

Diseño y desarrollo de un laboratorio de pruebas basados en Smart Home aplicando protocolo de comunicación Z-Wave y estándar 802.11



Design and development of a test laboratory based on Smart Home applying 802.11 and Z-Wave communication protocols

Moreno Serrano, Camilo; Ortiz-Mata, Jhonny; Rea Sánchez, Víctor

Camilo Moreno Serrano
cmorenos1098@gmail.com
UNEMI, Ecuador

Jhonny Ortiz-Mata
jortizm2@unemi.edu.ec
UNEMI, Ecuador

Víctor Rea Sánchez
vreas@unemi.edu.ec
UNEMI, Ecuador

Ecuadorian Science Journal
GDEON, Ecuador
ISSN-e: 2602-8077
Periodicidad: Semestral
vol. 5, núm. Esp.4, 2021
esj@gdeon.org

Recepción: 31 Agosto 2021
Aprobación: 04 Octubre 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/606/6062739007/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.171>

Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra sus sitios web personales o en depósitos institucionales, después de su publicación en esta revista, siempre y cuando proporcionen información bibliográfica que acredite su publicación en esta revista. Licencia de Creative Commons Las obras están bajo una <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Como citar: Moreno Serrano, C., Ortiz Mata, J., & Sánchez, V. R. (2021). Diseño y desarrollo de un laboratorio de pruebas basados en Smart Home aplicando protocolo de comunicación Z-Wave y estándar 802.11. Ecuadorian Science Journal, 5(4), 74-88. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.171>

Resumen: El desarrollo tecnológico actual, con equipos capaces de enviar y recibir datos, junto con protocolos de comunicación avanzados, hace posible la implementación de casas inteligentes para confort y seguridad de sus propietarios. Los estudiantes de ingeniería deben estar familiarizados con estas tecnologías, por ello es necesario contar con laboratorios de pruebas para realizar prácticas de comunicación y enlace de dispositivos. El presente trabajo se basa en el diseño y construcción de un laboratorio de pruebas de equipos de domótica, el diseño de la casa a escala se realizó utilizando tecnología de impresión 3D, los equipos instalados en el laboratorio como sensores, actuadores y controladores fueron seleccionados para dar confort y seguridad a los usuarios, estos equipos se conectan mediante protocolos de comunicación Z-Wave y Wi-Fi, la tarjeta Raspberry Pi 3 trabaja como servidor del programa de control y monitoreo. Se utilizó el software “Home-Assistant” por ser de código abierto, por la comunicación que tiene con varios dispositivos de domótica y porque permite monitorear en tiempo real de forma local y remota lo que ocurre en el domicilio. La ejecución de comandos para encender/apagar los dispositivos, se realizó a través del altavoz inteligente Alexa de Amazon y una interfaz desarrollada en “Home-Assistant”, la interfaz también permite monitorear en tiempo real las cámaras y observar los registros de temperatura, luminosidad y consumo eléctrico. Con el laboratorio de pruebas, los estudiantes de ingeniería pueden realizar prácticas de domótica con sensores, actuadores, controladores, cambios en el diseño de la interfaz e incorporar más dispositivos.

Palabras clave: Casa Inteligente, Controlador, Domótica, Laboratorio de pruebas, Protocolo Z-Wave, Sensor.

Abstract: Current technological development, with equipment capable of sending and receiving data, together with advanced communication protocols, makes it possible to implement smart homes for the comfort and safety of their owners. Engineering students must be familiar with these technologies, therefore it is necessary to have test laboratories to carry out communication and device linking practices. The present work is based on the design and construction of a home automation equipment test

laboratory, the scale house design was carried out using 3D printing technology, the equipment installed in the laboratory such as sensors, actuators and controllers were selected for give comfort and security to users, these devices are connected using Z-Wave and Wi-Fi communication protocols, the Raspberry Pi 3 card works as a server for the control and monitoring program. The “Home-Assistant” software was used because it is open source, because of the communication it has with various home automation devices and because it allows real-time monitoring locally and remotely what happens at home. The execution of commands to turn on / off the devices was carried out through Amazon's Alexa smart speaker and an interface developed in “Home-Assistant”, the interface also allows real-time monitoring of the cameras and observing the records of temperature, luminosity and electricity consumption. With the test lab, engineering students can practice home automation with sensors, actuators, controllers, interface design changes, and add more devices.

Keywords: Smart Home, Controller, Home automation, Test laboratory, Z-Wave protocol, Sensor.

INTRODUCCIÓN

Una Smart home o traducida al español (Casa inteligente) es una estructura que comprende componentes integrados y automatizados por medio de protocolos de comunicación como Z-Wave e internet, este último permite que el control de una Smart home sea monitoreado de forma remota a través de un dispositivo inteligente.

El origen de Smart Home surgió de la necesidad de automatizar tareas que se realizan de manera repetitiva. Al principio se automatizaron dichas tareas en el campo industrial y con el pasar del tiempo fue orientándose a ejecutar trabajos que involucren tareas del hogar.

Cerca del origen de una Smart Home, los hogares equipaban sistemas de automatización con tareas sencillas como encender y apagar un foco, aumentar y disminuir la temperatura del aire acondicionado, abrir y cerrar puertas, etc.

Google, Facebook, Amazon han aportado en numerosas ocasiones a los avances de implementación, todos con el objetivo de hacer más eficiente y confortable la vida cotidiana.

Actualmente en las casas inteligentes se utilizan dispositivos IoT que son capaces de enviar y recibir información de la red y así interconectarse con otros dispositivos. Los dispositivos inteligentes IoT conectados a internet para el hogar, realizan algunas tareas como: acceder a informes meteorológicos, servicios de entretenimiento, activar/desactivar un dispositivo de forma remota, entre otras funciones (Mazhar & Shafiq, 2020).

La interacción del usuario con los servicios de IoT, generan una gran cantidad de volúmenes de datos para extraer conocimientos que mejoren el confort de los usuarios y apoyar en las actividades diarias. Los algoritmos de aprendizaje automático se utilizan para entrenar los datos obtenidos de la interacción con los usuarios (Medrano & Lin, 2019) y así mejorar continuamente la funcionalidad de estos dispositivos.

Además del confort, las casas inteligentes incorporan la parte de ahorro energético. (Verma et al., 2019) realiza la agrupación no supervisada de datos para encontrar la mejor configuración de cada dispositivo mediante aprendizaje por refuerzo y análisis probabilístico del comportamiento del usuario, consiguiendo de esa forma ahorro energético.

Una de las características de las casas inteligentes es que múltiples usuarios tienen acceso a múltiples dispositivos (Sikder et al., 2019), esto puede generar conflictos a diferencia de los sistemas tradicionales de un solo usuario. Múltiples usuarios generan demandas conflictivas, complejas y dinámicamente cambiantes, para superar este inconveniente existen mecanismos de control de acceso.

Al implementar un sistema IoT se debe seleccionar una plataforma adecuada, por ejemplo (Ullah et al., 2020) utiliza el método Delphi para discriminar entre 5 plataformas de IoT bien conocidas. Las características que se analizan para seleccionar una plataforma son: seguridad, análisis de datos, protocolos, herramientas de visualización, formato de datos y entorno de aplicación.

Las características de las casas inteligentes que se analizaron, se toman como referencia para el diseño del laboratorio de pruebas de domótica. El objetivo del diseño y la implementación del laboratorio de domótica a escala, es para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Software de la Universidad Estatal de Milagro realicen prácticas usando este tipo de tecnología.

El laboratorio de pruebas se desarrolló en base al software Home Assistant, que permite incorporar varios protocolos de comunicación, entre los más destacados se encuentra Z-Wave y Wifi, mismos que serán aplicados en el proyecto. La selección de sensores, actuadores y controladores, será en función de las necesidades básicas de un domicilio en confort y seguridad. Los elementos utilizados en el laboratorio de pruebas se muestran en la figura 1.

Protocolos de Comunicación.

Z-Wave: Fue creado con el objetivo de revolucionar los distintos protocolos de comunicación inalámbrica, pero ahora con un enfoque doméstico. Características como el cifrado AES-128 y su bajo consumo energético consiguieron que grandes marcas internacionales implementaran este protocolo dentro de su gama de productos. (Linh An & Kim, 2018)

Su funcionamiento depende mucho de los dispositivos que se encuentran conectados en su Red de Malla, ya que fue diseñado para que pueda soportar un nodo central que administra hasta 232 dispositivos enlazados entre sí y con área máxima de 30 metros a la redonda, aunque esta distancia puede ser un poco mayor siempre y cuando estén conectados nodos puentes a la red. (Gong et al., 2016)

Acciones como encender luces del patio, apagar el aire acondicionado o abrir una puerta, pueden realizarse de manera local sin necesidad de que en el hogar se tenga contratado el servicio de wifi, debido a que utiliza una banda de frecuencias de 908.42 MHz (América), esto hace que no tenga problemas de interferencia con otras redes como la 802.11 que utiliza frecuencia de 2.5 o 5 GHz (Babun et al., 2020).

Wireless Fidelity: Wi-Fi o también conocido por su estándar de la IEEE 802.11, es una tecnología inalámbrica que facilita mucho la comunicación de varios dispositivos electrónicos como: los Smartphone, Laptop, Smart TV, Cámaras Ip, etc., esto favorece mucho en lugares donde es difícil obtener acceso a la red de redes mediante un Patch Cord. (Hasan et al., 2018)

Wireless Fidelity (Wi-Fi) surgió con el fin de poder estandarizar un mecanismo de conexiones inalámbricas hacia distintos dispositivos electrónicos sin importar la marca u origen.

La Wi-Fi ha ido mejorando con el paso del tiempo y hoy en día existen dos categorías, la Wi-fi 2,4 GHz (IEEE 802.11b) y 5GHz (IEEE 802.11ac) teniendo como diferencia notable el canal de frecuencia por donde trabajan. (Tan et al., 2017). La primera trabaja a 2,4 GHz, canal que es muy usado por otros sistemas de comunicación inalámbrica como el Bluetooth, consiguiendo así más interferencia y menos velocidad de conexión, pero con la ventaja de tener un mayor rango de alcance en comparación a la 5GHz. La red Wi-Fi 5GHz tiene menor distancia, pero existe una notable mejora en su velocidad de conexión y es libre de interferencia, consiguiendo ser la más conveniente entre las dos. (Wen & Wang, 2018)

Elementos de la Domótica.

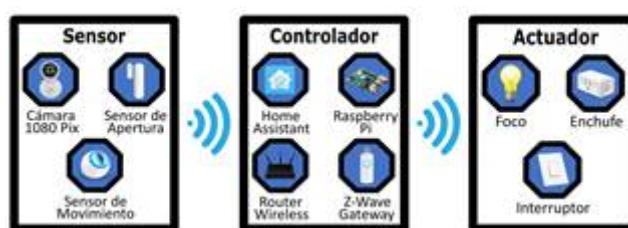


FIGURA 1.

Diagrama de Elementos del Laboratorio de Pruebas

Autores

Sensores: Estos periféricos de entrada cumplen con la función de recopilar y monitorizar todo lo que pasa dentro y fuera del domicilio, respecto a los diferentes parámetros configurados. (Wen & Wang, 2018)

La mayoría de estos dispositivos poseen dos tipos de sistema de alimentación: uno mediante baterías alcalinas con un tiempo de vida entre 2 a 3 años y el otro en base a luz solar. (Kang et al., 2017)

Actualmente en el mercado existen una amplia gama de sensores que pueden ser utilizados en diferentes áreas, entre los más comunes para aplicaciones domótica son: temperatura, movimiento, humedad, detector de humo, luz. (Cultice et al., 2020)

Actuadores: Son los dispositivos que reciben señales del controlador o sensores para ejecutar tareas o acciones determinadas.

Los actuadores comúnmente usados para aplicaciones domóticas son: focos, enchufes, interruptores inteligentes, motores, ventiladores, entre otros.

Controlador: Este dispositivo es el cerebro del sistema debido a que se encarga de gestionar, almacenar y procesar todo tipo de datos o información que emiten los distintos sensores, para luego enviar las distintas ordenes programadas hacia los actuadores conectados al sistema. (Madhu & Vyjayanthi, 2019)

Dependiendo como se encuentre programado el controlador, este podrá ejecutar acciones de forma manual o automática y todo esto acompañado con una serie de condiciones que se encuentren establecidas en la programación. (Adiono et al., 2017)

Actualmente en el mercado existe un sin número de controladores, pero una de las características fundamentales que deben tener, es la compatibilidad con los diferentes sensores y actuadores que hay en el mercado. En cuanto al sistema de alimentación, no solo debe ser mediante la red eléctrica, sino también, que puedan trabajar mediante una batería incorporada de larga duración. (Kang et al., 2018)

Hardware y Software de control domótico

Home Assistant: Es un software de código abierto enfocado a la domótica, el cual permite obtener un mejor manejo y control de todos los dispositivos inteligentes que se encuentran instalados en la red. Debido a que esta plataforma fue diseñada para ser ejecutada en ordenadores de bajo coste y que se pueda utilizar sin necesidad de tener una conexión a internet, lo convierte en una opción ideal para poder ser instalado en una Raspberry Pi o un servidor local. (Saxena et al., 2019)

Home Assistant es la evolución del Home Assistant Core, que era un software en base al lenguaje de programación Python 3. Una de las mejoras de este software es que se puede conectar un mayor número de dispositivos, también adicionó la opción de poder crear copias de seguridad en todos los archivos configurados, implementó la posibilidad de poder instalar complementos de diferentes fuentes no oficiales, por último, desarrolló una interfaz amigable y llamativa para el usuario con el fin de poder administrar todo lo que pasa en su hogar en tiempo real. (Chatterjee et al., 2021)

Raspberry Pi: Es una minicomputadora de bajo costo diseñado para poder ejecutar diversas aplicaciones básicas como si lo hiciera un ordenador tradicional. Gracias a su versatilidad y diseño compacto, ha permitido la creación de diversos proyectos. Entre sus usos más comunes encontramos el desarrollo de software, procesador de texto, reproductor de video, navegador de internet, reproductor juegos, etc. (Sheth et al., 2020)

La versión más reciente es la Raspberry Pi 4 B+, tiene un procesador Quad Core Cortex A-72 1,5 GHz, memoria RAM de 1, 2 o 4 Gb LPDDR4, 4 puertos USB (2 USB 2.0 y 2 USB 3.0), el sistema de alimentación es mediante conector USB tipo C, 1 puerto Giga Ethernet, 2 Micro HDMI, Bluetooth 5.0 y sus 40 pines GPIO permiten conectar una gran variedad de dispositivos sensores y/o actuadores. (Vaidya et al., 2017)

MATERIALES Y MÉTODO

El laboratorio de pruebas para equipos de domótica, está dividido por cuatro categorías: Sensores, Actuadores, Controlador e Interfaz (Ver figura 2).



FIGURA 2
Categorías del Laboratorio de Pruebas
Autores

Sensores

En el laboratorio de pruebas se instalan dos sensores que se comunican a través del protocolo Z-Wave.

Fibaro FGMS-001ZW5: Es un sensor multifuncional de pequeñas dimensiones y se puede obtener datos de temperatura, si existe algún movimiento y datos de luminosidad. Además, posee una batería incorporada lo que lo convierte en un equipo favorable ante lugares que no poseen un tomacorriente cercano.

Ecolink Door/Window: Es un sensor que se puede implementar, tanto en puertas como en ventanas para detectar si se encuentra abierta o cerrada. Al igual que el equipo anterior, este también posee una batería adjunta.

Actuadores

Hay cuatro actuadores instalados y la comunicación es a través del estándar 802.11.

Tp-Link HS103: Es un tomacorriente inteligente, compacto y simple de usar, proveniente de la línea Kasa Smart de Tp-Link, se puede controlar de forma remota mediante la interfaz del sistema, como también por comando de voz con el Amazon Echo.

Tp-Link HS200: Este interruptor se utiliza para controlar cualquier tipo de bombilla de luz, se puede generar acciones como el de encender o apagar la luz, como también programar un temporizador en el cual, dependiendo el horario establecido, este ejecutará la acción de encender o apagar.

Nexxt Smart Wi-Fi Led Color Bulb: Esta es una bombilla inteligente de la marca Nexxt, realiza acciones desde encender o apagar, hasta acciones más avanzadas como cambiar la intensidad de la luz o el color de la bombilla.

Xiaomi Cámara Mijia 1080P: Esta cámara de vigilancia IP proporciona un mejor control y seguridad de todo lo que pasa dentro o fuera del domicilio, ya que posee la característica de visión nocturna, esta cámara tiene 130 grados de ángulo de visión.

Broadlink RM PRO: Este es un dispositivo capaz de enviar ordenes mediante señales infrarrojos, para aquellos equipos que son compatibles con ese funcionamiento.

Sonoff Pow R2: Este actuador posee la característica de poder capturar los valores de potencia, corriente y tensión durante el encendido del dispositivo conectado.

Controlador e Interfaz.

El controlador es el cerebro del proyecto y está representado en tres dispositivos.

Amazon Echo (3era Gen): Es un parlante inteligente de la marca Amazon, que será una interfaz para controlar el sistema, pero por comando de voz. Se ejecutan acciones como encender el sistema de iluminación, reproducir música, hacer la lista de compras, recordatorios, entre los principales.

Raspberry Pi 3 Modelo B+: Esta es la versión mejorada de la 3era generación del minicomputador antes mencionado, posee un procesador Cortex-A53 (ARMv8) de 4 núcleos, 1 GB de memoria RAM, requerimientos que son suficientes para poder trabajar como servidor de Home Assistant.

Aeotec Z-Stick Gen5: Para poder ejecutar el protocolo de comunicación Z-Wave dentro del sistema, se requiere un Gateway para controlar y automatizar todos los dispositivos compatibles con dicho protocolo.

En la tabla 1 se detalla la lista de dispositivos que fueron instalados en el laboratorio de pruebas, con sus respectivas cantidades.

TABLA 1.
Dispositivos instalados

ELEMENTO	CANTIDAD
Fibaro FGMS-001ZW5	1
Ecolink Door/Window	1
Tp-Link HS103	2
Tp-Link HS200	1
Nexxt Smart Wi-Fi Led Color Bulb	1
Xiaomi Cámara Mijia 1080P	1
Broadlink RM PRO	1
Sonoff Pow R2	1
Amazon Echo (3era Gen)	1
Raspberry Pi 3 Modelo B+	1
Aeotec Z-Stick Gen5	1
Tarjeta Micro SD (32GB)	1
Fuente de voltaje 3.0A (Tipo C)	1
Fuente de voltaje 2.5 ^a (Micro USB)	1
Volton Ojo de Buey Cuadrado Flat Led	1

Autores

Diseño de Maqueta.

Tal como se muestra en la figura 3, el laboratorio de prueba está fabricado con tecnología de impresión 3d, permitiendo un mejor acabado y facilidad de instalación en los distintos equipos domóticos. Su construcción permite que sea escalable en lo que respecta al incremento de sensores o actuadores.



FIGURA 3
Maqueta del Laboratorio de Pruebas
Autores

Esquema de interconexión de dispositivos.

Para la interconexión de los diferentes equipos del Laboratorio de Pruebas, se diseñó un esquema tal como muestra en la figura 4, el usuario puede ingresar a la interfaz de Home Assistant desde cualquier parte del mundo, de esa forma controla y monitorea lo que ocurre en el hogar.

En los sensores, el mecanismo de emisión de datos es a través del protocolo de comunicación Z-Wave y esto es posible gracias al Gateway que se encuentra conectado en uno de los puertos USB de la Raspberry Pi.

Por otra parte, los actuadores están recibiendo y generando órdenes a través del estándar 802.11, el cual no requiere de un Gateway intermediario, como en el caso anterior.



FIGURA 4.
Esquema del Laboratorio de Pruebas.
Autores

Diseño de Interfaz.

La interfaz del Laboratorio de Pruebas posee 3 HADashboard con diseños intuitivos, pero con funciones diferentes.

El primero, (Ver figura 5) está enfocado al manejo general del proyecto, a través de un plano a escala se muestran todos los dispositivos disponibles para interactuar. Los botones poseen 2 estados (Encendido y Apagado), representado por los colores verde y rojo respectivamente.

En la tabla 2 se detalla la lista de iconos de la interfaz, con sus respectivas descripciones.



FIGURA 5.
Primera Interfaz
Autores

TABLA 2
Tabla de Íconos

Nombre	Icono	Descripción
Iluminación		Se utiliza para prender o apagar los foco de la oficina a través del Nexxt Smart Wi-Fi LED y Kasa Smart Wi-Fi Light Switch (HS200)
Computadora		Estos 2 botones, activan los enchufes Kasa Smart Wi-Fi Plug Lite (HS103)
Microondas		con el objetivo de poder prender o apagar los equipos.
Televisor		Estos botones van al actuador Broadlink RM PRO,
Split		debido a su manejo con las señales infrarrojos.
Persiana		
Ventilador		Se activa un ventilador con el propósito de monitorear el consumo eléctrico.
Sistema de Seguridad		Se utilizará con el objetivo de notificar el estado actual del sistema de seguridad de la oficina.

Autores

El segundo HADashboard, (Ver figura 6) se encuentra dividido por tres columnas, el primero muestra las imágenes en tiempo real de las cámaras de seguridad, la segunda columna aparece un panel numérico que sirve para activar o desactivar el sistema de alarma y en la última columna se encuentra dos paneles informativos.



FIGURA 6
Segunda Interfaz
Autores

En referencia al tercer HADashboard (Ver figura 7), su diseño está enfocado en mostrar con gráficos estadísticos los valores de consumo eléctrico que fueron generados durante el día o mes. De esa forma se puede monitorear el consumo energético y aplicar técnicas de ahorro de energía activando los equipos sólo por el tiempo necesario, aumentando la eficiencia de los sistemas de climatización o mediante el uso de energías renovables como la solar fotovoltaica o eólica.



FIGURA 7.
Tercera Interfaz
Autores

Modos de funcionamiento y monitoreo

El laboratorio de pruebas de domótica está diseñado para que el usuario pueda acceder al sistema de forma local (ver figura 8), como también desde cualquier parte del mundo (ver figura 9), ya que se encuentra enlazado con Home Assistant Cloud, dicho servicio está desarrollado por los mismos fundadores de Home Assistant.

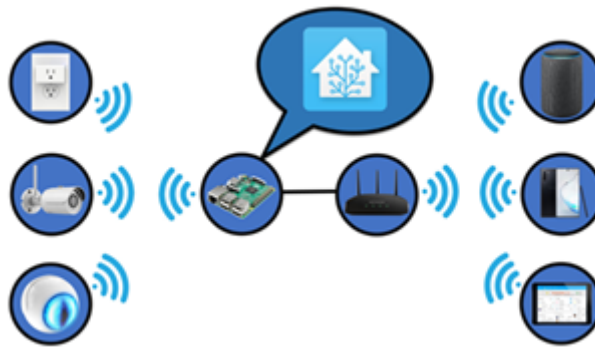


FIGURA 8.
Funcionamiento interno
Autores



FIGURA 9
Funcionamiento y monitoreo externo
Autores

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los datos del voltaje de entrada proporcionado por la red eléctrica se midieron con el dispositivo Sonoff Pow R2. La recolección de datos se realizó en un lapso de 8 horas, tal como se muestra en la tabla 3, con el propósito de verificar si existen picos de voltaje que pudieran dañar los dispositivos, los datos fueron tomados desde las 09:00 hasta 18:00 del mismo día.

TABLA 3
Primera recolección de datos

HORA	Sonoff Pow R2 VOLTAJE "V"
9:00:00	121,11
10:00:00	119,22
11:00:00	119,64
12:00:00	118,38
13:00:00	116,73
14:00:00	118,98
15:00:00	119,86
16:00:00	119,89
17:00:00	120,25
18:00:00	119,53

Autores

Como se aprecia en la figura 10, los resultados obtenidos de la medición de los valores de voltaje de alimentación, muestra variaciones con picos de voltaje durante la primera y penúltima hora del análisis, esto provocaría que existiera daños irreparables en cualquier dispositivo o equipo que se encuentre conectado a la red eléctrica, por ese motivo se decidió implementar reguladores de voltaje.



FIGURA 10.
Gráfico de la primera recolección de datos

Autores

Para la segunda toma de muestra, se utilizó el sensor Fibaro FGMS-001ZW5, con la finalidad de analizar los cambios de temperatura al interior del hogar, (ver tabla 4) y así poder realizar el control de temperatura accionando los equipos de climatización y además conseguir ahorro energético.

TABLA 4.
Segunda recolección de datos

HORA	TEMPERATURA "°C"
9:00:00	25,7
10:00:00	23,4
11:00:00	26,2
12:00:00	24,2
13:00:00	23,2
14:00:00	23,2
15:00:00	25,6
16:00:00	26,8
17:00:00	26,8
18:00:00	26,8

Autores

En los resultados obtenidos de este segundo análisis, se puede observar que existe un cambio temperatura muy fuerte durante las 14:00 hasta las 16:00, (Ver figura 11) reflejando una elevación de casi 4 °C, aunque cabe recalcar que la temperatura normal del lugar es de 25 °C, por ese motivo se decidió realizar una automatización que permita reducir la temperatura a partir de las 14:00 hasta 16:00hrs.



FIGURA 11.
Gráfico de la segunda recolección de datos
Autores

CONCLUSIONES

El laboratorio de pruebas implementado, permitirá a los estudiantes de ingeniería de Software de la Universidad Estatal de Milagro realizar prácticas de comunicación con diferentes dispositivos de domótica y diseño de interfaz de usuario para monitoreo y control, tanto en forma local como remota.

Los estudiantes también tendrán la posibilidad de desarrollar sus propios equipos de domótica de bajo costo, ya que el software Home Assistant permite la compatibilidad con otros microcontroladores, la mayoría

de equipos de domótica trae su propia interfaz, pero Home Assistant hace posible que se puedan integrar y de esa forma tener una interfaz con la comunicación de todos los equipos.

Aunque actualmente los costos de equipos de domótica aún son elevados, sin embargo, a medida que se vayan implementando en más hogares al ver sus beneficios en confort y seguridad, los costos irán disminuyendo y serán más accesibles.

Algo que preocupa a muchos usuarios es disminuir el consumo energético de los dispositivos, y esto es lo que se consigue con la domótica ya se controla el tiempo de activación de los equipos sólo cuando sea necesario, se programa el funcionamiento por horas establecidas y control eficiente de los equipos de climatización en función de las condiciones ambientales. En seguridad se puede monitorear en tiempo real lo que sucede en el interior y exterior del hogar y activar equipos desde cualquier lugar donde se encuentre el usuario con acceso a internet.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adiono, T., Tandian, B., Fuada, S., Muttaqin, R., Fathany, M. Y., Adijarto, W., & Harimurti, S. (2017). Prototyping design of IR remote controller for smart home applications. IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON, 2017-December, 1304-1308. <https://doi.org/10.1109/TENCON.2017.8228059>
- Babun, L., Aksu, H., Ryan, L., Akkaya, K., Bentley, E. S., & Uluagac, A. S. (2020). Z-IoT: Passive Device-class Fingerprinting of ZigBee and Z-Wave IoT Devices. IEEE International Conference on Communications, 2020-June. <https://doi.org/10.1109/ICC40277.2020.9149285>
- Chatterjee, R., Mazumdar, S., Sherratt, R. S., Halder, R., Maitra, T., & Giri, D. (2021). Real-Time Speech Emotion Analysis for Smart Home Assistants. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 67(1), 68-76. <https://doi.org/10.1109/TCE.2021.3056421>
- Cultice, T., Ionel, D., & Thapliyal, H. (2020). Smart Home Sensor Anomaly Detection Using Convolutional Autoencoder Neural Network. Proceedings - 2020 6th IEEE International Symposium on Smart Electronic Systems, iSES 2020, 67-70. <https://doi.org/10.1109/iSES50453.2020.00026>
- Gong, J., Tan, C., Liu, L., & Zhou, L. (2016). A new monitoring system of portable microcomputer injection pumps based on Z-Wave. Proceedings - 2016 8th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, ICMTMA 2016, 19-21. <https://doi.org/10.1109/ICMTMA.2016.14>
- Hasan, M., Biswas, P., Bilash, M. T. I., & Dipto, M. A. Z. (2018). Smart home systems: Overview and comparative analysis. Proceedings - 2018 4th IEEE International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks, ICRCICN 2018, 264-268. <https://doi.org/10.1109/ICRCICN.2018.8718722>
- Huang, B. (s. f.). Enabling Edge Cloud Intelligence for Activity Learning in Smart Home.
- Kang, B., Kim, S., Choi, M. I., Cho, K., Jang, S., & Park, S. (2017). Analysis of types and importance of sensors in smart home services. Proceedings - 18th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, 14th IEEE International Conference on Smart City and 2nd IEEE International Conference on Data Science and Systems, HPCC/SmartCity/DSS 2016, 1388-1389. <https://doi.org/10.1109/HPCC-SmartCity-DSS.2016.0196>
- Kang, B., Kim, S., Choi, M. I., Cho, K., Jang, S., Park, S., Effat University, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Adiono, T., Tandian, B., Fuada, S., Muttaqin, R., Fathany, M. Y., Adijarto, W., Harimurti, S., Madhu, G. M., Vyjayanthi, C., Babun, L., Aksu, H., ... Thapliyal, H. (2018). Implementation of Cost Effective Smart Home Controller with Android Application Using Node MCU and Internet of Things (IOT). IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON, 2017-December, 1-5. <https://doi.org/10.1109/TENCON.2017.8228059>
- Linh An, P. M., & Kim, T. (2018). A Study of the Z-Wave Protocol: Implementing Your Own Smart Home Gateway. 2018 3rd International Conference on Computer and Communication Systems, ICCCS 2018, 462-466. <https://doi.org/10.1109/CCOMS.2018.8463281>

- Madhu, G. M., & Vyjayanthi, C. (2019). Implementation of Cost Effective Smart Home Controller with Android Application Using Node MCU and Internet of Things (IOT). 2nd International Conference on Energy, Power and Environment: Towards Smart Technology, ICEPE 2018, 1-5. <https://doi.org/10.1109/EPETSG.2018.8659128>
- Mazhar, M. H., & Shafiq, Z. (2020). Characterizing Smart Home IoT Traffic in the Wild. <http://arxiv.org/abs/2001.08288>
- Medrano, J., & Lin, F. J. (2019). Enabling machine learning across heterogeneous sensor networks with graph autoencoders. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 11912 LNCS, 153-169. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34255-5_11
- Saxena, S., Jain, S., Arora, D., & Sharma, P. (2019). Implications of MQTT connectivity protocol for iot based device automation using home assistant and OpenHAB. Proceedings of the 2019 6th International Conference on Computing for Sustainable Global Development, INDIACom 2019, 475-480.
- Sheth, M., Trivedi, A., Suchak, K., Parmar, K., & Jetpariya, D. (2020). Inventive fire detection utilizing raspberry Pi for new age home of smart cities. Proceedings of the 3rd International Conference on Smart Systems and Inventive Technology, ICSSIT 2020, Icssit, 724-728. <https://doi.org/10.1109/ICSSIT48917.2020.9214108>
- Sikder, A. K., Babun, L., Celik, Z. B., Acar, A., Aksu, H., McDaniel, P., Kirda, E., & Uluagac, A. S. (2019). Multi-User Multi-Device-Aware Access Control System for Smart Home. <http://arxiv.org/abs/1911.10186>
- Tan, J. Y., Ker, P. J., & Abdullah, A. (2017). Smart home design with XBee Wi-Fi and Android-based graphical user interface. Proceedings - 14th IEEE Student Conference on Research and Development: Advancing Technology for Humanity, SCORED 2016, 0-4. <https://doi.org/10.1109/SCORED.2016.7810055>
- Ullah, M., Nardelli, P. H. J., Wolff, A., & Smolander, K. (2020). Twenty-one key factors to choose an IoT platform: Theoretical framework and its applications. c, 1-9. <http://arxiv.org/abs/2004.04924>
- Vaidya, B., Patel, A., Panchal, A., Mehta, R., Mehta, K., & Vaghasiya, P. (2017). Smart home automation with a unique door monitoring system for old age people using Python, OpenCV, Android and Raspberry pi. Proceedings of the 2017 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2017, 2018-January, 82-86. <https://doi.org/10.1109/ICCONS.2017.8250582>
- Verma, M., Bhambri, S., Gupta, S., & Buduru, A. B. (2019). Making Smart Homes Smarter: Optimizing Energy Consumption with Human in the Loop. <http://arxiv.org/abs/1912.03298>
- Wen, X., & Wang, Y. (2018). Design of smart home environment monitoring system based on raspberry Pi. Proceedings of the 30th Chinese Control and Decision Conference, CCDC 2018, 4259-4263. <https://doi.org/10.1109/CCDC.2018.8407864>