

# **Sistema de alertas y control de luces de una casa, utilizando plataformas de internet y comunicación inalámbrica**

## ***Roberto de Lima Hernández***

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Electrónica, Ciudad Universitaria, Av. San Claudio y 18 sur, Col. San Manuel, C.P. 72570, Puebla, Puebla, México  
*delima\_87@hotmail.com*

## ***Aldrin Barreto Flores***

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Electrónica, Ciudad Universitaria, Av. San Claudio y 18 sur, Col. San Manuel, C.P. 72570, Puebla, Puebla, México,  
Teléfono: (222) 2295500  
*abarreto@ece.buap.mx*

## ***Verónica Edith Bautista López***

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación, Ciudad Universitaria, Av. San Claudio y 18 sur, Col. San Manuel, C.P. 72570, Puebla, Puebla, México,  
Teléfono: (222) 2295500  
*vbautista@cs.buap.mx*

## **Resumen**

En este trabajo se presenta la implementación de un sistema de domótica enfocado al control de luces y vigilancia, haciendo uso de plataformas de internet y dispositivos embebidos. El primer enfoque se basa en controlar el encendido y apagado de las luces de un hogar desde un sitio de internet, minimizando el costo y haciendo uso de comunicación de radiofrecuencia con el módulo NRF24L01. Por otro lado, el segundo enfoque se centra en la implementación de un sistema de notificaciones mediante herramientas de internet, tales como whatsapp, twitter y dropbox cuando alguien toca el timbre en el hogar o se activa un sensor (PIR o magnético). En la implementación se

hizo uso de un microcontrolador con características de WIFI denominado electric imp, junto con la integración de una Raspberry Pi para el manejo de bibliotecas. Finalmente, se realiza la integración del sistema y se realizan diferentes experimentos en diferentes escenarios, verificando el correcto funcionamiento del sistema.

**Palabra(s) Clave(s):** domótica, internet de las cosas, sistemas embebidos.

## 1. Introducción

La forma en la que los seres humanos nos comunicamos ha cambiado vertiginosamente, uno de los factores principales que influyen en lo anterior es la evolución del internet. Por tal motivo, Kevin Ashton en [1] introduce el término de “Internet de las Cosas” (IoT); actualmente IoT es un tema que se ha inmerso en la sociedad y está siendo desarrollado desde diferentes vertientes debido a la evolución de los sistemas embebidos. De la misma manera, otro ende que ha revolucionado los medios de comunicación son las plataformas de internet, tales como aplicaciones de mensajería de texto, redes sociales, y almacenamiento en la nube, por mencionar algunas.

Por otro lado, la evolución de los dispositivos empotrados y la flexibilidad de los lenguajes de programación de alto nivel han contribuido a la evolución de la domótica. Éste último término se refiere al uso de sistemas de control y tecnologías de la información para automatizar una vivienda [6]. Los primeros en involucrarse en el desarrollo de éstos sistemas fue la empresa Pico Electronics, al crear el protocolo X10 [2] el cual nos permite controlar remotamente cualquier dispositivo electrónico que esté conectado dentro de éste estándar.

Por lo tanto, uno de los retos de la actualidad es crear aplicaciones de domótica que conjunten las tecnologías emergentes mencionadas: dispositivos embebidos, IoT, y plataformas de internet. En este sentido, se han realizado trabajos que hacen uso de algunas de éstas, como el diseño de un “Refrigerador Inteligente” [3] el cual se basa en el monitoreo de dicho electrodoméstico, de tal manera que el sistema detecta la falta de determinados alimentos y con base en dicha información se envían alertas al usuario por medio de su celular usando comunicación bluetooth. Sin embargo, el proceso anterior se realiza mediante una computadora de altos recursos y un microcontrolador, lo cual representa una desventaja debido a que el sistema de procesamiento es muy amplio para la aplicación, además éste no es práctico en términos de movilidad. Así mismo, en [4] se desarrolló un sistema de control de dispositivos electrónicos usando módulos zigbee de radiofrecuencia e internet. De tal forma que desde una aplicación

android conectada a internet, se controlan las luces o electrodomésticos de un hogar; a pesar de su buen desempeño respecto a la comunicación entre dispositivos, el usar módulo zigbee hace que se eleve el costo del sistema y en consecuencia se limite el número de dispositivos a controlar. De manera similar en [5] se implementa una red piconet de módulos bluetooth los cuales reciben y envían información entre ellos; éste último trabajo se centra en el rendimiento de la red, por lo tanto no implementan alguna etapa de potencia o comunicación con dispositivos electrónicos.

En el presente trabajo se crea una sinergia de las tecnologías mencionadas (dispositivos embebidos, IoT, y plataformas de internet) para implementar un sistema de domótica enfocado al control de luces y vigilancia. Por un lado, el uso de los dispositivos empotrados nos permite implementar un sistema inalámbrico usando protocolos de comunicación wifi y de radiofrecuencia, además facilita la manipulación de cámaras para la vigilancia del hogar. Por otro lado, las plataformas de internet facilitan la interacción entre el usuario y su hogar de manera remota.

La organización del presente artículo es de la siguiente manera. En la sección 2 se describe el esquema general del trabajo y se detalla en la metodología que se llevó a cabo. En la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos. Finalmente las conclusiones y trabajo futuro se presentan en la sección 4.

## **2. Desarrollo**

Como ya se mencionó, el trabajo se enfoca en dos vertientes: sistema de vigilancia y control de luces. El primero consiste básicamente de sensores (presencia, timbre y magnético) que al ser activados, el sistema envía una notificación de texto, imagen y video al usuario de la casa mediante plataformas de internet, esto es: whatsapp, twitter y dropbox. De la misma manera, el usuario puede activar una emisión de video de la casa en tiempo real y ésta puede ser visualizada en cualquier reproductor multimedia con soporte del protocolo rtsp. La segunda vertiente está relacionada al control de luces, permite al usuario controlar el encendido y apagado de éstas, mediante un sitio web. Con el objetivo de crear un sistema práctico y de fácil instalación, los dispositivos están comunicados de manera inalámbrica mediante radiofrecuencia. Así mismo, la interfaz entre el usuario-casa, se realizó mediante una página web compatible con cualquier dispositivo móvil.

Para ilustrar lo anterior, la figura 1 muestra el diagrama general del trabajo. Como podemos observar las partes principales que conforman el método propuesto, son el nodo central, el nodo cliente y la interfaz con el usuario. Dichos elementos se describen

enseguida.

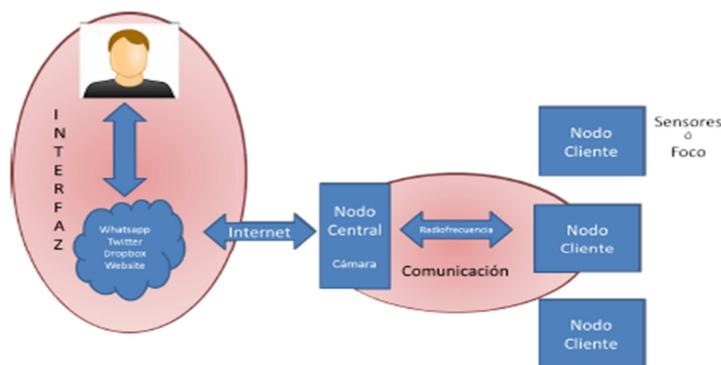


Fig. 1. Diagrama a bloques del sistema en general.

## 2.1. Nodo central

El nodo central es el dispositivo que se encarga de la toma de decisiones del sistema, las funciones que realiza son las siguientes:

- Recibir y enviar información de los nodos cliente.
- Recibir instrucciones del usuario por medio de internet.
- Enviar notificaciones al usuario mediante la plataforma de internet.

Teniendo en cuenta lo anterior, el nodo central se compone de los siguientes dispositivos: raspberry pi A+, electric imp y el módulo de radiofrecuencia NRF24L01. La primera función del nodo cliente se realiza mediante el módulo de radiofrecuencia y un microcontrolador PIC 16f8777a usando el protocolo de comunicación SPI; la información recibida es la lectura de los sensores y la información enviada son instrucciones lógicas que permiten encender y apagar determinados focos. El dispositivo electric imp que es un microcontrolador de 32 bits con WIFI integrado que se encarga de recibir las instrucciones desde el sitio de internet, con base en éstas se controla el encendido de los focos y se activa la emisión de video en tiempo real. Finalmente la raspberry pi se encarga del sistema de notificaciones, el cual consiste en los siguientes: cada vez que se active un sensor (PIR, timbre o magnético) el sistema envía un mensaje de whatsapp y actualiza un tweet indicando al usuario cuál de los sensores fue activado mediante una imagen y texto, posteriormente el sistema captura una imagen y se graba un video corto de la casa y ambos se almacenan en una cuenta de dropbox. La figura 2 muestra el dispositivo central con los dispositivos mencionados y sus respectivas conexiones, incluyendo una etapa de acoplamiento de voltajes.

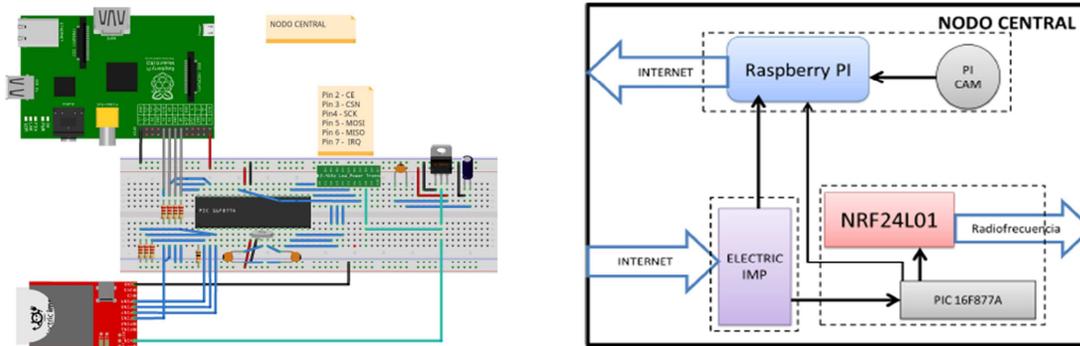


Fig. 2. Diagrama a bloques e implementación del nodo central.

## 2.2. Nodo cliente

El nodo cliente tiene dos funciones, la primera es recibir las instrucciones del nodo central y dependiendo de esta encender o apagar un foco, la segunda función consiste en detectar las señales de los sensores y posteriormente enviar dicho dato al nodo central, el cual activa el sistema de notificaciones. En otras palabras, el nodo cliente realiza las acciones dentro de la casa y al mismo tiempo se encarga del monitoreo mediante sensores.

Debido a la característica full dúplex del módulo NRF24L01, este es el principal componente del nodo cliente. También, se agregan dos elementos: la entrada de los sensores y una etapa de potencia en la salida. Por un lado la lectura de los sensores se realiza por medio de interrupciones, es decir, cada vez que se activa algún sensor, el microcontrolador recibe un estado lógico. Por otro lado, la etapa de potencia se conforma de un TRIAC y un opto-acoplador. Finalmente, es importante mencionar que se pueden manipular hasta 32 nodos cliente. En resumen la figura 3 muestra el esquema de conexiones del nodo cliente. La figura 6 muestra la implementación física del nodo cliente y central.

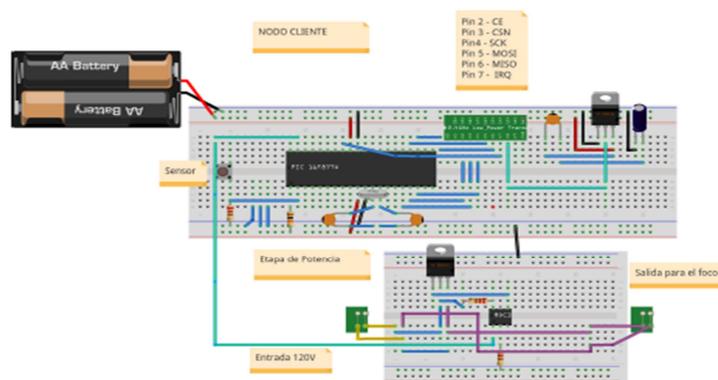


Fig. 3. Implementación del nodo cliente.

## 2.3. Interfaz

La interfaz entre el usuario y el hogar debe cumplir una característica fundamental, compatibilidad. Al tratarse de un sistema de notificaciones, el usuario debe monitorear su hogar y enviar órdenes a éste desde cualquier lugar, por ende, la interfaz debe ser compatible con cualquier dispositivo móvil. Con este fin, se realizó una página web programada en HTML5, la cual consta de dos partes: control de luces y sistema de seguridad. La primera de ellas permite al usuario encender o apagar tres focos de su hogar de la manera más intuitiva posible. La segunda sección de la página web, permite al usuario ver un video en tiempo real de lo sucedido en la casa y capturar una imagen. La figura 4 muestra el sitio web con las dos secciones mencionadas.



Fig. 4. Sitio web, control de luces y sistema de seguridad.

Uno de los aspectos que se tuvieron que resolver en el desarrollo del sistema fue la programación de cada uno de los dispositivos. Lo anterior debido a que diferentes sistemas de programación son involucrados. La tabla 1 describe los lenguajes de programación que se utilizaron para cada una de las aplicaciones involucradas.

<b>Aplicación</b>	<b>Lenguaje de Programación</b>	<b>Librerías adicionales</b>	<b>Dispositivo</b>
Sistema de notificaciones	Python	Tweepy, yowsup, Dropbox - uploader, raspicam	Raspberry pi
Recepción de instrucciones de internet	Squirrel		Electric Imp
Envío y recepción de datos por radiofrecuencia	C	nRF24L01.h	PIC 16f877a
Envío de instrucciones por internet	Javascript		Celular, Tablet, Laptop, PC.
Página Web (Interfaz)	HTML5		Celular, Tablet, Laptop, PC.

**Tabla 1. Descripción de lenguajes de programación utilizados.**

### 3. Resultados

Para validar el funcionamiento del sistema se realizaron diferentes experimentos que cubren tres aspectos, confiabilidad del sistema de notificaciones, eficiencia de la comunicación inalámbrica, y respuesta del sistema a las órdenes del usuario mediante la página web. Para el primer punto, se experimentó activando el sistema de notificaciones bajo diferentes condiciones, en las cuales se analizó el tiempo de respuesta y la veracidad de cada una de las notificaciones; para esto se activó cada uno de los sensores y posteriormente se intercalaron, la tabla 2 muestra los resultados obtenidos. De manera similar, para el segundo experimento se analizó la eficiencia de la comunicación entre el nodo central y el nodo cliente en un determinado tiempo y con base en lo siguiente, la distancia entre los dispositivos y la veracidad de la respuesta en diferentes escenarios y horarios. Los diferentes escenarios se seleccionaron con el fin de validar la robustez del sistema, es decir, que funcione en diferentes horarios y no presente problemas de interferencia con otras señales de radiofrecuencia tal como se muestra en la tabla 3. Finalmente, para comprobar el funcionamiento del tercer aspecto en términos de compatibilidad, se enviaron ordenes al sistema en diferentes

dispositivos móviles mediante red satelital y wifi durante diferentes intervalos de tiempo y se anotaron cuales acciones se pudieron ejecutar; la tabla 4 muestra los resultados obtenidos. Por otro lado, la figura 5 muestra la implementación de la interfaz en dos dispositivos móviles.

<b>Condición</b>	<b>Estado de Twitter</b>	<b>Mensaje de whatsapp</b>	<b>Actualización de archivos en Dropbox</b>	<b>Mensaje correcto</b>
Sensor de presencia activo	2s	10s	180s	Si
Sensor magnético activo	3s	12s	185s	Si
Timbre Activo	2s	9s	181s	Si
Primero se activa sensor de presencia y 4 minutos después el timbre	1er mensaje: 2s 2do mensaje: 3s	1er mensaje: 11s 2do mensaje: 10s	1er mensaje: 179s 2do mensaje: 185s	Ambos mensajes correctos
Primero se activa el timbre y 2 minutos después el magnético	1er mensaje: 3s 2do mensaje: No recibido	1er mensaje: 9 2do mensaje: No recibido	1er mensaje: 183s 2do mensaje: No recibido	Solo primer mensaje correcto, el segundo no fue recibido

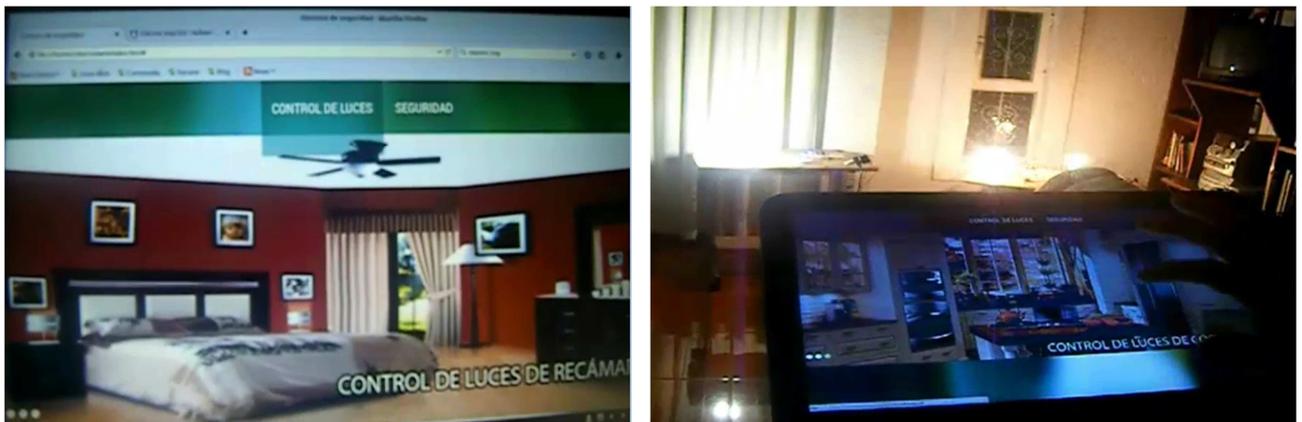
**Tabla 2. Resultados obtenidos de tiempo de ejecución y veracidad de respuesta del sistema de notificaciones.**

<b>Distancia entre módulos</b>	<b>Distancia entre nodo central y aparato rf</b>	<b>Distancia entre nodo cliente y aparato rf</b>	<b>Horario</b>	<b>Veracidad de datos (r= recibido, n=no funcionó)</b>	<b>Tiempo de respuesta (Promedio)</b>
1m	2,10,20 (cm)	2,10,20(cm)	10 hrs.	<b>n,n,n</b>	<b>2s</b>
2m	2,10,20 (cm)	2,10,20(cm)	12 hrs.	<b>n,r,r</b>	<b>3s</b>
5m	2,10,20 (cm)	2,10,20(cm)	14 hrs.	<b>r,r,r</b>	<b>1.5s</b>
9m	2,10,20 (cm)	2,10,20(cm)	16 hrs.	<b>r,r,r</b>	<b>3s</b>
12m	2,10,20 (cm)	2,10,20(cm)	18 hrs.	<b>r,r,r</b>	<b>2.5s</b>
14m	2,10,20 (cm)	2,10,20(cm)	20 hrs.	<b>r,r,r</b>	<b>1.2s</b>
16m	2,10,20 (cm)	2,10,20(cm)	21 hrs.	<b>n,n,n</b>	<b>1.3s</b>
20m	2,10,20 (cm)	2,10,20(cm)	23 hrs.	<b>n,n,n</b>	<b>1.4s</b>

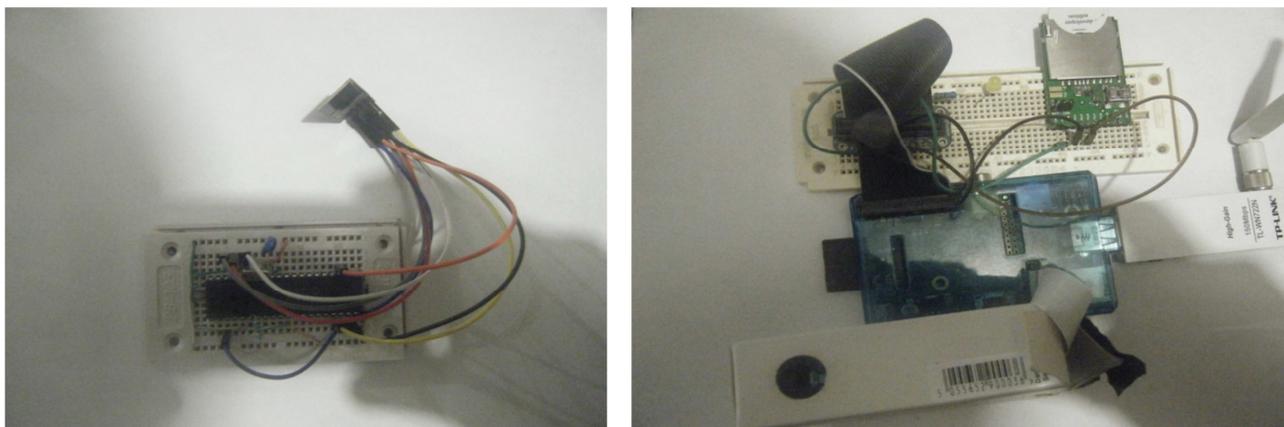
**Tabla 3. Validación de la comunicación inalámbrica entre nodo central y cliente, en términos de veracidad y tiempo de respuesta.**

Dispositivo	Red Celular	Señal Wifi	Video en tiempo real	Control de luces	Captura de imagen
Laptop	No	Si	Correcto	Correcto	Correcto
Alcatel one touch	Si	No	Incorrecto	Correcto	Correcto
Samsung Galaxy s3	Si	No	Correcto	Correcto	Correcto
Tablet Acer Iconia 7	No	Si	Correcto	Correcto	Correcto

**Tabla 4. Validación de la interfaz del sistema en términos de compatibilidad.**



**Fig. 5. Compatibilidad del sistema con diferentes dispositivos móviles, la imagen izquierda en una laptop y la derecha en una tablet.**



**Fig. 6. Nodo Cliente y nodo central respectivamente.**

#### **4. Conclusiones**

Se implementó un sistema de domótica mediante la sinergia entre plataformas de internet, sistemas embebidos y comunicación inalámbrica. El sistema está orientado al control de luces y sistema de vigilancia usando una interfaz web compatible con cualquier dispositivo móvil. La validación del sistema se realizó en términos de veracidad de la respuesta, tiempo de ejecución y robustez. En este sentido, los resultados muestran que la implementación del sistema es viable en el interior de una casa donde la distancia entre el nodo central y clientes no supere los 14 metros. Así mismo, otra restricción del sistema es que no se puede enviar información simultánea entre los nodos, es decir, se puede encender un foco a la vez y no se pueden recibir dos notificaciones de sensores diferentes al mismo tiempo. Sin embargo, se demuestra que con base a la estrategia de implementación presentada, se puede realizar un sistema de domótica robusto y de bajo costo.

Debido a que el sistema propuesto depende de la conexión de internet, el trabajo futuro incluye agregar una etapa de verificación de conexión a la red, es decir, cuando el sistema no esté conectado a internet, tanto las imágenes como los mensajes de texto se almacenen y se envíen al usuario una vez que se restablezca la conexión. De igual

manera, el sistema puede modificarse para que no solo sea una aplicación de vigilancia de hogares, sino que éste pueda funcionar como monitoreo inteligente de viveros o campos de cultivo.

## 5. Referencias

- [1] K. Ashton, "Internet of Things". RFID Journal. 22 de Junio 2009.
- [2] S. Goodwin, Appliance Control: Making Things do Stuff. In Smart Home Automation with Linux and Raspberry pi. 2da edición. 2013. Appress. Nueva York. 297 p.
- [3] C. Hsu, S.Yang, "Intelligent Home Appliance control system with refrigerator" Expert Systems with Applications. 2010.
- [4] S. Ferdoush, "Wireless Sensor Network System Design with Raspberry Pi and Arduino Environmental Monitoring Applications". Procedia Computer Science. 2014.
- [5] N. Sriskanthan. "Bluetooth based home automation system". Microprocessors and Microsystems. 2002.
- [6] L. De Silva, C. Morikawa, "State of art of smart homes". Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2012.

## 6. Autores

Roberto de Lima Hernández, estudiante de la licenciatura en Electrónica en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Dr. Aldrin Barreto Flores, estudió en el Instituto Tecnológico de Veracruz obteniendo el grado de Ingeniero en Electrónica en el año de 1998. Realizó estudios de Maestría en Ciencias de la Electrónica en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica en el año 2000, posteriormente en la misma Institución obtuvo el grado de Doctor en Ciencias en el área de Ciencias de la Computación en el año 2005. Sus áreas de interés son visión por computadora, sistemas embebidos y aplicaciones en la industria.

M.C. Verónica Edith Bautista López, estudió en la Facultad de Ciencias de la Computación de la Benémerita Universidad Autónoma de Puebla, obteniendo el grado de Lic. en Ciencias de la computación en 2001, con la especialidad de programación de sistemas. En 2007 obtuvo el grado de Maestra en Ciencias de la Computación, con especialidad en sistemas distribuidos en la misma Institución. Actualmente es candidata a Dra. en Educación de las Ciencias, Ingenierías y Tecnologías por la Universidad de las Américas Puebla y sus áreas de interés son el desarrollo de aplicaciones móviles y criptográficas, sistemas embebidos, así como la evaluación del aprendizaje e innovación educativa.