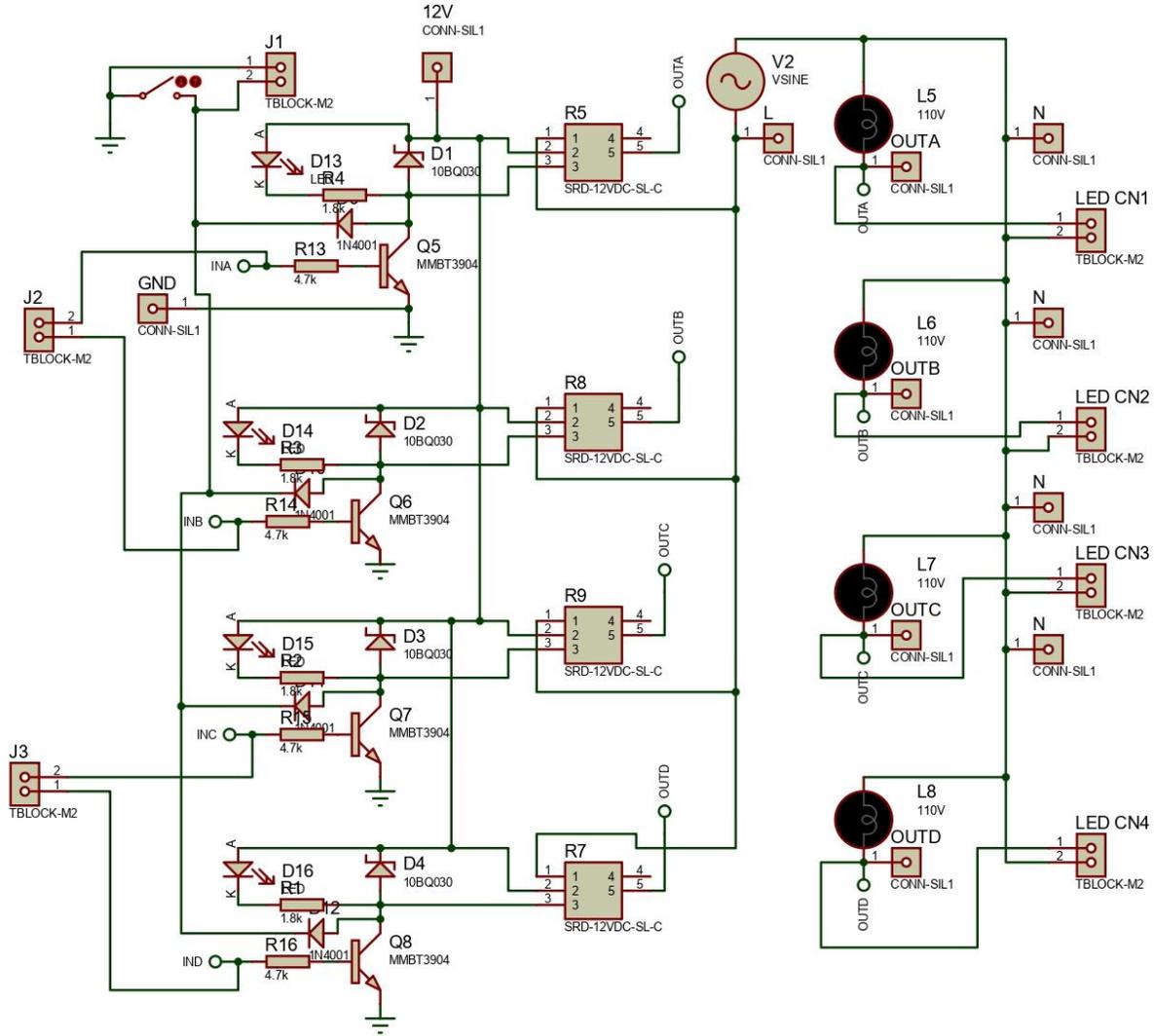


Figura 5 Diagrama de Módulo de Relés.

3. Diagrama de bloques.

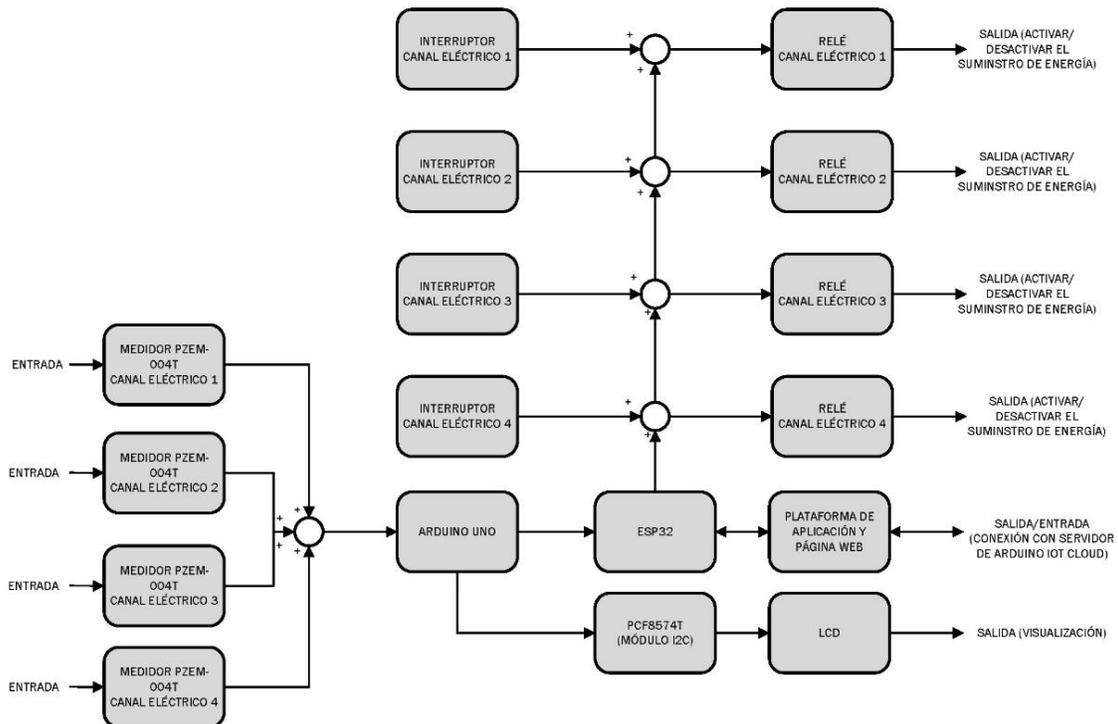


Figura 6 Diagrama de bloques.

Se observa básicamente la interacción de los diferentes módulos interconectados que hacen funcionar el prototipo, iniciando por la lectura de las variables de medición mediante la tarjeta de desarrollo Arduino UNO, la que envía las mediciones para la proyección en el módulo de pantalla de cristal líquido, paralelamente envía las lecturas de medición a la tarjeta de desarrollo ESP32, la que establece la conexión bidireccional con la plataforma de aplicación y página web, registrando de esta forma la entrada de comandos introducidos desde la plataforma dirigidos al módulo de relés y mostrando las lecturas de medición en la plataforma.

5. Máquina de estados de programación.

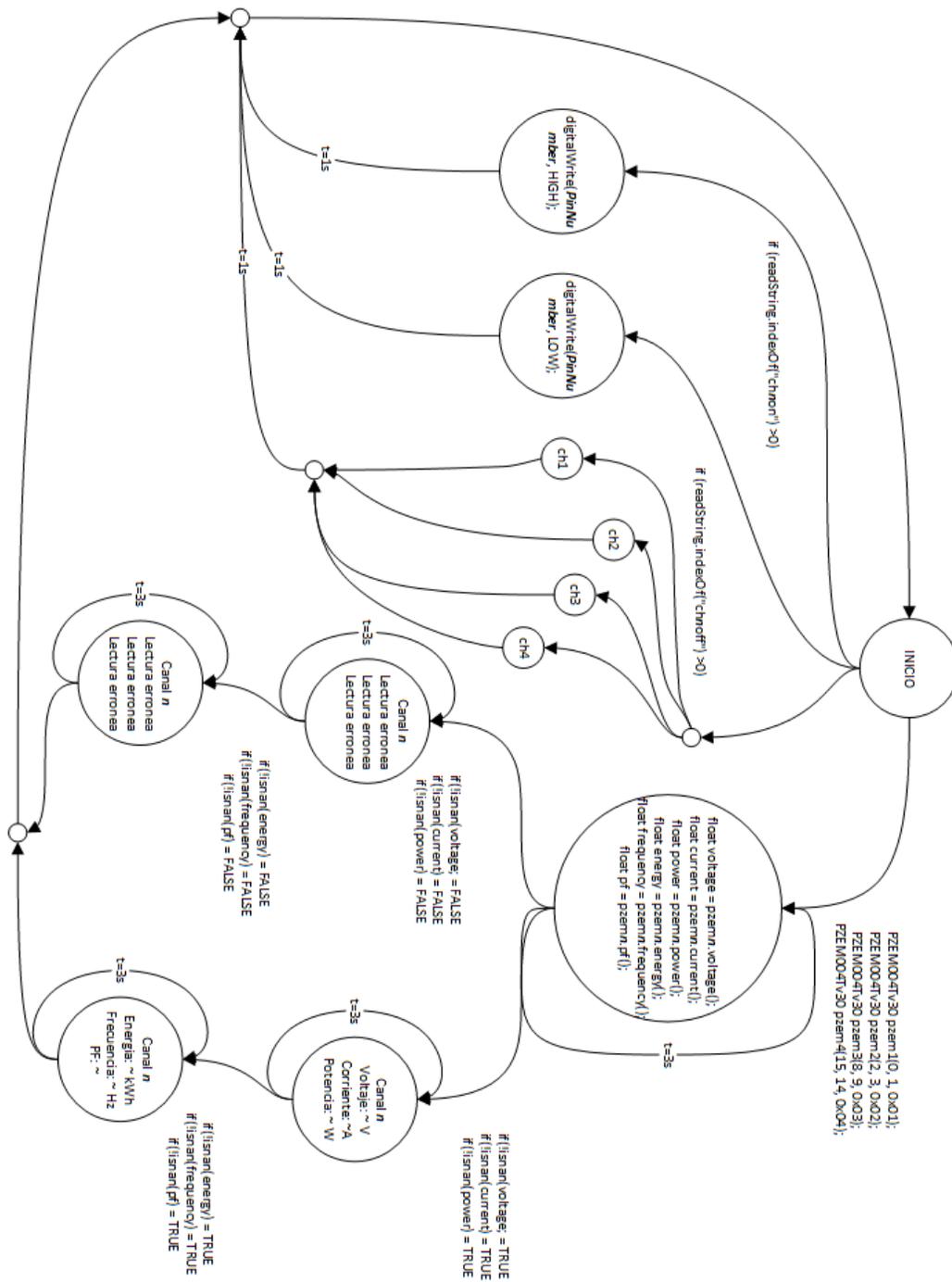


Figura 8 Máquina de estados de programación.

6. Consola de plataforma de aplicación y página web.

A continuación, se muestra como resultado la consola en la cual se visualizan los parámetros de medición de energía eléctrica de los canales eléctricos, así mismo se visualizan los interruptores para el control de cada uno de los canales eléctricos, presentando un entorno entendible y de fácil interacción para los consumidores de energía eléctrica.

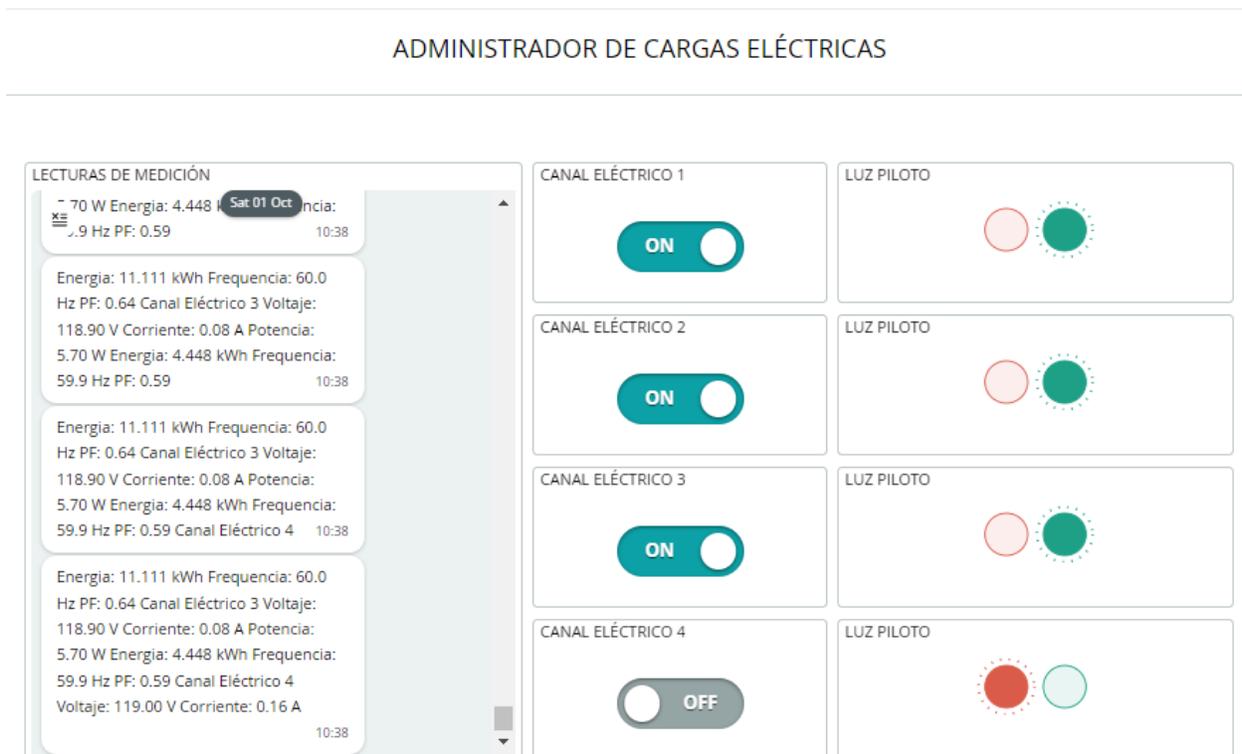


Figura 9 Consola de la plataforma de aplicación y página web vista de escritorio.

ADMINISTRADOR DE CARGAS ELÉCTRICAS

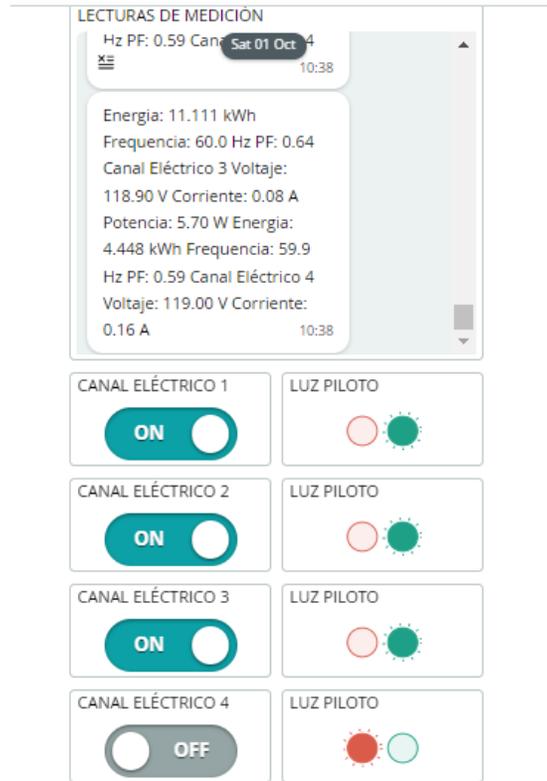


Figura 10 Consola de la plataforma de aplicación y página web vista de teléfono celular.

7. Implementación del prototipo.

Se realizó la implementación del prototipo por el periodo de un mes, en el cual se validaron las funcionalidades, probando la plataforma de aplicación y página web en un entorno de producción, demostrando resultados satisfactorios, registrando la migración de datos a consola una vez por hora, mientras que el accionamiento de los módulos relés según interacción en consola se ejecuta inmediatamente.



Figura 11 Prototipo de administrador de cargas eléctricas previo a instalación de luces piloto.



Figura 12 Implementación del prototipo de administrador de cargas eléctricas en el sistema eléctrico de una vivienda.

En la implementación del prototipo, simulando el entorno de una instalación eléctrica, se conecto a la entrada del mismo, mediante una extensión eléctrica 110 voltios, simulando la entrada principal de suministro eléctrico al prototipo, para simular los canales eléctricos a la salida de cada toma corriente se conectaron diferentes extensiones las que tenían como fin conectar diferentes dispositivos eléctricos, comprobando de esta forma las funcionalidades a obtener como objetivo en el desarrollo del prototipo.

ADMINISTRADOR DE CARGAS ELÉCTRICAS

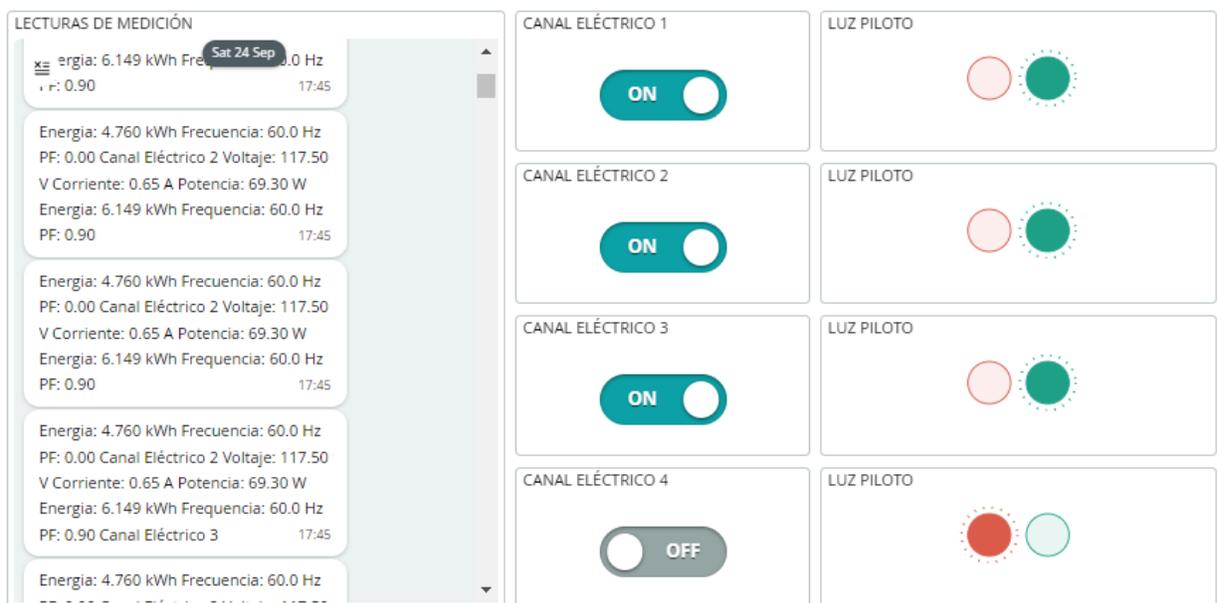


Figura 13 Lecturas de medición en consola al 24 de septiembre de 2022.

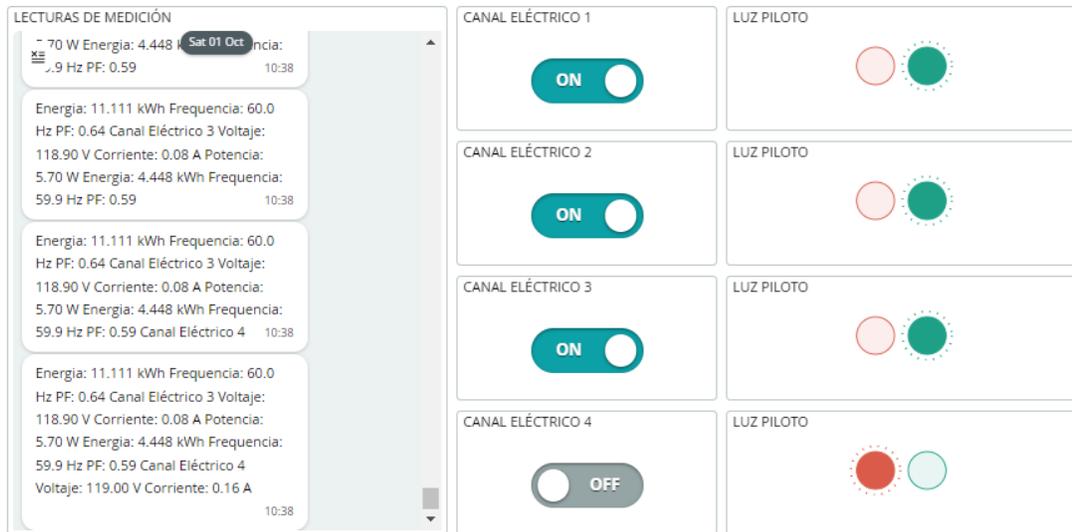


Figura 14 Lecturas de medición en consola al 01 de octubre de 2022.

En la implementación del prototipo, se comprobaron las funcionalidades de control y medición de cada uno de los canales eléctricos, observando el almacenamiento de los parámetros de medición eléctrica en la consola de aplicación y página web, observando el comportamiento de la plataforma de la plataforma y comprobando la viabilidad del uso de la misma para la puesta en producción del sistema.

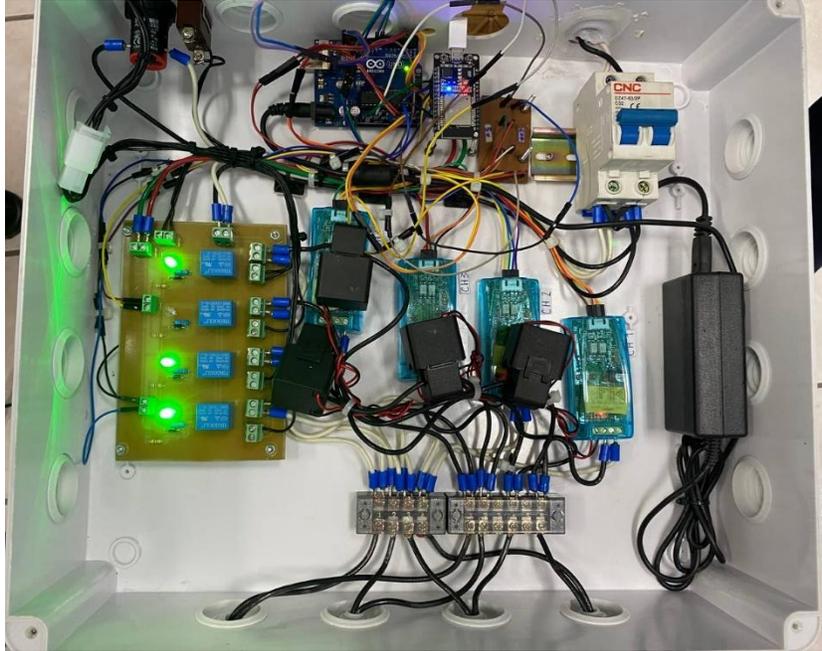


Figura 15 Vista al interior del prototipo de administrador de cargas eléctricas.

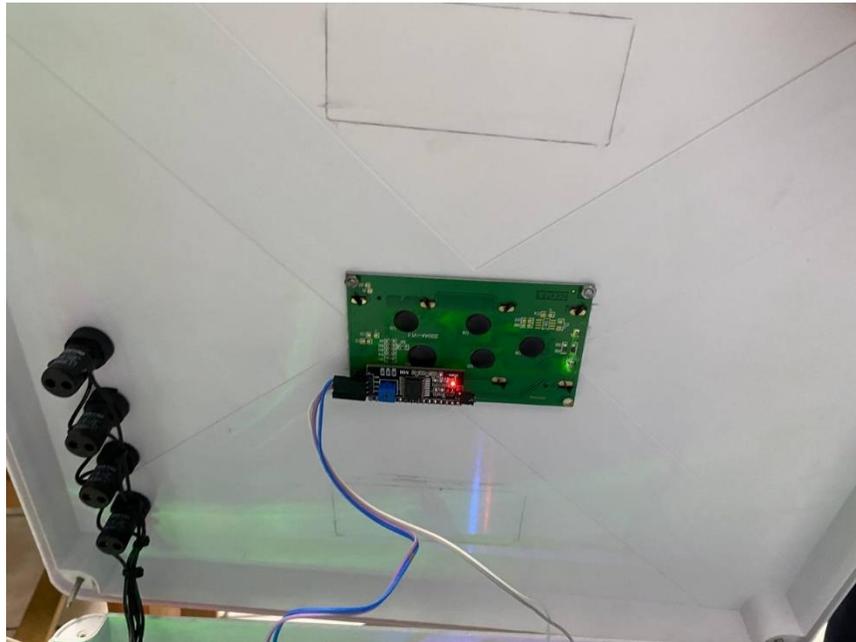


Figura 16 Vista al reverso de la carcasa del prototipo de administrador de cargas eléctricas.



Figura 17 Vista frontal del prototipo de administrador de cargas eléctricas.

Finalmente posterior al ensamblaje de las luces piloto al finalizar la implementación considerando la importancia de los análisis económicos para los proyectos, se realizó el presupuesto de proyecto monográfico, considerando la mano de obra de los autores, aunque este presupuesto no está considerado en el enfoque de la investigación, se nos hizo de suma importancia dimensionar la factibilidad financiera del prototipo y se obtuvo un resultado acorde a las funcionalidades y características que ofrece el mismo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA DE NICARAGUA					
Presupuesto de Proyecto monográfico					
Tema: IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO DE ADMINISTRADOR DE CARGAS ELÉCTRICAS, PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS Y CONTROL DE CANALES DE ENERGÍA ELÉCTRICA					
ítem	Presupuesto de Materiales ADCE	Cantidad	Unidad/M	Precio C\$	Sub Total C\$
1	Relé	4	Unidad	250	1000
2	Microtransistores	4	Unidad	10	40
3	Diodo M7 SMD	4	Unidad	15	60
4	PIN Block	11	Unidad	25	275
5	Resistencias Varias	8	Unidad	5	40
6	LED	4	Unidad	15	60
7	PCB	1	Unidad	80	80
8	Caja Plástica	1	Unidad	1100	1100
9	Breaker Eléctrico	1	Unidad	732	732
10	Medidores PZEM-004T	4	Unidad	988.2	3952.8
11	Arduino UNO	1	Unidad	400	400
12	ESP32	1	Unidad	366	366
13	Fuente de corriente directa de 12 Voltios	1	Unidad	400	400
14	LCD	1	Unidad	300	300
15	Toma corrientes	4	Unidad	120	480
16	Prensa estopa	5	Unidad	20	100
17	Luces Piloto de canales eléctricos	4	Unidad	100	400
18	Luz piloto principal	1	Unidad	350	350
19	Borneras de 12 terminales	2	Unidad	60	120
20	Suscripción a Plan Maker en Arduino IoT Cloud, por 12 meses	1	Unidad	1427.4	1427.4
				Mano de obra C\$	5490
				Total C\$	17173.2

Tabla 1 Presupuesto de proyecto monográfico.

VI. Conclusiones y recomendaciones.

1. Conclusiones.

Con la implementación del prototipo de administrador de cargas eléctricas se validaron las funcionalidades del mismo, comprobando así la utilidad y viabilidad en la instalación y puesta en producción del prototipo, se demostró mediante una encuesta realizada, que el 65.6% de los encuestados estaría totalmente de acuerdo en instalar en su domicilio un dispositivo electrónico que le permita visualizar lecturas de medición de voltaje, corriente, potencia, energía, frecuencia y factor de potencia de forma remota mediante una aplicación y/o plataforma web, por lo que existe interés en un segmento de la población de managua acerca de esta tecnología, para mayor referencia ver anexo A.

Para el diseño de la arquitectura de hardware y software del prototipo de administrador de cargas eléctricas se presento que se debe dimensionar correctamente la cantidad de canales eléctricos que se incluyen en el diseño, debido a que el mismo incide tanto a nivel de hardware, como a nivel de software, delimitando la cantidad de canales eléctricos que se tendrán, se procedió al diseño de la placa de circuitos impreso, cotización de cantidad de medidores correspondientes, así como todos los demás componentes utilizados relativos a la cantidad de canales eléctricos, finalizando con la programación en cada una de los módulos digitales, cumpliendo así este objetivo.

Adaptar el medidor y actuador electrónico al sistema para lograr la medición y control del flujo eléctrico, en cuatro canales eléctricos, represento un desafío técnico, debido a que la tecnología de los medidores relacionada a las tarjetas de desarrollo, se encuentra diseñado para utilizar un único medidor, por lo que se utilizaron diferentes condicionales de programación para lograr leer cada uno de los parámetros de energía eléctrica y cumplir con este objetivo.

Para establecer un sistema de control y visualización de lecturas de medición remoto, mediante una plataforma de aplicación y página web, se indago acerca de la mejor opción en temas de compatibilidad y versatilidad referente a las tarjetas de desarrollo Arduino UNO y ESP32, encontrando la plataforma Arduino IoT Cloud como la opción más adecuada, por lo que se desarrollo todo el entorno de control y visualización remoto en la nube en esta plataforma, cumpliendo con este objetivo.

Al Implementar el prototipo de administrador de cargas eléctricas en el sistema eléctrico de una vivienda, se consideraron las condiciones climáticas en las cuales se instaló el prototipo, buscando la instalación en un área que permanezca con bajo nivel de humedad, alto nivel de iluminación y fácil accesibilidad para manipulación interna, encontrando que el prototipo se comporto de forma óptima durante el periodo de un mes que duró la implementación, siendo utilizado de forma remota, convalidando todas las funcionalidades previstas, cumpliendo con este objetivo.

2. Recomendaciones.

Se recomienda dimensionar los requerimientos de la instalación eléctrica de la cual se desarrollarán los sistemas de control y medición del prototipo de administrador de cargas eléctricas, debido a que los sistemas deben ser implementados en sistemas eléctricos, por lo que el desarrollo e implementación dependen de las características del sistema eléctrico en el cual se instalará el prototipo.

Respecto al desarrollo de sistemas administradores de cargas eléctricas como dispositivo de internet de las cosas, se recomienda indagar y dimensionar adecuadamente los dispositivos y tecnología a utilizar para el desarrollo, considerando la adquisición de los dispositivos en el mercado comercial local con el fin de agilizar procesos de diseño y puesta en producción de estos sistemas.

Para fines de procesamiento y visualización de datos en tiempo real se recomienda utilizar tarjetas de desarrollo de gama alta, debido a que estas poseen circuitos integrados con mayor capacidad de memoria, lo que aumenta la posibilidad de que procesen grandes volúmenes de datos de forma eficiente y no se presenten inconvenientes en la puesta en producción de estos sistemas.

Un hallazgo que se encontró en la implementación del prototipo, fue que las actualizaciones para la visualización de las lecturas de medición en la plataforma de aplicación y página web, se actualizan cada hora, esto se debe a la velocidad con que se satura el búfer de datos de la tarjeta ESP32 y luego esta migra los datos a la plataforma, por lo tanto, se recomienda considerar para el desarrollo de estos sistemas utilizar tarjetas de desarrollo de gama alta.

VII. Bibliografía.

- a. Gaibor. E, Salazar. J, Tapia. I, Morales. J, Ramírez. E. Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto. Revista Publicando, 2018. <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/1219>
- b. Ruiz, H. (2017). Estudio Técnico para la implementación de Red Inteligente en la transformación de la red de distribución de energía eléctrica en Nicaragua [monografía de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <https://ribuni.uni.edu.ni/1521/1/91151.pdf>
- c. Zúniga, L. (2019). Caracterización técnico-económica de los medidores inteligentes para la implementación como instrumentos de control y ahorro en el sector comercial de la ciudad de Estelí [monografía de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://ribuni.uni.edu.ni/2686/1/93270.pdf>
- d. Lindo, R. (2016). Implementación de un prototipo electrónico de monitoreo y medición del consumo de energía eléctrica de una carga conectada a la línea de tensión secundaria monofásica de una instalación eléctrica residencial [monografía de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://ribuni.uni.edu.ni/1174/1/80513.pdf>
- e. Bucardo y López. (2016). Diseño de un sistema domótico para la vivienda AI-118 del Residencial Bello Horizonte durante el período septiembre - diciembre de 2015. [monografía de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <http://repositorio.unan.edu.ni/3166/1/16854.pdf>
- f. Calvo, F. (2014). Análisis y diseño de una red domótica para viviendas sociales. [monografía de pregrado, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfccic169a/doc/bmfccic169a.pdf>

- g. Atahualpa, J. (2014). Estudio de factibilidad técnica para el diseño de un laboratorio de domótica en la facultad de educación técnica para el desarrollo. [monografía de pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1637/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-9.pdf>
- h. Tamayo, M. (2016). Estudio y diseño de domótica para el conjunto Villa Navarra. [tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11321/Tesis%20Dom%C3%B3tica%20Fernanda%20Tamayo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- i. Valle y Medina (2016). Evaluación del consumo energético en las instalaciones de dos edificios: José Andrés Mejía y Rectoría de la Universidad Nacional Agraria en el año 2014. [monografía de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. <http://repositorio.una.edu.ni/3425/1/tnp05v181.pdf>
- j. Villodas, J. (2015). Mejora de la eficiencia energética en viviendas domóticas. [tesis de doctorado, Universidad de la Rioja]. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/44165.pdf>
- k. Elizondo, R. (2011). Sistema automático de gestión de energía eléctrica. [monografía de pregrado, Instituto tecnológico de costa rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/718/Informe_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- l. Sáenz, G y Muñoz, M. (2009). La eficiencia energética: análisis empírico y regulatorio. [monografía de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. http://www.realinstitutoelcano.org/wps/wcm/connect/e3d73d004f01987d8463e43170baead1/DT372009_Saez_Miera_eficiencia_energetica.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=e3d73d004f01987d8463e43170baead1

- m. Áreas estratégicas de investigación, desarrollo e innovación de la UNI. (2014). https://webimg.uni.edu.ni/section/investigacion/areas_estrategicas_de_investigacion_desarrollo_e_innovacion_de_la_uni.pdf
- n. Banco Mundial. (2017). Eficiencia energética. <https://www.bancomundial.org/es/results/2017/12/01/energy-efficiency>
- o. Willis, D y Bendaña, M. (2016). Diseño de un módulo de automatización de una vivienda a través del control de iluminación, toma corrientes y climatización. [monografía de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://ribuni.uni.edu.ni/1170/1/80515.pdf>
- p. Calderón, J. (2014). Diseño y construcción de un administrador electrónico inteligente monitoreado vía internet para evaluar el uso eficiente y económico de una unidad de aire acondicionado. [tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.]. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3252/1/227720.pdf>
- q. Romero, E. (2017). Implementación de un prototipo de medidor de energía residencial considerando las pérdidas no técnicas por hurto. [monografía de pregrado, Escuela superior politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8956/1/108T0220.pdf>
- r. Martínez, H (2017). Evaluación de los equipos tecnológicos que usan el suministro energético en la empresa Disnorte-Estelí, durante el II semestre del 2016. [monografía de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-MANAGUA]. <https://repositorio.unan.edu.ni/5441/1/17841.pdf>

- s. Portocarrero, F y Mendoza, W. (2014). Estudio de Eficiencia eléctrica para el ahorro de energía eléctrica en la Empresa Annic SA. [monografía de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <https://ribuni.uni.edu.ni/1289/1/60216.pdf>
- t. Nicaragua, R y Rivera, F. (2017). Propuesta de Metodología Para el Análisis y Estudio de la Calidad de la Energía Eléctrica. [monografía de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <https://ribuni.uni.edu.ni/1527/>
- u. Rizo, E. (2014). Diseño e implementación de guías de laboratorios para la asignatura de sistema de medición que contribuyan al aprendizaje significativo en los estudiantes en ingeniería electrónica. [monografía de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://ribuni.uni.edu.ni/1267/1/40364.pdf>
- v. Vildosola, E. (2014). Actuadores. Soltex Chile S.A.
https://llamados.ancap.com.uy/docs_concursos/ARCHIVOS/1%20LLAMADOS%20EN%20TR%20C3%81MITE/2018/REF.%2014-2018%20%20OFICIAL%20TALLER%20B%20-%20PLANTA%20MINAS%20%20PERFIL%20INSTRUMENTOS/2%20-%20CONOCIMIENTOS%20ESPEC%20C3%8DFICOS/7_V%20C3%81LVULAS%20DE%20CONTROL/ACTUADORES.PDF
- w. Argüello, G y Carchipulla, C. (2015). ingeniería de diseño para la utilización de los relés multifunción de la central mazar en las unidades de la central molino pertenecientes a Celec Ep. Hidropaute. [monografía de pregrado, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21657/1/tesis.pdf>
- x. Chávez, J. (2007). Origen y evolución de periféricos de computadora. [monografía de pregrado, Instituto de ciencias básicas e ingeniería]. <https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Origen%20y%20evolucion%20de%20perifericos%20de%20computadora.pdf>

- y. Mellado, G. (2013). Caracterización de una Pantalla de Cristal Líquido de Fase. [monografía de pregrado, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica, y Electrónica]. <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/234/1/MelladoVG.pdf>
- z. Murillo, J. (2018). Láser para fisioterapia: Aspectos generales para el diseño práctico. [monografía de pregrado, Universidad Carlos III de Madrid]. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/26655/TFG_Jose_Mateo_Murillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- aa. Moreno, E y González, F. (2014). Automatización en el sistema de protección de las líneas de distribución eléctricas de Nicaragua mediante la aplicación de Interruptores Telecontrolados. [monografía de pregrado, Universidad Nacional de ingeniería]. <https://ribuni.uni.edu.ni/1295/1/60200.pdf>
- bb. Cifuentes, G. y García, A. (2010). Diseño e implementación de un equipo de contrastación de medidores monofásicos. [monografía de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3146/6/UPS-GT000336.pdf>
- cc. Tapia, C. y Manzano, H. (2013). Evaluación de la plataforma Arduino e implementación de un sistema de control de posición horizontal. [monografía de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5522/1/UPS-GT000511.pdf>
- dd. Benito, A. (2019). Desarrollo de aplicaciones para IoT con el módulo ESP32. [monografía de pregrado, Universidad de Alcalá]. https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/35420/TFG_Benito_Herranz_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- ee. Vanegas, J y Ramírez, A. (2018). Sistema de monitoreo de variables externas e internas en gabinetes de macros y micros celdas celulares. [monografía de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://ribuni.uni.edu.ni/2417/1/93052.pdf>
- ff. Valladolid, J. (2014). Diseño de un controlador automático para un breaker de estado sólido DC para baja tensión. [tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6728/1/UPS-CT003414.pdf>
- gg. Contreras, E. y Sánchez, R. (2010). Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos, como apoyo a la asignatura diseño de máquinas II. [monografía de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133923.pdf>
- hh. García, M. (2015). Estudio de los circuitos eléctricos: implicaciones disciplinares y didácticas en el proceso de enseñanza en estudiantes de grado quinto. [monografía de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/2135/TE-18142.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ii. Laj, E. (2011). Análisis y diagnóstico de las instalaciones eléctricas del antiguo hospital de emergencias del IGSS Zona 13. [monografía de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0788_EA.pdf

- jj. Díaz, J y Rojas, J. (2021). Desarrollo de un dispositivo de rastreo para personas adultas mayores en una red IoT Y Cloud. [monografía de pregrado, Universidad politécnica salesiana].<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20238/1/UPS%20-%20TTS357.pdf>
- kk. Calapaqui, R y Reyes, L. (2013). Diseño y construcción de un módulo didáctico de un convertor AC/DC – DC/DC con control PWM, para puente completo utilizando IGBT'S destinado al laboratorio de control eléctrico de la Espe Extensión Latacunga. [monografía de pregrado, Universidad de las fuerzas armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7020>

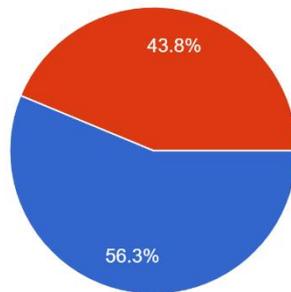
I

ANEXO A

ENCUESTA

Sexo

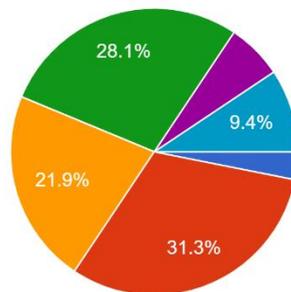
32 responses



- Masculino.
- Femenino.

Edad

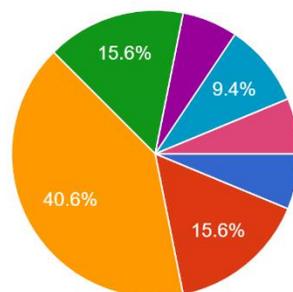
32 responses



- 17 años o menos.
- 18 - 25 años.
- 26 - 33 años.
- 34 - 41 años.
- 42 - 49 años.
- 50 años o más.

Ubicación geográfica de su domicilio en la ciudad de Managua.

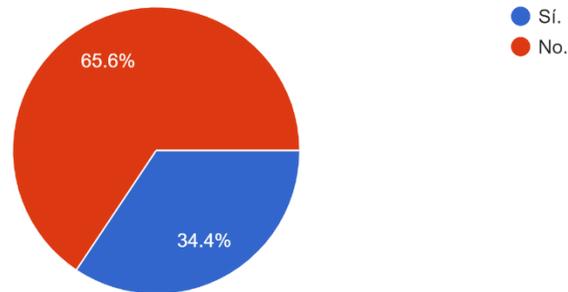
32 responses



- Distrito uno.
- Distrito dos.
- Distrito tres.
- Distrito cuatro.
- Distrito cinco.
- Distrito seis.
- Distrito siete (El crucero).

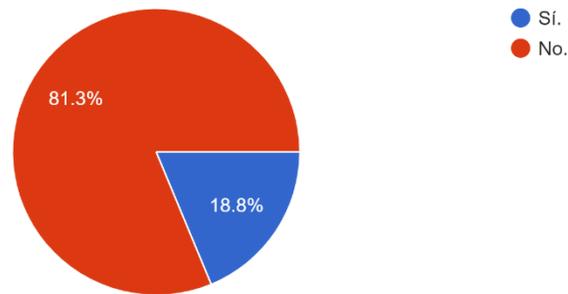
¿Conoce acerca de dispositivos electrónicos para la gestión de recursos energéticos en los domicilios?

32 responses



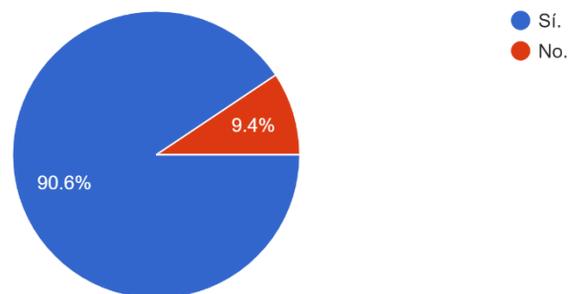
¿Ha utilizado algún dispositivo electrónico para la gestión de recursos energéticos en su domicilio?

32 responses



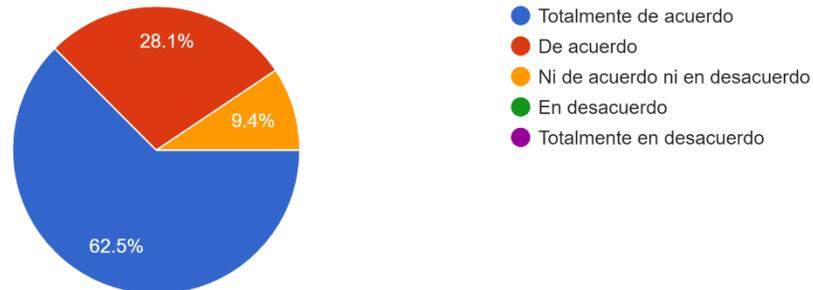
¿Estaría interesado/a en conocer el funcionamiento de dispositivos electrónicos para la gestión de recursos energéticos en los domicilios?

32 responses



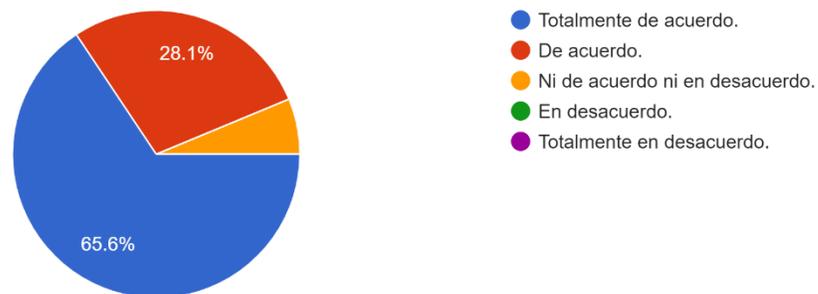
Instalaría en mi domicilio un dispositivo electrónico que me permita controlar el encendido y apagado de canales electricos de forma remota mediante una aplicación y/o plataforma web.

32 responses



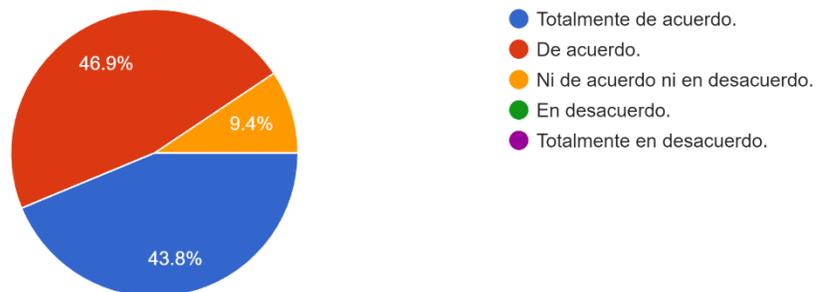
Instalaría en mi domicilio un dispositivo electrónico que me permita visualizar lecturas de medición de voltaje, corriente, potencia, energía y factor ...remota mediante una aplicación y/o plataforma web.

32 responses



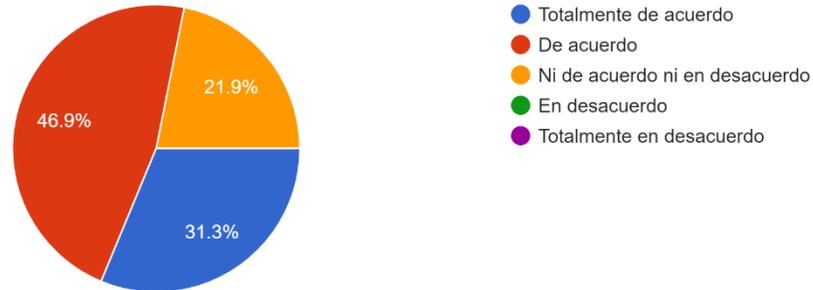
La implementación de tecnologías de administración de cargas eléctricas en los domicilios mejoraría las buenas prácticas en búsqueda de lograr eficiencia energética.

32 responses



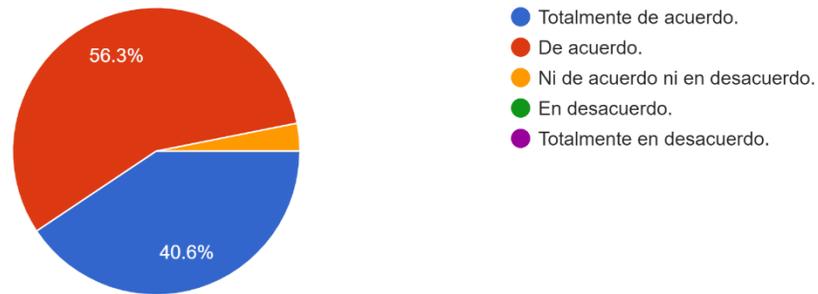
El desarrollo de tecnologías de administración de cargas eléctricas para implementación domiciliar se debe a una necesidad percibida para los consumidores de energía eléctrica.

32 responses



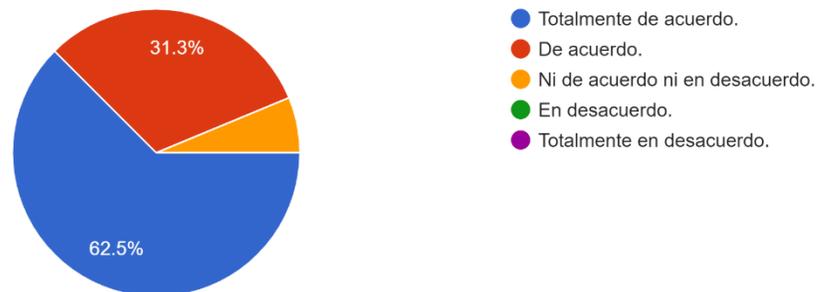
La incorporación de tecnologías de internet de las cosas en dispositivos de administración de cargas eléctricas mejoraría la experiencia en la gestión energética para el consumidor de energía eléctrica.

32 responses



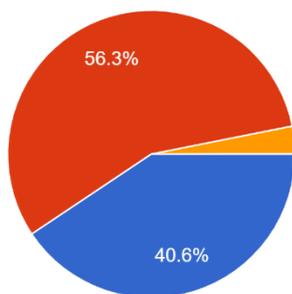
Instalaría en mi domicilio un dispositivo electrónico que me permita visualizar la medición de parámetros de energía eléctrica (voltaje, corriente, potencia) mediante una aplicación y/o plataforma web.

32 responses



La incorporación de tecnologías de internet de las cosas en dispositivos de administración de cargas eléctricas mejoraría la experiencia en la ge...ergéticos para el consumidor de energía eléctrica.

32 responses



- Totalmente de acuerdo.
- De acuerdo.
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Totalmente en desacuerdo.

II

ANEXO B

CÓDIGO FUENTE

PARA ARDUINO

UNO

```

#include <SoftwareSerial.h> // Librerías //
#include <PZEM004Tv30.h>
#include <SPI.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
PZEM004Tv30 pzem4 (17, 16); // Crea nueva conexion- Pin0(RX) a TX de pzem1 y
Pin1(TX) a RX de pzem1 //      CANAL ELÉCTRICO 4
PZEM004Tv30 pzem3 (2, 3); // Crea nueva conexion- Pin2(RX) a TX de pzem2 y
Pin3(TX) a RX de pzem2 //      CANAL ELÉCTRICO 3
PZEM004Tv30 pzem2 (8, 9); // Crea nueva conexion- Pin8(RX) a TX de pzem3 y
Pin9(TX) a RX de pzem3 //      CANAL ELÉCTRICO 2
PZEM004Tv30 pzem1 (15, 14); // Crea nueva conexion- PinA1(15)(RX) a TX de pzem4
y PinA0(14)(TX) a RX de pzem4 // CANAL ELÉCTRICO 1

LiquidCrystal_I2C lcd = LiquidCrystal_I2C(0x27, 20, 4); // (Dirección, 20, 4) para LCD
20x4 //
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Inicializa el puerto serial //
  lcd.init(); // Inicializa la pantalla LCD //
  lcd.backlight();
}
void loop(){
  void plataforma();
  delay(5000);
  void impresion();
}
void plataforma()
{
  do {

```

// Inicia el proceso de medición de parámetros de la energía eléctrica de los canales eléctricos.

```
Serial.println("Canal Electrico 1"); // Medición para el canal eléctrico número 1 (CH1) //
```

```
float voltage = pzem1.voltage();
```

```
if(!isnan(voltage)){
```

```
    Serial.println("Voltaje: "); Serial.println(voltage); Serial.println(" V");
```

```
} else {
```

```
    Serial.println("Desactivado");
```

```
}
```

```
float current = pzem1.current();
```

```
if(!isnan(current)){
```

```
    Serial.println("Corriente: "); Serial.println(current); Serial.println(" A");
```

```
} else {
```

```
    Serial.println("Desactivado");
```

```
}
```

```
float power = pzem1.power();
```

```
if(!isnan(power)){
```

```
    Serial.println("Potencia: "); Serial.println(power); Serial.println(" W");
```

```
} else {
```

```
    Serial.println("Desactivado");
```

```
}
```

```
float energy = pzem1.energy();
```

```
if(!isnan(energy)){
```

```
    Serial.println("Energia: "); Serial.println(energy,3); Serial.println(" kWh");
```

```
} else {
```

```
    Serial.println("Desactivado");
```

```
}
```

```
float frequency = pzem1.frequency();
```

```
if(!isnan(frequency)){
```

```
    Serial.print("Frecuencia: "); Serial.print(frequency, 1); Serial.println(" Hz");
```

```

} else {
    Serial.println("Desactivado");
}
if(!isnan(frequency)){
} else {
}
float pf = pzem1.pf();
if(!isnan(pf)){
    Serial.print("PF: "); Serial.println(pf);
} else {
    Serial.println("Desactivado");
}
Serial.println();           //Salto de linea //
Serial.println("Canal Eléctrico 2"); // Medición para el canal eléctrico número 2
(CH2) //
    voltage = pzem2.voltage();           // Al declarar pzem2.voltage cambia la lectura
al de dicho medidor, manteniendo la variable original //
if(!isnan(voltage)){
    Serial.print("Voltaje: "); Serial.print(voltage); Serial.println(" V");
} else {
    Serial.println("Desactivado");
}
current = pzem2.current();
if(!isnan(current)){
    Serial.print("Corriente: "); Serial.print(current); Serial.println(" A");
} else {
    Serial.println("Desactivado");
}
power = pzem2.power();
if(!isnan(power)){
    Serial.print("Potencia: "); Serial.print(power); Serial.println(" W");
}

```

```

    } else {
        Serial.println("Desactivado");
    }
    energy = pzem2.energy();
    if(!isnan(energy)){
        Serial.print("Energia: "); Serial.print(energy,3); Serial.println(" kWh");
    } else {
        Serial.println("Desactivado");
    }
    frequency = pzem2.frequency();
    if(!isnan(frequency)){
        Serial.print("Frecuencia: "); Serial.print(frequency, 1); Serial.println(" Hz");
    } else {
        Serial.println("Desactivado");
    }
    pf = pzem2.pf();
    if(!isnan(pf)){
        Serial.print("PF: "); Serial.println(pf);
    } else {
        Serial.println("Desactivado");
    }
    Serial.println();           //Finaliza cuarto bloque de impresión// // Salto de linea //
    Serial.println("Canal Eléctrico 3"); // Medición para el canal eléctrico número 3
(CH3) //
    voltage = pzem3.voltage();
    if(!isnan(voltage)){
        Serial.print("Voltaje: "); Serial.print(voltage); Serial.println(" V");
    } else {
        Serial.println("Desactivado");
    }
    current = pzem3.current();

```

```
if(!isnan(current)){
  Serial.print("Corriente: "); Serial.print(current); Serial.println(" A");
} else {
  Serial.println("Desactivado");
}
power = pzem3.power();
if(!isnan(power)){
  Serial.println("Potencia: "); Serial.print(power); Serial.println(" W");
} else {
  Serial.println("Desactivado");
}
energy = pzem3.energy();
if(!isnan(energy)){
  Serial.print("Energia: "); Serial.print(energy,3); Serial.println(" kWh");
} else {
  Serial.println("Desactivado");
}

frequency = pzem3.frequency();
if(!isnan(frequency)){
  Serial.print("Frecuencia: "); Serial.print(frequency, 1); Serial.println(" Hz");
} else {
  Serial.println("Desactivado");
}
pf = pzem3.pf();
if(!isnan(pf)){
  Serial.print("PF: "); Serial.println(pf);
} else {
  Serial.println("Desactivado");
}
Serial.println();           // Salto de linea //
```

```
Serial.println("Canal Electrico 4"); // Medición para el canal eléctrico número 4
(CH4) //
voltage = pzem4.voltage();
if(!isnan(voltage)){
  Serial.print("Voltaje: "); Serial.print(voltage); Serial.println(" V");
} else {
  Serial.println("Desactivado");
}
current = pzem4.current();
if(!isnan(current)){
  Serial.print("Corriente: "); Serial.print(current); Serial.println(" A");
} else {
  Serial.println("Desactivado");
}
power = pzem4.power();
if(!isnan(power)){
  Serial.print("Potencia: "); Serial.print(power); Serial.println(" W");
} else {
  Serial.println("Desactivado");
}
energy = pzem4.energy();
if(!isnan(energy)){
  Serial.print("Energia: "); Serial.print(energy,3); Serial.println(" kWh");
} else {
  Serial.println("Desactivado");
}
frequency = pzem4.frequency();
if(!isnan(frequency)){
  Serial.print("Frecuencia: "); Serial.print(frequency, 1); Serial.println("Hz");
} else {
```



```

float current = pzem1.current();
lcd.setCursor(0, 2);           // Configura el cursor en la primera columna y en la
tercera fila //
if(!isnan(current)){
    lcd.print("Corriente: "); lcd.print(current); lcd.println(" A");
} else {
    lcd.println("Desactivado");
}
float power = pzem1.power();
lcd.setCursor(0, 3); // Configura el cursor en la primera columna y en la cuarta fila
//
if(!isnan(power)){
    lcd.print("Potencia: "); lcd.print(power); lcd.println(" W");
} else {
    lcd.println("Desactivado");
}
delay(5000); // Retraso de cinco segundos // //Finaliza primer bloque de impresión//
float energy = pzem1.energy();
lcd.clear();           //Impresión en LCD del segundo bloque de datos// //
Elimina todos los caracteres del LCD //
lcd.setCursor(0, 0);           // Configura el cursor en la primera columna y en la
primera fila //
lcd.println("Canal Electrico 1"); // Imprime el canal medido //
lcd.setCursor(0, 1);           // Configura el cursor en la primera columna y en la
segunda fila //
if(!isnan(energy)){
    lcd.print("Energia: "); lcd.print(energy,3); lcd.println(" kWh");
} else {
    lcd.println("Desactivado");
}
float frequency = pzem1.frequency();

```

```

    lcd.setCursor(0, 2);                // Configura el cursor en la
primera columna y en la tercera fila //
    if(!isnan(frequency)){
        lcd.print("Frecuencia: "); lcd.print(frequency, 1); lcd.println(" Hz");
    } else {
        lcd.println("Desactivado");
    }
    float pf = pzem1.pf();
    lcd.setCursor(0, 3);                // Configura el cursor en la primera columna y en
la cuarta fila //
    if(!isnan(pf)){
        lcd.print("PF: "); lcd.println(pf);
    } else {
        lcd.println("Desactivado");
    }
    delay (5000);                       // Retraso de cinco segundos //
    Serial.println();                   // Salto de linea //
    Serial.println("Canal Eléctrico 2"); // Medición para el canal eléctrico número 2
(CH2) //
    voltage = pzem2.voltage();          // Al declarar pzem2.voltage cambia la lectura
al de dicho medidor, manteniendo la variable original //
    lcd.clear();                        // Impresion en LCD de tercer bloque de datos// //
Elimina todos los simbolos del LCD //
    lcd.setCursor(0, 0);                // Configura el cursor en la primera columna y en
la primera fila //
    lcd.println("Canal Electrico 2");    // Imprime el canal medido //
    lcd.setCursor(0, 1);                // Configura el cursor en la primera columna y en
la segunda fila //
    if(!isnan(voltage)){
        lcd.print("Voltaje: "); lcd.print(voltage); lcd.println(" V");
    } else {

```

```

        lcd.println("Desactivado");
    }
    current = pzem2.current();
    lcd.setCursor(0, 2);                // Configura el cursor en la
primera columna y en la tercera fila //
    if(!isnan(current)){
        lcd.print("Corriente: "); lcd.print(current); lcd.println(" A");
    } else {
        lcd.println("Desactivado");
    }
    power = pzem2.power();
    lcd.setCursor(0, 3);                // Configura el cursor en la primera
columna y en la cuarta fila //
    if(!isnan(power)){
        lcd.print("Potencia: "); lcd.print(power); lcd.println(" W");
    } else {
        lcd.println("Desactivado");
    }
    delay (5000);                        // Retraso de cinco segundos // //Finaliza tercer
bloque de impresión//
    energy = pzem2.energy();
    lcd.clear();                          //Impresion en LCD de cuarto bloque de datos// //
Elimina todos los simbolos del LCD //
    lcd.setCursor(0, 0);                // Configura el cursor en la primera columna y en
la primera fila //
    lcd.println("Canal Electrico 2");    // Imprime el canal medido //
    lcd.setCursor(0, 1);                // Configura el cursor en la primera columna y en
la segunda fila //
    if(!isnan(energy)){
        lcd.print("Energia: "); lcd.print(energy,3); lcd.println(" kWh");
    } else {

```

```

        lcd.println("Desactivado");
    }
    frequency = pzem2.frequency();
    lcd.setCursor(0, 2);           // Configura el cursor en la primera columna y en
la tercera fila //
    if(!isnan(frequency)){
        lcd.print("Frecuencia: "); lcd.print(frequency, 1); lcd.println(" Hz");
    } else {
        lcd.println("Desactivado");
    }
    pf = pzem2.pf();
    lcd.setCursor(0, 3);           // Configura el cursor en la primera columna y en la
cuarta fila //
    if(!isnan(pf)){
        lcd.print("PF: "); lcd.println(pf);
    } else {
        lcd.println("Desactivado");
    }
    delay (5000);                 // Retraso de cinco segundos //
    voltage = pzem3.voltage();
    lcd.clear();                  // Impresion en LCD de quinto bloque de datos// //
Elimina todos los simbolos del LCD //
    lcd.setCursor(0, 0);           // Configura el cursor en la primera columna y en
la primera fila //
    lcd.println("Canal Electrico 3"); // Imprime el canal medido //
    lcd.setCursor(0, 1);           // Configura el cursor en la primera columna y en
la segunda fila //
    if(!isnan(voltage)){
        lcd.print("Voltaje: "); lcd.print(voltage); lcd.println(" V");
    } else {
        lcd.println("Desactivado");
    }

```

```

}
current = pzem3.current();
lcd.setCursor(0, 2);           // Configura el cursor en la primera columna y en la
tercera fila //
if(!isnan(current)){
  lcd.print("Corriente: "); lcd.print(current); lcd.println(" A");
} else {
  lcd.println("Desactivado");
}
power = pzem3.power();
lcd.setCursor(0, 3);           // Configura el cursor en la primera columna y en la
cuarta fila //
if(!isnan(power)){
  lcd.print("Potencia: "); lcd.print(power); lcd.println(" W");
} else {
  lcd.println("Desactivado");
}
delay(5000);                   // Retraso de cinco segundos // //Finaliza quinto bloque de
impresión//
energy = pzem3.energy();
lcd.clear();                   // Elimina todos los caracteres del LCD // // Impresión
en LCD del sexto bloque de datos //
lcd.setCursor(0, 0);           // Configura el cursor en la primera columna y en
la primera fila //
lcd.println("Canal Electrico 3"); // Imprime el canal medido //
lcd.setCursor(0, 1);           // Configura el cursor en la primera columna y en
la segunda fila //
if(!isnan(energy)){
  lcd.print("Energia: "); lcd.print(energy,3); lcd.println(" kWh");
} else {
  lcd.println("Desactivado");
}

```

```

}
frequency = pzem3.frequency();
lcd.setCursor(0, 2);           // Configura el cursor en la primera columna y en
la tercera fila //
if(!isnan(frequency)){
    lcd.print("Frecuencia: "); lcd.print(frequency, 1); lcd.println(" Hz");
} else {
    lcd.println("Desactivado");
}
pf = pzem3.pf();
lcd.setCursor(0, 3);         // Configura el cursor en la primera columna y en la
cuarta fila //
if(!isnan(pf)){
    lcd.print("PF: "); lcd.println(pf);
} else {
    lcd.println("Desactivado");
}
delay (5000);                // Retraso de cinco segundos // //Finaliza sexto bloque
de impresión//
voltage = pzem4.voltage();
lcd.clear();                 // Elimina todos los simbolos del LCD // //Impresion en
LCD de séptimo bloque de datos//
lcd.setCursor(0, 0);         // Configura el cursor en la primera columna y en
la primera fila //
lcd.println("Canal Electrico 4"); // Imprime el canal medido //
lcd.setCursor(0, 1);         // Configura el cursor en la primera columna y en
la segunda fila //
if(!isnan(voltage)){
    lcd.print("Voltaje: "); lcd.print(voltage); lcd.println(" V");
} else {
    lcd.println("Desactivado");
}

```

```

    }
    current = pzem4.current();
    lcd.setCursor(0, 2); // Configura el cursor en la
primera columna y en la tercera fila //
    if(!isnan(current)){
        lcd.print("Corriente: "); lcd.print(current); lcd.println(" A");
    } else {
        lcd.println("Desactivado");
    }
    power = pzem4.power();
    lcd.setCursor(0, 3); // Configura el cursor en la primera columna y en la
cuarta fila //
    if(!isnan(power)){
        lcd.print("Potencia: "); lcd.print(power); lcd.println(" W");
    } else {
        lcd.println("Desactivado");
    }
    delay(5000); // Retraso de cinco segundos // // Finaliza séptimo bloque de
impresión //
    energy = pzem4.energy();
    lcd.clear(); // Elimina todos los simbolos del LCD // // Impresion
en LCD de octavo bloque de datos //
    lcd.setCursor(0, 0); // Configura el cursor en la primera columna y en
la primera fila //
    lcd.println("Canal Electrico 4"); // Imprime el canal medido //
    lcd.setCursor(0, 1); // Configura el cursor en la primera columna y en
la segunda fila //
    if(!isnan(energy)){
        lcd.print("Energia: "); lcd.print(energy,3); lcd.println(" kWh");
    } else {
        lcd.println("Desactivado");
    }

```

```

    }
    frequency = pzem4.frequency();
    lcd.setCursor(0, 2);           // Configura el cursor en la primera columna y en
la tercera fila //
    if(!isnan(frequency)){
        lcd.print("Frecuencia: "); lcd.print(frequency, 1); lcd.println(" Hz");
    } else {
        lcd.println("Desactivado");
    }
    pf = pzem4.pf();
    lcd.setCursor(0, 3);         // Configura el cursor en la primera columna y en
la cuarta fila //
    pf = pzem4.pf();
    if(!isnan(pf)){
        lcd.print("PF: "); lcd.println(pf);
    } else {
        lcd.println("Desactivado");
    }
    delay (5000);
    Serial.println(); //Salto de linea // // Finaliza octavo bloque de impresión //
} while(true);
    }

```

III

ANEXO C

CÓDIGO FUENTE

PARA ESP32

```
#include "thingProperties.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
```

```
SoftwareSerial mySerial(16, 17); // // Crea nueva conexion- Pin16(RX) a TX(18) de Auno
y Pin17(TX) a RX(19) de Auno //
```

```
String caracter_leido;
const uint8_t rele1Pin = 15;
const uint8_t rele2Pin = 2;
const uint8_t rele3Pin = 4;
const uint8_t rele4Pin = 5;
```

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  mySerial.begin(9600);
  pinMode(rele1Pin, OUTPUT);
  digitalWrite(rele1Pin, LOW);
  pinMode(rele2Pin, OUTPUT);
  digitalWrite(rele2Pin, LOW);
  pinMode(rele3Pin, OUTPUT);
  digitalWrite(rele3Pin, LOW);
  pinMode(rele4Pin, OUTPUT);
  digitalWrite(rele4Pin, LOW);
  // Defined in thingProperties.h
  initProperties();
```

```
// Connect to Arduino IoT Cloud
ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
```

```
/*
```

The following function allows you to obtain more information related to the state of network and IoT Cloud connection and errors the higher number the more granular information you'll get.

The default is 0 (only errors).

Maximum is 4

```
*/
```

```
setDebugMessageLevel(2);  
ArduinoCloud.printDebugInfo();  
}
```

```
void loop() {
```

```
    ArduinoCloud.update();  
    // Your code here  
    if (mySerial.available()>0)  
    {  
        caracter_leido = mySerial.readStringUntil('\n');  
        medicion_de_parametros += caracter_leido;  
        delay(500);  
    }  
}
```

```
void onRele1Change() {
```

```
    if (rele1)  
    {  
        digitalWrite(rele1Pin, LOW);  
    }  
    else  
    {  
        digitalWrite(rele1Pin, HIGH);  
    }  
}
```

```
void onRele2Change() {
  if (rele2)
  {
    digitalWrite(rele2Pin, LOW);
  }
  else
  {
    digitalWrite(rele2Pin, HIGH);
  }
}
void onRele3Change() {
  if (rele3)
  {
    digitalWrite(rele3Pin, LOW);
  }
  else
  {
    digitalWrite(rele3Pin, HIGH);
  }
}
void onRele4Change() {
  if (rele4)
  {
    digitalWrite(rele4Pin, LOW);
  }
  else
  {
    digitalWrite(rele4Pin, HIGH);
  }
}
```