

Sistema de Monitoreo de temperatura y humedad en el hogar aplicando IoT de bajo costo**Home temperature and humidity monitoring system applying low-cost IoT.**

¹ Ing. Miguel Fabricio Boné Andrade; ² Ing. Jaime Darío Rodríguez Vizuete; ³ Ing. Aldo Patricio Mora-Olivero; ³ Ing. Sandra María Sosa Calero

APRENDIZAJE**Diciembre, V°3-N°2; 2022**

- ✓ **Recibido:** 25/08/2022
- ✓ **Aceptado:** 15/10/2022
- ✓ **Publicado:** 20/10/2022

INSTITUCIÓN

 **Universidad Técnica Luis
Vargas Torres de Esmeraldas**

CORREO:

- ✉ jaime.rodriquez.vizuite@utelvt.edu.ec
- ✉ miguel.bone@utelvt.edu.ec
- ✉ aldo.mora.olivero@utelvt.edu.ec
- ✉ sandra.sosa.calero@utelvt.edu.ec

ORCID:

- ¹ <https://orcid.org/0000-0002-8635-1869>
- ² <https://orcid.org/0000-0003-1397-718X>
- ³ <https://orcid.org/0000-0002-4337-7452>
- ⁴ <https://orcid.org/0000-0002-9568-1907>

FORMATO DE CITA APA.

Boné, M. Rodríguez, J. Mora, A. Sosa, S. (2022) Sistema de Monitoreo de temperatura y humedad en el hogar aplicando IoT de bajo costo. Revista G-ner@ndo, V°3 (N°2). 69-88.

Resumen

Esta investigación cualitativa presentó un sistema de monitoreo de temperatura y humedad en el hogar aplicando Internet de las cosas (IoT) de bajo costo, en la ciudad de Esmeraldas y Santo Domingo de manera simultánea. Además, este estudio descriptivo con diseño experimental empleó una placa ESP32-DevKit v4 con wifi para aplicaciones IoT, un sensor DHT11 de temperatura y humedad, el proceso de la programación se lo realizó mediante el lenguaje Python y el gestor de base de datos MongoDB que almacenó la información de temperatura y humedad de las dos ciudades, además se utilizó el servidor CloudAMQP con el protocolo MQTT como intermediario para receptar la información y poder conectar con la aplicación en la web nodo-red que permite generar la información mediante dashboard. Los resultados obtenidos en la investigación mostraron que se pueden generar datos de temperatura y humedad de lugares distintos en tiempo real y almacenarlos en una base de datos de forma simultánea. El presente estudio está conformado de la siguiente manera: introducción, artículos relacionados de alto impacto donde se detallan los antecedentes del trabajo de investigación, el estado del arte con la teoría y conceptos fundamentales que sustentan la investigación, el proceso de la metodología y las herramientas bases para realizar la propuesta, y finalmente los resultados que se obtienen seguido de las conclusiones y recomendaciones.

Palabras clave: Internet de las cosas, IoT, sensores, temperatura y humedad, MQTT.

Abstract

This qualitative research presented a home temperature and humidity monitoring system applying low-cost Internet of Things (IoT) in the city of Esmeraldas and Santo Domingo simultaneously. In addition, this descriptive study with an experimental design used an ESP32-DevKit v4 board with Wi-Fi for IoT applications, a DHT11 temperature and humidity sensor, the programming process was carried out using the Python language and the MongoDB database manager that stored the temperature and humidity data of the two cities, in addition, the CloudAMQP server with the MQTT protocol was used as an intermediary to receive the information and be able to connect with the node-network web application that allows generating the information through a dashboard. The results obtained in the investigation showed that temperature and humidity data from different places can be generated in real time and stored in a database. The present study is made up as follows: introduction, high-impact related articles detailing the background of the research work, the state of the art with the theory and fundamental concepts that support the research, the process of the methodology and the tools. basis for making the proposal, and finally the results obtained followed by the conclusions and recommendations.

Keywords: Internet of things, IoT, sensors, temperature and humidity, MQTT

Introducción

En la actualidad el internet de las cosas ha permitido extenderse a nivel mundial, accediendo a una interconexión inalámbrica entre diferentes objetos que se usan en la vida cotidiana como: aires acondicionados, neveras, televisores, lámparas, entre otros, manteniendo una conexión los objetos pueden intercambiar información en tiempo real proporcionando un pavimento para la revolución tecnológica con enormes beneficios y aplicaciones (Navani et al., 2018).

La aplicación de sensores inteligentes es un beneficio indispensable para la tecnología IoT, un sensor inteligente puede actuar como sensor y/o actuador. Además de ser un sensor ordinario, los sensores inteligentes pueden eliminar errores como lecturas incorrectas (Haydar et al., 2018). De acuerdo con el estudio de Chang (2019) expresa que los cambios que se dan en el clima son drásticos y consecutivos, causando varias problemáticas en la agricultura y en ciertos productos que deben estar en un nivel de temperatura estable. Es por ello que existen dos variables que son fundamentales medir para llevar un control del clima en nuestro contexto como son la temperatura y humedad (Rivera, 2019) . Por lo tanto, es importante que se pueda aplicar el uso de tecnologías IoT que busca conectar activos industriales y máquinas a los sistemas de información empresarial, a los procesos comerciales y a las personas que lo operan y usan. Debido a los avances tecnológicos estas tecnologías están siendo aplicados en varias áreas como en el hogar, farmacias, centros comerciales, agricultura, etc. para mejorar la productividad y reducir el esfuerzo humano, manteniendo un equilibrio y optimizando el control de los procesos. En la investigación se aplicarán materiales de bajo costo para medir los factores de temperatura y humedad desde el hogar mediante la tecnología IoT para poder tomar soluciones a tiempo cuando se produzcan cambios relevantes de estas variables.

Se usará el protocolo MQTT para el envío de los datos de temperatura y humedad, el mismo que fue comparado con el protocolo AMQT mediante la ejecución de código en el lenguaje de programación de Python y fue más eficiente en el tiempo de respuesta al transmitir los datos.

Artículos relacionados

El creciente desarrollo tecnológico ha impulsado al ser humano a tener un control del medio que lo rodea y en especial de su hogar y sus bienes, para realizar este control, ya no es necesario estar presente físicamente en un lugar determinado, sino que su monitorización y ejecución de acciones se las realiza desde cualquier lugar, esto se da por la comunicación existente del internet y de los dispositivos IoT que permiten realizar estas acciones.

Para dar inicio al proceso de recopilación de información documental y estudios relacionados por varios autores acerca de soluciones para el monitoreo de la temperatura y humeado en el hogar aplicando IoT, se definió una cadena de búsqueda a partir de la propuesta planteada.

Los términos de búsqueda están definidos de la siguiente manera: (monitoring temperatura and humidity OR monitoreo de la temperatura y humedad) AND (applying IoT OR aplicando IoT) OR (in the home OR en el hogar), se inició con la búsqueda de información en las diferentes bases de datos científicas y se eligieron los estudios más relevantes, los mismos que permitieron aportar información selecta para la propuesta del monitoreo de la temperatura y humedad en el hogar aplicando IoT de bajo costes, a continuación se describen los aportes científicos.

En la investigación realizada por Navani et al. (2018) presentaron un diseño de sistema de sensor inteligente para electrodomésticos, como refrigeradoras. El sensor está diseñado para recopilar datos de temperatura interna y el nivel de humedad relativa del electrodoméstico. También se utiliza un sensor de corriente para medir la corriente consumida por el aparato. Para controlar la conexión del aparato a la red, se adjunta un relé al sistema. Posteriormente, todos los datos del sensor se envían a una plataforma en la que el usuario puede observar los valores del sensor y controlar el relé. Se observa la publicación de los valores del sensor en la plataforma.

Por otra parte, Farah et al.(2019) indicaron un estudio de controlador de temperatura ambiente automatizado basado en la humedad mediante IoT. Se usan diferentes tipos de circuitos analógicos dependientes de relés. Estos circuitos dependían principalmente de

sensores de temperatura y humedad que proporcionaban a esos circuitos las principales funcionalidades. En esta investigación, la automatización se logra mediante el uso de un microcontrolador que facilitó el control automático de la temperatura ambiente y el cambio de palanca. El ventilador eléctrico ajusta la velocidad de forma dinámica en función de las variaciones de temperatura del ambiente. Este sistema de ventilador de hardware eléctrico incluye una combinación de sensor, controlador, controlador y motor con la incorporación de programación guiada integrada. El sistema toma los datos del sensor de temperatura, los pasa al microcontrolador y controla el calentador de CA en la salida y muestra el estado de la salida en la pantalla LCD. Al automatizar todos estos procesos, es posible controlar la temperatura y la humedad de la habitación de acuerdo con la necesidad del usuario.

En otro contexto, Durón et al. (2019) realizaron un estudio de un sistema de monitoreo de efecto invernadero de bajo costo basado en Internet de las Cosas. Se creó un invernadero controlador que puede ser capaz de manejar dos variables que afectan el crecimiento de las plantas, la temperatura y humedad, mediante el uso de una serie de condicionales, el prototipo carga los datos a un servidor para que los datos puedan ser analizados. Como resultado se obtuvo una aplicación para Smartphone y el prototipo de invernadero. La aplicación muestra la temperatura real dentro del invernadero, la humedad y finalmente el estado de cada actuador utilizado en el invernadero, los valores se actualizan cada 2 segundos.

En el mismo contexto Gómez et al. (2017) expresaron un estudio del desarrollo de un sistema de Internet de las cosas para el monitoreo de cultivos protegidos. Los datos fueron capturados en tiempo real usando el protocolo MQTT que hace parte de los protocolos M2M, a través de un broker y usando la infraestructura dada por la plataforma de hardware libre Arduino como controlador de los diferentes sensores. Lo que permite capturar los datos en tiempo real del porcentaje de humedad del suelo, la temperatura y la humedad relativa del aire, así como también los niveles de radiación que pueden incidir en el desarrollo de los cultivos.

Por otra parte Hernández (2021) aplicaron un “Prototipo de sistema de riego agrícola autónomo basado en Arduino e internet de las cosas a escala de laboratorio, alimentado por un sistema fotovoltaico”, en el proceso se emplea hardware y software libre, redes de sensores alámbricos e inalámbricas (WSN), actuadores, dispositivos de comunicación inalámbrica y herramientas TIC, con el fin de crear un ambiente donde el IoT y la Agricultura de Precisión, ofrezca al usuario un mejor control del riego sobre el cultivo, enviando una notificación al agricultor mediante MSM al celular. Como resultado se obtiene que el sistema reúne toda la información de temperatura y humedad que emiten los sensores desde el suelo, el cual procesa la información en el microcontrolador instalado en la tarjeta Arduino Mega 2560 y decide notificar si el valor enviado por los sensores está dentro del rango que indica que es necesario efectuar el riego, por nivel bajo de humedad. Para la notificación se envía un mensaje SMS al número de teléfono móvil GSM asignado en el código, esto por medio del uso del módem GPRS/GSM Shield SIM900.

En la misma línea, Arevalo & Chico (2017) propusieron el Desarrollo de plataforma de internet de las cosas para dar una solución tecnológica enfocada en la creación de un modelo propio de agricultura de precisión, basado en la extracción y recolección de datos ambientales, provenientes de los sensores remotos. Se utilizaron técnicas de encriptación y plataformas donde los datos son plenamente resguardados; la información recolectada, viaja por medio de protocolos de red inalámbrica según sea el lugar y las necesidades que se den en el campo, por lo que se cuenta con soporte para tecnologías de comunicación como (ISM, XBEE, RFM69, WIFI, 2G, 3G y 4G), una vez consolidados e integrados los datos, se obtiene un soporte histórico de variaciones climáticas por medio del portal de Microsoft Azure, donde se analizan y se estudian los datos con la herramienta Azure Machine Learning Studio y PoweBI, para así dar como resultado un estimado de probabilidad de lluvia. El sistema que aquí se presenta demuestra ser óptimo y cuenta con la capacidad energética de funcionar con energía solar, desde los nodos sensores que implementan paneles solares y controladores de carga, hasta la unidad ambiental que gracias a su bajo consumo puede tener como suministro eléctrico un panel solar.

En el mismo campo de estudio, Arevalo & Chico (2020) presentaron un estudio de una red inalámbrica de sensores IOT para detección y control en tiempo real de los diferentes parámetros característicos de amarillamiento y secamiento en la palma africana. En la estructuración de equipos IoT en la palma africana para esta red inalámbrica se utilizaron equipos de transmisión, procesamiento de datos y receptor. En la distribución de la red sensorial se instaló un número determinado de sensores en lugares estratégicos, el sensor se conecta al Gateway para la transmisión de datos obtenidos. La señal que es transmitida por el dispositivo Gateway es receptada por dispositivos como Smartphone, laptop, Pc para visualizar y monitorear la información emitida por los sensores. La investigación presenta una estrategia de comunicación por IoT y sensores que permiten controlar ciertos factores como la humedad de palmas africanas mediante dispositivos inteligentes para la toma de decisiones en tiempo oportuno.

Estado del arte

Se expondrán las bases teóricas-científicas por medio de ideas, conceptos y experiencias de estudios relacionados a los sistemas de monitoreo de temperatura y humedad en el hogar mediante la aplicación de IoT de bajo costo.

El Internet de las cosas (IoT) es una tecnología que está emergiendo actualmente y puede verse como una red de objetos conectados a través de Internet, cuyo objetivo es aumentar la disponibilidad de Internet en cualquier lugar y en cualquier momento (el estado o la capacidad de estar en todas partes, especialmente al mismo tiempo) a través de la integración de objetos físicos (incrustados con software, sensores, actuadores, etc.) en la información. red que permite a estos objetos recopilar datos e intercambiarlos (Haydar et al., 2018).

Para realizar el proceso de comunicación existen dos protocolos que son:

Protocolo AMQP (Advanced Message Queuing Protocol): Es un estándar abierto (ISO-OASIS) para pasar mensajes entre aplicaciones, que permite la conexión entre sistemas y transmite los mensajes de manera confiable, por lo que es un protocolo orientado a conexión que

utiliza como protocolo de transporte a TCP, diseñado para mensajes M2M, soporta request response, publish-subscribe y enrutamiento (OASIS, 2022a).

Protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). MQTT es un protocolo de mensajería basado en publicación-suscripción estándar ISO, el mismo que funciona sobre el protocolo TCP/IP. Está diseñado para conexiones con ubicaciones remotas (Navani et al., 2018). MQTT Es un estándar de OASIS, muy liviano para transmitir mensajes en sistemas de limitados recursos, que permite el envío de mensajes a un grupo de clientes o suscriptores, es orientado a conexión por lo que utiliza al protocolo TCP como protocolo de transporte, basado en Topics y utiliza un servidor MQTT para proveer los servicios de mensajería y necesita de un cliente MQTT para poder utilizar los servicios de mensajería que permite producir o consumir mensajes(OASIS, 2022b) .

Los dispositivos IoT utilizados en la propuesta se detallan a continuación:

ESP32-DevKitC V4: Es una placa de desarrollo para aplicaciones IoT, que cuenta con un microcontrolador programable, que tiene las siguientes características: CPU Xtensa dual-core 32 bit con frecuencia de procesador de 240Mhz, memoria RAM de 520 KB SRAM, memoria flash de 4 MB, memoria ROM de 448 KB y comunicación inalámbricas WIFI 802.11b/g/n y Bluetooth v4.2 BR/EDR y BLE (ESPRESSIF, 2022).

Sensor DHT11: Es un sensor de temperatura y humedad, que tiene las siguientes características: trabaja con un voltaje de 3.3 a 5.5V DC, consume 2.5mA y realiza las mediciones de humedad en el rango de 5 % al 95 % con una precisión de ± 5 % con un tiempo de respuesta <6s y de temperatura en el rango -20°C hasta 60°C con una precisión de ± 2 %°C con un tiempo de respuesta de <10s (Sheet, 2022).

Materiales Y Métodos

La revisión documental permitió elaborar la parte teórica de la investigación, indagando en estudios selectos para extraer conceptos y bases teóricas para el desarrollo del trabajo. Además, en esta sección, se establecieron los parámetros físicos y técnicos que son aplicados en el diseño

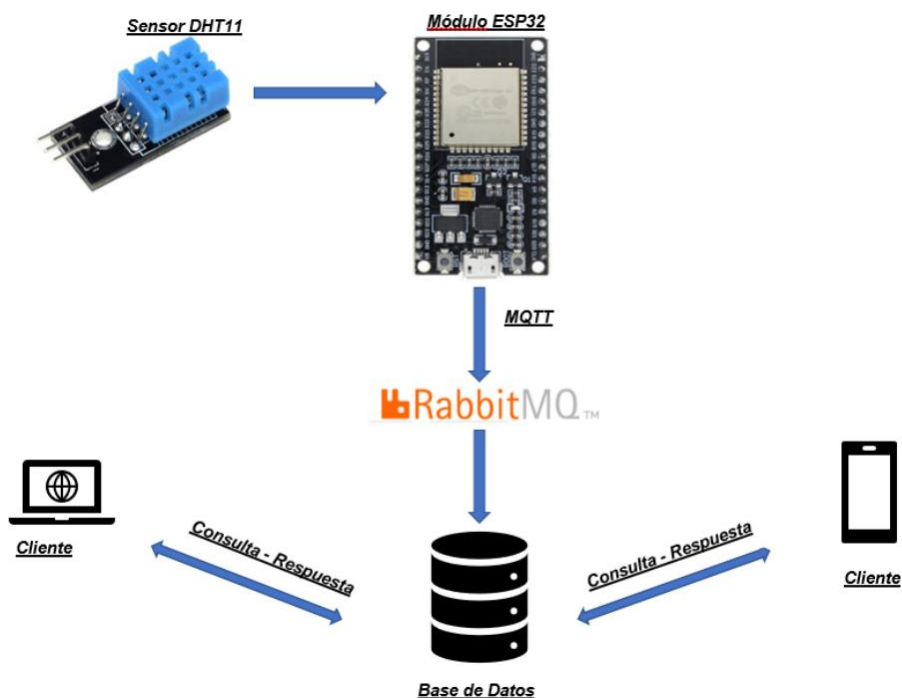
de la propuesta, que consisten en seleccionar el protocolo de comunicación, seleccionar los dispositivos de hardware de IoT de código abierto, configurar los dispositivos IoT, servidor web y base de datos.

Diseño del sistema de monitoreo de temperatura y humedad

La metodología definida permite establecer la arquitectura de la propuesta, la misma que está compuesta por: i) protocolo de comunicación, ii) dispositivos electrónicos, iii) servidor web y base de datos. En la figura 1 se muestra la arquitectura y tecnología empleada. A continuación, se detallan los mismos.

Figura 1

Arquitectura propuesta



Nota. Arquitectura utilizada en la investigación.

Para realizar el proceso de comunicación se utilizaron dos protocolos: *AMQP (Advanced Message Queuing Protocol)* y *MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)*. Se hicieron comparaciones entre los protocolos de comunicaciones transmitiendo datos de manera local y global con servidores en la nube, de esta manera se pudo seleccionar el protocolo *MQTT* por su eficacia en la transmisión de datos, fue más eficiente en cuanto al tiempo de respuesta para transferir la información.

En la propuesta se utilizó la placa ESP32-DevKitC V4 que cuenta con un microcontrolador programable, el módulo utilizado en esta propuesta es el ESP32-WROOM-32D que se muestra en la figura 2, el mismo que cuenta con el microcontrolador ESP32-D0WD, y que es usado debido a su flexibilidad para transmitir los datos de la lectura obtenida por cada sensor al servidor utilizando el WIFI integrado del módulo. Su costo es muy económico, tiene wifi y tiene la capacidad de conectarse a un router wifi y a internet, es adaptable para ser usado por varios protocolos de acuerdo con las necesidades que se requieran.

Figura 2

Módulo ESP32 de 38 pines (MESP32-38)

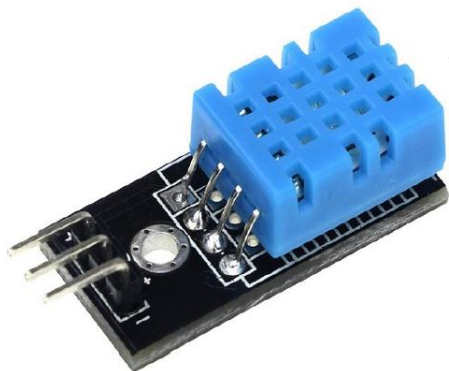


Nota. Se muestra placa de desarrollo para aplicaciones IoT.

Además, es utilizado el sensor de temperatura y humedad DHT11 que se muestra en la figura 3, el mismo que permite obtener la lectura de la temperatura y humedad de cada hogar, dicha lectura es enviada mediante el módulo ESP32 a la base de datos que se encuentra en el servidor web. En la figura se muestran los resultados obtenidos a través del sitio web propuesto

Figura 3

Sensor de temperatura y humedad (DHT11)

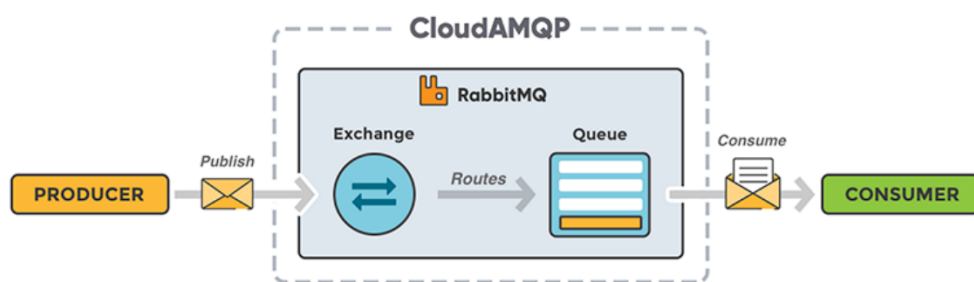


Nota. Se muestra sensor de temperatura y humedad utilizado.

Así mismo, se emplea el servidor web CloudAMQP, tal como se observa en la figura 4, el mismo que permite el intercambio de mensajes entre el producer (publisher) y el consumer de la solución propuesta de IoT, que permite el monitoreo de la temperatura y humedad de los hogares en donde se implemente la solución.

Figura 4

Servidor CloudAMQP



Nota. Se muestra la estructura del Servidor CloudAMQP.

El servidor está alojado en servidores RabbitMQ como un servicio. CloudAMQP al emplear clústers de RabbitMQ admite múltiples protocolos como AMQP, MQTT, HTTPS, STOMP y WebSockets 6.

Una vez descrito las características de la arquitectura propuesta se procedió a la validación de la solución planteada. Para escoger el protocolo de comunicación que permita una mayor eficiencia en la transmisión de los datos se procedió a evaluar los tiempos de respuesta de AMQP y MQTT mediante el método estadístico promedio, por lo que en cada toma se sacó el promedio de 10 muestras, con el fin de seleccionar el protocolo que tenga menos retardo en la comunicación. En el proceso de evaluación se añadió un retardo de 100u[s], se tomaron 10 tomas (muestras) a ambos protocolos y además, se realizó la evaluación de manera local y remota a los servidores CLOUDAMQP (toad.rmqs.cloudamqp.com) y CLOUDMQTT (driver.cloudmqtt.com), tal como se muestra en la tabla 1.

Análisis de resultados

En este apartado se mostrarán los resultados obtenidos en la presente investigación, los cuales dan sustento a la comprobación del estudio experimental.

Tabla 1

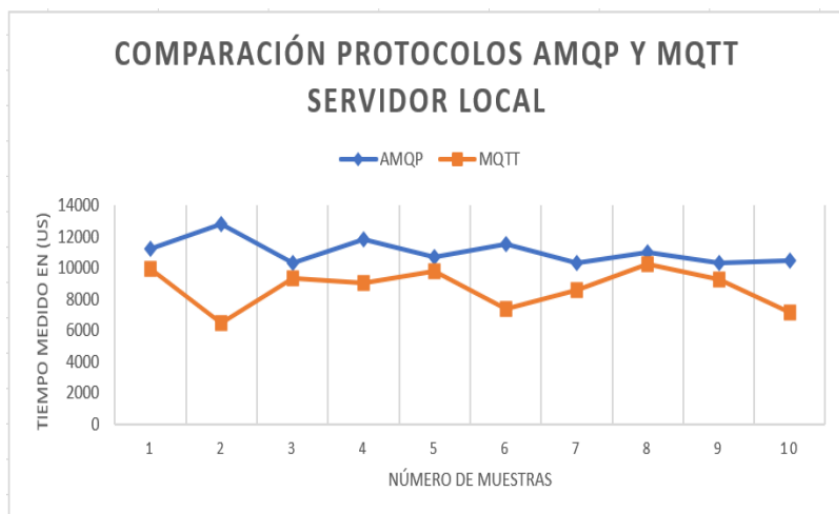
Muestra del servidor local y servidor remoto

MUESTRAS	LOCAL		REMOTO	
	AMQP	MQTT	AMQP	MQTT
M1	11219.9	9818	11349.4	10174.1
M2	12803.8	6489.4	10621.5	8184.3
M3	10331.3	9318.9	11621.5	10660.1
M4	11805	9050.6	10772.2	9806.7
M5	10681.2	9746.8	10238.6	9495.8
M6	11529	7337.6	13108.4	9151
M7	10278.1	8537.3	10763.7	8733.1
M8	11022.8	10208.9	11297.4	9181
M9	10289.6	9221.6	9176.5	7074.2
M10	10469.1	7177.9	11025	10038.6

Nota. Se observan los resultados de la muestra tomadas en el servidor local y en el servidor remoto, siendo más eficiente en protocolo MQTT en cuanto al tiempo de respuesta.

Figura 4

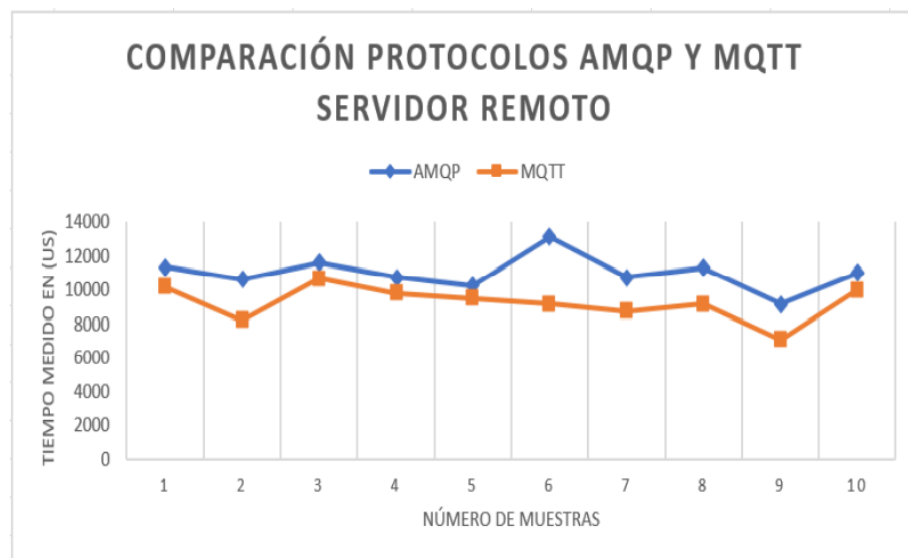
Evaluación de tiempos de respuesta de los protocolos AMQP y MQTT a nivel local



Nota. Se observan los resultados de la evaluación de tiempos de respuesta de los protocolos AMQP y MQTT a nivel local.

Figura 5

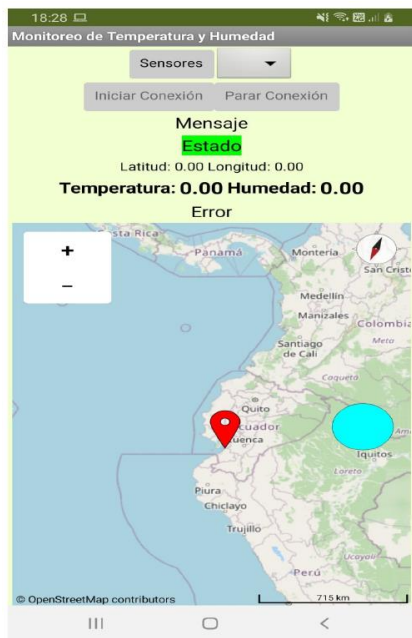
Evaluación de tiempos de respuesta de los protocolos AMQP y MQTT a nivel remoto.



Nota. Se observan los resultados de evaluación de tiempos de respuesta de los protocolos AMQP y MQTT a nivel remoto.

Figura 6

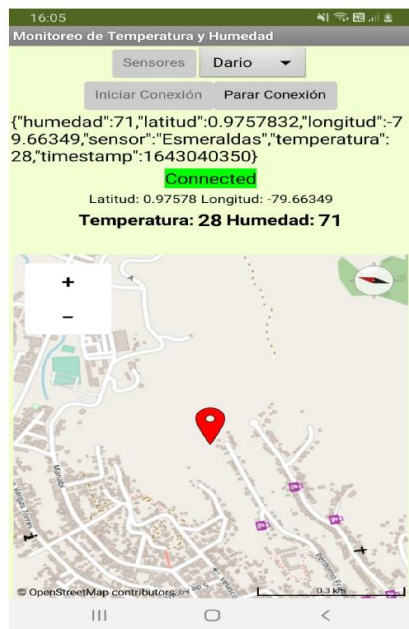
Interfaz Sistema de Monitoreo



Nota. Interfaz del sistema de monitoreo donde se muestra la ubicación del lugar donde se está midiendo la temperatura y humedad.

Figura 7

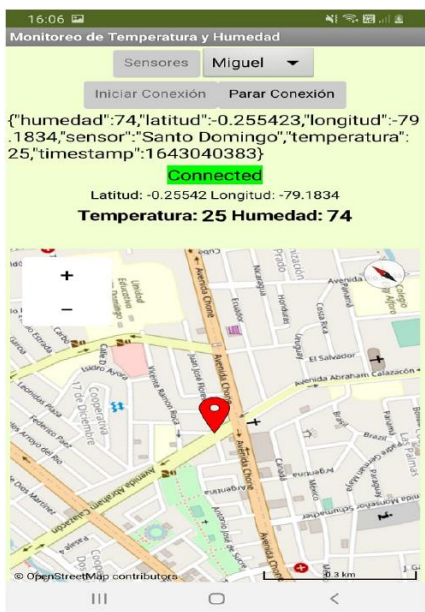
Interfaz de ubicación del sensor con usuario Darío



Nota. En la figura se muestra que la ubicación que está el usuario Darío midiendo la temperatura y humedad es en la ciudad de Esmeraldas.

Figura 8

Interfaz de ubicación del sensor con usuario Miguel



Nota. En la figura se muestra que la ubicación que está el usuario Miguel midiendo la temperatura y humedad es en la ciudad de Santo Domingo.

Figura 9

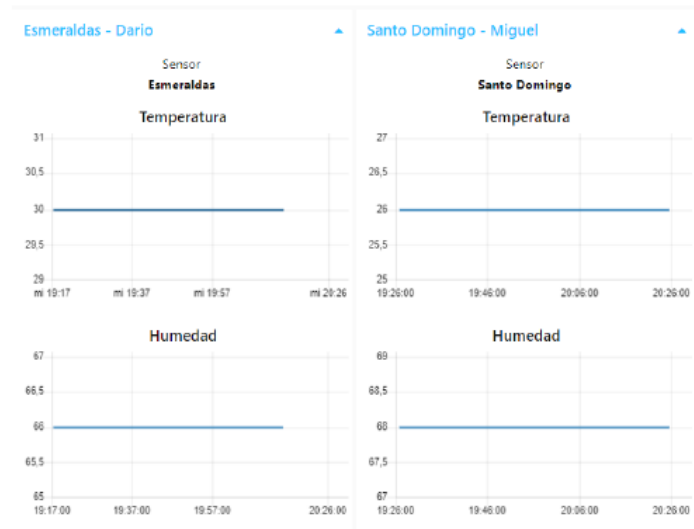
Interfaz Sensores en Node-red



Nota. En la figura se muestra la interfaz de los sensores en la aplicación Node-red.

Figura 10

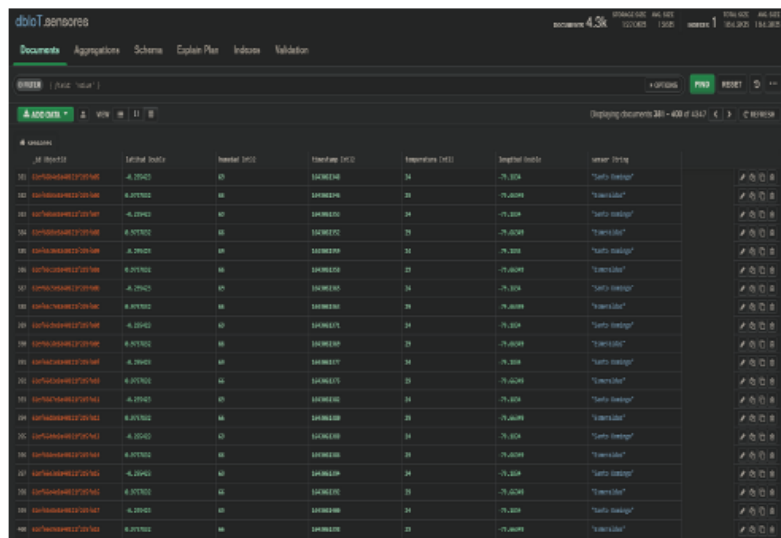
Interfaz Sensores en plano cartesiano



Nota. En la figura se muestra la interfaz de los sensores en plano cartesiano mediante la aplicación Node-red.

Figura 11

Base de datos en MongoDB

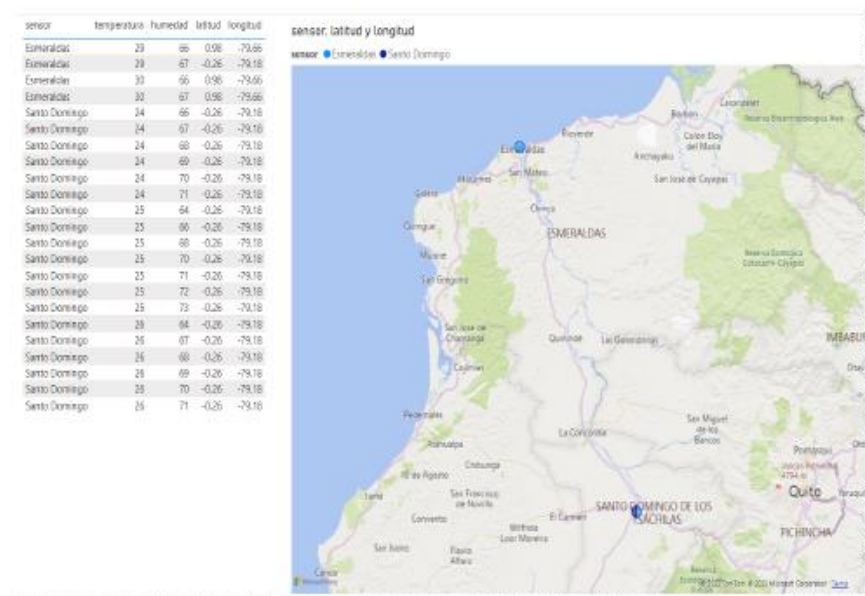


sensor	temperatura	humedad	latitud	longitud	sensor
101	23.0	66	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
102	23.0	67	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
103	23.0	66	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
104	23.0	67	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
105	23.0	66	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
106	23.0	67	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
107	23.0	66	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
108	23.0	67	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
109	23.0	66	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
110	23.0	67	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
111	23.0	66	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
112	23.0	67	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
113	23.0	66	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
114	23.0	67	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
115	23.0	66	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
116	23.0	67	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
117	23.0	66	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
118	23.0	67	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
119	23.0	66	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"
120	23.0	67	-0.26	-79.18	"Santo Domingo"

Nota. En la figura se muestran los datos almacenados de manera instantánea en la base de datos MongoDB.

Figura 12

Reporte de datos en PowerBI



Nota. En la figura se muestra el reporte de datos y la variación de ellos mediante la aplicación PowerBI.

Discusión

De acuerdo con los datos obtenidos en la tabla 1 que corresponde a las 10 tomas (muestras) en ambos protocolos con servidor local y global, se concluye que el protocolo MQTT es el que presenta un menor tiempo de retardo, tanto a nivel del servidor local como del servidor remoto. Además, las figuras 4 y 5 expresan las muestras y los tiempos obtenidos de las evaluaciones realizadas.

En la figura 6, se observa la interfaz del sistema móvil donde se indica la ubicación en Google maps del lugar donde se mide la temperatura y humedad de acuerdo con la ubicación del sensor.

En las figuras 7, 8 se muestran los resultados de los sensores en tiempo real, mediante el aplicativo realizado en appinventor, en la figura 6 es la interfaz donde se selecciona el sensor a analizar, en las figuras 7 y 8 se muestran los resultados en tiempo real de dos sensores DHT11, que permiten obtener la latitud, longitud, temperatura, humedad y la ubicación en el mapa de los sensores.

En la figura 9 se muestra el resultado en tiempo real de los sensores, mediante el aplicativo realizado en node-red y en la figura 10 los datos son mostrados en un plano cartesiano, en donde se pueden observar los eventos en el lapso de la última hora de los dos sensores DHT11.

En la figura 11 se muestra como son almacenado los datos en tiempo real en la base de datos MongoDB. Los datos almacenados son mostrados en la figura 12 mediante PowerBI, que permite observar las variaciones que han sufrido la temperatura y humedad; y la ubicación de los sensores en el mapa mediante la latitud y longitud que proveen los sensores.

Conclusión

Se usó un sensor DHT11 para medir la temperatura y humedad en el hogar mediante el protocolo AMQP y MQTT de manera local y global, encontrando que las prestaciones del protocolo MQTT son mejores en ambos escenarios. Los datos de temperatura y humedad fueron capturados en tiempo real usando el protocolo MQTT, a través de un broker y usando la infraestructura de hardware ESP32 como controlador de los sensores.

Mediante el entorno de desarrollo de software App Inventor se pudo generar los datos de temperatura y humedad emitidos por los sensores ubicados en la ciudad de Esmeraldas y Santo Domingo y se visualizó el lugar de estos mediante las variables de latitud y longitud emitidos de cada ciudad. La investigación se puede ampliar a controlar la temperatura y humedad del hogar, las mismas que serían manipuladas de manera remota mediante la administración del aire acondicionado utilizando IoT.

Recomendaciones

Extender el sistema de monitoreo de temperatura y humedad en ambientes externos como invernaderos mediante la tecnología IoT. Utilizar sistemas de comunicaciones por medio de luz visible para el funcionamiento de los sensores de temperatura y humedad. Realizar la implementación de procesos automatizados que requieran el uso de ambientes controlables mediante la medición de temperatura y humedad en contextos indor.

Referencias

- Arevalo, P., & Chico, R. (2017). "Soluciones iot con tecnologia lorawan," in *Desarrollo de plataforma de internet de las cosas para toma de decisiones en modelos de agricultura de precisión*.
- Arevalo, P., & Chico, R. (2020). *Soluciones iot con tecnología lorawan,* in *Estudio de una red inalámbrica de sensores IOT para detección y control en tiempo real de los diferentes parámetros característicos de amarillamiento y secamiento en la palma africana*.
- Chang, Y. S., Chen, Y. H., & Zhou, S. K. (2019). A smart lighting system for greenhouses based on Narrowband-IoT communication. *Proceedings of Technical Papers - International Microsystems, Packaging, Assembly, and Circuits Technology Conference, IMPACT, 2018-Octob*, 275–278. <https://doi.org/10.1109/IMPACT.2018.8625804>
- Durón Lara, J. C., Gutierrez, S., & Rodríguez, F. (2019). Low Cost Greenhouse Monitoring System Based on Internet of Things. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 637, 581–591. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2612-1_56
- ESPRESSIF. (2022). *ESP32-DevKitC V4 Getting Started Guide ESP32-WROOM-32 Datasheet*. <https://www.espressif.com/sites/default/files/esp32-wroom-32-datasheet-en.pdf>
- Farah, S., Nazmun, N., Mohd, S., Abir, H., Shakib, B., Mohammad, A., & Fernaz, N. (2019). Humidity Based Automated Room Temperature Controller Using IoT. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/I-SMAC47947.2019.9032624>.
- Gómez, J., Castaño, S., Mercado, T., García, J., & Fernández, A. (2017). *Vista de Sistema de internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos.pdf*. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rrii/article/view/1101/1500>
- Haydar, E., Ayten, U. E., & Kahraman, N. (2018). Smart sensor for home appliances. *2018 6th International Conference on Control Engineering and Information Technology, CEIT 2018, October*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/CEIT.2018.8751877>
- Hernández, C. (2021). "Prototipo de sistema de riego agrícola autónomo basado en Arduino e internet de las cosas a escala de laboratorio, alimentado por un sistema fotovoltaico." *Revista de Investigación*, 10(10), 58–69. <https://doi.org/10.5377/revunivo.v10i10.11377>
- Navani, D., Jain, S., & Nehra, M. S. (2018). The internet of things (IoT): A study of architectural elements. *Proceedings - 13th International Conference on Signal-Image Technology and Internet-Based Systems, SITIS 2017, 2018-Janua*, 473–478. <https://doi.org/10.1109/SITIS.2017.83>
- OASIS. (2022a). *Advanced Message Queuing Protocol (AMQP) Version 1.0*. [https://docs.oasis-open.org/amqp/core/v1.0/os/amqp-core-complete %0Av1.0-os.pdf%0A](https://docs.oasis-open.org/amqp/core/v1.0/os/amqp-core-complete%0Av1.0-os.pdf%0A)
- OASIS. (2022b). *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) Version 5.0*. <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.pdf>
- Rivera, E. (2019). Desarrollo de un sistema IoT para el control y monitoreo de las variables temperatura y humedad por medio de un servidor web en Farmacenter Tarqui 1. *Tarqui 1. [Proyecto Aplicado o Tesis, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]*, 1–9.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/27969>.

Sheet, D. (2022). *DHT11 Data sheet*.

