

Mejoras al Proyecto de Seguimiento y Control de Consumo Eléctrico para Artefactos del Hogar

Mg. Ing. Gastón Peretti¹
gastonperetti@gmail.com

Ing. Emanuel Bernardi¹
bernardiemmanuel@gmail.com

Ing. Leonardo Depetris¹
leodepetris@gmail.com

Ing. Hugo Pipino¹
hugopipino@gmail.com

Mayco Cervetto¹
maycocervetto@gmail.com

¹Grupo de Investigación y Desarrollo Electrónico -
Departamento de Ingeniería Electrónica
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San
Francisco.

Resumen —

Este proyecto surge de las conclusiones y propuestas de mejoras del proyecto Seguimiento y Control de Consumo Eléctrico para Artefactos del Hogar, Presentado en el VI Congreso de Microelectrónica Aplicada (uEA 2015) desarrollado en la Universidad Nacional de la Matanza, centrado en la conformación de un sistema de monitoreo y control de consumo energético de hogares.

Se mantiene el concepto del desarrollo de una red descentralizada de nodos. Debido a ciertas fallas en la transmisión, la tecnología Bluetooth fue reemplazada por una comunicación ZigBee que otorga mayor alcance y efectividad de la red. Dado que la electrónica de consumo masivo no cuenta con conectividad ZigBee, para no perder la capacidad de manejar el dispositivo remotamente se ha desarrollado un equipo de adquisición de datos, capaz de publicar la información mediante un servidor web embebido. Por otra parte, dado que el tamaño era uno de los problemas principales del prototipo anterior, su reducción se logró gracias al perfeccionamiento del módulo de alimentación del equipo, al rediseño de los circuitos y al desarrollo de un gabinete compacto.

Palabras clave: *energía eléctrica, ZigBee, redes inalámbricas, Adquisición de datos, páginas web.*

I. INTRODUCCIÓN

Tal como se menciona en el proyecto anterior, el interés radica en que el ahorro de energía eléctrica es un elemento fundamental para el aprovechamiento de los recursos; ahorrar equivale a disminuir el consumo de combustibles en la generación de electricidad, evitando también la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera [1].

Para la realización del proyecto se propone considerar el concepto denominado “Internet de las cosas”, cuyo basamento consiste en el acceso a través de la red global a todos los elementos y productos utilizados en la vida cotidiana. Desde

este punto de vista, otro aporte consiste en proponer los aspectos técnicos necesarios para garantizar el acceso a internet de la red domótica y de cada nodo en particular.

Podemos considerar que en la arquitectura de una red de dispositivos para aplicaciones de automatización de entornos residenciales, se distinguen tres capas:

1. Capa de dispositivos hardware: en esta capa se encuentran los sensores que permiten recoger información y los actuadores que permiten interactuar con el entorno.
2. Capa correspondiente a la plataforma software de base o firmware. Esta capa a su vez se divide en:
 - Interfaces de acceso a los dispositivos: integra la información proveniente de los sensores proveyendo de una interfaz única a los servicios.
 - Módulos de servicios: integra módulos con funcionalidades desarrolladas por cada una de las empresas en sus áreas de conocimiento.
 - Capa de coordinación y composición de servicios: es la que permite que se desarrollen servicios autónomos coordinando los diferentes módulos anteriores.
 - Programación: la plataforma es accesible mediante una API de alto nivel que facilita la interacción y programación de la misma.
3. Capa de entorno de aplicación: en esta capa se encuentran todos los posibles escenarios de aplicación.

El trabajo expuesto se centrará en las capas 1 y 2 de este modelo. Los objetivos del desarrollo están basados en los siguientes puntos:

- ✓ Mantener un costo reducido.
- ✓ Integrar las funcionalidades de medición de corrientes, tensiones y potencia al nuevo prototipo.

- ✓ Obtener un hardware reducido y de mínima ocupación de espacio físico.
- ✓ Utilizar un protocolo de comunicación simple, sin fallas en la transmisión y de baja ocupación de ancho de banda.
- ✓ Desarrollar aplicaciones de supervisión y control del consumo energético para mayor eficiencia.

II. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Dado que la etapa de medición resultó exitosa desde el proyecto previo [2], se mantiene el uso del circuito integrado MCP39F501 [3], capaz de medir tensión, corriente, frecuencia y calcular potencias activa, reactiva y aparente. En cuanto al microcontrolador, se continúa con la utilización del PIC 18F25K22 [4] debido a que los requisitos se mantienen respecto de la versión previa, reemplazando el módulo Bluetooth por un módulo ZigBee, pero manteniendo la comunicación vía serie (las diferencias sustanciales se dan a nivel de software). Se continúa utilizando un sencillo control ON/OFF para dejar sin energía a la carga (llave electrónica), en función de los datos de la red o de la central de procesamiento (permitiendo inhabilitar su uso por detección de un consumo de corriente fuera de lo normal o bien por decisión de un usuario remoto). El diagrama en bloques de conexionado del circuito es como el ilustrado en la Fig. 1.

Optimización de tamaño

Físicamente, el prototipo anterior contaba con un circuito de medición en un PCB y otro encargado de realizar el control y la comunicación (separado físicamente al anterior). A su vez, debido al consumo del módulo Bluetooth, fue necesario el uso de un transformador de alimentación. Esto resulta incómodo de utilizarse en la práctica, debido al costo y al tamaño total del prototipo; a su vez, al tener dos PCB por separado y un transformador dentro de un mismo gabinete el dispositivo resulta frágil.

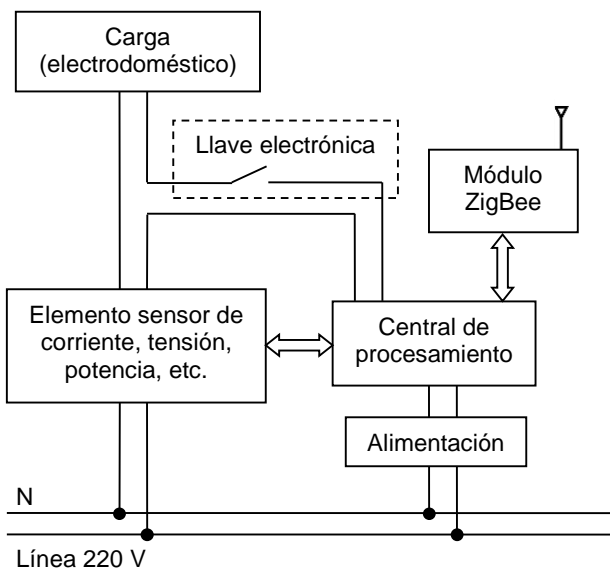


Fig. 1. Diagrama en bloques del sistema.

En la Fig. 2 tenemos una fotografía del prototipo a gabinete abierto donde se identifican ambos circuitos, transformador y tomacorrientes.

Por lo expresado, resulta evidente que para reducir el tamaño son necesarias tres modificaciones:

- Disminución del consumo, permitiendo alimentación común entre ambos circuitos y eliminación del transformador.
- Creación de un PCB que contenga todos los módulos: medición, control, comunicación.
- Diseño de un gabinete a medida.

En base a lo anterior, en la Fig. 3, tenemos una vista tridimensional del nuevo PCB desarrollado, que contiene todos los módulos necesarios. A su vez, cabe mencionar que debido al bajo consumo es posible alimentar el circuito mediante una fuente de alimentación compuesta por un varistor, capacitores y un diodo zener y así eliminar el transformador.

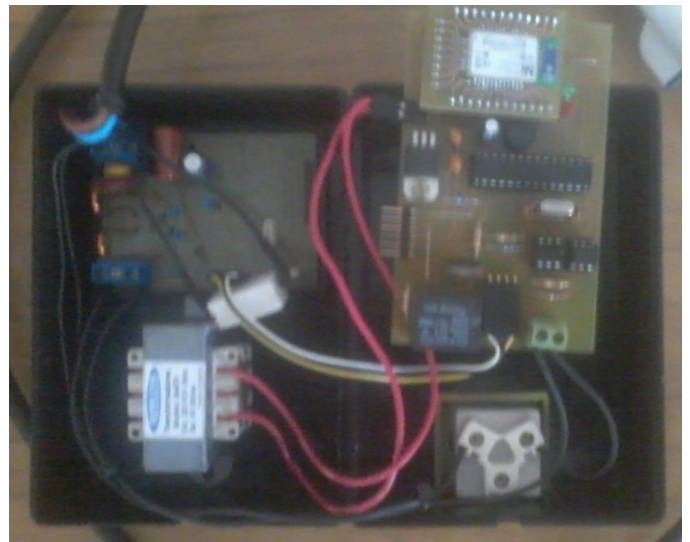


Fig. 2. Fotografía del primer prototipo.

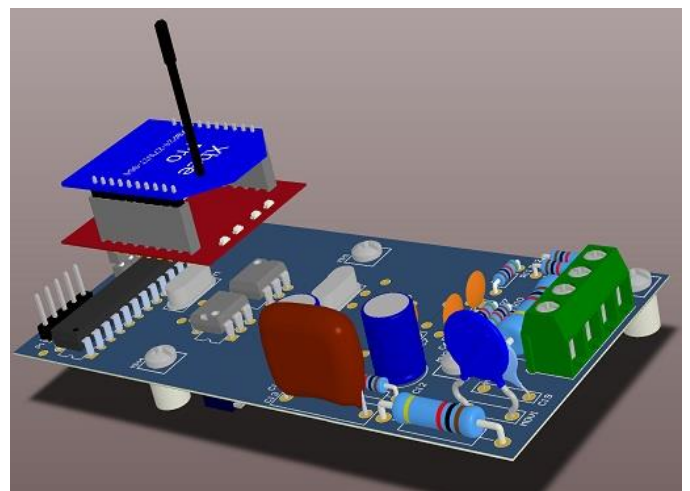


Fig. 3. Rediseño del PCB del prototipo – Vista tridimensional.

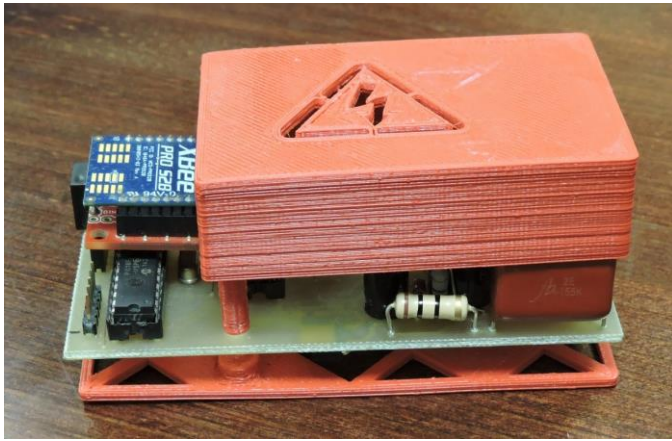


Fig. 4. Presentación definitiva del prototipo desarrollado.

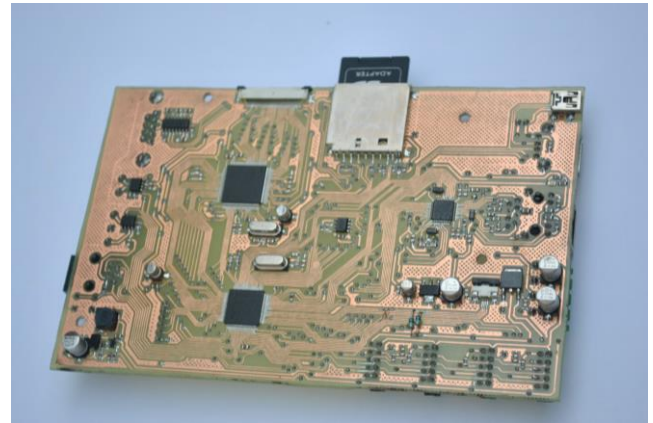


Fig. 5. Placa principal del dispositivo HMI + DAQ.

Dado que se tiene un circuito definitivo, se procede al diseño de un gabinete utilizando una impresora 3D, en la Fig. 4 podemos ver el prototipo de medición terminado. Tomando las medidas de uno y otro diseño, se ha conseguido reducir el volumen total aproximadamente al 50% respecto del primer prototipo.

Es conveniente mencionar, que dados los materiales utilizados por la impresora y el hecho de no realizar un gabinete cerrado, no sería factible su inserción en el mercado de esta manera, el diseño actual está orientado hacia la comodidad en el desarrollo y pruebas de laboratorio. Esto no implica una limitación del prototipo, ya que de implementarse comercialmente, solo será necesario el desarrollo de un gabinete adecuado, que cumpla con los estándares de seguridad.

Como se observa en la vida cotidiana, la tecnología Bluetooth supera a ZigBee debido a su masiva implementación actual en electrónica de consumo, tal como notebooks, smartphones y tablets. No obstante, para no perder la capacidad de manejar los dispositivos remotamente, se recurre al diseño de un módulo propio de adquisición de datos con conectividad ZigBee integrada.

Para ello, se desarrolló un dispositivo capaz de adquirir, monitorear y almacenar variables con una base de tiempo acorde. A la vez, capaz de publicar la información mediante un servidor web embebido, al cual se puede acceder desde cualquier terminal conectado a la red. En esta página web se podrá monitorear los datos en tiempo real y ejecutar eventos web.

Dispositivo de adquisición de datos HMI +DAQ

Utilizando la red RS232, se conecta el módulo ZigBee para integrar este dispositivo a la red de medición. La Fig. 5 muestra el circuito principal de este dispositivo de adquisición de datos realizado. Desde el punto de vista del usuario, se tiene una pantalla tal como se ve en la Fig. 6.

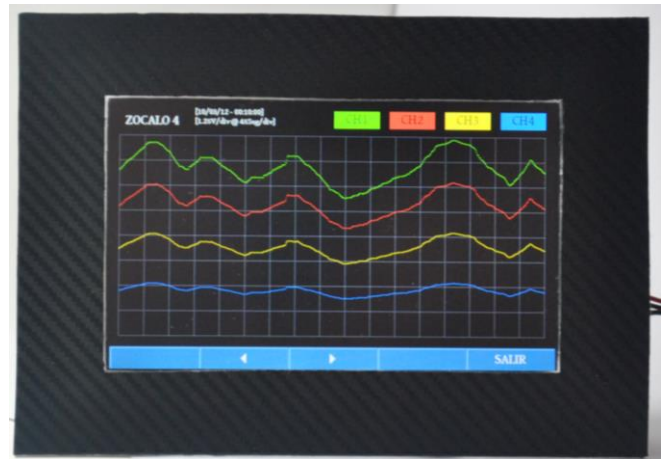


Fig. 6. Presentación final del dispositivo HMI + DAQ.

El sistema desarrollado posee las siguientes características generales:

- Pantalla color de 7" TFT.
- Panel táctil resistivo.
- Almacenamiento de datos a través de una tarjeta SD.
- Soporta hasta cuatro módulos intercambiables de entradas y salidas.
- Soporta hasta diez eventos configurables.
- Servidor Web embebido.
- Redes Ethernet, RS232, RS485.
- Reloj de tiempo real interno.

Interfaz web

La Fig. 7 se remite a la página de inicio del sistema, orientando al usuario acerca de la utilización del software, mientras que las Fig. 8 y Fig. 9 ejemplifican los resultados de distintas solapas a la izquierda, con nodos de medición en particular.

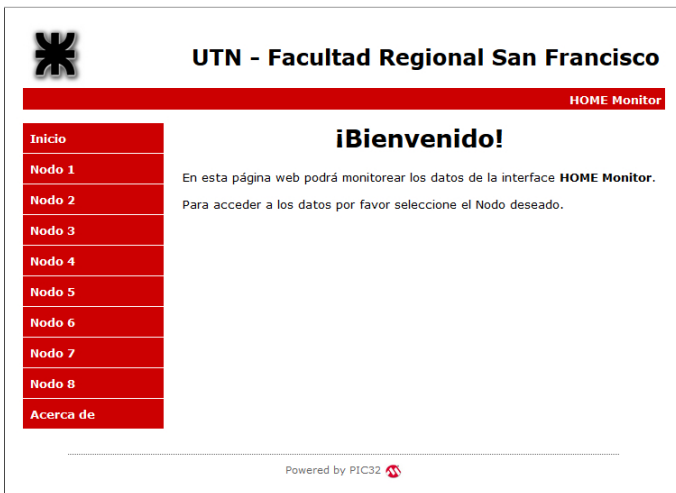


Fig. 7. Captura de pantalla de la interfaz web – página de inicio.

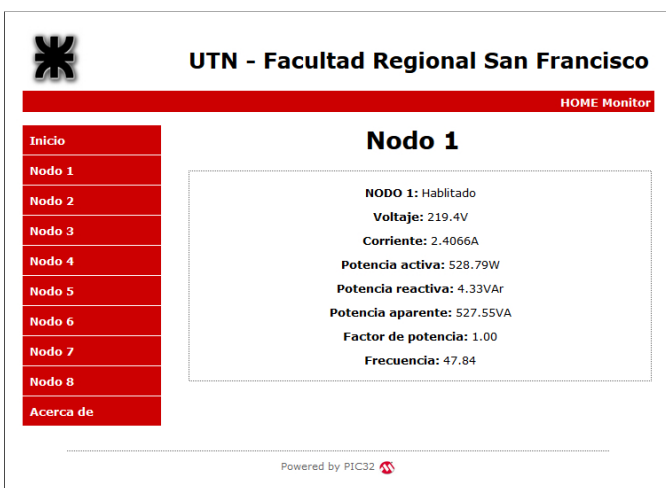


Fig. 8. Captura de pantalla de la interfaz web – nodo conectado

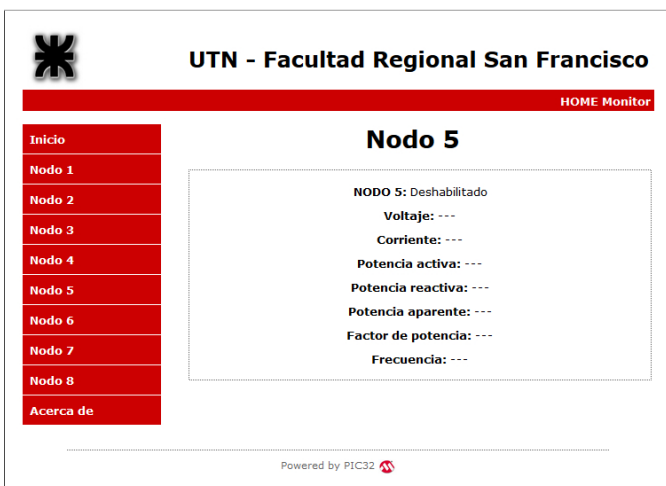


Fig. 9. Captura de pantalla de la interfaz web – nodo desconectado

Tal como se observa, el Nodo 1 está en funcionamiento; mientras que el Nodo 5 se encuentra deshabilitado, esto sirve para tener un tamaño de red dinámico o escalable a cada usuario sin requerir de un número fijo de nodos o de un software propio para cada usuario.

Esta interfaz ha sido desarrollada en HTML con hojas de estilo CSS, en la cual se asociaron las variables dinámicas a registros internos del microcontrolador.

III. MEDICIONES Y RESULTADOS

Enfocamos el estudio en comparar el alcance de la red entre tecnología Bluetooth y ZigBee [5].

En caso de Bluetooth, luego de sucesivas pruebas se observó un correcto funcionamiento, dado que no se detectaron tramas erróneas, hasta un alcance de 20 metros en el interior del hogar (teniéndose obstáculos, como ser, paredes de por medio) y cerca de 50 metros al aire libre. Por su parte, en ZigBee, podemos concluir que se cumplen las especificaciones dadas por fabricante, es decir, una distancia aproximada de 120 metros para los módulos Xbee en exteriores y 40 metros en interiores, aunque por otro lado los módulos Xbee Pro no alcanzaron la distancia de 1500 metros al aire libre, siendo esta notablemente menor (o sea, en un enlace en el que no se pierda la conectividad o que no lleguen tramas incompletas) [6].

Por ende, en la aplicación desarrollada, la comunicación ZigBee es altamente efectiva. Brinda una cobertura que abarca cualquier instalación de uso doméstico, de hecho si se encuentran configurados como una red API los módulos pueden retransmitir la información entre nodos hacia el coordinador ampliando el rango de cobertura, asegurando en ellas una comunicación confiable y con un consumo mucho menor de energía respecto a Bluetooth.

En la Fig. 10 podemos ver el prototipo completo, en el cual se identifican dos módulos de medición idénticos al mostrado previamente, conjuntamente al dispositivo de adquisición de datos desarrollado y a una computadora.

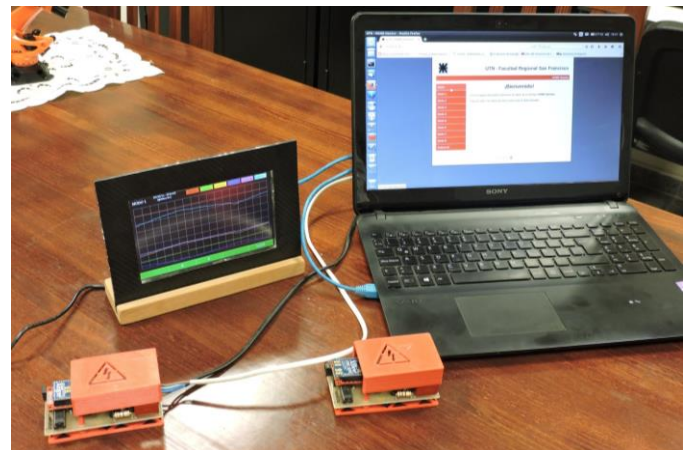


Fig. 10. Prototipo completo.

IV. CONCLUSIONES

Debido al análisis realizado, teniendo en cuenta principalmente el costo de los materiales, la fiabilidad en las mediciones, el alcance y fiabilidad de la red implementada, la disponibilidad de un control ON/OFF, y el acceso remoto a la información podemos concluir con que se cumplen los objetivos propuestos, planteados al comienzo de esta nueva etapa del proyecto, brindando un prototipo operativo. De implementarse comercialmente, será necesario el desarrollo de un gabinete adecuado, de tamaño pequeño y que cumpla con los estándares de seguridad; además sería pertinente el desarrollo de un control más avanzado, por ejemplo otorgando un control de potencia. Como propuesta para nuevas líneas de investigación, se propone el desarrollo de un artefacto adicional que sea capaz de reconocer el electrodoméstico conectado a este prototipo para evitar acciones indebidas, un caso sería impedirle al usuario utilizar el control de potencia estando conectado un televisor o una PC. A su vez, debido a su tamaño reducido, también se plantea la posibilidad de su inserción en las instalaciones eléctricas domiciliarias, dentro de las cajas de electricidad embutidas en la pared.

V. BIBLIOGRAFÍA Y SITIOS WEB

- [1] Secretaría de Energía – Presidencia de la Nación
<http://www.energia.gov.ar/>
- [2] Seguimiento y Control de Consumo Eléctrico para Artefactos del Hogar. Trabajo presentado en el VI Congreso de Microelectrónica Aplicada – uEA 2015. Universidad Nacional de la Matanza.
- [3] Hoja de datos: circuito integrado MCP39F501.
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20005256A.pdf>
- [4] Hoja de datos: microcontrolador PIC 18F25K22.
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41412F.pdf>
- [5] Sistemas de comunicaciones: ZigBee vs Bluetooth. Depetris - Pipino. UTN Facultad Regional San Francisco, 2014.
- [6] Hoja de datos: Módulo ZigBee y ZigBee PRO Serie 2.
www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf

Nota: última visita a cada sitio web el día 24/09/2016.