

Tecnologías y herramientas del internet de las cosas (IoT) para el desarrollo de prototipos de entornos cotidianos

Internet of things (IoT) technologies and tools for the development of prototypes for everyday settings

MSc. Darwin Navarro Pino ¹, Ing. Juan Sebastián Badillo Rincón ¹, Ing. Miguel David Portillo Padilla ¹, Ing. Sebastyan Enrique Pineda Aguilera ¹

¹ Universidad Popular del Cesar (UPC), Ingeniería de sistemas, Grupo de Investigación GIDEATIC, Aguachica, Cesar, Colombia.

Correspondencia: darwinnavarro@unicesar.edu.co

Recibido: 21 enero 2024. Aceptado: 11 junio 2024. Publicado: 24 julio 2024.

Cómo citar: D. Navarro Pino, J. S. Badillo Rincón, M. D. Portillo Padilla, y S. E. Pineda Aguilera, «Tecnologías y herramientas del internet de las cosas (IoT) para el desarrollo de prototipos de entornos cotidianos», RCTA, vol. 2, n.º 44, pp. 97–103, jul. 2024. Recuperado de <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcta/article/view/3020>

Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.



Resumen: Este artículo presenta los resultados de un proyecto de investigación enfocado en el desarrollo de prototipos IoT para resolver problemas cotidianos. El proyecto exploró diversas tecnologías y herramientas IoT, ofreciendo un amplio alcance aplicado a distintos ámbitos. En un mundo cada vez más interconectado, surge la pregunta de cómo aprovechar la IoT para mejorar la calidad de vida. Los objetivos del proyecto fueron tres: revisar las tecnologías IoT con mayor proyección, evaluar las herramientas y plataformas disponibles para el desarrollo de prototipos IoT en situaciones cotidianas, y construir un prototipo específico para demostrar la utilidad de la IoT en la resolución de tareas comunes. La metodología incluyó una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica, seguida de la comparación y selección de herramientas IoT utilizando criterios establecidos. La construcción del prototipo se realizó mediante el método de prototipado evolutivo. Un ejemplo práctico fue la creación de una sirena escolar para optimizar el cumplimiento de la jornada escolar, lo cual demostró el impacto positivo de las tecnologías IoT en la vida cotidiana. En conclusión, la IoT ofrece oportunidades significativas para abordar problemas diarios y mejorar la vida de las personas. Comprender las tecnologías y herramientas de IoT es esencial para maximizar su aplicabilidad en entornos cotidianos, haciendo estos entornos más inteligentes, eficientes y convenientes.

Palabras clave: IoT, Internet de las cosas, prototipos IoT, Tecnologías IoT.

Abstract: This article presents the results of a research project focused on the development of IoT prototypes to solve everyday problems. The project explored various IoT technologies and tools, offering a broad scope applied to different fields. In an increasingly interconnected world, the question arises of how to leverage IoT to improve quality of life. The project's objectives were threefold: to review IoT technologies with the greatest potential, to evaluate the tools and platforms available for developing IoT prototypes in everyday situations, and to build a specific prototype to demonstrate IoT's utility in solving

common tasks. The methodology included an exhaustive review of scientific and technical literature, followed by the comparison and selection of IoT tools using established criteria. The prototype construction was carried out using the evolutionary prototyping method. A practical example was the creation of a school bell to optimize adherence to the school schedule, which demonstrated the positive impact of IoT technologies on daily life. In conclusion, IoT offers significant opportunities to address everyday problems and improve people's lives. Understanding IoT technologies and tools is essential to maximize their applicability in daily environments, making these environments smarter, more efficient, and more convenient.

Keywords: Internet of Things, IoT, IoT prototypes, IoT Technologies.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la aparición de la electrónica como la tecnología que ha posibilitado la invención e innovación de artefactos para aumentar la productividad en los diferentes sectores socioeconómicos, la realización de tareas cotidianas para mejorar las condiciones de vida de las personas. Los artefactos electrónicos han evolucionado desde ser dispositivos o máquinas que permiten tener procesos de monitoreo, control y automatización, a llegar hoy en día a los dispositivos inteligentes. Para López [1], un dispositivo inteligente debe estar dotado de sensores que recogen datos, y los envían a internet para su análisis y luego sugerir o ejecutar acciones mediante actuadores. y como afirma Evan [4], al mismo tiempo, tener la capacidad de interactuar con el entorno, dichas capacidades permiten tomar decisiones y comunicarse con otros objetos, sistemas, e inclusive personas y seres vivos. Todo esto es posible gracias al paradigma tecnológico del IoT.

La gran cantidad de dispositivos y máquinas inteligentes han provocado un crecimiento de las conexiones a internet. Sin embargo, esta evolución y avance se ha dado gracias a que el IoT se ha convertido en una tecnología disruptiva, lo cual ha generado impactos significativamente positivos en diversos aspectos de la vida moderna. La capacidad de integrar tecnologías IoT en entornos cotidianos ha presentado nuevas oportunidades para abordar desafíos y optimizar tareas que forman parte de nuestra rutina diaria [5].

En este contexto, el presente artículo presenta los resultados del del proyecto de investigación titulado "Tecnologías y Herramientas del Internet de las Cosas (IoT) para el Desarrollo de Prototipos de Entornos Cotidianos", el surge por la necesidad de ampliar el cuerpo del conocimiento planteado en el plan de estudio del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Popular del Cesar

Seccional Aguachica, el cual no incluye contenidos relacionados con estas tecnologías.

Seguidamente, al pretender iniciar el desafío de construir un dispositivo inteligente o desarrollar un sistema IoT, se presenta la dificultad de abordar la gran cantidad de tecnologías y herramientas existentes bajo este paradigma, al no disponer de un marco de referencia y/o una guía de buenas prácticas para la construcción de prototipos IoT hace imperativo el desarrollo del proyecto. El cual plantea como objetivo principal mostrar la aplicación práctica de las tecnologías y herramientas en el desarrollo de prototipos IoT para solucionar problemas cotidianos, permitiendo mejorar los entornos cotidianos y laborales.

Para lograr este propósito, fue necesario iniciar la tarea de identificar las tecnologías accesibles y prometedoras del IoT, para luego realizar una selección basados en criterios de usabilidad, costos, disponibilidad y su viabilidad para ser utilizados en la solución de problemas cotidianos, por lo cual se realizó la aplicación de estas tecnologías y herramientas en la construcción de un prototipo, y así demostrar su correcto funcionamiento y la utilidad del IoT en la solución de problemas de la vida diaria.

2. METODOLOGÍA

Siguiendo las pautas de Hernández [6], se definió utilizar un enfoque cualitativo, debido a la intención de comprender a fondo las necesidades y preferencias de los usuarios en relación con el desarrollo de prototipos de IoT para la solución de tareas cotidianas. Este enfoque permitió una evaluación integral de las tecnologías y herramientas de IoT, así como su comprensión.

Por ser una investigación de tipo aplicada, y para dar cumplimiento a uno de los objetivos específico formulado, se implementó en el diseño experimental el método prototipado rápido, tal como lo afirma Del

Giorgio Solfa y Lara Marozzi [7], "La rapidez en la creación de prototipos permite ajustar diseños de manera ágil, optimizando el proceso de desarrollo", este método facilitó el desarrollo iterativo y flexible del prototipo de IoT.

Siguiendo este diseño, se construyeron versiones iniciales de los prototipos basadas en las tecnologías identificadas en el primer objetivo específico, el cual se fue mejorando y refinando en sucesivas iteraciones en función de los hallazgos obtenidos en la evaluación de herramientas y plataformas realizada en el segundo objetivo específico.

Según Alapizco Bobardel & Vázquez Rodríguez [8], el método Prototipado Rápido es un enfoque de desarrollo de productos que permite la creación rápida de modelos iniciales para evaluar conceptos y funcionalidades con la participación activa y permanente del cliente, los cuales son claves para una innovación efectiva. De igual manera, afirma que el uso de este método permite validar rápidamente las ideas y reducir el tiempo de desarrollo. Zumba Gamboa y León Arreaga [9], plantean, que este concepto de prototipado rápido ha sido desarrollado y popularizado por varios expertos en ingeniería de software y diseño de productos, este puede ser adaptado según las necesidades de cada investigador, para el caso presente se definieron las siguientes fases:

- Fases 1.** Definición del problema y requerimientos del prototipo
- Fase 2.** Diseño conceptual
- Fase 3.** Construcción rápida del prototipo
- Fase 4.** Evaluación y pruebas iniciales
- Fase 5.** Iteración y optimización
- Fase 6.** Documentación

La recolección de datos se llevó a cabo a través de varios procedimientos, incluyendo entrevistas abiertas y semiestructuradas (historias de usuario), observaciones y pruebas de funcionamiento en entornos reales, que permitieron recopilar información detallada sobre las necesidades y preferencias de los usuarios finales en relación con las tareas cotidianas que se buscaba mejorar. Además, siguiendo lo expresado por Tamayo [10], se realizaron observaciones directas en los entornos cotidianos y laborales para comprender mejor los desafíos y problemáticas específicos que enfrentan los usuarios en su vida diaria.

3. RESULTADOS

La identificación de Tecnologías IoT consolidadas, en el marco del primer objetivo Específico, se llevó a cabo mediante una búsqueda sistemática de literatura en bases de datos académicas como Google Académico, ScienceDirect, Dialnet, SCielo, repositorios de trabajos de grado de diversas universidades, de igual manera se revisaron informes técnicos y documentación de Fabricantes. Para organizar y clasificar los resultados se propuso la estructura mostrada en la figura 1 de los componentes de un sistema IoT basado y ajustado de la propuesta de Romo Gonzalez & Villalobo Alonso [11], también se consideraron las sugerencias de Navarro Pino, Arango Trillos, Rincón Pinzón, y Ramirez Orellano [12],

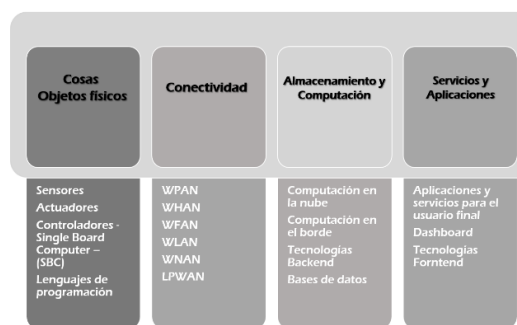


Fig 1. Componentes de un sistema IoT
Fuente: elaboración propia.

Seguidamente se realizó la evaluación de tecnologías y herramientas con el propósito de recomendar y seleccionar a través de la construcción del prototipo de prueba utilizado para validar su viabilidad, para lo cual se consideraron criterios como usabilidad, el costo, curva de aprendizaje, accesibilidad y la capacidad para resolver problemas cotidianos.

para iniciar el proceso de diseño antes de construir cualquier producto (en este caso un dispositivo inteligente), como buena práctica siempre diversos expertos como Gámez López y Sánchez [13], recomiendan tener un marco de referencia en este contexto definir la arquitectura a utilizar. Aunque Sethi y Sarangi [14], resaltan que no existe un consenso en el modelo de arquitectura utilizar, sin embargo, se realizó una revisión y selección basados en el número de capas 3, 4, 5, 6 y hasta 7 entre ellas la propuesta de El Hakim [15]. Además, se tuvo en cuenta el ámbito de su aplicación; sector salud, transporte, agricultura, educación entre otros. Finalmente, se optó por utilizar y recomendar el modelo de 4 capas propuesto por Boujrad, Lazaar, y Hassine [16], el cual emplea la tecnología Wireless Body Area Network (WBAN) y presenta similitudes con la arquitectura de Ortiz [17].

Uno de los motivos por los cuales se seleccionó la arquitectura de 4 capas es que presenta mucha relación y es coherente con la estructura de división de los componentes en los que podemos dividir un sistema IoT. Sin embargo, para el desarrollo de prototipos IoT en otros ámbitos, se propone hacer una revisión de los resultados presentados por Buitrón Ruiz [18].

Como se puede observar los componentes de la capa de percepción guardan relación con los componentes para construcción del objeto físico, los cuales incluyen, sensores, actuadores, placas de desarrollo, los lenguajes de programación para programar las placas, inclusive los sistemas energéticos.

Como tecnologías y herramientas de la capa de percepción se revisaron: SBC como Raspberry pi, Arduino, Node-MCU, Dev-Kit, placas genéricas basadas en SOC ESP8266 y ESP32, los lenguajes de programación de dichas placas como el utilizado por el IDE de Arduino basado en el lenguaje de alto nivel Processing, el cual es muy similar a C++, además el IDE de Arduino es compatible y admite muchas de las placas mencionadas. Otro lenguaje de programación pertinente para este ámbito es Python.

En relación a los componentes necesarios para establecer la conectividad a internet y con otros dispositivos cercanos, se revisaron tecnologías de redes de área personal inalámbricas, redes área local inalámbricas, las redes inalámbricas área amplia y de baja potencia, entre otras. Aunque como ejemplo solo se han mencionado tecnologías inalámbricas, no quiere decir que las tecnologías cableadas sean excluidas del IoT. Los estándares inalámbricos existente en el mercado son abundantes, aunque dirigidos a usuarios con necesidades específicas, y que son seleccionadas basadas en criterios como cobertura, alcance, tasa de transferencia o ancho de banda, consumo energético, banda de frecuencia, costo y disponibilidad embebida en SBC, entre los cuales se identifican en la revisión los estándares Wi-Fi (802.11n/ac/ax/ad), Bluetooth y otros estándares 802.15 como ZBee, LoRaWAN, Sigfox, 4G, LTE, 5G, entre otros [19].

Dentro de los componentes para el almacenamiento y procesamiento de los datos, lo más común es que esto se haga en la nube, ya sea pública o privada. Aquí cobran relevancia tecnologías como el cloud computing y Edge computing. Esta última se ha convertido en una tendencia dentro del IoT al permitir minimizar la carga de datos enviada hacia

internet y de esta manera optimizar el procesamiento en la nube y la tasa de transferencia, que permiten bajar los costos económicos al contratar servicios bajo demanda, al mismo tiempo que generan beneficios al medio ambiente [20].

Dentro de tecnologías y herramientas identificadas para ser utilizadas como componente de almacenamiento y procesamiento, enmarcada en la capa intermediaria se revisaron: Mosquitto como broker MQTT, Firebase, Arduino IoT Cloud, MyQttHub, Google cloud, Amazon Web Services, inclusive lenguajes de programación para el desarrollo del Backend.

Finalmente se revisaron las tecnologías y herramientas con las cuales se desarrollan las aplicaciones para que el sistema interactúe con el usuario final, aunque algunas veces se tienen prototipo M2M que no requieren de la interacción con un humano para la toma de decisiones. Aquí se identificaron lenguajes de programación, framework para el desarrollo de frontend y dashboard entre los cuales se tienen: Java, NodeJS, ThingsBoard, NodeRed, Arduino IoT Cloud.

Para sintetizar los resultados de la evaluación y selección de las herramientas a utilizar se muestra en la figura 2 el esquema final del prototipo IoT para automatizar el funcionamiento de una sirena escolar utilizada para validar los resultados.

El Objetivo Específico 3 se logró mediante la construcción exitosa de un prototipo de IoT utilizando las tecnologías y herramientas identificadas en los objetivos anteriores. El prototipo desarrollado demostró la viabilidad y utilidad del IoT en la vida diaria al abordar desafíos específicos en entornos cotidianos y laborales, la tabla 1 muestra los requisitos funcionales definidos para el prototipo.

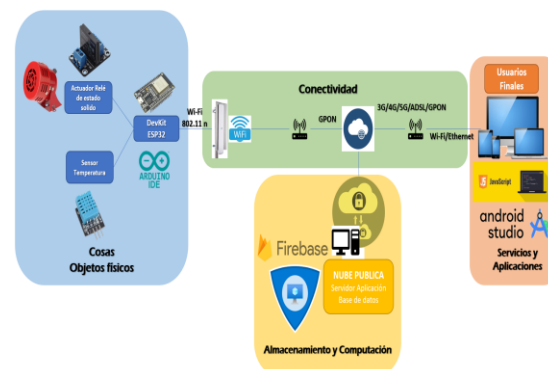


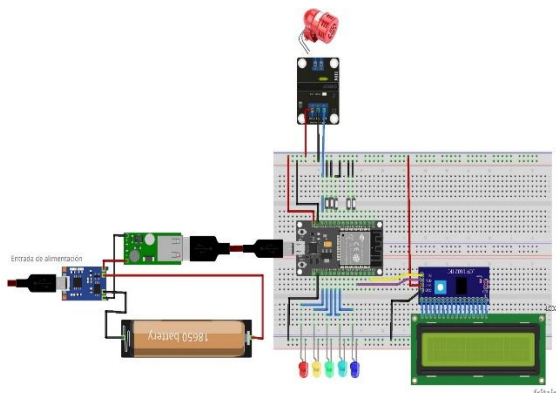
Fig 2. componentes del prototipo IoT de Sirena Escolar
Fuente: elaboración propia.

Tabla 1: Requerimientos funcionales del prototipo

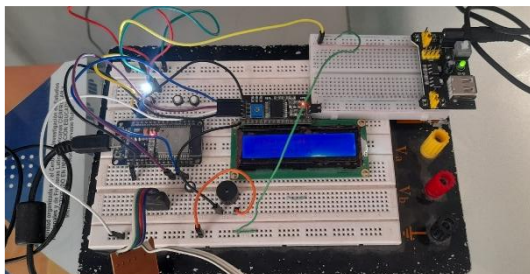
Cod	Descripción del requerimiento
RQ1	El dispositivo debe controlar el toque de la sirena en cada cambio de clase
RQ2	El dispositivo debe tener un botón para seleccionar horarios pre configurados
RQ2	El dispositivo funciona con un horario por defecto
RQ2	El dispositivo debe tener un pulsador para actualizar la fecha y hora desde internet
RQ2	El dispositivo debe detectar los días de fines de semana, sábados y domingos y no activar la sirena
RQ2	Modificar el horario en forma standalone por Bluetooth
RQ2	El dispositivo debe tener una pantalla que muestre (Tableta): Fecha y hora, Intervalo de clase actual, configuración seleccionada
RQ2	El dispositivo debe tener funcionamiento silencioso
RQ2	El dispositivo debe activación manual
RQ2	Aplicación de Android, debe mostrar: horario activo del día, el intervalo de hora, programar horarios (Rol coordinador), Recibir notificaciones, enviar notificaciones (rol coordinador), permitir activar la sirena (rol coordinador), modo silencioso (rol coordinador)

Fuente: elaboración propia.

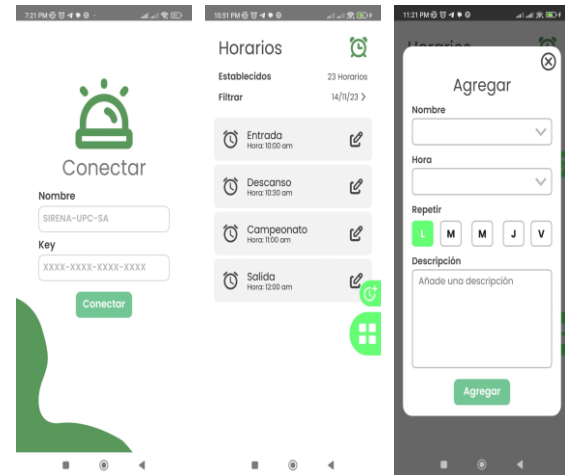
Una vez analizados los requerimientos y elaborado los diseños conceptuales se procede a la construcción del circuito electrónico del objeto físico el cual se puede detallar en el diagrama de la figura 3, se puede evidenciar el uso de las tecnologías seleccionas en los objetivos anteriores, la figura 4 se presenta el prototipo real.

**Fig 3.** Diagrama de conexiones del circuito electrónico.

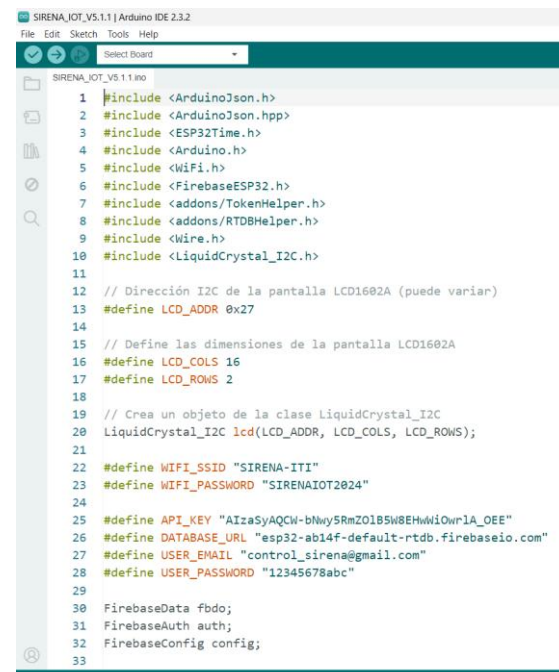
Fuente: elaboración propia.

**Fig 4.** Prototipo real de prueba. *Fuente: elaboración propia.*

De igual manera en figura 5 se muestra la aplicación de usuario final, con la que se interactúa con el dispositivo físico. Al mismo tiempo las figuras 6 y 7 muestran una porción del código desarrollado y la base de datos utilizadas para almacenar los datos respectivamente.

**Fig 5.** APP para Smartphone con OS Android.

Fuente: elaboración propia.

**Fig 6.** Código de la placa DevKit-1.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos resaltan la importancia de la selección cuidadosa de tecnologías y herramientas para el desarrollo de prototipos de IoT,

así como su impacto en la solución de tareas cotidianas. Estos hallazgos respaldan la idea de que el IoT tiene el potencial de mejorar significativamente la calidad de vida y la eficiencia en entornos cotidianos.

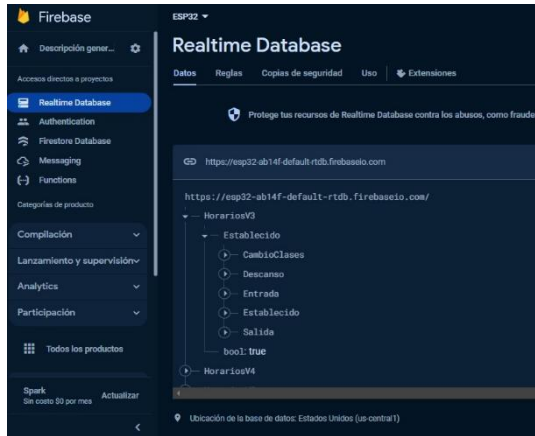


Fig 7. Base de datos en Firebase.

Fuente: elaboración propia.

4. RECONOCIMIENTO

Resaltar el apoyo financiero y logístico brindado por la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica para el desarrollo del presente trabajo de investigación, que a través de su estrategia de financiación de proyectos a grupos y semilleros de investigación hacen posible la formación en investigación y la investigación científica.

5. CONCLUSIONES

De manera concluyente el estudio realizado permite afirmar que la aplicación de tecnologías y herramientas del Internet de las Cosas (IoT) en el desarrollo de prototipos para la solución de tareas cotidianas se puede usar como una estrategia promisorio para mejorar la eficiencia y la comodidad en entornos domésticos e inclusive laborales.

La construcción exitosa del prototipo de IoT y su posterior implementación en entornos cotidianos han revelado el potencial transformador del IoT para mejorar la calidad de vida y la eficiencia en la realización de tareas habituales. La automatización de procesos, la iteración M2M, Maquinas con personas, el ambiente y seres vivos, la capacidad de monitoreo y toma de decisiones o ejecución de acciones de manera autónoma en tiempo real, han demostrado ser herramientas valiosas para optimizar el funcionamiento y la gestión de recursos en entornos cotidianos. Además, de generar efectos

positivos al medio ambiente, optimizar recursos energéticos y económicos

Otro hallazgo importante de resaltar dentro de las tecnologías de los componentes de conectividad, es la relevancia y el posicionamiento de tecnologías como Bluetooth Smart Ready por su bajo consumo energía (BLE) y Wi-Fi la cuales son cruciales para el desarrollo de prototipos de IoT en entornos cotidianos. Estas tecnologías permiten una conectividad eficiente y confiable entre dispositivos, facilitando y agilizando la construcción de artefactos inteligentes. Teniendo en cuenta lo anterior, como futuros estudios de investigación, es recomendable profundizar en el desarrollo Prototipos IoT con criterios Eficiencia Energética.

Igualmente, la evaluación de herramientas y plataformas de código abierto como Arduino permitió establecer su importancia en el desarrollo de soluciones de IoT accesibles y adaptables. Estas plataformas ofrecen flexibilidad y funcionalidad, lo que ayuda a los Maker a implementar prototipos de IoT personalizados y efectivos para abordar una variedad de tareas cotidianas.

REFERENCIAS

- [1] M. Lopez i Seuba, Internet de las Cosas, Latransformación Digital de la sociedad, Bogota: Ra-ma, 2019.
- [2] D. Bandyopadhyay y J. Sen, «Internet of Things: Applications and Challenges in Technology and Standardization,» *Wireless Pers Commun*, pp. 49-69, 2011.
- [3] P. P. Ray, «A survey on Internet of Things architectures,» *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, vol. Vol 30, n° n°3, pp. 291-319, 2018.
- [4] D. Evans, «The Internet of Everything How More Relevant and Valuable Connections,» p. pag 9, 2012.
- [5] L. González, S. Osiris, D. Laguía, G. Esteban y H. Karim, «Internet del Futuro – Estudio de tecnologías IoT,» *Informe Científico Técnico UNPA*, vol. 12, n° 3, pp. 105-137, 2020.
- [6] R. Hernandez, C. Fernandez y P. Batista, Metodología de la investigación, vol. 6, Mexico: Mc Graw-Hill, 2018.
- [7] F. Del Giorgio Solfa y S. Lara Marozzi , «Diseño y desarrollo de productos en base a prototipado rápido,» *XV Semana*

- Internacional de Diseño en Palermo 2020*, vol. 15, 2020.
- [8] S. J. Alapizco Bobardel y G. Vázquez Rodríguez, «Las Metodologías De Innovación Para El Desarrollo De Nuevos Productos: Un Enfoque Al Consumidor,» *Mundo, Arquitectura, Diseño gráfico y Urbanismo*, vol. 4, n° 8, pp. 19-28, 2021.
- [9] J. P. Zumba Gamboa y C. A. León Arreaga, «Evolución de las Metodologías y Modelos utilizados en el Desarrollo de,» *INNOVA Research Journal*, vol. 3, n° 10, pp. 20-33, 2018.
- [10] M. Tamayo, *El proceso de la investigación científica*, Mexico: Editorial Mc Graw Hil, 2009.
- [11] M. E. Romo Gonzalez y M. d. I. A. Villalobo Alonso, «Aplicaciones y desarrollo de prototipos con Internet de las Cosas,» *Revista de Tecnologías Computacionales*, p. 7, 2019.
- [12] D. Navarro Pino, J. E. Arango Trillos, M. A. Rincón Pinzón y L. O. Ramirez Orellano, «Prototipo iot para monitorear variables agroambientales determinantes en la productividad de fincas agropecuarias,» *Revista Colombiana de Tecnologia de Avanzada (RCTA)*, vol. 1, n° 39, pp. 134-141, 2022.
- [13] M. d. J. Gámez López y O. A. Sánchez , *Desarrollo de un prototipo electrónico e informático aplicando la tecnología del internet de las cosas para*, 1 ed., La Libertad: ITCA Editores, 2018, p. 58.
- [14] P. Sethi y . S. R. Sarangi, «Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications,» *Hindawi Journal of Electrical and Computer Engineering*, p. 25, 2017.
- [15] A. El Hakim, «Internet of Things (IoT) System Architecture and Technologies, White Paper,» de *IoT World Forum Reference Model.*, 2018.
- [16] M. Boujrad, S. Lazaar y M. Hassine, «Performance Assessment of Open Source IDS for improving IoT Architecture Security implemented on WBANs,» de *Proceedings of the 3rd International Conference on Networking*, New York, 2020.
- [17] M. Ortiz Monet, «Implementación y evaluación de plataformas en la nube para servicios de IoT,» Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València, Valencia, 2019.
- [18] D. F. Buitrón Ruiz, «Arquitecturas y modelos de referencias para sistemas IoT. Estado del arte de las arquitecturas para sistemas IoT,» Escuela Politecnica Nacional, Quito, 2022.
- [19] F. Ulloa-Vásquez, D. Carrizo y L. García-Santander, «Estudio comparativo de costo de implementación de tecnologías inalámbricas para IoT y M2M para la última milla: Un estudio de caso,» *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 30, n° 3, pp. 422-428, 2022.
- [20] Hewlett Packard Enterprise, «What is Edge Computing?».