

# **AUTOMATIZACIÓN DE BAJO COSTO DE UNA SALA DE CLASE DE LA FACULTAD POLITÉCNICA COMO MÉTODO DE AHORRO ENERGÉTICO Y CONFORT**

Ayoroa, René; Kang, Daisy; Kang, Rubén; López, Alejandro; Morel, Sergio;  
Vuyk, Gerardo; Martínez, Eustaquio.

Universidad Nacional del Este

Facultad Politécnica

Ciudad del Este - Paraguay

reneayoroa@hotmail.com; kangdaisy@gmail.com; kangruben@gmail.com;  
lopez.gon.alejandro@gmail.com; sergiomorel@gmail.com; gvuyk07@gmail.com

## **Resumen**

El ahorro energético es una práctica que se realiza mayormente utilizando los recursos energéticos de forma racional. Sin embargo, la mayoría de las veces los artefactos eléctricos y electrónicos son utilizados de forma inapropiada por usuarios que carecen de una conciencia de ahorro energético. En este trabajo se propone la utilización de la domótica como herramienta para alcanzar el ahorro energético de las instalaciones de la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional del Este (FPUNE) y al mismo tiempo mejorar el confort. El sistema domótico propuesto se encargará de regular y gestionar adecuadamente los sistemas de ventilación e iluminación existentes con el objetivo de reducir el consumo de energía. Asimismo, el proyecto tiene como característica la utilización de tecnologías de bajo costo, flexibles y de código abierto que posibilitarán su implementación y desarrollo a un costo accesible. Para alcanzar estos objetivos, inicialmente se desarrolló un prototipo en una maqueta de pruebas que permite el control remoto, automático y/o calendarizado de los sistemas de iluminación y ventilación, por medio de un aplicativo web. Seguidamente se procedió a la implementación del sistema domótico para el control de la iluminación de una sala de clase mediante el envío de comandos inalámbricos.

**Palabras Clave:** Domótica, Arduino, Automatización, Ahorro Energético.

## **1. Introducción.**

El ahorro energético es una práctica que se realiza mayormente utilizando los recursos energéticos de forma racional (KAMMEN, 2009). Sin embargo, la mayoría de las veces los artefactos eléctricos y electrónicos son utilizados de forma inapropiada por usuarios que carecen de una conciencia de ahorro energético.

En la FPUNE la verificación del uso adecuado de los recursos es realizada por sus funcionarios. Esto representa un gasto importante de tiempo para los mismos, pues la Facultad Politécnica cuenta con más de cincuenta salas de clase, que son utilizadas diariamente por más de mil personas entre estudiantes y profesores. Ante esta situación, se evidencia la necesidad de adoptar medidas de ahorro energético para reducir costos y promover sostenibilidad económica y ambiental de la institución.

En este trabajo se propone la utilización de la domótica como herramienta para alcanzar el ahorro energético de las instalaciones de la FPUNE y al mismo tiempo mejorar el confort. El sistema domótico propuesto se encargará de regular y gestionar adecuadamente los sistemas de ventilación e iluminación existentes con el objetivo de reducir el consumo de energía.

Asimismo, el proyecto tiene como característica la utilización de tecnologías de bajo costo, flexibles y de código abierto que posibilitan su implementación y desarrollo a un costo accesible. El desarrollo de soluciones basadas en tecnologías libres, además de no requerir aranceles, también brinda una mayor flexibilidad de adaptación a diferentes plataformas y requerimientos.

Con este proyecto se pretende ofrecer una solución a los problemas de control de los recursos energéticos, y a los problemas relacionados al uso ineficiente de la energía de la FPUNE; mediante la utilización de tecnologías libres y de bajo costo.

## **2. Materiales y Métodos.**

Los materiales fueron seleccionados teniendo en cuenta la disponibilidad de los componentes en laboratorio y su bajo costo. La tecnología utilizada en este trabajo

es el Arduino, pues además de ser libre, versátil y de costo accesible para el desarrollo de sistemas domóticos, puede ser utilizada en diferentes proyectos de manera sencilla y rápida (Arduino, 2014).

Para el desarrollo del sistema domótico, primeramente se identificaron cuáles son los componentes de cada sala de clases de la FPUNE que requieren control para el uso eficiente de energía. Se detectó que los sistemas de iluminación y de ventilación son los principales consumidores de recursos energéticos. Por este motivo un prototipo en forma de una maqueta de pruebas fue construido con el propósito de control de dichos sistemas (Ayoroa, Morel, Kang, Kang, López, & Martínez, 2014). En la Figura 1 se puede visualizar el esquema del prototipo construido.

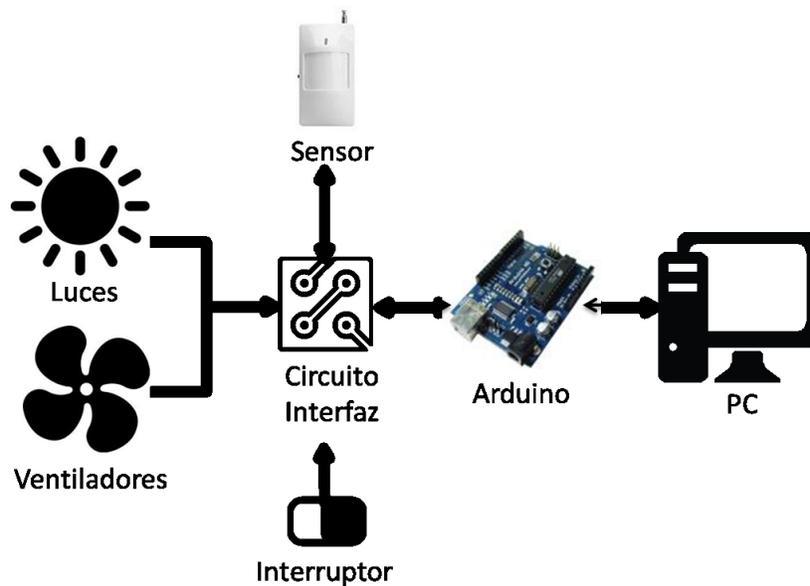


Figura 1. Hardware del prototipo maqueta de prueba

Posteriormente, se procedió a la implementación del sistema de control de luces de una sala de la Facultad Politécnica UNE. Las partes que constituyen el sistema domótico se muestran en la Figura 2:

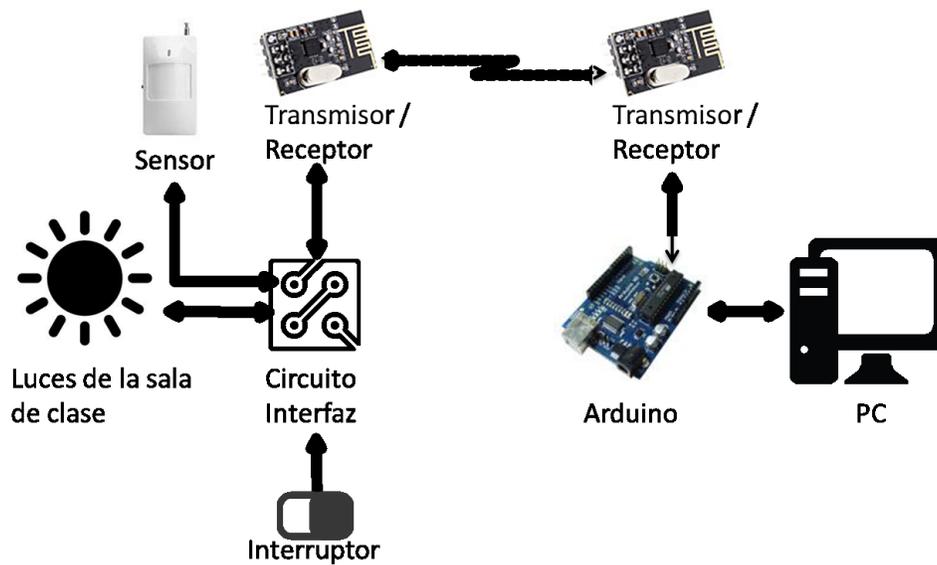


Figura 2: Estructura del sistema de control de luces de una sala de clase de la FPUNE

*Circuito Interfaz:* el hardware utilizado para su implementación utiliza tecnología inalámbrica de radiofrecuencias para la comunicación. Este es controlado a través del bus de interfaz de periféricos serie (SPI, del inglés *Serial Peripheral Interface*) con un microcontrolador ATMEL ATTiny84 que fue montado en una placa de matriz de puntos universal. Dicha placa contiene también los componentes electrónicos para el accionamiento de una placa de relé que controla la iluminación, como también componentes para la obtención de la posición del interruptor de las luces. El interruptor de luces no controla directamente la energía de las luces, sino que sirve como entrada para el microcontrolador encargado del accionamiento.

*Arduino:* es utilizado como unidad de control del sistema de iluminación (Atmel, 2013). Este recibe información proveniente del sensor de presencia y de interruptores de luces de los circuitos de interfaz mediante comunicación inalámbrica, en base a esto toma las decisiones correspondientes para los actuadores de salida. Asimismo se encarga de enviar el estado de los componentes del sistema para la visualización de los estados en la PC. La programación de la misma fue realizada mediante el entorno de desarrollo libre Arduino IDE que implementa el lenguaje processing/wiring para la escritura del código.

*Computadora personal (PC):* es la unidad encargada de recibir los datos provenientes del Arduino, luego los pone a disposición a través del servidor web (Apache Tomcat , 2014), lo cual permite el acceso remoto al sistema. Además, envía al Arduino las peticiones de los usuarios via web para controlar las salidas correspondientes.

*Transmisor-Receptor:* Mediante el transmisor-receptor se logra la interconexión de los diferentes nodos del sistema a modo de evitar el cableado punto a punto. Este funciona en una frecuencia de 2.4 Ghz, con modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana (GFSK, del inglés *Gaussian Frequency Shift Keying*). Además posee en su interior un microcontrolador de 8 bits con memoria incluida (Nordic Semiconductor, 2013).

*Sensor de presencia:* El funcionamiento del sistema puede ser configurado teniendo en cuenta el sensor de presencia en los siguientes modos:

- Modo Automático: En este modo el sistema de iluminación es activado cuándo el sensor de presencia detecta algún movimiento en la sala de clase.
- Modo Manual: En este modo el sistema puede ser controlado desde la sala de clase, mediante los interruptores convencionales, o vía web.

El nodo que posee el circuito interfaz y el transmisor/receptor fueron instalados dentro de una caja de paso cercano al interruptor de luminarias como se muestra en la Figura 3. Esto debido al tamaño del nodo prototipo y para disminuir la longitud de los cables de conexión hacia el interruptor.



(a)



(b)

Figura 3. Interruptor y nodo domótico (a) Nodo expuesto (b) Nodo sellado

### 3. Resultados

Se logró implementar el control inalámbrico de iluminación de una sala de clases de la FPUNE. Con las pruebas realizadas en la misma se pudo verificar que sin disminuir la respuesta del interruptor local se pudo adicionar el control efectivo en forma remota. También se pudo obtener el estado de los dispositivos conectados al nodo interfaz desde una computadora personal verificando la comunicación remota entre el Arduino MEGA y el nodo interfaz. Por medio de la verificación de los recursos de forma remota ha sido posible evitar el uso irracional de los mismos.

### 4. Conclusiones

Actualmente el sistema desarrollado cumple con todas las funcionalidades propuestas para automatizar una sala de clase de la Facultad Politécnica. El costo de desarrollo es bajo cuando se compara con las tecnologías de domótica disponibles en el mercado. El prototipo implementado muestra respuestas adecuadas a las situaciones establecida como prueba. El sistema propuesto se muestra como una opción muy viable para lograr el ahorro energético deseado. Estos resultados posibilitan ampliar el alcance del proyecto a más instalaciones de la FPUNE.

## 5. Referencias bibliográficas

- Apache Tomcat . (2014). Recuperado el 20 de mayo de 2014, de <http://tomcat.apache.org/>
- Arduino. (2014). *Proyecto Arduino*. Recuperado el 5 de mayo de 2014, de <http://www.arduino.cc/es/>
- Atmel. (2013). *Datasheet ATmega2560- 8-bit Atmel Microcontroller*. Recuperado el 02 de junio de 2013, de [http://www.atmel.com/images/atmel-2549-8-bit-avr-microcontroller-atmega640-1280-1281-2560-2561\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/images/atmel-2549-8-bit-avr-microcontroller-atmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf)
- Ayoroa, R., Morel, S., Kang, D., Kang, R., López, A., & Martínez, E. (2014). Investigación y Desarrollo de un Prototipo de Sistema Domótico de una Sala de Clase utilizando Tecnología de Bajo Costo. *III JORNADAS DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA DEL NEA Y PAÍSES LIMÍTROFES*. . Resistencia: (En prensa).
- KAMMEN, D. (2009). *Renewable y Appropriate Energy Laboratory*. Recuperado el 5 de mayo de 2009, de <http://rael.berkeley.edu/>
- Nordic Semiconductor. (2013). *Product Specification v1.1 Single Chip 2.4 GHz* . Recuperado el 3 de mayo de 2013, de [www.nordicsemi.com/.../Product\\_Specification\\_nRF24LU1\\_v1\\_1.pdf](http://www.nordicsemi.com/.../Product_Specification_nRF24LU1_v1_1.pdf)