DISEÑO DE DISPOSITIVO PARA EL SEGUIMIENTO VEHICULAR CON MÓDULO LORA-IOT ORIENTADO A SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO EN CIUDADES INTELIGENTES

Device design for vehicle tracking with Lora-IoT module oriented to public transport systems in smart cities

Angie Paola Marriaga Barroso [1]
Profesor del Programa de Ingeniería Electrónica, Corporación Politécnico de la Costa Atlántica

RESUMEN

La tendencia de migración de la población hacía las ciudades ha aumentado el número de habitantes, lo que genera impactos en diferentes aspectos de la vida en la ciudad: salud, infraestructura, movilidad, contaminación, entre otros, que afectan directamente la calidad de vida de sus pobladores. Por lo anterior, los gobiernos y otros actores en las ciudades deben trabajar en proponer soluciones que aporten a la disminución de estos impactos, las tecnologías emergentes de la Industria 4.0 como Internet de las Cosas (IoT) ha sido utilizadas como base para desarrollar sistemas que apoyen la resolución de estas problemáticas. A través de 3 fases en esta investigación se propuso realizar el diseño de un dispositivo GPS que hace uso de módulos Lora para IoT, implementado en el seguimiento vehicular de sistemas de transporte públicos, monitoreando la ubicación del vehículo, ignición (encendido o apagado) y velocidad en movimiento, aportando soluciones con IoT para la creación de ciudades inteligentes (Smart Cities).

PALABRAS CLAVE: Internet de las Cosas, LoRaWAN, Ciudades Inteligentes, vehículos, GPS

ABSTRACT

The trend of population migration to cities has increased the number of inhabitants, which generates impacts on distinct aspects of life in the city: health, infrastructure, mobility, pollution, among others, which directly affect the quality of life of its settlers. Therefore, governments and other actors in cities must work to propose solutions that contribute to the reduction of these impacts, emerging technologies of Industry 4.0 such as Internet of Things (IoT) have been used as a basis to develop systems that support the resolution of these problems. Through three phases in this research, it was proposed to design a GPS device that makes use of Lora modules for IoT, implemented in the vehicle tracking of public transport systems, monitoring the location of the vehicle, ignition (on or off) and speed in motion, providing solutions with IoT for the creation of smart cities (Smart Cities).

KEYWORDS: Internet of Things, LoRaWAN, Smart Cities, vehicles, GPS

Sumario: 1. Introducción. 2 método. 2.1. Revisión técnica. 2.2. Diseño del Dispositivo GPS. 3. Resultados. 4. Discusión y conclusiones. 5. Referencia bibliográficas.
Contents: 1. Introduction. 2 Method 2.1. Technical review. 2.2. GPS Device Design. 3. Results. 4. Discussion and conclusions. 5. Bibliographic reference.

Traducción de Angie Marriaga (Ingeniera Electrónica - PCA)

[1] Angie-Paola Marriaga-Barroso Profesor del Programa de Ingeniería Electrónica - Corporación Politécnico de la Costa Atlántica, PCA, Colombia – amarriagab@pca.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

Se espera que para el año 2050 la cantidad de habitantes en las ciudades ascienda, donde 7 de cada 10 personas habitantes del planeta vivirán en ciudades (Banco Mundial, 2020), sin embargo este aumento acelerado de la población en ciudades ha generado diferentes problemáticas como: la masificación del transporte, creaciones de industrias, y uso excesivo del suelo, factores que impactan tanto la calidad de vida de los ciudadanos como en la calidad del aire de la ciudad (Droege, 2008). A nivel mundial el tráfico dentro de las grandes ciudades y sus áreas metropolitanas se ha convertido en una problemática cotidiana produciendo efectos adversos para la calidad del aire, y la movilidad de vehículos/peatones, provocando: aumento en los tiempos de viajes y aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (Rodríguez & Lumbreras, 2020; Seguí Pons & Martínez Reynés, 2004). En el mercado existen diferentes soluciones tecnológicas para la gestión inteligente del transporte, como los GPS basados en GSM y/o GPRS, pero con algunas limitaciones: costos de conexión, mantenimientos, baja cobertura y señal débil, y consumo no eficiente que disminuye el tiempo de libertad sin una carga externa (batería del vehículo) (Cabric, 2017).

El Internet de las cosas (IoT) permite la interconexión de objetos, sensores y artículos de uso cotidiano, facilitando el intercambio de datos entre esto e internet, sin intervención humana (Internet Society, 2015), y con bajo consumo. Actualmente no existe un estándar para aplicar tecnologías de IoT, pero las redes LPWAN (Low Power Wide Area Network) brindan una solución de interconexión para implementaciones de IoT porque sus características se alinean a las necesidades de IoT, cuenta con: un largo alcance, bajos costos, módulos con bajo consumos de energía permitiendo libertad de carga incluso de años, largo alcance y conectividad por su modulación de frecuencia, y capacidad para escalar soluciones (Margelis et al., 2015), con tecnologías como: Sigfox, LoRaWAN, NB-IoT, LTE-M. Con el uso de IoT las ciudades pueden desplegar soluciones que reducen costos y mejoran la sostenibilidad, como por ejemplo en: distribución de energía, recolección de basuras, congestión del tráfico, calidad de aire entre otros sectores (ThalesGroup, 2018). Por lo anterior los trabajos actuales están direccionados al diseño, desarrollo, implementación y comercialización de tecnologías orientadas a IoT que cubran las necesidades del mercado. En esta investigación se realizó el diseño de un dispositivo de seguimiento vehicular haciendo uso de un módulo Lora, para su futura implementación en el seguimiento vehicular en sistemas de transporte público. Promoviendo una solución eficiente con nuevos dispositivos para la integración y organización de procesos dentro de la ciudad, apoyando modelos de ciudades inteligentes.

2. MÉTODO

Esta investigación es de tipo cuantitativa, la cual tuvo como objetivo realizar el diseño de un dispositivo GPS con tecnología de Internet de las cosas, para su futura implementación y validación de su funcionamiento. Con un alcance de tipo descriptivo, centrándose en establecer la viabilidad de una nueva tecnología aplicada a una solución para servicios de seguimiento satelital, sirviendo como base para establecer conceptos relacionados a esta tecnología. Al ser una investigación cuantitativa, se utiliza un modelo secuencial a través de diferentes fases que se describen a continuación:

Durante el desarrollo de la primera fase, se refinaron los conceptos y estado de la técnica entorno a las soluciones IoT con protocolo LoRaWAN, consultando libros y artículos científicos en bases de datos especializadas. También se realizó un análisis de los requisitos técnicos del dispositivo AVL (localización vehicular automatizado) con base a dispositivos comerciales y las especificaciones técnicas del mercado vehicular con referentes nacionales e internacionales. En esta fase se construye la taxonomía de los dispositivos AVL, caracterización de las especificaciones y se identificaran todas las variables para tener en cuenta en el desarrollo del dispositivo.

En la ejecución de la segunda fase, corresponde al diseño del dispositivo GPS, inicia con la selección de los materiales y accesorios necesarios para fabricación del dispositivo, seguidamente se realiza el desarrollo del código para el dispositivo. Por último se implementa el circuito diseñado con los materiales seleccionados.

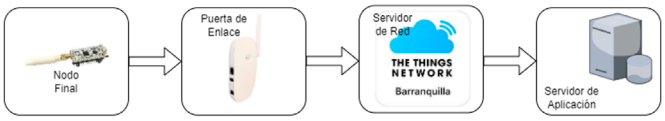
En la tercera fase, se realiza un escenario de pruebas de transmisión entre dos dispositivos, que incluye la implementación de una interfaz gráfica haciendo uso de una plataforma ideal para despliegues de internet de las cosas. Para validar el correcto funcionamiento del dispositivo.

2.1. ESTADO DE LA TÉCNICA ENTORNO A DISPOSITIVOS GPS

En esta etapa se realizó inicialmente una revisión de los antecedentes del proyecto, revisando a nivel de investigación y comercial que se ha realizado en esta área. A continuación se describen las investigaciones abordadas:

La primera investigación revisada fue “GPS-free Geolocation using LoRa in Low-Power WANs” llevada a cabo en la Universidad Técnica de Dinamarca por los investigadores Bernat Carbonés Fargas y Martin Nordal Petersen en el año 2017 (Fargas & Petersen, 2017), en la que se realizó el diseño e implementación de un sistema de rastreo LoRaWAN que a través del tiempo y potencia de recepción de cada paquete puede determinar la ubicación GPS del nodo. Por lo cual no se hace necesario el uso del módulo GPS ni tecnología GPRS disminuyendo los costos de fabricación y consumo de energía de cada nodo.

Ilustración 1. Arquitectura de comunicación del sistema



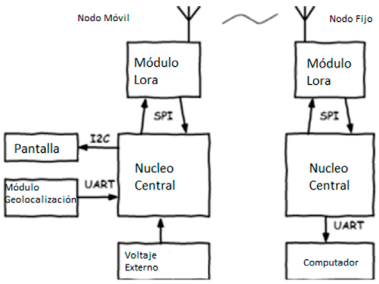
Fuente: Esquema Propio basado en Fargas & Petersen, 2017.

Su sistema cuenta con: Un dispositivo final compuesto por una placa Waspmote basada en un microcontrolador ATmega1281 y un módulo GPS para comparación de ubicación Gateway Kerlink® el cual cuenta con un GPS integrado que sincroniza las entradas con la marca de tiempo satelital. También hace uso de la plataforma The Things Network (TTN), responsable de decodificar los paquetes a través de un cliente MQTT para reenviar los datos a una aplicación en Java, compuesta por una base de datos MySQL y un desarrollo en Java para la visualización. Se almacenan los datos desde TTN y se muestran al usuario final.

Se realizaron cálculos de distribución de nodos y potencia para realizar multi-lateración y se desarrollaron dos algoritmos para captar la ubicación del nodo de acuerdo con el tiempo de llegada del paquete al Gateway. Se realizaron pruebas con varios Gateway ubicados alrededor de la ciudad en zonas estratégicas. Se comprobaron que los dos algoritmos implementados por los autores eran factibles para usarlos para ubicación con tecnología Lora, alcanzando una precisión de 100 metros. Sin embargo aún no sería viable su uso en el seguimiento en tiempo real. Se comprueba también que el consumo de energía es mejor con este método alcanzo los 12,9 mA en comparación con un dispositivo GPS/GPRS que puede utilizar hasta 400- 600 mA.

En el 2017 Marius Lucian et al., realizaron la investigación titulada "Measurement of Node Mobility for the LoRa Protocol", en esta investigación se realizó el diseño e implementación de dos nodos: uno fijo y uno móvil, el nodo fijo se ubicó en un punto de la ciudad y el móvil en un vehículo, de esta manera se realizaron pruebas de conexión y cobertura. Inicialmente se realizaron las pruebas haciendo uso de un microcontrolador con arquitectura de Arduino, pero no resulto útil por su SRAM, lo que llevo a que hicieran la migración a una tarjeta STMicroelectronics con un controlador Cortex-M4 y se logró implementar la capa LoRaWAN. En la figura 2 se observa la composición de los nodos, del lado derecho se encuentra el nodo fijo que cuenta con: Un módulo LoRa, se comunica con el módulo central a través de SPI y a la computadora central por medio de UART. Del lado izquierdo se encuentra el nodo móvil que consta de un módulo LoRa, se comunica con el módulo central a través de SPI y con el módulo GPS y el display LCD por UART e I2C respectivamente, además se encuentra alimentado por una batería externa. Con esta investigación se lograron alcanzar distancias de 4,3Km en sectores urbanos y 9,7Km en campo abierto. Confirmando la viabilidad de LoRa para redes de largo alcance.

Ilustración 2. Arquitectura de los componentes del sistema



Fuente: Esquema adaptado de Marius Lucian et al., 2017.

Seguidamente se realiza una revisión a nivel comercial, de los dispositivos actualmente disponibles en el mercado, identificando 4 aspectos que para los autores resultan de resultan de mayor relevancia.

- Técnicos: Aspecto direccionado a la evaluación de Información relacionada a la electrónica del dispositivo. Haciendo énfasis en tipos de módulos GPS, microcontrolador, sensores y componentes adicionales.
- Precio: Se revisa con la intención de determinar el costo promedio de este tipo de dispositivos en el mercado y alinearlo a los costos de la construcción del prototipo.
- Funcionalidades de interés: En este aspecto se resalta información relacionada con: el alcance, frecuencias de trabajo del dispositivo, tipo de batería, libertad de carga (tiempo máximo de carga de acuerdo con la frecuencia de envío de eventos), cantidad y tipo de IOS (Entradas/Salidas), sector de aplicación u otro aspecto de la funcionalidad del equipo que le resulte
- Físicos: Se revisan las características de tamaño y peso del dispositivo.
- A continuación se mencionan los dispositivos más relevantes presentes y comercializados en el mercado nacional e internacional que hacen uso de módulos Lora y tecnología LoRaWAN:
- Yabby LoRaWAN (Digital Matter, 2021) es un dispositivo de rastreo GPS LoRaWAN pequeño, liviano y resistente alimentado por batería para rastreo de activos, desarrollado por la empresa a Digital Matter. Las características más relevantes son:
-
- Dispositivo de rastreo GPS / GLONASS de alta precisión
- Alimentado por 3 pilas AAA con hasta 3 años de duración de la batería
- Carcasa IP67
- Posibilidad de instalación en animales
- Acelerómetro
- Todas las regiones LoRaWAN® 868, 902-928MHz son compatibles

El IOT Factory GPS LoRaWAN (IoT Factory, 2021) es un dispositivo desarrollado por la empresa del mismo nombre. Es ideal para la geolocalización de equipos sin necesidad de una fuente de alimentación externa, es resistente a la intemperie, cuenta con imanes, lo que permite su instalación de forma muy sencilla. Tiene una autonomía de hasta 5 años, dependiendo de la frecuencia de reporte programada. Posee la posibilidad de ser configurado por los usuarios a través de una aplicación de PC y un cable USB, lo que permite la selección de la frecuencia de reporte de manera estática o en movimiento. Características relevantes:

- GPS, Glonass
- Frecuencia de transmisión de 5, 15, 30, 60min. 6, 12, 24 horas
- Recolección de datos por tiempo o evento (movimiento)
- Batería de hasta 5 años

Dragino LoRaWAN LGT-92 (Dragino, 2021) es un rastreador GPS de código abierto en un MCU STM32L072

de potencia ultra baja y un módulo Lora SX1276 / 1278, desarrollado por la empresa Dragino Technology Co. Incluye un módulo GPS de baja potencia L76-L y un acelerómetro de 9 ejes para detección de movimiento y actitud. Permite el envío de datos con grandes rangos y minimiza el consumo de corriente. Sus principales características son:

- Batería de Li-On recargable
- Configuración para seguimiento vehicular y de carga
- Tecnología abierta
- LoRaWAN 1.0.3
- Acelerómetro integrado de 9 ejes
- Detección de movimiento y monitoreo de energía
- Conexión USB
- Botón de Alarma
- Compatible para las bandas CN470 / EU433 / KR920 / US915 / EU868 / AS923 / AU915
- Configuración por comandos AT

Ilustración 3. Arquitectura de los componentes del sistema

Fuente: Adaptado de Digital Matter, IOT Factory Dragino, 2021

Seguidamente se realiza una revisión de requisitos técnicos solicitados por el Ministerio de Transporte Colombiano para la implementación de dispositivos en flotas de transporte, los cuales rige para todos los vehículos del parque automotor: Publico terrestre, carga y pasajeros. Se deben tener en cuenta principalmente los siguiente criterios (Ministerio de Transporte, 2016a):

- Funcionalidad
- Usabilidad
- Rendimiento
- Confiabilidad
- Soporte
- Interfaces

La arquitectura de los sistemas de monitoreo satelital comúnmente consta de: un dispositivo GPS instalado en el vehículo con conexión satelital y conexión a la red de comunicación celular, esta conexión permite acceso al servidor para almacenar datos capturados y la futura visualización para los usuarios. En la ilustración se detalla gráficamente la arquitectura.

Ilustración 4. Arquitectura sistema de comunicación GPS

Fuente: Completamente generada por autor, 2021

De acuerdo con lo estipulado por el ministerio de transporte en el documento: Requisitos técnicos de hardware y software - dispositivo AVL (Automatic Vehicle Location o en sus siglas en español: Localización Automática de Vehículos), se realiza la tabla 1, que incluye aspectos de las partes fundamentales que deberían contener los dispositivo de este tipo para su operación en el transporte público de Colombia, sirviendo como referente para la construcción del dispositivo de esta investigación. (Ministerio de Transporte, 2016b).

Tabla 1. Criterios De Uso De Dispositivos GPS sistema

CRITERIO	DESCRIPCION
Funcionalidad	Gestionar la información e intercomunicación de: •Geolocalización •Sensores •Componentes de software •Comunicación con plataforma tecnológica •Administración de almacenamiento •Alarmas
Usabilidad	•Ejecutar de forma autónoma las funciones fundamentales para procesar la información del hardware y software. •Estar por fuera del alcance de cualquier interferencia humana
Confiabilidad	•Soportar la ejecución de todas las actividades necesarias para el funcionamiento del dispositivo con total seguridad •Contar con mecanismo de seguridad que permita el reset automático del dispositivo cuando exista un error o bloqueo de procesamiento •Contar con un sistema de protección térmica (disipación pasiva de calor)
Rendimiento	•Capacidad de procesamiento con multiplex acciones •Generar reporte (log file)
SOPORTE	**ESTIPULADO CON EL PROVEHEDOR**
Interfaces	•Compartir las mismas conexiones en el dispositivo (misma plaqueta de circuito impreso) de lo contrario debe cumplir con alguno de los siguientes estándares para interfaces de telecomunicaciones en vehículos: ISO 20860-1 o DIN 72594-1 o USCAR 17 y 18

Fuente: Adaptado de Ministerio de Transporte, 2016

2.2. DISEÑO DEL DISPOSITIVO GPS

De acuerdo con lo estipulado por el Ministerio de Transporte, descrito anteriormente, se procede a levantar los requerimientos fundamentales para el diseño y construcción de dispositivos GPS, se realiza un diagrama de las partes fundamentales que deberían contener un dispositivo AVL para su operación en el transporte público de Colombia.

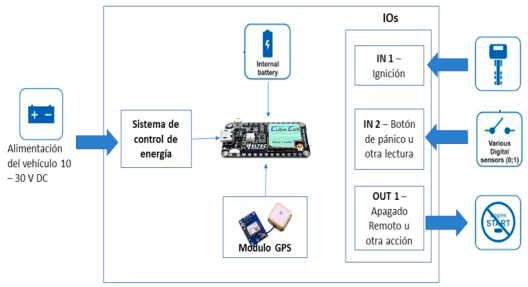
Tabla 2. Requerimientos Para Dispositivo GPS

MODULO	CARACTERÍSTICAS	REQUISITO
Sistema de control de energía	Voltaje de alimentación +9 a +30) V DC	Obligatorio
Unidad de procesamiento	Capacidad procesar la información y conexión a red	Obligatorio
Entradas	2 entradas digitales/ analógicas	Obligatorio
Módulo de Geolocalización	Mínimo 20 canales de recepción GPS, GLONASS, O GALILEO	Obligatorio
Módulo de Comunicación	Modulo LORA	Obligatorio
Entradas	1 entrada digitales/ analógicas	Opcional
Salidas	1 salida digital	Opcional
Memoria de almacenamiento		Opcional

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Para suplir los requerimientos se seleccionó como unidad de procesamiento central, la tarjeta de desarrollo LoRa Cubecell HTCC-AB01, esta placa es fabricada por Heltec, dentro de su línea de productos para nodos LoRa / LoRaWAN. Se basa en ASR605x (ASR6501, ASR6502), y es compatible con el IDE de Arduino, ejecuta el protocolo LoRaWAN de forma estable, y permite la conexión de baterías de litio y paneles solares. Tiene dimensiones de 41.5mm x 24.1mm x 7.2 mm lo cual las hace ideales para desarrollo de sistemas empotrables, como es el caso de los dispositivos GPS. Se procedió a realizar el diseño a nivel de bloques describiendo las funcionalidades técnicas del dispositivo. El dispositivo debe contar con un sistema de potencia que pueda conectarse con la batería del vehículo y permita recargar la batería interna, la cual actúa como batería de respaldo cuando el vehículo se encuentra apagado o cuando existe una falla en la batería. También cuenta con un módulo GPS NEO-6M, el cual se conecta a la unidad central por comunicación serial y envía los datos de latitud, longitud y triangulación para cálculo de la velocidad. Adicionalmente, el dispositivo cuenta con 2 entradas digitales, que estarán direccionadas a detectar el encendido del vehículo (ignición) y otra para una lectura adicional, como: botón de pánico, lectura de apertura y cierre de la puerta del vehículo, o para conteo de pasajeros. También se cuenta con una salida utilizada para el apagado remoto del vehículo.

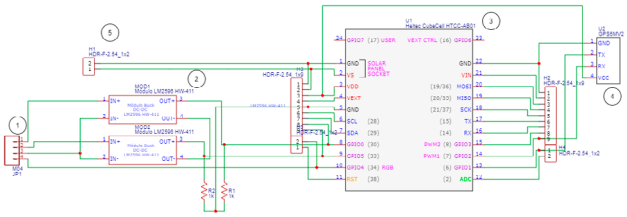
Ilustración 5. Arquitectura genera del dispositivo GPS



Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Con base a los requerimientos y arquitectura, se procede a realizar el diseño esquemático del circuito haciendo uso del software de diseño asistido Easy Eda.

Ilustración 6. Diseño esquemático del dispositivo GPS

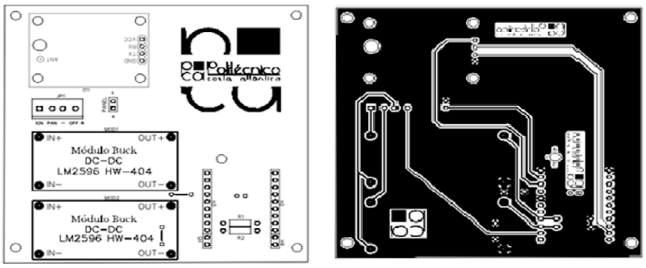


Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Este esquemático permite la generación del diseño PCB para su impresión e implementación

COMPONENTES DEL DISPOSITIVO GPS		
ELEMENTO	N° DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Conector Jst Macho-hembra 4 Pines	1	Necesario para el ingreso de señales provenientes del vehículo o accesorios
Módulo LM2596 Regulador de Voltaje DC-DC	2	Permite regular las señales provenientes del vehículo (normalmente 12 VDC) a señales adecuadas para la unidad de procesamiento (5 VDC)
Cubecell HTCC-AB01	3	Unidad de procesamiento de datos, contiene integrado un módulo Lora para la comunicación en red.
Módulo GPS NEO-6M	4	Permite generar los datos de geolocalización del dispositivo
Conector Batería	5	Conexión de batería del dispositivo que permite la libertad de carga

Ilustración 7. Diseño PCB del dispositivo GPS



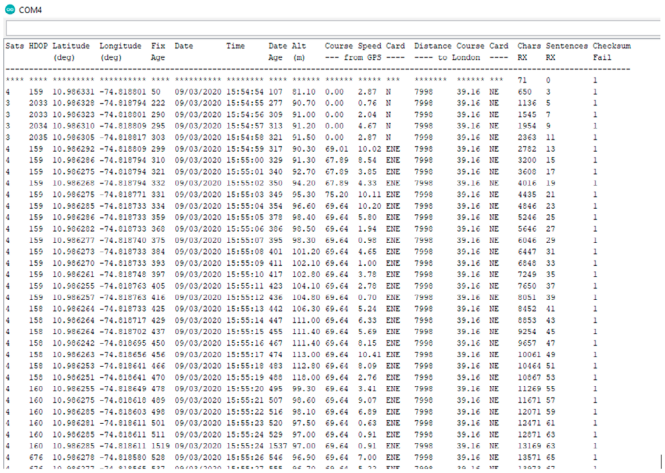
Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

3. RESULTADOS

Siguiendo el diseño anterior, se procede a realizar la implementación a nivel de laboratorio para realizar pruebas de funcionamiento inicial del dispositivo.

Paralelo a este proceso se construye el código utilizando el IDE de Arduino compatible con la placa de desarrollo, con las librerías TinyGPS ++ y el gestor de tarjetas Cubecell previamente instalado. Fue probada la comunicación entre el nodo y el GPS, en el cual se capturan los datos de latitud, longitud, fecha y hora del dato, velocidad, orientación entre otros parámetros, para geolocalizar de manera correcta el dispositivo, visualizándose inicialmente por el puerto serie de Arduino.

Ilustración 8. Datos capturados por parte del dispositivo



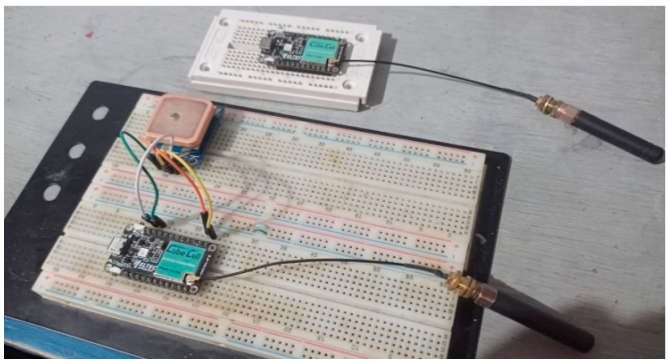
COM4

Sats	HDOP	Latitude (deg)	Longitude (deg)	Fix Age	Date	Time	Date Age	Alt (m)	Course --- from GPS	Speed ----	Card ----	Distance ---- to London	Course ----	Card ----	Chars RX	Sentences RX	Checksum Fail
****	****	*********	**********	****	**********	********	****	******	******	*****	***	*******	******	***	71	0	1
4	159	10.986331	-74.818801	50	09/03/2020	15:54:54	107	81.10	0.00	2.87	N	7998	39.16	NE	650	3	1
3	2033	10.986328	-74.818794	222	09/03/2020	15:54:55	277	90.70	0.00	0.76	N	7998	39.16	NE	1136	5	1
3	2033	10.986323	-74.818801	290	09/03/2020	15:54:56	309	91.00	0.00	2.04	N	7998	39.16	NE	1545	7	1
3	2034	10.986310	-74.818809	295	09/03/2020	15:54:57	313	91.20	0.00	4.67	N	7998	39.16	NE	1954	9	1
3	2035	10.986305	-74.818817	303	09/03/2020	15:54:58	321	91.50	0.00	2.87	N	7998	39.16	NE	2363	11	1
4	159	10.986292	-74.818809	299	09/03/2020	15:54:59	317	90.30	69.01	10.02	ENE	7998	39.16	NE	2762	13	1
4	159	10.986286	-74.818794	310	09/03/2020	15:55:00	329	91.30	67.89	8.54	ENE	7998	39.16	NE	3200	15	1
4	159	10.986275	-74.818794	321	09/03/2020	15:55:01	340	92.70	67.89	3.05	ENE	7998	39.16	NE	3600	17	1
4	159	10.986268	-74.818794	332	09/03/2020	15:55:02	350	94.20	67.89	4.33	ENE	7998	39.16	NE	4016	19	1
4	159	10.986275	-74.818771	331	09/03/2020	15:55:03	349	95.30	75.20	10.11	ENE	7998	39.16	NE	4435	21	1
4	159	10.986285	-74.818733	334	09/03/2020	15:55:04	354	96.60	69.64	10.20	ENE	7998	39.16	NE	4846	23	1
4	159	10.986286	-74.818733	359	09/03/2020	15:55:05	378	98.40	69.64	5.80	ENE	7998	39.16	NE	5246	25	1
4	159	10.986252	-74.818733	360	09/03/2020	15:55:06	356	95.50	69.64	1.94	ENE	7998	39.16	NE	5646	27	1
4	159	10.986277	-74.818740	375	09/03/2020	15:55:07	395	98.30	69.64	0.98	ENE	7998	39.16	NE	6046	29	1
4	159	10.986273	-74.818733	384	09/03/2020	15:55:08	401	101.20	69.64	4.65	ENE	7998	39.16	NE	6447	31	1
4	159	10.986270	-74.818733	393	09/03/2020	15:55:09	411	102.10	69.64	1.00	ENE	7998	39.16	NE	6848	33	1
4	159	10.986261	-74.818748	397	09/03/2020	15:55:10	417	102.80	69.64	3.78	ENE	7998	39.16	NE	7249	35	1
4	159	10.986255	-74.818763	405	09/03/2020	15:55:11	423	104.10	69.64	2.70	ENE	7998	39.16	NE	7650	37	1
4	159	10.986257	-74.818763	416	09/03/2020	15:55:12	436	104.50	69.64	0.70	ENE	7998	39.16	NE	8051	39	1
4	158	10.986264	-74.818733	425	09/03/2020	15:55:13	442	106.30	69.64	5.24	ENE	7998	39.16	NE	8452	41	1
4	158	10.986264	-74.818717	429	09/03/2020	15:55:14	447	111.00	69.64	6.33	ENE	7998	39.16	NE	8853	43	1
4	158	10.986264	-74.818702	437	09/03/2020	15:55:15	455	111.40	69.64	5.69	ENE	7998	39.16	NE	9254	45	1
4	158	10.986242	-74.818695	450	09/03/2020	15:55:16	467	111.40	69.64	8.15	ENE	7998	39.16	NE	9657	47	1
4	158	10.986243	-74.818656	456	09/03/2020	15:55:17	474	113.00	69.64	10.41	ENE	7998	39.16	NE	10061	49	1
4	158	10.986253	-74.818641	466	09/03/2020	15:55:18	483	112.80	69.64	8.09	ENE	7998	39.16	NE	10464	51	1
4	158	10.986251	-74.818641	470	09/03/2020	15:55:19	488	118.00	69.64	2.76	ENE	7998	39.16	NE	10867	53	1
4	160	10.986255	-74.818649	478	09/03/2020	15:55:20	495	99.30	69.64	3.41	ENE	7998	39.16	NE	11269	55	1
4	160	10.986275	-74.818618	489	09/03/2020	15:55:21	507	98.60	69.64	5.07	ENE	7998	39.16	NE	11671	57	1
4	160	10.986285	-74.818603	498	09/03/2020	15:55:22	516	98.10	69.64	6.89	ENE	7998	39.16	NE	12071	59	1
4	160	10.986281	-74.818611	501	09/03/2020	15:55:23	520	97.50	69.64	0.63	ENE	7998	39.16	NE	12471	61	1
4	160	10.986285	-74.818611	511	09/03/2020	15:55:24	529	97.00	69.64	0.91	ENE	7998	39.16	NE	12871	63	1
4	160	10.986285	-74.818611	1519	09/03/2020	15:55:24	1537	97.00	69.64	0.91	ENE	7998	39.16	NE	13169	63	1
4	676	10.986278	-74.818580	528	09/03/2020	15:55:26	546	96.90	69.64	7.00	ENE	7998	39.16	NE	13571	65	1

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Luego de capturada esta información se procede a realizar una prueba de conexión entre dos nodos, uno configurado como transmisor, el cual contiene la información del GPS y otro configurado como receptor, se utiliza la librería JSON (formato de texto para intercambio de datos) para enviar los datos entre los dispositivos y de esta manera poder visualizarlos. Se procedió a realizar una prueba de cobertura entre los dispositivos, el receptor se deja ubicado dentro del laboratorio de la institución y el transmisor es ubicado dentro de un vehículo. En esta prueba se logró alcanzar una distancia de 500mts de nodo a nodo.

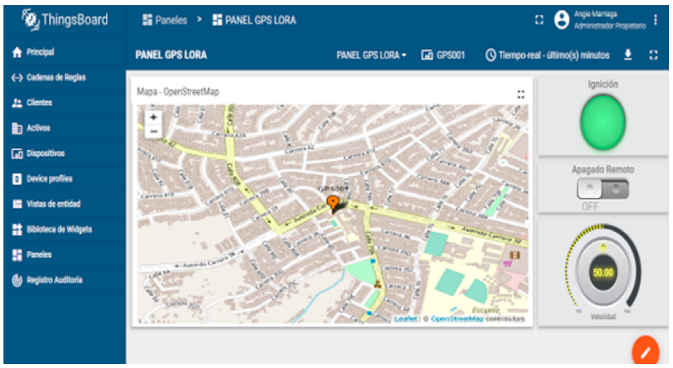
Ilustración 9. Nodo transmisor y receptor para pruebas.



Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Seguidamente para la visualización de los datos se hace uso de la plataforma ThingsBoard, una plataforma para despliegue de IoT de código abierto utilizada para gestionar, recopilar, procesar y visualizar información de dispositivos para soluciones IoT (https://thingsboard.io/). El nodo receptor se conecta a internet para el envío y visualización de los datos que están siendo recopilados por el nodo transmisor. La interfaz gráfica utiliza los paneles disponibles en ThingsBoard para facilitar la implementación, logrando tener una interfaz que permite visualizar la ubicación del dispositivo con un mapa de Open Street, conocer el estado actual del vehículo (encendido verde – Apagado Rojo), realizar el apagado remoto del vehículo y conocer su velocidad actual.

Ilustración 10. Interfaz gráfica para la visualización de datos.



Fuente: Adaptado de Ministerio de Transporte, 2016

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como conclusiones de este trabajo se logra determinar:

- La viabilidad de la modulación Lora como una alternativa para ser implementada en Internet de las Cosas, especialmente en soluciones para la gestión del transporte en ciudades. Debido a que Lora y su protocolo LoRaWAN, garantizan 3 aspectos fundamentales en este tipo de dispositivo: Cobertura, Seguridad y libertar de carga.

- Una relación costo/beneficio para el diseño del dispositivo, lo que permitió seleccionar una tarjeta de desarrollo de bajo costo e implementar las entradas y salidas de mayor necesidad para este tipo de mercado.

- Los dispositivos de este tipo comercializados actualmente en el país son importados desde países como: China, USA, Australia. A la fecha no hay un equipo de producción nacional, por lo cual refinar este dispositivo y adaptarlo para el mercado comercial sería el siguiente paso en este trabajo, generando una solución nacional innovadora en el mercado colombiano e incluso a nivel latinoamericano.

REFERENCIAS

- *Banco Mundial. (2020, abril 20). Desarrollo urbano: Panorama general [Text/HTML]. World Bank. https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview*
- *Cabric, M. (2017). Chapter 14 - Security Inventions: Security Technologies in Business Analytics. En M.*
- *Cabric (Ed.), From Corporate Security to Commercial Force (pp. 187-199). Butterworth-Heinemann. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805149-8.00023-6*
- *Digital Matter. (2021). Yabby LoRaWAN®. Digital Matter. https://www.digitalmatter.com/devices/yabby-lorawan/*
- *Dragino. (2021). LoRaWAN GPS Tracker with 9-axis accelerometer-LGT92. https://www.dragino.com/products/lora-lorawan-end-node/item/142-lgt-92.html*
- *Droege, P. (2008). Urban energy transition: From fossil fuels to renewable power.*
- *Fargas, B. C., & Petersen, M. N. (2017). GPS-free geolocation using LoRa in low-power WANs. 2017 Global Internet of Things Summit (GIoTS), 1-6. https://doi.org/10.1109/GIOTS.2017.8016251*
- *Internet Society. (2015). LA INTERNET DE LAS COSAS— UNA BREVE RESEÑA. Internet Society (ISOC). https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf*
- *IoT Factory. (2021). LORAWAN GPS Tracker. IOT Factory. http://iotfactory.eu/products/iot-sensors/lorawan-gps-tracker/*
- *Margelis, G., Piechocki, R., Kaleshi, D., & Thomas, P. (2015). Low Throughput Networks for the IoT: Lessons learned from industrial implementations. 2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), 181-186. https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2015.7389049*
- *Marius Lucian, A., Liviu Alexandru, R., & Dan Ştefan, T. (2017). Measurement of node mobility for the LoRa protocol—IEEE Conference Publication. https://ezproxy.cuc.edu.co:2065/document/8123763*
- *Ministerio de Transporte. (2016a). Concepto de operaciones—Dispositivo AVL. Ministerio de Transporte de Colombia.*
- *Ministerio de Transporte. (2016b). Requisitos Técnicos de hardware y software—Dispositivos AVL.*
- *Ministerio de Transporte de Colombia.*
- *Rodríguez, J. P., & Lumbreras, J. (2020, enero 16). ¿Cuánta energía producen y cuánta consumen las ciudades? The Conversation. http://theconversation.com/cuanta-energia-producen-y-cuanta-consumen-las-ciudades-127827*
- *Seguí Pons, J. M., & Martínez Reynés, M. R. (2004). Los sistemas inteligentes de transporte y sus efectos en la movilidad urbana e interurbana. VI (170). http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-170-60.htm*
- *ThalesGroup. (2018). El IoT y las ciudades inteligentes seguras y sostenibles. Thales Group. https://www.thalesgroup.com/es/countries/americas/latin-america/dis/iot/inspiracion/ciudades-intelegentes*