

Adquisición de datos del consumo energético del Edificio Madre de la Sabiduría de la Universidad Católica de Oriente

Julián David Arbeláez Gallo¹

Diego León Suaza Grajales²

Resumen

Este artículo presenta el desarrollo de un sistema de lectura de variables eléctricas, las cuales son adquiridas en una subestación con el medidor de energía trifásico DME 310 y transmitidas, usando el protocolo de comunicación industrial Modbus RTU, a un sistema embebido basado en el microcontrolador PIC18F2550. La información es retransmitida vía WiFi, usando el módulo ESP8622, hacia un servidor en la nube utilizando el protocolo TCP, bajo el modelo cliente-servidor. El servidor toma el control de los datos a través del framework Django, quien administra la información almacenada previamente en una base de datos PostgreSQL, la cual puede ser consultada por los usuarios a través de una interface, que muestra los datos en tiempo real y los grafica, lo que permite analizar la información con el fin de tomar decisiones que permitan mejorar la eficiencia en el consumo eléctrico en la Universidad Católica de Oriente.

Palabras clave: Consumo energético, medidor de energía DME 310, Django, PostgreSQL, PIC18F2550.

Abstract

This article presents the development of an electrical variable reading system, which is acquired in a substation with the DME 310 three-phase energy meter and transmitted, using the Modbus RTU industrial communication protocol, to an embedded system based on the

¹ Estudiante de Ingeniería Electrónica, Rionegro, Antioquia, Colombia, juda1235@hotmail.com

² Estudiante de Ingeniería Electrónica, Rionegro, Antioquia, Colombia, diegos85137@gmail.com

PIC18F2550 microcontroller . The information is transmitted via WiFi, using the ESP8622 module, to a server in the cloud using the TCP protocol under the client-server model. The server takes control of the data through the Django framework, which manages the information previously stored in a PostgreSQL database, which can be consulted by users through an interface, that shows the data in real time and graphs it, which allows analyzing the information in order to make decisions that allow to improve the efficiency in the electrical consumption in the Universidad Católica de Oriente.

Keywords: Energy consumption, energy meter DME 310, Django, PostgreSQL, PIC18F2550.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, son grandes las cantidades de energía eléctrica que se requieren para el desarrollo de la vida cotidiana, solo hasta agosto del año 2019 se han consumido 2.621.785 KWh en el planeta tierra (U.S. Energy Information Administration, 2019), en actividades como la industria, la agricultura, el comercio, las telecomunicaciones, el uso residencial, entre otros.

La energía eléctrica es uno de los recursos más preciados para el hombre, es por esta razón que siempre se está buscando la manera de tener su máximo aprovechamiento; el primer paso para lograr esto, es tener siempre la información precisa del consumo diario en el sector que se requiera, lo que permite generar estrategias para mejorar el uso y aprovechamiento de la energía eléctrica. Es por esto, que con el paso del tiempo se han venido desarrollando sistemas que permiten a los usuarios inspeccionar y verificar vía Internet su consumo energético y el comportamiento de éste en tiempo real (Nakandakari & Rivero, 2013).

Varios estudios y trabajos se han enfocado en desarrollar sistemas que permiten la visualización de las variables eléctricas y los factores que intervienen en el consumo energético, como lo es un contador eléctrico monofásico con comunicación ethernet para hacer mediciones de la energía activa consumida por el usuario, incluyendo otras variables de importancia como la energía reactiva, energía aparente, tensión de red, corriente y factor de potencia (Nakandakari & Rivero, 2013). Además, se han diseñado sistemas móviles para la lectura de medidores, haciendo uso de la tecnología Bluetooth, lo que permita obtener lecturas más exactas (Saravia Valle, Ruiz Rivera, & Calmet Agnelli, 2013). En el mismo sentido, en El Salvador fue desarrollado un medidor inalámbrico de consumo de energía eléctrica de bajo costo, en comparación con medidores comerciales (Zaldaña, 2011).

Debido a lo anteriormente expuesto, se crea la necesidad de mantener un monitoreo del consumo energético del Edificio Madre de la Sabiduría de la Universidad Católica de Oriente, ubicada en Rionegro (Antioquia), por medio de un sistema embebido, midiendo desde una subestación y que entrega el cálculo no solo de la energía activa consumida por el usuario al mes, sino también otras magnitudes adicionales, tales como: energía reactiva, energía aparente, tensión de red, corriente y factor de potencia; y que además, envíe los datos a un servidor esperando que el usuario final solicite la información.

Se utiliza un medidor de energía trifásico DME 310 para obtener los datos de interés en la subestación y usando el protocolo de comunicación Modbus RTU (Modbus, 2019), que es un estándar abierto, ampliamente utilizado en la actualidad y basado en la arquitectura maestro/esclavo (Logicbus, 1979), se envía la información hacia una tarjeta de desarrollo diseñada a partir del microcontrolador PIC18F2550.

Los datos alojados en la tarjeta de desarrollo son enviados posteriormente, vía WiFi mediante el módulo ESP8266, hacia un servidor web en donde se trata y se guarda la información en una base de datos, para luego ser mostrada en una interfaz final con el fin de que el usuario interactúe con ella por medio de gráficos. Toda la información adquirida, permitirá entender los patrones de utilización de la energía eléctrica por parte de los usuarios (estudiantes, docentes, administrativos y visitantes), lo que ayudará a los directivos de la UCO a tomar decisiones para un uso más eficiente del recurso.

Los objetivos del proyecto son diseñar un sistema que permita recibir, mediante un protocolo de comunicación, las variables eléctricas que captura un medidor de energía; además, desarrollar una plataforma de almacenamiento y transmisión hacia la nube de los registros

históricos de la subestación; por último, implementar un software de monitoreo para la visualización y supervisión de las variables que intervienen en el consumo eléctrico.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el proyecto y lograr los objetivos propuestos, se presentan a continuación los procedimientos generales que se siguieron. En la figura 1 se muestra la arquitectura completa del sistema de adquisición de datos para la subestación que alimenta el Edificio Madre de la Sabiduría de la Universidad Católica de Oriente (UCO).

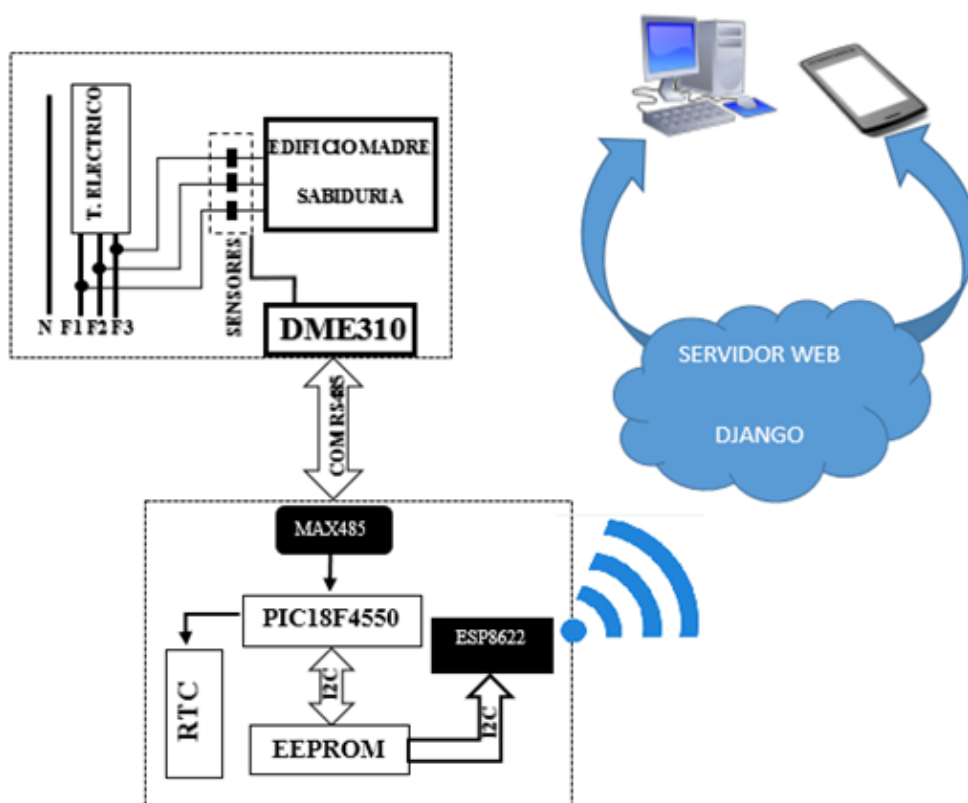


Figura 1. Arquitectura del sistema. Fuente: elaboración propia.

El módulo DME310 ha sido diseñado para combinar al máximo posible la facilidad de operación, instalación y funcionamiento, junto con una gama de funciones avanzadas (Lovato Electric S.P.A, 2010). Los sensores de corriente seleccionados son en forma de abrazaderas no invasivas, los cuales se conectan a las tres acometidas del transformador trifásico.

Para la comunicación con el módulo DME310, se eligió la comunicación multipunto half-duplex, por cable trenzado, bajo el estándar RS-485; entre los datos que lee el módulo se encuentran: frecuencia, factor de potencia, tensiones de fase, corrientes de fase, energía total importada activa, energía aparente, entre otros (Lovato Electric S.P.A, 2010). El módulo envía las tramas a la tarjeta de adquisición, la cual está basada en el microcontrolador PIC18F2550 de 8 bits de gama alta, la cual fue diseñada para enviar peticiones al medidor mediante el protocolo Modbus RTU y que funciona como maestro, haciendo peticiones al esclavo cada que se requiera información (cada 40 s). Cuando el medidor responde, la tarjeta recibe la trama, donde es desfragmentada, extrae los datos, los concatena y los envía a una memoria EEPROM 24LC256, donde se guardan parcialmente en una posición de memoria establecida para cada variable eléctrica. En la figura 2 se puede ver el diagrama de flujo de esta rutina en el programa.

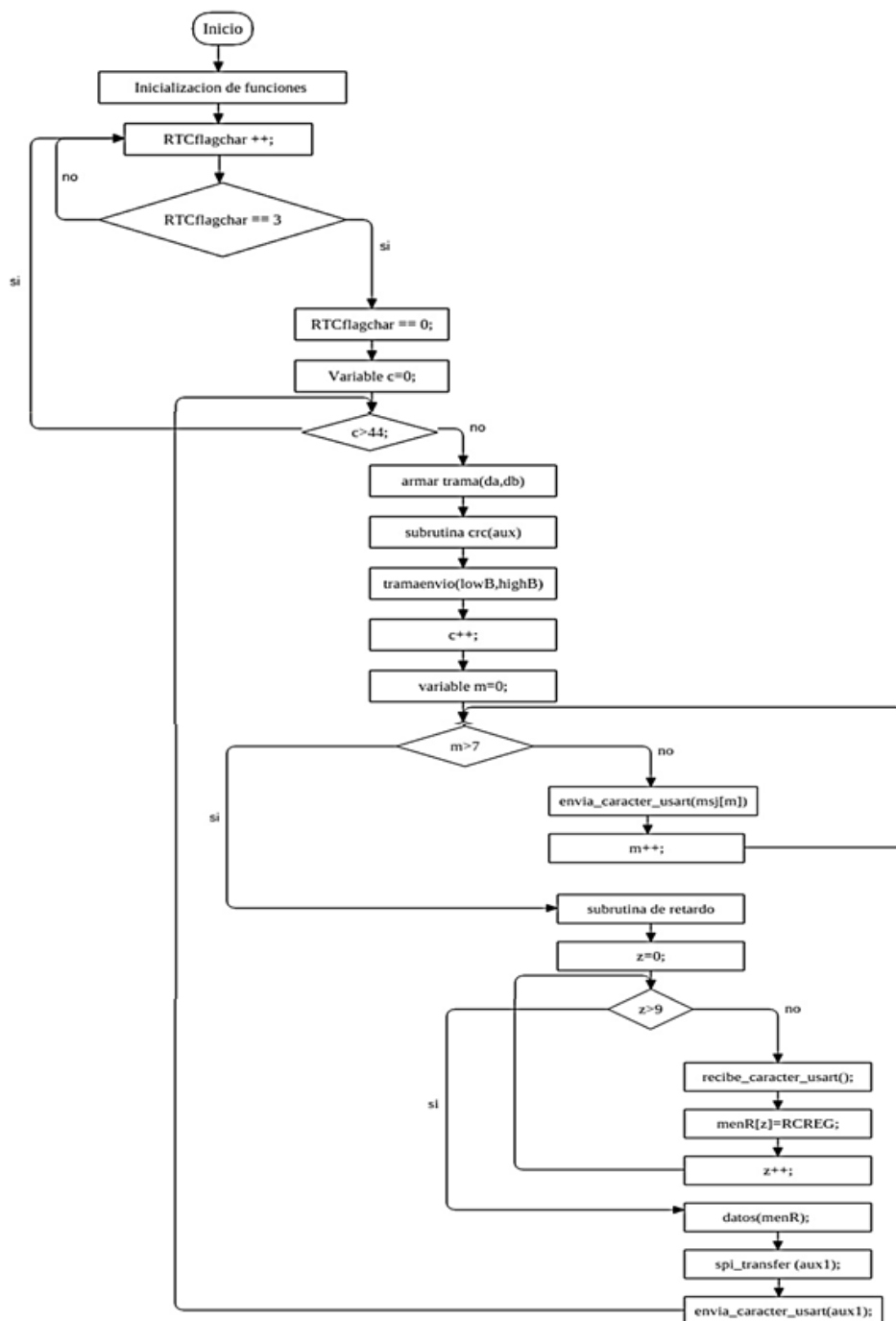


Figura 2. Diagrama de flujo de la petición de datos al medidor de energía. Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, a través del módulo ESP8266 (Espressif, 2019), el cual fue programado en LUA (LUA, 2008) y MicroPython (Micropython, 2014), se transmiten los datos alojados en la

memoria hacia el servidor, vía WiFi, haciendo uso del método POST (Esploradores, 2018). El ESP8266 realiza el proceso de recolección de datos, a través del protocolo I2C, ejecutándose como maestro de la memoria EEPROM 24LC256, usando un script escrito en MicroPython (Python, 2001), el cual guarda los datos en forma de vector para luego ser enviados al servidor sobre el protocolo TCP/IP (IBM Knowledge Center , 2019). En la figura 3 se puede observar la conexión entre el módulo ESP8266 y la tarjeta de adquisición, y en la figura 4 se muestra el diagrama de flujo del script que se ejecuta para este fin en el microcontrolador.

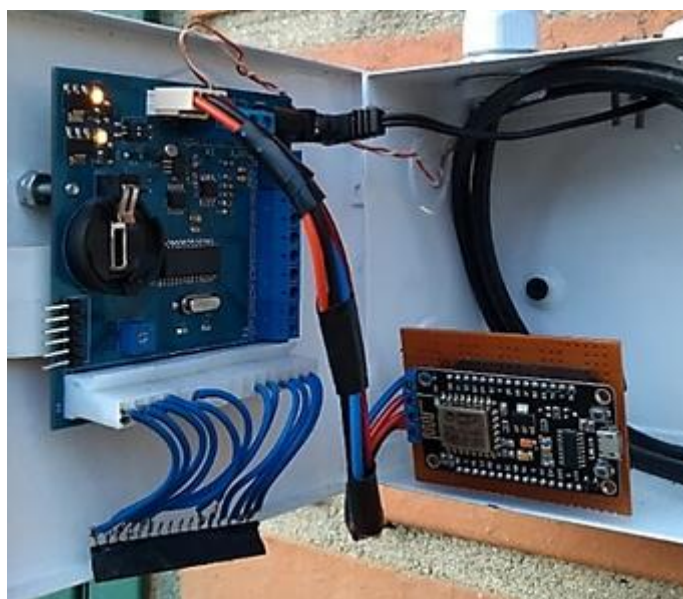


Figura 3. Tarjeta de desarrollo conectada al módulo ESP8266. Fuente: elaboración propia.



Figura 4. Diagrama de flujo del módulo ESP8266. Fuente: elaboración propia.

El servidor web utilizado en el proyecto es una plataforma de Google Cloud, que ofrece un servicio gratuito a los usuarios de Google por un año; en él se implementó una máquina virtual de Ubuntu, un sistema operativo de código abierto (Ubuntu-mx, 2004) que admite la instalación y ejecución de los programas y scripts necesarios para los propósitos deseados. En el servidor se configuran los puertos necesarios para establecer la comunicación con la base de datos, la dirección IP del servidor y el puerto de comunicación con el script del socket.

Se usó el framework de desarrollo Django por su versatilidad y por ser un framework de aplicaciones web gratuito y de código abierto, que entrelaza los scripts de Python a la base de datos y la interfaz gráfica de desarrollo web.

La base de datos se creó en PostgreSQL por su compatibilidad con Django y Grafana, que es un software libre basado en licencia Apache, que permite crear cuadros de mando y gráficos a

partir de múltiples fuentes de información. La base de datos es la encargada de almacenar la información y asignarle la fecha y hora en la que ha sido generada, para que luego sea empleada para la visualización en la interfaz del usuario. Los datos son ingresados mediante un script de Python en el servidor, que aborda los datos enviados por el ESP8266, otorgando su respectivo nombre según la variable establecida por la posición del vector en la memoria EEPROM 24LC256.

Django, en su entorno, empalma los scripts necesarios para la visualización por parte del usuario, donde se recolecta la información de la base de datos mediante los query, para ser tratados con HTML, CCS, JAVA SCRIPT y Grafana. La interfaz de usuario está diseñada de tal forma que el usuario comprenda fácilmente la información suministrada, con un despliegue de opciones que precisan la divulgación de los datos.

La implementación del sistema inició con la instalación en la subestación del medidor DME310, el cual se comunica con la tarjeta de adquisición usando el estándar RS-485. Posteriormente, se crea una red privada virtual (VPN), usando un router conectado a un punto de red, para lograr la comunicación de la tarjeta, a través del módulo ESP8266, con el servidor web.

RESULTADOS

En las figuras 5, 6, 7 y 8 se muestran los datos que son enviados y representados por el software Grafana, los cuales son visualizados mediante indicadores y gráficas, para así permitir una mayor comprensión de estos; además, los datos se pueden exportar de un día en particular. Las variables que se pueden monitorear son: potencia aparente, potencia activa, energía exportada, frecuencia, factor de potencia, corrientes y voltajes de las 3 líneas.



Figura 5. Visualización de potencias, factor de potencia y frecuencia. Fuente: elaboración propia.

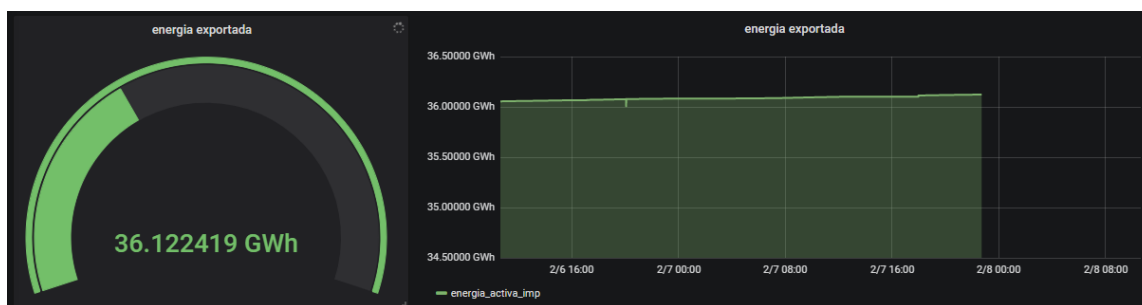


Figura 6. Visualización de energía exportada. Fuente: elaboración propia.



Figura 7. Visualización de corrientes. Fuente: elaboración propia.

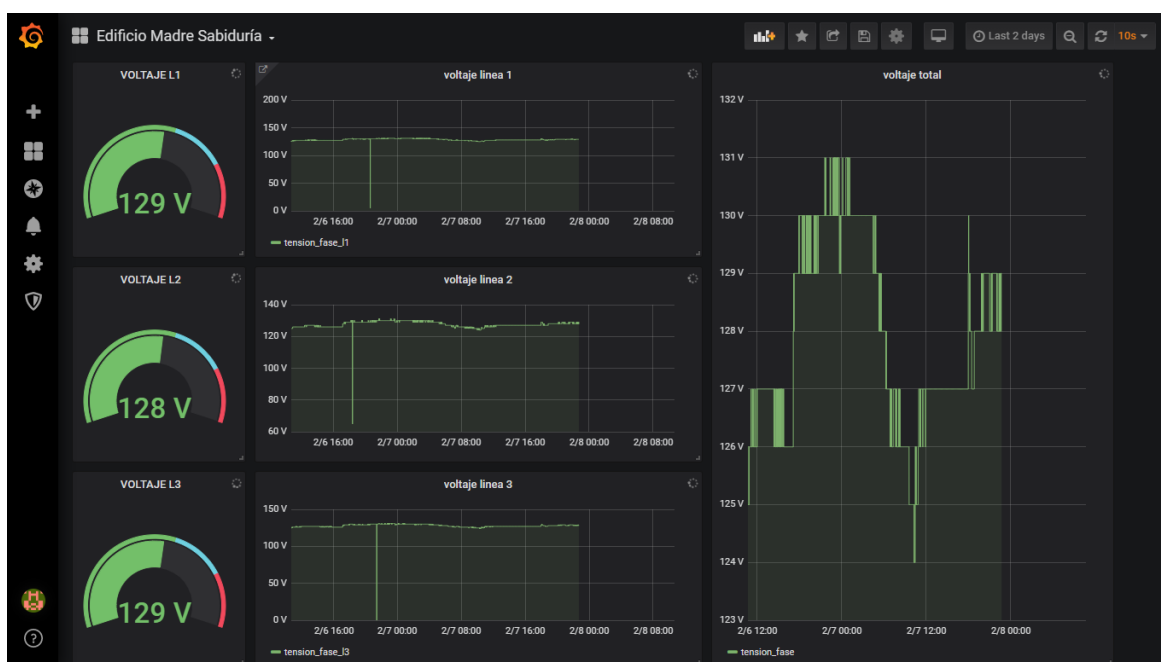


Figura 8. Visualización de voltajes. Fuente: elaboración propia.

Después de ver los resultados de la semana del 21 al 27 de octubre de 2019 y compararlos con historiales del servidor, al cual son enviados los datos, se evidencia una tendencia a tener picos máximos de consumo similares durante toda la semana, con valores entre 1800W a 1900W de consumo, entre las 10:00 a.m. a 11:00 a.m. y de 6:00 p.m. a 7:00 p.m., y mínimos de 210W a 218W

entre las 11:00 p.m. a 4:00 a.m. Los dos días que presentan un comportamiento distinto son los sábados y domingos, los cuales tienen muy poco flujo de estudiantes y personal en la universidad, teniendo los días sábados un pico máximo de 1000W, aproximadamente a las 11:00 a.m. y luego desciende hasta llegar a un mínimo de 210W, y los domingos se muestra un consumo lineal que está entre 210W a 250W. Lo anteriormente descrito, puede verse en la figura 9.

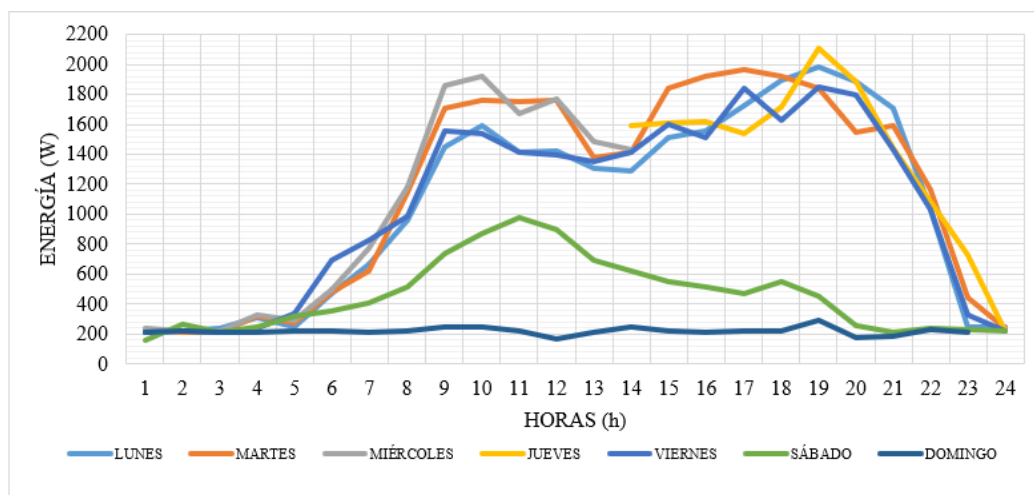


Figura 9. Consumo de energía del 21 al 27 de octubre de 2019. Fuente: elaboración propia.

En la figura 10 se ven los consumos de la semana del 18 al 23 de noviembre, en donde se corrobora que los consumos de la semana de octubre son coherentes.

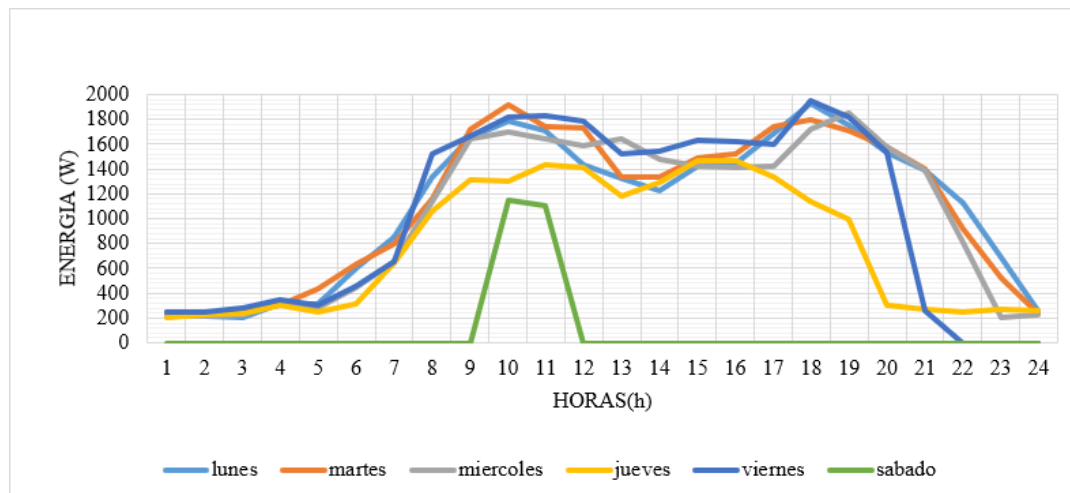


Figura 10. Consumo de energía del 18 al 23 de octubre de 2019. Fuente: elaboración propia.

Se compararon los lunes 21 de octubre y 18 de noviembre para obtener un porcentaje de diferencia entre un día y otro. A partir de la figura 11, se puede calcular que en promedio el porcentaje de diferencia comparando cada hora del día es del 10%, que es un porcentaje bajo, teniendo en cuenta que hay cargas, como el motor del elevador, y no se puede controlar las veces que éste es usado.

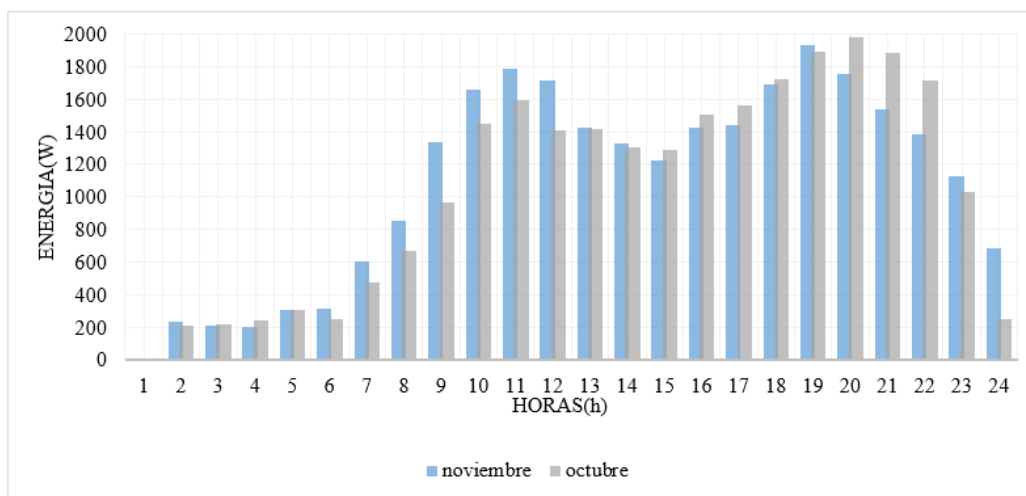


Figura 11. Consumo lunes 21 de octubre y 18 de noviembre. Fuente: elaboración propia.

El consumo de un día festivo es diferente al promedio de un día entre semana, por no haber actividades en la universidad; en la figura 12 se puede ver un pico máximo de 576W de consumo y un mínimo de 209W.

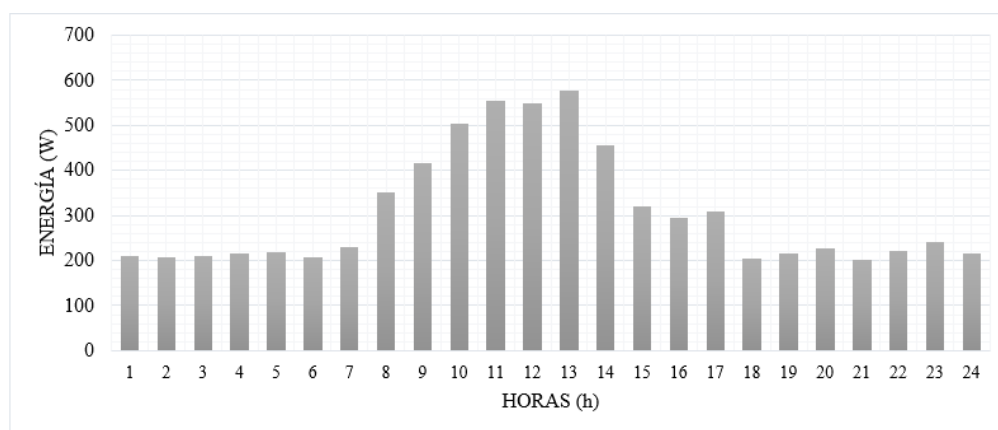


Figura 12. Consumo de energía lunes 14 de octubre (festivo). Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Con la electrónica, los medidores de energía tienen la capacidad de medir diferentes variables eléctricas, almacenar datos y suministrar una información más precisa y accesible con implementaciones más inteligentes, que brindan la posibilidad de programar sus consumos, ser intercomunicados inalámbricamente y hacer más práctica su lectura.

La toma de datos del consumo de energía en tiempo real, permite tomar acciones a tiempo, además de crear programas para la reducción de éste, evaluar y sacar resultados rápidamente, si las acciones que se toman para la reducción están teniendo efectos positivos.

Todo el proyecto se realizó con un sistema abierto y gratuito, lo que permite hacer cambios de comunicación, plataforma de visualización o petición de datos, si lo requiere la universidad o el usuario final, todo esto sin mayores cambios estructurales.

REFERENCIAS

- Esploradores*. (2018). Obtenido de <https://www.esploradores.com/practica-15-comunicaciones-get-y-post/>
- Espressif*. (2019). Obtenido de <https://www.espressif.com/en/support/download/documents>
- IBM Knowledge Center* . (2019). Obtenido de https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/ssw_aix_72/network/tcpip_protocols.html
- Logicbus*. (1979). Obtenido de <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/>
- Lovato Electric S.P.A. (2010). *Lovato Electric S.P.A.* Obtenido de Lovato Electric S.P.A: <https://www.lovatoelectric.com/default.aspx?lovatoglobal=1>
- LUA. (2008). *Manual de referencia de LUA*. Obtenido de <https://www.lua.org/manual/5.1/es/manual.html>
- Micropython*. (2014). Obtenido de <https://micropython.org/>
- Modbus*. (2019). Obtenido de Modbus: <http://www.modbus.org/>
- Nakandakari, J., & Rivero, R. (2013). Diseño de un contador electrónico de energía monofásico con comunicación ethernet. *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V*, 65-72.
- Python*. (2001). Obtenido de <https://www.python.org/>
- Saravia Valle, E., Ruiz Rivera, M. E., & Calmet Agnelli, R. (2013). Diseño de un sistema móvil para la lectura de medidores mediante tecnología Bluetooth. *Revista de la facultad de ingeniería industrial*, 134-143.

U.S. Energy Information Administration. (2019). Obtenido de

<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/>

Ubuntu-mx. (8 de 07 de 2004). Obtenido de Ubuntumx: <http://www.ubuntumx.org/>

Zaldaña, J. (2011). *Medidor inalámbrico de consumo de energía eléctrica de bajo costo.* El Salvador.