

# Control de sensores de presencia de equipo de cómputo usando Alexa e IoT

J. I. Vega-Luna<sup>1</sup>, M. A. Lagos-Acosta<sup>1</sup>, G. Salgado-Guzmán<sup>1</sup>, J. F. Cosme-Aceves<sup>1</sup>,  
V. N. Tapia-Vargas<sup>1</sup>.

**Resumen**—El objetivo de este trabajo fue diseñar y construir un sistema para activar un grupo de cuatro sensores de presencia de un centro de datos usando el asistente de voz Alexa de Amazon. La comunicación con el asistente se realizó utilizando un altavoz Echo o con la aplicación móvil de Alexa a través de un módulo embebido ESP32-WROOM. El módulo embebido fue programado en Micro Python para establecer un servidor web y configurarlo en modo de escucha e implantar el protocolo UPnP a fin de emular un dispositivo WeMo que permita controlar los sensores remotamente. Una vez que Alexa ha detectado al módulo embebido, puede transmitir los comandos a ejecutar en los sensores. La contribución de este trabajo es que, por medio de un sistema de bajo costo, pueden controlarse hasta ocho dispositivos no inteligentes que no puedan comunicarse directamente con Alexa. Las pruebas realizadas indicaron que la comunicación WiFi entre el altavoz y el sistema embebido es 32 metros con línea de vista usando la antena integrada al dispositivo embebido y 73 metros con una antena externa conectada. El sistema puede usarse diferentes tipos de recintos como industrias y laboratorios para el manejo remoto de productos o sustancias peligrosas.

**Palabras claves**—Alexa, ESP32-WROOM, Micro Python, sensores de presencia, WeMo, WiFi.

**Abstract**—The objective of this work was to design and build a system to activate a group of four presence sensors in a data center using Amazon's Alexa voice assistant. Communication with the assistant was done using an Echo speaker or with the Alexa mobile app through an ESP32-WROOM embedded module. The embedded module was programmed in Micro Python to establish a web server and configure it in listening mode and implement the UPnP protocol in order to emulate a WeMo device that allows to control the sensors remotely. Once Alexa has detected the embedded module, it can transmit the commands to execute on the sensors. The contribution of this work is that, through a low-cost system, up to eight non-smart devices that cannot communicate directly with Alexa can be controlled. The tests carried out indicated that the WiFi communication between the speaker and the embedded system is 32 meters with line of sight using the antenna integrated to the embedded device and 73 meters with an external antenna connected. The system can be used in different types of premises such as industries and laboratories for the remote handling of hazardous products or substances.

**Keywords**—Alexa, ESP32-WROOM, Micro Python, presence sensors, WeMo, WiFi.

## I. INTRODUCCIÓN

El concepto de Internet de las cosas (IoT-Internet Of Things) se refiere a todo lo que está conectado a la Internet, como

sensores, actuadores, teléfonos inteligentes, electrodomésticos y dispositivos portátiles conectados entre sí. Al comunicar estos dispositivos con sistemas automatizados, es posible recopilar información, analizarla y crear una acción, para ejecutar una tarea en particular. La IoT permite que los dispositivos se comuniquen unos con otros, proporcionando la posibilidad de usar diferentes tipos de redes para crear un mundo más conectado. Cada dispositivo reúne información para un propósito específico útil, impactando en el comportamiento de la sociedad global [1].

En las aplicaciones industriales, los sensores de las líneas de producción pueden aumentar la eficiencia y reducir las pérdidas. Estudios realizados estiman que el 35% de los fabricantes usan datos de sensores inteligentes en ambientes industriales. La IoT representa la oportunidad de lograr mayor productividad en la forma en que se hacen las cosas ahorrando tiempo y recursos con procesos eficientes. Permite a las empresas e instituciones analizar la forma en que prestan servicios y producen bienes, aumentando cada día la cantidad y diversidad de dispositivos de IoT [2]. La pandemia de COVID 19 ha generado la necesidad del uso de ciertas tecnologías de control y acceso remoto a variables de diferentes tipos de procesos y áreas de trabajo. Una de estas áreas son los centros de datos o centros de proceso de datos (CPD).

El gran volumen de datos que se manejan en los CPD y la creciente necesidad de uso y análisis en tiempo real está transformando su operación. La arquitectura de este tipo de instalaciones se está adaptando a las condiciones por las que está pasado el planeta. Los CPD están ampliando su funcionamiento a la nube pública, tanto para procesar, analizar y almacenar altos volúmenes de información como para controlar su operación a través de la IoT. Una de las herramientas que se está incorporando al control remoto de dispositivos usando la IoT son los asistentes de voz [3].

En las salas de equipo de los CPD se encuentra el equipo de cómputo y telecomunicaciones de clientes y usuarios. El acceso a estas áreas está controlado a través de diferentes mecanismos de seguridad. Solo está permitido el acceso a operadores, administradores y personal de mantenimiento. Todos los CPD cuentan con sistemas de video vigilancia permanente. Sin embargo, existen equipos cuyo acceso es sumamente restringido ya sea por el tipo de: información que almacenan o procesan, contrato del usuario, características del equipo y políticas de seguridad, entre otras razones. Solo personal autorizado puede abrir los gabinetes donde está

instalado el equipo. Los gabinetes cuentan dispositivos de seguridad que en muchos casos son sensores que activan una alarma cuando se detecta la presencia de personas en el perímetro. No obstante, en algunas ocasiones es necesario desactivar temporalmente de forma remota los sensores cuando se llevan a cabo las tareas por ejemplo de mantenimiento [4].

Una manera de manipular remotamente dispositivos como los sensores de presencia es a través de un asistente de voz. Los asistentes de voz están constituidos por un conjunto de programas usados para el reconocimiento de voz basados en la inteligencia artificial y el aprendizaje de máquinas [5]. Se usan para reconocer comandos de voz y ejecutar alguna tarea o proporcionar un servicio a través de una aplicación. Están integrados en diferentes tipos de dispositivos y plataformas como teléfonos móviles y altavoces inteligentes. Cada vez más sectores de la sociedad, como el de la salud y la industria automotriz, están haciendo uso de la tecnología de reconocimiento de voz. El primer asistente virtual digital estándar en un teléfono inteligente fue Siri de Apple. Posteriormente, apareció Google Now, el asistente de Google, en la plataforma Android. Más tarde, surgieron los asistentes de voz Alexa de Amazon y Hey Google de Google Home. De forma similar, Samsung tiene a Bixby, IBM a Watson y Microsoft a Cortana, entre otros [6].

El asistente de voz más exitoso en la actualidad es Alexa. Uno de los altavoces de Amazon en la que está disponible Alexa es la serie de dispositivos Echo. Alexa permite realizar distintas tareas y controlar dispositivos de diferente tipo. Alexa se encuentra disponible también en dispositivos, de otros proveedores, compatibles como altavoces, televisores, automóviles y en sistemas portátiles. Alexa permite reproducir música, proporcionar información del clima y del tráfico, entregar noticias y controlar dispositivos inteligentes como electrodomésticos y contactos eléctricos [7]. Alexa se conecta a la nube de Amazon para ampliar la información que entrega de forma precisa y se ha convertido en un mecanismo de control inteligente, ya que cuando un dispositivo se conecta a Alexa se puede acceder a él a través de cualquier altavoz que admita los comandos de voz. Alexa se puede invocar también desde una aplicación que se ejecuta en un dispositivo móvil [8].

A pesar de lo anterior, existen dispositivos en determinados ambientes, como laboratorios, industrias y centros de datos, que no son inteligentes ni compatibles con Alexa. Sin embargo, es posible conectar a un módulo embebido casi cualquier tipo de dispositivo no inteligente y realizar la programación para llevar cabo la comunicación con Alexa para acceder y controlar el dispositivo remotamente usando el asistente de voz [9].

Un módulo embebido es un sistema de hardware, basado en un microcontrolador y en software usado para realizar una

función dedicada, ya sea como un sistema independiente o como parte de un sistema mayor. La complejidad de un módulo embebido varía según la tarea para la que está diseñado. Las aplicaciones del módulo embebido van desde teléfonos inteligentes hasta vehículos híbridos y aviónica. Algunos de ellos incorporan procesadores de señales digitales (DSP-Digital Signal Processing), una matriz de compuertas lógicas programable en campo (FPGA-Field Programmable Gate Array) y unidades de procesamiento gráfico (GPU- Graphics Processing Unit). La programación de estos sistemas permite la conexión con el mundo exterior a través de diferentes interfaces y periféricos para vincular dispositivos de entrada y salida.

Hoy en día, existe en el mercado una diversidad de módulos embebidos que incorporan controladores poderosos, transeptores inalámbricos de diferentes tecnologías y una cantidad considerable de terminales de entrada/salida e interfaces para acceder diferentes tipos de sensores y actuadores. Estos módulos usan sistemas operativos y lenguajes de programación potentes que permiten al usuario desarrollar aplicaciones enfocadas a la IoT de manera eficiente y rápida. Una forma de comunicar el módulo embebido con Alexa es realizar la programación para que el primero emule un dispositivo WeMo y entablar el diálogo usando el protocolo Universal Plug and Play (UPnP) [10]. WeMo es una subsidiaria de Belkin y proporciona un conjunto de dispositivos inteligentes compatibles con Alexa empleados para controlar aparatos domésticos remotamente. Estos dispositivos incluyen sensores de movimiento, cámaras, lámparas y contactos eléctricos, entre otros, que en muchos casos no son de precio bajo. Una ventaja de emular un dispositivo WeMo es la posibilidad de conectar al módulo embebido varios dispositivos a controlar no inteligentes y disminuir el costo de la aplicación [11].

El realizar el objetivo del trabajo aquí presentado, fue usar el concepto de IoT para activar un grupo de cuatro sensores de presencia periférica instalados en un conjunto de gabinetes de equipo de cómputo de uso restringido en un CPD a través del asistente de voz de Alexa. La aplicación desarrollada implanta el protocolo UPnP para que el módulo embebido ESP32-WROOM sea visto por el asistente como un dispositivo inteligente y poder dialogar y ejecutar una acción sobre los sensores.

El protocolo UPnP permite a dispositivos periféricos como impresoras, puertas de enlace, puntos de acceso WiFi y computadoras descubrir la presencia de otros dispositivos y llevar a cabo la comunicación a través de la red; se considera una extensión de la tecnología plug and play usada para conectar dispositivos directamente sin necesidad de una configuración realizada desde una computadora. El protocolo UPnP es una combinación del protocolo de objetos del tipo SOAP y del lenguaje XML [12].

Haciendo una revisión de las investigaciones y desarrollos con asistentes de voz e IoT llevados a cabo durante los últimos años, se puede encontrar una cantidad importante de aplicaciones en distintos campos de la sociedad. Algunos trabajos realizados se han dirigido a la enseñanza y educación [13], al control de dispositivos de IoT por voz [14-15], a la automatización de vehículos autónomos [16-17], al cuidado de la salud [18], al monitoreo de hogares, oficinas [19], medio ambiente, interiores [20-21] y calidad del agua [22], así como a la supervisión de recintos de almacenamiento de residuos tóxicos [23]. Se han generado también sistemas para el control de vías de ferrocarril [24], para la supervisión de transporte público controlados por voz [25] y para notificación y alerta de contingencias como fuego y sismos [26].

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

El sistema realizado está integrado por dos componentes: el módulo embebido ESP32-WROOM y la interfaz eléctrica, como se muestra el diagrama de bloques funcional de la Figura 1.

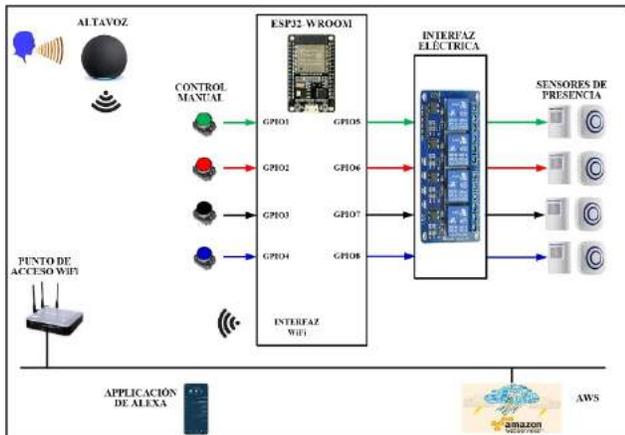


Figura 1. Diagrama funcional del sistema

A. El módulo embebido ESP32-WROOM

El módulo ESP32-WROOM es de tecnología reciente dirigido al desarrollo de aplicaciones de IoT, codificación de voz, transmisión de video y audio en tiempo real, decodificación MP3 y redes de sensores de bajo consumo de energía, entre otras. El ESP32-WROOM incorpora un SoC (System On a Chip) con una CPU LX6 de dos núcleos de 32 bits. Se alimenta con 3.3 V, consume 80 mA en promedio e integra los siguientes recursos de hardware suficientes para la implantación del sistema presentado: interfaces para memoria SD, UART, SPI, I<sup>2</sup>C, IR y PWM, así como transceptores 802.11 b/g/n (802.11n hasta 150 Mbps), Wi-Fi, Bluetooth v4.2 y BLE.

Adicionalmente, el módulo embebido ESP32-WROOM cuenta con 39 entradas/salidas de propósito general (GPIO-General Purpose Input/Output), memoria ROM para boot de 448 KB y memoria RAM de 520 KB.

La programación del módulo embebido consistió en implantar las acciones del protocolo UPnP, indicadas en la Figura 2, para llevar a cabo el diálogo con el asistente de voz y ejecutar la acción solicitada por el usuario sobre el grupo de sensores. Esta programación se desarrolló usando el ambiente de desarrollo (IDE-Integrated Development Environment) de Arduino y se basó en el diagrama de flujo de la Figura 3.



Figura 2. Comunicación entre el asistente Alexa y el ESP32-WROOM

Inicialmente, se configuran las terminales GPIO y la interfaz WiFi. Para configurar y acceder a la interfaz WiFi se usó la biblioteca de funciones Wifi.h. Posteriormente, se definen los objetos globales y las características correspondientes. Las características indican el nombre de los objetos, las acciones o comandos y las funciones de callback a invocar para ejecutar en los objetos las acciones, ordenadas por el usuario.

A continuación, la programación entra a modo de espera para llevar a cabo el diálogo con el asistente de Alexa usando el protocolo UPnP. El diálogo inicia cuando el usuario indica al asistente de voz de Alexa que descubra los dispositivos compatibles conectados a la red WiFi. En ese momento, el asistente transmitirá un mensaje de broadcast encapsulado en un datagrama UDP (User Datagram Protocol) solicitando la conexión con el módulo embebido.

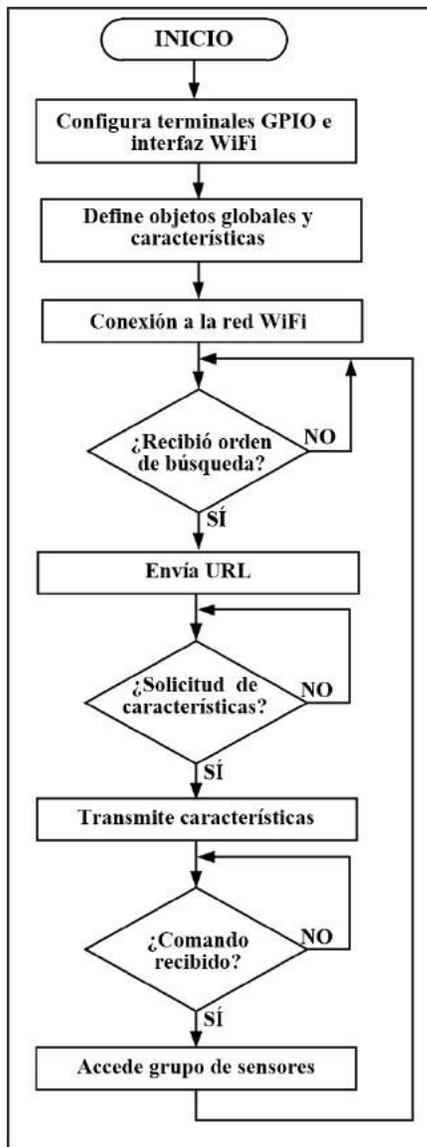


Figura 3. Diagrama de flujo de la programación

El módulo embebido responderá transmitiendo su identificador URL (Uniform Resource Locator-Localizador de Recursos Uniforme) en un mensaje del protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol-Protocolo de transferencia de hipertexto) usando UDP.

Acto seguido, el asistente solicitará las características de los objetos por medio de un mensaje HTTP encapsulado en un segmento TCP. Posteriormente, el módulo embebido responderá transmitiendo al asistente las características, usando un mensaje HTTP.

El nombre de los objetos y acciones invocados por el usuario con la voz, contenidos en las características, se registran en la nube Amazon Web Services (AWS). En este trabajo se definió un objeto cuyo nombre es Sensores A, el

cual agrupa los cuatro sensores asociados al conjunto de gabinetes de equipo de cómputo. Las acciones realizadas sobre el grupo de sensores son “encender” y “apagar”.

De esta forma, en el momento que el usuario indique al asistente de voz las órdenes “Alexa, enciende Sensores A” o “Alexa, apaga Sensores A”, el asistente transmitirá la orden al servidor de AWS para validarla y generar el comando correspondiente. Una vez que el asistente recibe el comando correspondiente, lo envía al módulo embebido a través de un mensaje HTTP usando el formato del protocolo de objetos del tipo soap y el protocolo TCP.

Finalmente, después de ejecutar la acción proporcionada en el comando, el módulo embebido, envía la confirmación al asistente mediante una respuesta del protocolo soap contenida en un mensaje HTTP y el asistente indica al usuario que se ha realizado la tarea.

El usuario del sistema aquí presentado puede usar alternativamente la aplicación de Alexa, la cual se puede ejecutar en un dispositivo móvil, para descubrir el módulo embebido y realizar las acciones sobre el grupo de sensores.

### B. La interfaz eléctrica

Se usaron cuatro terminales GPIO del módulo ESP32-WROOM, configuradas como salidas, para acceder la interfaz eléctrica y encender el grupo de sensores. De manera similar, el sistema cuenta con cuatro interruptores conectados a la misma cantidad de terminales GPIO configuradas como entradas. Los interruptores permiten manipular de forma manual y selectiva el estado de los sensores cuando se presente algún problema en la comunicación WiFi entre el sistema y el asistente de voz.

La interfaz eléctrica entre el módulo ESP32-WROOM y el grupo de sensores se realizó utilizando el módulo de cuatro canales de 5 V/125 VAC-250 VAC. Este módulo integra cuatro relevadores tipo SRD-05VDC-SL-C de un polo dos tiros y un opto-acoplador en cada relevador para aislar el circuito digital, en esta aplicación es el dispositivo embebido ESP32-WROOM, del sector de potencia. Los relevadores se alimentan con 5 V, la entrada IN de cada uno de ellos se activa por medio de una terminal GPIO del módulo ESP32-WROOM, configurada como salida, lo cual permite encender los sensores. Los sensores se encuentran conectados a las salidas normalmente abiertas (NO) de los relevadores tal y como se muestra en la Figura 4.

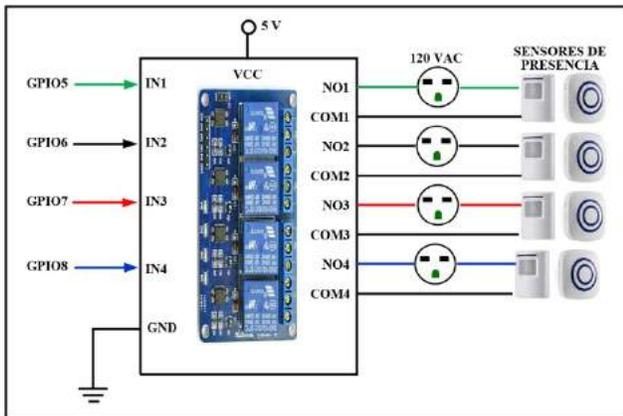


Figura 4. Interfaz eléctrica del sistema

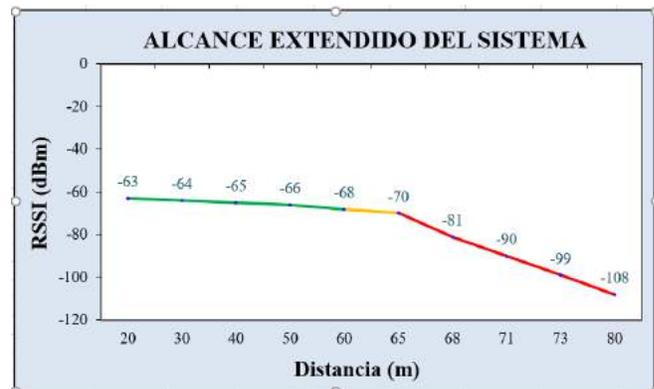


Figura 5. Alcance de la comunicación extendida del sistema.

### III. RESULTADOS

Las pruebas realizadas tuvieron como fin determinar el alcance de la transmisión entre el sistema desarrollado y un altavoz Amazon Echo Dot de cuarta generación. En primera instancia, para llevar a cabo la comunicación WiFi entre el sistema y el altavoz, se usó la antena integrada al módulo ESP32-WROOM, el cual se instaló en el conjunto de gabinetes de equipo de cómputo con línea de vista hacia el punto de acceso del CPD. Las pruebas consistieron en ubicar el altavoz a diferentes distancias del punto de acceso y ordenar al sistema el encendido de los sensores. La comunicación entre el altavoz y el sistema se ejecutó correctamente y se perdió hasta que la distancia del altavoz al punto de acceso fue 32 metros.

Posteriormente, para incrementar el alcance del sistema, se conectó al módulo ESP32-WROOM un módulo Nrf24101+Pa+Lna con antena externa WiFi, cuyas características principales son las siguientes: tasa de transmisión de +20 dBm, sensibilidad de recepción  $\leq -95$ dBm y alcance de 100 metros con línea de vista. Al localizar el altavoz a diferentes distancias se determinó que el alcance del sistema fue 73 metros con línea de vista, un poco menor al valor nominal indicado por el fabricante de la antena. Durante las pruebas se midió el valor del indicador de potencia de la señal recibida (RSSI-Received Signal Strength Indication) empleando la aplicación NetSpot 2.13.735.0. La gráfica de la Figura 5 muestra los valores del RSSI del segundo grupo de pruebas, el cual disminuye considerablemente después de 65 metros hasta que la comunicación se pierde a 73 metros. La funcionalidad del sistema se probó también usando la aplicación móvil de Alexa, cuya interfaz de usuario se muestra en la Figura 6.

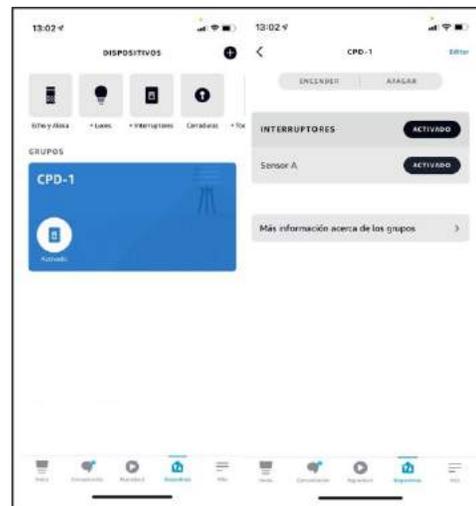


Figura 6. Interfaz de usuario de Alexa

### IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Se diseñó un sistema que permite encender remotamente, a través de un asistente de voz, los sensores de presencia en el perímetro de gabinetes de un equipo de cómputo. La aplicación evita que el administrador del CPD se desplace al lugar donde están instalados los gabinetes y encender los sensores uno por uno, lo cual agiliza la operación y hace más eficiente y segura la manipulación de los sensores.

Si bien, la comunicación WiFi entre el sistema y el altavoz se realiza usando el mismo segmento de red, el alcance logrado en las pruebas puede aumentarse usando uno o más repetidores o ruteadores WiFi. El sistema puede replicarse en el CPD para controlar la activación de otro conjunto de sensores o en otro tipo de instalaciones para acceder a otra clase de dispositivos. En ambas situaciones no hay necesidad de modificar el diseño y operación, solo indicar en la programación el nombre de los objetos y acciones a ejecutar.

## V. REFERENCIAS

- [1] Qu, Y.; Du, S.; Li, S. y Meng, Y. (2020). "Automatic Permission Optimization Framework for Privacy Enhancement of Mobile Applications", *IEEE Internet of Things Journal* (Early Access), pp. 1-1.
- [2] Kuhn, R. y Khan, S. U. (2019). "Leading-Edge Technologies", *IT Professional*, Vol. 21, No. 6, pp. 4-5.
- [3] Courtney, M. (2017). "Careless talk costs privacy [Censorship Digital Assistants]", *Engineering & Technology*, Vol. 12, No. 10, pp. 50-53.
- [4] Emar, T. Z. y Huang, J. Z. (2020). "Distributed Data Strategies to Support Large-Scale Data Analysis Across Geo-Distributed Data Centers", *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 178526-178538.
- [5] Li, W.; Chen, Y., Hu, H. y Tang, C. (2020). "Using Granule to Search Privacy Preserving Voice in Home IoT Systems", *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 31957-31969.
- [6] Landay, J. A.; Oliver, N. y Song, J. (2019). "Conversational User Interfaces and Interactions", *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 18, No. 2, pp. 8-9.
- [7] Gibbs, W. W. (2017). "Build your own Amazon Echo-Turn a PI into a voice controlled gadget", *IEEE Spectrum*, Vol. 54, No. 5, pp. 20-21.
- [8] Gonzales, T. M. (2020). "Design for How People Think: Using Brain Science to Build Better Products: John Whalen [Book Review]", *IEEE Transactions on Professional Communication*, Vol. 63, No. 4, pp. 402-403.
- [9] Tubertini, F. (2019). "Comment: Graphene innovations will make future homes smart from the start", *Engineering & Technology*, Vol. 14, No. 9, pp. 20-20.
- [10] Liu, K. (2021). "On Manually Reverse Engineering Communication Protocols of Linux-Based IoT Systems", *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 8, No. 8, pp. 6815-6827.
- [11] Kim, S. (2017). "Appliance Recognition Unit for Home Energy Management System With UPnP Network", *IEEE Systems Journal*, Vol. 11, No. 4, pp. 2794-2803.
- [12] Kayas, G.; Hossain, M. y Payton, J. (2021). "SUPnP: Secure Access and Service Registration for UPnP-Enabled Internet of Things", *IEEE Internet of Things Journal* (Early Access), pp. 1-1.
- [13] Parthasarathi, S. H. K.; Sivakrishnan, N. y Ladkat P. (2019). "Realizing Petabyte Scale Acoustic Modeling", *IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems*, Vol. 9, No. 2, pp. 422-432.
- [14] Malik, K. M.; Javed, A. y Malik, H. (2020). "A Light-Weight Replay Detection Framework For Voice Controlled IoT Devices", *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, Vol. 14, No. 5, pp. 982-996.
- [15] "Do you need a smart microwave? [Opinion]" (2019), *IEEE Spectrum*, Vol. 56, No. 2, pp. 22-22.
- [16] Solorio, J. A.; Garcia-Bravo J. M. y Newell, B. A. (2018). "Voice Activated Semi-Autonomous Vehicle Using Off the Shelf Home Automation Hardware", *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 5, No. 6, pp. 5046-5054.
- [17] Madeo, D.; Pozzebon, A. y Mocenni, C. (2020). "A Low-Cost Unmanned Surface Vehicle for Pervasive Water Quality Monitoring", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 69, No. 4, pp. 1433-1444.
- [18] "Now hear this [Opinion]" (2019), *IEEE Spectrum*, Vol. 56, No. 4, pp. 21-21.
- [19] Alhasnawi, B. N. y Jasim, B. H. (2018). "SCADA controlled smart home using Raspberry Pi3", in *Proceedings International Conference on Advance of Sustainable Engineering and its Application*, pp. 1-6.
- [20] Kodali, R. K. y Sahu, A. (2016). "An IoT based weather information prototype using WeMos", in *Proceedings 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics*, pp. 612-616.
- [21] Hadj Irid, S. M.; Hadjila, M. y Adardour, H. E. (2019). "Design and Implementation of an IoT Prototype for the Detection of Carbon Monoxide", in *Proceedings 6th International Conference on Image and Signal Processing and their Applications*, pp. 1-5.
- [22] Memon, A. R.; Kulsoom Memon, S. y Memon, A. A. (2020). "IoT Based Water Quality Monitoring System for Safe Drinking Water in Pakistan", in *Proceedings 3rd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies*, pp. 1-7.
- [23] Memon, S. K.; Karim Shaikh, F. y Mahoto, N. A. (2019). "IoT based smart garbage monitoring & collection system using WeMos & Ultrasonic sensors", in *Proceedings 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies*, pp. 1-6.
- [24] Ahmed, A.; Noor, K. R. y Imteaj, A. (2018). "Unmanned Multiple Railway Gates Controlling and Bi-directional Train Tracking with Alarming System using Principles of IoT", in *Proceedings International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology*, pp. 486-491.
- [25] Susrama Mas Diyasa, I. G.; Yuniar Purbasari, I. y Setiawan, A. (2019). "Smart Passenger Information System Based On IoT", in *Proceedings TRON Symposium*, pp. 1-5.
- [26] Clemente, J.; Li, F. y Valero, M. (2020). "Smart Seismic Sensing for Indoor Fall Detection, Location, and Notification", *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, Vol. 24, No. 2, pp. 524-532.

## VI. BIOGRAFÍA



**Vega-Luna José Ignacio.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1985. Maestría en Ciencias de la Computación, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1990. Labora actualmente en el área de Sistemas Digitales del Departamento de electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores y sistemas operativos. El M. en C. Vega realiza investigación con redes inalámbricas de sensores y actuadores.



**Lagos-Acosta Mario Alberto.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1992. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores y redes de computadoras. El Ing. Lagos realiza investigación con redes de computadoras.



**Salgado-Guzmán Gerardo.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1992. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores y sistemas operativos. El Ing. Salgado realiza investigación con redes inalámbricas de sensores y actuadores.



**Cosme-Aceves José Francisco.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1985. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Su línea de trabajo es lenguajes de descripción de hardware. El Ing. Cosme realiza investigación con sistemas embebidos y seguridad en redes de computadoras.



**Tapia-Vargas Víctor Noé.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1987. Maestría en Ciencias de la Computación, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1999. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores, robótica e IoT.