

Modelo de comunicación para automatización del sistema de acondicionamiento de aire y refrigeración de edificios de escuelas públicas y privadas

ESPEJEL-BLANCO, Daniel Fernando*†, CHÁVEZ, José Manuel, HOYO-MONTAÑO -José Antonio y HERNÁNDEZ-AGUIRRE, Fredy Alberto

Departamento de Ingeniería Electrónica, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo

Recibido Junio 15, 2017; Aceptado Noviembre 21, 2017

Resumen

La simplicidad de tener un modelo para realizar una automatización inteligente para edificios de escuelas públicas y privadas permite contar con una herramienta muy útil para desarrollar proyectos enfocados al ahorro de energía eléctrica y al cuidado del medio ambiente. Para implementar el modelo se utilizarán las herramientas de software Visual Basic, SQL Server, RSLogix 500, Measurement Studio de National Instruments y el estándar de comunicación OPC, para ello se ha desarrollado una interfaz gráfica de usuario en Visual Basic la cual gestiona de manera automática información almacenada en el gestor de base de datos SQL Server para controlar 8 relevadores de estado sólido pertenecientes al módulo 1762-0A8 el cual está conectado con un Controlador Lógico Programable Micrologix 1100 de la Serie B de Allen Bradley. Con la implementación de este sistema se tiene proyectado alcanzar un 60 % de ahorro en el consumo de energía eléctrica en los equipos de aire acondicionado del edificio A5. En este artículo se presenta un modelo de automatización el cual actualmente está siendo utilizado para realizar la automatización del edificio A5 del Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH), con el objetivo de ahorrar energía eléctrica y contribuir al cuidado del medio ambiente.

Modelo, Sistemas de Gestión de Energía en Edificios, Comunicación M2M, Sistemas de Control y Automatización de Edificios

Abstract

The simplicity of having a model to perform intelligent automation for public and private school buildings is a very useful tool to develop projects focused on saving electrical energy and improve the environment. Visual Basic, SQL Server, RSLogix 500, National Instruments Measurement Studio software tools and the OPC communication standard will be used in order to implement the model. For this purpose, a graphical user interface has been developed in Visual Basic which manages automatically stored information in the SQL Server database manager to control eight solid state relays belonging to the 1762-0A8 module which is interfaced with an Allen Bradley Series B Micrologix 1100 Programmable Logic Controller. With the implementation of this system it is projected to achieve 60% savings in electricity consumption in the Air Conditioning System of the A5 building. An automation model is presented on this paper, which is currently being used to perform the automation of the A5 building of the Technological Institute of Hermosillo (ITH), with the objective of saving electrical energy and contributing to improve the environment.

Model, BEMS (Buildings Energy Management Systems), M2M communications, BACS (Building Automation and Control Systems)

Citación: ESPEJEL-BLANCO, Daniel Fernando, CHÁVEZ, José Manuel, HOYO-MONTAÑO -José Antonio y HERNÁNDEZ-AGUIRRE, Fredy Alberto. Modelo de comunicación para automatización del sistema de acondicionamiento de aire y refrigeración de edificios de escuelas públicas y privadas. Revista de Tecnología e Innovación. 2017, 4-13:22-31.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: dfespejel@gmail.com)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

México tiene un fuerte compromiso con el medio ambiente y el uso racional y eficiente de la energía eléctrica, es así que ha establecido una Ley General de Cambio Climático (LGCC), misma que en el artículo segundo traza como meta la reducción de un 30% de la emisión de Gases de Efecto Invernadero para el año 2020 (Honorable Congreso de la Unión 2012), este compromiso es ratificado durante la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático 2012) en 2012. Esta meta puede ser alcanzada de dos formas: reemplazando la tecnología para la generación de energía eléctrica y, realizando un uso más eficiente de la misma, tal como se establece en el artículo tercero de la LGCC, para el 2020 se deberá contar con un sistema de subsidios para la promoción del uso de combustibles no fósiles y la eficiencia energética (Honorable Congreso de la Unión 2012). Un edificio académico o de oficinas hace un uso muy ineficiente de la electricidad: las lámparas se encienden en áreas u horas cuando no son realmente necesarias, tienen baja eficiencia, y los equipos de Acondicionamiento de Aire son encendidos en horarios no requeridos o sin ocupación.

Para que la LGCC realmente sea de utilidad, las instituciones de educación superior, tal como el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo (TecNM/ITH), deben ser vistas como agentes de cambio en relación al problema de cambio climático al desarrollar esquemas y tecnologías inteligentes para el uso de la energía eléctrica que puedan ser reproducidos y adaptados en nuestras comunidades con inversiones de bajo costo.

Para poder generar ahorros en el uso de la energía eléctrica en un edificio de aulas o de oficinas, el sistema propuesto emplea el siguiente enfoque: Incrementar los ahorros de energía al implementar un sistema de interruptores electrónicos para el control del sistema de acondicionamiento de aire.

Este escrito se centrará en el desarrollo de un sistema de automatización para eficientizar el consumo de energía eléctrica en los edificios educativos a través de sus sistemas de Refrigeración y Acondicionamiento de Aire. A lo largo de la historia, el hombre ha construido edificios para crear un entorno controlado para poder vivir y trabajar. Sin embargo, en las últimas décadas se han ido modificando las prioridades en el diseño, construcción y organización de los edificios, especialmente en el caso de los edificios educativos, tanto públicos como privados (Hernandez Espinoza, Piña Neria, and Vazquez Serna 2008).

Las nuevas funciones y necesidades de los edificios de las escuelas, han conducido a desarrollar sistemas capaces de satisfacerlas. Lo anterior ha conducido a que se desarrollen nuevos sistemas capaces de llevar a cabo las funciones propias del edificio, además de explorar diversas formas de comunicación entre los edificios.

Estos sistemas, además de hacer posible la automatización en sus diferentes niveles, son capaces de recoger grandes cantidades de información provenientes de diversas entradas (sensores, mandos, etc.), procesarla y emitir órdenes a diversos actuadores, con el objeto de conseguir seguridad, comodidad, ahorro energético, cuidado del medio ambiente y comunicaciones (Hernandez Espinoza et al. 2008).

Para cubrir necesidades de administración de la energía y cuidado del medio ambiente se propone el modelo de un sistema automatizado el cual base su comportamiento a través de un horario previamente establecido en una base de datos (DB, por sus siglas en inglés).

El objetivo es presentar un modelo de automatización para edificios de instituciones educativas con la finalidad de promover el desarrollo tecnológico, el ahorro de energía eléctrica y cuidado del medio ambiente.

Desarrollo

En edificios, para poder implementar un BEMS (del inglés, Building Energy Management Systems), primero debemos considerar el como se está consumiendo la energía eléctrica para poder optimizar su consumo. El consumo de energía en edificios es altamente dependiente de los siguientes factores (Ma et al. 2016):

1. La función del edificio. En este rubro, se toma en cuenta la función básica para la que se está utilizando el edificio, es decir, si es oficina, aula, laboratorio, tienda de autoservicio, industria, supermercado, etc.
2. El comportamiento de sus ocupantes. Aquí se debe tomar en cuenta la forma en que los ocupantes desarrollan sus actividades dentro del edificio, por ejemplo, las tareas asignadas, las horas de llegada y salida, tiempos de descanso, áreas que ocupan de manera rutinaria, etc.
3. Los materiales con los que fue construido. Son los materiales con los que fue construida toda la arquitectura del edificio, tomando en cuenta paredes, techos, pisos, ventanas, etc.
4. La estrategia energética de operación. Se refiere a la forma en que se utiliza la energía para la funcionalidad del edificio, es decir, luces, sistemas de enfriamiento y/o calefacción, computadoras, refrigeradores, televisiones, etc.

Estos factores deben ser tomados en cuenta al momento de diseñar los edificios. Para edificios ya existentes donde se desee implementar BEMS, es necesario encontrar la forma de que las cargas existentes cumplan con su función, pero con un consumo energético óptimo. En lo relativo a la eficiencia energética, primero se debe analizar cuáles son las cargas que más consumo tienen en el edificio, para así poder buscar su reducción. En EEUU, de los diferentes tipos de edificios comerciales que existen, los edificios de oficinas consumen más del 17% del total de la energía que se consume en ese sector, y las cargas que más consumen son la iluminación, Calefacción, Ventilación y Acondicionamiento de Aire (HVAC siglas en inglés de Heating, Ventilation and Air Conditioning) y el equipo de oficina con 39%, 14% y 15% de consumo de energía respectivamente (Sehar, Pipattanasomporn, and Rahman 2017).

Existen estudios que estiman reducciones en el consumo de energía eléctrica en edificios de entre un 20% a 30% por la implementación de BACS (del inglés Building Automation Control Systems) para el control de iluminación y HVAC (Fugate, Fuhr, and Kuruganti 2011). El desarrollo de estrategias de administración de cargas tales como HVAC en edificios, se requiere en ambientes donde las condiciones climáticas impactan en el consumo de energía (Nguyen et al. 2010). Una estrategia adecuada para ambientes como el edificio de aulas A5 parece ser el método de control preventivo que trata de mantener la demanda total de potencia por debajo de un límite preestablecido. Sookoor (Sookoor, Holben, and Whitehouse 2012) implementa un sistema de sectorizado para el control de un sistema HVAC central mediante la implementación de una red inalámbrica de sensores y actuadores de bajo costo para reducir el desperdicio de energía al climatizar solo áreas que estén ocupadas en un edificio.

Los sistemas HVAC, y todos los dispositivos asociados a ellos generalmente son cruciales en la afectación del consumo de energía eléctrica (Chwieduk 2017). Generalmente, los edificios comerciales están sobre enfriados y ello conlleva a un gasto de energía no deseado, por lo que es necesario incluir en los BEMS estrategias de ajuste de temperaturas por zonas, y ajustes sistémicos en la distribución y enfriamiento del aire (Sehar et al. 2017).

El control de la iluminación y de HVAC, como una aplicación de automatización, permite tener un control del recurso energético para disminuir el consumo diario de este. Si esto se visualiza desde la perspectiva del consumo excesivo de los aparatos de uso cotidiano, y que una buena parte de este consumo es destinado a sistemas de iluminación artificial y acondicionamiento de aire, el uso de tecnologías que permitan obtener un ahorro energético es una opción muy interesante a considerar (Hoyo-Montano et al. 2016).

El desarrollo de BACS modernos permite combinar el confort en los edificios con la eficiencia en el consumo de energía, en particular en edificios de oficinas y edificios industriales (Hoyo-Montano et al. 2016). Esto se logra a través de la utilización de elementos computacionales para controlar los itinerarios de encendido y apagado de las cargas presentes de iluminación y HVAC.

Para poder integrar soluciones de automatización que integren software y hardware, es necesario tomar en cuenta los diferentes factores que contribuyen al consumo energético y al cuidado del ambiente. Estos factores van desde el diseño y desarrollo del modelo de automatización, hasta los elementos que se involucran para controlar las cargas (aires acondicionados) que participan en el consumo energético.

El modelo de automatización se encuentra instalado en el edificio de aulas A5, que es un edificio de dos plantas que contiene 8 aulas (4 en cada piso y unas escaleras en el centro del edificio). La Figura 1 muestra el edificio A5. Por ello, se requiere controlar los equipos de HVAC que se encuentran en el edificio, esto significa la colocación de un interruptor de control por cada uno de los equipos instalados en cada una de las aulas. Dichos equipos serán controlados por un PLC, quien será el responsable de activarlos y desactivarlos según sea la programación del uso de cada una de las aulas. El uso de las aulas se encuentra cargado en el Sistema Integral de Información (SII) del ITH, que es el sistema donde se programan las clases que cursarán los estudiantes, incluyendo las aulas. Dicho sistema es alimentado por las Jefaturas de carrera y por las coordinaciones de carrera, para que contenga los horarios de las clases, los profesores y las aulas.

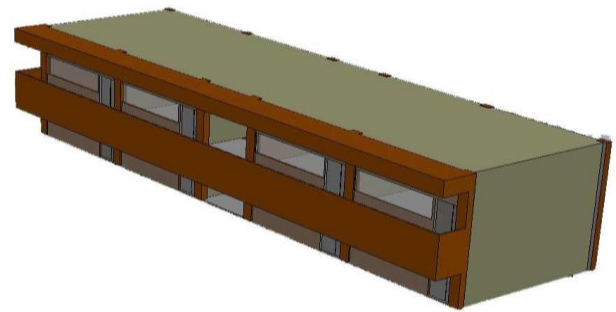


Figura 1 Edificio A5

A continuación se describe el modelo de automatización (Figura 2) implementado en el Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH) para el edificio A5.

Modelo de automatización

Para facilitar el entendimiento del modelo de automatización (Figura 2), es necesario tener conocimiento sobre procesamiento e intercambio de información entre múltiples plataformas de software y hardware, empleando para ello protocolos o estándares de comunicación.

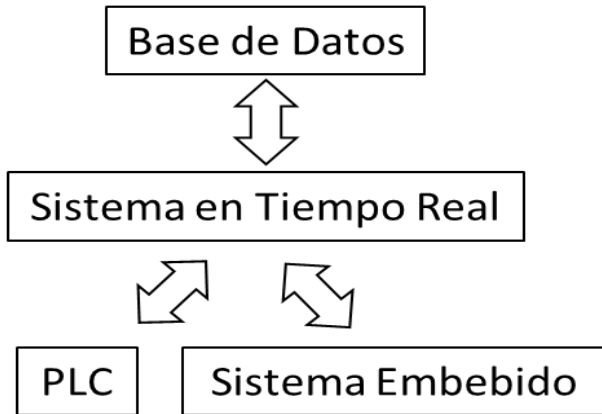


Figura 2 Modelo de automatización

En la Figura 2 se visualiza la interacción de datos entre aplicaciones de *software* y *hardware*, esto con la finalidad de mantener en sincronía la automatización. La información está contenida en una base de datos (SII) y está es enviada del servidor principal de la Institución (ITH) a una computadora de placa simple (SBC, del inglés Single on Board Computer), una Raspberry Pi 3, que es la encargada de transferir la información al PLC, a través de en enlace de red inalámbrica.

En el modelo propuesto, está compuesto por un software de control que se encarga de gestionar el funcionamiento de las cargas. Por otra parte, un PLC (Controlador Lógico Programable, del inglés Programmable Logic Controller) como hardware que se encarga de encender y/o apagar los equipos de aire acondicionado.

Descripción de los elementos del modelo de automatización

A continuación se presenta como interactúan los elementos del modelo de automatización (Figura 1).

- **Base de datos:** Es el archivo en el que se tiene almacenado en que día y hora debe estar encendido el equipo de aire acondicionado en cada una de las aulas que integran el edificio A5 (Figura 3). Este archivo proviene del SII y es enviado por red inalámbrica al PLC.

| | Hora | Domingo | Lunes |
|---|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | 07:00:00 - 08:00:00 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| | 08:00:00 - 09:00:00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 09:00:00 - 10:00:00 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| | 10:00:00 - 11:00:00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 11:00:00 - 12:00:00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 12:00:00 - 13:00:00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 13:00:00 - 14:00:00 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 14:00:00 - 15:00:00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ▶ | 15:00:00 - 16:00:00 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| | 16:00:00 - 17:00:00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 17:00:00 - 18:00:00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 18:00:00 - 19:00:00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 19:00:00 - 20:00:00 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| | 20:00:00 - 21:00:00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Figura 3 Horario del aula A55

Por ejemplo; el día lunes de 7AM-8AM, 9AM-10AM, 15PM-16PM, 19PM-20PM deberá estar prendido el aire acondicionado del aula A55. En (Silberschatz, Korth, and Sudarshan 2002) se define Gestor de Base de Datos como un sistema que consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dichos datos.

- **Sistema en Tiempo Real:** es el elemento encargado de procesar la información de la base de datos y comunicarla con el PLC o el sistema embebido para encender y/o apagar las cargas.

Un sistema en tiempo real es una aplicación informática en la que la obtención de los resultados está sujeta a restricciones temporales impuestas por el entorno en que se ejecutan (Sistemas Informáticos de Tiempo Real 2014).

- **PLC o Sistema Embebido:** dispositivo encargado de encender y/o apagar los aires acondicionados de un aula específica, recibe señales de control a través del sistema en tiempo real.

Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos un PLC (Automación Micromecánica s.a.i.c 2017) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos. También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica.

El sistema embebido (SemanticWebBuilder 2017) es un sistema electrónico diseñado para realizar pocas funciones en tiempo real. Por otra parte, las computadoras, que son diseñadas para propósitos generales, cubren un amplio rango de necesidades y los sistemas embebidos se diseñan para cubrir necesidades específicas. En un sistema embebido la mayoría de los componentes se encuentran incluidos en la placa base y muchas veces los dispositivos resultantes no tienen el aspecto de lo que se suele asociar a una computadora.

Algunos ejemplos de sistemas embebidos podrían ser dispositivos como un taxímetro, un sistema de control de acceso, la electrónica que controla una máquina expendedora o el sistema de control de una fotocopiadora entre otras múltiples aplicaciones (SemanticWebBuilder 2017).

De esta forma, integrando una base de datos, un sistema en tiempo real y un PLC se realizó el modelo de automatización para el edificio A5, con la finalidad de que sirva de base para implementar proyectos para instituciones educativas. Este sistema controla el encendido y apagado de los equipos de aire acondicionado de las 8 aulas que integran el edificio A5, dependiendo de la programación semestral del uso de las aulas que se hace por parte de la administración educativa del ITH.

Este modelo puede ser aplicado a cualquier edificio educativo, ya sea de aulas, oficinas, laboratorios o cualquier otro. Lo único que hay que tomar en cuenta al aplicarlo en otros edificios es el atender y programar las horas de uso. En este modelo en específico, se trata de que el sistema en tiempo real, sea capaz de interpretar la información del SII del ITH para no tener que realizar la programación del uso de cada aula de forma manual, por lo que se reducirían los tiempos de respuesta dado que el sistema modificaría los encendidos y apagados de los equipos de aire acondicionado cuando se modifique la base de datos del SII.

Resultados

Utilizando el modelo de automatización anterior, en el Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH) para el edificio A5 fue posible realizar una automatización inteligente, en la cual intervinieron los siguientes elementos:

- Base de datos (DB, por sus siglas en inglés), la cual se utilizara para almacenar los horarios de las aulas A51, A52, A53,..., A58.
- Aplicación desarrollada en la plataforma .NET, se utilizo para redirigir el tráfico de información desde la base de datos al PLC.
- PLC, empleado para conmutar contactos de un centro de carga eléctrico y así poder encender y apagar los aires acondicionados de las aulas A51, A52, A53, ..., A58 en base a un horario previamente establecido en una base de dato.

En la Figura 4 se muestra parte de la interfaz gráfica de usuario (*GUI, por sus siglas en inglés*) implementada para la automatización del edificio A5 del ITH. En ella se muestra la pantalla de supervisión y control de los aires acondicionados de las ocho aulas que integran el edificio A5. Se puede observar una serie de indicadores y otra de interruptores, los cuales sirven para encender y apagar los equipos y monitorear su estado.

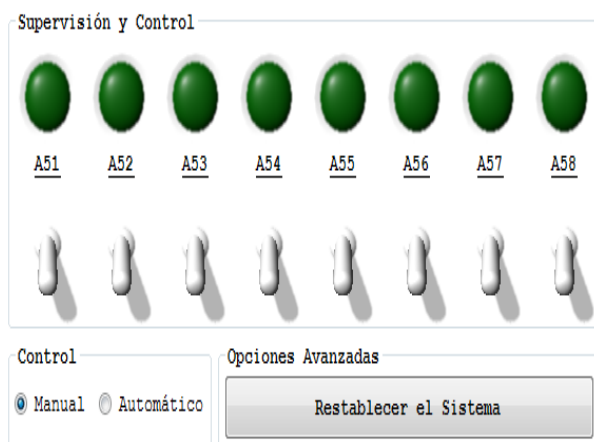


Figura 4 Interfaz Gráfica de Usuario

Para el desarrollo de este proyecto se está utilizando un PLC Micrologix 1100, dado que ya se encontraba instalado en el edificio A5 y era utilizado para controlar un sistema de riego automático, mismo que dejó de operar hace algunos años. Cabe hacer mención, que la parte del procesamiento puede ser realizada por cualquier PLC, un sistema embebido, un SBC, una computadora o cualquier sistema capaz de recibir entradas y salidas digitales.

En estos momentos se está trabajando en sustituir el sistema de procesamiento (PLC) por una Raspberry Pi 3 (SBC) para que sea más económica su implementación. Además, ya se usa la SBC para la comunicación inalámbrica con el servidor principal y esto redundaría en eliminar el PLC del modelo de comunicación y sustituir los relevadores (están alambrados físicamente) por reelevadores de estado sólido controlados por la Raspberry a través de módulos zigbee (comunicación inalámbrica), lo cual reduciría aún más los costos en equipo e instalación. Otra ventaja de tener la Raspberry como elemento de procesamiento es que se pueden diseñar aplicaciones para Tablet o celular para controlar y monitorear en tiempo real el desempeño del sistema. En la Figura 5, se muestra el diagrama de conexión eléctrica de los relevadores al PLC. La carga (RL) se refiere al equipo de aire acondicionado y está alimentado en serie por una fase de 220 VAC. La salida del PLC opera un relevador el cual enciende y/o apaga el equipo de aire acondicionado. Este mismo circuito es replicado para cada uno de los ocho equipos de las aulas del edificio A5.

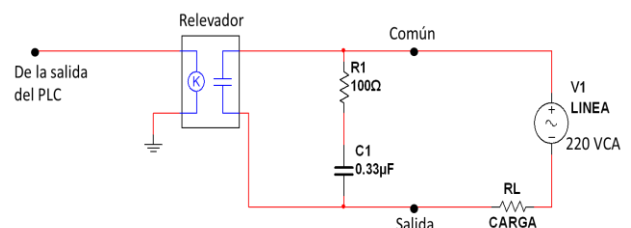


Figura 5 Conexión eléctrica de los relevadores

En la Figura 6 Se muestra una fotografía del PLC instalado en el edificio A5.



Figura 6 PLC instalado en edificio A5

En la Figura 7 se muestra parte de la programación realizada para el PLC Micrologix 1100, el cual fue utilizado para la automatización del encendido y apagado de los aires acondicionados del edificio A5 del ITH.

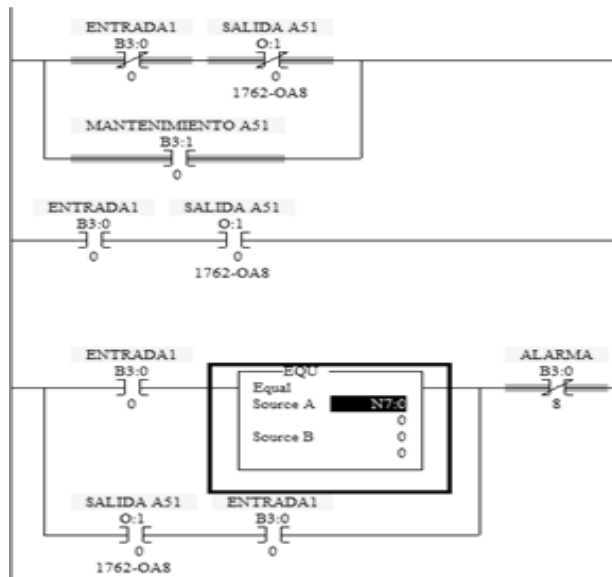


Figura 7 Programación en lenguaje escalera

Para la programación se utilizó el software RSLogix 500, así mismo cabe mencionar que se utilizó un PLC Micrologix 1100 Serie B de Allen Bradley.

Una vez puesto en marcha el modelo de automatización propuesto, implementado en el edificio A5 del ITH, se espera obtener ahorros en el consumo de energía eléctrica, los cuales pueden oscilar entre el 10% y el 20% dependiendo de la programación de uso de las aulas.

Agradecimiento

Agradecimiento especial al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo, por proporcionar los fondos para que este proyecto se llevara a cabo.

Conclusiones

Se presentó un modelo propuesto para automatizar edificios de instituciones educativas con el objetivo de promover el desarrollo tecnológico, ahorrar energía y contribuir al cuidado del medio ambiente. Con el objetivo de conseguir la máxima eficiencia y seguridad utilizando el modelo presentado se recomienda lo siguiente:

- Utilizar técnicas de programación avanzada, en caso de procesar grandes cantidades de información, con la finalidad de tener la mayor eficiencia posible por parte del automatismo.
- En caso de utilizar un PLC se recomienda instalar el sistema en tiempo real en una computadora personal (PC, por sus siglas en inglés) o Laptop con un procesador de última generación, con la finalidad de obtener la máxima eficiencia a la hora de intercambiar datos desde la Base de Datos al PLC.

- En caso de utilizar un sistema embebido se recomienda utilizar tecnología de punta como por ejemplo es el SDK de MatrikonOPC el cual permite tener acceso unificado a través de la red a las variables que en este se declaran, con el objetivo de sacar la mayor eficiencia a la hora de intercambiar información desde la base de datos al sistema embebido.
- En el caso de utilizar una SBC (Raspberry), se recomienda utilizar módulos ZigBee y reelevadores de estado sólido para reducir los costos de equipo e instalación.
- Encender cargas eléctricas en cascada con un retardo mínimo de 1.30 segundos con la finalidad de no desbalancear la carga de los transformadores y así mismo evitar demanda máxima de energía lo que provocaría un mayor pago en el costo de la energía.

Referencias

Automación Micromecánica s.a.i.c. 2017. "Controlador Lógico Programable (PLC)." 84. Retrieved (<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>).

Chwieduk, Dorota A. 2017. "Towards Modern Options of Energy Conservation in Buildings." *Renewable Energy* 101:1194–1202. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.09.061>).

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. 2012. *México, Quinta Comunicación Nacional Ante La Convención Marco de Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático*. edited by S. C. Grupo Comunicare. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Fugate, David, Peter Fuhr, and Teja Kuruganti. 2011. "Instrumentation Systems for Commercial Building Energy Efficiency." Pp. 21–24 in *2011 Future of Instrumentation International Workshop (FIIW) Proceedings*. Oak Ridge, TN, USA: IEEE. Retrieved (<http://ieeexplore.ieee.org/document/6476826/>).

Hernandez Espinoza, Diego Armando, Marcelo Fabian Piña Neria, and Marco Antonio Vazquez Serna. 2008. "Automatización Para La Administración de Energía, Control de Acceso, Vigilancia, Incendio, Intrusión Y Clima Del Complejo de Oficinas." Instituto Politecnico Nacional. Retrieved (<http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/6127/1/AUTOMATADMIN.pdf>).

Honorable Congreso de la Unión. 2012. *Ley General de Cambio Climático*. Mexico: Camara de Diputados del H. Congreso de la Unión.

Hoyo-Montano, J. A., G. Valencia-Palomo, R. A. Galaz-Bustamante, and D. F. Espejel-Blanco. 2016. "Software Development of a Building Automation and Control System for Educational Institutions." *XIII Congreso Internacional Sobre Innovación Y Desarrollo Tecnológico CIINDET 2016* 1–6.

Ma, Li et al. 2016. "Multi-Party Energy Management for Smart Building Cluster with PV Systems Using Automatic Demand Response." *Energy and Buildings* 121:11–21.

Nguyen, Nhat-hai, Quoc-tuan Tran, Jean-michel Leger, and Tan-Phu Vuong. 2010. "A Real-Time Control Using Wireless Sensor Network for Intelligent Energy Management System in Buildings." *EESMS 2010 - 2010 IEEE Workshop on Environmental, Energy, and Structural Monitoring Systems, Proceedings* 87–92. Retrieved (https://www.engineeringvillage.com/share/document.url?mid=cpx_535b5812e91c33320M68).

Sehar, Fakeha, Manisa Pipattanasomporn, and Saifur Rahman. 2017. "Integrated Automation for Optimal Demand Management in Commercial Buildings Considering Occupant Comfort." *Sustainable Cities and Society* 28:16–29. Retrieved (http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2016.08.016).

SemanticWebBuilder. 2017. "Sistemas Embebidos: Innovando Hacia Los Sistemas Inteligentes." *Líneas de Desarrollo*. Retrieved May 12, 2017 (http://www.semanticwebbuilder.org.mx/es_mx/swb/Sistemas_Embebidos_Innovando_hacia_los_Sistemas_Inteligentes_).

Silberschatz, Abraham, Henry F. Korth, and S. Sudarshan. 2002. *Fundamentos de Bases de Datos*. 4th ed. Madrid: McGraw Hill/Interamericana de España, S.A.U. Sistemas Informáticos de Tiempo Real. 2014. "Conceptos Básicos En Los Sistemas de Tiempo Real." 10. Retrieved May 12, 2017 (http://www.uv.es/gomis/Apuntes_SITR/Conceptos).

Sookoor, Tamim, Brian Holben, and Kamin Whitehouse. 2012. "Feasibility of Retrofitting Centralized HVAC Systems for Room-Level Zoning." Pp. 1–10 in *2012 International Green Computing Conference (IGCC)*. San Jose, CA, USA: IEEE.