

SISTEMA WEB PARA LA GESTIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO, MEDIANTE GEOLOCALIZACIÓN Y CONSULTAS A TRAVÉS DE DISPOSITIVOS MÓVILES. (CASO DE ESTUDIO SAN GIL - SANTANDER)

Ferrer González, Marian Andrea¹
Durán Santos, Fabián Andrés²
Barón González, Henry Javier³

mariannferrer@unisangil.edu.co
fabianduran@unisangil.edu.co
hbaron@unisangil.edu.co

¹ Estudiante de último semestre de Ingeniería de Sistemas de la Fundación Universitaria de San Gil- Unisangil
² Ingeniero de Sistemas - Joven investigador grupo de Investigación HYDRA - Unisangil
³ Ingeniero de Sistemas – Director Grupo de Investigación HYDRA - Unisangil

Resumen— Históricamente en las grandes capitales del mundo se ha venido incrementado el flujo vehicular en forma progresiva, siendo el transporte colectivo uno de los medios más utilizados y por tanto, el de mayor impacto en la vida cotidiana de los ciudadanos. Los principales problemas que presenta el servicio de transporte público colectivo, están asociados a la saturación de usuarios en las estaciones a diferentes horas del día, el tiempo de espera en la llegada de las unidades de transporte y los retrasos que se presentan debido a factores externos o de movilidad a causa de las deficiencias en la infraestructura vial.

Dado que en Colombia no existen sistemas de autopistas apropiadamente desarrolladas y las vías urbanas se encuentran altamente deterioradas, resulta un desafío para las empresas de transporte público, mantener un control efectivo en los horarios de despacho y llegada de los buses a los puntos de acopio, como también realizar el monitoreo de las diferentes rutas de transporte y tener planes de contingencia ante cualquier eventualidad. Frente a esta problemática, surge una solución a partir de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs); referido al desarrollo de software en ambiente web, dirigido a las empresas de transporte público para la gestión de unidades de transporte en tiempo real, permitiendo el despacho asistido por computadora y la localización automática de los vehículos a través del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Gracias a la utilización de servicios como Google Maps el software tendrá cobertura cartográfica asegurada, con el fin de georeferenciar la ubicación exacta de cada unidad de transporte, permitiendo extraer información relevante y así generar reportes que faciliten la toma de decisiones para la gestión eficiente en los tiempos de despacho de las unidades. Todo ello con el fin de fortalecer las capacidades de las agencias de transporte y otorgar a los administradores de las mismas una herramienta para el control del flujo vehicular en las diferentes rutas.

Adicionalmente, se desarrollará una aplicación móvil orientada al usuario, que contribuye a la solución de los problemas de transporte público, puesto que le permite conocer la frecuencia de las rutas, horarios, tarifas, tiempos de desplazamiento, sitios de interés, entre otros factores que infieren en la calidad del servicio público con el fin de optimizar la complicada tarea de viajar en el transporte público.

Índice de Términos— Gestión de rutas, Geolocalización, Google Maps, Software libre, Tics, Tracking, Transporte público

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de transporte público desde su aparición no habían tenido un cambio tan radical como los que han surgido en las últimas tres (3) décadas, cobrado gran importancia, al punto que ahora hacen parte de las políticas de planificación del país y de los más grandes negocios de operación pública o, en otros casos de concesión a operadores privados. Estos cambios sustanciales han surgido en respuesta al crecimiento poblacional y estructural de las distintas ciudades colombianas, que traen consigo problemas de movilidad y aumento en la demanda de personas que desean utilizar el servicio de transporte público,

superando en gran medida la oferta existente; en consecuencia la carencia de cobertura y de agilidad de este servicio es cada vez más notoria.

A la anterior situación se suma el deterioro de los corredores viales, que a su vez se congestionan por múltiples causas, lo que muestra la escasa e ineficiente infraestructura pública en las ciudades. Esta problemática que afecta directamente al transporte público trae con sigo una percepción de inseguridad a quienes son usuarios frecuentes y aquellos que están de visita en la ciudad y hacen uso del servicio público.

A raíz de dicho impacto han surgido soluciones de la mano con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) las cuales juegan un papel importante en la sociedad actual. Éstas han sido aplicadas con éxito en muchos sectores como la educación, el comercio, producción industrial, transporte, entre otros. En los últimos años la implementación de las Tics en los sistemas de transporte ha ido en aumento, dando origen a nuevos enfoques y modelos en este sector.

Es así como, ante los evidentes problemas relacionados con la movilidad y los nuevos enfoques tecnológicos se planteo desarrollar un Sistema de gestión de rutas para la red del transporte público en San Gil Santander basado en las tecnologías PHP, PostgreSQL y servidor Apache. El desarrollo de este sistema de transporte, da a las empresas una herramienta funcional y práctica, que permite gestionar y controlar el funcionamiento de sus rutas, esto se debe a que el sistema otorga al administrador de rutas de transporte en la empresa, la posibilidad de controlar el comportamiento en tiempo real de sus diferentes unidades dentro de la red del transporte público en la ciudad, de esta manera puede contar con información actualizada del estado de las diferentes unidades y así poder tomar decisiones que permitan la optimización del servicio. El control de estas unidades se lleva a cabo implementando herramientas de geolocalización, las cuales se integran al sistema con el api de Google Maps para otorgar cobertura cartográfica para el posicionamiento geográfico de los vehículos, de esta manera los operadores pueden visualizar a cada unidad en tiempo real.

El sistema también integra a los usuarios del transporte colectivo urbano, permitiendo el acceso al sitio web para obtener información relacionada y asociada con horarios, rutas y unidades para transportarse fácilmente dentro de la ciudad, y así acercar este medio de transporte, a toda persona que sea reticente a su uso por desconocimiento de los horarios y rutas, ya que de un simple vistazo se podrá saber, por ejemplo, que autobús puede ser usado para llegar a cierto destino. De esta manera se busca mejorar la movilidad y así mismo facilitar el

uso de los medios de transporte público colectivo urbano que ofrece la ciudad para todos los usuarios.

Con la implementación de esta herramienta tecnológica, se espera conseguir un mayor dinamismo en el flujo de usuarios, dentro de la red de transporte público colectivo en esta localidad, permitiendo una planificación más óptima y precisa de las rutas necesarias para transportarse dentro de la ciudad, así mismo las empresas tendrán la oportunidad de controlar eficazmente cada una de las unidades con las que cuentan, gestionar rutas, tiempos de desplazamientos.

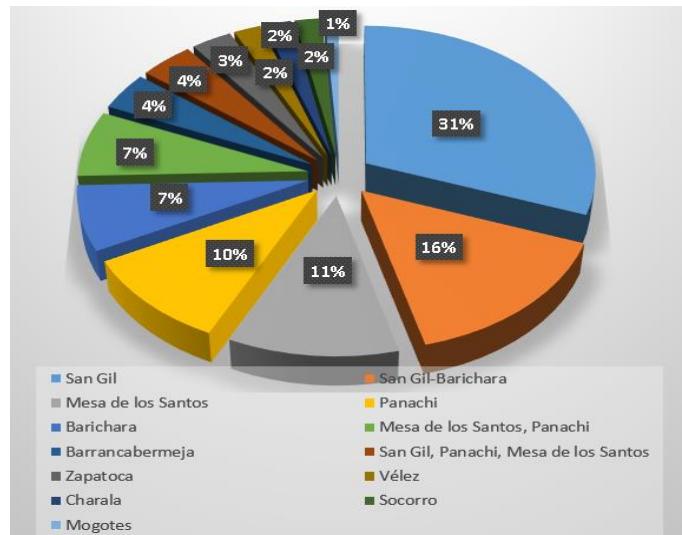
II. CONTEXTO TEÓRICO

A. San Gil capital turística de Santander

San Gil es la ciudad pionera de los deportes extremos y de aventura en Colombia, pues en 1996 inició la operación comercial del *rafting* siendo en ese momento los únicos en el país que ofrecían este tipo de diversión, y al pasar los años ha ido creando otros deportes. Hace más de 16 años San Gil recibió el título de ‘Capital Turística del Departamento’ y desde hace más de dos décadas los deportes extremos, sus paisajes y diferentes atractivos turísticos se convirtieron en una nueva fuente económica para las empresas que comenzaron a trabajar en este sector [1].

El incremento de la población y el turismo en San Gil obliga tanto al Gobierno Departamental como a las empresas privadas del sector a la adecuación de la ciudad para convertirla en un sitio agradable para vivir o visitar, mejorando el desplazamiento por la misma, tanto para residentes como para turistas que utilizan diferentes medios de transporte público.

San Gil cuenta con 3 empresas de transporte urbano: (Cootraguanenta, Cootrafonce y Cootrasangil), que tienen servicio de colectivo en microbuses (busetas), transporte urbano municipal (taxis), servicio escolar o mixto, y radio-carga.



Fuente: O, Oviedo y L, Carrillo. Tesis de grado denominada: “Factibilidad para la creación de una empresa de turismo con destinos a los lugares y municipios de Santander”

Fig. 1: Municipios turísticos frecuentados por el núcleo familiar

La importancia de las mejoras tanto en las vías, como en los servicios de transporte público en todo su espectro (calidad de los buses, horarios, rutas, etc.) es algo en lo que están de acuerdo tanto el Estado como la empresa privada, quienes lo consideran un tema de máxima importancia en la mejora de la ciudad para que ésta se convierta en destino turístico a nivel mundial y sea atractiva para grandes inversiones [2].

B. Sistemas de Información geográfica

Los sistemas de información geográfica (SIG) han sido propuestos desde hace más de treinta años como una disciplina para representar, modelar, analizar y planificar el territorio, usando herramientas computacionales. Su relación con la computación partió de la simple representación gráfica hasta modelar información espacial y aplicar técnicas de inteligencia artificial para realizar búsquedas heurísticas en grandes cantidades de información [3].

C. Estado del arte

Guisao y Ruiz [4] realizaron un trabajo de grado presentado para optar por el título de Ingeniero de Sistemas que otorga la Universidad EAFIT de Medellín, Colombia, titulado: "Sistema de consultas de rutas publicas basado en sistemas de información geográficos". En esta tesis de grado se describe el proceso de análisis, diseño e implementación de una aplicación web para la consulta de la ruta óptima a pie para desplazarse entre dos puntos geográficos establecidos por el usuario y las rutas de buses cercanas. Este desarrollo se apoyó en un gran número de herramientas de código abierto y el uso del API de Google Maps.

Xavier Valdecantos presentó el proyecto denominado “Sistema de seguimiento de transporte público”, para optar al título de Ingeniero de Sistemas en la Universidad del país Vasco; dicho proyecto fue realizado en ambiente web y muestra a petición del usuario las líneas de transporte público disponible, seleccionando cuales quiere visualizar, de manera que al seleccionar una línea se muestran todo los vehículos y su posición actual [5].

III. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

Este artículo comprende el desarrollo de una aplicación web que permite a las empresas de transporte realizar control sobre las unidades que prestan el servicio en la ciudad de San Gil. El software integra una interfaz donde el administrador de la red de transporte crea las diferentes rutas que presta la empresa, todo esto es llevado acabo sobre el api de Google Maps que garantiza una cobertura cartográfica, permitiendo dibujar rutas sobre el mapa de la ciudad de San Gil por donde cada una de las unidades de transporte van a circular. Una vez alimentada la base de datos con los trazos de las rutas, se procede a integrar a cada vehículo de transporte de la empresa al sistema web, donde cada uno de estos es ubicado por medio de GPS, dicho control se lleva a cabo con dispositivos móviles que integran un software que permite hacer seguimiento (tracking), enviando en un rango de 5 a 30 segundos la ubicación exacta de la unidad, estos datos geoespaciales son almacenados en un servidor local, donde la aplicación web toma la información y ubicación del automotor en el mapa. Una vez se ha llevado este proceso el administrador podrá seleccionar la ruta a visualizar, obteniendo una interfaz gráfica donde se muestra cada vehículo en tiempo real, lo cual le permite mantener control sobre las unidades, recalcula los estados de tiempo de espera en los paraderos de salida.

Del lado del usuario el sistema web presenta varias características, una de ellas es la visualización de las rutas según parámetros ingresados por el usuario al sistema, como la ubicación y destino al cual quiere llegar. De acuerdo a esta información, el sistema muestra las rutas disponibles y la más óptima en cuanto a distancia, además, de mostrar información referente a horarios de salida de las unidades del punto del control, el usuario puede consultar sitios de interés, como hoteles, restaurantes, sitios de recreación entre otros.

IV. METODOLOGÍAS

A. Metodología de desarrollo

Este proyecto se encuentra en proceso de ejecución en la ciudad de San Gil, departamento de Santander, con enfoque principal en las empresas del sector del transporte público urbano

colectivo y el usuario particular que utiliza regularmente este servicio.

Durante el proceso de recolección de información relevante para esta investigación se implementó una técnica de observación directa e indirecta, mediante la cual es posible captar todos los datos requeridos para comprender el problema y la oportunidad existente que se aprovechó durante la ejecución del proyecto. Por consiguiente, mediante el acceso a la fuente primaria de datos, se extrajo la información relacionada a cada una de las unidades y rutas activas de la red de transporte público del municipio de San Gil.

Se toma como fuente de recolección de información secundaria referentes de estudios sobre investigaciones ya existentes relacionadas con este tema y documentos bibliográficos que son utilizados en la construcción teórica y funcional del proyecto.

B. Metodología de desarrollo de software

Como metodología ágil para el desarrollo del software se implementó SCRUM, la cual es un marco de trabajo en el que las personas pueden acometer problemas complejos adaptativos, a la vez que entregar productos del máximo valor posible, productiva y creativamente [6].

SCRUM está especialmente indicada para proyectos con un rápido cambio de requisitos, donde el grupo de desarrollo realiza iteraciones denominadas sprints, con una duración de 15 días cada uno, obteniendo un incremento ejecutable que se muestra al cliente, con el objetivo de hacer retroalimentación del proyecto y alcanzar un alto grado de aceptación por el usuario. Otra característica importante son las reuniones a lo largo del proyecto, entre ellas destaca la reunión diaria de 15 minutos del equipo de desarrollo para coordinación e integración [7].

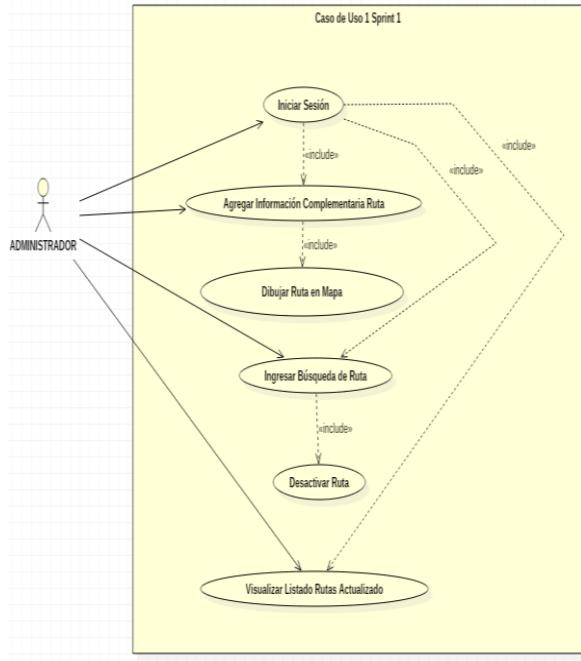
V. DISEÑO DEL SOFTWARE

A. Diseño del Sistema

El diseño de software se realiza bajo el Lenguaje de Modelado Unificado o Unified Modeling Language (UML), el cuál es un lenguaje gráfico estándar para visualizar, especificar, construir y documentar un modelo de sistema que incluya aspectos conceptuales tales como procesos de negocio, funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes reutilizables.

Con la realimentación de cada sprint se plantea el siguiente paso para aumentar el modelo en función de los requisitos funcionales y no funcionales.

Los diagramas UML utilizados en el desarrollo de este proyecto fueron: diagramas de casos de uso, de secuencia, de estados, modelo entidad relación.



Fuente: El autor

Fig. 2: Diagrama Caso de Usos 1 Sprint

B. Diseño web

El sistema se está desarrollando a través de una aplicación web, cuya interfaz de funcionamiento es independiente del sistema operativo y la plataforma hardware, dado que usa el explorador Web para interactuar con el sistema. Las aplicaciones basadas en Web se definen como el conjunto de archivos XHTML entregados a través de HTTP, que utiliza un servidor para procesamiento de información y el explorador Web como programa cliente para recibir la información procesada [8]. Los lenguajes de programación que se están utilizando en el proyecto son: Html5, Css3, JavaScript, Php y Sql.

Para dotar a la aplicación con una interfaz cartográfica se usó el API de Google Maps que permite visualizar el mapa de la ciudad y trabajar sobre este.

C. Desarrollo BBDD

El sistema de gestión de base de datos utilizado es PostgreSQL, el cual es distribuido bajo licencia BSD y su código fuente está disponible de forma libre.

Los datos a almacenar y consultar son espaciales, provenientes de las rutas y del seguimiento a las unidades de transporte público, por consiguiente se requiere utilizar la extensión Postgis, la cual convierte el sistema de base de datos PostgreSQL en una base de datos espacial [11].

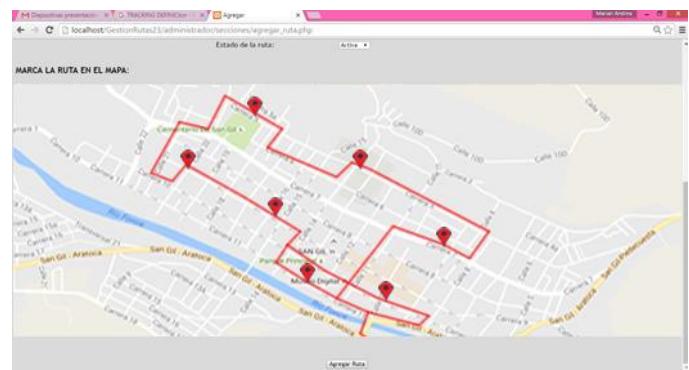
La combinación de ambos es una solución perfecta para el almacenamiento, gestión y mantenimiento de datos espaciales, puesto que hereda automáticamente sus características, así como los estándares abiertos [12].

Fuente: El autor

Fig. 3: Información de las rutas almacenadas en la base de datos

VI. LOCALIZADOR GPS

El sistema de localización que usa el software se basa en la tecnología GPS integrada en dispositivos móviles que van instalados en cada unidad de transporte, los cuales deben estar configurados con un software de seguimiento (tracking), que se encarga de enviar periódicamente en un rango de 5 a 30 segundos la latitud, longitud y hora, junto con un identificador único de cada vehículo de transporte, al servidor local donde está alojada la base de datos del sistema web; esta información es procesadas por el sistema, el cual se encarga de ubicar en el mapa a cada unidad de transporte.



Fuente: El autor

Fig. 4: Localización de las unidades de transporte en el mapa

VII. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La arquitectura planteada para el sistema, es cliente-servidor⁴, donde el servidor local recibirá la información de los dispositivos GPS de los vehículos de transporte público habilitados en cada ruta y a su vez, cuando el cliente solicita información sobre una o varias líneas de transporte, el servidor facilitará dicha información en forma actualizada.

VIII. TRAZADO DE RUTAS – POLILÍNEAS

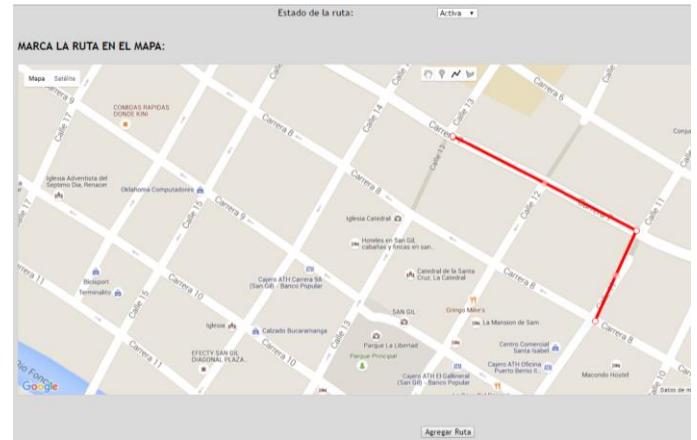
Para agregar una ruta al sistema, el administrador encargado debe registrarla previamente con un nombre, cantidad de unidades que van a trabajar en la ruta, hora de inicio, tarifa y la frecuencia de salida.

Nombre	Cantidad de Unidades	Hora Inicio Laboral	Hora Final	Frecuencia	Tarifa	Descripción	Estado	Opciones
Centro	5	06:00:00	22:00:00	Cada 15 minutos	\$ 1450	Centro-Maria Auxiliadora	Activa	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Ciudad Blanca	3	08:00:00	20:00:00	Cada 15 minutos	\$ 1300	Umsangil-Hospital-Ciudad Blanca	Activa	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Covi	5	06:00:00	06:00:00	Cada 15 minutos	\$ 1450	Covi - Pablo VI-Parque	Activa	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
La presentación	6	05:45:00	22:00:00	Cada 15 minutos	\$ 1450	Centro-La presentación	Activa	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Ragonezzi	5	06:00:00	22:00:00	Cada 15 minutos	\$ 1500	maria Aux-Ragonezzi-Centro	Activa	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: El autor¹

Fig. 5: Listado de rutas ingresadas al sistema

Para dibujar una ruta en el mapa se agrega una forma, la cual es un objeto de Google Maps, que se encuentra disponible de las siguientes maneras: Líneas, polígonos, círculos y rectángulos. Para el caso del trazado de rutas se usa el objeto Polilínea que corresponde a una línea (Ver figura 6), la cual esta vincula a una coordenada de latitud y longitud. Los objetos Polilínea se dibujan como una serie de líneas en el mapa que corresponde a un arreglo de ubicaciones de Latitud y Longitud, creando una serie de segmentos de líneas que conectan dichas ubicaciones en una secuencia ordenada [13].



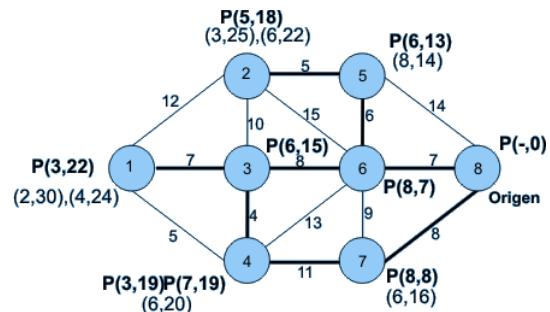
Fuente: El autor

Fig. 7: Ejemplo trazado de líneas para dibujar la ruta en el sistema

IX. ALGORITMO DE BÚSQUEDA DE RUTAS ÓPTIMAS

El algoritmo de Dijkstra está diseñado para encontrar las rutas más cortas entre el nodo origen y cada uno de los nodos de la red. Este algoritmo es de tipo “greedy”⁵ porque cada iteración elige la mejor opción de las posibles con la esperanza de encontrar así la mejor solución global. Una característica de este algoritmo es la utilización de etiquetas en cada nodo, cuya función es indicar en cada iteración del algoritmo la distancia del origen a dicho nodo. En cada iteración una de las etiquetas será “permanente”, es decir, indicará la distancia mínima final del nodo inicial a dicho nodo [14] .

La implementación de este algoritmo en la lógica del sistema permite al programa calcular y mostrar la ruta óptima al usuario del transporte público, en base a su ubicación y al sitio indicado al cual desea trasladarse.



Fuente: El autor

Fig. 6: Red ejemplo, muestra solución del algoritmo Dijkstra

⁴ Es un modelo de aplicación distribuida en el que las tareas se reparten entre los proveedores de recursos o servicios, llamados servidores, y los demandantes, llamados clientes [15].

⁵ Son algoritmos que toman decisiones de corto alcance, basadas en información inmediatamente disponible, sin importar consecuencias futuras [16].

X. RESULTADOS PARCIALES ALCANZADOS

Inicialmente se realizó todo un proceso documental con el propósito de identificar y establecer las herramientas tecnológicas que serían implementadas para dar desarrollo a la problemática planteada, buscando una solución óptima y eficaz; como resultado de esta etapa inicial se identificaron herramientas de desarrollo agiles en entornos libres, como apache, Php, PostgreSQL principalmente, que dan la solvencia necesaria para llevar a cabo proyectos de gran impacto a costos bajos.

Se obtuvieron varios módulos funcionales enfocados a la empresa de transporte público:

El primer módulo comprende una interfaz intuitiva donde se pueden registrar las rutas en el sistema, ingresando información relevante como: el nombre, cantidad de unidades, horarios, frecuencia, tarifas, descripción y estado.

Fuente: El autor

Fig. 8: Registro de una nueva ruta.

Implementando las librerías de Google Maps y de Java Script, el usuario administrador puede dibujar los polilíneas de la ruta y guardar sus coordenadas en una variable geoespacial que posteriormente será almacenada en la base de datos. Otra funcionalidad permite al administrador consultar, actualizar datos de las rutas creadas y generar reportes de estas.

Para el caso del módulo de seguimiento de las unidades de transporte se usó el software gratuito Self-Hosted Gps Tracker, el cual con ayuda del sensor Gps del Smartphone capta y envía las coordenadas (Lat y Lng), al servidor web actualizando la posición de la unidad en el mapa cada cinco segundos (Ver figura 4).

El último modulo funcional involucra al usuario de transporte público. Este módulo genera la ruta adecuada a seguir para desplazarse dentro de la ciudad, es decir el usuario ingresa al

sistema, donde se ofrecen dos modos de consultas de cómo llegar a ciertos sitios, el primero se desarrolla de tal manera que el usuario pueda mover el marcador (A) que representa el punto de origen y el marcador (B) que indica el punto de destino; el segundo modo de consulta es indicar por medio de direcciones el sitio a donde desea llegar. De esta forma el sistema le muestra al usuario en el mapa la ruta según las indicaciones anteriores, la cual podrá seguir al momento de planear su desplazamiento.

XI. DISCUSIÓN

Para llevar el seguimiento de las unidades de transporte se usa la aplicación Self- Hosted GPS tracker, instalada en celulares de gama media, las principales limitaciones en cuanto al uso de estos dispositivos recae en el consumo de batería, por lo tanto como solución alternativa los dispositivos estarán conectados a una fuente de energía proporcionada por el vehículo.

Se utilizaron dispositivos móviles como fuente que provee la localización y no un Gps convencional, puesto que a futuro en otras investigaciones se pretende utilizar los demás sensores que proveen estos dispositivos, pensando en una mayor escalabilidad del proyecto.

XII. CONCLUSIONES

La presente investigación ayudo a entender y contextualizar el problema que existe en el sistema de transporte público de la ciudad de San Gil, Santander, lo cual permitió estructurar y diseñar un modelo funcional, por medio de un sistema web que contribuya solución de esta problemática.

La metodología SCRUM fue fundamental en el desarrollo del proyectos, debido a que la información obtenida mediante observación directa e indirecta no es explícita, lo cual permite realizar retroalimentación periódica con los usuarios finales, generando así la posibilidad de entregar resultados funcionales acorde a las necesidades del usuario.

Es importe aprovechar los beneficios que brindan las diferentes herramientas tecnológicas, para aportar a la solución de problemas cotidianos y complejos relacionados con el sistema de transporte público colectivo, que impacta cada vez más la movilidad en ciudades intermedias como San Gil.

En definitiva el desarrollar proyectos de este tipo, que buscan beneficiar a toda una población, le otorga un valor agregado, pues se explotan todas las utilidades y aplicaciones que nos da la tecnología en la actualidad, contribuyendo a mejorar el bienestar de cada uno de los usuarios.

XIII. REFERENCIAS

- [1] Vanguardia Liberal, «El dinamismo y crecimiento en San Gil no van a parar,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.vanguardia.com/informe-construccion/dinamismo-y-crecimiento/3877-el-dinamismo-y-crecimiento-en-san-gil-no-van-a-parar/>. [Último acceso: 11 04 2016].
- [2] J. J. Palau, «Análisis del transporte masivo y la movilidad en Bogotá,» 2013. [En línea]. Available: <http://revistas.urosario.edu.co/index.php/empresa/article/download/2039/2238>. [Último acceso: 22 04 2016].
- [3] F. R. López, «Modelado de datos para bases de datos espaciales. Caso de estudio: sistemas de información geográfica,» 2008. [En línea]. Available: <https://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2008/tesisFlorRadilla.pdf>. [Último acceso: 11 04 2016].
- [4] C. . E. Guisao Franco y J. V. Ruiz Espinosa, «Sistema de Consultas de Rutas Públicas Basado en Sistemas de Información Geográficos,» 2010. [En línea]. Available: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/409/CariosEnrique_GuisaoFranco_2010.pdf?sequence=1. [Último acceso: 15 03 2016].
- [5] X. Valdecantos, «Sistema de seguimiento de transporte público,» 2013. [En línea]. Available: <https://addi.ehu.es/bitstream/10810/10656/1/euskadiMoving.pdf>. [Último acceso: 02 03 2016].
- [6] K. Shwaber y J. Sutherland, «La guía de Scrum,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/Scrum-Guide-ES.pdf>. [Último acceso: 02 04 2016].
- [7] Alicante, «Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software,» 2003. [En línea]. Available: <http://issi.dsic.upv.es/archives/f-1069167248521/actas.pdf>. [Último acceso: 17 05 2016].
- [8] Consorcio Worl Wide Web, «Web Design and Applications,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.w3.org/standards/webdesign/>. [Último acceso: 22 05 2016].
- [9] r. o. obe y L. s. Hsu, «PostGis in action,» 2010. [En línea]. Available: https://manning-content.s3.amazonaws.com/download/e/4c59388-a645-4a0e-8f47-8771390b03b7/PostGISiA_sampleCh01.pdf. [Último acceso: 12 04 2016].
- [10] P. Ramsey, «Introduction to PostGis,» 2009. [En línea]. Available: http://dpt-info.u-strasbg.fr/~nicolas.lachiche/OTG_BDEC/exercicesPostGIS.pdf. [Último acceso: 2 03 2016].
- [11] Google Developers, «Api de google Maps formas,» [En línea]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/shapes>. [Último acceso: 06 03 2016].
- [12] J. M y A. Revenga, «Flujo en redes y gestión de proyectos,» 2008. [En línea]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=UQpy6PGbo9MC&pg=PA59&dq=algoritmo+de+dijkstra&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwix5P2zsxAhUGKiYKHS5JCG4Q6AEIHDAA#v=onepage&q=algoritmo%20de%20dijkstra&f=false>. [Último acceso: 04 03 2016].
- [13] Ecured, «Arquitectura cliente servidor,» [En línea]. Available: http://www.ecured.cu/Arquitectura_Cliente_Servidor. [Último acceso: 2 05 2016].
- [14] P. R. Fillottrani, «Algoritmos y Complejidad, algoritmos Greedy,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.cs.uns.edu.ar/~prf/teaching/AyC14/downloads/Tecoria/AlgoritmosGreedy4x1.pdf>. [Último acceso: 04 03 2016].