

Internet de las cosas basado en la geo-localización de mascotas con alertamiento

Michael St. Avila Arias

Abstract—This document presents a specialized way to track a pet such as a cat or a dog, through a GPS tracker device, which connects to the WIFI network with the help of the ESP32 microcontroller SoC that provides the digital logic. This device is integrated with a cloud system that will monitor and analyze the information collected, providing the option of alerting via cell phone when the pet has strayed too far from a given point, such as the house. The product presented here is in Beta phase, not optimized for sale or real production, because it is developed on test devkit boards and does not use PCB (Printed Circuit Board) for a minimum size. Additionally, it is intended in a second phase to implement the GSM module for 2G mobile communication that allows remote communication.

Index Terms—ESP32, Internet of Things (IoT), GPS Tracker, System on a Chip (SoC).

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la tecnología crece a pasos agigantados, en donde cada vez se pueden obtener productos y servicios más especializados y enfocados en solucionar problemas a gran escala o específicos por cada individuo. El internet de las cosas nos brinda la posibilidad de proveer esas herramientas tecnológicas digitales presentes en la gran red de redes a un entorno físico con sus diferentes manifestaciones y propiedades del mundo tangible. Esto se consigue con la constante interacción entre los Sensores, que miden una propiedad física y la transforman en una señal eléctrica, con un controlador que será un componente especializado el cual recibe esa señal eléctrica y la digitaliza de tal manera que podamos aplicar cierta lógica sobre ella, para luego, dependiendo de la necesidad o del problema con el que se esté tratando, controlar unos actuadores que pueden interactuar con el entorno físico y cambiar así la retroalimentación del sistema.

Este documento se centra en la utilización de esta gran herramienta (Internet de las cosas) para presentar un posible mecanismo de solución a una problemática común como es el extravío de las mascotas, específicamente perros y gatos.

Este trabajo es impulsado por la fundación Universitaria del Área Andina, Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia. Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas. Diplomado en programación Python y DevNet para Internet de las cosas.

Michael St. Avila Arias, Autor. Estudiante de Ingeniería de Sistemas en modalidad virtual. Bogotá D.C. Cundinamarca. Colombia (correo electrónico: mavila47@estudiantes.areandina.edu.co)

Gracias a la tecnología GPS (Global Positioning System) podemos rastrear casi cualquier cosa en cualquier parte del mundo, tecnología esencial para este proyecto. Esta información recolectada, que se maneja en valores de las coordenadas latitud y longitud (recolectada por un Sensor) es transmitida a un microcontrolador que la procesará y evaluará para luego transmitir la información procesada a la nube por medio de la red y una vez allí tener a la disposición todas las herramientas presentes en Internet para presentar resultados, informes y alertamientos.

El proyecto se realiza en una fase Beta, no productiva, ya que hará uso de componentes eléctricos en su presentación de desarrollo o en módulos, donde el tamaño puede interferir en que sea un producto viable para la venta. Pero será capaz de proveer las bases técnicas y tecnológicas mínimas necesarias para una implementación productiva en una fase II posterior, que haga uso de sensores sin modulo y una PCB (Printed Circuit Board) especialmente definida para el objetivo del proyecto. Adicionalmente se plantea para una fase posterior, la implementación del módulo GSM que permita comunicación móvil 2G.

II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Según el portal de noticias Publimetro en un reporte del 2015, cada año se pierden alrededor de 60 mil perros y 50 mil gatos en Bogotá D.C., por descuido. De estas cifras, el 10% son rescatados por la pronta acción de sus amos y las entidades protectoras de animales. Y según una encuesta realizada por la Federación Nacional de Comerciantes (FENALCO) 2015, seis de cada diez familias tienen alguna mascota en la casa. Tan solo en Bogotá hay alrededor de 551 mil perros y 140 gatos.

Estas cifras por si solas son grandes, limitando la consulta únicamente a Bogotá. Claramente será mucho más grande al contar el resto del país, más aún, contando para los demás países. Es una problemática que sufren muchas familias alrededor del mundo. Pero esto no se termina ahí. Cuando las mascotas se pierden, se suele dar un precio por información o por si alguien ha encontrado a la mascota perdida. Esto en ocasiones suele ser un medio para estafar a las personas que están pagando por encontrarla, lo que agrava la problemática para los dueños.

Pregunta problema

¿Cómo reducir el índice de animales perdidos, perros y gatos, en los hogares de familia, por medio de un sistema de

monitoreo geo-localizador para procurar su bienestar y seguridad?

III. OBJETIVOS

(i) *Objetivo general*

Diseñar un sistema Internet de las cosas que permite realizar el monitoreo de las mascotas en ubicaciones remotas por medio de localizadores GPS.

(ii) *Objetivos específicos*

Identificar tecnologías y componentes eléctricos disponibles en el mercado, que permitan realizar la integración de los procesos de localización y seguimiento.

Definir la estructura general del sistema, con las herramientas utilizadas y los protocolos de comunicación que permitan la transferencia de información entre ellas.

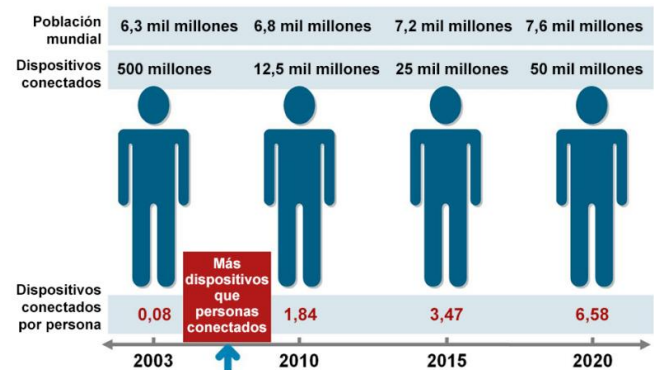
Exponer los resultados obtenidos en la implementación del sistema, donde se pueda ver el cumplimiento a la problemática central.

IV. INVESTIGACIÓN

Internet de las cosas, también llamado internet de los objetos, ha llegado para cambiar nuestra forma de ver el mundo. Siendo una evolución del Internet que pretende abarcar la totalidad de nuestras interacciones del día a día, en caminado a facilitar u optimizar las tareas más simples hasta las más complejas por medio de la automatización. Existen diferentes definiciones que se pueden encontrar para el IdC (Internet de las cosas) pero la mayormente adoptada es la presentada por el Grupo de soluciones empresariales basadas en Internet (IBSG, Internet Business Solutions Group) de Cisco, donde el IdC se define como el punto en el tiempo en el que se conectaron a internet más “cosas u objetos” que personas. El crecimiento de los dispositivos conectados a internet ha sido exponencial desde el 2003. Mayor al crecimiento de la población mundial, y más aún de las personas conectadas a internet.

La figura 1 muestra el crecimiento que tuvieron los dispositivos conectados a Internet desde el año 2003, con una proyección de dispositivos conectados hasta el año 2020 para el momento de publicación de la imagen.

Figura 1 Crecimiento IdC comparado con la población mundial



Fuente: Cisco IBSG

El término de IdC (Internet de las cosas) fue utilizado por primera vez por Kevin Ashton (un pionero británico de la tecnología) en 1999, mientras que estaba trabajando en el campo del sistema estándar RFID (Identificación por radio-frecuencia). Sin embargo, y como se muestra en la figura 1, el IdC nació en algún momento entre los años 2008 y 2009, que según la definición dada por IBSG, fue cuando superó la cantidad de personas conectadas a Internet, e incluso el número de la población misma.

Se puede observar que el Internet de las cosas ha tenido un gran crecimiento, debido a su importancia. Con él, el Internet convencional ha evolucionado hasta convertirse en un Internet sensorial (midiendo temperatura, presión, vibración, luz, humedad, etcétera) lo que nos permite ser más proactivos y menos reactivos.

Aun así, a pesar de su gran crecimiento, el Internet de las cosas ha tenido algunos desafíos que podrían detener su progreso.

A. *Ausencia de gobernabilidad*

La falta de un gobierno imparcial, que sea aceptado por todos los estados, empresas y personas. Donde se tengan unos estándares y normas bien definidos. Esto imposibilitará tener un Internet de las cosas verdaderamente globalizado.

B. *Privacidad y seguridad*

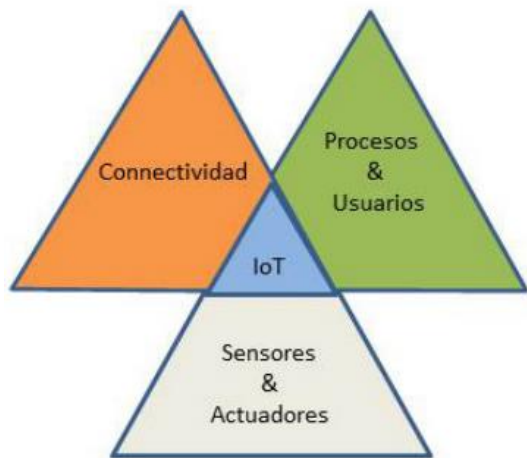
Una de las mayores consecuencias de la implementación del Internet de las cosas, es el aumento en las conexiones que tenemos con Internet, más específicamente, las conexiones que tienen nuestros datos con el Internet. Por lo general, la seguridad se ha añadido siempre como un Plus, como algo adicional; pero bajo este esquema, es necesario que la Seguridad de nuestros datos se convierta en un pilar del desarrollo de nuevas tecnologías, con el objetivo de que nuestra información personal no se sienta comprometida por el uso de estas nuevas conexiones.

C. *Implementación de IPv6*

Poco a poco se ha comenzado a implementar y adoptar el

protocolo de comunicación IPv6. En febrero de 2010, se agotaron las direcciones IPv4 del mundo. Este impacto se mitigado con diferentes estrategias, como el NAT (Network Address Translation). Pero se sabe que esos miles de millones de sensores que existen y que estarán en aumento a lo largo de los años, terminarán necesitando una IP exclusiva para cada uno, con el que se pueda identificar, gestionar y monitorear de manera más sencilla.

Figura 2 Componentes principales del IdC



Fuente: SALAZAR, Jordi; SILVESTRE, Santiago. Internet de las cosas. Techpedia

A medida que la tecnología digital se mueve a velocidades de datos más rápidas y con menos latencia de conectividad, se espera que el Internet duplique su tamaño cada 5,3 años (que ha sido la tendencia en las dos últimas décadas) y la computación en la nube juega un papel muy importante en ese crecimiento.

Según la plataforma de estadísticas e investigaciones sobre tecnologías AppsThatDeliver hay aproximadamente entre 20.4 a 31 billones de dispositivos de IdC conectados (para diciembre del 2020). En promedio, 127 nuevos dispositivos de IdC se conectan a Internet cada segundo que transcurre.

Se estima que el total de número de conexiones supere los 83 billones para el 2024 y para el año 2030, llegarán a haber hasta 15 dispositivos conectados por persona.

En aspectos de seguridad, el 98% de todo el tráfico de IdC está descriptado lo cual expone información personal y/o confidencial en la red. El promedio de tiempo que tarda un dispositivo IdC en ser atacado luego de conectarse a Internet es de tan solo 5 minutos. Estas cifras reflejan la ausencia de medidas de seguridad que pretendan proteger la información personal de los usuarios.

V. FUNDAMENTOS

El uso del IdC puede tener un sinnúmero de aplicaciones y objetivos para implementar. Sin embargo, una secuela que han venido dejando las distintas revoluciones industriales es el cambio climático con el deterioro del medio ambiente y el consumo excesivo de recursos naturales. La base de las

revoluciones industriales es el desarrollo de los procesos y la humanidad misma. Pero, a menudo, se suele confundir lo que es el desarrollo con el desarrollismo. Este segundo se centra en la creación de “más”. Según esta ideología, el poseer y consumir más es sinónimo de bienestar y desarrollo. El tiempo ha demostrado que no siempre es así. El impacto que ha sufrido el planeta por los descuidos del medio ambiente a llegado a un punto histórico. Es nuestro deber centrar y medir los desarrollos en valores no solo cuantitativos, sino también, cualitativos, de cómo se están haciendo uso de los recursos disponibles con criterios de sostenibilidad y tomando como referencia las generaciones futuras.

El concepto de Desarrollo Sostenible adopta la mentalidad de evolución teniendo como guía la protección de los recursos naturales, de los animales y de las distintas comunidades existentes. Para esto, la ONU, en el año 2015, aprobó la agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, como una oportunidad para que los países y sus sociedades inicien un nuevo camino de cambio para la mejora de la vida. Por medio del cumplimiento de 17 diferentes objetivos transformadores.

Figura 3 Objetivos de desarrollo sostenible



Fuente: Página web de la ONU – Desarrollo Sostenible

VI. ANTECEDENTES

[1] Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar. Análisis e implementación de un Sistema localizador GPS con propósitos militares, que permite realizar la búsqueda de los soldados en diferentes tipos de terrenos. Proponen un diseño basado en tecnología abierta al mercado, sin depender una tarjeta SIM, con el objetivo de no incrementar el costo o generar una cuota mensual/anual por el uso del dispositivo. Almacena las coordenadas en una tarjeta microSD y permite la visualización de la ubicación por medio de una pantalla.

[2] Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Sistema de monitoreo y rastreo por medio de una aplicación Android para las bicicletas haciendo uso de GPS. Implementa un odómetro que permite medir la distancia recorrida y velocidad de la bicicleta. El sensor GPS (Neo 6M) para obtener la ubicación por medio de los valores de latitud y longitud. Y con uso del módulo GSM/GPRS (SIM800L) para enviar mensajes SMS con igualmente la ubicación a un dispositivo móvil. Este sistema se adapta a la bicicleta, y permite visualizar velocidad, distancia recorrida y ubicación actual en tiempo real mientras se transita.

[3] Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. Sistema

de monitoreo para el sector de la ganadería. Con implementación de las tecnologías LoRaWAN y Sigfox para una red de alto alcance. Sigfox utiliza una banda ultra estrecha y tiene un mecanismo de transmisión de datos nombrado BPSK. LoRaWAN es un protocolo el cual hace uso de la capa MAC de los dispositivos, junto con el ancho de banda y la ganancia de la codificación para incrementar la sensibilidad del receptor. Haciendo uso de los protocolos de comunicación digital UART y SPI por su amplio uso y facilidad.

[4] Universidad Santo Tomás Seccional Tunja. Diseño e implementación de un dispositivo de seguimiento GPS aplicado al transporte público de pasajeros. Realiza uso de diferentes sensores que permiten obtener información como lluvia, temperatura, humedad, apertura de la puerta, botón de pánico y la ubicación. Cuenta con una cámara que toma fotos cuando la puerta se abre y se cierra, para llevar un control más preciso del flujo de pasajeros. Toda esta información es subida a la nube haciendo uso de Bluetooth y Wifi.

[5] Universidad de Port-Harcourt. Departamento de ingeniería Eléctrica/Electrónica. Sistema de seguridad de vehículos antirrobo que implementa un sistema de posicionamiento Global (GPS), Sistema de comunicación móvil (GSM) y tecnologías biométricas para la detección de las huellas dactilares para el usuario. Debido al alto índice de robos de vehículos en parqueaderos públicos y bahías. Se realiza uso de un relé para inmovilizar el vehículo para prevenir robos o usos no autorizados.

[6] Fundación universitaria Los Libertadores. Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas. Sistema de monitoreo electromecánico que verifica el estado de las tapas ancladas a las cámaras de inspección subterránea basado en IdC. Investigación realiza por el alto hurto de tapas de alcantarillado y cámaras o ductos de inspección de las empresas de telecomunicaciones en Bogotá. Se implementa con sensores que detectan la apertura de la tapa, y con un módulo de monitoreo de la ubicación por medio de GPS (Neo 6M u-blox).

VII. TRABAJO PROPUESTO

Existen diferentes soluciones que permite la localización de las mascotas en el mercado actual. El propósito en este caso será expandir el potencial de esta solución, incluyendo beneficios que no están presentes en los demás. Principalmente se implementará la opción de poder monitorear más de una mascota. Esta situación se presenta en varios hogares, que pueden contar ya sea con dos o más gatos, dos o más perros o la combinación de los mismos. Adicionalmente se desea que la opción de identificar donde esta la mascota, pueda ser realiza por cualquier miembro de la familia y no únicamente por una persona.

Figura 4 Esquema general de la solución



Fuente: Propiedad del autor

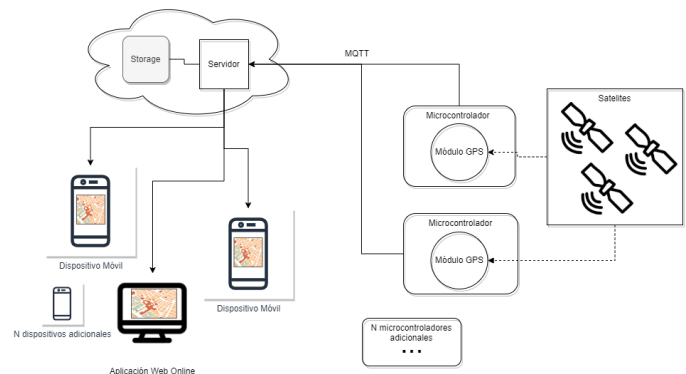
Para implementar esta estructura, cada mascota debe contar con su propio sensor GPS que recopilará la información en un microcontrolador para luego enviarla a un servidor en la nube que procese esa información y se encargue de realizar el alertamiento y demás procesos inherentes a la solución.

Cada miembro de la familia podrá consultar la ubicación actual de la mascota por medio de una aplicación en el celular para mayor facilidad y acceso en cualquier momento. Esta aplicación se limita a sistemas operativos Android y su desarrollo e implementación es facilitado por la herramienta Online MIT App Inventor.

Todo el procesamiento de la información para la ubicación de cada mascota, se manejará de manera centralizada, por medio de un servidor en la nube que reciba la información enviada por medio de los microcontroladores. Con esa petición se recibe la información de latitud y longitud de cada mascota, para luego realizar las operaciones posteriores, como es el alertamiento en caso de que la mascota supere un límite de distancia parametrizado a partir de una ubicación específica, como sería el hogar.

La figura 5 muestra la arquitectura a alto nivel del sistema IdC para monitoreo de mascotas. Con la estructura para más de una mascota que será monitoreada y también con más de un dispositivo móvil que podrá ver la ubicación de cualquiera de las mascotas monitoreadas.

Figura 5 Arquitectura de IdC monitoreo de mascotas



Fuente: Propiedad del autor

VIII. COMPONENTES Y TECNOLOGÍAS

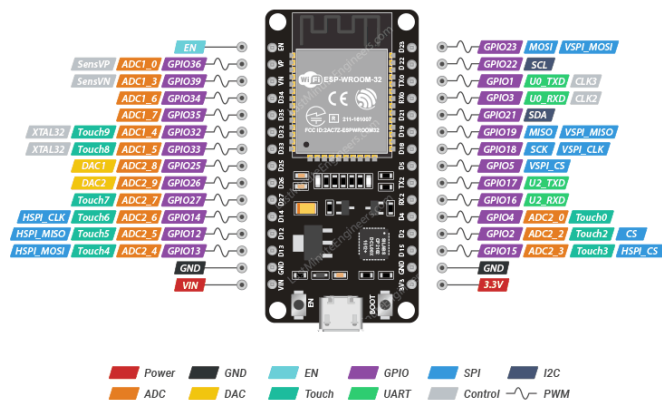
Las componentes eléctricos y tecnologías de software que serán utilizados para la implementación del proyecto.

(i) Descripción del Hardware

ESP32: Es un microcontrolador SoC (System on a chip) de bajo costo y de bajo consumo eléctrico. Que ofrece conexión Wi-Fi y Bluetooth a través de sus diferentes interfaces (SPI, SDIO o I2C, UART). Incluye diferentes tipos de componentes integrados con los requerimientos mínimos PCB. Este contiene la lógica principal del proyecto, el cual obtendrá la información del GPS y lo transmitirá para su posterior procesamiento. Este se presenta en su versión DevKit V1, la cual está diseñada para realizar desarrollos de manera más sencilla, sin necesidad de incluir componentes eléctricos adicionales para su correcto funcionamiento.

La descripción de los Pines de la ESP32 se describe en la figura 6.

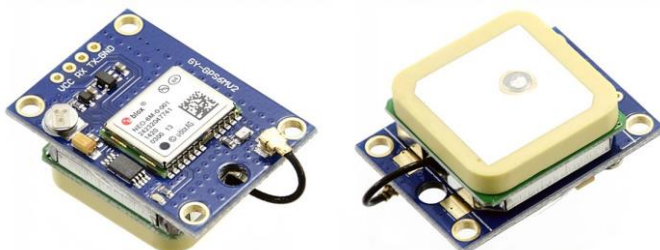
Figura 6 PinOut Esp32 DevKit V1



Fuente: lastminuteengineers.com – Esp32 Pinout Reference

GPS u-blox NEO-6M: Es un módulo GPS muy popular, de bajo costo y alto rendimiento. Cuenta con una antena de parche de cerámica, un chip de memoria integrado y una batería de respaldo que se puede integrar con una amplia gama de microcontroladores. Será el responsable de recibir la señal de los satélites por medio de su antena y luego dentro del chip integrado se realiza el proceso de triangulación para obtener la información de su posición actual y transmitirla por la interfaz UART a la ESP32 en formato NMEA.

Figura 7 GPS u-blox NEO-6M versión GY-GPS6MV2



Fuente: electroschematics.com – NEO 6M GPS Module

Módulo Led RGB: Un led RGB (Red, Green, Blue) en su presentación de módulo, con terminal de cátodo común. Se utilizará para mostrar de manera visual el intervalo de sincronización y para cada vez que llegan nuevas configuraciones al microcontrolador.

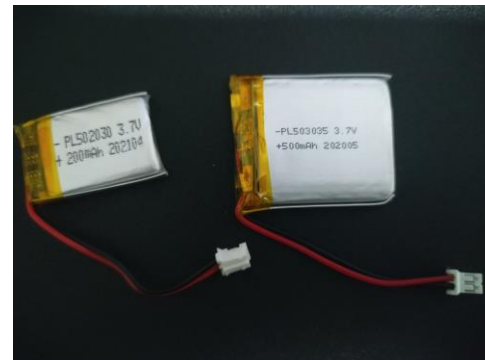
Figura 8 Módulo Led RGB



Fuente: crcibernetica.com – 5mm RGB Led Module

Baterías de litio 3.7V: Un par de baterías de litio de 3.7V (200 mAh y 500 mAh), que serán utilizadas para proveer la energía de entrada para el funcionamiento del microcontrolador ESP32. Estás serán conectadas en serie al circuito.

Figura 9 Baterías de litio 3.7V



Fuente: Propiedad del autor

(ii) Descripción del Software

MicroPython: Implementación sencilla y eficiente del lenguaje de programación Python 3, el cual incluye un pequeño subconjunto de la biblioteca estándar de Python y está optimizado para ejecutarse en microcontroladores y en entornos restringidos. Es el lenguaje de programación base para la ESP32 en el proyecto, proveyendo las herramientas que necesita para integrarse con los sensores y comunicarse con el servidor.

HiveMQ: Corredor (Broker) especializado para facilitar el traslado de datos asíncrono, a través del protocolo MQTT (MQ Telemetry Transport) Pub-Sub, desde y hacia dispositivos conectados de manera eficiente, rápida y confiable. Utilizado para realizar la conexión entre el microcontrolador ESP32 y la API.

NodeJS: Lenguaje de programación muy flexible y fácil de usar, ampliamente utilizado en la generación servidores virtuales API REST. Se usará como lenguaje base para el

servidor centralizado que recibirá las peticiones enviadas por la ESP32 por medio del protocolo REST y MQTT con la información de Latitud y Longitud de los dispositivos para luego procesarla.

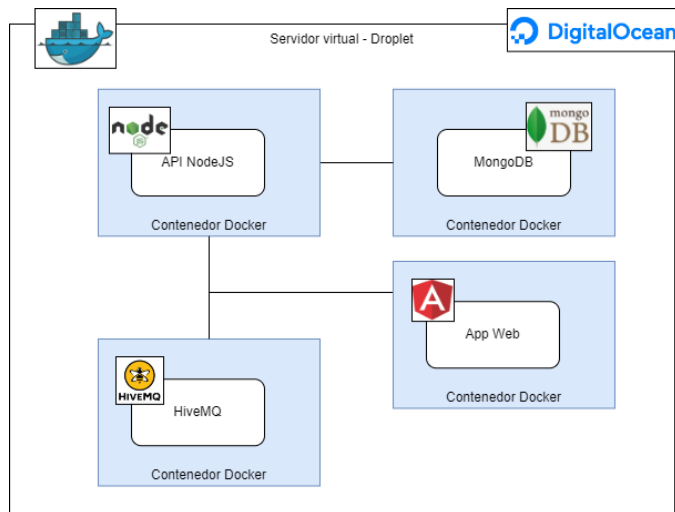
MongoDB: Base de datos no relacional con base en documentos, que permite almacenar y consultar información con excelente escalabilidad y flexibilidad. Se utilizará para almacenar la información de configuración del sistema, información de los dispositivos y registros del monitoreo.

Docker: Es una plataforma de código abierto PaaS (Platform as a Service) para crear, implementar y administrar aplicaciones a través de contenedores, que permiten modularizar los servicios y aumentar el desacoplamiento de las dependencias. Semejante a las máquinas virtuales, contendrá el API y la base de datos dentro del servidor.

La figura 10 muestra la relación entre los componentes tecnológicos utilizados para la implementación del servidor. Se usa el proveedor de hosting DigitalOcean.

Angular: Es un marco de trabajo (Framework) de código abierto perteneciente a Google y utilizado para crear aplicaciones multiplataforma. Funciona a través del lenguaje de programación Typescript. Se usará para crear la aplicación web y móvil final para el monitoreo de las mascotas.

Figura 10 Contenedores Docker - Servidor



Fuente: Propiedad del autor

IX. RESULTADOS

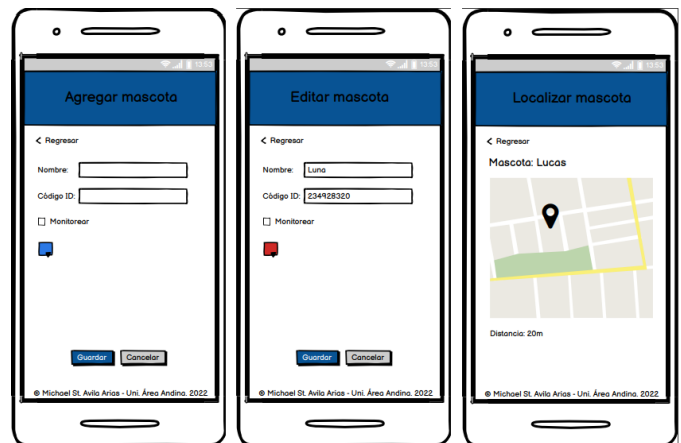
Inicialmente se presentan los Mockups correspondientes a la aplicación de control del sistema, en un formato móvil. También aplican para la aplicación web. Con base en ellos se realiza el desarrollo de la interfaz.

Figura 11 Mockups aplicación (Inicio, Configuraciones, Notificaciones)



Fuente: Propiedad del autor

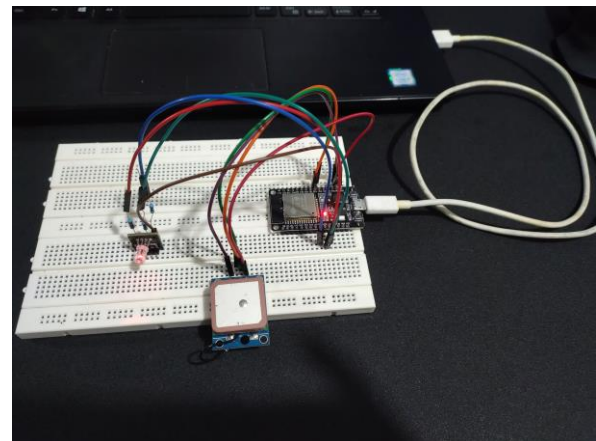
Figura 12 Mockups aplicación (Agregar, Editar, Localizar Mascota)



Fuente: Propiedad del autor

El circuito fue integrado en una placa de pruebas (Protoboard) para visualizar su correcto funcionamiento. Conectando los componentes a través de cables Jumper y proveyendo de energía la ESP32 por medio del puerto USB.

Figura 13 Circuito de prototipo



Fuente: Propiedad del autor

Posteriormente se realizó la implementación del circuito en una caja de plástico reutilizada, que cuenta con el espacio suficiente para contener los componentes del circuito. En esta ocasión la fuente de alimentación a utilizar, serán las dos baterías de litio de 3.7V conectadas en serie. Y los cables Jumper fueron adaptados para reducir su tamaño y de esta forma, acoplarse con el tamaño disponible de la caja.

Figura 14 Producto final parte interna



Fuente: Propiedad del autor

Sobre la caja se realizó un orificio del tamaño del led RGB que permite la salida del mismo, con el propósito de observar su iluminación y cambio de color. A continuación, se describe el significado de cada color del led:

- Rojo: Intento de sincronización fallido con el servidor, debido a la falta de señal del módulo GPS.
- Verde: Sincronización exitosa de la localización con el servidor, gracias a que el módulo GPS ya obtuvo la señal satelital.
- Azul: Recepción de nuevas configuraciones realizadas a través del aplicativo Web o Móvil.

El led se encenderá dependiendo del intervalo de sincronización definido en la aplicación de control, y permanecerá encendido durante 0.2 segundos. Generando una sensación de intermitencia.

Figura 15 Producto final parte externa



Fuente: Propiedad del autor

Luego, el dispositivo debe ser marcado con un código identificador, con el cual se podrá registrar posteriormente en la aplicación, para realizar su correspondiente monitoreo. Esto con el objetivo de poder distinguir la mascota en caso de tener varios dispositivos.

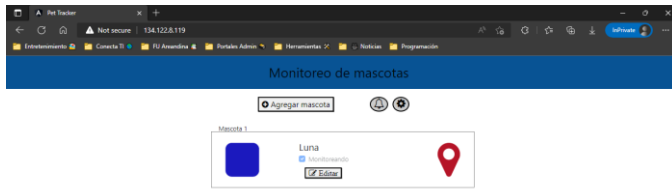
Figura 16 Producto final marcado y recibiendo señal



Fuente: Propiedad del autor

La aplicación de control, fue implementada tanto en un aplicativo web, expuesto públicamente, lo que permite acceder a él desde cualquier lugar con acceso a internet desde un explorador web.

URL: <http://134.122.8.119/>

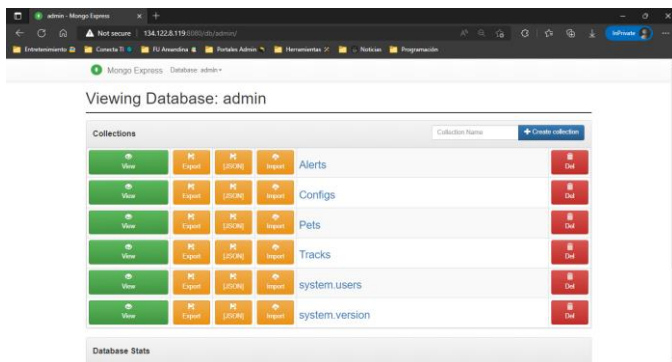
Figura 17 Aplicación web

© Michael Stiven Avila Arias - F.U. del Área Andina 2022

Fuente: Propiedad del autor

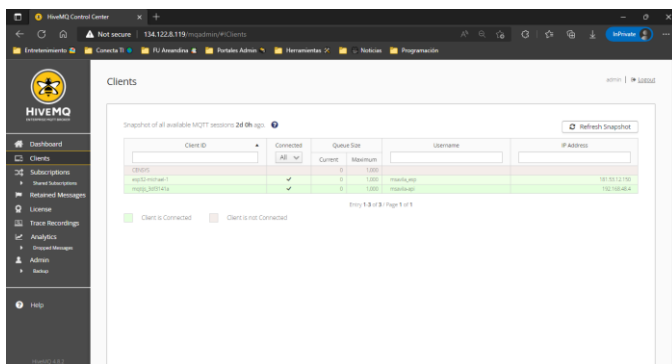
Se cuenta adicionalmente con un administrador web de la base de datos Mongo DB. Con este se proporciona una forma extra de acceder a la información almacenada y poder modificarla con menos limitaciones de ser necesario.

URL: <http://134.122.8.119:8080/>

Figura 18 Administrador web de la BD*Fuente: Propiedad del autor*

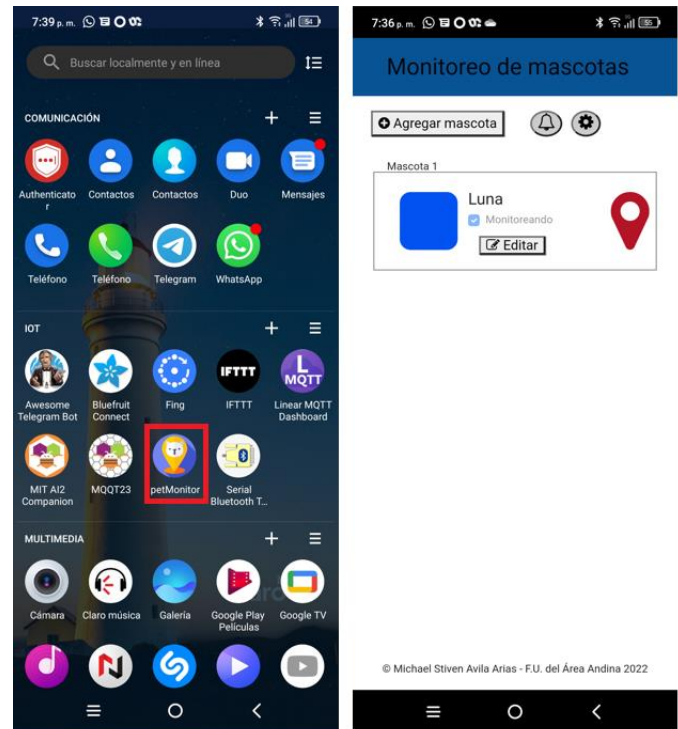
De igual manera, se cuenta con un administrador web para visualizar las conexiones MQTT activas con el servidor centralizado.

URL: <http://134.122.8.119/mqadmin/>

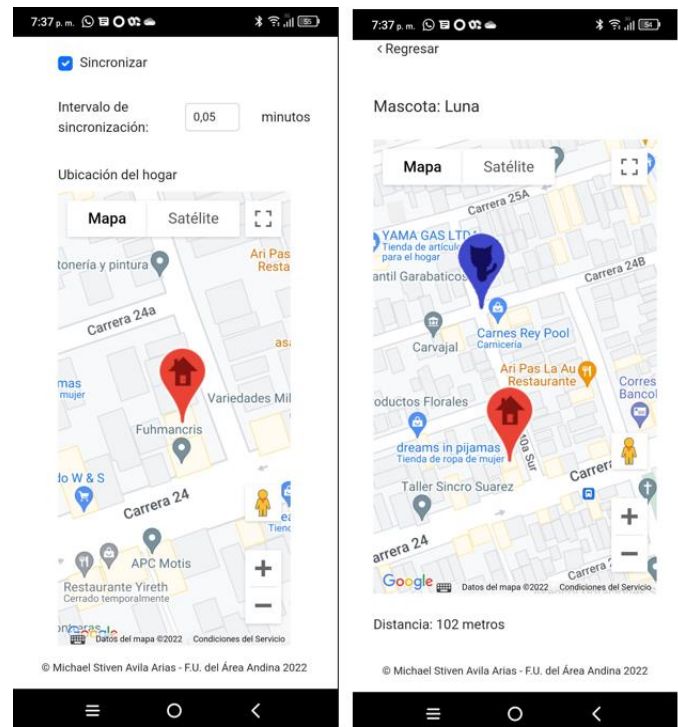
Figura 19 Administrador web - Broker MQTT*Fuente: Propiedad del autor*

Finalmente, la aplicación de control se presenta también en formato móvil, para facilitar su uso en cualquier momento.

Esta aplicación está disponible únicamente para sistemas operativos Android.

Figura 20 Aplicación móvil (Icono, Inicio)

© Michael Stiven Avila Arias - F.U. del Área Andina 2022

*Fuente: Propiedad del autor***Figura 21 Aplicación móvil (Configuraciones, Localización)**

© Michael Stiven Avila Arias - F.U. del Área Andina 2022

Fuente: Propiedad del autor

X. REFERENCIAS

1. EVANS, Dave. Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Cisco Internet Bussiness Solutions Group-IBSG, 2011, vol. 11, no 1, p. 4-11.
2. SALAZAR, Jordi; SILVESTRE, Santiago. Internet de las cosas. Techpedia. České vysoké učení technické v Praze Fakulta elektrotechnická, 2016.
3. CORNEJO MOGROVIEJO, Luis Alberto, et al. Sistema localizador GPS: análisis e implementación. 2021.
4. ESCOBAR, Santiago, et al. Sistema de monitoreo y rastreo en una aplicación android para bicicletas usando GPS.
5. PAZMIÑO SÁNCHEZ, Carlos Alberto. Protocolo Lora para análisis de medición con GPS y Arduino en la Industria ganadera del Ecuador: Una revisión sistemática. 2021. Tesis de Licenciatura.
6. VARGAS ROMERO, Miguel Angel. Diseño de dispositivo de seguimiento gps aplicado al transporte público de pasajeros.
7. BUKOLA, Akinwale. Development of an anti-theft vehicle security system using gps and gsm technology with biometric authentication. Int. J. Innov. Sci. Res. Technol., 2020.
8. GALINDO HERRERA, Iván Darío, et al. Sistema de monitoreo electromecánico que verifica el estado de las tapas ancladas a cámaras de inspección subterránea basado en IoT. 2022.
9. SMITHSONIAN MEGAZINE. ARIK GABBAI. 2015. Kevin Ashton Describes “the Internet of Things”. Disponible: <https://www.smithsonianmag.com/innovation/kevin-ashton-describes-the-internet-of-things-180953749/>
10. ONU. Objetivos de desarrollo sostenible. 17 objetivos para transformar nuestro mundo. Disponible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
11. PUBLIMETRO. Si su mascota se pierde la puede encontrar a un clic. 2015. Disponible: <https://www.publimetro.co/co/estilo-vida/2015/10/12/mascota-se-pierde-encontrar-clic.html>
12. VICE. PABLO DAVID G. “Me perdí”: avisos de mascotas perdidas en Bogotá. 2015. Disponible: <https://www.vice.com/es/article/7xpgza/me-perdi-avisos-de-mascotas-perdidas-en-bogota>
13. ESPRESSIF. ESP32. A feature-rich MCU with integrated Wi-Fi and Bluetooth connectivity for a wide-range of applications. Disponible: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
14. LAST MINUTE ENGINEERS. ESP32 Pinout Reference. Disponible: <https://lastminuteengineers.com/esp32-pinout-reference/>
15. ELECTRO SCHEMATICS. NEO-6M GPS Module — An Introduction. Disponible: <https://www.electroschematics.com/neo-6m-gps-module/>



Michael St. Avila Arias (Bogotá D.C. Colombia, 09 de octubre de 1999). Tecnólogo en análisis y desarrollo de sistemas de información, SENA, Bogotá D.C., Colombia 2018. Cursando pregrado en Ingeniería de Sistemas en la Fundación universitaria del Área Andina. Experiencia en desarrollo de aplicaciones web desde el año 2018.

Actualmente Desarrollador Backend en Manpower Professional, Colombia.