

Dispositivo para rastreo de mascotas con la tecnología LoRaWAN

Pet tracking device with LoRaWAN technology

Recibido: 03, junio 2025

Aceptado: 15, junio 2025

Publicado

online: 18, julio 2025

Como Citar: Urquizo Álvarez, C. (2025). Dispositivo para rastreo de mascotas con la tecnología LoRaWAN. *Revista Digital Científica Causalidad (caui3)*, 1(2), 26-33. <https://doi.org/10.70929/caui3.v1i2.0013>

ISSN-e: 3073-1518

Creative Commons CC BY 4.0

Cecilia Urquizo Álvarez¹

Resumen:

El enfoque clásico para identificar a los animales y los métodos de vigilancia, como las etiquetas aéreas, el GPS y la RFID, tienen sus desventajas al momento de proporcionar todo el nivel necesario de vigilancia y seguimiento de los animales de compañía, estos dispositivos tienen muchas limitaciones, además, son costosos. El desarrollo masivo en el área de Internet de las cosas (IOT) en las ciudades inteligentes se puede utilizar para proporcionar un control humano y la interacción con las mascotas mediante el uso de Internet de las cosas y sus tecnologías. En este artículo se diseña un sistema de localización y monitorización remota de mascotas para estudiar patrones de comportamiento y hábitos. Los datos recibidos por el sistema se almacenan en la base de datos en tiempo real para localizar a la mascota. Así, se han realizado experimentos y análisis de la ubicación de la mascota, mostrando patrones de movimiento en diversas áreas.

Palabras Clave: LoRa wan, mascotas, sistema de localización, IOT.

Abstract:

Classic approaches to pet identification and surveillance methods, such as air tags, GPS, and RFID, have their drawbacks when it comes to providing the necessary level of surveillance and tracking for companion animals. These devices have many limitations and are expensive. The massive development in the area of the Internet of Things (IoT) in smart cities can be used to provide human-like control and interaction with pets through the use of the Internet of Things and its technologies. In this article, a remote pet tracking and location system is designed to study behavior patterns and habits. The data received by the system is stored in a database in real time to locate the pet. Thus, experiments and analysis of the pet's location have been conducted, showing movement patterns in various areas.

Keywords: LoRa WAN, pets, location system, IoT.

¹Carrera de Redes y Telecomunicaciones, Instituto Superior Tecnológico

Autor de correspondencia: ceurquizo@institutos.gob.ec

1 Introducción

El creciente número de propietarios de animales de compañía en los últimos años, ha causado importantes repercusiones en diversos sectores económicos y sociales. Es así que la tenencia de animales de compañía ha aumentado de forma notable en el Ecuador, siendo, cada vez más considerados como miembros de la familia. De hecho, seis de cada diez hogares tienen mascotas, entre perros y gatos, mismos que reciben una adecuada atención [1], [2].

Las mascotas, son apreciados en contextos sociales, terapéuticos y fisiológicos, porque desempeñan un papel importante en la vida emocional de sus dueños, además, proporcionan beneficios terapéuticos, protección contra enfermedades cardiovasculares, alivio del estrés, alivio de sentimientos de soledad y una conexión entre el dueño y su entorno social [3].

Sin embargo, es claro que el cuidado ciudadano a las mascotas no es suficiente, por lo que siempre existe la posibilidad que la mascota desaparezca en el momento más inesperado. En este sentido, es necesario acudir a nuevas tecnologías de seguimiento y rastreo que se adapten a un mercado en constante expansión, donde, los productos o servicios, se enfoquen en la evasión del robo o la pérdida de mascotas [4], [5], [6], [7].

En particular, el perro no es una mascota (es un miembro familiar), que convive con los humanos. No obstante, la mayoría de las mascotas no se pueden salvar, lo que con el tiempo resulta en una superpoblación de mascotas callejeras, contaminación e incluso accidentes de tráfico con los que la sociedad debe lidiar, lo que da lugar a una importante inconciencia y responsabilidad hacia tu animal doméstico [8].

En particular, para evitar la pérdida o extravío de mascotas se ha desarrollado un conjunto elevado de trabajos que buscan disminuir este hecho. En [9], [10], [11] se propone una aplicación móvil que permite a los dueños encontrar y rastrear a sus mascotas en cualquier momento y lugar, mediante tecnología GPS con un collar de seguimiento. Por otra parte, en [12] se propone un enfoque diferente de seguimiento de mascotas, a través del flujo de vídeo explotando las capacidades de aprendizaje profundo, con el objetivo de detectar y clasificar el objeto de interés.

De esta forma, con el objetivo de disminuir la pérdida y/o robo y posterior venta ilegal de mascotas, se propone medio de rastreo, a través de tecnología LORAWAN. Esta tecnología ofrece la posibilidad de recibir paquetes de datos con triple cifrado de seguridad, intercambiarlos en ambas direcciones, es decir, presentar una ventaja bidireccional, con un amplio alcance de hasta 32 km, adecuado para una detección precisa de la mascota. Además de un bajo consumo de energía, lo que te permite un alto tiempo de independencia de batería.

Este artículo se divide en las siguientes partes: En la sección 2 se describe la metodología seguida, para resolver el problema. En la sección 3 se describe los resultados, productos e las pruebas realizadas a través del modelo construido. En la sección 4 se realiza una breve discusión del trabajo realizado, sus alcances. Finalmente, se brinda un rápido análisis de las conclusiones finales del trabajo completado.

2 Metodología y planteamiento del problema

La Arquitectura LoRaWAN, está impulsada por mensajes y eventos, donde los datos se recopilan de un elevado número de nodos repartidos en grandes áreas, por lo que se define la capa de enlace de datos en una capa física particular [5], [13]. Esta tecnología está diseñada para funcionar a bajas velocidades de transferencia, lo que la hace ideal para soluciones que requieren comunicación de larga distancia. Por otra parte, posee una gran capacidad de escalabilidad, arquitectura robusta y funcionalidad central, lo que la hace adecuada para cumplir con los requisitos de transferencia y recepción de información, tanto en entornos industriales como extensos donde se requiere una gran cantidad de nodos [14], [15].

Entonces, con el objetivo de aprovechar las bondades de la Arquitectura LoraWAN, este trabajo de investigación presenta un rápido desarrollo de una collar que realiza las actividades de

rastreo y localización de mascotas dentro de un entorno urbano, como se puede ver en la Figura 1, donde, se puede apreciar una pequeña población en la que se pueden explotar las conexiones inalámbricas, finalmente, se debe resaltar que el collar de la mascota es de uso externo, lo que evita el daño físico en la mascota.



Figura 1. Definición del problema.

Con el objetivo de realizar la descripción del trabajo realizado, en la Figura 2, muestra un resumen del diseño del dispositivo de transmisión y recepción en forma de bloques. En específico, tanto el transmisor como el receptor han sido implementados a través de la placa ESP32, porque permite el uso de tanto de wifi como de Modbus TCP, además de otras tecnologías, en específico se ha recurrido a los Módulos LoRa SX1278 (que alcanza coberturas con baja potencia), para las comunicaciones, además, se ha utilizado las bondades del módulo GPS NEO-6M con antena, para compartir información de posicionamiento. Es importante destacar que la interfaz serial UART, utiliza USART para comunicarse con el microcontrolador. Finalmente, se ha agregado un sensor (acelerómetro) adicional para detectar movimientos de la mascota.

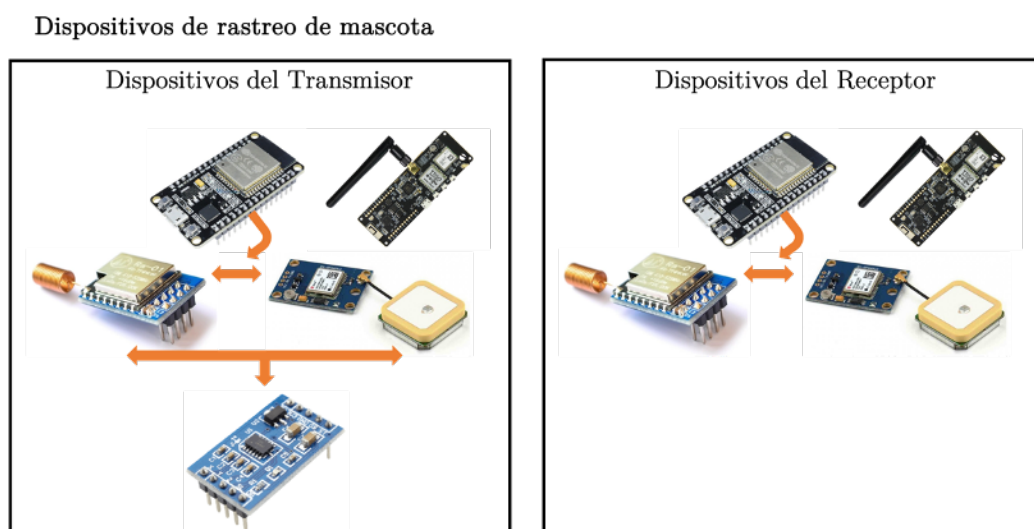


Figura 2. Resumen de implementación del dispositivo.

Es importante destacar que, la redes LoRaWAN utilizadas en este trabajo utilizan un espectro sin licencia, como bandas de 433 MHz o 900 MHz, para la conexión de los diferentes dispositivos, hacia Internet, a través de las distancias del casco urbano de la ciudad de Ambato. De la misma forma, los puntos finales que se conectan a través de enlaces LoRa en exteriores, de backhaul como de WiFi, Ethernet o celular alcanzan velocidades de datos adaptables entre 0,3 kbps y 50 kbps.

3 Resultados

Finalmente, con el objetivo de mostrar contribución a la producción del conocimiento científico, plasmado como un dispositivo de rastreo para mascotas, se ha dividido los resultados en dos partes, primero con la implementación física del dispositivo y después el procesamiento de un conjunto de resultados enfocados en el funcionamiento del dispositivo.



Figura 3. Dispositivo collar de rastreo de mascotas.

En la Figura 3, se muestra el localizador de la mascota, dentro se ubica el transmisor y receptor de comunicados por LoRa. El dispositivo receptor dispone de una pantalla OLED, que muestra la latitud y longitud del transmisor. Así, esta posición recuperada en el receptor ha sido ingresada en google maps para verificar la posición obtenida. La Figura 4 muestra la captura de una coordenada y la visualización sobre el dispositivo LoRa.



Figura 4. Prueba de posicionamiento del dispositivo.

Entonces, una vez verificada la funcionalidad del dispositivo en transmisión y recepción de información se ha iniciado la etapa de pruebas. En este sentido, a partir de un conjunto de 1000 toma de posiciones se ha iniciado la reproducción dentro de los límites geográficos aproximados de la ciudad de Ambato.

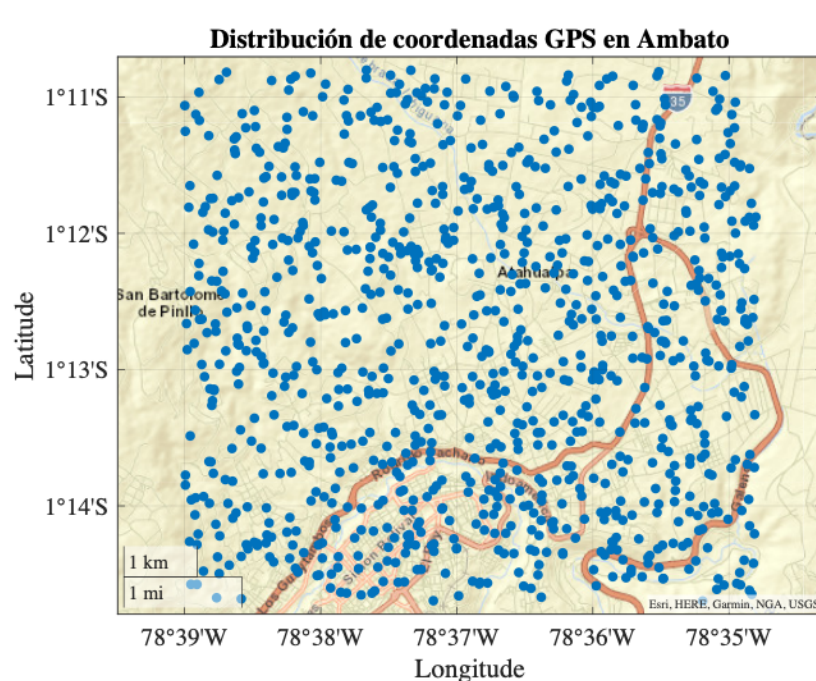


Figura 5. Distribución de coordenadas dentro de la ciudad.

Así, la latitud de Sur a Norte se ha definido como $[lat_min = -1.245; lat_max = -1.180]$, mientras, de longitud Oeste a Este se ha establecido en $[lon_min = -78.650; lon_max = -78.580]$. La Figura 5 describe la recolección de información posicional del receptor dentro de los límites establecidos.

A partir de esta toma de información, se ha determinado un conjunto de estadísticas medias en latitud y longitud, siendo, la media $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i$, para $i = 1$ hasta N , desviación estándar $\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N |A_i - \mu|^2}$, mediana $\frac{X_{\frac{n}{2}} + X_{(\frac{n}{2}+1)}}{2}$ y rango $[\max(X) - \min(X)]$, resultados resumidos en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Estadísticas de latitud.

	Latitud	Longitud
Media	-1.213226°	-78.614299°
Desviación estándar	0.018411°	0.019970°
Mediana	-1.213188°	-78.613781°
rango	0.064933°	0.069940°

A partir de estos datos, se ha calculado el coeficiente de correlación igual a 0.0023. Mientras, el histograma de distribución en la recolección de coordenadas en la ciudad se muestra en la Figura 6.

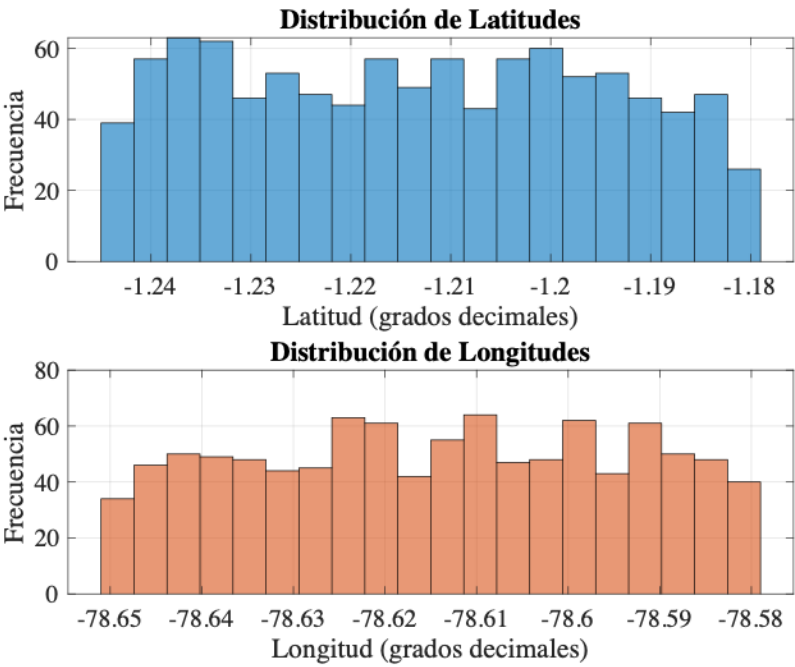


Figura 6. Histograma de distribución de coordenadas.

Finalmente, la Figura 7 describe un histograma bivariado, es decir, un histograma de dos variables que representa los datos de las coordenadas en forma de barras rectangulares y en colores, con el objetivo de mostrar la frecuencia de los datos dentro de los intervalos resultantes en un espacio bidimensional.

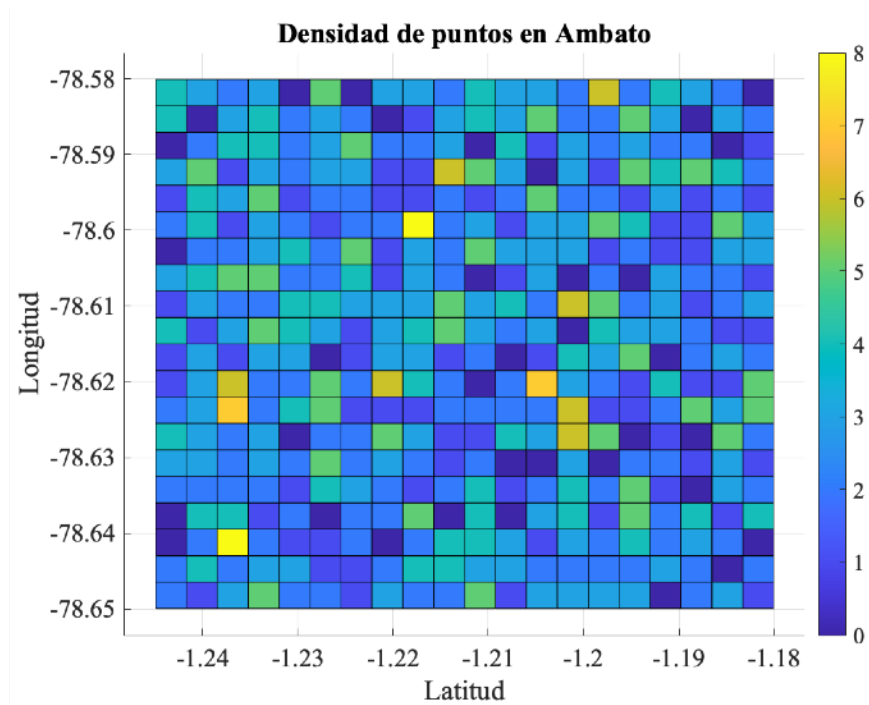


Figura 7. Densidad en las coordenadas de recolección de datos.

4 Conclusiones

El trabajo plantea una crítica válida a los métodos tradicionales de identificación y vigilancia de mascotas a través de etiquetas aéreas, GPS, RFID, destacando sus limitaciones en cobertura, coste y funcionalidad. Mientras que estos sistemas son útiles para identificación básica o seguimiento en áreas limitadas, carecen de capacidades avanzadas para monitoreo continuo, análisis de comportamiento e integración con ecosistemas urbanos inteligentes.

El estudio presenta un estudio estadístico descriptivo de coordenadas GPS dentro del área geográfica acotada en la ciudad de Ambato, Ecuador, las métricas clásicas de estadística descriptiva se han analizado por medio de una distribución espacial de los puntos latitud: -1.213226° – -1.213226° , longitud: -78.614299° – -78.614299° , así, se aprecia que los resultados son coherentes (media $\approx$ mediana), lo que sugiere una distribución simétrica. Por lo tanto, el análisis proporciona una base cuantitativa sólida para entender la distribución espacial de datos GPS en Ambato.

La propuesta del artículo representa un avance significativo frente a los métodos tradicionales, especialmente en entornos urbanos inteligentes. Sin embargo, su éxito dependerá de resolver desafíos técnicos y éticos, como el equilibrio entre vigilancia continua y privacidad. Futuras investigaciones deberían explorar la escalabilidad en diversas geografías y el uso de inteligencia artificial para predecir comportamientos anómalos.

Financiación

Carrera de Redes y Telecomunicaciones, Instituto Superior Tecnológico Bolívar.

Declaración de conflicto de intereses

El autor o autores no han declarado ningún posible conflicto de intereses en relación con esta investigación, la autoría y/o la publicación de este artículo.

Referencias

- [1] E. P. Cherniack and A. R. Cherniack, "The benefit of pets and animal-assisted therapy to the health of older individuals," *Curr Gerontol Geriatr Res*, vol. 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/623203.
- [2] K. Hodgson, L. Barton, M. Darling, V. Antao, F. A. Kim, and A. Monavvari, "Pets' impact on your patients' health: Leveraging benefits and mitigating risk," *Journal of the American Board of Family Medicine*, vol. 28, no. 4, pp. 526–534, Jul. 2015, doi: 10.3122/jabfm.2015.04.140254.
- [3] A. J. Gavilanes Bayas, "Sistema electrónico de detección y rastreo de mascotas," Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018. Accessed: Nov. 15, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/handle/123456789/28937>
- [4] K. C. Sharadamma, B. Purushotha, P. M. Radhakrish, P. M. Abhilekha, and H. M. Vagdevi, "Role of Selenium in Pets Health and Nutrition: A Review," *Asian J Anim Sci*, vol. 5, no. 1, pp. 64–70, Jan. 2010, doi: 10.3923/ajas.2011.64.70.
- [5] V. Usha, S. Karagatla, P. S. Gowr, P. M. G. Jegathambal, A. Lizy, and V. Sathya, "Real-Time GPS Tracking and Health Monitoring for Animals Using IoT and Mobile Application," in *2025 International Conference on Machine Learning and Autonomous Systems (ICMLAS)*, IEEE, Mar. 2025, pp. 1845–1851. doi: 10.1109/ICMLAS64557.2025.10968249.
- [6] C. Akhil, D. P. Iyengar, P. S. Manideep, B. Ganesh, and E. Prabhu, "Pet Tracking System using LoRa," in *2022 3rd International Conference on Issues and Challenges in Intelligent Computing Techniques (ICICT)*, IEEE, Nov. 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICICT55121.2022.10064587.
- [7] I. Francis and S. Mohd Shah, "Cost-Effective Arduino-Based RFID Automated Cage Door and Pet Tagging with GPS Tracker using Peer-to-Peer LoRa WAN," *Journal of Electronic Voltage and Application*, vol. 3, no. 2, Dec. 2022, doi: 10.30880/jeva.2022.03.02.005.
- [8] M. Larkin and R. Radich, "Pet population still on the rise, with fewer pets per household," *J Am Vet Med Assoc*, vol. 259, no. 11, pp. 1243–1245, 2011.
- [9] S. Tangsripairoj, P. Kittirattanaviwat, K. Koophiran, and L. Raksaithong, "Bokk Meow: A Mobile Application for Finding and Tracking Pets," in *2018 15th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, IEEE, Jul. 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/JCSSE.2018.8457351.
- [10] S. Sivaraman, A. A. Zainuddin, and K. Subramaniam, "Advances in Technology for Pet Tracker Sensing Systems," in *2021 International Conference on Green Energy, Computing and Sustainable Technology (GECOST)*, IEEE, Jul. 2021, pp. 1–4. doi: 10.1109/GECOST52368.2021.9538744.
- [11] B. W. Aqraldo, Jessen, Y. Sentoman, D. Markos, and H. L. H. S. Warnars, "Detepet Mobile Application for Pet Tracking," in *2021 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)*, IEEE, Mar. 2021, pp. 48–52. doi: 10.1109/ESCI50559.2021.9397028.
- [12] A. A. Hammam, M. M. Soliman, and A. E. Hassanein, "DeepPet: A Pet Animal Tracking System in Internet of Things using Deep Neural Networks," in *2018 13th International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES)*, IEEE, Dec. 2018, pp. 38–43. doi: 10.1109/ICCES.2018.8639260.
- [13] F. Adelantado, X. Vilajosana, P. Tuset-Peiro, B. Martinez, J. Melia-Segui, and T. Watteyne, "Understanding the Limits of LoRaWAN," *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 9, pp. 34–40, 2017, doi: 10.1109/MCOM.2017.1600613.
- [14] D. D. Tortosa, "Monitoring and Reconstruction of the Shape of the Detection Units in KM3NeT Using Acoustic and Compass Sensors," *Sensors*, vol. 20, no. 18, p. 5116, Sep. 2020, doi: 10.3390/s20185116.
- [15] O. Georgiou and U. Raza, "Low Power Wide Area Network Analysis: Can LoRa Scale?," *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 6, no. 2, pp. 162–165, Apr. 2017, doi: 10.1109/LWC.2016.2647247.