

Diseño e implementación de una Red de Sensores gestionada por IoT para Aplicaciones de Domótica

Design and Implementation of a IoT Sensor Network for Domotics Applications

Verde–Romero Daniel¹, Hernández–Barón Eduardo¹, Carbajal–Pérez Hector¹, Villalvazo-Laureano Efraín¹, Salome-Baylon Joel², Pérez–González Marco A.^{1,2*}

1 Facultad de Ingeniería Electromecánica. Universidad de Colima. Km. 20 carretera Manzanillo – Cihuatlán, C. P. 28860, Manzanillo, Col, México.

2 Universidad Tecnológica de Manzanillo, Camino a las humedades S/N. C. P. 28869, Manzanillo, Col., México.

Autor para la correspondencia: Pérez–González Marco A. marcoperez@ucol.mx

Resumen

Se presenta el diseño e implementación de una red de sensores gestionada a través de la tecnología IoT (Internet of Things, Internet de las cosas). La red se utiliza en una aplicación simulada de Domótica. Se integran diferentes tecnologías como la tarjeta de desarrollo photon de particle ® la cual coordina la comunicación con los diferentes sensores utilizados; Tecnología de cómputo en la nube, utilizando la aplicación Node Red de IBM ® para hacer la programación de la interfaz gráfica de usuario a la cual se tiene acceso a través de una instancia en un servidor montado en IBM Cloud, proporcionando así la posibilidad de consultar en todo momento y lugar a través de una computadora o un teléfono inteligente el estado de funcionamiento de los sensores y el valor de las variables como temperatura, concentración de gases, estado de encendido/apagado de luminarios y detección de movimiento en habitaciones. Se presentan detalles sobre la arquitectura del sistema y de los resultados obtenidos.

Palabras clave: IoT, computo en la nube, sensores.

Abstract

The design and implementation of a IoT (Internet of Things) sensor network is presented. The network is used in a simulated Domotics application. Different technologies are integrated, such as the particle ® photon development board, which coordinates communication amongst different sensors used; Cloud computing technology, using the IBM ® Node Red application to program the graphical user interface that can be accessed through an instance on a server mounted on IBM Cloud ®, thus providing the possibility of consulting anytime and anywhere, through of a computer or a smart phone the operating status of the sensors and the value of variables such as temperature, gas concentration, lighting on/off status and motion detection in rooms. Details about the system architecture and the obtained results are also provided.

Key words: IoT, cloud computing, sensors.

DOI 10.46588/invurnus.v18i1.60

Recibido 26/10/2022

Aceptado 15/12/2022

Publicado 23/04/2023

Introducción

La domótica puede tener distintos significados dependiendo del idioma en que se hable; puede significar automatización del hogar, casa inteligente o casa electrónica. Todas las anteriores definiciones como señala Lorente (2004), implican controlar dispositivos de forma automática a través de una plataforma tecnológica.

Monitorear adecuadamente diferentes variables como temperatura, humedad, nivel de iluminación, calidad del aire y poder desarrollar acciones de control sobre dispositivos que inciden sobre estas variables son el corazón de lo que se refiere a las aplicaciones de domótica. Adicionalmente tener la capacidad de monitoreo de otro tipo de aspectos relativos a la seguridad física del inmueble o que estas sean las adecuadas para habitantes con condiciones físicas o medicas especiales son funcionalidades que se consideran como deseables en una casa habitación (Simonet y col., 2021; Sale 2018).

En las aplicaciones de domótica tradicionales el monitoreo de variables y acciones de control relativos al confort y seguridad de inmueble se realiza de manera local. El usuario puede tener acceso a un monitor que dé cuenta del estado completo del inmueble, es decir un listado de los valores de las diferentes variables monitoreadas y la conformación de la ejecución o no de acciones de control que incidan sobre estas (Manganelli y col. 2018; Murphy, 2018).

El dramático desarrollo que ha experimentado internet en las últimas dos décadas ha dado origen a términos como: internet de las cosas (IoT) ó computo en la nube y ha permitido diversificar el acceso a los datos monitoreados de aplicaciones como la domótica (Thoutem, 2021; Daylami, 2015; Huang y col., 2017). Hoy en día, es posible que una persona conozca la temperatura de su invernadero personal o del patio donde están sus mascotas mientras está a unas horas o incluso miles de km de la casa habitación, con lo que crecen de manera exponencial las posibilidades de flexibilización de acciones de control.

Tener acceso en cualquier momento que se desee a un aspecto cualquiera de su hogar, sin importar el lugar en donde este mientras haya cobertura de servicio de internet le permite al usuario estar al tanto de aspectos de su interés a través de su celular, por ejemplo. La revolución que supone el IoT apenas inicia, la domótica es solo una de las ramas en las que se están desarrollando múltiples aplicaciones, tecnologías e infraestructura. Pero campos como la medicina, la educación, la seguridad pública, agronomía, etc. también han visto la llegada de esta tecnología en esta última década, permitiéndonos tener una vida más integrada entre los seres humanos y los dispositivos que usamos para conocer el estado de prácticamente “todo”.

Existen diversas colaboraciones en este campo de estudio, las posibilidades y retos que se presentan son múltiples. Como Miori, y col. (2019) establecen en su trabajo, las recientes plataformas desarrolladas para ciudades inteligentes que incluyen características como el uso eficiente de energía, cuidado de la salud, movilidad y seguridad no pueden ignorar los datos que provienen de las casas automatizadas. La penetración actual de dispositivos que consumen y producen datos presentes en nuestros hogares es casi total.

Alaa y col. (2017) hacen una extensa e intensiva revisión de los diferentes enfoques de trabajos académicos publicados en el área de aplicaciones de casas inteligentes basadas en IoT. Mediante la búsqueda de términos específicos hechos en los buscadores IEEE Explore, ScienceDirect y Web of Science identifican 1729 publicaciones presentadas hasta ese año después de una nueva revisión para asegurar entre otras cosas que la publicación pertenece a revistas indexadas o artículos de congreso (ambos en inglés) y que el énfasis sea el de aplicaciones IoT en domótica se hace un análisis de una selección final de 229 artículos. Dividen



su estudio en 4 dimensiones: 1. Publicaciones de revisión y compendios; 2. Estudios sobre aplicaciones IoT y su uso en casas inteligentes; 3. Propuestas de diseño y marcos conceptuales para desarrollar y operar aplicaciones; y 4. Reportes de intentos para desarrollar aplicaciones; que a su vez generan 14 temas específicos. También Identifican un conjunto de 19 diferentes beneficios que se clasifican en cuatro categorías: 1. Conservación de energía en casas inteligentes; 2. Reducción del costo de necesidades básicas en casas inteligentes; 3. Beneficios relativos al cuidado de la salud y 4. Entretenimiento y confort.

La propuesta que se presenta en este trabajo pertenece a la dimensión 2. Estudios sobre aplicaciones IoT y su uso en casas inteligentes y cae en las áreas de beneficio 1 y 4 (Ahorro de energía y reducción de costos de necesidades básicas) ya que propone un sistema de fácil implementación, bajo costo y que permite al usuario un monitoreo remoto con solo contar con una conexión móvil de internet.

Materiales y métodos

Arquitectura del sistema

El sistema consta de sensores de temperatura, luminosidad, presencia, botones de timbre, relevadores para activar lámparas o ventiladores y detección de gas, cuyas mediciones y activaciones son procesadas en una tarjeta de desarrollo particle photon ® y posteriormente vía wifi estos datos procesados se transmiten a la nube particle que a su vez se comunica con IBM Cloud ® a través de la plataforma Node Red, en donde se montan en un tablero virtual (dashboard) las caratulas de los diferentes medidores virtuales que el usuario final consulta vía remota desde su teléfono inteligente o desde una computadora personal (Figura 1).

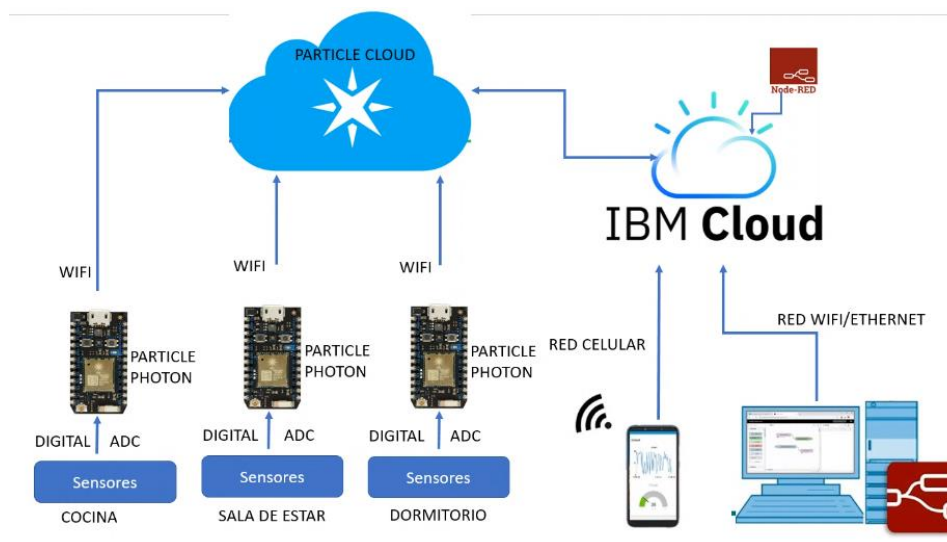


Figura 1. Arquitectura del sistema

El sistema de monitoreo está dividido en tres áreas de control que para efectos prácticos pueden estar o no en el mismo inmueble. Es decir, podríamos tener un sistema de monitoreo de temperatura en varias sucursales de alguna tienda de conveniencia al que se acceda en la misma IP. O como se propone para el proyecto en tres habitaciones diferentes de una casa.



Tarjeta de desarrollo particle photon ®

La tarjeta de desarrollo permite relacionar las conexiones físicas de los sensores con los datos que con o sin previo procesamiento son enviados a la nube para su visualización. Particle Photon ® es una pequeña y poderosa plataforma para IoT11 (Figura 2).

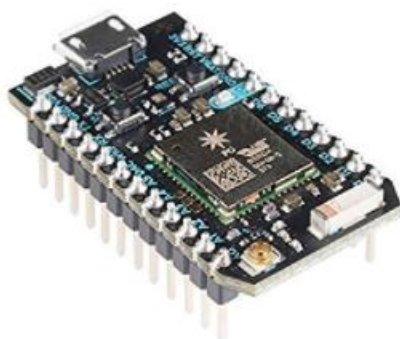


Figura 2. Tarjeta de desarrollo Particle Photon ® tomada de Particle (2022).

Tiene un microcontrolador ARM Cortex M3 y un chip WiFi Cypress WICED. Esto significa que es un microcontrolador de 32 bits, que tiene un rendimiento mejor que un microcontrolador de 8 bits y ya tiene WiFi integrado, eliminando la necesidad de hardware adicional. Posee 8 pines GPIO digitales (D0 a D7) y 6 analógicos (A0 a A5), un pino DAC (Convertidor Digital a analógico, D8), memoria Flash de 1 MB, 128 kB de memoria RAM, además de un led RGB incrustado en la propia (D12 a D14). También puede utilizar PWM, comunicación SPI, I2C y Serial. Para más detalles de la placa, vea la Figura 3:

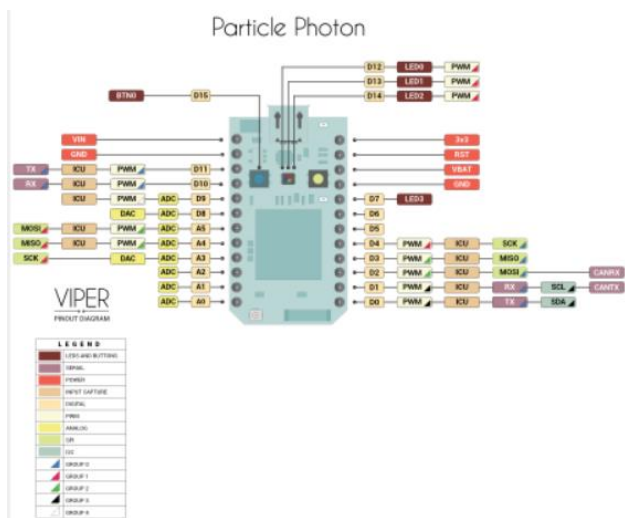


Figura 3. Diagrama de pines Particle Photon ®

La implementación de proyectos en esta plataforma es sencilla, el lenguaje de programación está basado en C++. La zona “sala de estar” cuenta con un sensor de temperatura, un sensor de detector de gas H y un botón de timbre. La forma en cómo se organizó la adquisición de los datos censados y su procesamiento se muestra en la siguiente sección de código de programación.



```

// se declaran las variables que van a las entradas analógicas y digitales
para capturar la lectura de los sensores
int led = D7;
int an1 = A0;
int an2 = A2;
// se declaran las variables "de proceso!"
int pg;
float rs;
float r0;
int analogvalue;
int av2;
int temp;
int timbre;

void setup() {

    pinMode(led,OUTPUT); // Our LED pin is output (lighting up the LED)
    pinMode(an1,INPUT); // Our photoresistor pin is input (reading the
photoresistor)
    pinMode(D1,INPUT);
    Particle.variable("temp", &temp, INT);
    Particle.function("led",ledToggle);
    // Se envían los valores medidos a la consola de photon en la nube de
particle, como método de confirmación de los datos que se reciben en node
red
    .
    Particle.variable("timbre", &timbre, INT);
    Particle.variable("Valor Sensor", &av2, INT);
    Particle.variable("pg", &pg, INT);
}
void loop() {
    analogvalue = analogRead(an1);
    float valvolt=3.3*analogvalue/ 4095;
    temp = valvolt/0.01;
    // lectura del estado del timbre,presionado o no
    timbre=digitalRead(D1);
    //detección de gas
    av2 = analogRead(an2);
    //pg=av2*3.3/4095;

    if (av2>2100){
        pg=1;
    }
    else {
        pg=0;
    }
}
// Función para enviar un 1 o 0 para encender o apagar el ventilador
int ledToggle(String command) {

    if (command=="on") {
        digitalWrite(led,HIGH);
        return 1;
    }
    else if (command=="off") {
        digitalWrite(led,LOW);

```



Sensores y actuadores utilizados

La Tabla 1 muestra los diferentes sensores que se utilizaron para la implementación del proyecto. Se indican también los rangos de voltaje en los que operan.

Tabla. 1. Sensores y actuadores utilizados / características de conexión y funcionamiento

Sensor / actuador	Parámetros eléctricos de conexión	Parámetros de funcionamiento
LM-35	Voltaje de alimentación. 4Vdc hasta 20Vdc.	Resolución: 10mV por cada grado centígrado. Salida analógica.
MQ2 Sensor de Gas Humo Propano	Voltaje de Operación: 5V DC	Respuesta rápida y alta sensibilidad Rango de detección: 300 a 10000 ppm Gas característico: 1000ppm, Isobutano Resistencia de sensado: 1KΩ 50ppm Tolueno a 20KΩ in
SWITCH DIGITAL	Voltaje de Operación: 5V DC	Sensor digital tipo interruptor. Cerrado 0 V / abierto 5 V
RELEVADOR 5V CD/127 AC	Voltaje de operación: 5 VDC Corriente típica: 71 mA Potencia: 0.36 W Resistencia: 70 Ω	Relevador 5 volts SRD-05VDC-SL-C ampliamente utilizado en electrónica para proveer aislamiento y conmutar cargas de corriente alterna de hasta 10 Amperes.

Como se mencionó, el centro de operaciones del sistema es la tarjeta de desarrollo Photon. Las conexiones de los sensores de la habitación sala de estar acoplados a esta tarjeta. Del mismo modo actúan las áreas de control para las habitaciones dormitorio y cocina. En la figura 4 se muestra el esquema de conexión de una de estas áreas de control, la sala de estar.

Programación back end y front end en node red

Backend es un término de desarrollo web que hace referencia a un tipo de programación particular, en el que se configuran todos los aspectos lógicos de una página web o aplicación. Podría ser todo lo que el usuario final no ve, es decir, el acceso a las bases de datos, el procesamiento de los datos ingresados por los usuarios, y la ejecución de un script (Lujan, 2001). Para efectos de este proyecto se refiere a la forma en cómo se direccionan lógicamente los datos que se procesan en la tarjeta photon hacia los medidores que el usuario ve mediante bloques en un diagrama de flujo. En esta etapa del sistema es en donde se direccionan los datos procesados con los medidores que el usuario final consulta. La programación se hace en la nube, por lo que no es necesario estar en el mismo lugar donde se encuentra el sensor y la tarjeta photon para hacer modificaciones a esta parte del sistema. Esta es una característica que permite una colaboración más integrada en un proyecto como este, en el que colaboran varios estudiantes (Figura 5).



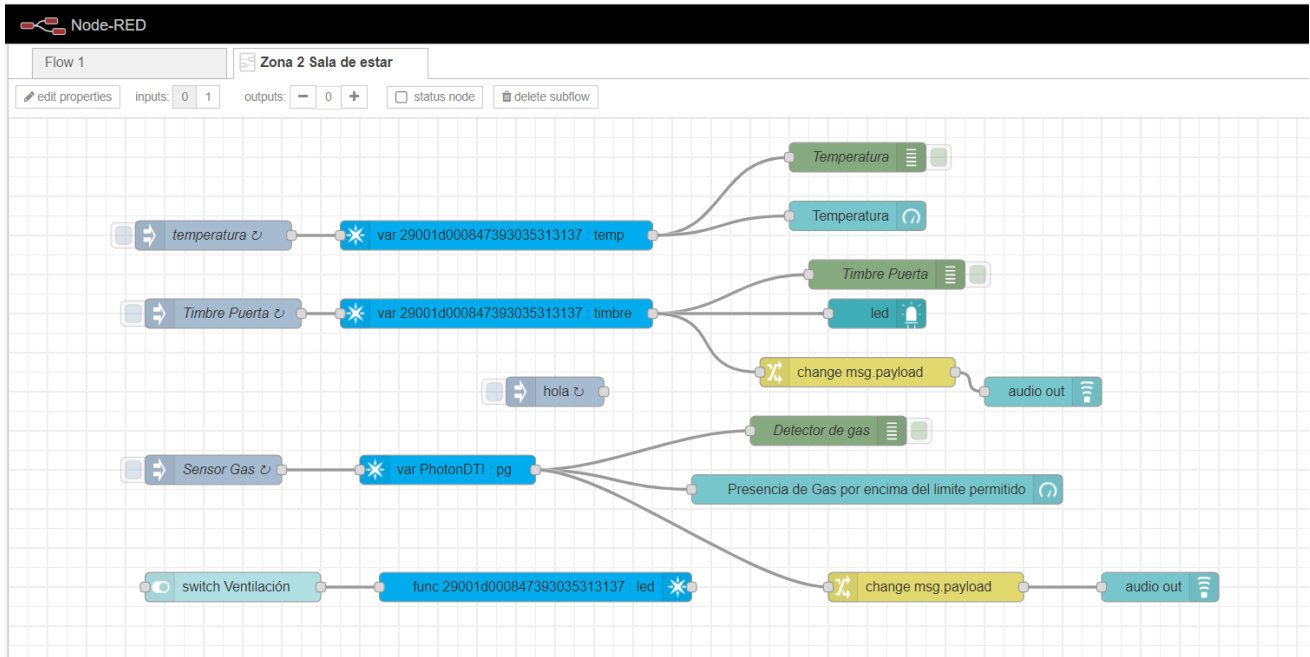


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de obtención y visualización de los datos transmitidos por los sensores de la “sala de estar”

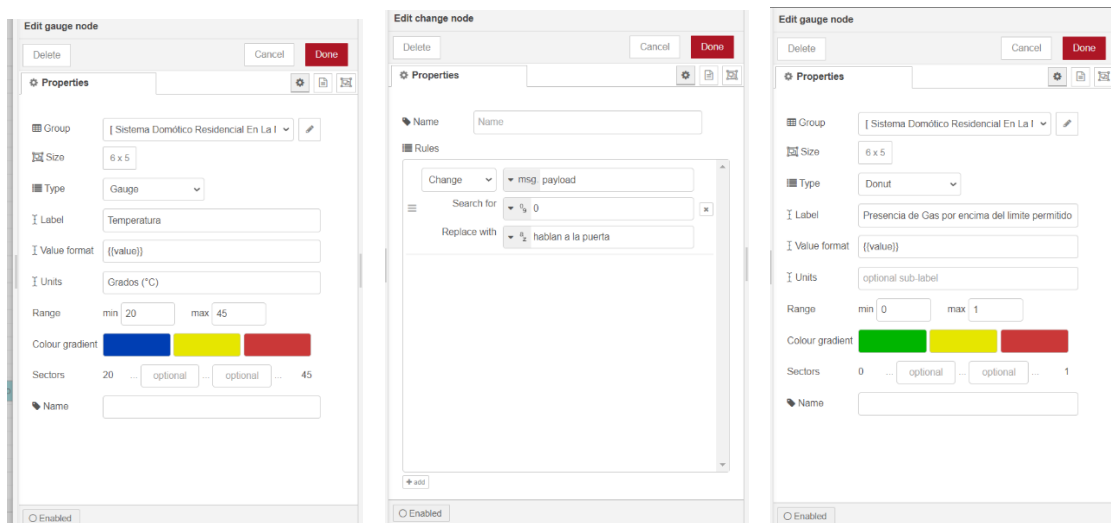


Figura 7. Menú de configuración de diferentes dispositivos de señalización de las variables medidas.

Resultados y Discusión

Con la idea de extender el concepto de sistema de monitoreo a una versión “distribuida” que en un futuro pudiera ser una red local o regional dependiendo de las aplicaciones que se pudieran derivar de este trabajo y no dejarla limitada a un sistema doméstico nada más. El prototipo se probó de manera remota, es decir cada habitación estuvo físicamente en un lugar distinto (3 casas en un radio de 10 km aproximadamente).



Los resultados obtenidos son los que se esperarían en un sistema de características profesionales o comerciales, es decir las notificaciones fueron inmediatas en los diferentes dispositivos donde se monitoreo el estado de los sensores. Las Figuras 7 a 9 muestran la interfase que es visible para el usuario final. Se muestran diferentes estados de los sensores operando y enviando datos. El acceso a estos widgets de visualización que incluyen medidores tipo brújula, barra, graficas x-y o medidor tipo manómetro.

Los resultados obtenidos son los que se esperarían en un sistema de características profesionales o comerciales, es decir las notificaciones fueron inmediatas en los diferentes dispositivos donde se monitoreo el estado de los sensores.

Las figuras 7 a 9 muestran la interfase que es visible para el usuario final. Se muestran diferentes estados de los sensores operando y enviando datos. El acceso a estos widgets de visualización que incluyen medidores tipo brújula, barra, graficas x-y o medidor tipo manómetro.

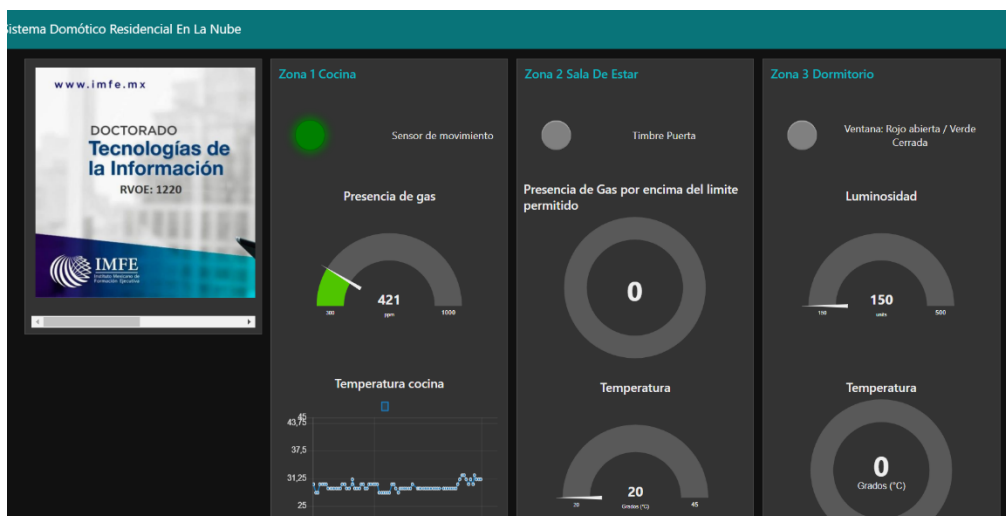


Figura 8. Interfase gráfica en Node red para el usuario final

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, no solo se puede acceder a la información de si el sistema está activo o no en cada habitación; por ejemplo, en la figura 8, solo se encuentra activo el monitoreo en una habitación, con lo que el usuario puede tomar medidas respecto a si existe una falla en las otras dos o solo se trata como en el caso presentado de un reinicio de estos módulos para precisamente hacer visible esa característica.

En la Figura 9 se muestran activos los sensores en todas las habitaciones. El estilo de los widgets de visualización es personalizable hasta un cierto nivel, pero se consideran adecuados para transmitir adecuadamente la importancia de la variable monitoreada. En color rojo si hay presencia detectada en la puerta, sin color si no hay. Otro botón del mismo tipo en otra habitación se encenderá en color verde para denotar movimiento.

También se monitorea la calidad del aire en zona 1 de cocina, esto para prevenir que se tenga una fuga de gas dentro del interior de la casa-habitación, la calidad del aire interior se encuentra dentro de los 600-800 ppm los cuales se tiene programado que cuando sobrasé este rango emita una alerta para prevenir a



los usuarios una fuga de gas. Lo que se recomienda que si la calidad del aire supera los 1000-1200 ppm, es el momento de renovar el aire.

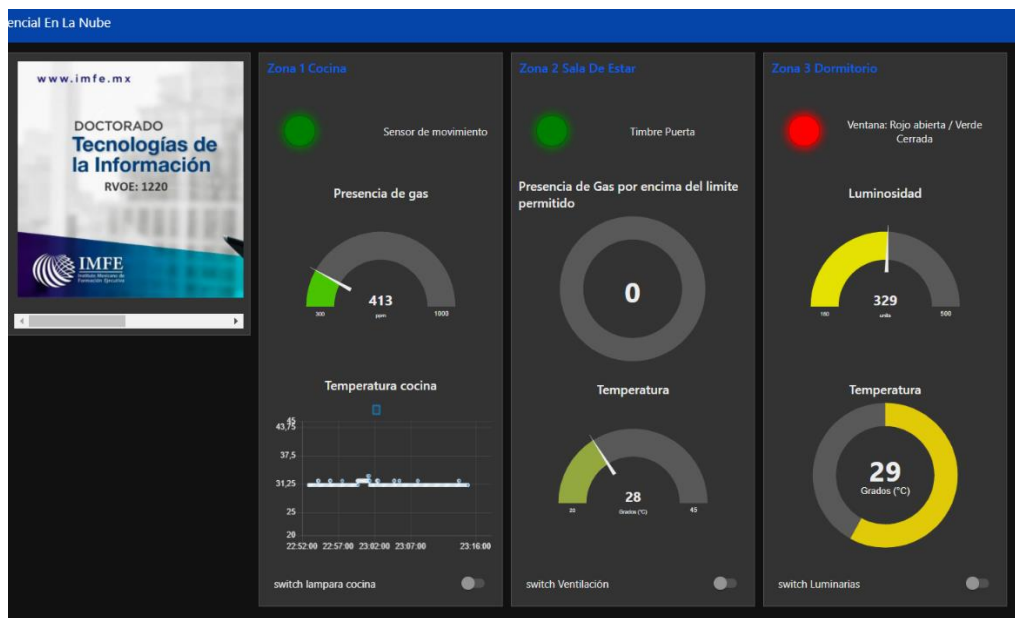


Figura 9. Interfase en funcionamiento en Node red

Del mismo modo se pueden incluir sonidos y audios previamente grabados para advertir de algún evento. En el caso del sistema desarrollado en este trabajo se colocó el mensaje “tocan e la puerta” cuando el sensor del timbre es activado.

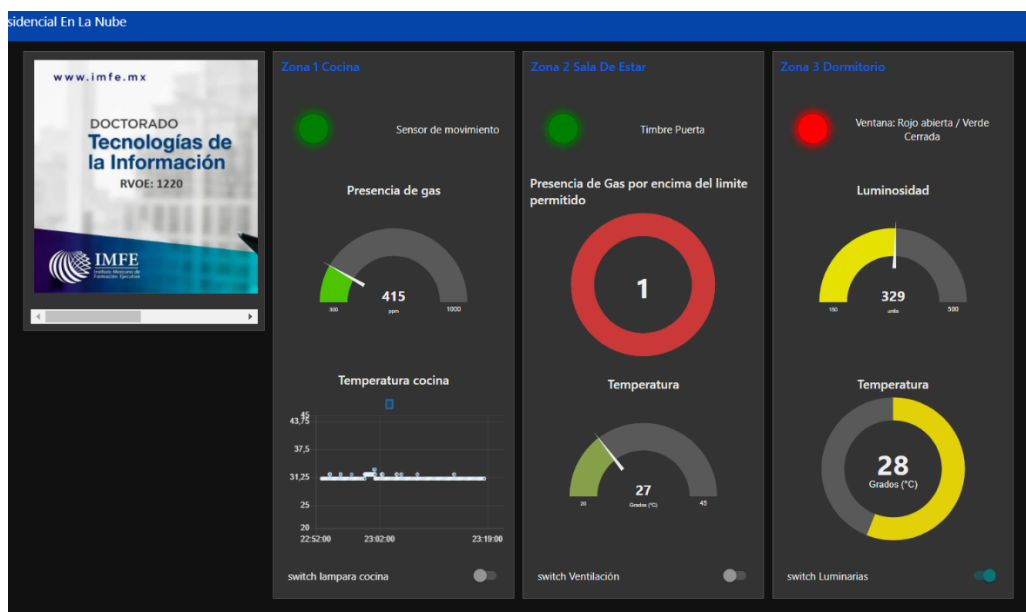


Figura 10. Interfase en funcionamiento en Node red



Conclusiones

En general la implementación de una red de sensores vía IoT es una labor que implica diferentes etapas, procesos y áreas de conocimiento como son: electrónica, comunicaciones y software. Una vez que se han seleccionado los sensores que se van a utilizar y se ha resuelto los aspectos técnicos, como calibración, exactitud, facilidad de uso, etc. Es necesario coordinar su uso a través de una plataforma en la nube que permita la comunicación entre los datos censados por estos sensores y que se procesan y transmiten a través de una plataforma IoT como en este caso Particle Photon ®. El proceso de configuración de la tarjeta Photon debe realizarse de forma rigurosa para garantizar un buen funcionamiento y un reconocimiento perfecto por parte de las otras plataformas en la nube con las que interactúa. La implementación de la red de sensores de este proyecto fue satisfactoria, tanto el funcionamiento de los sensores, como la transmisión y visualización de los datos se logró de manera correcta. La contribución presentada, si bien es un primer desarrollo, tiene los rasgos que se buscan en un solución comercial o profesional: exactitud, repetibilidad y facilidad de acceso y uso. Futuras versiones podrían buscar coordinar más y mejores sensores (no solo en exactitud, sino en robustez); desarrollar widgets de medición propios, así como la posibilidad de maquinar el PCB (circuito impreso) y generar módulos comerciales tipo “plug and play” para tener un sistema modular permanente.

Referencias

1. Alaa, M., Zaidan, A. A., Zaidan, B. B., Talal, M., Kiah, M.L.M. 2017. A review of smart home applications based on Internet of Things. *Journal of Network and Computer Applications*, 97, 48-65, <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.08.017>.
2. Daylami, N. 2015. The origin and construct of cloud computing. *International Journal of the Academic Business World*, 9(2), 39-45.
3. Huang, D., & Wu, H. 2017. *Mobile cloud computing: foundations and service models*. Morgan Kaufmann Publishers.
4. Lorente, S., 2004. Key issues regarding Domotic applications. *Proceedings International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, 2004.*, pp. 121-122, doi: 10.1109/ICTTA.2004.1307644.
5. Luján, S. 2001. Programación en Internet: clientes web. *Programación en Internet*. ECU.
6. Managanelli, M., Zbigniew, L., and Martirano, L. (2018). *Power Engineering Advances and Challenges, part B: Electrical Power*. Badescu, V., Lazaroiu, G. C. and Berelli, L. (Ed). CRC Press.
7. Miori, V., Russo, D. and Ferrucci, L. 2019. Interoperability of home automation systems as a critical challenge for IoT. 4th International Conference on Computing, Communications and Security (ICCCS), 2019, pp. 1-7, doi: 10.1109/CCCS.2019.8888125.
8. Murphy, R. R. 2018. Smart houses and domotics. *Science Robotics*,3(24), DOI: 10.1126/scirobotics.aav60.
9. Particle, 2022. Photon WiFi Development Board https://store.particle.io/products/photon?_pos=1&_sid=4e6659c86&_ss=r.
10. Sale, P. 2018. Gerontechnology, Domotics, and Robotics. *Rehabilitation Medicine for Elderly Patients*. Masiero, S., Carraro, U. (Ed). *Practical Issues in Geriatrics*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57406-6_19
11. Simonet, C. and Noyce, A. J. 2021. Domotics, Smart Homes and Parkinson's Disease. *Journal of Parkinson's Disease*, 11(1), S55 – S63. DOI: 10.3233/JPD-202398.
12. Thoutam, V. 2021. Physical Design, Origins And Applications Of Iot. *Journal of Multidisciplinary Cases (JMC)* ISSN 2799-0990,1(01), 26–33. <https://doi.org/10.55529/jmc.11.26>.

Cómo citar este artículo: Pérez–González, M.A., Verde–Romero, D., Hernández–Barón, E., Carbajal–Pérez, H., Villalvazo–Laureano, E., Salome–Baylon, J. (2023). Diseño e implementación de una Red de Sensores gestionada por IoT para Aplicaciones de Domótica. *INVURNUS*, 18 (1) 1-11.

