



REVISTA MULTIDISCIPLINAR EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

Volumen 3, Número 3
Julio-Septiembre 2026

Edición Trimestral

CROSSREF PREFIX DOI: 10.71112

ISSN: 3061-7812, www.omniscens.com

Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias

Volumen 3, Número 3
julio-septiembre 2026

Publicación trimestral
Hecho en México

La Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias acepta publicaciones de cualquier área del conocimiento, promoviendo una plataforma inclusiva para la discusión y análisis de los fundamentos epistemológicos en diversas disciplinas. La revista invita a investigadores y profesionales de campos como las ciencias naturales, sociales, humanísticas, tecnológicas y de la salud, entre otros, a contribuir con artículos originales, revisiones, estudios de caso y ensayos teóricos. Con su enfoque multidisciplinario, busca fomentar el diálogo y la reflexión sobre las metodologías, teorías y prácticas que sustentan el avance del conocimiento científico en todas las áreas.

Contacto principal: admin@omniscens.com

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación

Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido de la publicación sin previa autorización de la Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

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



Copyright © 2026: Los autores



9773061781003

Cintillo legal

Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias Vol. 3, Núm. 3, julio-septiembre 2026, es una publicación trimestral editada por el Dr. Moises Ake Uc, C. 51 #221 x 16B , Las Brisas, Mérida, Yucatán, México, C.P. 97144 , Tel. 9993556027, Web: <https://www.omniscens.com>, admin@omniscens.com, Editor responsable: Dr. Moises Ake Uc. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-121717181700-102, ISSN: 3061-7812, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). Responsable de la última actualización de este número, Dr. Moises Ake Uc, fecha de última modificación, 1 julio 2026.



Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias

Volumen 3, Número 3, 2026, julio-septiembre

DOI: <https://doi.org/10.71112/2axppb55>

**GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO IOT PARA MONITOREO DE
MASCOTAS BASADO EN TECNOLOGÍA LORAWAN**

**MANAGEMENT AND PLANNING OF AN IOT PROJECT FOR PET MONITORING
BASED ON LORAWAN TECHNOLOGY**

Telmo Santiago Durazno Silva

Wilson Adrián Guillermo León

Galo Patricio Hurtado Crespo

Ecuador

Gestión y planificación de un proyecto IoT para monitoreo de mascotas basado en tecnología LoRaWAN

Management and planning of an IoT project for pet monitoring based on LoRaWAN technology

Telmo Santiago Durazno Silva^{a,*}

tsdurazno@sudamericano.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3047-5296>

Wilson Adrián Guillermo León^a

waguillermo@sudamericano.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-9447-6815>

Galo Patricio Hurtado Crespo^a

gphurtado@sudamericano.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7190-140X>

*Autor de correspondencia: tsdurazno@sudamericano.edu.ec, ^aInstituto Tecnológico Superior Sudamericano, Ecuador

RESUMEN

El desarrollo de soluciones basadas en Internet de las cosas (IoT), exige que se deba tener una adecuada relación entre los dispositivos físicos, telecomunicaciones, plataformas digitales y los procesos de gestión, para garantizar la viabilidad operativa y técnica del sistema. En aplicaciones en donde se realiza monitoreo y rastreo, existe un agregado a las necesidades debido a otros requerimientos que están relacionados con la cobertura, el consumo de energía, la disponibilidad de la información y la sincronización con componentes electrónicos.

El objetivo del presente estudio se ha planteado para indicar cómo se debe estructurar y gestionar el desarrollo de una solución IoT que tiene aplicación en el monitoreo de mascotas

mediante el uso de dispositivos colocados en collares que se comunican por medio de tecnología LoRaWAN. Se han integrado dispositivos y tecnologías que permiten seguir la trazabilidad de todo el flujo de datos; estos son: dispositivos finales para realizar la captura de ubicación, la transmisión de datos desde los dispositivos son capturados mediante un Gateway con tecnología LoRaWAN, la administración de mensajes en The Things Network (TTN), el procesamiento de datos/eventos mediante Uplink y Webhook, el almacenamiento en Firebase y la visualización de información a través de plataformas web y móvil.

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo aplicado con alcance descriptivo; en cuanto a la metodología de trabajo se utilizó Scrum adaptado para organizar las actividades en iteraciones, establecer un diseño, poder generar integraciones, y gestionar pruebas para la validación del sistema. Para el proceso de despliegue, fue necesario definir un camino claro, esto implicó establecer metas y alcance, listar requerimientos, calcular presupuestos y anticipar posibles riesgos.

Finalmente, los resultados permitieron armar una estructura clara para el proyecto, lo que facilitó la integración de los diferentes componentes hardware, conexiones LoRaWAN y plataformas finales. Al final, se demuestra que bajo una buena gestión de proyectos se puede tener una solución IoT escalable, sostenible y realmente útil.

Palabras clave: Internet de las Cosas; LoRaWAN; Gestión de Proyectos; Firebase; Monitoreo de mascotas.

ABSTRACT

The development of solutions based on the Internet of Things (IoT) requires an appropriate integration between physical devices, telecommunications, digital platforms, and management processes to ensure the operational and technical feasibility of the system. In applications involving monitoring and tracking, additional demands arise due to requirements related to

coverage, energy consumption, information availability, and synchronization with electronic components.

The objective of this study was to indicate how the development of an IoT solution applied to pet monitoring should be structured and managed through the use of devices attached to collars that communicate using LoRaWAN technology. Devices and technologies were integrated to enable traceability throughout the entire data flow; these include end devices for location capture, data transmission from the devices collected through a LoRaWAN Gateway, message management in The Things Network (TTN), data/event processing through Uplink and Webhook, data storage in Firebase, and information visualization through web and mobile platforms.

The research adopted an applied quantitative approach with a descriptive scope. Regarding the working methodology, an adapted Scrum framework was used to organize activities into iterations, establish the design, enable integrations, and manage testing for system validation. For the deployment process, it was necessary to define a clear roadmap, which involved establishing goals and scope, listing requirements, estimating budgets, and anticipating potential risks.

Finally, the results made it possible to build a clear structure for the project, facilitating the integration of different hardware components, LoRaWAN connections, and end-user platforms. Ultimately, the study demonstrates that, under proper project management, it is possible to develop an IoT solution that is scalable, sustainable, and genuinely useful.

Keywords: Internet of Things; LoRaWAN; Project Management; Firebase; Pet monitoring.

Recibido: 4 julio 2026 | Aceptado: 21 julio 2026 | Publicado: 22 julio 2026

INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento del Internet de las Cosas (IoT), nuevas y múltiples oportunidades han surgido para el desarrollo de soluciones capaces de conectar dispositivos físicos con infraestructuras digitales, permitiendo de esta manera la captura, transmisión y procesamiento de información de manera continua y en varios entornos de aplicación. El IoT hoy en día se ha vuelto pionero dentro de la tecnología, pasando por ser el motor principal en el ámbito del monitoreo hasta ciudades inteligentes, sin embargo, su verdadero valor está en lo que hace, esto es: sincronizar en un solo sistema sensores, redes y plataformas de análisis. (Atzori et al., 2010; Gubbi et al., 2013; Al-Fuqaha et al., 2015).

Dentro de la arquitectura de un sistema, la fase de diseño es crucial para trazar un camino, y cuando hablamos de una solución IoT, se puede relacionar con un rompecabezas donde interactúan los elementos antes mencionados (Zanella et al., 2014). Pero es de conocimiento general, que la tecnología por sí sola no tiene éxito, sino lo que más importa es la capacidad para gestionar el proyecto, marcar límites, gestionar la comunicación correcta entre componentes y que el sistema sea capaz de sostenerse durante el tiempo.

Las redes de conexión inalámbrica son las más utilizadas en ambientes abiertos y por tanto tienden a saturarse cuando aumenta el número de dispositivos, si se desea implementar una solución IoT en estos espacios y que la transmisión de datos sea de lo mejor, entonces es necesario pensar en otra tecnología inalámbrica, que además permita otros beneficios que las redes de uso común no lo tienen. Existe una tecnología que ha tenido impulso con la IoT, son las redes Low Power Wide Area Network (LPWAN) gracias a que ofrecen un gran alcance y con un consumo bajo de batería. En este campo, LoRaWAN es la red que mayor acogida ha tenido cuando se necesita enviar datos de manera periódica desde dispositivos ubicados por diferentes espacios hacia un Gateway (Adelantado et al., 2017; Augustin et al., 2016; Raza et al., 2017). La arquitectura que utiliza es sencilla, pero a la vez muy potente, permite conectar

mediante Gateways a los dispositivos (nodos) IoT con las plataformas de datos (incluidos servidores), esto a su vez facilita el monitoreo continuo y además la escalabilidad. Aunque pareciera que un sistema con IoT y tecnologías LoRaWAN fuesen las mejores opciones para el rastreo y monitorización; con el desarrollo se presentan varios retos, con menor dificultad la programación y diseño arquitectónico, no así, encontrar información sobre cómo estructurar y gestionar estos proyectos para que funcionen y tengan un éxito esperado.

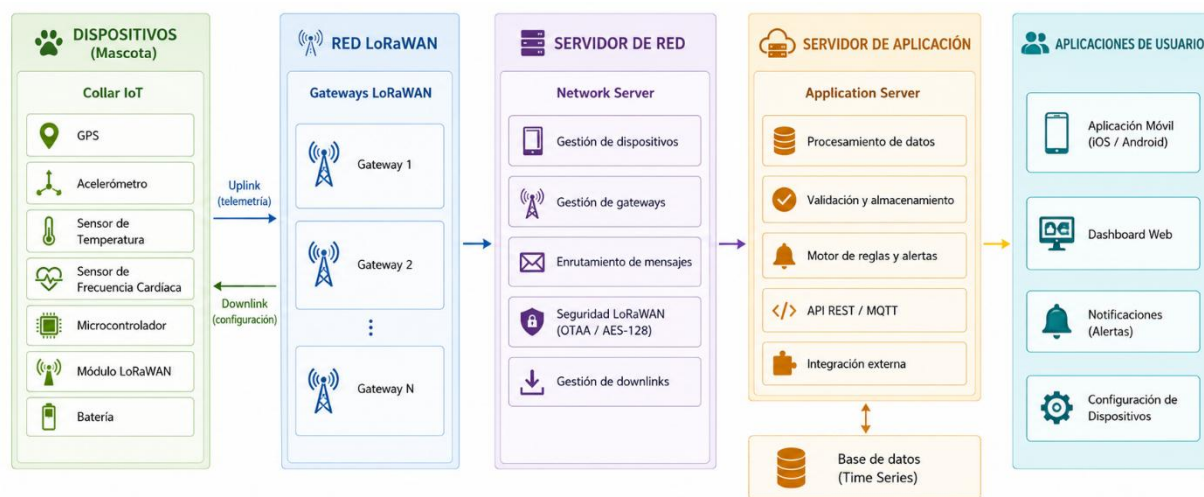
Tomando en cuenta lo anterior, el proyecto que se desarrolló para monitorear y rastrear mascotas mediante dispositivos colocados en collares y un Gateway que receptaba los datos emitidos por estos. El sistema tiene una fluidez en su funcionamiento, inicia con el dispositivo en el collar que captura las coordenadas geográficas de la mascota, las transmite a través de un Gateway Mulesight y las alertas llegan como eventos Uplink a TTN; luego mediante un Webhook, los datos se guardan en Firebase, finalmente el dueño de la mascota tiene listo en la plataforma la opción de consultar rutas y el historial de su mascota. Como plus que diferencia este proyecto con los otros, es que la mayoría de proyectos similares se centran en mostrar el rendimiento técnico, en cambio, no enfocamos en la gestión y planeación. Esto significa que, centramos la relevancia en elementos como la definición del problema, fijar metas, delimitar alcance y la identificación de requerimientos. Se organizó todo el trabajo con SCRUM y de manera adaptada a esta metodología se incluye la evaluación de riesgos y la estructuración de cada paso para realizar el despliegue de sistema IoT que en verdad se convierte en un ecosistema al incorporar múltiples elementos.

De este planteamiento surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo gestionar un proyecto IoT basado en tecnología LoRaWAN para que se garantice una planificación, implementación, funcionalidad y escalabilidad orientada al monitoreo de mascotas en espacios reales?

En respuesta a esta problemática, el objetivo del presente estudio consiste en estructurar y gestionar el desarrollo de una solución IoT aplicada al monitoreo de mascotas mediante dispositivos de rastreo instalados en collares y comunicación basada en tecnología LoRaWAN, integrando mecanismos de planificación, coordinación tecnológica y validación operativa del sistema.

Figura 1

Arquitectura de solución IoT LoRaWAN



Nota: El diagrama muestra la arquitectura de la solución IoT desarrollada para el monitoreo de mascotas utilizando tecnología LoRaWAN. Se presenta el recorrido de los datos desde el collar inteligente instalado en la mascota, pasando por la red LoRaWAN y el servidor de red (TTN), hasta llegar a la plataforma en la nube mediante Webhook para su procesamiento y almacenamiento en Firebase. Finalmente, la información es enviada a las aplicaciones de usuario para la visualización de ubicación, monitoreo y generación de alertas.

METODOLOGÍA

Este estudio fue diseñado bajo un enfoque práctico y cuantitativo, con el objetivo de crear una solución IoT que sea capaz de monitorear y rastrear mascotas en un espacio abierto. El proyecto tuvo un carácter descriptivo y aplicado, esto más allá del análisis conceptual, la parte descriptiva nos permitió documentar cada etapa del proceso y la aplicación a validar el funcionamiento del sistema mediante pruebas reales de operación sobre el terreno y con los beneficiarios.

Al utilizar una estrategia iterativa, se facilitó hacer ajustes de manera progresiva a medida que se integraban los dispositivos físicos, la red de comunicación y las plataformas digitales. Trabajar bajo este marco fue clave para evaluar la viabilidad del ecosistema planteado y asegurar que todas las piezas encajaran de manera ordenada durante el despliegue.

Para que el ecosistema IoT funcionara de manera correcta y no presente contratiempos a futuro, la gestión del proyecto se enfocó en coordinar de manera ordenada cada tarea (sprints). Como punto de partida, fue entender a cabalidad el problema, la necesidad de rastrear mascotas. Una vez que se conoció la necesidad, definimos los objetivos del proyecto, los requerimientos funcionales y técnicos que garanticen que todo el sistema pueda operar exactamente como se esperaba.

Entre los principales requerimientos funcionales se consideraron:

- Captura automática de coordenadas geográficas.
- Transmisión de información mediante LoRaWAN.
- Registro de eventos recibidos desde TTN.
- Integración mediante Webhook.
- Almacenamiento centralizado en Firebase.
- Visualización mediante plataforma web y aplicación móvil.

Por otra parte, los requerimientos no funcionales contemplaron:

- Disponibilidad del sistema.
- Bajo consumo energético.
- Escalabilidad.
- Seguridad de acceso.
- Integridad de la información.

El despliegue del sistema se realizó de manera progresiva, ya que la planificación del proyecto permitió organizar las actividades como tal.

Tabla 1.

Requerimientos definidos para el proyecto IoT

Requerimientos	Categoría
Captura de ubicación	Funcional
Comunicación LoRaWAN	Funcional
Visualización de rutas	Funcional
Escalabilidad de sistema	No funcional
Seguridad del sistema	No funcional
Disponibilidad del sistema	No funcional

Nota. Los requerimientos para el sistema fueron establecidos según los componentes que este contempla y en referencia a requerimientos software generales de una aplicación similar.

Figura 2

Proceso metodológico aplicado al desarrollo del proyecto.



Nota: La figura muestra la secuencia de las etapas metodológicas para el desarrollo de la solución propuesta. El proceso inicia con la definición del problema e identificación de requerimientos, posteriormente en la arquitectura se realiza el diseño, a continuación, se procede al desarrollo e integración de los distintos elementos tecnológicos. Finalmente se realizaron las pruebas con las que se verificaron la funcionalidad, completando con la etapa final de validación para comprobar que se cumplieron los objetivos y requerimientos.

Al desarrollar un ecosistema IoT, existe una serie de dificultades y barreras por el hecho de ser un sistema distribuido en componentes: el sensor en el collar, la antena de red y los servidores en la nube; siendo el principal riesgo la sincronización entre estos, pues cualquier fallo en uno de estos eslabones puede derribar todo el sistema. Por eso, antes de mover una sola pieza, realizamos un análisis preliminar de riesgos técnicos y operativos.

Entre los principales riesgos se incluyeron:

- Pérdida de conectividad.
- Consumo elevado de energía.
- Inconsistencia en los datos debido a la sincronización.
- Errores de integración entre componentes.
- Problemas de cobertura.

Mitigar el impacto de estos riesgos requirió un planteamiento basado en la prevención. Por eso, se diseñó una estrategia apoyada en revisiones continuas y pruebas de funcionamiento por etapas durante todo el desarrollo; de esta manera se pudo validar cada avance en tiempo real y garantizar la estabilidad de todo el sistema.

Tabla 2.*Resumen de riesgos del proyecto.*

Riesgo	Impacto	Acción
Cobertura ineficiente o con intermitencias prolongadas	Alto	Ajuste de ubicación
Consumo elevado de energía	Alto	Optimización
Fallas en la integración	Medio	Validaciones iterativas
Pérdida de datos	Alto	Control y verificación de datos

Nota. Los riesgos fueron identificados siguiendo la trazabilidad de la data. Las acciones de contingencia en base a mejores prácticas en cada uno de los ámbitos.

Procedimiento

La ejecución del proyecto tuvo inicio con el diseño de una ruta de trabajo que nos permitió armar paso a paso la solución IoT, manteniendo una coordinación desde la captura de datos en el collar hasta el procesamiento de la información y su posterior visualización en las aplicaciones. Dado que se estaba utilizando SCRUM como metodología base, organizamos el proceso en fases secuenciales pero flexibles (cambios aceptados en metodologías ágiles); así se pudo revisar y validar que cada uno de los componentes funcionaran correctamente antes de dar el siguiente paso.

1. Identificación del problema y definición del alcance

Considerando que las tecnologías IoT han tenido una tendencia de crecimiento en cuanto a monitoreo se refiere, también ha permitido que se pueda ampliar las posibilidades de recopilación de estos datos en tiempo real. Además, hay que considerar que existen aún varias limitaciones asociadas a cobertura y sobre todo al consumo energético y una disponibilidad permanente de los datos.

Por lo general, las soluciones tradicionales de localización se apoyan en redes de telefonía celular, Wireless o equipos que tienden a consumir en alto porcentaje el recurso energético (batería), con este último, se vuelve casi imposible pensar en un monitoreo

prolongado. Adicional a esto, en lugares abiertos y muy concurridos, la conectividad se vuelve deficiente y en ciertos momentos presenta intermitencias. El verdadero reto es lograr que todas las piezas encajen.

Con esta problemática, es necesario entonces idear una estructura tecnológica que sea capaz de ejecutar los procedimientos de monitoreo y rastreo de mascotas mediante dispositivos instalados en los collares de estos, pero que no presenten problemas de conectividad ni consumo energético.

El alcance del proyecto considera el armado de un ecosistema de extremo a extremo: desde el dispositivo que toma la ubicación y la red LoRaWAN (gestionada con TTN), hasta el almacenamiento en Firebase y las aplicaciones web y móviles donde el usuario puede ver los recorridos en tiempo real.

2. Diseño del ecosistema tecnológico

La siguiente fase permite establecer el diseño conceptual de la solución, para esto se deben considerar todos los componentes necesarios para el que el flujo de información sea correcto de inicio a fin.

La arquitectura propuesta integró:

- En collares se instaló dispositivos LilyGO
- La comunicación mediante LoRaWAN
- Equipo que recepta información, Gateway Milesight
- Administración de eventos mediante TTN
- Uso de Webhook para integración de mensajes
- Almacenamiento en Firebase
- Plataformas web y móvil

Adicional a estos componentes, era necesario considerar tres elementos implícitos como: escalabilidad, consumo energético, y modularidad, de los cuales se menciona lo siguiente.

Un proyecto, sin importar el tamaño que tenga, ni el beneficio que ofrece, debe contemplar la escalabilidad, este proyecto en si es un ecosistema por integrar varios componentes de diferente índole, esto a su vez ya es parte de una escalabilidad, pero , dentro de cada componente también es necesario tomar en cuenta el crecimiento, entonces esto significaba pensar en que el proyecto permita a futuro aumentar collares, ampliar cobertura, añadir almacenamiento y que se sumen más usuarios, todo esto sin necesidad de cambiar la infraestructura.

La arquitectura elegida no solo debe contemplar un crecimiento, sino también su actualización y mantenimiento, el modularidad fue clave en el diseño para mantener las diferentes tecnologías, y que sean independientes unas de otras. Con esto, si uno de ellos tiene fallas, la solución será más rápida porque no se deberá analizar por completo el ecosistema, sino el componente puntual, además de mantener una continuidad del negocio.

Dado que los dispositivos van instalados en los collares de las mascotas, la autonomía energética es prioridad, la elección de LoRaWAN no fue al azar; esta tecnología nos permitió transmitir información a grandes distancias con un consumo mínimo. Así logramos reducir las recargas constantes y asegurar que el rastreo sea continuo.

3. Integración e implementación

Con el uso de la metodología SCRUM, se ejecutó la unificación progresiva de los componentes tecnológicos.

El punto de inicio fue que los dispositivos en collares transmitieran las coordenadas geográficas hacia el gateway, desde donde TTN administró cada evento mediante mensajes Uplink; con este paso se pudo asegurar que los datos del collar no se perdieran y realicen la

traza de red de forma segura. Posteriormente, la transferencia de información a Firebase mediante un Webhook para así almacenarla y dejarla accesible para consultas, con esto, se garantiza que las aplicaciones finales tuvieran acceso con tiempo inmediato a los datos y estos estén siempre actualizados.

Como se indicó al inicio de este punto, la integración fue de forma incremental; esta estrategia por etapas fue indispensable para validar: conectividad, tiempos de sincronización, comprobación de transmisión de datos sin errores y aseguramiento de operatividad continua del sistema.

4. Validación operativa

En esta última fase se ejecutaron pruebas funcionales para verificar cómo el sistema se comportaba, todo esto en un entorno real, utilizando collares instalados en mascotas.

La validación evaluó cada componente del ecosistema, primero, la captura de coordenadas para asegurar la precisión del GPS en movimiento; segundo la transmisión y recepción de eventos para constatar que los paquetes de datos fluyeran por los medios físicos y llegaran completos a la red; y finalmente, el almacenamiento y la visualización de recorridos

Figura 3

Procedimiento aplicado para el desarrollo del proyecto.



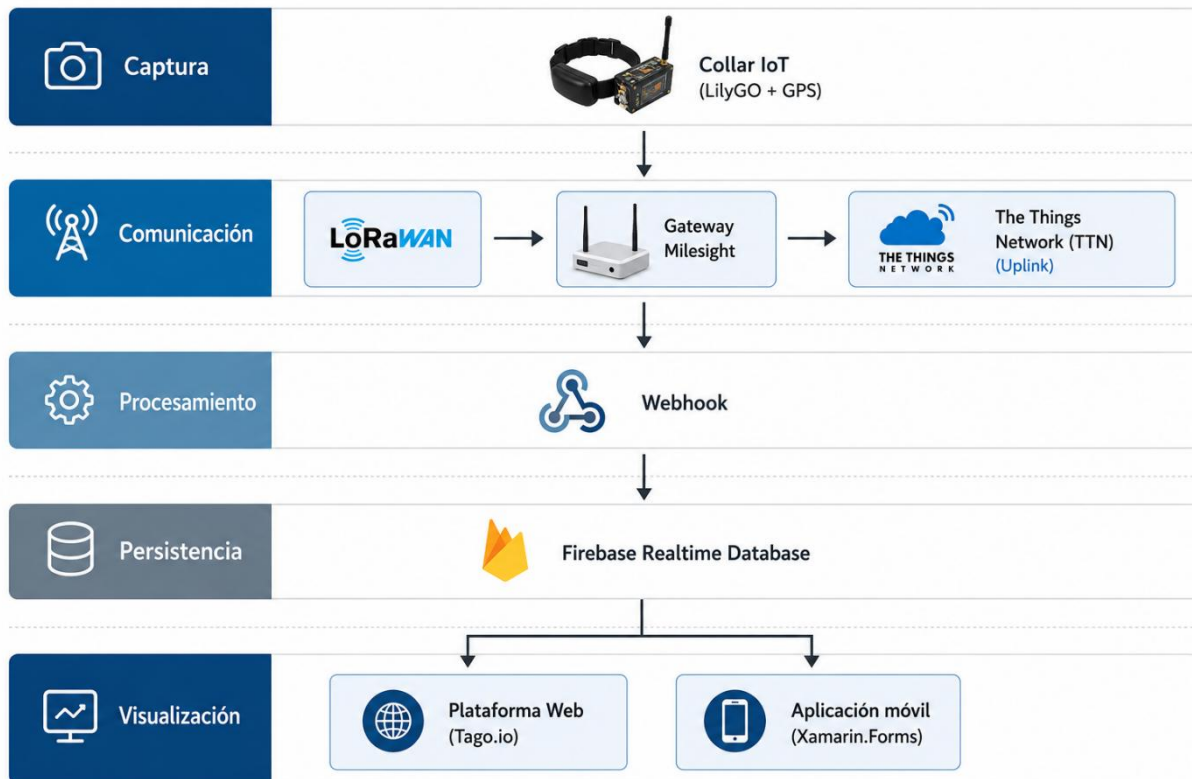
Nota: La figura muestra la secuencia de las fases para el desarrollo de la solución IoT propuesta. El proceso inicia con la identificación del problema y la definición del alcance para establecer las necesidades y límites del proyecto. Posteriormente, se realizó el diseño del

ecosistema considerando la interacción entre dispositivos, comunicaciones y plataforma tecnológica. A continuación, se llevó a cabo la integración e implementación de los distintos componentes del sistema para lograr su funcionamiento conjunto. Finalmente, se ejecutó la validación operativa con el fin de comprobar el desempeño de la solución y verificar el cumplimiento de los objetivos definidos para el proyecto.

RESULTADOS

Gracias al correcto uso de las metodologías y el compromiso del equipo, se pudo organizar y planificar el proyecto para diseñar e implementar una arquitectura IoT sólida, distribuida y sincronizada de extremo a extremo. El ecosistema logrado funciona de manera fluida en las siguientes etapas: primero, los collares inteligentes con tecnología LilyGO son los encargados de capturar las coordenadas geográficas de las mascotas, luego estos datos recolectados son transmitidos por LoRaWAN hacia el gateway Milesight, el cual se encarga de gestionar (recibir y redirigir) los paquetes de datos. A continuación de Milesight, la administración de los datos pasa a TTN mediante eventos Uplink; en este punto se implementó un mecanismo Webhook para para la transferencia de información hacia Firebase(plataforma central y segura de almacenamiento).

Para finalizar y que el usuario final pueda interactuar con el sistema, los datos son consumidos en dos plataformas, una en panel web Tago.IO (plataforma idonea para monitoreo geográfico), y una app móvil pensada para los dueños de mascotas. Este diseño con enfoque modular dejó abierta la posibilidad de escalabilidad y facilidades para desarrollar mantenimiento y actualizaciones sin interrumpir la continuidad del funcionamiento.

Figura 4*Arquitectura funcional del proceso de estructuración del proyecto.*

Nota: Esta figura muestra la arquitectura funcional hecha para la solución IoT de monitoreo de mascotas y el flujo de la información. En el collar IoT (basado en LilyGO y GPS) es donde se inicia la data, los captura y envía mediante LoRaWAN hacia el Gateway Milesight, posteriormente enviada a TTN utilizando comunicación uplink; luego los datos son integrados mediante Webhook y almacenados en Firebase. Finalmente, la información es mostrada a través de una plataforma web (Tago.io) y una aplicación móvil desarrollada en Xamarin.Forms, permitiendo el monitoreo y acceso a los datos generados.

El modelo de gestión utilizado fue clave, organizar el proyecto en etapas progresivas permitió reducir los riesgos y que los dispositivos se integren con los digitales sin mayores problemas. Desde el inicio era necesario conectar objetivos, requerimientos y entregables para trazar una ruta clara y ordenada.

Como resultado de lo anterior se obtuvo:

- Conexión exitosa de etapas: captura, transmisión y visualización.
- Pruebas ejecutadas con eficiencia, reduciendo retrasos.
- El despliegue fue sincronizado entre procesos y pruebas de funcionalidad.

Scrum como metodología iterativa fue fundamental para mantener el avance controlado y ágil para implementar cambios, esto unido a una documentación que ayudó a tener un respaldo de las actividades y datos generados en todo el desarrollo.

Tabla 3.

Resultados alcanzados durante la gestión del proyecto.

Etapas/Ámbito	Resultado obtenido
Planificación	Comprensión clara de requerimientos y alcance.
Integración	Sincronización de tecnologías.
Comunicación	Fases y eventos claros y fluidos.
Despliegue y accesibilidad	Experiencia de usuario óptima.
Validación	Funcionalidad exitosa.

Nota. Los resultados de cada ámbito fueron obtenidos considerando el cumplimiento de objetivos y la interacción entre los componentes tecnológicos del sistema.

Para la etapa de validación se puso a prueba todos los componentes del ecosistema IoT bajo condiciones reales, usando dispositivos en collares para registrar los desplazamientos de las mascotas y comprobar que la información fluyera sin interrupciones. En esta se verificó con éxito el recorrido completo de los datos, desde la captura de ubicación con los LiLyGO hasta el respectivo almacenamiento en Firebase y la consulta final en las plataformas web y móvil. Con esto, se podría confirmar que la arquitectura elegida mantiene una sincronización correcta entre todas sus capas (Adelantado et al., 2017; Gubbi et al., 2013). Hay que tener presente que este estudio pretende demostrar cómo una correcta gestión, planeación y estructuración, puede

garantizar un desarrollo y despliegue de un ecosistema de manera exitosa, ya que los proyectos bajo esta misma gestión que incluyen métricas, seguimiento y control pueden basarse en lo establecido por el PMI (Project Management Institute, 2021).

DISCUSIÓN

El proyecto desarrollado ha demostrado en sus resultados que para tener éxito en el desarrollo de soluciones IoT va más allá de saber elegir correctamente tecnologías o medir el rendimiento de los componentes; el "punto" clave está en cómo se establece la estructura de los procesos de gestión para que coordinen con exactitud y precisión cada capa del ecosistema. En nuestro caso, el haber definido el alcance de una forma progresiva, el organizar el trabajo por etapas y apostar por una integración procesual y modular, fueron las claves para tener un despliegue sencillo y además que la complejidad técnica de la implementación haya sido mínima. Todos estos hallazgos y experiencias, coinciden con lo planteado por Gubbi et al. (2013), quienes señalan que los ecosistemas IoT necesitan mecanismos de coordinación entre dispositivos, redes y plataformas de procesamiento para garantizar que todo funcione de manera integral. De igual forma, Atzori et al. (2010) destacan que el valor real de una solución IoT no está solo en conectar cosas, sino en la capacidad de integrar eficientemente los recursos físicos y digitales dentro de una arquitectura que sea verdaderamente funcional.

Desde el ámbito de las comunicaciones, haber elegido LoRaWAN fue una decisión muy acertada para la necesidad de monitoreo como este, donde se necesitaba transmitir datos a distancias largas, con un mínimo de energía, en entornos abiertos/distribuidos y con un consumo mínimo de energía. Este comportamiento se alinea perfectamente con lo reportado por Adelantado et al. (2017) y Raza et al. (2017), quienes identifican a las tecnologías LPWAN como la opción más viable para aplicaciones IoT que operan de forma remota y bajo estrictas restricciones de batería.

Por otra parte, adoptar una estrategia iterativa basada en la metodología Scrum fue clave para organizar al equipo de trabajo y sincronizarlo con el desarrollo a través de ciclos de integración, evaluación y validación progresiva. Y aunque el propósito en un inicio no fue evaluar el desempeño de las metodologías ágiles como tal(en este caso SCRUM), durante el proceso nos dimos cuenta de manera particular que la planificación incremental facilitaba la coordinación entre los dispositivos (hardware), las conexiones (LoRaWAN) y las pantallas de visualización(plataformas web y móvil), esto coincide con lo expuesto por Schwaber y Sutherland (2020), quienes señalan que los enfoques iterativos facilitan la adaptación y el control en entornos tecnológicos dinámicos. Además, la adopción de una arquitectura modular que permitirá en un futuro agregar dispositivos, ampliar la cobertura o integrar servicios adicionales sin tener que rediseñar el ecosistema desde cero.

Para finalizar, podemos mencionar que uno de los principales aportes de este proyecto fue haberse enfocado en abordar al mismo desde una perspectiva de gestión y estructuración, esto ayuda a complementar otros trabajos que se centran exclusivamente en el desarrollo e implementación de este tipo de tecnologías. Para lograr soluciones funcionales, sostenibles y escalables es importante contemplar el enfoque de gestión y estructuración.

CONCLUSIONES

Se ha logrado demostrar que, para tener éxito al implementar soluciones basadas en Internet de las Cosas, no depende de la integración técnica solamente, sino que demanda una gestión sólida, fundamentada y comprometida. Identificar, definir y delimitar el alcance con claridad, organizar las actividades por etapas y estructurar el ecosistema IoT de forma progresiva fue lo más acertado para una sincronización de todos los componentes, logrando así una solución completamente funcional.

En la parte arquitectónica del proyecto, se demuestra que es totalmente posible integrar todos los dispositivos hardware, la conectividad elegida LoRaWAN, almacenamiento y herramientas de visualización, todo esto en un mismo entorno distribuido. Al mismo tiempo nos dio ventajas en cuanto a modularidad y escalabilidad, dejando construida una base tecnológica reutilizable para futuros proyectos de monitoreo.

Organizar el trabajo con Scrum facilitó una integración paso a paso(iterativo), revisiones continuas y un control de cada tarea.

Como próximo paso, se ha planeado ampliar el alcance de esta solución hacia el monitoreo de animales en zoológicos, sumando nuevas capacidades para capturar y analizar datos. La idea es integrar sensores que midan signos vitales clave, como el ritmo cardíaco y la temperatura corporal, y combinarlos con alertas de geolocalización que avisen si un animal se desplaza fuera de sus zonas permitidas. Con este avance, el ecosistema se convertiría en una herramienta de apoyo para cuidadores y veterinarios, brindando supervisión remota permanente y continua, mejorando el seguimiento de especies que requieran un cuidado especial o condiciones específicas de manejo, y otras ventajas que se derivan de las mencionadas.

Declaración de conflicto de interés

El autor declara no tener ningún conflicto de interés relacionado con esta investigación.

Declaración de contribución a la autoría

Ing. Telmo Santiago Durazno Silva: Investigación, recopilación y análisis de información, redacción del borrador original del manuscrito, organización del contenido científico y elaboración del documento final.

Mgs. Wilson Adrián Guillermo León: Conceptualización del proyecto, coordinación y administración de actividades, desarrollo metodológico, diseño de la arquitectura tecnológica e integración técnica de la solución.

Mgs. Galo Patricio Hurtado Crespo: Desarrollo técnico, implementación e integración de componentes tecnológicos y revisión técnica del sistema desarrollado.

Todos los autores: Participaron en el proceso de validación del sistema, realización de pruebas funcionales, revisión crítica del contenido y aprobación de la versión final del manuscrito.

Declaración de uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que utilizaron la inteligencia artificial como apoyo para este artículo, y también que esta herramienta no sustituye de ninguna manera la tarea o proceso intelectual. Después de rigurosas revisiones con diferentes herramientas en la que se comprobó que no existe plagio como constan en las evidencias, los autores manifiestan y reconocen que este trabajo fue producto de un trabajo intelectual propio, que no ha sido escrito ni publicado en ninguna plataforma electrónica o de IA.

REFERENCIAS

- Adelantado, F., Vilajosana, X., Tuset-Peiró, P., Martínez, B., Melia-Seguí, J., & Watteyne, T. (2017). Understanding the limits of LoRaWAN. *IEEE Communications Magazine*, 55(9), 34–40. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600613>
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>

- Augustin, A., Yi, J., Clausen, T., & Townsley, W. (2016). A study of LoRa: Long range & low power networks for the Internet of Things. *Sensors*, 16(9), 1466.
<https://doi.org/10.3390/s16091466>
- Borgia, E. (2014). The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*, 54, 1–31. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.09.008>
- Cobo, M. J., Rocha, J., Rodríguez, M., & Cueva, F. (2020). Internet de las cosas: fundamentos, aplicaciones y retos tecnológicos. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, (E31), 540–553.
- Fowler, M. (2002). *Patterns of enterprise application architecture*. Addison-Wesley.
- Garlan, D., & Shaw, M. (1993). An introduction to software architecture. En V. Ambriola & G. Tortora (Eds.), *Advances in software engineering and knowledge engineering* (pp. 1–39). World Scientific.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- López Ledesma, J. A., & Fernández Rodríguez, J. D. (2018). Internet de las cosas (IoT): aplicaciones y desafíos tecnológicos en entornos conectados. *Revista Tecnología e Innovación*, 6(2), 45–58.
- Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., & Meyer, F. (2019). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. *ICT Express*, 5(1), 1–7.
<https://doi.org/10.1016/j.icte.2017.12.005>
- Pérez, J., & Gardey, A. (2013). *Gestión de proyectos tecnológicos: planificación, seguimiento y control*. Editorial Académica Española.

Pressman, R., & Maxim, B. (2020). Software engineering: A practitioner's approach (9th ed.). McGraw-Hill.

Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). Project Management Institute.

Raza, U., Kulkarni, P., & Sooriyabandara, M. (2017). Low power wide area networks: An overview. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 19(2), 855–873.

<https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2652320>

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). The Scrum Guide: The definitive guide to Scrum: The rules of the game. Scrum.org.