

ANTEPROYECTO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS
ORIENTADO A MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA, UTILIZANDO UNA
RED MALLADA WIFI CON MICROCONTROLADORES ESP32

TUTOR ACADÉMICO: José Alonso.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el BR. Marco Alejandro Rodríguez Ferrer
para optar por el título de
Ingeniero Electricista

INTRODUCCIÓN

Los primeros indicios del uso de la energía eléctrica sucedieron en el cuarto final del siglo XIX. La sustitución del gas y aceite por la electricidad además de ser un proceso técnico fue un verdadero cambio social que implicó modificaciones extraordinarias en la vida cotidiana de las personas, cambios que comenzaron por la sustitución del alumbrado público y posteriormente por varias clases de procesos industriales como motores, metalurgia, refrigeración y de último llegaron a las comunicaciones con la radio y la telefonía.

El siguiente cambio de paradigma en el que se vio involucrado la electricidad tuvo lugar a lo largo del siglo XX y surge desde la necesidad de facilitar las tareas realizadas a diario en casa. En ello los investigadores de la época vieron una solución adaptando equipos con energía eléctrica para su uso en el hogar. Las industrias replicaron el crecimiento tecnológico que tuvieron en sus productos, lo que trajo como consecuencia el desarrollo los electrodomésticos. La primera producción de aparatos en masa como refrigeradores, lavadoras, televisores y radios sucedieron en esta época y tuvieron una alta receptividad por parte de los compradores. La invención del transistor solo aceleró el reemplazo de aparatos dada su capacidad de minimizar los equipos.

La integración de la electrónica a la industria fomentó la creación de sistemas automatizados de adquisición de datos, supervisión y control también llamados sistemas *SCADA* por sus siglas en inglés. Estos sistemas manejan áreas críticas de las industrias y son parte de los procesos fundamentales de muchas de ellas por lo que necesitan ser diseñados con robustez, fiabilidad y seguridad. La aparición del Internet y las comunicaciones modernas en estos sistemas permite a los usuarios, de manera inalámbrica incluso, monitorear y actuar sobre el sistema a distancia, sin presencia física en la planta.

Además de poder monitorear y realizar acciones sobre los sistemas, los instrumentos de medida de última tecnología se fabrican de modo que puedan ser compatibles con medios de comunicación inalámbricas lo que posibilita la transmisión de datos adquiridos sin necesidad de cable a la central del sistema *SCADA*. El presente trabajo de grado pretende realizar el diseño de un sistema de adquisición y transmisión de datos integrando microcontroladores ESP32 a medidores de energía eléctrica para formar una red mallada inalámbrica capaz de transmitir los datos recolectados a un punto central.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La energía eléctrica es diferente de otras manifestaciones de la energía, debido a que no se puede almacenar por sí sola como electricidad. Esto obliga a que la energía eléctrica consumida por un equipo u aparato tenga que generarse al momento en el cual se vaya a consumir. Los procesos para la generación de energía tienen costos altos de desarrollo e implementación a gran escala (países o estados) por lo que surtir de energía a las industrias y electrodomésticos tiene un costo que la empresa que genera la energía necesita recuperar. Como consecuencia se suele medir el consumo de cada uno de los usuarios por razones enteramente económicas.

En Venezuela se utiliza el mismo método de adquisición de datos desde que se instaló el sistema eléctrico. Este consiste en un operador que se acerca hasta el lugar donde se encuentra un medidor de energía y registra la lectura que marca el medidor, esto se hace de manera repetitiva para todos los sitios donde se quiera registrar el consumo. En ocasiones los medidores tienen una salida codificada donde comunica el valor del consumo por infrarrojo lo que permite al operador registrar el valor de ese consumo mediante un aparato compatible con este protocolo. Debido a esta problemática surge la necesidad de sustituir este sistema de adquisición de datos manual por uno que no requiera el traslado del operador hasta el sitio, que sea económico, confiable y eficiente.

Los principales equipos de medición de energía poseen en su diseño una salida por pulsos y soportan distintos protocolos de comunicación, lo que representa una ventaja al trabajar con microcontroladores, pues estos son adaptables a la mayoría de los protocolos mediante programación lo que facilita la adquisición de los datos a partir del medidor. Por otra parte trabajar con microcontroladores ofrece la posibilidad de realizar comunicaciones inalámbricas si se adapta un módulo WiFi como periférico. Interconectar estos módulos WiFi para formar una red mallada permitiría la transmisión de los datos captados a una mayor distancia que la lograda por un único módulo y permitiría su salida hacia alguna red externa deseada sin utilizar cables entre los medidores y la central de adquisición de datos, y sin intervención presencial del operador. Ilustradas las debilidades expuestas anteriormente y las ventajas que representaría un sistema de este tipo se evidencia la necesidad de realizar el diseño.

JUSTIFICACIÓN

Una red mallada WiFi utilizando microcontroladores permite adaptar a la red equipos que soportan distintos métodos de extracción de datos; otorga la posibilidad de interconectar dispositivos mediante comunicaciones inalámbricas, que no poseen dicha capacidad originalmente; además su desarrollo permitiría extender las variables a medir y los métodos de adquisición de datos del sistema; y por último, posee bajos costos de instalación al no requerir de cableado entre los elementos de la red.

Establecer la red mallada se requiere de nodos que posean la capacidad de enlazarse entre sí formando redes de comunicación, además los nodos deben ser capaces de enrutar los mensajes donde viaja la información. Para un sistema de adquisición de datos es ideal que cada nodo de la red este conformado por un microcontrolador con un módulo WiFi integrado, esto permitiría que cada uno de los nodos extrajera los datos según el método que se requiera en cada fuente de datos y al formar parte de la red mallada se facilitaría la adquisición de datos para un sistema central. El ESP32 es una opción viable para esta aplicación debido a su módulo WiFi integrado y las librerías desarrolladas en comunicación vía WiFi, utilizar dicha tarjeta representa una ventaja económica y reduce los tiempos de desarrollo respecto a otros microcontroladores.

ANTECEDENTES

El concepto de una red mallada no es algo nuevo, consiste en una serie de dispositivos conectados todos entre sí con la capacidad de comunicarse y enviar datos a un lugar de destino. Las soluciones ya existentes que se tomarán como referencia han logrado: utilizar redes malladas de sensores que permiten una recolección y transmisión de datos fuera de la red. Además se ha logrado comunicar de manera inalámbrica a dispositivos que originalmente no poseen esa facultad, equipando estos aparatos con módulos WiFi y un microcontrolador para el manejo del envío y recepción. Los trabajos mencionados se presentan a continuación:

El trabajo de los ingenieros Ruiz-Ayala et al. (2018) en el artículo "Monitoreo de variables meteorológicas a través de un sistema inalámbrico de adquisición de datos" publicado en la Revista de investigación, desarrollo e innovación de Colombia. En este artículo se presenta el desarrollo de un sistema de monitoreo inalámbrico de variables climáticas. El diseño se realizó a partir de microcontroladores de Microchip, los cuales realizan la adquisición, almacenamiento y transmisión de las señales digitales. Se utilizó cinco canales para conexión con sensores, una memoria micro SD para el almacenamiento y un módulo WiFi para la supervisión inalámbrica de las variables. La información fue almacenada en una página web donde es posible consultar los datos, además se diseñó una aplicación de Android para visualización desde dispositivos móviles. El rendimiento en comparación con una estación meteorológica comercial fue satisfactorio. Se concluye que los microcontroladores son dispositivos adecuados para implementar sistemas de adquisición de datos que al ser combinados con aplicativos desarrollados, brindan soluciones competitivas a un costo razonable.

En cuanto al desarrollo realizado por el ingeniero Dávila Frias (2006) "Diseño y construcción de un prototipo para medición y transmisión inalámbrica del consumo de energía eléctrica de un sistema monofásico bifilar" se abordó el diseño y la construcción de un dispositivo medidor (esclavo) y un dispositivo maestro. El dispositivo esclavo almacena distintas variables además de pares de energía-tiempo ordenados para generar información sobre la demanda. El esclavo es capaz de establecer comunicación bidireccional y responder a comandos para extracción de datos o configuración de parte del maestro. En caso de falla del suministro, el valor contador de energía se guarda en una memoria no volátil para su posterior recuperación. El hardware de medición de energía utiliza un chip ADE7753 de Analog Devices, en la comunicación inalámbrica se utiliza una radio de 433 MHz ATR-XTR-903 de ABACOM. El procesamiento queda a cargo de un PIC16F877A. El dispositivo maestro conectado al puerto serial del PC permite configurar al esclavo, visualizar y almacenar los datos de manera remota mediante una aplicación en el computador. La circuitería es idéntica a la del esclavo. Las pruebas de

comunicación fueron satisfactorias permitiendo confirmar el funcionamiento de todas las características, con la limitación de 1 a 65535 esclavos, además se reservaron espacios de la trama para futuras ampliaciones.

Quiñones Cuenca et al. (2018) en su trabajo "Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas" se pensó en un sistema para la recolección de datos meteorológicos usando una red de sensores inalámbricos (RSI), capaz de transmitir datos en tiempo real. El sistema logró automatizar procesos de obtención de datos de manera continua y a largo plazo, por medio de un módulo de abastecimiento de energía solar que permite autonomía para su funcionamiento. Se propuso la utilización de dos sistemas: DigiMesh y WiFi. El procesamiento se realizó en un Arduino Uno, para la comunicación se utilizó un XBee PRO 900HP (DigiMesh) y un módulo Electric Imp.01 (WiFi). Adicionalmente se evaluó la transmisión de los datos hacia plataformas de Internet de las cosas (IoT), en donde se gestionará y visualizará los datos obtenidos por los nodos. Este sistema fue pensado como alternativa de bajo costo para sistemas meteorológicos y está basado en componentes de hardware y software libre. Al realizarse la validación de los datos obtenidos mediante un análisis estadístico con los datos registrados por una estación meteorológica se obtuvo un error relativo promedio máximo de 4,93 %.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de adquisición y transmisión de datos orientado a medidores de energía eléctrica, utilizando una red mallada WiFi con microcontroladores ESP32.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Documentar los principales métodos de extracción de datos soportados por un medidor de energía, en particular, el protocolo Modbus por RS485 y la salida por pulsos.
2. Diseñar el módulo de programa para los nodos que componen la red mallada, conformados por microcontroladores ESP32
3. Adaptar un nodo para ser compatible con la salida por pulsos de un medidor de energía y almacenar el valor de la medida para su adquisición mediante la red.
4. Adaptar un nodo para adquirir datos desde un medidor de energía que soporte protocolo Modbus RTU vía RS485.
5. Validar el funcionamiento del sistema.

MARCO METODOLÓGICO

Con la finalidad de realizar efectivamente cada objetivo del proyecto, se llevarán las siguientes metodologías:

1. Documentación de los principales métodos de extracción de datos soportados por un medidor de energía, enfocándose en el protocolo Modbus por RS485 y la salida por pulsos
 - a) Investigación documental acerca de los principales métodos de extracción soportados por medidores.
 - b) Comparación de los métodos para extracción de datos desde un medidor según las ventajas que ofrecen al ser realizado desde un microcontrolador
 - c) Selección del método de extracción de datos a ser utilizado en el sistema.
2. Diseño del módulo del programa para los nodos que componen la red mallada, conformados por microcontroladores ESP32.
 - a) Programación de la conectividad entre los nodos de la red
 - b) Programación del Envío y recepción de mensajes internos en la red.
 - c) Programación de la transmisión de los datos hacia el exterior.
3. Adaptación del nodo para su compatibilidad con la salida por pulsos de un medidor de energía y almacenar el valor de la medida para su adquisición mediante la red.
 - a) Extracción de datos mediante detección de pulsos y almacenamiento en memoria volátil
 - b) Almacenamiento de los datos en la memoria no volátil en caso de fallos en la alimentación.
 - c) Compatibilidad como nodo de la red, para transmitir los datos captados.
4. Adaptación de un nodo para la adquisición de datos desde un medidor de energía que soporte protocolo Modbus RTU vía RS485.
 - a) Programación para el manejo del hardware externo al ESP32, capaz de recibir y transmitir datos por el bus RS485.
 - b) Compatibilidad como nodo de la red, para transmitir los datos captados.
5. Realización de pruebas para comprobar el funcionamiento del sistema.

- a)* Pruebas para comprobar el funcionamiento de la red mallada, reorganización y enrutamiento de la red en caso de la pérdida de comunicación entre nodos.
- b)* Pruebas para comprobar la comunicación hacia el interior y exterior de la red mallada, así como la transmisión de los datos extraídos.

ALCANCE Y LIMITACIONES

El sistema de adquisición y transmisión de datos implementado es solo un prototipo, en el que se tendrán las siguientes limitantes:

- La red se compondrá de al menos cinco nodos interconectados entre sí mediante el módulo WiFi propio del ESP32.
- Habrá al menos un medidor con extracción de datos por salida de pulsos con carga y conectado a los nodos
- Al menos un nodo de la red es capaz de conectarse al exterior y transmitir los datos.
- Habrá al menos un medidor con extracción de datos por RS485 conectado a los nodos, este medidor puede no tener carga.
- Se contará con al menos un nodo como repetidor en la red.
- Los datos transmitidos serán mostrados en un software o terminal de computadora.

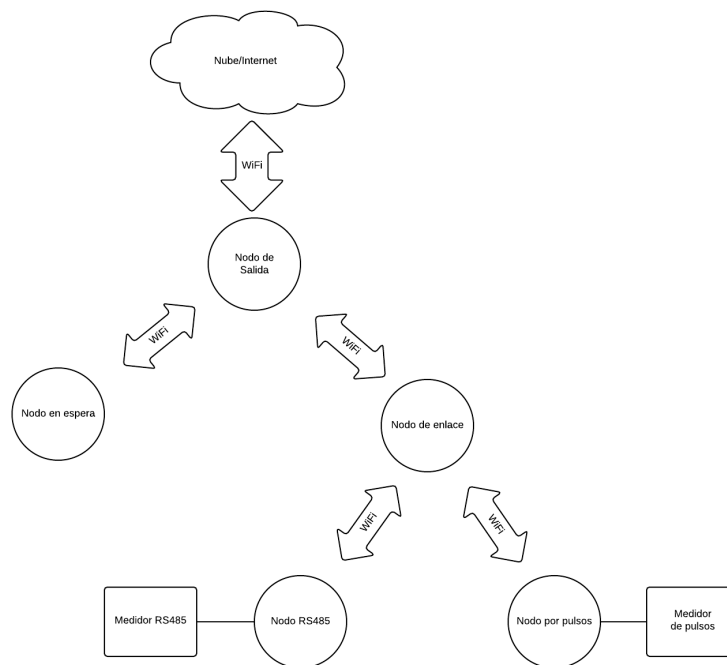


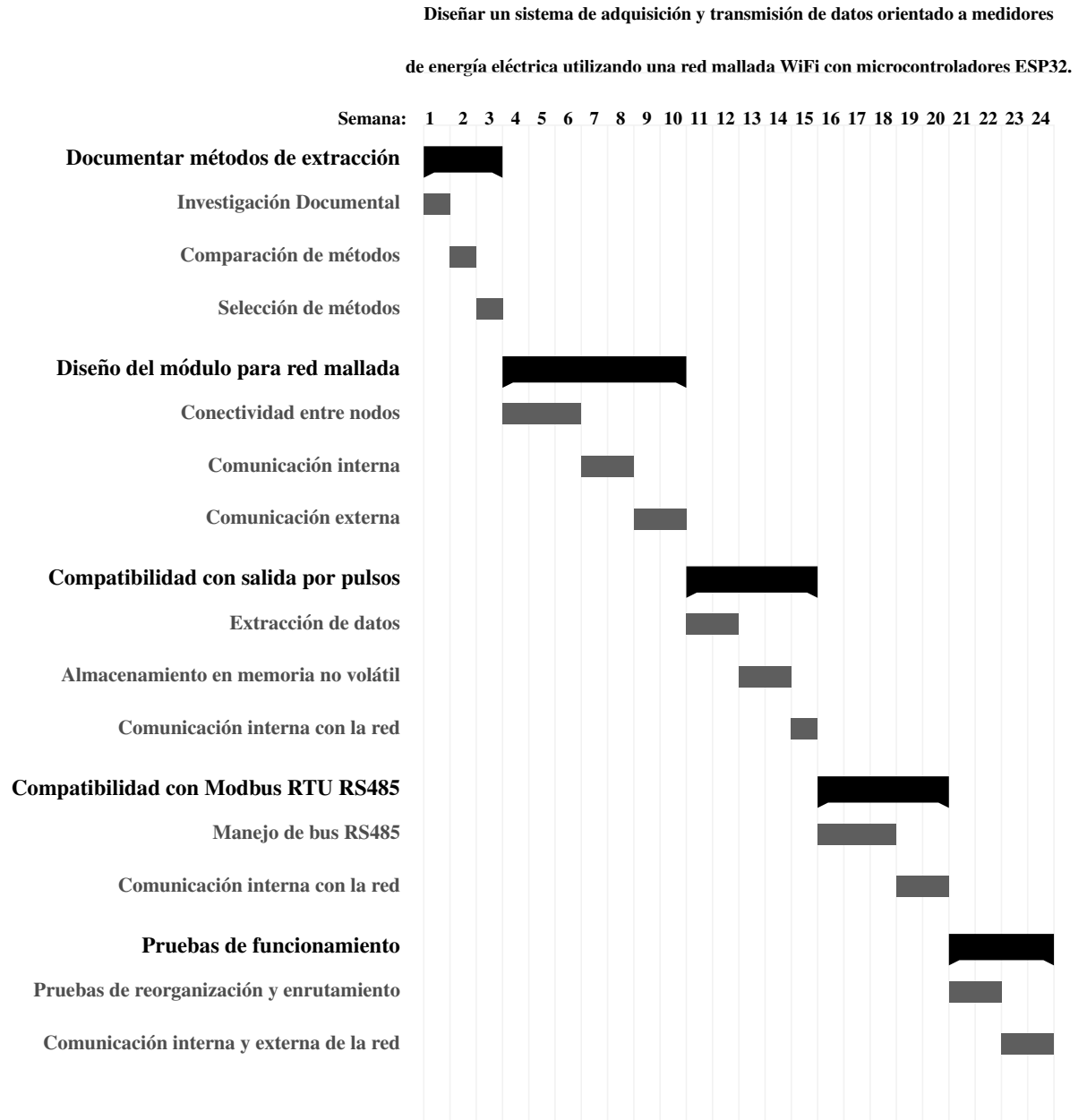
Figura 1: Representación gráfica de la red descrita en el alcance.

RECURSOS Y FACTIBILIDAD

Para el desarrollo e implementación del sistema se requiere de microcontroladores ESP32, medidores de consumo eléctrico y un computador para la instalación del IDE necesario para el desarrollo de aplicaciones en el microcontrolador.

Tanto los microcontroladores ESP32 como los medidores de consumo de energía de tipo salida por pulsos o por RS485 serán suministrados por el tutor, ya se encuentran disponibles . El IDE (Interfaz de desarrollo) necesario para programar el ESP32 se encuentra en Github y tiene una documentación minuciosa escrita por los desarrolladores, además funciona en casi cualquier computador ya que no requiere de gran capacidad de cómputo.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



Referencias

- Dávila Frias, A. V. (2006). Diseño y construcción de un prototipo para medición y transmisión inalámbrica del consumo de energía eléctrica de un sistema monofásico bifilar. Trabajo de Grado, <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5119>, EPN, Quito.
- Quiñones Cuenca, M., González Jaramillo, V., Torres, R., and Jumbo, M. (2018). Sistema de monitoreo de variables medioambientales usando una red de sensores inalámbricos y plataformas de internet de las cosas. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422017000100329&nrm=iso, 8:329 – 343.
- Ruiz-Ayala, D. C., Vides-Herrera, C. A., and Pardo-García, A. (2018). Monitoreo de variables meteorológicas a través de un sistema inalámbrico de adquisición de datos. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-83062018000100333&nrm=iso, 8:333 – 341.