

Monitoring system of atmospheric variables by IoT devices

Sistema de monitoreo de variables atmosféricas por medio de dispositivos IoT

Pedro M. Montoya-Lara¹, José Ricardo Gómez-Rodríguez^{*1}, Víktor I. Rodríguez-Abdalá¹, Salvador Ibarra-Delgado¹, and Remberto Sandoval-Aréchiga¹

¹Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica,
Posgrado en Ingeniería para la Innovación Tecnológica,
Campus Siglo XXI Carretera Zacatecas - Guadalajara Kilómetro 6, Ejido la Escondida, Zacatecas, Zac., México, 98160.
{pedromontoyalara,jrgrodri,abdala,sibarra,rsandoval}@uaz.edu.mx

Abstract

This article shows an atmospheric variables monitoring IoT system development to measure temperature, humidity and atmospheric pressure. The IoT node is an ESP32 Microcontroller connected to DHT22 and BMP280 sensors capable to transmit the collected data by Wi-Fi networks, these data were received by a server located at the local network and using TCP Sockets protocol, this server is a Raspberry Pi 3. For data visualization is used a text file to obtain the atmospheric variables graphs.

Keywords— IoT, ESP32 microcontroller, atmospheric variables

Resumen

Este artículo muestra el desarrollo de un sistema de Internet de las Cosas para el monitoreo de variables atmosféricas para medir temperatura, humedad y presión atmosférica. El nodo IoT es un microcontrolador ESP32 con los sensores DHT22 y BMP280 capaz de transmitir los datos recolectados a través de redes Wi-Fi, estos datos son recibidos por un servidor localizado en la red de área local y utilizando el protocolo de sockets TCP, este servidor es una Raspberry Pi 3. Para la visualización de los datos es utilizado un archivo de texto que permite obtener las gráficas de las variables atmosféricas.

Palabras clave— Internet de las Cosas, microcontrolador ESP32, variables atmosféricas

* Autor de correspondencia

I. Introducción

Hoy en día es común encontrar una gran variedad de proyectos de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) para diferentes aplicaciones y actividades del ser humano como: agricultura, cuidado de la salud, protección del medio ambiente, ciudades y casas inteligentes. Además de brindar la posibilidad de acceder a la información desde cualquier parte del mundo, controlar objetos en diferentes circunstancias, así como la obtención de datos importantes para la toma de decisiones [1].

Con la finalidad de contribuir con proyectos de IoT, se desarrolló un sistema de monitoreo de variables atmosféricas por medio de dispositivos de bajo consumo de energía [2, 3].

Este sistema de monitoreo permite medir las variables atmosféricas de temperatura, humedad y presión atmosférica. Los datos recolectados se envían a un servidor local para la manipulación de los mismos y así observar el comportamiento de las variables a través del tiempo, además de acceder al historial de los registros [4, 5].

De acuerdo a los lineamientos de IoT, la implementación del sistema debe ser pequeño, de bajo consumo de energía y bajo costo [6].

Es importante mencionar que el dispositivo busca tener un amplio margen de aplicación para distintos escenarios y fines, por ejemplo, el monitoreo de la temperatura permite describir el ambiente de una ubicación dada [6, 7].

Actualmente, el interés por el monitoreo de variables atmosféricas va más allá de fines meteorológicos, el obtener datos precisos de una ubicación dada involucra la

contratación de servicios especializados, los cuales pueden ser no adecuados para ciertos tipos de aplicaciones donde se ve limitada la conectividad a Internet, como es el caso de invernaderos y desarrollos agrícolas remotos.

El desarrollo de dispositivos IoT y que son accesibles al público, permiten dar una solución adecuada, brindan una opción para poder obtener información a menor costo a través de un nodo cliente que mide variables atmosféricas.

El uso de IoT permite obtener información de distintas ubicaciones con respecto a diferentes variables atmosféricas como lo es la temperatura, humedad y presión atmosférica. Además de facilitar la generación de reportes en tiempo real.

Anteriormente se han utilizado diferentes medidores para la recolección de estos datos, por lo general, estos no contienen instrumentos digitales y la extracción de la información se realiza manualmente haciendo esto un proceso que puede conllevar errores en el registro de las mediciones [8].

II. Etapas del sistema

El desarrollo del sistema consta de cuatro etapas, mismas que se detallan en la Figura 1 [9].



Figura 1: Esquema del sistema. Fuente: Elaboración propia.

II.1. Etapa de recolección de datos

En esta etapa se integran los componentes de hardware y software del proyecto. Los dispositivos denominados nodos IoT obtienen por medio de los sensores los datos de las variables atmosféricas (temperatura, humedad y presión atmosférica) [9].

II.2. Etapa de comunicación

En esta etapa se realiza la transmisión de los datos recolectados por los nodos IoT a través de Wi-Fi, dicha información se almacena en un servidor local [10, 9, 11].

II.3. Etapa de gestión

En la etapa de gestión se administran las acciones que se ejecutan en el servidor y se procesan los datos recolectados por los nodos IoT, estos se almacenan en un archivo para su posterior visualización gráfica [9].

II.4. Etapa de consulta

La etapa de consulta permite al usuario interactuar con la plataforma pues toda la información se visualiza mediante gráficas [12, 9, 13, 14].

III. Arquitectura del sistema

El sistema está compuesto por nodos IoT y un servidor local.

En la Figura 2 se muestra los elementos que componen la arquitectura hardware del sistema de monitoreo.

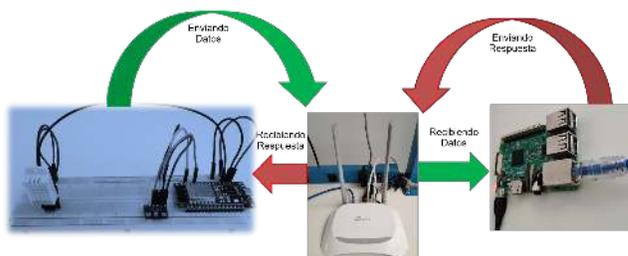


Figura 2: Arquitectura del sistema. Fuente: Elaboración propia.

III.1. Nodo IoT

Microcontrolador

Para la construcción del nodo IoT se utilizó un microcontrolador ESP32-WROOM-32 de la empresa Espressif Systems, el cual integra de modo dual Wi-Fi y Bluetooth, este módulo ESP32 tiene una frecuencia de reloj de hasta 240 MHz y contiene 8 MB de memoria flash, su alimentación es de 3.3 V y tiene un consumo de $10\mu A$, Figura 3.

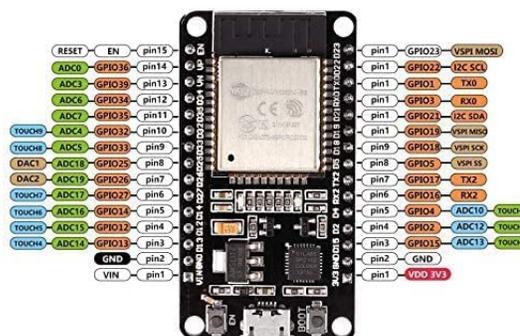


Figura 3: Microcontrolador ESP32 WROOM-32. Fuente: Hoja de datos.

Sensores

Se usaron dos sensores diferentes, para obtener los datos de temperatura, humedad y presión atmosférica, figuras 4 y 5.

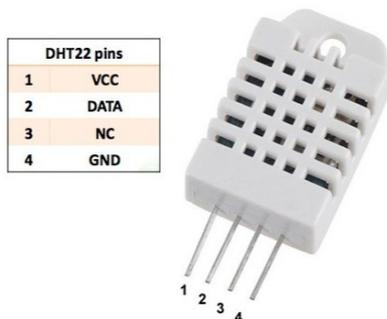


Figura 4: Sensor DHT22

- Consumo: 16 a 2.7 μA
- Interfaz de comunicación: I2C o SPI
- Rango de altura medible: 0 a 9100 metros
- Completamente calibrado
- Resolución: 0.16 Pa
- Frecuencia de muestreo: 157 Hz (máx)

Alimentación

Para la alimentación se utilizaron tres baterías triple AAA de ión de litio de 1.5 V, dando una salida de 4.5 V para el nodo.

III.2. Medio de comunicación

La topología de red que se utilizó fue del tipo estrella, ya que los nodos y el servidor local se conectaron por medio de la red Wi-Fi en modo infraestructura, por lo que dependen directamente de un punto central; es decir, del punto de acceso local.

Protocolo de comunicación

La comunicación entre los nodos y el servidor local fue mediante sockets TCP utilizando Wi-Fi, es decir, se configuró en el nodo cliente y el servidor local el número de puerto TCP para la comunicación cliente-servidor y así transmitir la información.

III.3. Servidor local

El servidor local se desarrolló en una Raspberry Pi 3 (Figura 6) [15].

El sensor DHT22 es utilizado para medir temperatura y humedad. Los pines GND y VCC se conectaron a la alimentación de 3.3 VCD y el pin DATA a una entrada digital del microcontrolador ESP32, que en este caso se utilizó el pin 15, además se usó una resistencia de 10K Ω entre VCC y el pin DATA de acuerdo a las especificaciones del sensor.

Sus especificaciones generales son:

- Voltaje de operación: 3V - 6V DC.
- Rango de medición de temperatura: -40°C a 80 °C.
- Precisión de medición de temperatura: $\pm 0.5^\circ C$.
- Resolución temperatura: 0.1°C.
- Rango de medición de humedad: De 0 a 100 % RH.
- Precisión de medición de humedad: 2 % RH.
- Resolución humedad: 0.1 %RH.
- Tiempo de sensado: 2s.

El sensor BMP280 se alimentó mediante 3.3 VCD y sus terminales SDA y SCL se conectaron al microcontrolador ESP32 con los pines correspondientes ya que emplea I2C (Circuito inter-integrado) como protocolo de comunicación [6, 11].

Este mide temperatura y la presión atmosférica, además se puede determinar la altitud a partir de la presión atmosférica con un error de $\pm 1m$.

Sus especificaciones generales son:

- Rango de presión: 300 - 1100 hPa
- Rango de temperatura: -40 - 85°C
- Precisión de temperatura: $\pm 1.0^\circ C$
- Voltaje de operación: 1.8V a 3.3V DC

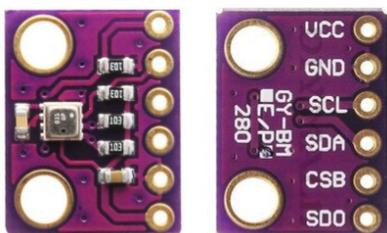


Figura 5: Sensor BMP280

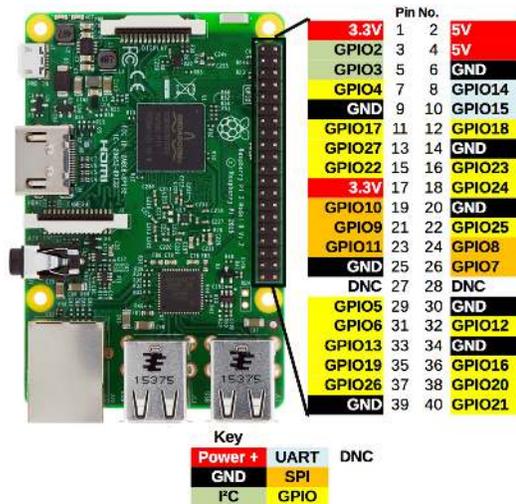


Figura 6: Raspberry Pi 3. Fuente: Hoja de datos.

Se configuró el servidor local para recibir la información de los nodos IoT a través del puerto del socket TCP.

El programa tiene entre sus funciones guardar los datos recibidos en un archivo de texto de forma local, con atributos de tiempo (fecha y hora) que facilitan la realización de gráficas de la información de los nodos IoT.

IV. Resultados

Para verificar el funcionamiento del sistema en general, se colocaron los nodos IoT en diferentes ubicaciones para el envío de datos hacia el servidor local, una vez recibidos se almacenan en una base de datos.

Se muestra el diagrama de conexiones del nodo IoT en la Figura 7.

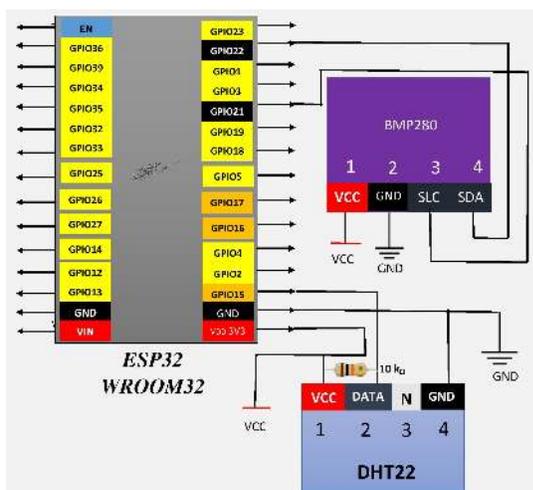


Figura 7: Diagrama de conexiones del nodo IoT. Fuente: Elaboración propia.

El prototipo se muestra en la Figura 8.

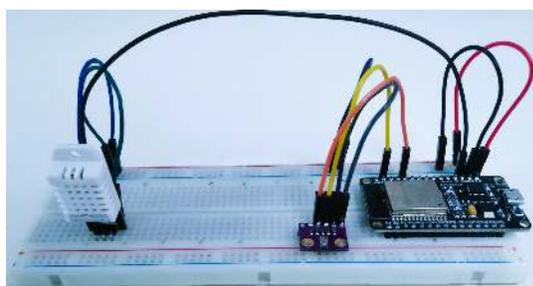


Figura 8: Prototipo de nodo IoT. Fuente: Elaboración propia.

IV.1. Consumo de corriente y voltaje de operación del nodo IoT

La función (deep-sleep) es el modo de sueño profundo que genera mayor ahorro de energía en el microcontrolador ESP32, la única parte de la placa que funciona durante este procedimiento es el reloj en tiempo real

(RTC) el cual puede reiniciar el sistema del nodo IoT cuando haya finalizado el tiempo de descanso.

Se realizó un análisis de consumo de corriente y voltaje durante el envío de paquetes y al estar en modo sueño, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Consumo de corriente y voltaje del nodo IoT

Modo de funcionamiento	Corriente	Voltaje
Modo Sueño (deep-sleep)	14 mA	4.5 V
Modo normal (240 MHz)	45 a 52 mA	4.5 V
Wi-Fi	116 a 144 mA	4.5 V

También se realizó un análisis de consumo de corriente en los sensores DHT22 y BMP280 en modo descanso y activo, los resultados se muestran en las tablas 2 y 3.

Tabla 2: Consumo de corriente y voltaje del sensor DHT22

Modo de funcionamiento	Corriente	Voltaje
Modo descanso	9 µA	4.5 V
Modo activo	35 µA	4.5 V

Tabla 3: Consumo de corriente y voltaje del sensor BMP280

Modo de funcionamiento	Corriente	Voltaje
Modo descanso	16 µA	4.5 V
Modo activo	39 µA	4.5 V

IV.2. Base de datos

El servidor local cuenta con una terminal COM para el envío de avisos, cuando está esperando conexiones muestra el mensaje (*esperando conexiones*). Una vez que comienzan a recibirse se muestran en la consola y se marca la fecha y hora del reporte, como se muestra en la Figura 9.

Después de obtener los datos, estos se escriben en un archivo de texto separado por tabuladores, tal como se muestra en la Figura 10.

IV.3. Consulta de datos mediante gráficas

Las gráficas de temperatura, humedad y presión atmosférica de los diferentes nodos IoT con sus respectivas fecha y hora [13] se muestran en las figuras 11, 12, 13 y 14.

En las gráficas se puede observar el comportamiento de la temperatura, humedad y presión atmosférica de cada uno de los nodos en las diferentes horas y fechas que se reportaron los datos, según ubicación.

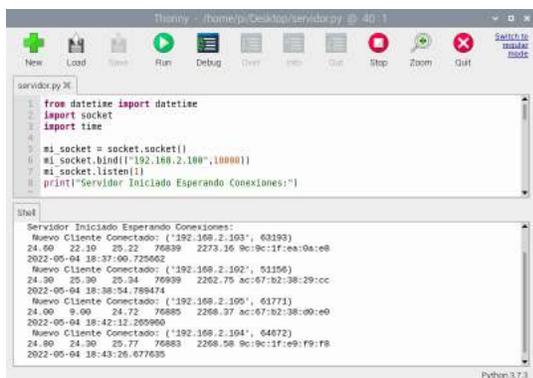


Figura 9: Recepción de datos. Fuente: Elaboración propia

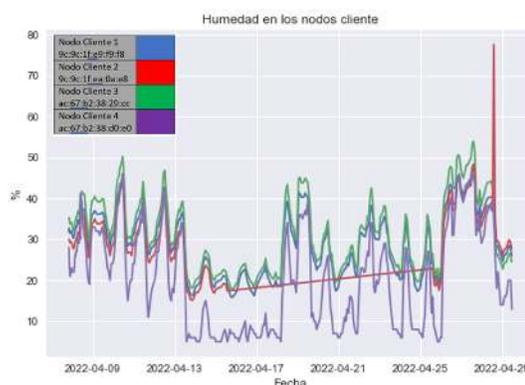


Figura 12: Gráfica de humedad del sensor DHT22. Fuente: Elaboración propia

TemperaturaDHT	Humedad	TemperaturaBMP	Presion	Altitud	Dispositivo	Fecha
23.00	32.00	24.44	76875	2269.41	9c:9c:1f:e9:f9:f8	2022-04-07 20:07
22.00	26.00	23.75	76888	2256.06	ac:67:b2:38:d0:e0	2022-04-07 20:13
23.20	30.00	24.10	76937	2262.95	ac:67:b2:38:29:cc	2022-04-07 20:13
22.70	35.10	23.95	76825	2274.61	9c:9c:1f:ea:0a:e8	2022-04-07 20:13
23.40	32.50	24.49	76874	2269.51	9c:9c:1f:e9:f9:f8	2022-04-07 20:13
22.00	27.00	24.41	76905	2256.18	ac:67:b2:38:d0:e0	2022-04-07 20:33
23.20	30.00	24.33	76963	2260.46	ac:67:b2:38:29:cc	2022-04-07 20:33
22.70	35.30	24.25	76857	2271.28	9c:9c:1f:ea:0a:e8	2022-04-07 20:33
23.40	32.70	24.65	76898	2267.01	9c:9c:1f:e9:f9:f8	2022-04-07 20:33
24.00	24.00	25.45	76928	2263.89	ac:67:b2:38:d0:e0	2022-04-07 20:53
23.60	29.90	24.53	76979	2258.59	ac:67:b2:38:29:cc	2022-04-07 20:53
23.10	35.00	24.53	76877	2269.89	9c:9c:1f:ea:0a:e8	2022-04-07 20:53
23.90	32.20	24.81	76917	2265.04	9c:9c:1f:e9:f9:f8	2022-04-07 20:53
24.00	23.00	26.03	76958	2260.77	ac:67:b2:38:d0:e0	2022-04-07 21:13
23.90	29.40	24.76	77010	2255.36	ac:67:b2:38:29:cc	2022-04-07 21:13
23.50	34.20	24.75	76981	2256.70	9c:9c:1f:ea:0a:e8	2022-04-07 21:13
24.10	31.70	25.01	76952	2261.40	9c:9c:1f:e9:f9:f8	2022-04-07 21:13
25.00	21.00	26.22	76969	2259.63	ac:67:b2:38:d0:e0	2022-04-07 21:33
24.10	29.20	24.89	77022	2254.12	ac:67:b2:38:29:cc	2022-04-07 21:33
23.70	33.80	24.89	76915	2265.25	9c:9c:1f:ea:0a:e8	2022-04-07 21:33
24.30	31.50	25.11	76959	2260.67	9c:9c:1f:e9:f9:f8	2022-04-07 21:33
25.00	21.00	26.17	77000	2256.40	ac:67:b2:38:d0:e0	2022-04-07 21:53
24.20	29.20	25.01	77056	2250.58	ac:67:b2:38:29:cc	2022-04-07 21:53
23.80	33.80	24.98	76947	2261.92	9c:9c:1f:ea:0a:e8	2022-04-07 21:53
24.40	31.60	25.18	76989	2257.55	9c:9c:1f:e9:f9:f8	2022-04-07 21:53

Figura 10: Archivo de texto. Fuente: Elaboración propia

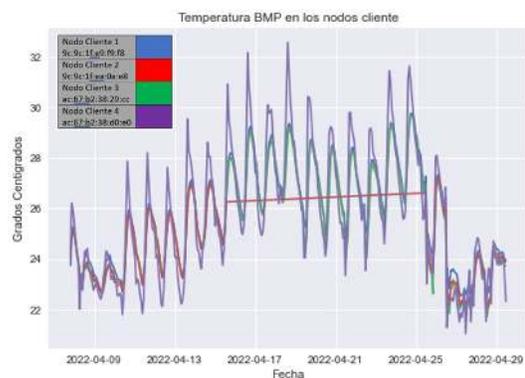


Figura 13: Gráfica de temperatura del sensor BMP280. Fuente: Elaboración propia

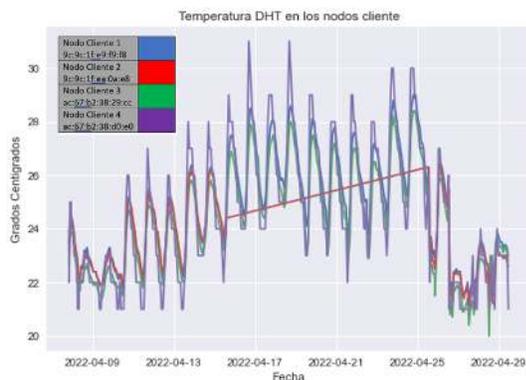


Figura 11: Gráfica de temperatura del sensor DHT22. Fuente: Elaboración propia

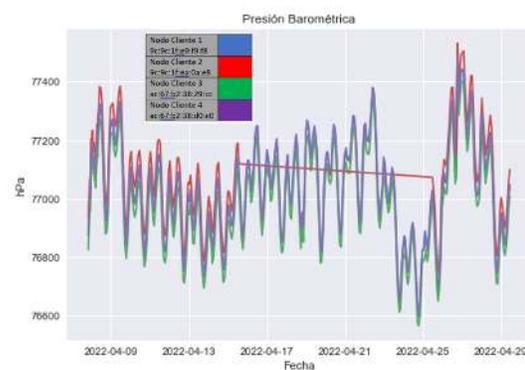


Figura 14: Gráfica de presión atmosférica del sensor BMP280. Fuente: Elaboración propia

Por otra parte el archivo de datos permitió observar y analizar los datos de cada nodo y los cambios en cada reporte de información que llegó al servidor.

Se consideró procesar los datos del archivo de texto de manera más legible con el fin de obtener una mejor comprensión de los datos de las variables atmosféricas.

Todo esto consistió en presentar dicha información en

gráficas que mostraron a detalle los cambios de los datos de las variables atmosféricas.

V. Conclusiones

Se desarrolló un sistema de monitoreo de variables atmosféricas por medio de dispositivos IoT, mediante un prototipo capaz de enviar datos a un servidor local de manera autónoma a través de Wi-Fi, utilizando los sensores DHT22 y BMP280 así como un microcontrolador ESP32.

El hardware y software utilizado en este prototipo brindó una plataforma basada en IoT que puede ser usada en cualquier tipo de ubicación con un bajo consumo de energía.

El uso Wi-Fi y socket TCP/IP permite que el nodo IoT sea accesible en áreas que contengan cobertura de Wi-Fi.

Agradecimientos

Gracias a la Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Autónoma de Zacatecas y al Programa Académico de Ingeniería en Robótica y Mecatrónica, así como a las personas que orientaron y colaboraron en el desarrollo de este proyecto de sistema de monitoreo de variables atmosféricas por medio de dispositivos IoT.

Referencias

- [1] Tatiana P Mendieta, Julian Herrera y Angie Jimenez Peña. «La Capacidad del IOT de Transformar el Futuro». En: *Revista Avenir* 1.1 (2019), págs. 15-18.
- [2] Jorge E Gómez et al. «Sistema de Internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos». En: *Ingeniería e Innovación* 5.1 (2017).
- [3] Alberto García Martínez. «Diseño e implementación de un sistema IoT mediante la plataforma ESP32 para la automatización del proceso de compostaje de residuos orgánicos domésticos.» Tesis de mtría. Universidad Politécnica de València, 2021.
- [4] Eva Mata Celaya. «Dispositivo de bajo coste para el control remoto y monitorización para cámara de acción vía WiFi». Universidad Politécnica de Madrid, 2017.
- [5] Rubén R Urquijo y Marcelo J Marinelli. «Sistema de monitoreo de una cámara de germinación hidropónica con IoT basado en Raspberry Pi». Instituto de Biotecnología de Misiones “María Ebe Reca”. Campus U.Na.M., 2018.
- [6] María Estela Rodríguez Torres et al. «Sistema de monitoreo y control remoto de temperatura en incubadora de huevo de aves basado en internet de las cosas (monitoring and remote control system of temperature in a poultry egg incubator based on internet of things)». En: *Pistas Educativas* 42.138 (2021).
- [7] GT Zárate Ocaña et al. «Diseño y construcción de un prototipo biomédico para la adquisición vía remota de signos vitales utilizando tecnologías del internet de las cosas (iot)». En: *Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica* 5.1 (2018), págs. 470-473.
- [8] M.C. Vega et al. *Las tecnologías IOT dentro de la industria conectada: Internet of things*. EOI Escuela de Organización Industrial, 2015. URL: <https://books.google.es/books?id=uJRaDwAAQBAJ>.
- [9] Juan A Guerrero Ibañez et al. «SgreenH IoT: Plataforma IoT para agricultura de precisión». En: *Sistemas, cibernética e informática* 14.2 (2017).
- [10] Alvaro Javier Gavilanes Bayas. «Sistema electrónico de detección y rastreo de mascotas». B.S. thesis. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas., 2018.
- [11] Javier Marín Martín. «Prototipo de Nodo wifi para medida de nivel de ruido y lecturas GPS con aplicaciones iot». Universitat de les Illes Balears, 2017.
- [12] César Manuel Hernández Mendoza, Luz María Rodríguez Vidal y Maricela Aguilar Almanza. «Aplicación del internet de las cosas para monitorear el uso de equipos y contactos eléctricos». En: *ANFEI Digital* 12 (2020).
- [13] Angel Alejandro Rodriguez Aya, Juan Figueredo Luna y Juan Alejandro Chica García. «Sistema de control y telemetría de datos mediante una aplicación móvil en Android basado en IoT para el monitoreo de datos». En: *Revista Espacios* 39 (2018), págs. 22-30.
- [14] Erick Escobar Gallardo y Alex Villazón. «Sistema de monitoreo energético y control domótico basado en tecnología internet de las cosas». En: *Investigación & Desarrollo* 18.1 (2018), págs. 103-116.
- [15] Juan José Caiza Narváez, Katerine Márceles Villalba y Siler Amador Donado. «Arquitectura basada en tecnologías emergentes y tecnología de monitoreo de tráfico de red». En: *Investigación e Innovación en Ingenierías* 9.3 (2021), págs. 18-31.