

SOLUCIÓN ITS EN EL ÁMBITO DEL SERVICIO DE INFORMACIÓN AL
VIAJERO: PROTOTIPO DE GEOLOCALIZACIÓN PARA SISTEMAS DE
TRANSPORTE MASIVO USANDO IOT

CRISTIAN VALENCIA ROMERO

TRABAJO DE GRADO

Director
LUIS FELIPE HERRERA QUINTERO Ph.D.

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTA D.C
2018

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mi familia por darme la fortaleza y perseverancia a lo largo de mi proceso educativo, que me permitió llegar a este punto, por confiar en mis capacidades, valores y esfuerzo, plasmo aquí su inmenso apoyo.

En segundo lugar quiero agradecer profundamente al director del trabajo de grado el doctor Luis Felipe Herrera Quintero, por su paciencia, apoyo y enseñanza a lo largo de la carrera y del trabajo de grado. Por enfocar la carrera hacia el desarrollo del conocimiento que el país necesita y a la formación de un ingeniero de Telecomunicaciones además de ser mejor persona día a día. Su interés, consejos y constante motivación fueron vitales para alcanzar esta meta.

A la facultad, maestros y directores, en conjunto forman de esta universidad un lugar en donde da gusto aprender y del cual me sentiré orgulloso de representar, me han dado todas las herramientas necesarias para ser Ingeniero de Telecomunicaciones. Finalmente agradezco a la Universidad Piloto de Colombia, por permitir mi formación como profesional, guiado bajo su doctrina de la cual me llevo gratas experiencias.

Muchas gracias a Todos.

Contenido

Contenido.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
HIPÓTESIS	16
OBJETIVOS DEL PROYECTO	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
MARCO REFERENCIAL PRELIMINAR	17
MARCO CONCEPTUAL.....	17
MARCO TEÓRICO.....	21
TRABAJOS RELACIONADOS	24
JUSTIFICACIÓN	26
ALCANCE Y LIMITACIONES.....	28
METODOLOGÍA.....	29
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	30
SISTEMA DE INFORMACIÓN AL VIAJERO.....	30
Principios básicos.....	31
Servicios al viajero.....	31
Componentes de los sistemas de información al viajero	33
IOT Y TRANSPORTE.....	35
Transporte conectado.....	35
lot para crear una mejor conducción.....	36
El Internet de las Cosas en el transporte público	36
GESTION DE FLOTA.....	37
SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS).....	40
Beneficios.....	41
SERVICIOS ITS EN LA ACTUALIDAD.....	43
CAPÍTULO 2 DISEÑO DEL SISTEMA.....	45
ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	48
.....	48
ELECCIÓN DE HARDWARE	49
Comparación entre Raspberry pi 2 y Raspberry pi 3.....	49
ELECCIÓN DE SOFTWARE	50

CAPÍTULO 3 IMPLEMENTACIÓN	52
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA	52
GPS UBLOX NEO 6M	53
Calificación y certificación del dispositivo GPS	54
Aprobaciones	54
Diagrama esquemático GPS	54
Latitud y Longitud	55
Velocidad de símbolos (velocidad de baudios)	57
RASPERRY PI	58
Pines GPIO	58
PÁGINA WEB	59
FIREBASE	60
Hosting	60
JSON	62
JAVASCRIPTS	62
WIFI	64
Letras y las velocidades de Wi-Fi	64
CONEXIÓN ENTRE GPS Y RASPERRY PI.....	66
PÁGINA WEB DEL PROYECTO	68
CONEXIÓN DE FIREBASE CON PAGINA WEB.....	70
ENVIÓ DE INFORMACIÓN A FIREBASE.....	72
SCRIPT AL INICIO DE LA RASPERRY PI	73
CAPÍTULO 4 PRUEBAS Y CONCLUSIONES	75
PRUEBAS EN LA ETAPA DE ELECCIÓN.....	75
Gps	75
Base de datos	76
SIMULACIÓN	77
MONTAJE PARA LAS PRUEBAS	78
PRUEBAS FINALES A LA SOLUCIÓN	78
CONCLUSIONES	85
BIBLIOGRAFIA	86

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1</i> Gestion de Flotas. _____	42
<i>Ilustración 2</i> Componentes Sistema de Información. _____	45
<i>Ilustración 3</i> Comunicación Autobús. _____	46
<i>Ilustración 4</i> Comunicación Autobús a Base de datos. _____	47
<i>Ilustración 5</i> Consulta a base de Datos. _____	47
<i>Ilustración 6</i> Arquitectura del Sistema _____	48
<i>Ilustración 7</i> Diseño de Solución. _____	53
<i>Ilustración 8</i> Diagrama GPS Ublox 6M. _____	55
<i>Ilustración 9</i> Raspberry Pi 3 modelo B _____	58
<i>Ilustración 10</i> Conexión Física GPS y Raspberry Pi. _____	67
<i>Ilustración 11</i> Recepción de Datos GPS. _____	68
<i>Ilustración 12</i> Pagina WEB. _____	69
<i>Ilustración 13</i> Base de datos FIREBASE. _____	71
<i>Ilustración 14</i> Código HTML _____	71
<i>Ilustración 15</i> Arranque del Script. _____	73
<i>Ilustración 16</i> Envío de información Firebase. _____	73
<i>Ilustración 17</i> Conexión entre Arduino y GPS. _____	75
<i>Ilustración 18</i> Datos GPS en Arduino. _____	76
<i>Ilustración 19</i> Base Datos Tiempo Real. _____	76
<i>Ilustración 20</i> Pagina Web. _____	77
<i>Ilustración 21</i> Tiempos de Arranque del Prototipo. _____	79
<i>Ilustración 22</i> Distancia hasta la posición real en metros. _____	80
<i>Ilustración 23</i> Actualización tiempo real Firebase. _____	81
<i>Ilustración 24</i> Cobertura Celular Claro. _____	81
<i>Ilustración 25</i> Cobertura Celular Tigo. _____	82
<i>Ilustración 26</i> Respuesta Operadores Celular. _____	83
<i>Ilustración 27</i> Conocimiento de Rutas Alimentadoras por 40 usuarios. _____	83
<i>Ilustración 28</i> Desconocimiento de la ubicación de paraderos de Alimentadores. _____	84
<i>Ilustración 29</i> Acogimiento del público a nuevas fuentes de información. _____	84

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Comparativa de empresas dedicadas a ITS.</i>	43
<i>Tabla 2 Aplicaciones sobre Transporte Publico.</i>	44
<i>Tabla 3 Comparativo entre Raspberry Pi 2 y 3.</i>	49
<i>Tabla 4 Equipos Requeridos.</i>	52
<i>Tabla 5 Detalles Datos del GPS.</i>	56
<i>Tabla 7 Funciones clave Hosting</i>	61
<i>Tabla 6 Diferencias en Conectividad WIFI.</i>	65
<i>Tabla 8 Tiempos de Retardo en la información entre Raspberry Pi y Firebase.</i>	80

ACRÓNIMOS

SITM: Sistema integrado de transporte masivo

SITP: Sistema Integrado de Transporte Público

TIC: Tecnologías de la información y las comunicaciones

ITS: Intelligent transport System

IOT: Internet of things

RP: Raspberry Pi

GPS. Global position system

GPRS: General Packet Radio Service

TM: Transmilenio.

JSON: JavaScript object notation

M2M: Machine to Machine

API: Interfaz de Programación de Aplicaciones

GLOSARIO

ACCESIBILIDAD: Es el grado en el que todas las personas pueden utilizar un objeto, visitar un lugar o acceder a un servicio, independientemente de sus capacidades técnicas, cognitivas o físicas.

ARTICULADO: Es un autobús de dos o más secciones tipo módulos, si posee dos secciones frecuentemente está dotado con dos ejes en la sección delantero y un tercer eje en el sección trasera (remolque).

BUS: Es un vehículo diseñado para el transporte de personas. Generalmente es usado en los servicios de transporte público urbano e interurbano, y con trayecto fijo. Su capacidad puede variar entre 10 y 120 pasajeros.

CARRETERA: Vía cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

CONGESTIÓN: Afectación de la vialidad por volumen excesivo de vehículos, alguna causa humana o natural, que impide la circulación normal de los vehículos, ocasionando la concentración de un número considerable de éstos a la vez, en un espacio determinado.

DEMANDA DE TRANSPORTE: Factor que se genera por la necesidad de transporte de determinada cantidad de personas en cierto espacio y tiempo.

DISPOSITIVO: Es un aparato o mecanismo que desarrolla determinadas acciones. Su nombre está vinculado a que dicho artificio está dispuesto para cumplir con su objetivo.

ESTACIÓN: Espacio físico donde se puede llevar a cabo el enlace entre una ruta y las zonas de servicio, o bien entre rutas diferentes. Es también punto de origen y destino.

RUTA: Es un camino, vía o carretera que une diferentes lugares geográficos y que le permite a la personas desplazarse de un lugar a otro.

SISTEMA DE TRANSPORTE: Organización de elementos reales y conceptuales que tiene como propósito común el cambio de posición en el espacio de personas y bienes materiales.

TARIFA: Es la cuota que pagan los usuarios en general por la prestación de un servicio.

PASAJERO: Es el usuario de la vía pública que circula como persona transportada en vehículos de transporte público o en un vehículo particular.

TRÁFICO: Volumen de vehículos, peatones, o productos que pasan por un punto específico durante un periodo determinado.

TRANSMILENIO: Es un sistema masivo de transporte de tipo BRT que funciona en la ciudad de Bogotá, Colombia.

VÍA TRONCAL: Vía de dos (2) calzadas con ocho o más carriles y con destinación exclusiva de las calzadas interiores para el tránsito de servicio público masivo.

ANTECEDENTES

Uno de los principales ejes del desarrollo económico mundial es el transporte, respecto a éste se crean diferentes soluciones tecnológicas y sistemas en aras de mejorar la eficiencia y logística de las operaciones del transporte y por ende, ofrecer seguridad a los usuarios, manteniendo la calidad de servicio y reduciendo el impacto ambiental. Desde la década de los 90's la tecnología y los sistemas de transporte vienen trabajando articuladamente bajo un área llamada sistemas inteligentes de transporte, que ha aportado en gran medida al desarrollo de los países y a proveer a los usuarios servicios de gran calidad.

Dentro de los servicios de transporte, uno de los más significativos es el servicio de transporte público ya que está inmerso de forma masiva en las grandes ciudades del mundo, de hecho, se han desarrollado una incontable cantidad de proyectos ITS por ejemplo: esquemas de recaudo electrónico para los sistemas de transporte masivo, sistemas de gestión de flota, sistemas interoperables de información al viajero, entre muchos otros. Es de destacar que muchos de estos sistemas le permiten al usuario su orientación y ubicación para el consumo de servicios de información relacionados con los destinos que los usuarios desean conocer, muchos de estos servicios son denominados servicios de ITS y están definidos bajo la norma ISO 14813-1 de 2015. La norma está destinada a ser utilizada por al menos dos grupos de personas que participan en el sector de los ITS. El primer grupo son aquellos que buscan ideas sobre los servicios que las implementaciones de ITS pueden proporcionar y el segundo es para aquellos que están desarrollando estándares.¹ La ISO 14813-1 define los servicios ITS hacia los usuarios, donde estos hacen parte del dominio de información al viajero.

En el contexto en el que se desarrolla este trabajo de grado se destaca que a nivel mundial se han desarrollado sistemas de información al viajero que utiliza los sistemas de transporte urbano, por ejemplo en Brasil, la empresa DIGICON genera servicios ITS en el ámbito de control del tránsito, parqueaderos inteligentes, sistemas de acceso (torniquetes inteligentes) y geolocalización². Este último servicio, es decir la geolocalización toma de referencia los sistemas de

¹ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14813-1:2015 Preview Intelligent transport systems -- Reference model architecture(s) for the ITS sector -- Part 1: ITS service domains, service groups and services. . [En línea]. <https://www.iso.org/standard/57393.html> [Citado 10 de Julio de 2017].

² DIGICON. Sistema de ubicación de autobuses. [En línea.] <http://www.digicon.com.br/site/es/menuticketing/slucionesintegradasticketing/sislocalizacionbus.html> [Citado 10 Mayo de 2017].

transporte masivo y el usuario puede saber mediante una serie de procedimientos cuando llega el autobús a la parada.

Por otra parte y desde otra latitud en la ciudad de Fort Collins ubicada en el estado de Colorado, Estados Unidos, los usuarios cuentan con el servicio de TRANSFORT, dedicado a ofrecer el servicio ITS de información al usuario, donde este puede saber el tiempo de llegada del autobús.³ Y como este y en muchos países cuentan con servicios medianamente similares.

Afianzando todos los desarrollos tecnológicos realizados en el mundo el sector del transporte no ha estado alejado de ellos y de hecho, nuevos esquemas tecnológicos han comenzado a aportar servicios para mejorar la información que consumen los usuarios. Lo anterior viene relacionado con el paradigma denominado internet de las cosas, que de acuerdo a las diversas definiciones, es tener cualquier dispositivo conectado a internet generando servicios a los usuarios, en este sentido, los sistemas descritos pueden ser acompañados mediante soluciones IOT que generaran servicios ITS a los usuarios.

Desde el punto de vista ITS, los servicios de información a los pasajeros descritos anteriormente son capaces de brindar la información necesaria para calcular la ruta adecuada, para planear los trayectos que el usuario necesita en referencia al transporte público de las ciudades. Es de resaltar que la empresa Google distinguida por sus servicios a los usuarios en muchos campos, no está alejada del sector de la movilidad y ha desarrollado estrategias para generar servicios de información más fiables y accesibles a los usuarios, usando plataformas como GOOGLE TRANSIT donde las empresas del transporte público pueden compartir sus datos de gestión de flota para mejorar la movilidad de los usuarios.

En algunas ciudades del mundo se tienen diferentes desarrollos en temas de ITS, para el caso de Colombia, en la ciudad de Bogotá, el Sistema Masivo de Transporte fue inaugurado en diciembre del año 2000, bajo el nombre de Transmilenio S.A, el cual surgió para dar solución a problemáticas como: incomodidad en el servicio, baja frecuencia en la operación de los buses, insostenibilidad financiera y la contaminación ambiental generada por los autobuses.⁴ Además de las afirmaciones encontradas en el CONTRATO DE CONCESION OPERACIÓN TRONCAL DEL SISTEMA TRANSMILENIO donde

³ TRANSFORT. Find a bus time. [En línea]. <http://www.ridetransfort.com/bustimes> [Citado el 10 Mayo de 2017].

⁴ TRANSMILENIO. Historia. [En línea]. http://www.transmilenio.gov.co/Publicaciones/la_entidad/nuestra_entidad/Historia [Citado el 10 Mayo de 2017].

Transmilenio se planteó como la solución a los problemas de movilidad de la ciudad priorizando el tráfico en los buses del servicio público masivo frente a los que prestan el servicio de transporte de forma individual.⁵

Transmilenio desde su comienzo ha operado en unos carriles exclusivos en el centro de las principales vías de la ciudad, adicional a los buses troncales en su momento se creó el servicio alimentador que forma parte del sistema Transmilenio, este cumple con una función específica y es la de movilizar las personas desde lugares alejados a los portales y estaciones intermedias para hacer uso finalmente de los servicios troncales.

Actualmente la información que se le proporciona a los ciudadanos de Bogotá, es decir a los usuarios del sistema masivo de transporte público TRANSMILENIO no es suficiente, ya que las personas no tienen información de los tiempos de llegada del servicio, tanto en la troncal como en los alimentadores y estos son parámetros fundamentales que ayudan a optimizar el tiempo de viaje de los usuarios. Por su parte, desde el gobierno nacional la ley 1450 de 2011, artículo 84 expone que los sistemas inteligentes de transporte son un conjunto de soluciones tecnológicas informáticas y de telecomunicaciones que recolectan, almacenan, procesan y distribuyen información, y se deben diseñar para mejorar la operación, la gestión y la seguridad del transporte y el tránsito, es así como los sistemas y gestión de flota hacen parte de los ITS⁶, que es el foco donde se centra este trabajo de grado.

En la actualidad, los usuarios de transporte masivo Transmilenio están utilizando aplicaciones para orientarse en el uso del servicio en general, MOOVIT es una aplicación que ofrece a modo de mapa, los puntos de parada y la ruta por donde circula los buses del SITP, esta información se puede considerar plana para los viajeros respecto a la ofrecida en otros países como se evidencio en los antecedentes, este tipo de plataformas no cubren con todas las necesidades requeridas por el viajero en el momento de planificar el viaje. Paralelamente existen dos aplicaciones, una llamada Transmilenio y la otra es SITP, ambas destinadas a conocer e identificar las rutas que funcionan en este sistema, así como cuál es la ruta más óptima, en conclusión, mediante este trabajo de grado se evidencia que los usuarios no cuentan con sistemas de información al viajero que les permitan planear debidamente sus viajes porque no hay una realimentación desde los autobuses que hacen parte del sistema. Por lo anterior en este trabajo

⁵ CONTRATO DE CONCESION OPERACIÓN TRONCAL DEL SISTEMA TRANSMILENIO. Noviembre de 1999.
Pag.13

⁶ Ley N° 1450. EL CONGRESO DE COLOMBIA, Bogotá, Colombia, 16 de junio de 2011.

de grado centrara los esfuerzos en una solución ingenieril, en los buses que hacen parte del sistema alimentador ya que allí, se ha demostrado que los usuarios tienen alta inconformidad por la gestión de las operaciones de estos buses.

El servicio público representa el medio de transporte de mayor uso en la ciudad por su magnitud y cubrimiento de zonas, pero así mismo como tiene aspectos que resaltar como interoperabilidad entre servicios, recaudo electrónico, infraestructura dedicada, tiene un problemas de información al usuario esto debido a que esta información es muy básica y a veces imprecisa, por ende se hace necesario dar información detalla y de calidad al usuario.

.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Se pueden reducir los tiempos de espera en el abordaje del servicio alimentador que hace parte del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de Bogotá, ofreciendo información en tiempo real sobre la posición de los buses, para disminuir la congestión en las paradas?

A continuación, se expone el escenario real del problema de investigación que parte desde la holística de la ausencia de sistemas de información al viajero.

Actualmente y tomando de referencia los sistemas de transporte masivo y sus subsistemas de transporte apoyo (caso concreto buses alimentadores), la información que los pasajeros reciben sobre los viajes y demás situaciones del sistema, no es más que la provista por los paneles de mensajería variable al interior de los buses y por los diagramas de rutas ubicadas al interior de las estaciones. De hecho, ningún usuario, de acuerdo a como se plantea en la norma ISO 14813-1 en referencia al grupo de servicios ITS de transporte público, puede obtener información antes del viaje, para planear su día adecuadamente. Aunado a lo anterior y revisando incluso los pliegos de contrato de los sistemas y las obligaciones de los mismos, los operadores de buses tienen como obligación proveer sistemas que aporten a la gestión de flotas, sin embargo, esta información está disponible únicamente para las autoridades, es decir, para Transmilenio y no como tal para los usuarios. De hecho, los buses solo reportan información al centro de control, sin embargo, es tanta la información que manda un solo bus (variables como presión de las llantas, ubicación, temperatura del motor, entre muchas otras etc.) que esto satura y supera el ancho de banda que se tiene contratado y al pasar uesto, los buses desaparecen del sistema de gestión de flotas. Aunado a esto, los usuarios no pueden hacer uso de la información que tienen en el centro de control. En esencia, el usuario lamentablemente no es tenido en cuenta para consumir la información recolectada por el sistema de gestión de flota y esto no únicamente sucede en los buses que van por las troncales del sistema sino también por los alimentadores e incluso por los buses que hacen parte del SITP

De lo anterior se llega al supuesto de que los servicios de información brindados por SITP, Transmilenio y sus alimentadores no son los adecuados para los usuarios de los servicios de transporte público, se debería poder explotar la información de los sistemas de gestión de flota que los buses manejan según el contrato de concesión donde se indican todos los requerimientos tecnológicos para la ubicación de unidades lógicas así como de herramientas de geolocalización para los autobuses esto con el fin de generar información

confiable y oportuna a los usuarios, por ello, este proyecto plantea una solución económica y viable usando esquemas tecnológicos avanzados que hacen parte de los nuevos desafíos y desarrollos tecnológicos relacionados con la prestación de servicios como lo es internet de las cosas y los ITS, con ello, el usuario podrá disfrutar de servicios de información al viajero usando servicios geolocalización mediante plataformas avanzadas de prestación de servicios ITS.

De lo anterior se evidencia que tanto el SITP, Transmilenio y sus alimentadores no tienen sistemas de información al viajero adecuados que exploten bien la información de los sistemas de gestión de flota para que generen información confiable y oportuna a los usuarios, por ello, este proyecto plantea una solución económica y viable usando esquemas tecnológicos avanzados que hacen parte de los nuevos desafíos y desarrollos tecnológicos relacionados con la prestación de servicios como lo es internet de las cosas y los ITS, con ello, el usuario podrá disfrutar de servicios de información al viajero usando servicios geolocalización mediante plataformas avanzadas de prestación de servicios ITS.

HIPÓTESIS

Al implementar un servicio ITS para los usuarios del servicio alimentador se ha logrado disminuir la congestión en las paradas de los buses, debido a que los usuarios del sistema tienen una fuente de información de fácil acceso desde sus dispositivos móviles con una implementación de bajo costo al interior de los buses alimentadores (IOT), con los cuales pueden obtener detalles en tiempo real del recorrido del bus que esperan abordar, con esto los usuarios pueden dar un cronograma a sus actividades del diario vivir haciendo uso adecuado de su tiempo, sin malgastarlo como anteriormente sucedía en las paradas donde se debía esperar un largo tiempo debido a la falta de información del servicio.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo General

Implementar un sistema de información para los usuarios del servicio de transporte masivo de Bogotá enfocado a los Alimentadores.

Objetivos Específicos

- Analizar el estado del arte en Colombia de los sistemas que proveen el servicio ITS de información al viajero.
- Diseñar una solución ITS para el sistema de información al usuario utilizando enfoques de IOT. (comunicación tiempo real, geolocalización.)
- Pruebas con el prototipo a bordo de un vehículo particular simulando el movimiento de un bus en la Ruta Bolivia – Bochica II.
- Realizar pruebas del prototipo evidenciando en el funcionamiento del sistema de información.
- Análisis de resultados obtenidos en el recorrido Bolivia – Bochica II.

MARCO REFERENCIAL PRELIMINAR

MARCO CONCEPTUAL

A continuación en este apartado se exponen los conceptos que tiene lugar al desarrollo de este trabajo de grado y de que alguna u otra forma responden al problema de investigación planteado.

Autobús: Es el medio de transporte más común en todas las ciudades del mundo. El autobús puede actuar como modo único de transporte colectivo de una ciudad, o como complementario de una de mayor capacidad como el metro. Es un modo de una gran flexibilidad en todos los aspectos, en cuanto al itinerario, a la explotación y a la adaptabilidad de la demanda. Tiene un gran rendimiento en cuanto a ocupación de espacio y unas grandes posibilidades de coberturas espaciales de la ciudad.⁷

Transporte Urbano: Se puede analizar desde dos puntos de vista: oferta y demanda.

La oferta de transporte urbano estaría integrada por los distintos modos de transporte que la ciudad ofrece a sus habitantes y las infraestructuras. La demanda englobaría aspectos tales como el tipo de usuarios, el tipo de viaje o el volumen de desplazamientos a satisfacer.⁸

Transito: Es el concepto que utilizamos en nuestra lengua para denominar aquel movimiento y flujo de vehículos que circulan por una calle, una ruta, una autopista o cualquier otro tipo de camino, así como también del peatón, quien es el más vulnerable.⁹

Base de Datos: es un contenedor que permite almacenar la información de forma ordenada con diferentes propósitos y usos. Por ejemplo, en una base de datos se puede almacenar información de diferentes departamentos (Ventas, Recursos Humanos, Inventarios, entre otros). El almacenamiento de la información por sí

⁷ Cendrero Benjamín, Truyols Sebastián. El Transporte: Aspectos y Tipología. (2008) Ed. Delta publicaciones.

⁸ Cendrero Benjamín, Truyols Sebastián. El Transporte: Aspectos y Tipología. (2008) Ed. Delta publicaciones.

⁹ DEFINICIÓN ABC. En: Definición de tránsito. [En línea.] <https://www.definicionabc.com/social/transito.php> [Citado en 25 de Julio de 2017].

sola no tiene un valor, pero si combinamos o relacionamos la información con diferentes departamentos nos puede dar valor.¹⁰

Raspberry Pi: Es una placa de aprendizaje y desarrollo, perteneciente a la electrónica está asociada al concepto de open source lo que garantiza trabajar con software legal, con este dispositivo se puede controlar salidas y entradas, permite la integración de multimedia con el control de elementos externos así como la comunicación de datos, es una herramienta versátil, se presenta como una motherboard de pequeño tamaño.¹¹

GPS: El sistema de posicionamiento global, se desarrolla para tener la ubicación precisa de un objeto móvil en una región geométrica global, el sistema funciona a partir de un receptor GPS el cual recibe ondas de radio enviadas de una pluralidad de satélites donde se reciben datos en dos o tres dimensiones, teniendo en cuenta la tercera dimensión como la altitud, esta patente se publica el 11 de Mayo de 1993 con el número de publicación US5210540 del inventor Yutaka Masumoto de la empresa Pioneer Electronic Corporation¹².

Geolocalización: La geolocalización es aquel proceso que se encarga de determinar la posición de algo en particular en la tierra; en otras palabras, la geolocalización alude al posicionamiento referente a la localización de un objeto ya sea animado o inanimado, que se presenta por medio de un vector o punto, en un sistema de coordenadas y datum determinado. Este proceso se realiza generalmente en los sistemas de información geográfica. Entonces podemos decir que la geolocalización se encarga específicamente en obtener la localización de una persona, empresa, evento, ciudad, pueblo etc. en un punto geográfico exacto que es determinado por medio de ciertas coordenadas, usualmente provenientes de satélites, pero que cabe destacar que también pueden provenir de otros dispositivos como los móviles.¹³

SITP: El sistema integrado de transporte público de Bogotá es un instrumento el cual tiene por objetivo dar solución a la movilidad de los bogotanos con un énfasis

¹⁰ IBM. Jorge Daniel Anguiano Morales, Características y tipos de bases de datos. [En Línea] https://www.ibm.com/developerworks/ssa/data/library/tipos_bases_de_datos/index.html [Citado en 1 de Junio de 2017].

¹¹ ARANDA, Diego. ELECTRÓNICA - Plataformas Arduino y Raspberry Pi, Dalaga 2014.

¹² PATENTES. Global positioning system. 12 Jun 1992. [En Línea] <https://www.google.es/patents/US5210540?dq=US5210540&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewj-htDBnfpVAhWGTCYKHATQDhYQ6AEIJTAA> [Citado en 1 de Junio de 2017].

¹³ Concepto definición. Definición de Geolocalización. [En Línea] <http://conceptodefinicion.de/geolocalizacion/> [Citado en 1 de Junio de 2017].

en la calidad del servicio, ofrecerá a sus pasajeros una cobertura, optimizando los niveles de servicio en la ciudad, se realizara de manera gradual cubriendo diferentes zonas de Bogotá, además de ello se planea unificar la tarifa del servicio, finalmente lo que se busca es que el servicio sea seguro, económico y accesible.¹⁴

Bus Alimentador: El bus cubre el servicio de movilizar desde y hacia zonas aledañas a los portales y estaciones intermedias del sistema Transmilenio, el color característicos de estos buses es VERDE, este servicio viene incluido en el pago del servicio troncal, regularmente la ruta de estos buses es circular.¹⁵

Bus Troncal: El bus troncal tiene una prioridad en las vías de Bogotá transitando por el carril central de las principales avenidas, estos carriles se acondicionaron especialmente para soportar el paso de los buses, estos carriles se aislaron del uso de demás vehículos en la vía, actualmente cuenta con 12 troncales, distinguidos por un color y una letra.

Página Web: WWW (World Wide Web), traduce red informática mundial, donde se distribuyen documentos en hipertexto accesibles desde internet. Lo anterior se define como una documento alojado en internet de consulta abierta, escrito en lenguaje HTML para ser interpretado por el usuario final debe ser codificados por los diferentes exploradores web mostrándolo de forma sencilla, estos suelen ofrecer texto y multimedia en conjunto.

Conexión Wifi: Es una tecnología de comunicación inalámbrica la cual permite conectar dispositivos electrónicos por ejemplo computadores, teléfonos móviles, tabletas, televisores, consolas de video juegos, a internet por medio ondas de radio los dispositivos obtiene la transmisión de información, la distancia de conexión debe ser en promedio de 10 metros en espacio cerrados, fue creado con el estándar 802.11.

JSON: (Javascript object notation), es un formato para el intercambio de datos, JSON es un formato de texto que es completamente independiente del lenguaje, pero utiliza las convenciones que son familiares para los programadores de lenguajes, incluyendo C, C ++, C #, Java, JavaScript, Perl, Python, y muchos

¹⁴ TRANSMILENIO S.A. Información General zonales. Que es SITP?.[En Línea] http://www.transmilenio.gov.co/Publicaciones/ZONALES/informacion_general_zonales/que_es_sitp [Citado en 1 de Junio de 2017].

¹⁵ TRANSMILENIO S.A. Servicio Alimentador. .[En Línea] http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/servicio_alimentador [Citado en 1 de Junio de 2017].

otros. Estas propiedades hacen JSON un lenguaje ideal de intercambio de datos.
16

Sistemas de Transporte Inteligente (ITS): Son tomados desde la teoría como sistemas que apoyan tres frentes en general, el primero la eficiencia y eficacia de la cadena logística, el segundo frente es la mitigación del impacto ambiental mediante soluciones de ITS y el tercer frente es, salvaguardar la vida humana. En esencia desde la teoría se expone que los ITS generan soluciones a los problemas de congestión de tráfico, van enfocados en la disminución de las emisiones de gas carbónico y promueven la seguridad vial en todo el contexto para salvar vidas humanas. En esencia, desde el aspecto teórico se consideran a los ITS como la combinación de varios saberes como Ingeniería de Sistemas, de Control, Telecomunicaciones, civil, financiera, ambiental que cuando todos se unen generan soluciones que responden a las necesidades del hombre en cuestión a movilidad en todos los medios de transporte. Por otra parte, desde el esquema de ITS, planeado incluso por la Unión Europea, se promueve hacia la interoperabilidad de sistemas ITS con el fin de crear nuevos servicios. Los ITS son claves para desarrollar los países, apoyar el empleo y el crecimiento en el sector de la infraestructura, tránsito y transporte.¹⁷

¹⁶ JSON. La introducción de JSON. [En línea.] <http://json.org/> [Citado en 1 de Junio de 2017].

¹⁷ Mashrur A. Chowdhury, Adel Wadid Sadek. (2003). Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning. Ed. Artech House. [Citado en 15 de Mayo de 2017].

MARCO TEÓRICO

Este apartado se centrará en el análisis del transporte público y los componentes que pueden llegar a mejorar la prestación del servicio operado por Transmilenio, será necesario plantear algunos parámetros que sirvan de ejes conceptuales en los cuales soportar el desarrollo de la propuesta de tesis, como por ejemplo los servicios ITS, son aquellos servicios, vitales para aumentar la seguridad y hacer frente a los crecientes problemas de congestión y las emisiones. Pueden hacer un transporte más seguro, más eficiente y más sostenible mediante la aplicación de diversas tecnologías de la información y la comunicación para todos los modos de transporte de pasajeros y mercancías. Por otra parte, la integración de las tecnologías existentes puede crear nuevos servicios. Los ITS son clave para apoyar el empleo y el crecimiento en el sector del transporte.¹⁸

Los sistemas de información al viajero basados en ITS están diseñados para dar información precisa sobre las condiciones del tráfico y del servicio de transporte para que los viajeros y los gestores de flotas pueden ajustar horarios, rutas y modos de viaje en consecuencia a esta información detallada. Los conductores pueden ser advertidos para cambiar su ruta para evitar incidentes, congestión o condiciones meteorológicas adversas (basados en histórico, así como los datos actuales en tiempo real).¹⁹

La comunicación en tiempo en real es de suma importancia en los medios de transporte urbano. En un comienzo las comunicaciones en tiempo real estaban ligadas a el CHAT, en ese momento se permitía la interacción de dos personas mediante él envió y la recepción de mensajes de texto desde aplicación o programas ejecutados en equipos de mesa, el avance tecnológico fue rápido y en poco tiempo se empezó hacer la transmisión y recepción de video y audio (videoconferencia), utilizando una cámara integrada al PC, adicional a ello con el rápido avance de la tecnología la W3C(World Wide Web) avanza en el desarrollo de Web Real-Time Communication (WebRTC) es un nuevo estándar que permite a los navegadores comunicarse en tiempo real utilizando una arquitectura peer-to-peer. Se trata de la comunicación entre pares de audio / video (y datos) segura, basada en el consentimiento, entre los navegadores HTML5. Esta es una

¹⁸ INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS. En: European Commission. Mobility and Transport. [En línea.] https://ec.europa.eu/transport/themes/its_en [Citado en 15 de Mayo de 2017].

¹⁹ WORLD ROAD ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE. En: Servicios al viajero. [En línea.] <https://rno-its.piarc.org/es/servicios-al-usuario/servicios-al-viajero> [Citado en 25 de Julio de 2017].

evolución perturbadora en el mundo de las aplicaciones web, ya que permite, por primera vez, que los desarrolladores web creen aplicaciones multimedia en tiempo real sin necesidad de plugins propietarios.²⁰

Con el rápido avance de las páginas WEB, se debe tener claro que estas deben ser creadas en función de satisfacer las necesidades finales de los usuarios para este caso puntual servirá como un sistema de información al viajero, ahora para comprender que es un sistema de información a continuación se definirá como:

Un conjunto de componentes relacionados que recolectan, procesan, almacenan y distribuyen la información para apoyar la toma de decisiones.²¹ Los sistemas de información deben:

- Garantizar la calidad de la información
- Disponer de recursos de consulta para los públicos de interés
- Permitir transacciones desde los procesos que generan la información
- Ser escalables, interoperables, seguros, funcionales y sostenibles financiera y técnicamente

La estrategia de Sistemas de Información implica el desarrollo de los siguientes aspectos:

- Arquitectura de sistemas de información
- Desarrollo y mantenimiento
- Implantación
- Servicios de soporte técnico funcional²²

Dentro de las variables que le dan calidad al servicio de transporte público urbano están accesibilidad, tiempo de viaje, frecuencia del servicio, confiabilidad, seguridad, conectividad y la información que cabe resaltar como:

- Folletos con horarios e itinerarios de los circuitos.
- Folletos con indicación de paradas y terminales de transferencia.
- Señalización clara de las rutas y nomenclatura de ellas.
- Señalética vertical de itinerarios e intervalos.
- Mapa general de la red de servicio Troncal e integrado en los terminales y unidades de transporte.

²⁰ O'REILLY. Salvatore Loreto, Simon Pietro Romano. Real-Time Communication with WebRTC: Peer-to-Peer in the Browser. Abril 2014

²¹ Instituto Tecnológico de Sonora. Introducción a los sistemas de información. [En línea.] http://biblioteca.itson.mx/oa/dip_ago/introduccion_sistemas/p3.htm [Citado en 1 de Junio de 2017].

²² MINTIC. Fortalecimiento de la gestión TI en el estado. Sistemas de Información [En línea.] <http://www.mintic.gov.co/gestionti/615/w3-propertyvalue-6799.html> [Citado en 1 de Junio de 2017].

- Mapa de ubicación de los sitios de embarque para cada línea o ruta dentro de los terminales.
- Según el caso, información verbal por parte de controladores, conductores y ayudantes.
- Sitios de servicio directo al cliente en los terminales, donde se recepcionen reclamos, quejas y sugerencias (personalmente o por teléfono).
- El transporte público puede verse mejorado cuando se incorpora la información digital a la toma de decisiones de gestores y de los propios ciudadanos; entendiéndose por información digital a la información que se puede acceder por medio del Internet así como también por medios analógicos por vía telefónica.

Evidentemente, cuanto mayor es el tamaño de la ciudad, más importante es el sistema de información por la razón de ser más complejo el sistema de transporte público. Para los usuarios no habituales, la disponibilidad de tablas de horarios e itinerarios es muy importante, no así para la demanda cautiva que ya conoce por experiencia los intervalos e itinerarios, pero esta información no deja de ser útil para aumentar su conocimiento de la operación del sistema.²³

²³ Vargas Merino Fabricio. El transporte. Marco Teórico y metodológico. [En línea.] <http://www.monografias.com/trabajos83/transporte-marco-teorico-y-metodologico/transporte-marco-teorico-y-metodologico.shtml> [Citado en 1 de Junio de 2017].

TRABAJOS RELACIONADOS

A través de la tecnología y las leyes se ha intentado regular los medios de transporte públicos en Colombia como se indica en Decreto 348 del 25 de febrero de 2015, Ministerio de transporte, en el capítulo 2 se indican condiciones y requisitos para la operación de los buses, Artículo 19 habla sobre los equipos tecnológicos que los buses deben incorporar, un sistema de posicionamiento global que permita su ubicación. Como en este trabajo de grado se espera finalmente tener una comunicación desde el bus hacia la plataforma final del usuario veríamos una comunicación M2M (Machine to Machine).

La comunicación M2M implementada en un SIT es un tema que ha sido ampliamente tratado atendiendo a diferentes problemáticas de dichos sistemas, tales como la recolección de información del estado de las vías, en particular el flujo y congestión vehicular, condiciones climáticas y el estado de los semáforos. Dichos datos son enviados a través de una aplicación móvil (APP), la cual hace uso del GPS para establecer las coordenadas, y reportar los eventos a un servidor por medio de la comunicación móvil o WiFi. Estos datos pueden ser usados posteriormente para enviar alertas automáticas a otros usuarios y así agilizar su desplazamiento.²⁴

En Medellín se diseñó el Proyecto SMART que recolecta información de un autobús con el fin de ayudar en la gestión de flota de la empresa Transportes de Medellín Castilla (TMC) en este proyecto hacen uso de un JSON como medio de transporte de información, es usado para hacer el intercambio de datos de una manera ligera entre M2M, dicho proyecto cuenta con las principales funciones de envío de información, recepción de información, reintento de conexión y reenvío de información y para ello diseñaron un algoritmo eficiente que supliera las necesidades de la comunicación M2M que plantearon.²⁵

MobyWay es una aplicación diseñada para recolectar información del tráfico a través de los sensores de los dispositivos móviles (posición, tiempo, velocidad, orientación.) información que es almacenada en Cloud para acoplarla a con otras fuentes de información como el tráfico desde el nivel de la infraestructura vial,

²⁴ A. Ghose, P. Biswas, C. Bhaumik, M. Sharma, A. Pal and A. Jha, "Road condition monitoring and alert application: Using in-vehicle Smartphone as Internet-connected sensor," Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2012 IEEE International Conference on, Lugano, 2012, pp. 489-491. doi: 10.1109/PerComW.2012.6197543

²⁵ Quitero Yudy. Villa Arley. Patiño Gustavo. Comunicación Machine-to-Machine para sistemas inteligentes de Transporte. Artículo IEEE ISBN 978-1-5090-1084-4. 2016

instituciones de vigilancia y control de tráfico. La tecnología para el desarrollo de este proyecto es código abierto.²⁶

Con el fin de mejorar los viajes realizados por los autobuses y la movilidad de la ciudad de Bogotá, la tesis de grado Melo y Cañon propone diseñar una matriz Origen/Destino de forma automática evitando el despliegue de personal a lo largo de los trayectos, esto con el fin de identificar posibles viajeros con rutas similares y así formar automáticamente la matriz O/D aplicando tecnología Bluetooth, los beneficios de este trabajo se basa en planeación de rutas, disminución en tiempos de viaje, disminución de tarifas entre otros.²⁷

El uso de nuevas tecnologías con el fin de mejorar los procesos actuales es el futuro de las investigaciones, los sistemas embebidos usados para mejorar la creación de la matriz O/D indispensables a la hora de planificar la movilidad de las ciudades, este tema es abordado por la tesis de grado de Venegas y Vega, donde proponen el diseño de un sistema ITS utilizando dispositivos embebidos para la generación automática de la matriz O/D mediante el uso de base de datos NOSQL, los beneficios que busca obtener esta tesis de grado son flexibilidad, escalabilidad y modularidad al sistema propuesto así como el error humano en cualquier parte del proceso.²⁸

²⁶ George Suci, Marius Vochin, Alexandru Vulpe, Octavian Fratu, PhD, Member IEEE. Vehicular Mobile Data Collection Platform to Support the Development of Intelligent Transportation Systems. Artículo IEEE ISBN 978-1-5090-4086-5. 2016

²⁷ Melo Angie, Cañon Yeimmy. 2012. Tesis de Grado. GENERACIÓN DE LA MATRIZ O/D A PARTIR DE UN SISTEMA ITS BASADO EN LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH. UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA. Bogotá Colombia.

²⁸ Venegas Andres, Vega Julian. 2013. Tesis de Grado. DESPLIEGUE DE UN SISTEMA ITS UTILIZANDO COMPUTACIÓN EMBEBIDA PARA LA GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE LA MATRIZ O/D MEDIANTE ENFOQUES NOSQL Y ORIENTACIÓN A SERVICIOS. UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA. Bogotá Colombia.

JUSTIFICACIÓN

El transporte público es el encargado de movilizar a la mayoría de las personas en la ciudad hacia diferentes lugares y a distintas horas, en la mañana por ejemplo colegios, universidades, hospitales, entidades del estado, centros empresariales donde la cantidad de personas que se moviliza a estos lugares se puede considerar una gran masa, debido a este volumen de personas se forma un caos en la movilidad de la ciudad, de hecho en las horas de la tarde o noche ocurre el mismo fenómeno en el transporte público debido a que los ciudadanos lo usan para dirigirse hacia la periferia de la ciudad donde normalmente quedan las zonas residenciales, además de ello el servicio público es usado para ir a centros comerciales, parques públicos, teatros, cines, restaurantes, parques de atracciones y demás lugares, al ser un servicio ITS este debe aportar a sus usuarios información detallada de los servicios que ofrece contemplando rutas, tiempos de espera, proximidad en los servicios y muchas otras, se ha encontrado la falencia de desinformación en el servicio en general al contar solo con paneles de mensajería variable que en ocasiones no suelen ser muy precisos, enfocándonos en el servicio Alimentador que hace parte del servicio público de Bogotá denominado sistema integrado de transporte público SITP, se evidencia una necesidad clara en informar de forma precisa y en tiempo real a los usuarios de este servicio, ya que se evidencio a través de la experiencia que utilizar el servicio causa un desgaste en la vida diaria, debido a que los tiempos de espera para realizar el uso del servicio alimentador puede llegar en ocasiones a ser por encima de los veinte minutos de espera del bus a la estación, estaciones o puntos de parada que no están bien señalizados para una fácil orientación de los futuros pasajeros.

Actualmente muchos desarrollos tecnológicos que está generando el ser humano incorporan diminutos dispositivos con capacidades de computación y comunicación para prestar servicios a los usuarios. En este rango, los sistemas de información al viajero pueden incorporar este tipo de dispositivos con los cuales se ofrecerá un mejor servicio a los usuarios.

Dado los antecedentes expuestos anteriormente, los sistemas de información al viajero son determinantes dado que ayudan a la ciudad y por ende al país a ser más competitivos y de paso, mejoran los problemas de movilidad y de desinformación que tienen los usuarios en la actualidad.

Por su parte, se precisa destacar que según el reporte de movilidad del 2015 emitido por la Cámara de Comercio con apoyo de la Universidad de los Andes, arroja como resultado que 946 buses alimentadores, realizan 742.859 viajes al

día, en donde su duración es de aproximadamente 40 minutos, con una velocidad promedio de 18 Km/hora cubriendo 113 rutas²⁹.

De acuerdo al problema mencionado hay un escenario de oportunidad para plantear una solución ingenieril enfocada en los sistemas de información al viajero para el servicio alimentador ofrecido por Transmilenio (puede ser extensible a los buses del servicio troncal) debido a que los pasajeros no cuentan con información precisa, oportunidad y de calidad. Por lo anterior la solución planteada mediante este trabajo de grado que utiliza enfoques de ITS e IOT pueden ser el camino para mejorar el servicio para todos los usuarios.

Este trabajo de grado se diferencia de otros, al estar enfocado en prestar un servicio directamente a los usuarios donde la función principal es ver en tiempo real la ubicación precisa del bus, esto beneficiara a los usuarios en cuanto a planificar su tiempo de viaje de forma precisa, mejorara la movilidad alrededor de las paradas del servicio alimentador, además de ello se tiene pensado que el diseño del prototipo funcional será de bajo costo, al utilizar componentes tecnológicos de vanguardia con capacidades de computación y comunicación que permitan transportar los datos desde el bus hasta la plataforma del usuario final.

²⁹ CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Observatorio de movilidad: Reporte Anual de Movilidad 2015 En: Cámara de comercio de Bogotá [En línea]. No.9 agosto de 2016 <http://hdl.handle.net/11520/18119> [Citado en 10 de Mayo de 2017]. P. 40

ALCANCE Y LIMITACIONES

El alcance general que tiene este trabajo de grado, llega hasta la implementación de un sistema que por medio de dispositivos embebidos junto con dispositivos de ubicación geográfica, permita el envío de información en tiempo real de un bus, a una página web de carácter informativo. Para la visualización de la posición del bus sobre un mapa en la página web creada para este proyecto. Debido a la temática de este trabajo se realizaron investigaciones en el campo del transporte e ITS, para tener bases en la solución propuesta definiendo este trabajo como un piloto en la solución a temas de información a los usuarios de los servicios de transporte público de Bogotá.

Las limitaciones encontradas dependen de la cantidad de rutas en los servicios Alimentadores, el número de buses que operan en los portales, el costo de implementación para el envío de información en tiempo real, así como el acceso a los buses de Transmilenio (Alimentadores), es por esto que se ha decidido realizar una simulación de la operación del dispositivo GPS y la Raspberry Pi, en otro medio de transporte y observar la operación del proyecto en general. La información obtenida por el sistema, es accesible por medio de internet y le permitirá al usuario tener una claridad frente al servicio a usar.

METODOLOGÍA

La metodología empleada para el desarrollo de la presente investigación sigue el método científico por lo que mediante el planteamiento de la hipótesis y su desarrollo, se validará la propuesta de este trabajo de grado.

En ese sentido, la investigación planteada expone una hipótesis de partida a la cual se ha llegado mediante la observación y el análisis del ámbito general donde se ubica el problema de investigación, el cual, involucra los elementos más determinantes que son la base para el planteamiento de los objetivos de la investigación.

Los objetivos planteados, tanto el global como los específicos permiten subdividir la investigación en diversos frentes permitiendo abordar adecuadamente el problema de investigación.

El primer objetivo que apunta hacia el estudio del estado del arte, centralizado en la observación y el análisis de los diferentes ámbitos en que se desenvuelve el problema de investigación y en concreto, en el estudio de los servicios de ITS de información al viajero. La recopilación y procesamiento de información se realizara de fuentes científicas en busca de otros intentos de mejorar la calidad de los servicios ITS, así como la implementación de tecnologías IOT, para ofrecer servicios a los usuarios finales con plataformas libres de hardware y software.

El segundo objetivo que apunta al establecimiento del modelo y su arquitectura emplea el método sistémico para modelar el objeto de estudio y así determinar los componentes que tomaran parte tanto en el modelo como en su arquitectura. Dicho diseño se enfocara en dar al usuario final una interfaz gráfica de consulta a través de conexión con una plataforma en tiempo real alojada en internet donde se tendrán los datos de ubicación del autobús.

Finalmente el tercer objetivo, enfocado a la implementación del sistema, emplea el método de experimentación para alcanzar la validación de la hipótesis de partida para la cual, se ha diseñado un caso de estudio referente al servicio alimentador del transporte masivo y congruente a este objetivo se procederá a realizarlas pruebas del prototipo diseñado y el analistas de sus resultados.

Para desarrollar la metodología anteriormente descrita en el anteproyecto genera mediante capítulos el trabajo de grado.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo hablare de forma general sobre los campos que se encargan de mejorar día a día los temas de movilidad, implementación de tecnología y calidad para los usuarios de los servicios de transporte, es de suma importancia hacer una descripción de estos sistemas y sus componentes para ver la importancia de este trabajo de grado.

SISTEMA DE INFORMACIÓN AL VIAJERO

La incertidumbre durante el viaje y la llegada a destino suele ser un problema importante para los viajeros y las compañías de reparto de mercancías. Los viajeros 'inteligentes' y las empresas que necesitan de una gestión de flotas, requieren información actualizada para ayudarles en la toma de decisiones.

Una información exacta, integrada y global sobre el tránsito y el viaje ayuda a los usuarios de la carretera a la planificación del viaje y a responder a los imprevistos que se producen.

Información del viaje y por extensión, indicaciones de itinerario - se considera un servicio básico. Constituye el nivel más bajo de la gestión del tránsito. Los usuarios de la carretera son libres de decidir por sí mismos si reaccionan y cómo ante la información o los consejos.

La inversión en sistemas de información en carretera por el operador de la misma, es una forma de mejorar el servicio al cliente. Los sistemas de información también pueden promover el transporte intermodal. Los sistemas de información de estacionamiento también contribuyen significativamente a reducir la congestión del centro de la ciudad y la contaminación, alertando a los conductores que se aproximan a los espacios disponibles.

La información de tránsito se refiere a las condiciones de uso de la red de carreteras y puede incluir información sobre predicción o información en tiempo real de las condiciones del tránsito. Otros métodos de cesión de información incluyen información que incide sobre la seguridad de los usuarios, como mensajes de advertencia de peligro o incidente y, finalmente están las medidas de control tales como el aviso de obstáculos, control de salida de carril o control de velocidad.

La ayuda a los viajeros cubre todas las medidas de difusión de información predictiva o en tiempo real de las condiciones del tránsito para mejorar las condiciones generales de uso de la red. Su objetivo en general es la seguridad y el confort de los usuarios.

Las tareas de ayuda a los viajeros no están específicamente dirigidas a la modificación de los flujos de tránsito. Sin embargo, se usan con fines de información, así que deben coordinarse estrechamente con las medidas de gestión del tránsito, ya que pueden inducir a los usuarios a cambiar su tiempo de viaje, ruta o medio de transporte.

Principios básicos

La generación de información sobre el viaje por parte del operador es un concepto amplio que atraviesa todo el campo de operaciones e implica varias áreas:

- Recopilación de información periódica de las operadoras asociadas.
- Proporcionar información al usuario de las condiciones previstas de tránsito (antes del viaje) o condiciones de tránsito actuales (durante el viaje).
- La contribución que puede hacer la información del usuario a la política de comunicación del operador, es la de una relación entre ambos.
- La carretera y la información de tránsito como un elemento importante para los operadores de gestión de transporte público, de carga y de flotas.
- Para poder informar a los colaboradores y a los conductores de manera eficaz, los gestores deben definir primero las rutas de información, y éstas deben ser coherentes con los planes de operación y gestión.

Para cumplir con las necesidades y expectativas de todos los involucrados, la información debe llegar en el momento preciso, y debe ser difundida a través de todos los canales disponibles y los medios de comunicación. Estos pueden ser canales operados directamente por los centros de control (carteles de mensajes variables, información del viaje en la web, difusión del tránsito en las noticias, etc.) o por los proveedores de servicios de valor añadido que transforman la información en los formatos de datos requeridos para los teléfonos inteligentes y los sistemas de navegación por satélite, y /o operar con canales adicionales de difusión propios.³⁰

Servicios al viajero

Los sistemas de información al viajero basados en ITS están diseñados para dar información precisa sobre las condiciones del tráfico y del servicio de transporte para que los viajeros y los gestores de flotas pueden ajustar horarios, rutas y modos de viaje en consecuencia. Los conductores pueden ser advertidos a cambiar su ruta planificada para evitar incidentes, congestión o condiciones meteorológicas adversas (basados en histórico, así como los datos actuales en tiempo real). Los usuarios del transporte público pueden ser informados acerca de retrasos en los servicios y las alternativas disponibles. Aquellos usuarios que deseen cambiar su modo de transporte pueden estar provistos de opciones de

³⁰ World Road Association Mondiale de la Route. Sistema de Información al Viajero. Miles J. Keen K. Wallace C. En Línea. <https://rno-its.piarc.org/es/operaciones-de-la-red/sistemas-de-informacion-al-viajero>

viaje alternativas, reconociendo qué opciones pueden escoger algún tiempo antes de la hora real de viaje.

Internet, teléfonos móviles y dispositivos de navegación también se puede utilizar para proporcionar a las personas la información del directorio y el acceso a otros servicios relacionados con la ubicación. Estos servicios al viajero a menudo se desarrollan en colaboración entre los sectores públicos y privados. La información sobre el viaje es, de hecho, la puerta a toda una nueva generación de servicios al viajero, el valor añadido comercialmente viable es desarrollado por los proveedores de servicios del sector privado.

Hay muchos puntos de vista sobre la información al viajero. La relevancia de la información cambia a medida que avanzamos a través de un viaje. Es importante reconocer qué nivel de detalle necesita cambios, dependiendo del usuario y dónde se encuentran en su camino. Por ejemplo, la información sobre la plataforma de un tren que sale, es poco probable que sea de mucho interés varias horas después que se necesitaba la información.

Los servicios de viajero se pueden dividir en cuatro tipos distintos:

- Información previa al viaje
- Información en viaje
- Servicios basados en la localización
- Medios de comunicación social / funciones de datos sociales

La información previa al viaje es vital para garantizar que los usuarios de las redes de transporte son informados de las opciones disponibles, y todas las condiciones previas asociadas con las redes de transporte de que se trate. Las aplicaciones ITS de información al viajero que puedan ayudar al viajero antes de su viaje incluyen:

- Planificadores de viajes monomodo por internet
- Planificadores de viajes multi-modo por internet
- Planificación del viaje basada en el teléfono
- Boletines informativos por TV y radio
- Páginas de quiosco

La información en ruta es importante para mantener a los viajeros informados durante su viaje para proporcionar la oportunidad de tomar decisiones informadas sobre cambios. Puede o no puede ser posible hacer un cambio de ruta o modo en un punto determinado, pero el conocimiento de los probables retrasos es un beneficio significativo para el viajero. Las herramientas de ITS en ruta para información al viajero incluyen:

- Internet móvil, sitios web y aplicaciones inalámbricas
- Radio

- Mensajes variables
- Sistemas a bordo de vehículos – tanto en transporte público como en vehículos privados (navegación satelital con tránsito habilitado)

Los servicios basados en localización, que hacen uso de receptores GPS y acelerómetros dentro de los teléfonos móviles son un componente cada vez más importante de los servicios al viajero. Éstas incluyen:

- Planificadores de viajes móviles
- Aplicaciones de información en tiempo real para el transporte público "cuando es mi próximo autobús / tren "
- Aplicaciones para servicios de transporte "¿Dónde están mis puntos cercanos?"
- Búsqueda y reserva de estacionamiento de camiones
- Información turística - puntos de interés
- Servicios basados en marketing y comercio electrónico

Estos servicios basados en la localización están haciendo cada vez más uso de los datos de una variedad de fuentes - y muchos servicios ofrecen varias de las funciones mencionadas anteriormente.

Hay un papel cada vez mayor de las redes sociales y datos de multitud de fuentes dentro de los Servicios de Viajero. Se proporciona una importante plataforma para difundir información sobre los retrasos y las interrupciones en la red de transporte - y permiten a los usuarios comunicarse entre sí y con la empresa de transportes.³¹

Componentes de los sistemas de información al viajero

Es importante describir las partes que componen un sistema de información al viajero, estos deben ser en tiempo real, contener información veraz, tanto visual como acústica a los viajeros, tanto en viaje como en espera en las paradas.

La arquitectura centralizada que permite el control en todo momento tanto de las unidades móviles como de los dispositivos desplegados en las paradas o estaciones.

Equipos embarcados

- Gestión de las comunicaciones con el Puesto Central y control de información a mostrar mediante unidad de proceso embarcada
- Utilización de comunicaciones avanzadas 3G/HSDPA/4G/TETRA/WiFi/WIMAX...
- Integración con los sistemas preexistentes en los vehículos (Cartelería externa, megafonía integrada...).
- Activación mediante mandos para invidentes

³¹ World Road Association Mondiale de la Route. Servicios al Viajero. Pyne M. En Línea. <https://rno-its.piarc.org/es/servicios-al-usuario/servicios-al-viajero>

Elementos visuales embarcados

Información tanto textual como sinóptica a pasajeros (paradas, correspondencias, final de línea, geoposición, etc.).

Posibilidad de introducir mensajes publicitarios o de interés general.

Características técnicas tipo:

- Visualizadores tecnología LED o Monitores TFT de diferentes tamaños
- Diseño y robustez específica para entornos de automoción

Información por megafonía (embarcado)

- Información a los viajeros a través de altavoces embarcados tanto interiores como exteriores
- Uso de síntesis de voz para mensajes programados o libres
- Uso de amplificadores para control de volumen

Información en paradas/estaciones

- Información a los viajeros a través de paneles informativos de LED o con tecnología TFT
- Información sobre próximas llegadas, correspondencias, fecha / hora, temperatura, etc
- Información a los viajeros a través de megafonía en paradas, con activación automática o manual (mando de invidentes, pulsador...)
- Permite la inclusión de publicidad o mensajes o contenidos de carácter general

Sistemas de información a viajeros adaptado a discapacitados

- Información a viajeros invidentes o PMR (personas de movilidad reducida) mediante mando y tarjeta receptora de radiofrecuencia CIBERPAS
- Instalación en equipo embarcado o en paradas

Usuarios web

- Sistemas Web externo con webservices de estimación para su integración con las páginas de cada cliente o páginas a la medida.
- Consultas personalizadas por parada, calle, línea, coordenadas geográficas...
- Integración con sistemas operativos Windows Mobile, OS o tipo Android para su consulta mediante dispositivos móviles.

- Control de las flotas mediante el dispositivo móvil por el personal designado.

Usuarios sms

- Consulta de horarios y tiempos de llegadas personalizados mediante mensajería móvil.
- El sistema SIV permite su personalización y adaptación particular a los deseos de cada cliente, permitiendo que cada cliente pueda adaptar el sistema a sus necesidades.
- El sistema SIV permite además facilidad de ampliaciones, modificaciones y mantenibilidad posterior a su puesta en servicio.³²

Ahora daremos paso a explicar un poco acerca de la disciplina que está incorporando la electrónica a las soluciones del transporte a través de equipos embebidos ofreciendo soluciones a la medida de las necesidades de empresas y diferentes sectores del gobierno, ayudando a mejorar la calidad de vida de las personas.

IOT Y TRANSPORTE

Hoy en día las grandes ciudades cuentan con cantidades exageradas de personas en ocasiones pasando de millones y siguen en crecimiento, con ello el desafío de gestionar la ciudad es cada vez más complicado, cada día aparece un nuevo reto para la buena gestión de las metrópolis, la movilidad de la ciudad todo el tiempo se encuentra activa, se debe velar para que los ciudadanos estén seguros, la limpieza de la ciudad, se debe buscar la eficiencia energética además de eficacia en el transporte. Ante grandes problemas lo mejor es trabajar con soluciones sofisticadas y de vanguardia. Que es justo lo que ofrece el Internet de las Cosas: las soluciones que necesitábamos para crear un mundo palpitante, vivo y mejor.

Transporte conectado

Hasta hace relativamente poco, y al contrario que en otros aspectos tecnológicos relacionados con el día a día, no se veían claros los beneficios del Internet de las Cosas en un medio de transporte. Pero a medida que avanzamos, aviones, coches, autobuses o trenes están comenzando a obtener beneficio de las nuevas soluciones tecnológicas. Ahora, el concepto de “transporte conectado”, o [Connected Transportation](#), es una realidad que afecta a todo tipo de medios.

³² Tecnología para autobuses. Joaquin Martin Moreno. En Línea.
<https://www.indracompany.com/es/informacion-viajeros-1>

El transporte conectado ofrece grandes promesas: desde una mejora sustancial en la eficiencia del transporte a servicios adicionales que, implementados con otras soluciones IoT, podrían crear un entorno tecnológico apropiado para darle soporte al concepto de Smart City.

IoT para crear una mejor conducción

Los coches autónomos son la gran esperanza del transporte individual. Estamos a punto de ver en el mercado los primeros vehículos completamente independientes, más inteligentes y más eficientes que ningún conductor. En ello, el IoT juega un papel fundamental. ¿Cuál exactamente? Por ejemplo, en primer lugar, el uso del Internet de las Cosas en un vehículo autónomo permite adecuar completamente la conducción: velocidad, rutas, previsiones de forma automática y gracias a la información recibida a partir de otros dispositivos, vehículos y otros medios externos de información.

Esto se traduce en una optimización de flotas de transporte o una mayor fluidez en el tráfico. Por supuesto, esto también significa una reducción en el gasto energético y el [impacto ambiental](#). La aplicación directa del IoT en el diseño de los coches puede permitir utilizar sistemas de control de emisión de gases que faciliten la organización para crear ciudades más limpias. También aportarían servicios que ayuden a la gestión de economías colaborativas en cuanto a la conducción, algo que está cogiendo fuerza en la sociedad. Por último, por supuesto, el IoT aplicado a los coches significa mejores experiencias de conducción, tanto por la obtención de información como por las posibilidades que ofrecen los vehículos inteligentes. Todavía estamos comenzando a visualizar algunas de las aplicaciones pero estamos seguros de que la década venidera verá una auténtica revolución en la conducción. Y en gran parte se deberá al Internet de las Cosas.

El Internet de las Cosas en el transporte público

Es imposible hablar de una Smart City sin hablar de un transporte público inteligente. Eso sería como hablar de un cuerpo sano con unas vías circulatorias colapsadas. Por eso mismo, el IoT se muestra como una de las mejores aplicaciones que el transporte público pueda aprovechar. Pero, ¿por qué? El próximo 22 de septiembre se celebrará, como cada año, el [World Carfree Day](#), un día en el que se invita a la gente a usar menos el coche y más otros medios de locomoción, como el transporte público. La razón viene de un mundo cada vez más lleno de vehículos, lo que puede ser un problema creciente. Es entonces cuando los medios de transporte públicos salen a relucir. Gracias al IoT, los medios de transporte han evolucionado hasta convertirse en algunos de los mejores sistemas para moverse por la ciudad.

Así, ahora podemos monitorizar en tiempo real la posición de los vehículos, ser alertados de imprevistos o predecir la llegada a nuestro destino con una precisión increíble. También podemos trazar rutas personalizadas y obtener información sensible; o comunicarnos mientras estamos desplazándonos a la vez que consultamos todo tipo de información. Algunos de estos usos están dando impresionantes resultados en ciudades tan cosmopolitas como [Londres](#) donde sus casi nueve millones de habitantes pueden beneficiarse de la información recogida y analizada en tiempo real gracias al IoT. Sus aplicaciones les permiten pagar más fácilmente, organizar mejor sus viajes y contaminar menos. En definitiva, gracias a las soluciones que ofrece el Internet de las Cosas, el transporte público es ahora mucho mejor, más eficiente, más limpio y cómodo; y por tanto, una mejor solución a la hora de pensar en dejar aparcado el coche.³³

A través de las diferentes implementaciones que podemos identificar en IOT se puede llegar a la administración y gestión de los vehículos, esto a través de la implementación de equipos tecnológicos a bordo de los vehículos con esto damos paso a un tema de parte administrativa.

GESTION DE FLOTA

La gestión de flotas es la manera de gestionar un conjunto de vehículos, la cual puede incluir multitud de funciones:

Financiación, Mantenimiento de vehículos, Sistemas telemáticos (seguimiento y diagnóstico), Gestión de combustible, Conductores, Seguridad, Salud.

La gestión de flotas ofrece reducir o eliminar los riesgos asociados a la inversión de vehículos y así ser más eficientes y productivos cumpliendo siempre la normativa legal.

El gestor de flotas es el máximo responsable, debe realizar sus tareas y actividades siguiendo las directrices de la dirección general de la empresa o departamentos. Hoy en día el papel del gestor de flotas ha cobrado mayor importancia a la hora de la búsqueda y mejora de la eficiencia energética de toda flota.

Según la investigación realizada por Berg Insign, los sistemas de gestión de flotas instalados en vehículos comerciales en Europa superan el millón de unidades. A pesar de esta gran cifra su nivel de uso aún se considera como bajo.

La gestión de flota ofrece una gran variedad de funcionalidades como por ejemplo:

³³ El IoT para un transporte más eficiente. Telefónica IoT Team. 13 Sep 2017. En línea. <https://iot.telefonica.com/blog/el-iot-para-un-transporte-mas-eficiente>

Comenzando por una de las funciones más básicas como el Seguimiento de vehículos, que se basa normalmente en un Sistema GPS que ocasionalmente funciona con una plataforma GPRS.

El sistema determina las siguientes características para los vehículos:

- Ubicación
- Dirección
- Velocidad

Una vez recogida toda esta información es enviada a la aplicación de gestión de flotas donde los datos facilitados serán tanto de sistemas terrestres como vía satélite.

Las comunicaciones por satélite son de un coste más elevado que las terrestres, pero son más críticas a la hora de realizar el seguimiento de vehículos en entornos remotos.

Diagnóstico mecánico es otra de las estupendas funcionalidades donde los sistemas más avanzados de gestión de flotas se conectan con el ordenador de a bordo del vehículo y recogen toda la información sobre los kilómetros y el consumo de combustible en un sistema de estadística global.

El software de gestión de flotas nos facilita la administración y el control de las flotas a cualquier nivel, tanto en localización como en la gestión de su estado y mantenimiento. Este proceso va acompañado de todas las fases del ciclo de vida de un vehículo.

Dependiendo del tipo de software instalado en las flotas, toda la información referente al estado de los vehículos quedará guardada en una determinada web. Todos los vehículos que dispongan de un terminal que lo permita, los conductores de los vehículos podrán recibir mensajes del gestor de flotas.

La gestión de embarcaciones la cual hace referencia la gestión de flotas cuando se encuentran navegando dispone de un mantenimiento y control del estado de la embarcación donde suele realizarse por una empresa externa para que de esta forma el propietario solo se encargue de la carga.

Su seguridad y control de flotas se realiza mediante un sistema inalámbrico instalado en los vehículos, de tal manera que nos ofrece un control y seguridad del vehículo bien este parado o en movimiento.

El sistema de detección remota de vehículos facilita a los usuarios que estén autorizados un sistema con el que puede realizar las siguientes funciones:

- Evitar que un vehículo sea puesto en funcionamiento
- Evitar poner en movimiento un vehículo
- Detener o reducir la velocidad del vehículo en marcha

Varios de estos sistemas dan un aviso al conductor antes de realizar cualquier acción, una vez detenido el vehículo los frenos quedan totalmente bloqueados impidiendo que el motor sea puesto en marcha nuevamente.

Los sistemas de detección remota pueden ir integrados con un sistema de notificación de emergencias. En caso de emergencia el conductor puede enviar una alerta pulsando un botón en el sistema o bien utilizando un mando a distancia si no se encuentra en el interior del vehículo. El gestor una vez avisado por cualquier incidente puede enviar un equipo a realizar una comprobación, comunicarse con el conductor o desactivar totalmente el vehículo.

Además de las ya comentadas funcionalidades que ofrece la gestión de flotas existen otras funcionalidades básicas como:

- Información sobre rutas y paradas
- Planificación de rutas
- Más de 30 informes por cada vehículo o total de la flota
- Gestión de puntos de interés

La gestión de flotas se mantiene en continuo desarrollo donde a día de hoy el cliente puede elegir una simple localización hasta la descarga de los ficheros de tacógrafo online incluyendo los módulos intermedios como la conexión a Canbus para la eficiencia energética o la lectura online del tacógrafo digital.³⁴

La gestión de flotas se encarga de facilitar, planificar y coordinar todas las actividades relacionadas con uno o varios modos de transporte dentro de una organización, esta puede ser en el campo del movimiento de productos, el transporte de personal, carga ligera y otros.

Una efectiva gestión de flotas busca reducir y minimizar costos totales de transporte por medio de una efectiva utilización de recursos como vehículos, combustible, repuestos, etc. La administración y el control financiero de una flota son muy específicas a la organización y suelen incluir cumplimiento de restricciones y normativas. La custodia o responsabilidad de la gestión de flotas depende de la estructura organizacional y está sujeta a sus políticas específicas.³⁵

³⁴ Gestión de flota GPS. Gestracking Engineering. En línea. <http://gestracking.com/gestion-de-flotas-gps/> julio 16 de 2014.

³⁵ GESTION EFICIENTE DE FLOTAS DE VEHICULOS. II SIMPOSIO INTERNACIONAL ONLINE DE LOGISTICA Y COMPETITIVIDAD. Ing & MBA Jorge Valencia. El Salvador, 2016. En línea. https://www.simposioshlg.com/archivos/IISVL_conferencia_1_Gestion_eficiente_de_flotas_vehiculare_s.pdf

La gestión de flota se da gracias a utilizar equipos a bordo de los vehículos, esto gracias al desarrollo actual que se presentó en IOT, teniendo en cuenta que se utiliza alrededor del mundo para hacer una administración eficiente de los recursos del gobierno y de empresas, damos paso a ver como este conjunto permite a las ciudades tener sistemas inteligentes de transporte.

SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

Las nuevas tecnologías de comunicaciones con el transporte corresponden a la propia utilización de dichas tecnologías en el ámbito del transporte. En este sentido, se define como sistemas inteligentes del transporte (ITS) a un conjunto de aplicaciones de las tecnologías electrónicas, de comunicación y de información en el campo de transporte. Su objetivo básico es incrementar el rendimiento y la productividad de vehículos, carreteras y sistemas de transporte. Asimismo, su destino es satisfacer las necesidades de los usuarios: seguridad, movilidad, accesibilidad ambiental, etc.

La incidencia de estas nuevas tecnologías de información y comunicaciones sobre el transporte se puede contemplar desde dos ámbitos diferentes: Gestión del tráfico y gestión de las empresas de transporte.

En el ámbito de la gestión del tráfico, los ITS pueden influir en el comportamiento de los usuarios permitiendo el acceso a información sobre el tráfico existente y optimizando de esta forma el tráfico en la red de transporte. En el campo de los denominados sistemas avanzados de gestión del tráfico, ITS es utilizado para ofrecer a los usuarios durante el viaje información del tráfico comunicando retrasos, incidentes y rutas alternativas, al igual que información antes de comenzar el viaje.

La información antes de comenzar el viaje puede ser suministrada a través de la web: mapas de congestión, tiempos de viajes a principales destinos, rutas alternativas, imágenes que reflejan las condiciones del tráfico existentes, horarios y mapas del transporte público, etc. Asimismo durante el viaje el conductor puede disponer de información sobre congestión y los correspondientes consejos referentes a rutas alternativas.

ITS probablemente conducirá a una mejora gradual en la eficiencia de los diferentes sistemas de transporte, ya que junto a la carretera debemos incluir también aplicaciones en otros modos de transporte, como las ayudas a la navegación en el caso del transporte aéreo. Esta mejora se producirá a través de mayor información al conductor, control de señalización del tráfico y sistemas de detección de incidentes.

En el campo de las empresas de transporte la aplicación del ITS, tanto para B2B como para B2C, facilita una detallada información sobre los movimientos de los vehículos mediante la utilización de las comunicaciones de datos móviles y los sistemas de navegación por satélite como es el GPS. Esta tecnología permite una

gestión más eficiente de la flota de vehículos con un continuo seguimiento de las mercancías transportadas. Todo ello permite una reducción significativa de los desplazamientos en vacío, con los correspondientes beneficios ambientales.

Beneficios

Ante las importantes dificultades (financieras, ambientales, etc.) de la tradicional inversión en carreteras, las aplicaciones ITS se presentan como una alternativa solvente para hacer frente a los problemas crecientes de congestión y otros costes externos del transporte por carretera.

Sus beneficios se extienden a la seguridad, ahorro de tiempo, ahorro de costes y además se difunden por todo el espectro económico, contribuyen favorablemente al crecimiento económico y productividad de la economía. Todo ello con menos inversiones sin los problemas ambientales de la inversión tradicional. Las aplicaciones ITS son básicas para el desarrollo de una política que integre la oferta y demanda de transporte. Junto al aumento de la capacidad efectiva, las aplicaciones ITS presentan la ventaja de que actúan también sobre el lado de la demanda, contribuyendo a la gestión eficiente de la demanda del transporte. Proporcionan de la infraestructura y de los recursos energéticos, junto a mejoras significativas en seguridad, movilidad, productividad y accesibilidad.

Ante las numerosas dificultades existentes para acometer nuevas actuaciones en infraestructura, las aplicaciones ITS se muestran como una solución viable para hacer el movimiento de personas y mercancías más eficiente en todos los modos de transporte. Al integrar las tres vías de información, comunicaciones y control, las tecnologías ITS facilitan a las administraciones operadoras y usuarios informados poder tomar divisiones coordinadas. Más aun, las alternativas ITS tienen menores costes de adquisición y operativos durante su ciclo de vida que las tradicionales mejoras de transporte.

Las aplicaciones ITS contribuyen al desarrollo del comercio y al crecimiento económico mediante la mejora de los niveles de accesibilidad y facilitando los procesos *just in time*. Además, producen una reducción de los costes empresariales de los diversos inputs. Todo ello se traduce que las aplicaciones ITS juegan un papel relevante en la productiva y competitividad de la economía. Un aspecto clave en la evaluación de los beneficios de las aplicaciones ITS es la existencia de importantes sinergias al combinar diferentes sistemas. En este sentido, cabe destacar que la suma de los beneficios de las acciones integradas de los ITS es superior a la suma de los beneficios correspondientes a cada aplicación por separado.

Aunque el impacto más significativo de los ITS esta probablemente en el transporte por carretera, también contribuyen a la eficacia y la seguridad de otros modos de transporte.

En la mejora de los niveles de seguridad cabe señalar, entre las diferentes aplicaciones ITS, los sistemas de seguridad y vigilancia junto a los sistemas de emergencia y aplicaciones específicas para los vehículos.

En el ámbito de los beneficios económicos cabe destacar los sistemas de seguimiento de la mercancía y gestión de flotas que mejorar significativamente la eficiencia de las empresas logísticas. Asimismo, los sistemas de peaje electrónico contribuyen eficazmente a la reducción de la congestión y a la mejora de la productividad.³⁶



Ilustración 1 Gestión de Flotas.

Fuente: https://www.simposioshlg.com/archivos/IISVL_conferencia_1_Gestion_eficiente_de_flotas_vehiculares.pdf

³⁶ Impacto de la nueva economía sobre el transporte. Coto Millan Pablo. Lopez de Sabando Vicente Inglada. Fundacion BBVA. 2007. En línea.

https://books.google.com.co/books?id=2djSXUcDIHYC&pg=PA159&lpg=PA159&dq=mejoras+con+its&source=bl&ots=21zpxmBjHR&sig=icEr1z_mZY-v1NLNAUygsrzMs&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj2v8XDhY7aAhXHx1kKHZnkC9AQ6AEIaDAL#v=onepage&q=mejoras%20con%20its&f=false

SERVICIOS ITS EN LA ACTUALIDAD

Hoy en día son varias las empresas que se dedican a implementar tecnología en busca de ofrecer mejores servicios y de mayor calidad para los usuarios, ya que se identifican varias necesidades en el sector de la movilidad a nivel mundial, se identifican algunas empresas que implementando servicios ITS han llegado a solucionar algunas problemáticas, en este caso puntual enfocamos la búsqueda en la problemática de la des información en los medios de transporte urbano, en este campo se encontraron empresas que brindan estos servicios de ITS a sus usuarios.

Tabla 1 Comparativa de empresas dedicadas a ITS.

PAÍS/CIUDAD	NOMBRE	FUNCIONES
Brasil	DIGICON	Control de tránsito, Parqueaderos inteligentes, sistemas de acceso
EEUU/ Fort Collins	Transfort	Tiempo de llegada del bus, rutas
España/leon	Sicombus	Información durante los trayectos al interior de los buses, Paneles de mensajería variable, rutas.
Sudafrica/Gauteng	SICE	Sistema modular, abierto y ampliable a varios Sistemas ITS

Fuente propia

Adicional a ello, la constante evolución que nos traen los Smartphone a nivel mundial permite a la sociedad una interacción más fácil con los sistemas de información, los usuarios que se disponen a utilizar su teléfono móvil para ubicarse dentro de la ciudad y así mismo planificar su viaje abre la puerta a usar las aplicaciones y páginas web para brindar información, se han identificado solo algunas aplicaciones que están desarrolladas para brindar a sus usuarios

información sobre el medio de transporte público de su ciudad, a continuación mostramos un comparativo de las aplicaciones y los países donde se están usando para planificar los viajes en transporte público.

Tabla 2 Aplicaciones sobre Transporte Publico.

NOMBRE APLICACIÓN	CIUDAD	FUNCIONES
MOOVIT	Varios países	Inicio-Fin, Rutas
Transantiago	Chile/Santiago	Paradas, Como llegar, Cargar Tarjeta
SPTtrans	Brasil/Sao Paulo	Inicio-Fin, Rutas, Hora Distancia
HVV	Alemania/Hamburgo	Inicio- Fin, Hora Llegada
Opal Travel	Australia/Sydney	Alertas cuando te estás acercando a tu parada, consultar saldo, rutas

Fuente propia

A partir de estas evidencias se puede enfocar este trabajo de grado en dar una nueva alternativa de información para el servicio público de Bogotá, la información que los usuarios puedan aprovechar para mejorar su calidad de vida y su día a día en el transporte público.

Con esta definición damos por cerrado este primer capítulo intentado abordar todos los temas necesarios para el desarrollo de este trabajo de grado, teniendo en cuenta que abordaremos diferentes temas de las disciplinas anteriormente descritas.

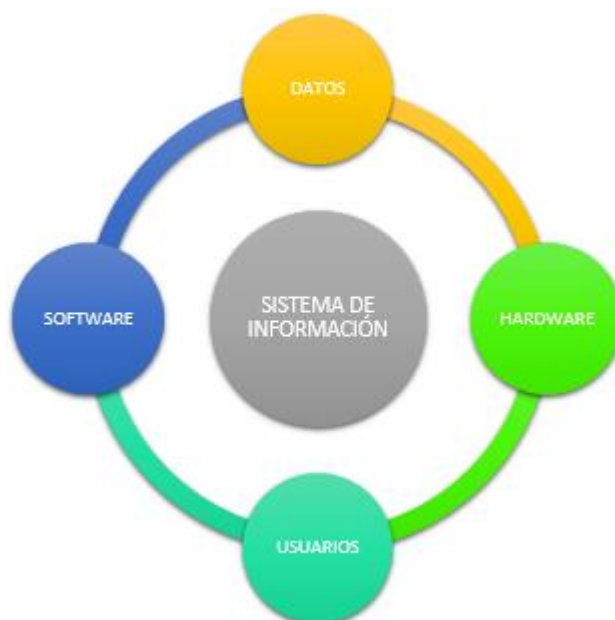
CAPÍTULO 2 DISEÑO DEL SISTEMA

De acuerdo a la necesidad identificada en el campo de ITS en la ciudad de Bogotá, se diseñará una solución con tecnología de vanguardia con el fin de brindarles a los usuarios del transporte público un sistema de información, en específico para el servicio alimentador de portal 80 sobre la ruta Bolivia Bochica II.

Para lograr un proyecto de calidad se decidirán entre diferentes componentes tanto de electrónica como en lenguajes de programación y se elegirán cuidadosamente para cubrir con las necesidades requeridas en este trabajo de grado, se requiere de dos componentes esenciales para su desarrollo, uno en la parte de hardware y otro en la parte software.

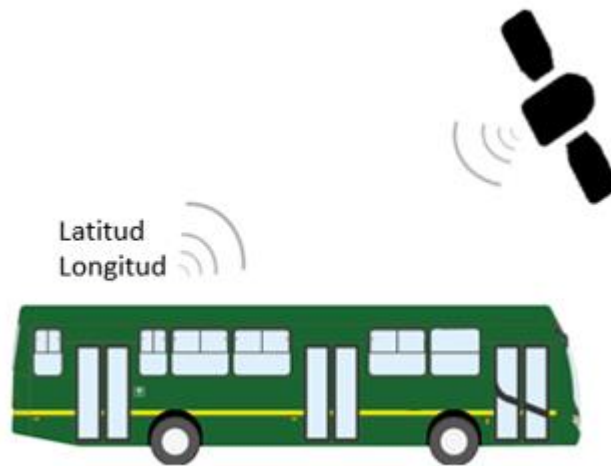
La finalidad del proyecto es informar a los usuarios constantemente de la ubicación del autobús, los usuarios recibirán información visual, la cual ayudara a la toma de decisiones básicas del día a día, la ubicación geográfica del autobús será obtenida mediante un dispositivo que será instalado a bordo y este transmitirá dicha ubicación, los datos de ubicación obtenidos serán procesados y enviados, para dar al usuario una información detallada al respecto de la ubicación del bus.

Ilustración 2 Componentes Sistema de Información.



Dentro del diseño propuesto se integraran las partes de software, hardware para la manipulación de datos y la entrega final al usuario, estas son las partes generales del proyecto con las cuales debemos escoger y hacer énfasis en cada una de ellas. Empezaremos con un diseño básico donde obtener los datos del bus será lo principal por ende abordaremos la parte de Hardware.

Obtener la posición del autobús que se encuentra en constante movimiento es tal vez la parte más importante debido a que el dispositivo que escojamos tiene que darnos certeza en la ubicación, de acuerdo a estos datos obtenidos se informara al usuario. Se requiere un dispositivo el cual nos permita constantemente obtener los datos de latitud y longitud en los tiempos de recorrido del autobús, como se ilustra en la imagen a continuación esta posición del bus será proporcionada por un equipo GPS comunicándose con los satélites.



Fuente propia

Ilustración 3 Comunicación Autobús.

Después de obtener estos datos debemos enviarlos a través de internet para ser usados para graficar el movimiento del autobús y así presentarlo de manera simple a los usuarios del servicio alimentador, para hacer el envío de los datos, la unidad instalada a bordo del autobús debe tener una respuesta rápida y un funcionamiento constante para ello seleccionaremos entre los dispositivos embebidos que actualmente manejamos en los laboratorios de la universidad.

Luego de obtener los datos estos serán enviados a una base de datos que nos permitirá almacenar los valores de posición, del autobús en movimiento, este almacenamiento debe ser constante y cambiante en todo momento, debe permitir el envío y la recepción de información, se seleccionará la base de datos de acuerdo al lenguaje de programación más sencillo y a la integración que esta permita.

Fuente propia

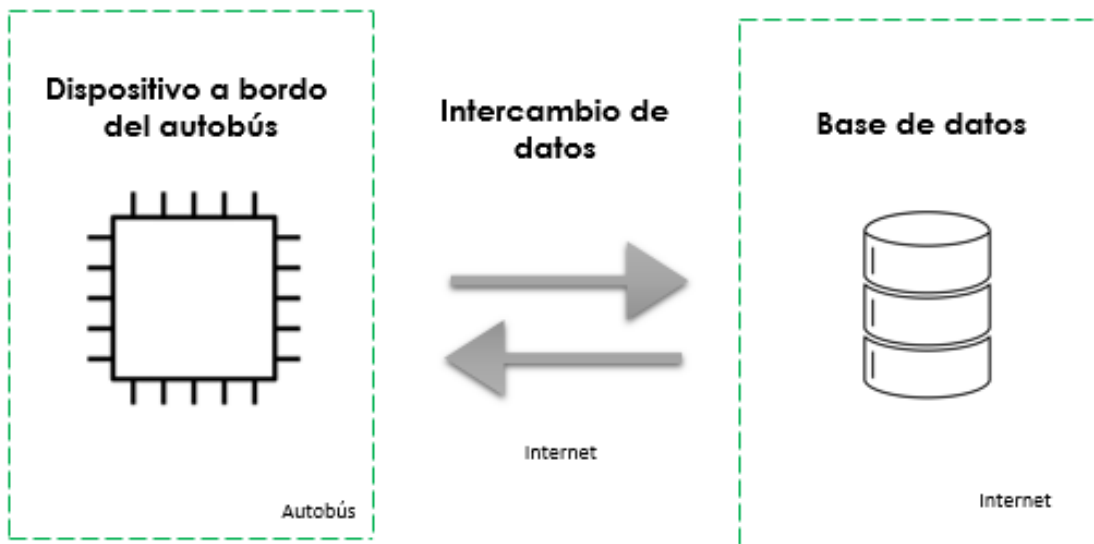


Ilustración 4 Comunicación Autobús a Base de datos.

Con los datos obtenidos se ilustrara sobre un mapa la posición del autobús esto se lograra con una consulta a la base de datos desde un entorno web que se desarrollara para una fácil interacción de los usuarios y permita con esta misma ofrecer información a la mano.



Fuente propia

Ilustración 5 Consulta a base de Datos.

Luego de tener claro el escenario en el cual se desarrolla el proyecto requerimos de varias opciones para seleccionar sobre cuales dispositivos y en que lenguajes se hará la implementación del proyecto.

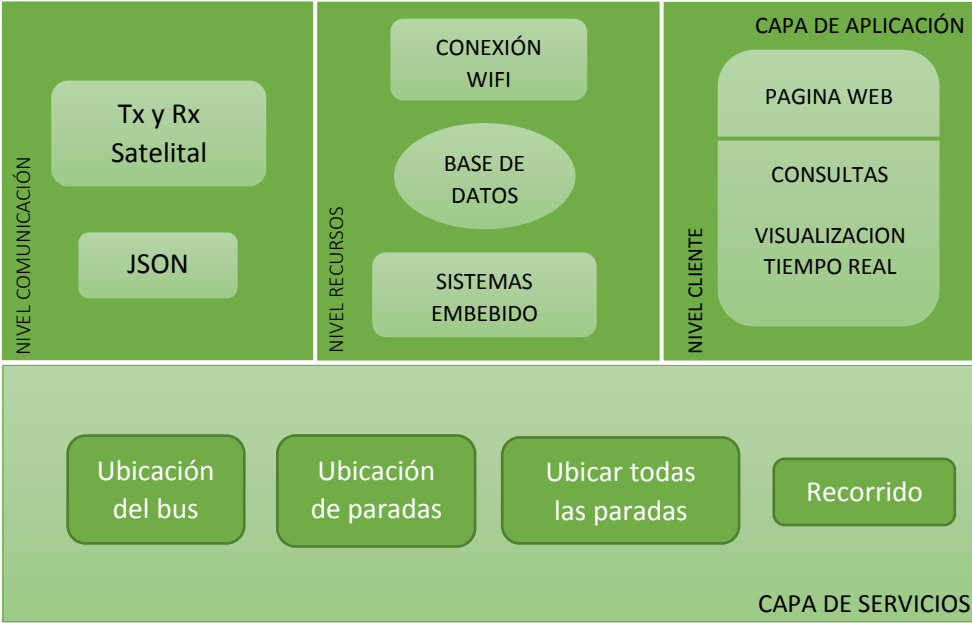
A continuación realizare la comparativa entre dos dispositivos embebidos y posteriormente la selección debido a sus características.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El diseño del sistema proporcione la idea principal en cuanto a la operación del proyecto permitiendo así seleccionar los componentes necesarios para su correcta operación, estos fueron seleccionados para que no se traslapen entre si y puedan llevar a cabo las funciones requeridas y la entrega de información a adecuada al usuario.

En la arquitectura a continuación se podrá observar las capas, las cuales son capa de servicio y capa de aplicación, donde se evidencia en la capa de aplicación en el nivel de comunicación, la tx y rx satelital como el envío de información por medio de JSON, a nivel de recursos tenemos la conectividad WIFI, la base de datos alojado en Firebase y nuestra Raspberry junto con el GPS, a nivel de cliente está la Pagina Web de consulta para usuarios donde podrán acceder a la capa de servicios.

Ilustración 6 Arquitectura del Sistema



Fuente Propia

ELECCIÓN DE HARDWARE

Comparación entre Raspberry pi 2 y Raspberry pi 3

Tabla 3 Comparativo entre Raspberry Pi 2 y 3.

CARACTERÍSTICA	RASPBERRY PI 2	RASPBERRY PI 3
Procesador	Broadcom BCM2836	Broadcom BCM2837
CPU Core	Quadcore ARM Cortex-A7 32 bits	Quadcore ARM Cortex-A53 64 bits
Velocidad de Reloj	900 MHz	1.2 GHz
RAM	1 GB	1 GB
GPU	250 MHz VideoCore IV	400 MHz VideoCore IV
Conectividad de Red	1x 10/100 Ethernet Rj45	1x 10/100 Ethernet Rj45
Conectividad Inalámbrica	Ninguna	LAN Inalámbrica 802.11n (Wifi) y Bluetooth 4.1
Puertos USB	4 x USB 2.0	4 x USB 2.0
GPIOs	Cabecera 2 x 20 pines	Cabecera 2 x 20 pines
Fuente de Alimentación	1.8 A	2.5 A

Fuente: http://wiki.seeed.cc/Raspberry_Pi_3_Model_B/

Para los fines de este proyecto resulta ser más eficiente seleccionar la Raspberry Pi modelo 3B debido a que tiene integrado un módulo de conexión inalámbrica lo que nos simplificara el tema de conectar una tarjeta GSM para hacer el envío de los datos, con esta este modelo lo haremos a través de una conexión Wifi,

además tiene un procesador de mejores calidad y procesamiento de información más rápido.

El componente de hardware que se integrara a la Raspberry Pi 3B para obtener la posición exacta del autobús debe ser un GPS que permita captura su información y almacenarla en la base de datos por este motivo después de hacer una búsqueda de equipos de diferentes marcas, así mismo comparando los precios de los dispositivo se eligió el siguiente GPS de la marca UBLOX.

El GPS UBLOX NEO 6M se ha escogido por su fácil acceso, manipulación, rendimiento y además se verifico la compatibilidad con la Raspberry Pi siendo esta la razón por la cual escoger este dispositivo de geolocalización en el siguiente capítulo se adentrara en sus cualidades y prestaciones.

Por esta parte damos por terminado la elección de Hardware para este trabajo de grado ahora se describirá la parte de software que se utilizara para el proyecto, comenzaremos por la elección del lenguaje de programación según sea la necesidad de los diferentes escenarios que se plantearan a los largo de la implementación del proyecto.

ELECCIÓN DE SOFTWARE

La elección del lenguaje de programación para el proyecto depende del análisis previo que se realizó, además de las competencias del autor para realizar el desarrollo de la interfaz que se le presentara al usuario final, también se tendrá en cuenta los componentes físicos elegidos previamente y la compatibilidad.

Se identificaron lenguajes de programación que proporcionaran herramientas para la creación de páginas web. Además, se buscó un lenguaje de programación que nos dé la posibilidad de obtener:

- Sintaxis sencilla. La sintaxis del lenguaje de programación debe permitir realizar funciones en una cantidad menor de líneas de código que otros.
- Rápido desarrollo de aplicaciones. Debido a la limitación de tiempo existente, se buscó un lenguaje que permitiera desarrollar aplicaciones web en el menor tiempo posible.
- Documentación. El lenguaje de programación debía tener disponible la suficiente documentación como manuales, tutoriales, y videos para un mejor aprendizaje del mismo.³⁷

De acuerdo al campo de aplicación de este trabajo de grado y de acuerdo a las funciones que se espera desarrolle este, a continuación se analiza los lenguajes de programación y así poder escoger el más apropiado, que sea compatible con

³⁷ Pestana Camilo. ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN PARA PROYECTOS DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL. 2013

los equipos ya seleccionados, es de vital importancia, se analizaron los lenguajes de programación compatibles tanto con la Raspberry Pi como con el GPS Ublox.

En primer lugar, se escogió el lenguaje de programación que cumpliera con los criterios anteriormente mencionados en especial una sintaxis sencilla. En este sentido, se tomaron HTML para el desarrollo de la interfaz Web para los usuarios, Python para la toma de datos desde la Raspberry Pi y él envió de esta información a la base de datos. Estos dos lenguajes, se destacan por ser lenguajes vanguardistas en los conceptos de desarrollo ágil y productividad en el desarrollo de aplicaciones web.

La base de datos tiene que cumplir con dos criterios fundamentales para el desarrollo de este proyecto:

- Tiempo real: los datos almacenados se sincronizan en tiempo real con cada cliente conectado a través de la página web, adicionalmente se debe tener en cuenta que se pueda editar los datos todo el tiempo.
- Compatibilidad: La base de datos debe ser compatible con diferentes plataformas y lenguajes de programación como HTML, JavaScript, Python preseleccionados para el proyecto.

Después de realizar una búsqueda de las posibles plataformas que nos dieran toda la capacidad para el intercambio de datos entre el usuario y el dispositivo GPS del proyecto, además la posibilidad de la integración adecuada y todas las prestaciones necesarias para la realización de este proyecto he encontrado la base de datos en línea de google, llamada FIREBASE, esta base de datos en su página web nos ofrece las siguientes características:

Almacena y sincroniza datos con nuestra base de datos NoSQL alojada en la nube. Los datos se sincronizan con todos los clientes en tiempo real y se mantienen disponibles cuando la app no tiene conexión.

Firestore Realtime Database es una base de datos alojada en la nube. Los datos se almacenan en formato JSON y se sincronizan en tiempo real con cada cliente conectado. Cuando compilas apps multiplataforma con nuestros SDK de iOS, Android y JavaScript, todos los clientes comparten una instancia de Realtime Database y reciben actualizaciones automáticamente con los datos más recientes.³⁸

Después de realizar la búsqueda se escogió FIREBASE como base de datos debido a que es compatible con las diferentes plataformas de presentación a los usuarios, cumpliendo con los requisitos de compatibilidad y comunicación en tiempo.

³⁸ Firestore Realtime Database. Mayo 7, 2018. En línea. <https://firebase.google.com/docs/database/>

En el siguiente capítulo se define cada uno de los componentes que se requieren integrar para así llegar a la solución del proyecto.

CAPÍTULO 3 IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se adentrara en cada uno de los componentes de la solución, además de ello se mostrara como se realizó la integración de los componentes y como se logró plasmar la ubicación del bus a una plataforma accesible a rodo público que permitiese la visualización en tiempo real del autobús.

Componentes seleccionados para la solución:

- Gps ublox neo 6m
- Raspberry pi
- Firebase
- Página web

EQUIPOS REQUERIDOS

Tabla 4 Equipos Requeridos.

EQUIPO	REQUERIMIENTOS	DETALLE
Raspberry Pi	<ul style="list-style-type: none">• Conexión a internet• UART	Recepción y envío de datos
GPS	<ul style="list-style-type: none">• Envío Latitud• Envío longitud	Posición exacta
Base Datos	<ul style="list-style-type: none">• Tiempo Real	Intercambio de información
Página Web	<ul style="list-style-type: none">• Presentación de mapas• On-line	Presentación de información al usuario

Fuente propia

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El sistema en forma general está formado por parte de hardware y software, la integración de estos permite cumplir con las exigencias del proyecto, cada parte del proyecto cumple con una función específica, la integración de cada una de esas partes permite obtener los resultados esperados a lo largo del proyecto.

La finalidad de la parte de hardware es la obtención de los datos de longitud y latitud del bus a través del dispositivo GPS que se alojaría al interior del bus, al obtener estos datos mediante el sistema embebido se realiza el envío por medio de Wifi, a la plataforma en línea.

La parte de software de este proyecto está dividida en dos partes, una de ellas es la interfaz que se le presenta al usuario donde este tendrá la posibilidad de realizar la consulta de la posición del bus, consultar paradas de la ruta, ubicar el bus y ver el movimiento de este en tiempo real. La segunda parte es para la administración del proyecto ya que la base de datos en tiempo real, permite es el registro de la información del dispositivo embebido, esta información de latitud y longitud en la continuidad de tiempo cambian a través que el bus se mueve, estos datos son detectados por el GPS y enviados a la plataforma en línea, donde posteriormente se verán reflejados por el usuario en la interfaz gráfica a través de un mapa.

La siguiente imagen ilustra en forma general el sistema propuesto, donde se muestra las partes que intervienen, estos van desde hardware utilizado, la plataforma de comunicación, y los usuarios finales, para este proyecto, a continuación se explicará la integración de todos los elementos anteriormente descritos.



Ilustración 7 Diseño de Solución.

Fuente propia

GPS UBLOX NEO 6M

La serie de módulos NEO-6 es una familia de receptores GPS independientes que ofrecen un alto rendimiento, como motor de posicionamiento. Estos receptores flexibles y rentables ofrecen numerosas opciones de conectividad en miniatura. Su arquitectura compacta y las opciones de potencia y memoria hacen que los módulos NEO-6 sean ideales para dispositivos móviles que funcionan con poca batería y limitaciones de espacio.

El motor de posicionamiento u-blox 6 de 50 canales cuenta con Time-To-First-Fix (TTFF) de menos de 1 segundo. El dedicado motor de adquisición, con 2 millones de correlacionadores, es capaz de realizar búsquedas masivas de espacio y frecuencia en paralelo, permitiéndole encontrar satélites al instante. El diseño y la tecnología innovadores suprimen las fuentes de interferencia y mitiga los efectos multitrayecto, lo que otorga a los receptores GPS NEO-6 un excelente rendimiento de navegación incluso en la mayoría de los casos.

Calificación y certificación del dispositivo GPS

Todos los módulos NEO-6 están basados en chips de GPS calificados AEC-Q100.

Las pruebas realizadas a la familia del producto arroja las calificaciones de acuerdo con ISO 16750 "Vehículos de carretera - Condiciones ambientales y pruebas para equipos eléctricos y electrónicos ", y estándares apropiados.

Aprobaciones

Los productos marcados con este símbolo sin plomo en la etiqueta del producto cumplen con la "Directiva 2002/95 / CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la restricción de Uso de ciertas sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos "(RoHS). Todos los módulos de GPS u-blox 6 cumplen con RoHS.³⁹

Diagrama esquemático GPS

³⁹ U-Blox. Datasheet. U-blox 6 GPS Modules. En línea <https://www.u-blox.com/en/product/neo-6-series> [15-12-2017]

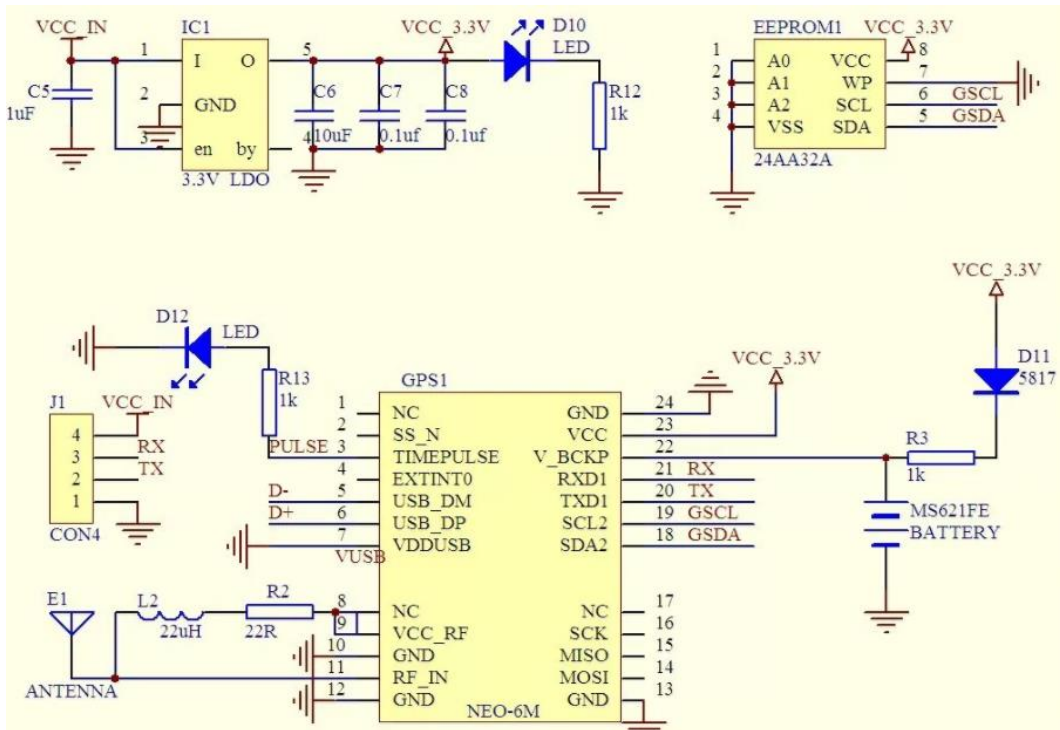


Ilustración 8 Diagrama GPS Ublox 6M.

Fuente: <https://electronilab.co/tienda/modulo-gps-ublox-neo-6m-v2-con-memoria-eprom/>

Latitud y Longitud.

La latitud mide el ángulo entre cualquier punto y el ecuador. Las líneas de latitud se llaman paralelos y son círculos paralelos al ecuador en la superficie de la Tierra. La latitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto.

- Todos los puntos ubicados sobre el mismo paralelo tienen la misma latitud.
- Aquellos que se encuentran al norte del Ecuador reciben la denominación Norte (N).
- Aquellos que se encuentran al sur del Ecuador reciben la denominación Sur (S).
- Se mide de 0° a 90°.
- Al Ecuador le corresponde la latitud de 0°.
- Los polos Norte y Sur tienen latitud 90° N y 90° S respectivamente.

La longitud mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra. Se acepta que Greenwich en Londres es la longitud 0 en la mayoría de las sociedades modernas. Las líneas de longitud son círculos máximos que pasan por los polos y se llaman meridianos.

Todos los puntos ubicados sobre el mismo meridiano tienen la misma longitud.

Aquellos que se encuentran al este del Meridiano Cero reciben la denominación Este (E).

Aquellos que se encuentran al oeste del Meridiano Cero reciben la denominación Oeste (O).

Se mide de 0° a 180°.

Al meridiano de Greenwich le corresponde la longitud 0°.

Combinando estos dos ángulos, se puede expresar la posición de cualquier punto de la superficie de la Tierra.⁴⁰

La transmisión de datos del módulo NEO-6M se realiza mediante los pines de Tx y Rx de forma serial se transmiten los datos hacia la Raspberry Pi, los datos transmitidos son enviados bajo el protocolo de NMEA. La sentencia en la cual se recibe la ubicación del GPS es \$GPRMC, el registro que se obtiene de este tipo:

```
$ GPRMC, 144326.00, A, 5107.0017737, N, 11402.3291611, W, 0.080,323.3,210307,0.0, E, A * 20
```

A continuación la tabla nos ayudara a identifica los datos arrojados por el GPS.

Tabla 5 Detalles Datos del GPS.

CAMPO	ESTRUCTURA	CAMPO DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	EJEMPLO
1	\$ GPRMC	Encabezado de registros		\$ GPRMC
2	UTC	UTC de posición	hhmmss.ss	144326.00
3	estado de la posición	Estado de posición (A = datos válidos, V = datos inválidos)	A	A
4	Lat	Latitud (DDmm.mm)	llll.ll	51.070.017.737
5	lat dir	Dirección de latitud: (N = norte, S = sur)	a	N
6	lon	Longitud (DDDmm.mm)	yyyyy.yy	114.023.291.611
7	dir lon	Dirección de la longitud: (E = Este, W = Oeste)	un	W
8	velocidad Kn	Velocidad sobre el suelo, nudos	xx	0.080
9	seguimiento verdadero	Seguimiento hecho bien, grados True	xx	323.3
10	fecha	Fecha: dd / mm / aa	xxxxxx	210307

⁴⁰ Coordenadas Geográficas. Latitud y Longitud. Publicado 6-6-2000. En línea <http://www.educaplus.org/game/latitud-y-longitud> [15-12-2017]

11	mag var	Variación magnéticagrados, Tenga en cuenta que este campo es la variación magnética real y siempre será positivo. La dirección de la variación magnética es siempre positiva.	xx	0.0
12	var dir	Dirección de variación magnética E / W. La variación oriental (E) resta del curso verdadero. La variación de Westerly (W) agrega al curso verdadero.	a	E
13	modo ind	Indicador de modo del sistema de posicionamiento, consulte la Tabla: Indicador de modo del sistema de posicionamiento NMEA	a	A
14	* xx	suma	*h.h	* 20
15	[CR] [LF]	Terminador de frases		[CR] [LF]

Fuente

<https://docs.novatel.com/OEM7/Content/Logs/GPRMC.htm?TocPath=Logs%7CView%20Logs%7CCore%20Logs%7C55>

Para la interpretación de estos datos, se debe tener en cuenta que se están transmitiendo a una velocidad de 115200 baudios, esta medida es la velocidad en la que se transmiten los símbolos está definida a continuación.

Velocidad de símbolos (velocidad de baudios)

La velocidad de transferencia de información no debe confundirse con la velocidad a la que se varían los símbolos para transportar información binaria en el canal. Se pueden codificar varios bits en cada símbolo. La definición correcta de velocidad de símbolos, es la velocidad a la que cambia el estado de la señal cuando se observa en el canal de comunicaciones y no es necesariamente igual a la velocidad de transferencia de información

Unidades de Velocidad de símbolos = símbolos/segundo (baudios)

Por ejemplo si se utiliza cuatro frecuencias para transportar pares de bits a través de un canal y se cambia la frecuencia (símbolo) cada 0,5ms entonces:

Velocidad de Símbolo= $1/0,5 \text{ ms} = 2000 \text{ ms símbolos/seg} = 2000 \text{ baudios}$

Sin embargo, la velocidad de transferencia de información para este ejemplo es de 4000 bps ya que cada símbolo transporta 2 bits. ⁴¹

⁴¹ Bateman Andy. Comunicaciones Digitales: Diseño para el mundo real. Edi. Marcombo Boixareu Editores. PAG 38

RASPBERRY PI

La Raspberry Pi es un ordenador de dimensiones reducidas, su función principal fue servir como herramienta de aprendizaje para los lenguajes de programación en entornos educativos, su constante desarrollo ha permitido que evolucione en hardware, esta evolución ha permitido agregar nuevas funcionalidades a las Raspberry Pi mejorando su conectividad y sus cualidades de procesamiento, en este proyecto se ha utilizado como el equipo central permitiendo la integración del GPS y el envío de información.



Ilustración 9 Raspberry Pi 3 modelo B

La recepción de los datos del GPS se recibe mediante los pines UART RXD y TXD y UART RXD respectivamente los pines 8 y 10 de RPI, para poder comunicarnos con el receptor GPS, debemos activar los pin 8 y 10 como una interfaz en serie. Este procedimiento de activación se hace mediante la modificación del archivo de configuración de la Raspberry Pi, ahora se puede conectar al GPS para abrir la conexión con el UBlox Neo 6M se debe indicar la conexión a 9600 Baudios, 8bits de datos, sin paridad y un bit de parada.

Fuente: <https://thepihut.com/products/raspberry-pi-3-model-b>

Pines GPIO

General Purpose Input/Output es, como lo indica su nombre, un sistema de E/S (Entrada/Salida) de propósito general, es decir, una serie de conexiones que se pueden usar como entradas o salidas para usos múltiples. Estos pines están incluidos en todos los modelos de Raspberry Pi.

Todos los pines son de tipo “unbuffered”, es decir, no disponen de buffers de protección, así que se debe tener cuidado con las magnitudes (voltajes, intensidad) cuando se conectan componentes a los pines para no dañar la placa.

Pines de alimentación: Se puede apreciar pines de 5v, 3v3 (limitados a 50mA) y tierra (GND o Ground), que aportan alimentación a estos voltajes para los circuitos. Pueden servir como una fuente de alimentación, aunque también se puede utilizar otras fuentes (pilas, fuentes de alimentación externas, etc).

DNC (Do Not Connect): Son pines que por el momento no tienen función, pero en futuras implementaciones son utilizados para otros fines. Por eso solo los vas a encontrar en modelos más primitivos de la Raspberry Pi. En las actuales placas han sido marcados como GND.

GPIO normales: son conexiones configurables que se pueden programar para tus proyectos, tal como te enseñaremos más adelante.

GPIO especiales: dentro de éstos se encuentran algunos pines destinados a una interfaz UART, con conexiones TXD y RXD que sirven para comunicaciones en serie, como por ejemplo, conectar con una placa Arduino. También se puede ver otros como SDA, SCL, MOSI, MISO, SCLK, CE0, CE1, etc..., los cuales explicaremos su funcionamiento más adelante.

Salida UART en pines GPIO

Por defecto, los pines de transmisión y recepción UART están en GPIO 14 y GPIO 15 respectivamente, que son pines 8 y 10 en el encabezado GPIO.⁴²

PÁGINA WEB

Una Página Web es conocida como un documento de tipo electrónico, el cual contiene información digital, la cual puede venir dada por datos visuales y/o sonoros, o una mezcla de ambos, a través de textos, imágenes, gráficos, audio o vídeos y otros tantos materiales dinámicos o estáticos. Toda esta información se ha configurado para adaptarse a la red informática mundial, también conocida como World Wide Web.

Las páginas web o como también son conocidas las web page por su nombre en inglés se encuentran contenidas dentro de los sitios web o websites, que son mejor conocidos por los desarrolladores con el nombre de dominios, que almacenan o alojan el contenido que se desarrollan para ser visualizados o usados por el usuario.

Todo lo mencionado anteriormente se trata de datos virtuales, pero el sitio físico donde se almacenan todos esos documentos se le denomina servidores o hosting, que se puede definir como un ordenador conectado constante a Internet para poder acceder a las páginas web a cualquier hora y desde cualquier lugar. A las páginas web se puede ingresar a través de navegadores o buscadores, entre los más famosos están Chrome, Mozilla e Internet Explorer.

El lenguaje bajo el cual funcionan las páginas se llama, un formato de programación que permite tener acceso a diferentes páginas web a través de

⁴² Todo sobre los GPIO Raspberry Pi. Isaac PE. Publicado 26 Mayo 2015. En Línea. <https://comohacer.eu/gpio-raspberry-pi/>. [12 Enero 2018].

enlaces de hipertexto, los cuales también son conocidos como links, es decir, dentro de un documento electrónico puede estar contenido otro, que de acceso bien sea a otra parte de la misma página web o simplemente a otra página, su objetivo básico es facilitar la investigación por medio de la navegación de distintos contenidos. El formato HTML está compuesto por códigos, pero para el usuario común no se manifiesta de este modo, debido a que los navegadores leen los documentos en HTML posteriormente lo traducen en las imágenes, textos y sonidos que mencionamos anteriormente y los muestra al usuario en esas presentaciones para que pueda ser mejor interpretado.

Las páginas web presentan variados y atractivos diseños para los distintos usuarios que pueda tener, para que de este modo sea un medio entretenido, funcional, educativo, ilustrativo, productivo y divertido.⁴³

FIREBASE

Esta plataforma de servicios proporciona herramientas necesarias para comunicar información hacia las aplicaciones móviles o web, permite realizar consultas en la base de datos en tiempo real, realizar el hosting de las páginas web para tener todo siempre a la mano, Firebase permite la integración de las diferentes partes de este proyecto, la primera de ellas es una base de datos en tiempo real con la información de posicionamiento del GPS la información es enviada directamente a la base de datos en tiempo real con las etiquetas “lat.” y “lng.” información necesaria para ubicar el punto en el mapa. Por otro lado la página Web del proyecto está alojada en el hosting que ofrece Firebase, la información que la página Web muestra a los usuarios del servicio son ruta, horario, cantidad de paradas, pero lo más importante indica la ubicación exacta del bus, a continuación se puede ver la información de la base de datos.

Hosting

Firebase Hosting es un servicio de hosting estático de contenido web con nivel de producción orientado a programadores. Con Hosting, se puede implementar apps web y contenido estático en una red de distribución de contenido (CDN) global con un solo comando, en forma rápida y sencilla.

⁴³ Definición de página WEB. Publicado 10 Octubre de 2015. En línea. <http://conceptodefinition.de/pagina-web/> . [15-12-2017]

Tabla 6 Funciones clave Hosting

Se proporciona mediante una conexión segura	La web moderna es segura. Firebase Hosting incluye SSL sin necesidad de configuración para que el contenido se entregue siempre de forma segura.
Entrega de contenido rápida	Cada archivo que se cargue se almacena en el perímetro de la CDN en todo el mundo. No importa dónde estén los usuarios, el contenido se entrega rápidamente.
Implementación rápida	Se puede poner la app en funcionamiento en cuestión de segundos. Las herramientas de línea de comandos permiten agregar fácilmente destinos de implementación en el proceso de compilación.
Reversiones en un solo clic	Las implementaciones rápidas son excelentes, pero el hecho de poder deshacer errores es aún mejor. Firebase Hosting proporciona funciones completas de control y administración de versiones, con reversiones en un solo clic.

Fuente: <https://firebase.google.com/docs/hosting/?hl=es-419>

Primeros pasos en Firebase Hosting

Implementar y alojar los recursos estáticos de un sitio fácilmente (HTML, CSS, JavaScript, etc.) con nuestro servicio de hosting de producción. Todo el contenido se entrega a través de HTTPS y está respaldado por una CDN global.

Como funciona

Firebase Hosting se creó para el programador web moderno. Los sitios estáticos son más potentes que nunca gracias al surgimiento de marcos de trabajo frontend de JavaScript, como Angular, y herramientas de generación estática, como Jekyll. Ya sea que se esté implementando una página de destino sencilla de la app o una app web compleja, Hosting ofrece la infraestructura, las funciones y herramientas orientadas a la implementación y administración de sitios web estáticos.

Hosting le da al proyecto un subdominio en el dominio firebaseapp.com. Con Firebase CLI, se puede implementar archivos de los directorios locales de la computadora a tu servidor de Hosting. Los archivos se distribuyen a través de una conexión SSL desde el servidor periférico más cercano de nuestra CDN global.

Además de alojar contenido estático, Firebase Hosting ofrece opciones de configuración ligeras para que compile apps web progresivas y sofisticadas.

Puedes reescribir fácilmente URL para el enrutamiento del cliente o configurar encabezados personalizados.

Una vez que se esté listo para poner un sitio en producción, puedes conectar tu propio nombre de dominio a Firebase Hosting. Proporciona automáticamente un certificado SSL para el dominio, a fin de que todo el contenido se entregue de forma segura.⁴⁴

JSON

Es una sintaxis de texto que facilita el intercambio de datos estructurados entre todos los lenguajes de programación. JSON es una sintaxis de llaves, corchetes y comas que es útil en muchos contextos, perfiles y aplicaciones.

JSON es una sintaxis ligera, basada en texto e independiente del lenguaje para definir formatos de intercambio de datos. Era derivado del lenguaje de programación ECMAScript, pero es independiente del lenguaje de programación. JSON define un pequeño conjunto de reglas de estructuración para la representación portátil de datos estructurados.

El texto JSON puede ser internalizado en las estructuras de datos de un lenguaje de programación. Hay muchas posibles semánticas que se podrían aplicar a la sintaxis JSON y muchas formas en que se puede procesar un texto JSON o mapeado por un lenguaje de programación. El intercambio significativo de información usando JSON requiere acuerdo entre las partes involucradas en la semántica específica que se aplicará. Definir interpretaciones semánticas específicas de JSON es potencialmente un tema para otras especificaciones..⁴⁵

JAVASCRIPTS

Se presenta como un lenguaje de desarrollo de aplicaciones cliente/servidor a través de internet. El programa en Javascript tiene la particularidad de que esta insertado dentro del mismo documento HTML que lo presenta la usuario y no por ello es un programa aparte. Permite crear aplicaciones similares a los CGI. El programa en Javascript reconoce eventos, son acciones Javascript (uno de los eventos es onClick, se refiere a que al pulsar con el cursor sobre una zona a la cual está asociado el evento se nos realizara una determinada acción), creados por el usuario, definiendo así un sistema interactivo. Podemos por ello crear formularios que verifiquen la validez de la información e interpreten está en el

⁴⁴ HOSTING FIREBASE. Julio de 2018. En línea. <https://firebase.google.com/docs/hosting/?hl=es-419> . [21-Julio de 2018].

⁴⁵ Standar ECMA – 404. The JSON Data Interchange Syntax. 2 edition /December 2017. En línea. <http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/ECMA-404.pdf> . [12 Enero 2018]

mismo programa contenido en el documento HTML sin necesidad de comunicaciones por la red. También se permite por medio de un código Javascript realizar acciones particulares como ejecutar un archivo de audio. Ejecutar un applet, etc.

El lenguaje HTML permite dotar las páginas Web de una atractiva información visual, no obstante le falta cierto grado de interactividad para el usuario. Es decir, en la mayoría de casos en una página Web es un mero escaparate. Para llenar el vacío existente entre la sencillez y poca interactividad de HTML y el grado de interactividad y dificultad de JAVA las empresas de software se dispusieron a desarrollar ordenes fáciles de utilizar. De esta manera Netscape Communications introdujo el lenguaje LiveScript, po después la empresa Sun Microsystems se unió a Netscape para conseguir que LiveScript fuese adoptado como lenguaje estándar de internet para la escritura de ordenes acerca de la Web. Puesto que LiveScript tenía muchas semejanzas con Java. El lenguaje fue renombrado como JAVASCRIPT.

Javascript es un lenguaje compacto y basado en objetos, diseñado para el desarrollo de aplicaciones cliente-servidor a través de internet. En una aplicación cliente para un navegador, las sentencias Javascript contenidos en un documento HTML pueden reconocer y responder a eventos generados por el usuario como clicks del mouse, información en formularios y navegación de documentos a documentos.

El lenguaje Javascript está construido a base de tres bloques particulares:

Variables. Los tipos de datos soportados por Javascript incluyendo números, lógicos, cadenas de caracteres y el tipo nulo.

Objetos. Es un contenedor dado para una colección de propiedades (valores). También puedes estar construido de otros objetos. Para crear un objeto primero debemos crear la función constructora de este objeto. Supongamos que tenemos la función constructora cuadrado(). Vamos a crear la variable primercuadrado y que sea del tipo cuadrado (que es objeto), la declararemos así: `primercuadrado=new cuadrado()`.

Funciones. Procedimientos que una aplicación puede ejecutar. Las funciones asociadas con un objeto en particular son llamadas los métodos de un objeto. Para declarar una función tendremos que hacerlo de esta manera: ⁴⁶

⁴⁶ JavaScript. Innovación y Cualificación, S.L Edición 2001. Pag 9-11.

Function Nombre_de_la_Funcion ()

{

Instrucciones del código

}

WIFI

Una comunicación inalámbrica es aquella que se lleva a cabo sin el uso de cables de interconexión entre los participantes; por ejemplo, una comunicación con teléfono móvil es inalámbrica, no cabe duda que la tecnología inalámbrica está ocupando rápidamente las preferencias de todo tipo de usuarios. Cada vez son más los hogares, los cafés, las pequeñas empresas, o grandes compañías los que se disponen a usar redes inalámbricas Wifi.

Wifi es una tecnología que permite que una gran variedad de equipos informáticos (ordenadores, impresoras, discos duros, cámaras, etc.) puedan interconectarse sin necesidad de utilizar cables. La aplicación principal que está teniendo Wifi en la actualidad es la de permitir que varios ordenadores, teléfonos, móviles de casa u oficina puedan compartir el acceso a internet.

La asociación conocida como WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) desde Abril del 2000 certifica la interoperabilidad de equipos según la norma de IEEE 802,11b bajo la marca de Wi-Fi (Wireless Fidelity) esto significa que el usuario tiene la garantía de que todos los equipos bajo el sello Wi-Fi pueden trabajar juntos sin problemas independientemente del fabricante de cada uno de ellos.

Letras y las velocidades de Wi-Fi

El estándar de comunicaciones inalámbricas lo expide IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), el estándar Wi-Fi está bajo la norma IEEE 802.11 b. Esta norma describe los detalles tenidos para establecer comunicaciones de datos de forma inalámbrica a una velocidad máxima de 11Mbps. Por otro lado la tecnología de comunicaciones ha seguido desarrollándose, lo que ha permitido que posteriormente aparezcan soluciones que permiten transmitir datos a velocidades superiores a 11 Mbps. Incluso ha llegado a hablar de soluciones teóricas que alcanzan hasta 540 Mbps. Muchas de estas soluciones llegan a tener su propia norma IEEE. Las más interesantes son las siguientes:

Tabla 7 Diferencias en Conectividad WIFI.

Fuente propia

NORMA	DESCRIPCIÓN
IEEE 802.11 b (año 1999)	Es la norma original que permite velocidades de transmisión de hasta 11 Mbps utilizando la banda de frecuencias de 2,4 GHz
IEEE 802.11 a (año 1999)	Esta norma se diferencia de 802.11 b en el hecho de que no utiliza la banda de los 2,4GHz sino la banda de 5 GHz La gran ventaja es que se consiguen velocidades de 54 Mbps llegando a alcanzar los 72 y 108 Mbps con versiones propietarias.
IEEE 802.11 g (año 2003)	Esta norma surgió con la idea de aumentar la velocidad sin renunciar a las ventajas de la banda de los 2,4 GHz. Permite transmitir datos a 54 Mbps. Existen versiones propietarias que llegan a los 100 Mbps
IEEE 802.11 n (año 2009)	Con esta norma se habla de velocidades de 300 Mbps y alcances mucho mayores que con las otras normas. Otra ventaja de esta norma es que es compatible con las anteriores (a, b y g).

Ahora Son muchos los dispositivos profesionales que están incorporando la tecnología Wi-Fi. En la mayoría de los casos lo único que aporta esta tecnología es eliminar el cable, pero no faltan los ejemplos donde esa comunicación inalámbrica es el verdadero valor del equipo.

- **Lector de código de barras.** Transmite la información a su terminal mediante Wi-Fi.
- **Lector de huella digital.** Para autenticación.
- **Terminales de punto de venta.** Inalámbricos para realizar cobros con tarjeta de crédito con total movilidad.
- **Sistemas de control remoto.** Sensores
- **Discos duros.** Para compartir información.
- **Impresoras.** Permiten realizar impresiones desde un equipo portátil.
- **Videoconferencia y Voz IP.** ⁴⁷

⁴⁷ Carballar.Jose A. WI-Fi. Lo que necesitas saber. Editorial. RC Libros. 2010

API

Su definición formal es la abreviatura de “Interfaz de Programación de Aplicaciones” (Application Programming Interface en inglés). Una API es una “llave de acceso” a funciones que nos permiten hacer uso de un servicio web provisto por un tercero, dentro de una aplicación web propia, de manera segura.

Ejemplos de APIs:

Google Maps a través de su acceso a “API” nos permite ponerle datos e información útil sobre sus mapas, y presentarlos con ciertas búsquedas o funciones personalizadas, desde nuestra propia aplicación.

Twitter ha permitido el desarrollo de un gran número de sistemas alternativos y servicios web que operan a través de su API.

Facebook Connect cede a través del API ciertos datos para registrar automáticamente usuarios en otros sitios web, dándoles la posibilidad de registrarse y loguearse con sus propias cuentas de Facebook.

Paypal con su “API” nos permite hacer operaciones de pagos electrónicos usando nuestro propio sistema web, sin necesidad de acceder/operar en la web de Paypal

Por ejemplo en algunas aplicaciones permiten interactuar usando nuestras credenciales de Facebook – en este caso el desarrollador de la aplicación estudió la API de dicha red social, e implementó esos protocolos para que la identidad del usuario pueda ser utilizada también en dicho aplicación.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que si Facebook falla (“se cae”), esta API tampoco funcionará, inhabilitando el login a través de ésta.

Es una interfaz para dar un acceso limitado a la base de datos de un servicio web, evitando que se conozca o acceda al propio código fuente de la aplicación original.⁴⁸

CONEXIÓN ENTRE GPS Y RASPBERRY PI

La conexión que se realizó entre el dispositivo GPS ublox neo m6 y el equipo embebido Raspberry pi 3 fue mediante los pines de conexión GPIO que trae incorporado la RP, el modulo gps tiene 4 pines de conexión (VCC para energizar el modulo GPS, Tierra, Transmisión y Recepción) que deben ir conectados a los pines:

VCC al Pin 1, que es 3.3v.

⁴⁸ ¿Qué es y para qué sirve una API? 4 Septiembre 2014. En Línea. <https://www.internetya.co/que-es-y-para-que-sirve-una-api/> [29 Enero 2018]

TX a Pin 10, que es RX (GPIO15).

RX a Pin 8, que es TX (GPIO14).

Gnd a Pin 6, que es Ground(Tierra).

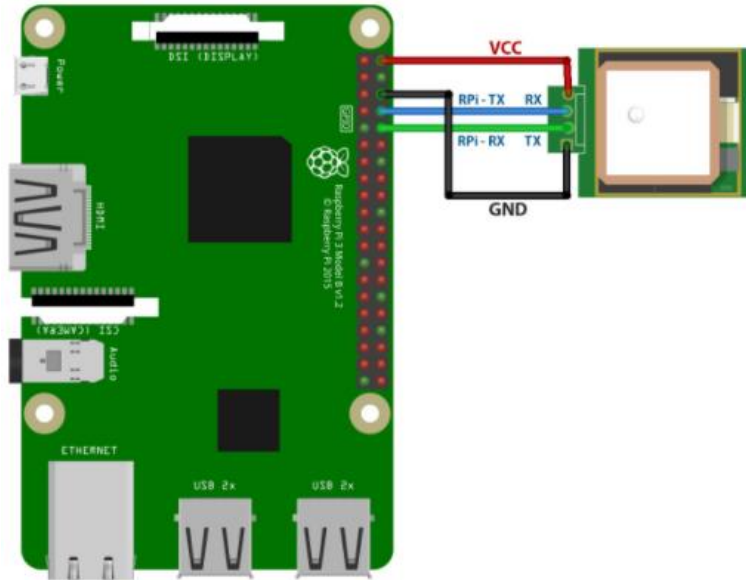


Ilustración 10 Conexión Física GPS y Raspberry Pi.

Fuente: <https://www.hackster.io/brane/how-to-setup-gps-module-and-collect-gps-data-in-windows-iot-e1907a>

Después de realizar la configuración en la RP para la recepción de datos del GPS, e instalar el software necesario para la lectura de los datos, en el momento de ejecutar los scripts se desplegará una ventana que nos permite ver los datos recibidos por el módulo GPS, como se ilustra a continuación.

Time:	2016-12-02T18:10:56.000Z	PRN:	Elev:	Azim:	SNR:	Used:
Latitude:	51.427152 N	4	80	101	26	Y
Longitude:	5.386149 E	5	39	197	33	Y
Altitude:	7.9 m	7	12	066	25	Y
Speed:	1.6 kph	8	12	036	18	Y
Heading:	0.0 deg (true)	13	76	298	24	Y
Climb:	0.0 m/min	15	43	293	22	Y
Status:	3D FIX (2 secs)	18	06	325	19	Y
Longitude Err:	+/- 4 m	20	46	274	23	Y
Latitude Err:	+/- 5 m	21	11	304	22	Y
Altitude Err:	+/- 12 m	24	07	248	14	N
Course Err:	n/a	28	55	107	38	N
Speed Err:	+/- 76 kph	30	43	066	21	N
Time offset:	0.740	126	28	155	33	N
Grid Square:	J021qk					

Fuente propia

Ilustración 11 Recepción de Datos GPS.

PÁGINA WEB DEL PROYECTO

El objetivo principal de la página WEB, es dar información sobre la ubicación geográfica del bus en tiempo real consultar su movimiento y ver como avanza hacia las diferentes paradas de este servicio. Además otras opciones que se presentan en la página Web son de carácter informativo y a modo de consulta, la información que encontrara el usuario le permitirán mejorar los tiempos de espera en el punto de parada.

En la página web se encontrara la información completa de una ruta en específico, para este caso la Ruta sobre la cual se está trabajando es Bolivia-Bochica II que pertenece a las rutas alimentadores del portal 80 de Transmilenio, las opciones de navegación son las siguientes:

- Horario.
- Cantidad de paradas.
- Ubicación exacta del bus.
- Ubicación de las paradas.
- Recorrido

En la creación de esta página WEB se pensó en dar al usuario una aplicación muy intuitiva que le permita obtener información de forma fácil, el código se ha escrito en HTML y se ha usado CSS.

CSS es un lenguaje de estilo que define la presentación de los documentos HTML. Por ejemplo, CSS abarca cuestiones relativas a fuentes, colores, márgenes, líneas, altura, anchura, imágenes de fondo, posicionamiento avanzado y muchos otros temas. Es posible usar HTML, o incluso abusar del mismo, para añadir

formato a los sitios web. Sin embargo, CSS ofrece más opciones y es más preciso y sofisticado. CSS está soportado por todos los navegadores hoy día.

Entre los beneficios concretos de CSS encontramos:

- control de la presentación de muchos documentos desde una única hoja de estilo;
- control más preciso de la presentación;
- aplicación de diferentes presentaciones a diferentes tipos de medios (pantalla, impresión, etc.);
- numerosas técnicas avanzadas y sofisticadas.⁴⁹

Para acceder a la información el usuario tendrá que conocer la URL correspondiente a este proyecto, al digitarla en cualquier explorador tanto de teléfono móvil, computador de mesa, equipo portátil, tableta u otro dispositivo tendrá acceso a la página web diseñada básicamente como medio información virtual a la mano de cualquier persona.

Ilustración 12 Pagina WEB.

⁴⁹¿Qué es CSS?. HTML.net. En línea. <http://es.html.net/tutorials/css/lesson1.php>. [12 Enero 2018].



Fuente propia

CONEXIÓN DE FIREBASE CON PAGINA WEB

Para conectar Firebase con la aplicación se descarga el archivo .JS que permite conectar con la aplicación WEB y acceder a los datos que hay alojados en la base de datos además se puede ver como las modificaciones de un campo repercuten en la aplicación web, los datos que sean modificados en la base de datos serán actualizados en todos los clientes en simultaneo.

Cuando se encuentre descargado el API de Firebase en la carpeta del proyecto WEB se debe hacer la instancia en la cabecera. Esto permitirá hacer uso de Firebase en la aplicación WEB, de la siguiente manera.

```
<script type="text/javascript" src="js/firebase.js"></script>
```

Para acceder a la información de Firebase usa lo que se conoce como referencias. Son enlaces que con el modelo de datos apuntan a un nodo en concreto del JSON. A través de las referencias se puede acceder a un documento completo o navegar por los hijos para acceder a otros nodos dependientes. Para hacer todas estas operaciones de recorrido de los datos Firebase se ofrece una nutrida API.

Las referencias se crean a través de una llamada a la función `firebase()`, indicándole como parámetro el nodo del modelo que se quiere referenciar. Los

los nodos están compuestos por una ruta definida con el nombre de la aplicación, con la ruta `https://alimentador-info.firebaseio.com` y luego una ruta. Si no indicas ninguna ruta simplemente accederás a la raíz de tus datos y si especificas una ruta podrás acceder a un nodo más interior.

A continuación una figura de la base de datos que se ha creado para este proyecto con los campos asociados a la página WEB.



Ilustración 13 Base de datos FIREBASE.

Fuente propia

Se ha creado una referencia nueva a la base de datos con la segunda línea de código como se muestra en la imagen a continuación, en este caso se estaría apuntando a la raíz de la base de datos, pero con el método `ref.child("Ruta")`, podemos interactuar directamente con alguno de los hijos de la raíz.

En Firebase cuando se accede a la información esta puede tener un estado determinado, pero sin embargo al ser una aplicación en tiempo real, ese estado puede cambiar en cualquier instante.

Para leer un dato constantemente y tener la información actualizada en la aplicación WEB, se debe suscribir a un evento, con la suscripción tendremos actualizado, el valor aunque cambie el valor, el evento vuelve a ser lanzado y actualiza el campo, la suscripción se realiza con el método `on()`, el evento que se suscribe es el "value".

Ilustración 14 Código HTML

Fuente propia

```
function firebase(){  
  
    var ref = new Firebase("https://alimentador-info.firebaseio.com");  
  
    ref.child("Ruta").on("value", function(snapshot){  
document.getElementById("tx").value = snapshot.val();  
    });  
}
```

El método on() permite suscribirse indicando el nombre del evento que me interesa, en este caso "value" y la función que queremos registrar como manejadora del evento. En esa función recibiremos el "snapshot" que es una instantánea del dato que tenemos en Firebase. Cuando cambie se disparará de nuevo el método recibiendo la siguiente instantánea. Para acceder al valor de la instantánea usamos el método val().⁵⁰

ENVIÓ DE INFORMACIÓN A FIREBASE

En la Raspberry Pi se ha creado un script en el lenguaje de programación Python, con el fin de realizar el envío de información a Firebase, Python al ser un lenguaje que permite la integración con diferentes librerías y periféricos, como dispositivos GPS, sensores, Bluetooth, servomotores, tarjetas de adquisición de datos u otros equipos embebidos, este lenguaje nos facilitará el envío de datos a Firebase, el script se ejecuta con el fin de poder manipular la información suministrada por el GPS.

EL GPS permite obtener diferentes mediciones como lo son altitud, latitud, longitud, velocidad, las cuales determinan la posición exacta del dispositivo, los datos que el script enviara directamente a las referencias creadas en Firebase como "Lat" y "Lng" serán las correspondientes a la latitud y longitud.

En el script se han incorporado las librerías tanto del GPS, como las de Firebase, se define la ruta de la base de datos de Firebase para que se pueda acceder a las referencias dentro de la base de datos, posteriormente a ellos se declaran las variables para inicializar el GPS, para empezar a recibir los datos desde los satélites se crea un Loop para obtener una transmisión de datos constantes.

⁵⁰ Introducción a Firebase. 28 Enero 2016. Miguel Angel Alvarez. En línea.
<https://desarrolloweb.com/articulos/introduccion-firebase-backend-nube.html>. [12 Enero 2018]


```
#!/usr/bin/env python
from firebase import firebase
import os
from gps import *
from time import *
import time
import threading

firebase = firebase.FirebaseApplication('https://alimentador-info.firebaseio.com', None)

gpsd = None #Declaramos la variable GPSD

class GpsPoller(threading.Thread):
    def __init__(self):
        threading.Thread.__init__(self)
        global gpsd #Declaramos GPSD como una variable global
        gpsd = gps(mode=WATCH_ENABLE) #Iniciamos el streaming de datos GPS
        self.current_value = None
        self.running = True

    def run(self):
        global gpsd
        while gpsd.running:
            gpsd.next() #Esto continuara el loop y recojera todos los datos.
```

Ilustración 15 Arranque del Script.

Fuente propia

Con las líneas de la siguiente imagen, logramos obtener los valores de latitud y longitud y hacer él envió directamente a Firebase a las referencias conocidas como “Lat” y “Ing”.

```
a = gpsd.fix.latitude # Se crea la variable "a" para almacenar la latitud.
b = gpsd.fix.longitude # Se crea la variable "b" para almacenar la longitud.

latitud = firebase.put("", 'lat', a) # Hace el envío del valor de "a" la referencia en Firebase.
longi = firebase.put("", "lng", b) # Hace el envío del valor de "b" la referencia en Firebase.
```

Ilustración 16 Envió de información Firebase.

Fuente propia

SCRIPT AL INICIO DE LA RASPERRY PI

Para evitar que se deba hacer manualmente el lanzamiento del Script cada vez que se enciende la RP y poner en marcha el proyecto, se ha realizado un script que se pueda ejecutar automáticamente desde el encendido de la Raspberry PI, al hacerlo de esta manera empezara a correr el script que anteriormente se ha descrito con el lanzamiento y la conexión del dispositivo GPS, inmediatamente se enciende el dispositivo empieza a realizar la búsqueda de los satélites, luego de obtener los datos y estar en conexión constante con los satélites empezara a través de la conexión de red, a realizar el envió de los datos a Firebase.

El script que permite obtener los datos del GPS debe ser un fichero ejecutable y además de ellos debe tener permisos, para dar los permisos, en la consola de la RP debemos escribir la siguiente línea de Código para cambiar el modo.

```
sudo chmod 777 /home/fin.sh
```

Luego de dar los permisos necesarios a nuestro script, se debe tener este archivo en la carpeta que tiene por defecto la RP, **/etc/init.d**, en esta carpeta se debe copiar el script para luego instalar el script en el arranque de la Raspberry Pi con la siguiente línea de comando:

```
sudo update-rc.d /etc/init.d/fin.sh
```

Con esta línea de comando finalmente queda el script instalado en el arranque de la Raspberry pi en los siguientes encendidos de la RP se dará el inicio del script automáticamente de esta manera se empezara a obtener los datos con tan solo realizar la energización de la RP.

CAPÍTULO 4 PRUEBAS Y CONCLUSIONES

PRUEBAS EN LA ETAPA DE ELECCIÓN

En el desarrollo del documento se evidencio que se podría trabajar con diferentes plataformas para lograr el desarrollo entero de la solución, pero con pruebas básicas de funcionamiento en los dispositivos que finalmente funcionarían en conjunto logramos brindar la solución y realizando pruebas básicas que finalmente se escogieron los componentes para el desarrollo de este trabajo de grado, se presentara aquí en adelante algunas de ellas.

Gps

La elección del dispositivo GPS, se realizó mediante la comparación y la experiencia obtenida en una de las materias de la Universidad Piloto de Colombia en la cual se pudo comprobar cómo se obtenía la ubicación actual del GPS por medio de estos dispositivos (Ublox Neo-M6 y Arduino UNO) las pruebas fueron realizadas y mostradas mediante una presentación serial a 9600 baud, como se mostrara a continuación.

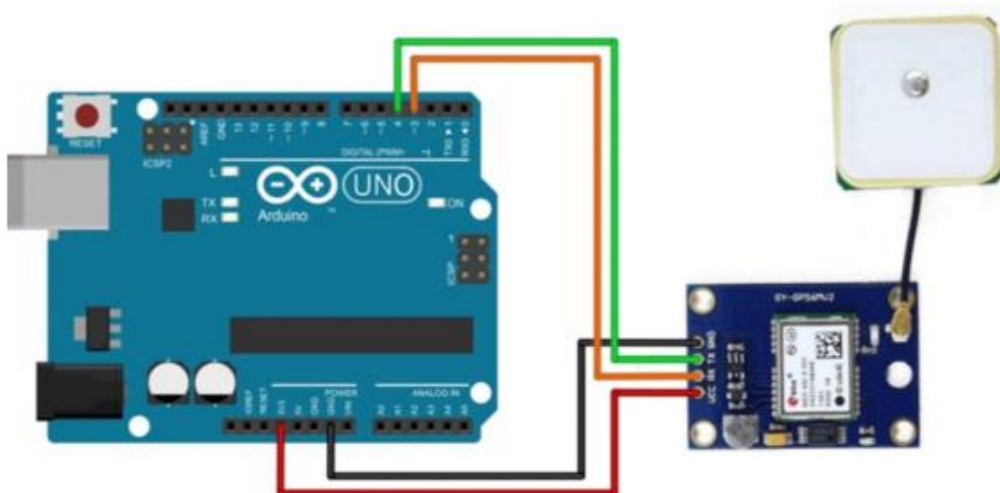


Ilustración 17 Conexión entre Arduino y GPS.

Fuente: https://naylampmechatronics.com/blog/18_tutorial-modulo-gps-con-arduino.html

Después de realizada las conexión y la puesta en marcha del software en un pc se pudo evidenciar como era la trasmisión de datos, con esta información clara se decidió que el dispositivo GPS era de las mejores opciones ya que podíamos obtener latitud y longitud de manera separadas y hacer uso de estas para graficar sobre un mapa la posición del autobus.

```

Send
#GPRMC,191550.00,A,4,000.0,N,00831.54551,W,0.041,,030118,,A*66
#GPVTG,,T,,M,0.041,N,0.076,K,A*27
#GPGGA,19,000.0,N,00831.54551,W,1,08,0.95,122.6,M,50.1,M,,*43
#GPGSA,A,3,24,12,15,29,19,25,32,14,,,,,1.61,0.95,1.30*0B
#GPGSV,4,1,13,02,04,104,,06,04,075,12,10,17,257,,12,78,015,26*75
#GPGSV,4,2,13,14,17,317,16,15,17,161,31,17,02,029,,18,09,228,20*7F
#GPGSV,4,3,13,19,18,040,33,24,57,087,32,25,55,251,31,29,16,181,29*7F
#GPGSV,4,4,13,32,37,308,25*42
#GPGLL,4,1,000.0,N,00831.54551,W,191550.00,A,A*71
#GPRMC,191551.00,A,4,000.0,N,00831.54550,W,0.024,,030118,,A*6A
#GPVTG,,T,,M,0.024,N,0.044,K,A*25
#GPGGA,19,000.0,N,00831.54550,W,1,08,0.95,122.6,M,50.1,M,,*4C
#GPGSA,A,3,24,12,15,29,19,25,32,14,,,,,1.61,0.95,1.30*0B
#GPGSV,4,1,13,02,04,104,,06,04,075,11,10,17,257,,12,78,015,26*76
#GPGSV,4,2,13,14,17,317,17,15,17,161,30,17,02,029,,18,09,228,20*7F
#GPGSV,4,3,13,19,18,040,33,24,57,087,32,25,55,251,31,29,16,181,29*7F
#GPGSV,4,4,13,32,37,308,25*42
#GPGLL,4,1,000.0,N,00831.54550,W,191551.00,A,A*7E
 Autoscroll
Both NL & CR
9600 baud
Clear output

```

Ilustración 18 Datos GPS en Arduino.

Fuente: <https://randomnerdtutorials.com/guide-to-neo-6m-gps-module-with-arduino/>

Base de datos

Las pruebas realizadas a la plataforma Firebase, se desarrollaron con un script muy básico el cual se enlazo con la base de datos Firebase, en donde se podía ver cómo era la transmisión de información en tiempo real, se cambiaban los datos de “Ruta” y “parada” y se veían en el entorno web el cambio, esto se realizó de acuerdo a tutoriales y videos donde explicaban la importancia de usar una base de datos en tiempo real.

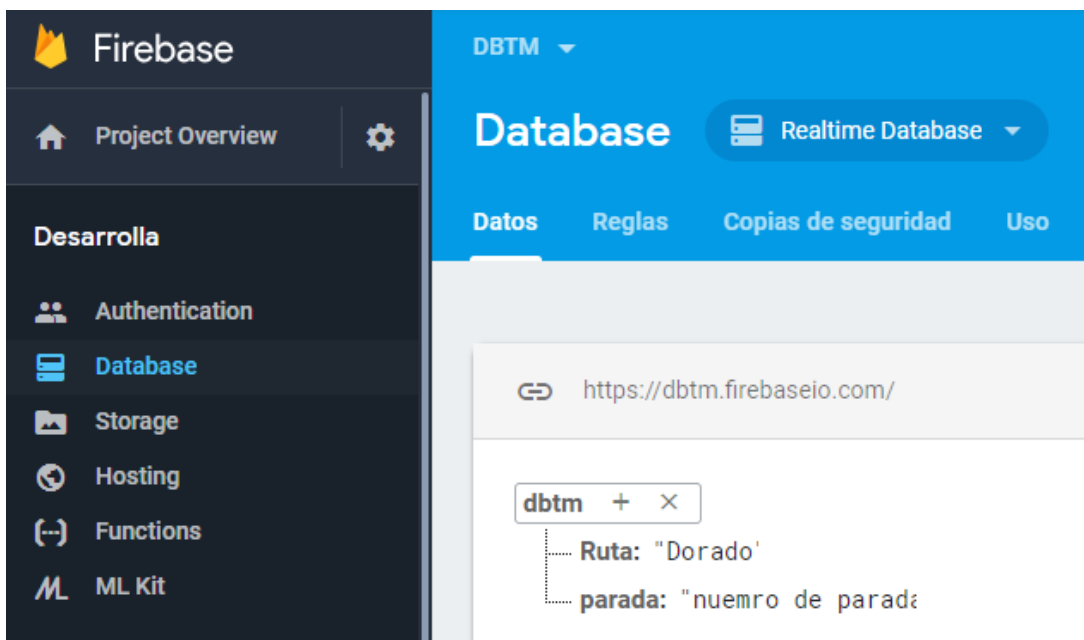


Ilustración 19 Base Datos Tiempo Real.

Fuente propia

SIMULACIÓN

La simulación de la ruta Bolivia Bochica, se realizó en la página web con el fin de que el usuario pueda identificar el recorrido del bus, esto será de ayuda para identificar todo el recorrido del bus de principio a fin, lo que siempre se busca con este proyecto es darle la información al usuario en el mayor desglose posible, que no se sientan perdidos en la búsqueda de paraderos que sirva de ayuda para ver el horario de la ruta, buscamos dotar de información al usuario en un solo lugar y es en la página web, para este propósito se creó un botón en la interfaz gráfica con el nombre de "Recorrido", lo que se espera es que los usuarios lo consulten para poderse ubicar sobre la ruta y encontrar de manera rápida las paradas del autobús, en la siguiente imagen se puede ver la simulación en la página web.

UBICACIÓN DE ALIMENTADOR

Aquí encontraras información sobre tu ruta alimentadora

Nombre ruta : Mapa Satélite

Consulta

Cantidad de paradas :

Horario :

Mostrar paradas : Parada 4 ▼

Dirección de parada :

Ilustración 20 Pagina Web.

Fuente propia

MONTAJE PARA LAS PRUEBAS

Para realizar las pruebas del equipo se tuvo que tener dos consideraciones especiales, la primera va de la mano con la posibilidad de integrar directamente con el autobús de propiedad de Transmilenio, entonces para los fines prácticos, se decidió conectar todo el equipo a un vehículo particular el cual nos servirá como ejemplo para realizar las pruebas en la calle directamente y ver el comportamiento del dispositivo, la segunda condición para las pruebas es la conectividad que se tuvo que realizar para él envió de información a la plataforma web, ya que en el diseño se pensó que este sea conectado directamente a la red TRETRA de Transmilenio, no se contempló una tarjeta GSM para él envió de datos, en las pruebas usaremos una red Wifi provista por un plan de datos del celular a modo de punto de conectividad Wifi.

PRUEBAS FINALES A LA SOLUCIÓN

En las pruebas finales se utilizó todo el equipo operando de forma autónoma, es decir, se realizaron las configuraciones necesarias para que en el momento que se energice el prototipo este empiece a trabajar sin ninguna manipulación por el operador del vehículo, es en este momento donde la Raspberry conecta con el modulo GPS, comienza la etapa de emparejamiento con los satélites, luego de ello, la Raspberry Pi conecta con la red Wifi y procede a tomar los datos y comenzar con él envió de ellos a Firebase, después de esto se hará la descarga de datos en la página Web.

Por otra parte se abrirá desde un teléfono móvil y un equipo portátil para ver la trasmisión de datos, esperamos ver los tiempos de retraso en la información, así mismo, datos perdidos y demás eventos que se puedan presentar con las pruebas a realizar.

La primera prueba realizada al prototipo fue de arranque, se encendió el dispositivo y se contabilizo cuáles eran los tiempos en que esté se demora en encender y obtener la señal del GPS, luego procede con el envió de los datos; se cronometró estos diferentes arranques y se obtuvo lo siguiente.

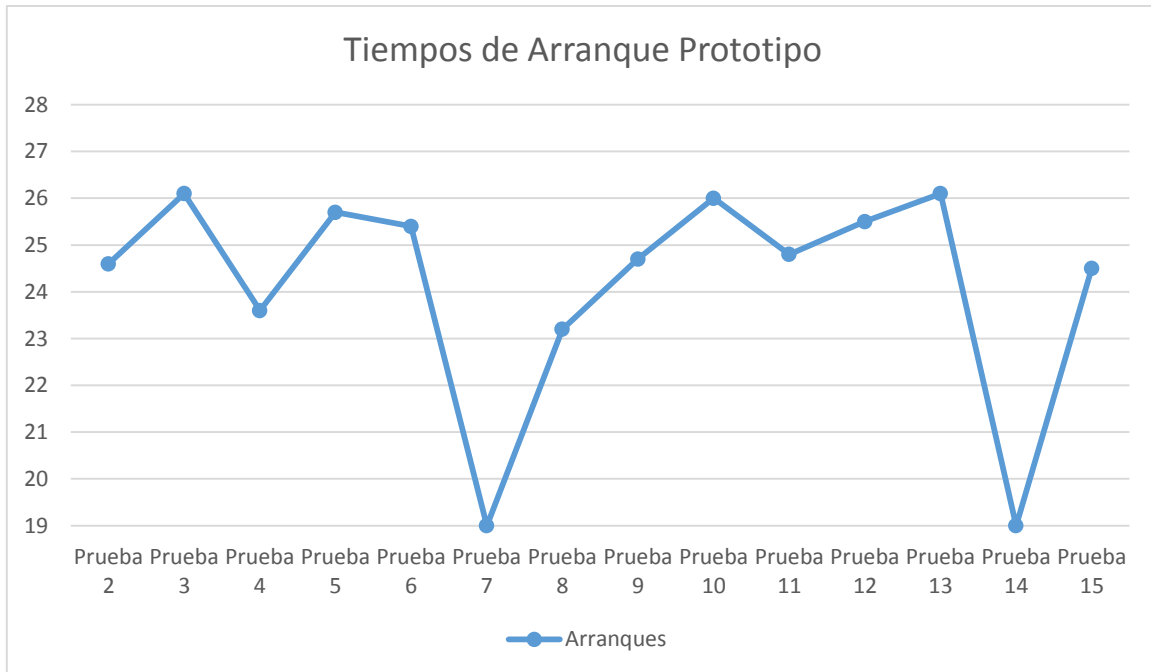


Ilustración 21 Tiempos de Arranque del Prototipo.

Fuente propia

En promedio el prototipo enciende en 25 segundos, en este lapso de tiempo el realiza lo siguiente: enciende, sincroniza el GPS, se conecta a la red WIFI y hace el envío del primer dato a Firebase, así mismo se encontraron momentos y ubicaciones en las cuales no se logró obtener datos, siendo estas pruebas satisfactorias para el propósito del proyecto.

A continuación se presentaran los resultados de las pruebas obtenidas; comparando los datos arrojados por el GPS que trae incorporado el teléfono móvil contra los datos obtenidos del GPS Ublox, estas pruebas se realizaron en la calle justamente sobre la ruta que cubre el bus Bolivia Bochica II.

Al tabular los datos, se obtuvo el grafico que indica en metros la distancia que hay entre la ubicación real y la arrojada por los diferentes GPS pese a que se obtuvo varios errores en la trasmisión de los datos y el error humano en las medidas. Se identificó que el GPS Ublox brinda una ubicación más próxima a la ubicación real, la distancia arrojada máximo era de 4 m, se llega a la conclusión debido a que las ubicaciones arrojadas fueron más cercanas a la posición real del prototipo en la calle.

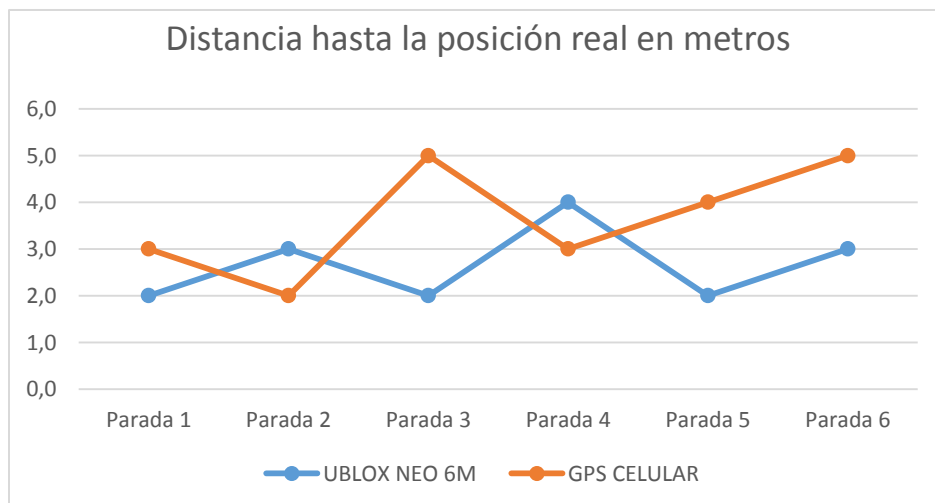


Ilustración 22 Distancia hasta la posición real en metros.

Fuente propia

Es por eso que se realizaron mediciones entre la página web y Firebase para observar en donde se encuentran los tiempos de retardo en el movimiento del marcador puesto en el mapa; con estas pruebas se dio a conocer que los retrasos no son en la comunicación entre Firebase y la Raspberry Pi ya que los datos cambian al instante en cuestión de milisegundos y se ven reflejados los datos en Firebase, finalmente se decidió tomar los tiempos entre el cliente web y Firebase para conocer el tiempo de retraso en el movimiento del marcador.

Pudimos ver como se hacía la actualización de datos en Firebase dicha actualización no tiene un periodo más largo de 2 segundos en cada actualización aun dependiendo si el GPS está en movimiento o no.

Tabla 8 Tiempos de Retardo en la información entre Raspberry Pi y Firebase.

Pruebas	FIREBASE	RASPBERRY PI
1	1 Seg	1 Seg
2	1 Seg	1 Seg
3	2 Seg	2 Seg
4	1 Seg	1 Seg
5	2 Seg	2 Seg

Fuente propia

Con las mediciones realizadas y las diferentes iteraciones se descarta que haya un retraso significativo en la base de datos que maneja Firebase, dicho esto se procederá a ver si en el código JavaScript de la página Web o si en el código de Python podemos agilizar el envío de los datos.

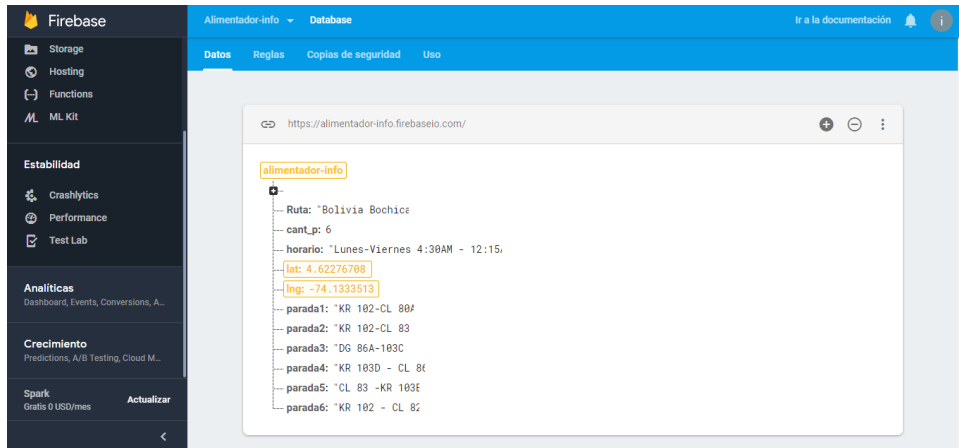


Ilustración 23 Actualización tiempo real Firebase.

Fuente propia

Después de ajustado el software en la Raspberry Pi se logró un envió constante de datos, estos datos se configuraron con una latencia muy baja para evitar conflictos, los tiempos fueron configurados a máximo 3 segundos para cada iteración en el envió y en el movimiento del marcador, con estos tiempos logramos que fuera constante el movimiento del marcador sobre la ruta Bolívia Bochica II.

Realizaremos otra prueba para ver el envió de datos desde una red diferente ya que en las primeras pruebas se utilizó un operador celular en este caso Tigo Une para las siguientes pruebas realizaremos las pruebas de envió de datos con el operador Claro.

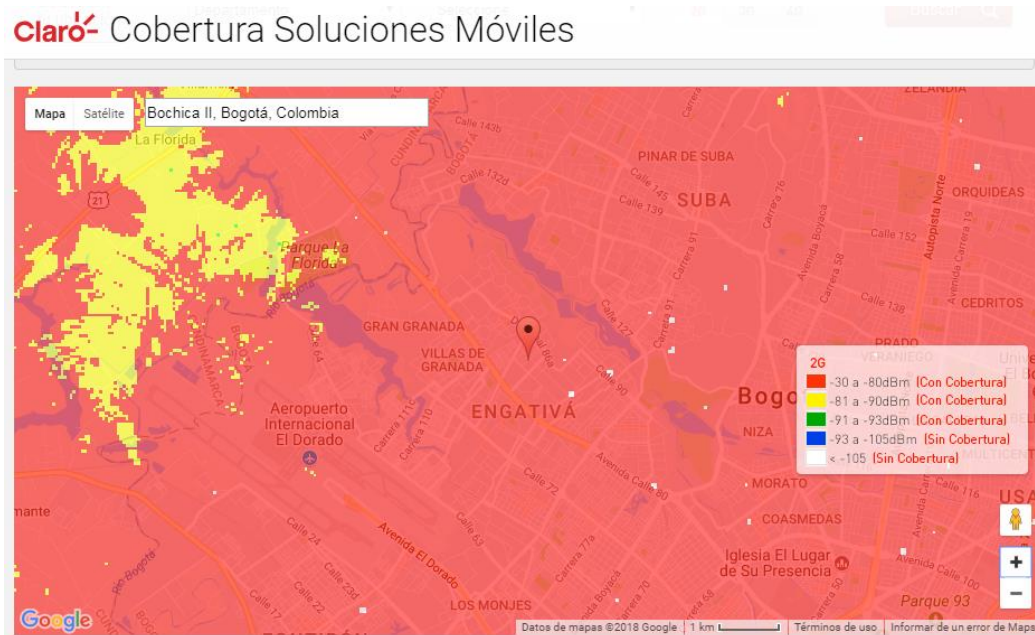


Ilustración 24 Cobertura Celular Claro.

Fuente: <http://aplicaciones.claro.com.co/personas/soporte/mapas-de-cobertura/>

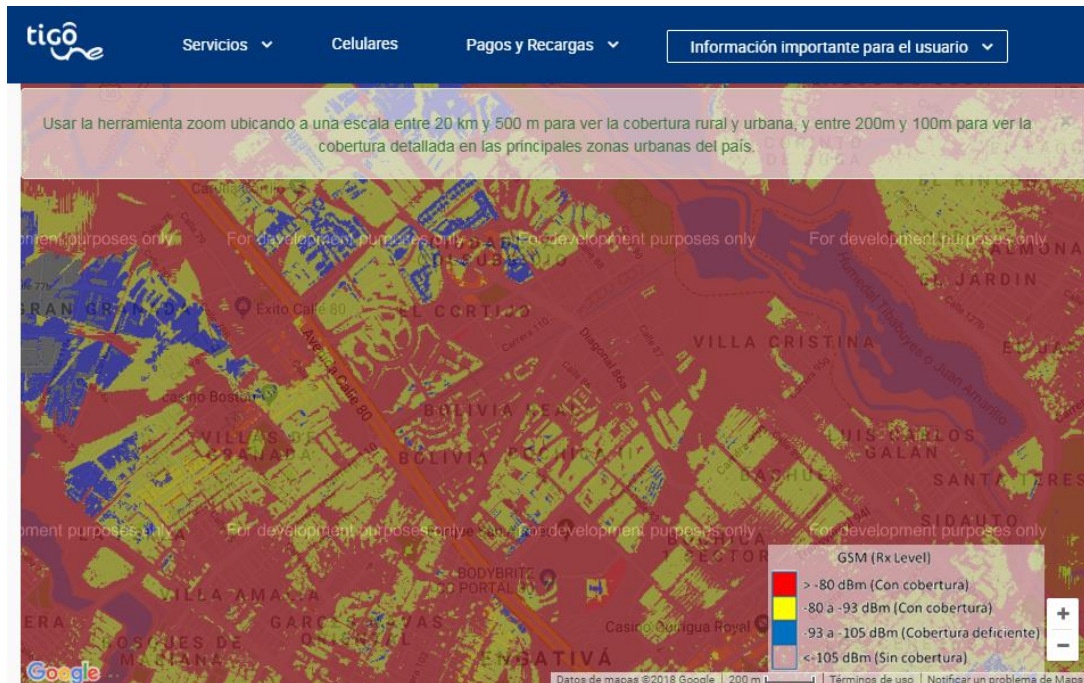


Ilustración 25 Cobertura Celular Tigo.

Fuente: <https://www.tigo.com.co/regimen-de-proteccion-al-usuario/mapa->

Para dichas pruebas fue fundamental entender que en la ciudad Bogotá, la red celular 4G cubre la mayor parte de la ciudad, como se muestra en los gráficos anteriores, después de realizadas las pruebas se encontró que los datos se enviaron de formas similares y el retraso se ve debido a que las lecturas del GPS viene configuradas de fábrica.

En el grafico a continuación se mostrara los datos obtenidos en las pruebas de red celular, se logró identificar cuando una red dejaba de funcionar dependiendo de la ubicación del GPS, se realizó la prueba en un recorrido lineal en el cual no se obtuvo ninguna circunstancia anormal, en ocasiones se perdió la latitud y longitud cuando se pasó por debajo de un puente vehicular, esto sucedió debido a que llego a fallar la sincronización del GPS y arrojó los datos con el valor de cero pero él envió de los datos continuo de manera asertiva hacia Firebase.

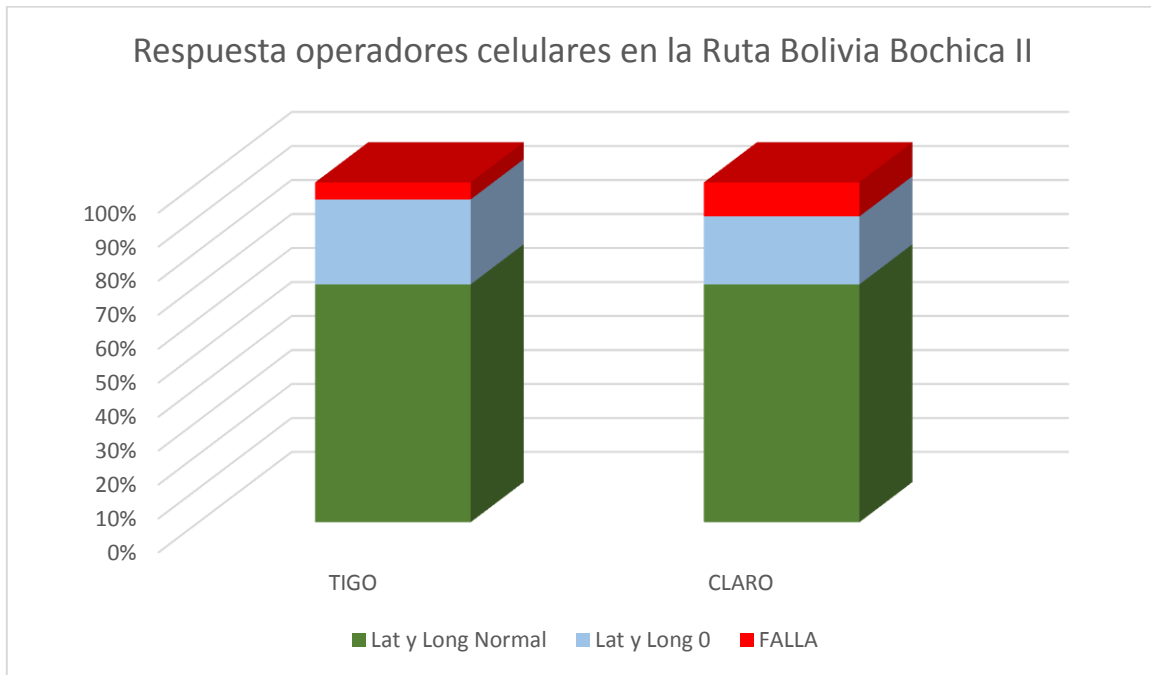


Ilustración 26 Respuesta Operadores Celular.

Fuente propia

Luego de realizar las pruebas físicas del prototipo se desea conocer el estado actual del conocimiento del público sobre las rutas Alimentadoras para ello se realizó una encuesta sobre el servicio Alimentador de Transmilenio, a continuación los resultados obtenidos tras realizar la encuesta a 40 personas.

¿Tiene usted conocimiento sobre las rutas del servicio alimentador de Transmilenio ?

40 respuestas

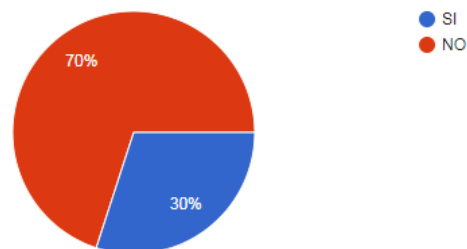


Ilustración 27 Conocimiento de Rutas Alimentadoras por 40 usuarios.

Fuente propia

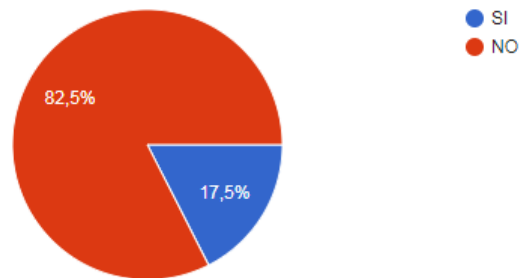
El grafico anterior nos ilustra sobre el desconocimiento del 70% en los usuarios en especial del servicio Alimentador, es de suma importancia dotar al público de un servicio que satisfaga las necesidades básicas de información sobre este servicio

que a pesar de no ser masivo cuenta con una función de suma importancia en los portales de la ciudad de Bogotá.

A continuación un gráfico sobre el conocimiento de las estaciones de parada del servicio Alimentador de Transmilenio.

¿ Conoce la ubicación exacta de paradas de los servicios alimentadores de Transmilenio?

40 respuestas



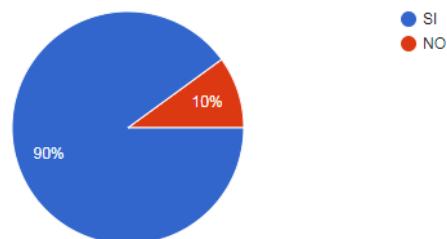
Fuente propia

Ilustración 28 Desconocimiento de la ubicación de paraderos de Alimentadores.

Del gráfico a continuación, se deduce que sería de gran acogía entre el público que utiliza los servicios Alimentadores una herramienta que permita el conocimiento de las rutas, las paradas y en especial lo que hemos enfocado este proyecto la ubicación exacta de dichos buses Alimentadores.

¿ Le gustaría una aplicación destinada a informar sobre las rutas Alimentadoras de Transmilenio ?

40 respuestas



Fuente propia

Ilustración 29 Acogimiento del público a nuevas fuentes de información.

CONCLUSIONES

- El dispositivo GPS Ublox debe estar expuesto de manera fácil a cielo vierto ya que en el momento que está encerrado arroja un error al sistema, lo que hace que las posición en la página web sea en la latitud y longitud 0-0.
- El dispositivo GPS Ublox neo 6m maneja una precisión mayor a la que nos dan los GPS integrados en los teléfonos móviles; se encuentra que la exactitud de la posición se da con 9 dígitos en el Ublox y en los teléfonos con una exactitud de 6 dígitos.
- En las encuestas realizadas a las personas se demostró el poco conocimiento del servicio Alimentador ofrecido por el servicio público “Transmilenio” desde paraderos, rutas, horarios y demás información del servicio.
- En las encuestas realizadas se observó el común acuerdo por parte de los usuarios del transporte público de Bogotá para obtener una fuente de información que les permita acceder de manera sencilla a los datos importantes sobre los servicios alimentadores.
- Lo que se logró con este trabajo de grado fue ofrecer una solución sencilla, económica por parte de la ingeniería de telecomunicaciones a una problemática presentada actualmente por parte del servicio público en Bogotá, en este caso los alimentadores, desde el campo de los ITS.
- Se observó que la implementación de sistemas embebidos puede llegar a contribuir en el avance del IOT en Colombia a partir de generar valor a los servicios actuales de movilidad ofrecidos a todo público.
- La página Web del proyecto sirve como guía para los usuarios del servicio alimentador de la Ruta Bolivia Bochica II, aquí el enlace para abrir la página Web del proyecto: <https://alimentador-info.firebaseio.com/>

BIBLIOGRAFIA

- Mashrur A. Chowdhury, Adel Wadid Sadek. (2003). Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning. Ed. Artech House
- ARANDA, Diego. (2004). ELECTRÓNICA - Plataformas Arduino y Raspberry Pi. Ed. Dalaga.
- Anguiano Morales Jorge Daniel. (2004). Características y tipos de bases de datos. IBM developerWorks
- Norma ISO. TC 204. Intelligent Transport Systems.
- Moscoso July, Perdomo Lady, Perdomo Mileidy, Mayorga Oscar. (2011). Modelado de sistemas de transporte masivo empleando dinámica de sistemas: caso Transmilenio S.A.
- Cendrero Benjamín, Truyols Sebastián. El Transporte: Aspectos y Tipología. (2008) Ed. Delta publicaciones.
- O'REILLY. Salvatore Loreto, Simon Pietro Romano. Real-Time Communication with WebRTC: Peer-to-Peer in the Browser. Abril 2014.
- CONTRATO DE CONCESION OPERACIÓN TRONCAL DEL SISTEMA TRANSMILENIO. Noviembre de 1999. Pag.13
- Melo Angie, Cañon Yeimmy. 2012. Tesis de Grado. GENERACIÓN DE LA MATRIZ O/D A PARTIR DE UN SISTEMA ITS BASADO EN LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH. UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA. Bogotá Colombia.
- Venegas Andres, Vega Julian. 2013. Tesis de Grado. DESPLIEGUE DE UN SISTEMA ITS UTILIZANDO COMPUTACIÓN EMBEBIDA PARA LA GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE LA MATRIZ O/D MEDIANTE ENFOQUES NOSQL Y ORIENTACIÓN A SERVICIOS. UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA. Bogotá Colombia.
- A. Ghose, P. Biswas, C. Bhaumik, M. Sharma, A. Pal and A. Jha, "Road condition monitoring and alert application: Using in-vehicle Smartphone as Internet-connected sensor," Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2012 IEEE International Conference on, Lugano, 2012, pp. 489-491.doi: 10.1109/PerComW.2012.6197543.
- Quitero Yudy. Villa Arley. Patiño Gustavo. Comunicación Machine-to-Machine para sistemas inteligentes de Transporte. Artículo IEEE ISBN 978-1-5090-1084-4. 2016
- George Suciú, Marius Vochin, Alexandru Vulpe, Octavian Fratu, PhD, Member IEEE. Vehicular Mobile Data Collection Platform to Support the Development of Intelligent Transportation Systems. Artículo IEEE ISBN 978-1-5090-4086-5. 2016
- JavaScript. Innovación y Cualificación, S.L Edición 2001. Pag 9-11.