

Sistema de seguimiento GPS para la optimización de rutas de distribución en última milla

GPS following system for the distribution routes optimization in last mile

WILLIAM ERNESTO CERÓN ORDOÑEZ
Fundación Universitaria San Mateo (Colombia)
weceron@sanmateo.edu.co

CARLOS FERNANDO AVENDAÑO POVEDA
Fundación Universitaria San Mateo (Colombia)
cavendano@sanmateo.edu.co

DIEGO RODRÍGUEZ
Seven Capital Group Cultura C
soyculturac@gmail.com

Artículo de investigación

Recepción: 07 de mayo de 2020

Aceptación: 15 de marzo de 2021

Cómo citar este artículo

W. E. Cerón, C. F. Avendaño, y D. Rodríguez, "Sistema de seguimiento GPS para la optimización de rutas de distribución en última milla", *Mare Ingenii. Ingenierías*, Vol. 2 No. 2, pp. 16-40, mar. 2020. Recuperado de <http://cipres.sanmateo.edu.co/index.php/mi>

Resumen:

La investigación inicia a partir de la necesidad de optimizar los procesos de distribución de los productos de las comunidades vulnerables. En las obligaciones particulares de los programas sociales de Cultura C se ha detectado el requisito de proponer una solución por medio de una herramienta que permita el seguimiento de modelos logísticos para el ruteo GPS. También es elemental brindar una mejor planificación, seguimiento, monitoreo y control a los procesos relacionados en este contexto.

Palabras clave: optimización; programa social; GPS; seguimiento; monitoreo; modelo logístico.

Abstract:

This research starts with the need of optimize the vulnerable communities products distribution processes. In the particular obligations for the cultura C social programs, it has detected the requirement of a solution through a tool that allows the logistic models tracing for the GPS routing. It is also elementary to provide a better planification, follow up, monitoring and control in processes related to this context.

Keywords: optimization; social program; GPS; tracing; monitoring; logistic model.

Introducción

El proyecto comprende la fase de planeación, desarrollo e implementación de una plataforma tecnológica de código abierto que permita el monitoreo y optimización de las actividades de comercialización y distribución de alimentos agrícolas producidos por comunidades campesinas

de los departamentos de Tolima y Cundinamarca, en Bogotá y Soacha. Dicha plataforma debe ser instalada en el centro de servicios compartidos, ubicado en el municipio de Soacha.

La tecnología ha generado ventajas competitivas por medio de la inteligencia artificial y la sistematización computacional. A su vez, dichos elementos han ayudado a potenciar los procesos logísticos, permitiendo ejecutar técnicas para obtener soluciones factibles. Sin embargo, es importante mencionar que en los procesos de distribución se requiere la implementación de nuevas alternativas más asequibles. Por tanto, el presente documento describe algunas herramientas informáticas de tipo Open Source (en español, código abierto) que ayudarían a aportar una solución a diversos factores en la distribución de productos.

Objetivos.

Objetivo general.

Diseñar un sistema de georreferenciación que optimice la forma en que se distribuyen y comercializan alimentos agrícolas en la ciudad de Bogotá y Soacha para el segundo semestre del 2019.

Objetivos específicos.

- Definir un documento de investigación en donde se recopile toda la información sobre la fase de la implementación del sistema GPS.

- Designar una herramienta que permita monitorear la distribución de los productos por medio de aplicaciones y métodos existentes.

- Mostrar una respuesta gráfica a través de informes que ayuden en la toma de decisiones que generen valor en la idea de negocio.

Conceptos importantes

Oportunidad de negocio.

Los centros de recursos compartidos son espacios de progreso para las personas que se encuentran vinculadas a estos. Con este proyecto se pretende eliminar las cadenas de abastecimiento convencionales para la venta de productos agrícolas que incluyen un sin número de intermediarios que se quedan con todas las ganancias. La intención de este modelo es ayudar al productor pagando precios justos, creando un modelo sostenible en el tiempo y, al mismo tiempo, llegar al consumidor final ofreciendo productos de mejor calidad y a mejor precio.

Escenario actual y deseado de los beneficiarios en relación con el sector.

La comercialización de productos agrícolas en la actualidad se realiza a través de centrales mayoristas que concentran la mayor parte de estos productos; tienen grandes cadenas de intermediarios y la calidad no es un aspecto importante. Con la implementación de este nuevo modelo de negocio se pretende reducir la larga cadena de involucrados y traer los productos directamente de los productores a un centro de acopio para distribuirlos. El objetivo principal de la implementación del sistema de monitoreo es identificar los lugares que generen un gran volumen de ventas y suprimir los lugares de menor demanda.

Propuesta de valor.

Se pretende aumentar las ganancias generadas en dos (2) actividades comerciales. Por un lado, se pretende generar una oferta estable con precios rentables

para productores. Por otro lado, optimizar las rutas para hacerlas más productivas. Se debe tener en cuenta que las dos (2) actividades se necesitan entre sí y es indispensable su correcto funcionamiento.

Administración financiera.

Con la implementación de esta herramienta de monitoreo de código libre se tiene una serie de ventajas desde el punto de vista financiero. Por ejemplo, no se debe realizar ningún pago por el rublo de licencias. Además, se puede generar costos a partir de la necesidad de los usuarios en tener teléfonos inteligentes con conexión continua a internet.

Soporte a los beneficiarios.

En el proceso de implementación del proyecto es importante involucrar a las personas encargadas de manejar el aplicativo. Si bien es cierto que el objetivo principal es entregar un producto funcional; tiene la particularidad que su función principal es recopilar datos. Dicha información debe tratarse para obtener el beneficio deseado; además, es elemental interpretar para llevarlo a la práctica. En este sentido, es importante tener un acompañamiento hasta comprender los aspectos más importantes del negocio.

Alianzas.

El proyecto inicialmente está planteado para crear una alianza entre los productores de las zonas rurales y los distribuidores, es decir, las personas ubicadas en Soacha. Sin embargo, tiene un centro de recursos compartidos con los proyectos que se están generando; por tanto, se puede ingresar en muchas líneas de negocio. Allí se puede impactar

directamente al consumidor eliminado intermediarios y para esto se pueden ejecutar estudios de mercado para analizar las mejores opciones.

Sostenibilidad institucional.

La sostenibilidad del proyecto en general depende de la integración de cada uno de los involucrados en el sistema de recursos compartidos. La herramienta de monitores es un optimizador de las actividades que se realicen. Sin embargo, se deben garantizar las líneas de abastecimiento; así como el funcionamiento del centro de recursos compartidos y las cadenas de acopio y distribución.

En este sentido, si se garantizan estos aspectos, el proyecto es completamente sostenible pues se implementa en un negocio funcional que genera ganancias y se entra a optimizar este proceso. En consecuencia, tiene la ventaja que implementar este sistema no causa ningún costo para la organización.

Aspectos técnicos del modelo de negocio.

La herramienta se compone de dos (2) módulos indispensables para su funcionamiento. Por un lado, se tiene un servidor web que debe estar instalado en un computador con conexión a internet; además, debe contar con el JDK de java y funcionan en cualquier sistema operativo. Por otro lado, tiene una aplicación móvil; está disponible para los sistemas operativos Android y IOS el celular; debe contar con sistema GPS y conexión a internet con el fin de compartir su ubicación y recolectar los datos necesarios.

Justificación

Esta es una iniciativa que coincide con la urgencia de intensificar y articular esfuerzos del sector empresarial, gubernamental y académico. Es importante resaltar que la integración socioeconómica, fundamento de esta iniciativa, es una herramienta eficaz para hacerle frente a la pobreza; asimismo, promover la inversión privada, mejorar las condiciones de generación de empleo decente y estimular la extensión de la protección social. Algunos de los conceptos en los que se basa el desarrollo se describen a continuación para contextualizar las herramientas utilizadas y los resultados que se esperan obtener.

Modelo triple hélice social.

El estudio entre empresa, Estado y universidad es analizado como un modelo propuesto por Etzkowitz y Leydesdorff (1997), a partir de investigaciones que evalúan los comportamientos. Este modelo pretende que la labor de la universidad sea crear conocimiento pues juega un papel primordial entre la relación empresa y Gobierno. También se pregunta sobre cómo interactúan y se desarrollan para crear innovación en las organizaciones tanto públicas como privadas y a partir de estas iniciar la elaboración del conocimiento. El modelo inicia en un proceso intelectual dirigido que pretende hacer visible la evolución de las relaciones entre la universidad y la sociedad. Por otro lado, este determina la intervención de los claustros universitarios en los procesos sociales y económicos de la sociedad.

El modelo de la triple hélice (así como sus implicaciones) ha concentrado una gran atención en el mundo occidental a como es conocido hoy en día. En este

sentido, se presenta como un medio para fomentar las innovaciones y el crecimiento de las empresas, tanto públicas como privadas. Los resultados no se pueden alcanzar sin la creación de un clima de cooperación; además de ciertas actitudes que permitan la coordinación entre cada una de las partes involucradas activamente y el resultado del esfuerzo debe ser establecer un ambiente de innovación. Este tipo de actividad se ha desarrollado en economías emergentes con muy buenos resultados [1].



Figura 1. Modelo de la triple hélice Leydesdorff y Etzkowitz. [1]

Transformación digital.

El concepto de “transformación digital” abarca un sentido amplio. No solo implica el cambio de tecnología y la adaptación a su uso; también cómo afecta este cambio a las personas y organizaciones y cómo transformarse para disfrutar de sus ventajas y evitar sus inconvenientes.

El efecto que la transformación digital produce (y producirá) en las organizaciones se compara con la introducción de la rueda en los ejércitos prerromanos, o la electricidad en la industria textil inglesa del siglo XIX. En ambos casos se modificó la estrategia de la organización, crearon nuevos conocimientos y en consecuencia trabajos especializados, entre otros.

Todo lo anterior ocurrió porque ambas innovaciones ampliaron las posibilidades de respuesta de las organizaciones frente a su objetivo. Por tanto, se trató de la introducción de nuevas tecnologías que por sí mismas no aportaban nueva funcionalidad; es decir, antes de la rueda los ejércitos ya se movían; asimismo, previo a la electricidad los telares ya tejían. Entonces, el aporte de la tecnología fue otra manera de hacerlo, más eficaz, como consecuencia de la aplicación de la tecnología a estas funciones que ya existían.

La transformación digital, mejor dicho, la digitalización de los procesos de una empresa genera una oportunidad para mejorar los mismos procesos, automatizarlos (muchas veces significa además convertirlos en predictibles frente a la manualidad previa) y, en definitiva, convertirlos en mecanismos mucho más eficaces. Como ya se mencionó, amplía las opciones de respuesta a la demanda y hacia su evolución natural; significa que aporta nuevas posibilidades estratégicas en las empresas [2].

Emprendimiento asociativo solidario dinámico.

En el marco de las dinámicas socioeconómicas que atraviesa Colombia, especialmente las relacionadas con el posconflicto, existe una lucha por la equidad, el empleo, el arraigo al campo, la disminución de la pobreza, entre otras. En ese sentido, es necesario proyectar nuevos escenarios con estrategias novedosas que redunden en resultados positivos y sostenibles en beneficio de los más necesitados.

Una de estas alternativas es, sin duda, el modelo asociativo solidario. Este logra armonizar la dimensión social con la económica, con un ingrediente

fundamental: la inclusión de estrategias para la rápida generación de ingresos. Tal es el caso de los negocios inclusivos y las compras públicas locales.

Los emprendimientos asociativos solidarios establecen que es imposible disponer cambios de fondo si la empresa no se articula con el ser humano que la construye. Para eso las organizaciones se orientan hacia el bienestar social; el mejoramiento en la calidad de vida de las comunidades y de su entorno; siempre con un trabajo conjunto y solidario [3].

Es importante resaltar que la integración socioeconómica, fundamento de esta iniciativa, es una herramienta eficaz para hacerle frente a la pobreza; promover la inversión privada; mejorar las condiciones de generación de empleo decente y estimular la extensión de la protección social. Los conceptos anteriormente descritos se deben articular para la generación de un producto funcional, que cumpla con el objetivo principal de construir una cultura productiva y de empoderamiento económico.

Por consiguiente, el fin último es establecer relaciones a largo plazo en el mercado, a partir de acciones de creación de valor compartido que impacten en la población. En este caso, los actores son migrantes provenientes de Venezuela, familias agricultoras de diferentes zonas del país y comunidad de acogida ubicada en el municipio de Soacha. La investigación también busca adelantar un proceso de reingeniería social en el lugar ya mencionado.

Aspectos operacionales

El reto de crear valor compartido plantea poner especial atención a los cambios continuos y los mercados en permanente e intensa evolución. Estos sugieren esquemas de comercialización altamen-

te competitivos y diferenciales para permanecer y tener mayores posibilidades de crecimiento locales y globales. Por consiguiente, se deben tener en cuenta las tendencias y los conceptos con mejor rendimiento, algunos de estos se describen a continuación.

Administración de la Cadena de Suministro (SCM).

Las organizaciones se mueven actualmente en un ambiente globalizado. Para poder mantenerse en el mercado es necesario obtener ventajas competitivas y de alguna forma diferenciarse de la competencia. Por ello, es necesario que se implementen nuevas formas de administración en las cuales se presten mayor atención a aspectos operacionales que le agregan valor al producto o servicio. En este sentido, la administración de la cadena de suministro ha cobrado gran importancia puesto que de ella depende la satisfactoria atención a las necesidades del cliente.

La importancia de la cadena de suministro radica en el adecuado y eficiente flujo de los productos y el buen manejo de la información para la toma de decisiones y la elaboración de los planes para la empresa. Los flujos de dinero, información y productos cumplen un papel fundamental en el desarrollo de las operaciones en la cadena de suministro. Si uno de los participantes de la cadena falla, causa traumas en los procesos subsiguientes y en consecuencia en toda la red. El mal funcionamiento de los procesos está relacionado con las fallas en el manejo físico de algún subproceso en la cadena cuyo flujo es ineficaz; además, no entregar a tiempo el producto, o hacerlo de manera errónea al subproceso siguiente [4].

Redes mutuales Clúster.

En Colombia se creó la Red Clúster Colombia con objetivos claramente identificados, como apalancar el proceso de transformación productiva del país desde las regiones más apartadas. Recientemente, Colombia ha realizado los esfuerzos más importantes en su historia en materia de desarrollo de clústeres; probablemente sea la primera vez que se crea un modelo y trabajo sobre apuestas productivas desde el nivel local. La Red Clúster Colombia busca ser, precisamente, un catalizador de estos esfuerzos a través de la articulación de los actores que vienen implementando y planeando (o simplemente lleguen a implementar) este tipo de trabajo. A través de esta articulación de sujetos anteriormente identificados, el país se podrá ahorrar algunos errores y será más efectivo para lograr la diversificación y sofisticación de su aparato productivo [5].

Marco teórico

La investigación se enmarcó en un estudio metodológico que permita conocer el funcionamiento de los sistemas GPS y recopilar esta serie de conceptos que lleven a un desarrollo exitoso del estudio en general.

Definición de georreferenciación.

La georreferenciación se define como la técnica de posicionamiento espacial de una entidad o dispositivo en una localización geográfica única y bien definida. A su vez dichas coordenadas deben ser interpretadas en un sistema de coordenadas y datum específicos, basados en procedimientos cartográficos de gran dimensión. El término de Global Navigation Satellite System (GNSS, en español, sistema global de navegación por satélite) es el nombre genérico que engloba a los

sistemas de navegación por satélite de todo el mundo; además de proporcionar posicionamiento y navegación, incluyen un sistema de definición de tiempos (conocido por sus siglas PNT) con cobertura global, tanto de forma autónoma, como con sistemas de aumentación.

El GNSS hace referencia al sistema físico, es decir, es toda la infraestructura espacial de satélites generadores de señales que permite a los usuarios de receptores (todos los usuarios con un dispositivo compatible capaz de leer todas estas señales) determinar su posición, velocidad y tiempo (PVT); mediante el procesamiento de las señales de los satélites anteriormente mencionados. Las señales GNSS son proporcionadas por cuatro (4) constelaciones de carácter global (GPS, GLONASS, GALILEO y BeiDou), y dos (2) regionales (QZSS o IRNSS). A menudo se complementan con sistemas de aumentación, basados en satélites (SBAS), como EGNOS [5].

Definición de GPS.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación que determina la posición de cualquier objeto capaz de interpretar las señales de la red de satélites en órbita para este fin. Además, proporciona servicios fiables de navegación y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a todo tipo de usuarios en el mundo. La única condición es contar con un dispositivo que posea un receptor del GPS; así, el sistema le proporcionará su localización y la hora exacta en cualquier condición atmosférica, de día o de noche, en cualquier lugar del mundo y sin límite al número de usuarios simultáneos [5].

Historia del GPS.

El 14 de diciembre de 1973, el Departamento de Defensa Americano (DoD, por sus siglas en inglés: Department of Defense); en concreto la Fuerza Aérea Americana (USAF, por sus siglas en inglés: United States Air Force) aprobó el desarrollo del sistema GPS. El término GPS proviene de la abreviación de NAVSTAR GPS; son las siglas en inglés de Navigation System with Timing and Ranging Global Positioning System, es decir, sistema de posicionamiento global y sistema de navegación con sincronización de tiempo y medición de distancia.

Desde sus inicios, y desmitificando la creencia popular, el sistema fue diseñado tanto para su uso principal militar como para su uso en aplicaciones civiles. En aquellos momentos iniciales del sistema posiblemente se pensó que los topógrafos, cartógrafos y geodestas serían sus principales usuarios, sin siquiera llegar a imaginar la cantidad de aplicaciones y diversidad de usuarios que se podrían llegar a desarrollar en el futuro [6].

Arquitectura del sistema GPS.

La arquitectura del sistema GPS consta de tres (3) conjuntos de equipos o sistemas denominados segmentos, claramente diferenciados a continuación [6].

Segmento espacial.

Está formado por una constelación de 32 satélites. La altura decidida para la constelación requiere un mínimo de 21 satélites para brindar un posicionamiento global; así se pensó en su inicio, 21 más tres (3) de repuesto. La situación real, por una mayor duración de funcionamiento al previsto, es que el número de satélites activos es superior a 30. Esto supone una mejora indudable en el posi-

cionamiento, ya que en cualquier punto de la Tierra y momento del día se dispone de entre cinco (5) y 11 satélites visibles en geometría favorable [5].

Segmento control.

El segmento control gestiona y vigila la señal de banda L de navegación; actualiza los mensajes de navegación y resuelve las anomalías de los satélites. Además, controla la salud de cada satélite, las tareas asociadas con maniobras para mantenimiento y recarga de baterías. La función principal de la estación de control maestra es generar y distribuir el mensaje de navegación.

De forma más específica, la estación realiza las siguientes funciones: monitorear y dar mantenimiento al estado de los satélites; monitorear las órbitas de los satélites y la integridad del servicio de navegación. También estimar y predecir el reloj de los satélites y los parámetros de las efemérides, generar los mensajes de navegación del GPS, dar mantenimiento al servicio tiempo GPS y su sincronización con el UTC (USNO). Por último, verificar y registrar los datos de navegación enviados a los usuarios del GPS; así como comandar las maniobras para mantener la órbita GPS y la reposición de satélites debido a fallos de alguno de los satélites [5].

Segmento usuario.

El segmento de usuario de GPS consta de un receptor formado por el hardware y software necesario para recibir y procesar las señales que envían los satélites GPS. Existen diferentes tipos de receptores dependiendo de las aplicaciones y el uso de las señales civiles o militares. Son sencillos y complejos, para fines geodésicos, sin embargo, los fundamentos de

operación de todos los receptores son los mismos y se basan en la estructura de las señales GPS.

El receptor obtiene las coordenadas en un sistema ECEF y se refiere al sistema geodésico mundial WGS84. El receptor procesa automáticamente todas las conversiones entre ECEF (X, Y, Z) y coordenadas latitud, longitud, altitud, o entre diversos sistemas de referencia [5].

La geolocalización como opción de negocio.

Desde hace unos años las empresas han intentado explotar la geolocalización porque la consideran un elemento estratégico de primer orden. Las empresas han apostado directamente por utilizar la geolocalización en el ciclo de vida comercial del producto: desde la planificación hasta la venta, pasando por la promoción y fidelización del cliente.

La geolocalización forma parte de lo que se denomina "larga cola"; el término define una característica de las distribuciones. Básicamente trata de mostrar que en los negocios hay unos pocos productos que abarcan la mayor parte del mercado pues son los consumidos diariamente por una gran parte de la población y una multitud de pequeños negocios que se reparten en el resto y disputan por conservar y (si es posible) ampliar su zona de influencia.

De esta forma, se pueden hablar sobre dos (2) tipos de mercado distintos, aunque complementarios. Por un lado, está el mercado de masas: centrado en mover grandes cantidades de productos específicos. Por otro lado, se encuentra el mercado de nichos el cual pretende diversificar el mercado ofreciendo productos novedosos (o con un valor agregado) a grupos poblacionales reducidos.

Existe pues una tendencia cada vez más acusada a la diversificación de productos y servicios para adaptarse a la que también es una microsegmentación cada vez mayor de los usuarios. Estos se distribuyen en nichos de mercado muy concretos; por tanto, requieren de las empresas un alto grado de conocimiento para ofrecerles aquellos productos o servicios que quieren o necesitan. El uso de la geolocalización en una organización quizá no tenga un impacto inmediato. No obstante, llega a convertirse en un eje transversal de cambio y optimización de los procesos [7].

La georreferenciación en cadenas de logística.

En la empresa la palabra logística se relaciona (de una forma más o menos directa) con todas las actividades inherentes al proceso de fabricar, almacenar, distribuir y aprovisionar productos en una cadena de producción. A partir de esta premisa, cuando se inició la era industrial surgieron problemas relacionados con estas actividades pues se tenían grandes volúmenes de productos que anteriormente no se habían tenido; sin embargo, no existía el concepto de logística tal y como hoy día es entendido. La razón fundamental es que la logística no es simplemente una palabra de nuevo acuño, sino una filosofía específica en la forma de gestionar una empresa [8].

El desarrollo tecnológico, sobre todo en los últimos años, ha existido en el campo de la comunicación y la informática, tales como los llamados "sistemas expertos", autopistas de información, internet, entre otros. Sin duda alguna han creado un campo de cultivo en el cual cabe sembrar cualquier fantasía para la mejora de los sistemas de gestión.

En consecuencia, hoy en día prácticamente no existen barreras tecnológicas que impidan nuevas aplicaciones. El problema más bien es a nivel conceptual en el sentido de saber cuándo, cómo y de qué manera aplicar toda la “parafernalia telemática” desarrollada en torno a los diferentes sistemas de información y control existentes [8].

Centros de Servicios Compartidos (CSC).

De acuerdo con las cifras entregadas por Global Services Location Index en 2017 [9], la industria en Colombia de CSC ocupó el cuarto puesto en relación con los países de América Latina. En especial, al concentrar cerca del 11% de los centros de recursos compartidos de la región. A nivel mundial obtuvo el décimo puesto como país más competitivo en este sector y en Latinoamérica se posicionó en el tercer país después de Brasil y Chile, en el cual desarrollar una operación enfocada a servicios globales.



Figura 2. Participación de CSC en Latam. [9]

En Colombia los CSC reflejaron las siguientes cifras al año 2017:

- La industria de estos centros es reciente y con posibilidad de crecimiento.

- Tres (3) de cada cinco (5) centros (60%) tienen una antigüedad que oscila entre tres (3) y cinco (5) años.

- Uno (1) de cada dos (2) centros instalados (50%) cuenta con una nómina superior a 200 personas.

- Los centros se convierten en una herramienta de expansión hacia otros países pues se ofrecen servicios en inglés (40%), portugués (20%), francés (3%) y alemán (1%).

- Cerca del 13% de estos centros se comunican globalmente con diferentes compañías.

- Cerca del 50% de los centros se comunican con el continente americano.

- 39% de estos centros se concentran en el mercado nacional y local.

- Cuenta con diez (10) cables submarinos que proveen una excelente conexión internacional con una velocidad de transmisión rápida y estable. El 98% de los municipios en Colombia están conectados al mundo a través de fibra óptica [14].

- Las razones de inversión en el sector de CSC son la disponibilidad y calidad del talento humano a un costo eficiente.

- Es posible lograr operaciones escalables ya que dispone de seis (6) áreas metropolitanas con más de un millón de habitantes en ciudades principales como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Bucaramanga y Cartagena [15].

Portafolio de servicios de los CSC en Colombia (2016)



Figura 3. Portafolio CSC en Colombia. [9]

Bogotá es la cuarta ciudad en la región con más de 35 centros de recursos compartidos. Es superada por Sao Pablo, San José y Ciudad de México.

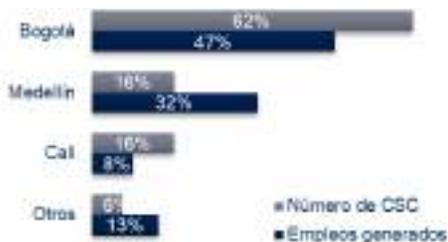


Figura 4. Ubicación de los CSC en Colombia y empleos generados. [9]

El Gobierno dispone de los siguientes incentivos tributarios por la implementación de CSC en el país:

- Régimen especial de zonas francas.
- Incentivos en la cantidad de impuestos por la contratación de personal nuevo.
- Exención de impuesto al valor agregado (IVA) y otros beneficios tributarios para fomentar la exportación e importación de productos.
- Incentivos de I+D+I.
- Disminución de costos a través de la especialización de un solo equipo administrativo.

Posición estratégica de la ciudad



Figura 5. Infografía CSC en Bogotá.

La ciudad de Bogotá ofrece una oportunidad para que los CSC operen adecuadamente. Por tanto, algunas empresas extranjeras como Scotiabank, Amazon,

Delta, Diageo, Johnson & Johnson y Nokia instalaron sus CSC destacando a la ciudad como el principal clúster sectorial del país [9]. Con respecto a la implantación del CSC en el proyecto trae consigo beneficios como:

- Reducción de tiempos y labores innecesarias, duplicidad de tareas y desperdicio de recursos.
- Permite a los emprendedores de Soacha, Cundinamarca (y rurales) atender con más dinamismo el Core del emprendimiento.

Los CSC buscan conseguir que las empresas sean eficientes mediante la alineación de los objetivos estratégicos, la estandarización de procesos y el uso de tecnologías que repercuta en un crecimiento modular. Su correcta implementación servirá para integrar procesos, tecnologías y talento humano en pro de multiplicar la capacidad comercial en los emprendimientos a partir del monitoreo y seguimiento.

Cultura C.

Cultura C es un modelo de reingeniería social para la promoción de la equidad y la prosperidad en el campo colombiano. Está conformado por un modelo basado en siete (7) pilares de gestión; se aplica con “especialización sectorial y enfoque territorial”. Por último, el entregable del modelo es el “Empoderamiento Estratégico de la Comunidad”, mediante unidades empresariales catalogadas como “Emprendimiento Asociativo Solidario Dinámico” [9].

Estado del arte

Con la aparición de los sistemas de georeferenciación se abrió la posibilidad de realizar rastreo a un sinnúmero de cosas; se convirtió en un elemento estratégico en

el mundo empresarial actual. A su vez, este campo está altamente influenciado por la tecnología, su impacto en los clientes e importancia económica.

En el contexto del proceso de aprovisionamiento o distribución de los productos propios de la compañía, el diseño de rutas de una manera óptima ha generado ventajas competitivas hacia sus competidores. Además, ha motivado al investigador a proponer modelos de ruteo con mayor elaboración, a partir de los aspectos anteriormente ignorados que mejoran el desempeño logístico.

Con el auge de estos sistemas empezaron a surgir otros basados bajo esta premisa y algunos portales especializados vendían soluciones específicas para cada línea de negocio. Por otra parte, también se cuenta con herramientas de código libre como se muestra a continuación.

GPSWOX.

Con el software de rastreo en línea GPSWOX.COM es posible monitorear miles de objetos y mostrar sus ubicaciones (dirección exacta) en el mapa en su navegador web o dispositivo móvil. El servidor GPSWOX.COM permite al usuario:

- Rastrear objetos (vehículo, carga, persona, mascota, bicicleta, móvil) en tiempo real.
- Recibir notificaciones sobre eventos importantes (geovalla, exceso de velocidad, entre otros).
- Ahorrar combustible.
- Generar varios informes.
- Ver pistas históricas y muchos más.

El software de rastreo GPS proporcionado por GPSWOX.COM es muy fácil de usar y adecuado para uso personal o comercial. Además, su precio es asequible y se puede comprar desde cualquier equipo.

GPSWOX.COM proporciona un sistema de rastreo GPS compatible con la mayoría de los rastreadores GPS, incluidos los dispositivos móviles (Android, Windows, iPhone). Además, los servidores de rastreo GPS se mejoran y actualizan constantemente con nuevas características.

Para comenzar a rastrear necesita un dispositivo de rastreo GPS para cada objeto. El dispositivo de rastreo GPS recibe información de posición de los satélites GPS y la reenvía a los servidores GPSWOX. Su rastreador GPS debe tener una conexión a internet para enviar datos de posición a los servidores GPSWOX. La opción más común es usar una suscripción de datos en redes móviles 2G o 3G (tarjetas SIM estándar). El único limitante es que la cuenta gratuita solo permite realizar el seguimiento de uno (1) a 50 objetos.

Traccar.

Traccar es un software para rastreo GPS de código abierto totalmente accesible. Allí se pueden implementar plataformas para seguimiento de automóviles, flotillas de reparto e incluso rastrear teléfonos celulares mediante el uso de una aplicación móvil de fácil acceso.

Servidor.

Proporciona alto rendimiento y estabilidad tanto en sistemas operativos basados en Windows, como en Linux o cualquier otra plataforma. El servidor también ofrece la posibilidad de ser alojado en la nube o servidores propios. También facilita una serie de opciones alojadas en servidores propios de la compañía con soporte profesional.

Dispositivos.

Admite una gran variedad de protocolos de comunicación y modelos de dispositivos móviles, más que cualquier

otra herramienta del mercado. Su código está desarrollado en los sistemas operativos líderes y de mayor utilización en las personas. Asimismo, selecciona rastreadores GPS de una variedad de proveedores de servicios en el país, desde modelos de bajo costo hasta marcas de alta calidad.

Interfaz.

Incluye una interfaz completamente actualizada, en su plataforma web y móvil ofrece un diseño intuitivo y de fácil aprendizaje. También proporciona aplicaciones móviles nativas para plataformas Android y iOS, evitando así restricciones. Además, cuenta con un conjunto de aplicaciones desarrolladas por el equipo Traccar para usar dispositivos móviles como rastreadores GPS.

Seguimiento en vivo.

Traccar posibilita ver sus dispositivos GPS en tiempo real, con la opción de mostrar mapas de Google o propios de la aplicación sin demora. Ofrece varias opciones de mapeo, incluyendo mapas de carreteras e imágenes satelitales. El servidor puede manejar una amplia variedad de sensores de los dispositivos e información adicional suministrada por las unidades GPS.

Alertas.

Cuenta con un sistema de notificaciones web instantáneas junto con un soporte para correo electrónico y mensajes de texto (SMS). Esta funcionalidad permite alertas externas de respaldo en casos de comportamiento de manejo severo; así también, aplicaciones específicas como eventos de exceso de velocidad, combustible y mantenimiento, cercas geográficas y muchos otros tipos de alertas.

Informes.

Traccar realiza informes sencillos sobre el historial de ubicaciones de los dispositivos, viajes, gráficos y resúmenes. Muestra los datos directamente en la aplicación web o móvil; también los exporta y descarga a un archivo de Excel. La historia también se proyecta en el mapa proporcionando representación visual [10].

Pruebas y análisis

La última fase de la investigación consistió en la implementación del sistema elegido por las características favorables y su adaptación al cliente, este software es Traccar. Esta la solución se ha probado para verificar la funcionalidad y estabilidad, esperando recopilar información para determinar su efectividad. Dicha información se recopila a continuación.

Aceptación.

Luego de encontrar la herramienta de georreferenciación que mejor se adaptó a las necesidades del proyecto; dicha solución se presentó al representante de la empresa Cultura-C Diego Rodríguez. Allí se realizó la socialización de la herramienta y se resolvió la mejor alternativa para iniciar la fase de pruebas

Instalación.

Traccar es una plataforma GPS que funciona bajo el concepto informático cliente-servidor basada en lenguaje Open Source; soporta un total de 140 protocolos y reconoce más de 1.000 modelos comerciales de dispositivos de rastreo GPS. El término Open Source hace referencia a que no es necesario tener una licencia para utilizarlo; el usuario puede descargar el instalador sin restricción alguna. Así, la

primera ventaja de implementación es que solo debe tomarse en consideración los costos asociados al hardware en el que será alojado.

Instalación Servidor Web.

Para empezar a utilizar la herramienta Traccar desde un servidor web se hará uso de un servidor local para el almacenamiento de la plataforma. Basado en el funcionamiento, percepción de las pruebas y resultados obtenidos en la productividad de la muestra analizada; se deberá evaluar la viabilidad de adquirir un servidor en la nube con personalización y soporte, dedicado para una mayor flexibilidad y no depender del servidor instalado en el centro de recursos compartidos.

Para las pruebas se utilizó un servidor con sistema operativo Windows. En este sentido, se enfatizan los pasos de instalación asociados, a continuación: Traccar se ejecuta bajo el lenguaje Java; es indispensable tener Java Runtime Environment (JRE). También es necesario instalar la plataforma para ejecutar elementos interactivos Java. Para obtenerlo se debe visitar el sitio web oficial de Oracle y descargar la versión para Windows [12].

Product / File Description	File Size	Download
Linux x64	52.73 MB	jdk-8u231-linux-x64.tar.gz
Solaris SPARC 64-bit	53.9 MB	jdk-8u231-solaris-sparc64.tar.gz
Solaris x64	51.7 MB	jdk-8u231-solaris-x64.tar.gz
Windows x64	48.95 MB	jdk-8u231-windows-x64.exe

Figura 6. JRE Downloads. [12]

Una vez descargado el instalador, deberá ser ejecutado siguiendo las instrucciones que aparecen en pantalla. Se recomienda utilizar la instalación por defecto. El segundo paso consiste en instalar la plataforma de monitoreo Traccar.

Para ello, se deberá navegar al sitio web oficial, seleccionar la última versión para Windows y el instalador comenzará a descargarse [10].

Operating System	File	Size
Windows x64	jdk-8u231-windows-x64.exe	48 MB (2017)
Linux x64	jdk-8u231-linux-x64.tar.gz	49 MB (2017)
Linux x86	jdk-8u231-linux-i386.tar.gz	48 MB (2017)
Mac OS x64	jdk-8u231-macosx-x64.dmg	48 MB (2017)

Figura 7. Traccar Downloads. [10]

Finalizada la descarga el instalador comenzará a ejecutarse; se debe seguir los pasos en pantalla y dejar la configuración por defecto. Por otro lado, como Traccar es un servicio ejecutado en segundo plano, cada vez que el equipo se reinicie deberá ser inicializado manualmente. Para ello basta con abrir el listado de servicios activos y posicionarse en el correspondiente a Traccar. En consecuencia, se debe oprimir la tecla Windows más la tecla R para desplegar la ventana ejecutar.

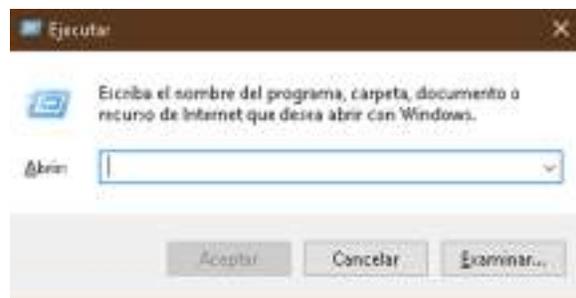


Figura 8. Comando Ejecutar.

En esta ventana ingresar el código "services.msc". A continuación, se desplegará la pantalla de servicios; allí hay que buscar Traccar y dar clic en iniciar servicio.

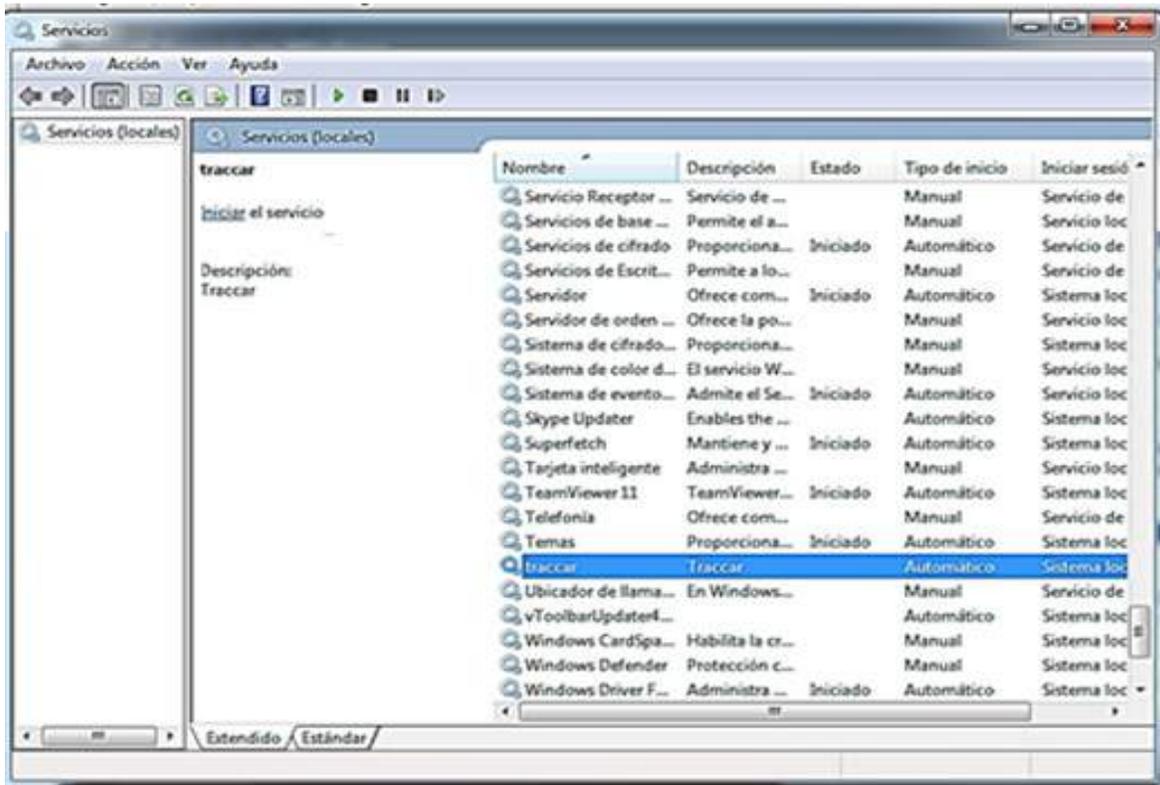


Figura 9. Activar servicios.

Para ingresar a la plataforma web, se debe abrir un navegador y acceder a la dirección `localhost:8080`. La pantalla de inicio pedirá usuario y contraseña en donde en ambos campos deberá colocarse la palabra admin. Estos parámetros pueden ser modificados una vez se ingresen al entorno web.



Figura 10. Ingreso Traccar.

Como se indicó previamente, esta herramienta es de tipo Open Source por lo cual el código se encuentra disponible de forma gratuita y libre en el repositorio de GitHub. La codificación del entorno Traccar Web utiliza la naturaleza (orientada a objetos); asimismo el estilo de arquitectura es modelo vista controlador (MVC).

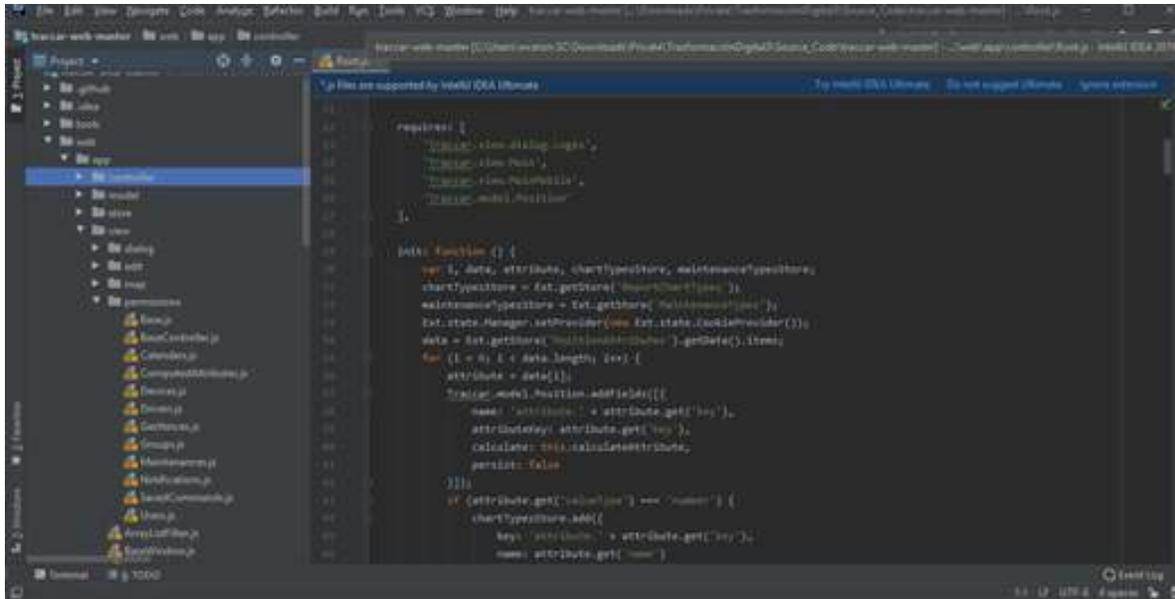


Figura 11. Traccar Web.

En la carpeta del modelo se encuentran los archivos JavaScript, como “Device.js”; este permite capturar la información de los dispositivos. “ReportTrip” contiene las variables que capturan los datos de los recorridos. Por último, uno de los archivos de mayor relevancia para esta aplicación “Position.js” en donde se declaran las variables para obtener la información de la latitud, longitud, altitud, velocidad, entre otros.

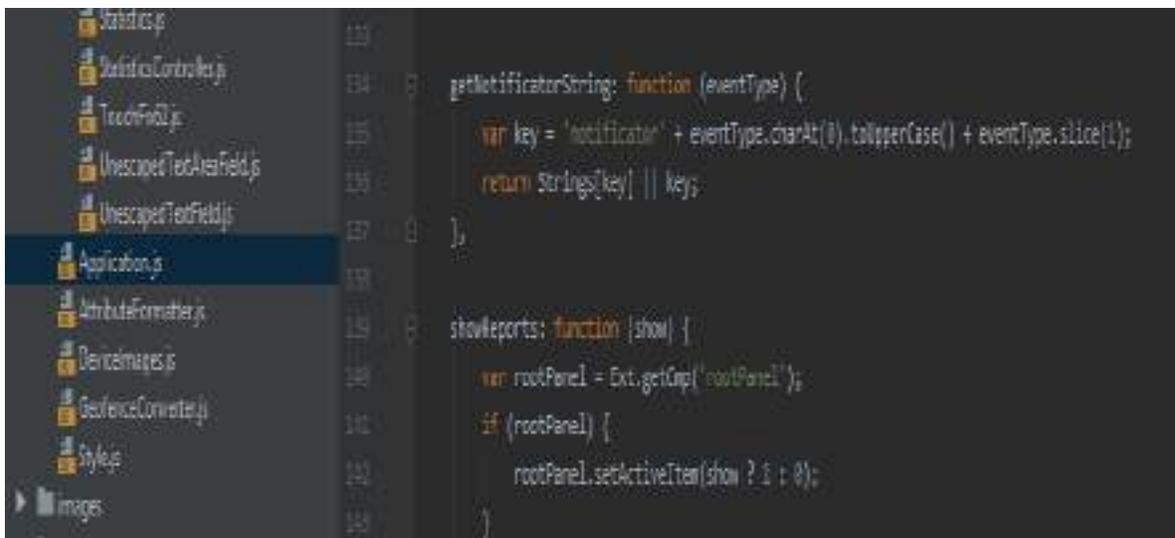


Figura 11. Traccar Web.

En la carpeta del modelo se encuentran los archivos JavaScript, como "Device.js"; este permite capturar la información de los dispositivos. "ReportTrip" contiene las variables que capturan los datos de los recorridos. Por último, uno de los archivos de mayor relevancia para esta aplicación "Position.js" en donde se declaran las variables para obtener la información de la latitud, longitud, altitud, velocidad, entre otros.

```
45     type: 'boolean'  
46   }, {  
47     name: 'accuracy',  
48     type: 'float',  
49     convert: Traccar.AttributeFormatter.getConverter('accuracy')  
50   }, {  
51     name: 'latitude',  
52     type: 'float'  
53   }, {  
54     name: 'longitude',  
55     type: 'float'  
56   }, {  
57     name: 'altitude',  
58     type: 'float'  
59   }, {  
60     name: 'speed',  
61     type: 'float',  
62     convert: Traccar.AttributeFormatter.getConverter('speed')  
63   }, {  
64     name: 'course',  
65     type: 'float'
```

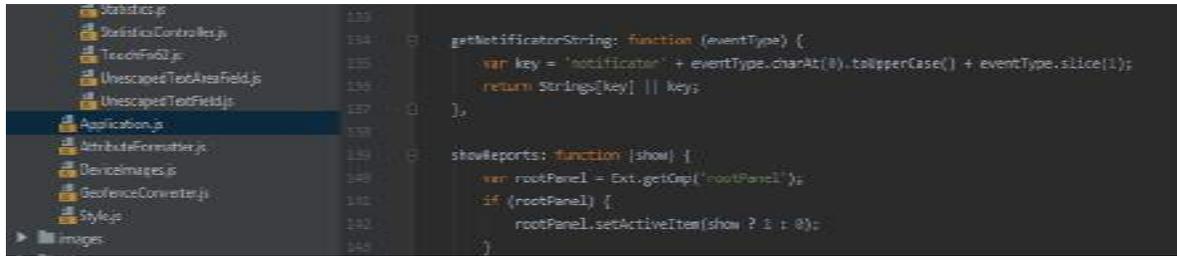
Figura 12. Traccar Web.

La configuración de las acciones se encuentra en el archivo "Application.js", así:

- UnescapedTextField.js
- Application.js**
- AttributeFormatter.js
- DeviceImages.js
- GeofenceConverter.js
- Style.js

Figura 13. Traccar Web.

Este archivo contiene la programación de todas las funciones y eventos; además de la obtención y muestra de valores.



```
getNotificatorString: function (eventType) {
    var key = 'notificator' + eventType.charAt(0).toUpperCase() + eventType.slice(1);
    return Strings[key] || key;
},

showReports: function (show) {
    var rootPanel = Ext.getCmp('rootPanel');
    if (rootPanel) {
        rootPanel.setActiveItem(show ? 1 : 0);
    }
}
```

Figura 14. Traccar Web.

En el archivo “GeofenceConverter.js” está la codificación completa sobre los bloques de construcción de arreglos, operadores lógicos y matemáticos.



```
geometryToolt: function (projection, geometry) {
    var result, i, center, radius, edgeCoordinate, groundRadius, points;
    if (geometry instanceof ol.geom.Circle) {
        center = geometry.getCenter();
        radius = geometry.getRadius();
        edgeCoordinate = [center[0] + radius, center[1]];
        center = ol.proj.transform(center, projection, 'EPSG:4326');
        groundRadius = ol.sphere.getDistance(
            center, ol.proj.transform(edgeCoordinate, projection, 'EPSG:4326'), 6378137);
        result = 'CIRCULO';
        result += center[1] + ' ' + center[0] + ' ' + radius;
        result += groundRadius.toFixed(1) + ' ' + ' ';
    } else if (geometry instanceof ol.geom.Polygon) {
        geometry.transform(projection, 'EPSG:4326');
        points = geometry.getCoordinates();
    }
}
```

Figura 15. Traccar Web.

A continuación, se iniciará la ventana correspondiente a la plataforma servidor.

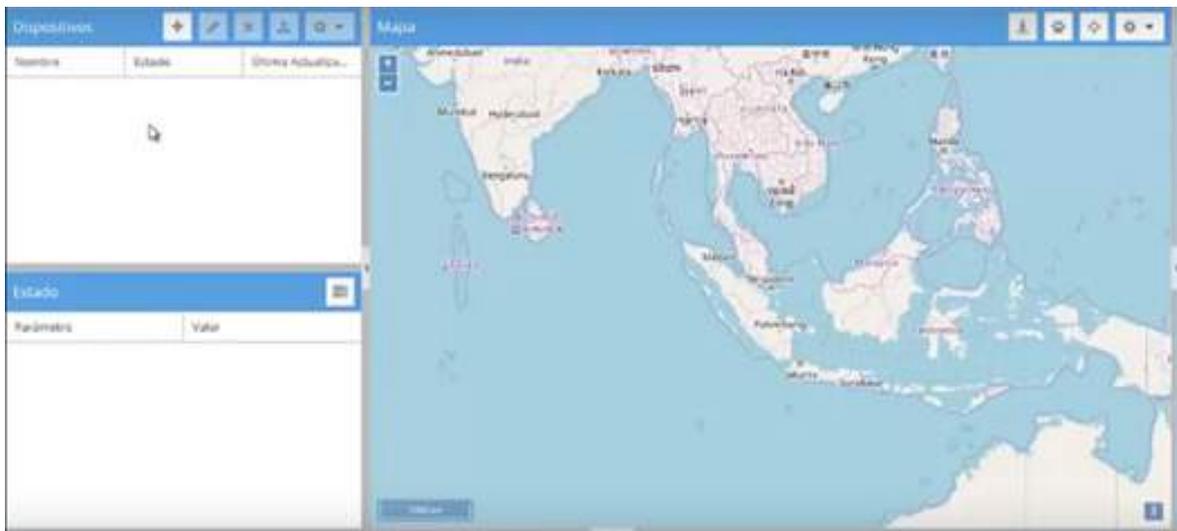


Figura 16. Página de inicio de Traccar.

Instalación aplicación cliente.

Para llevar a cabo la instalación de la aplicación móvil se tienen dos (2) opciones. La primera es descargarlo directamente de la página. La segunda opción es realizar la descarga desde las tiendas oficiales de Android y IOS [13].

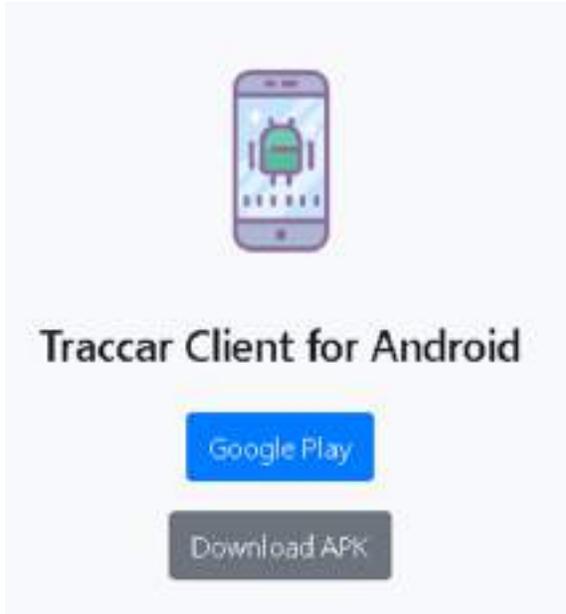


Figura 17. Descarga Traccar. [10]

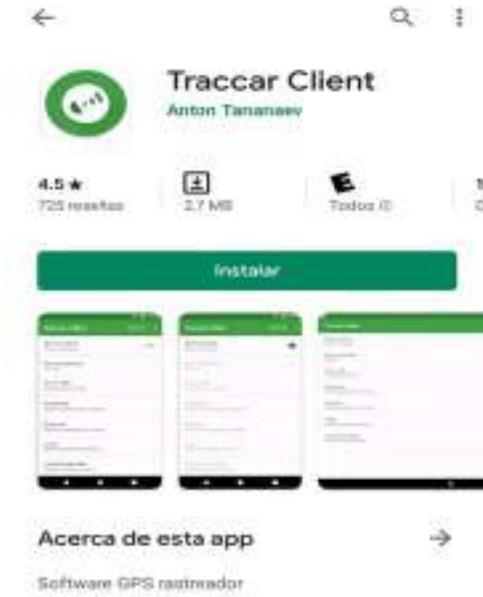


Figura 18. Descarga Traccar Cliente en Google Play. [13]

En el entorno cliente, en su versión estándar, se puede activar el monitoreo por parte del usuario administrador. Dicho monitoreo se realiza por medio de un número identificador que entrega la aplicación y más adelante debe ser agregado en el ambiente mánager. También cuenta con opciones más avanzadas como la frecuencia del rastreo y la distancia; asimismo, se configura el servidor de acuerdo con la configuración realizada en el paso anterior.

Esta aplicación está desarrollada en entorno *.java* y usa paquetes (SDK). Allí se encuentran componentes necesarios para el correcto funcionamiento en dispositivos Android. Por tanto, este proyecto usa programación orientada a objetos.

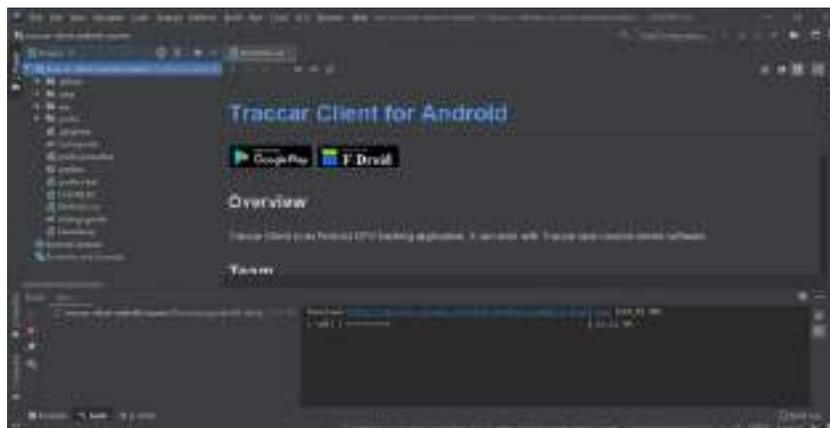


Figura 19. Traccar cliente.



Figura 22. Entorno Traccar Cliente.

En el archivo “MainApplication.java” se evidencian estas variables (puerto, identificador y URL del servidor) indispensables para el funcionamiento.

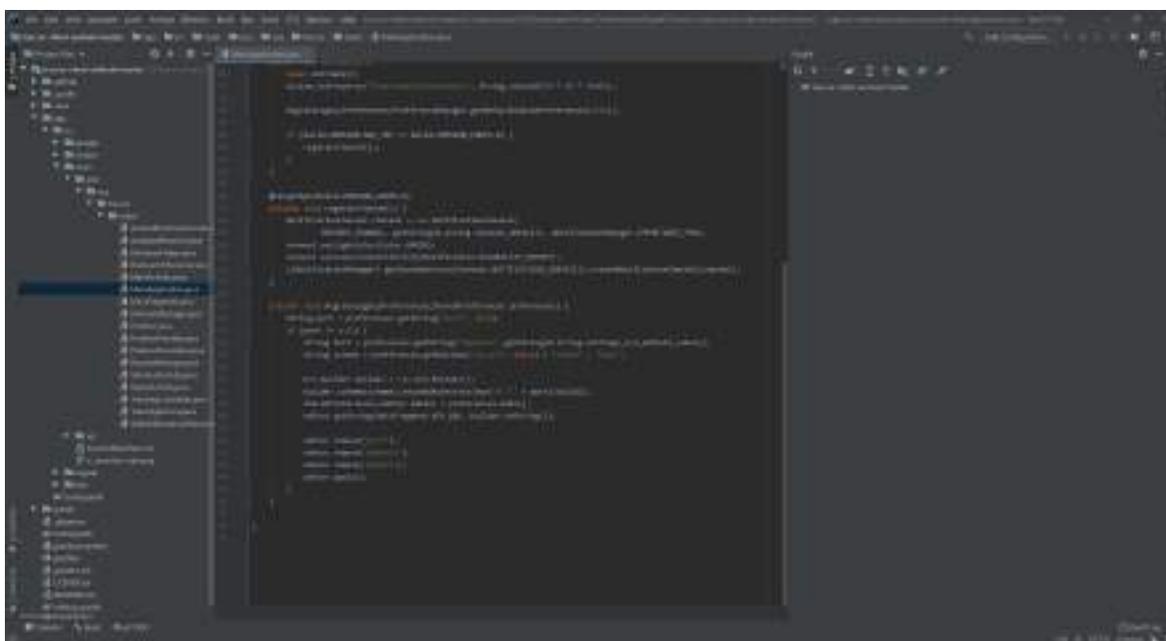


Figura 23. Traccar Cliente.

El modo de interacción de la aplicación se configura por medio de desplazamientos por fragmento. Lo anterior evita el uso excesivo de “Activities” o ventanas dentro de la aplicación.

Instalación aplicación manager.

Al igual que la aplicación cliente, esta se puede descargar desde la página oficial o desde las tiendas oficiales de Android y iOS, el proceso de descarga es completamente igual. Para ingresar a este ambiente es necesario crear una cuenta ingresando un correo y una contraseña.



Figura 24. Entorno Traccar Manager.

Después de ingresar se puede empezar a monitorear los dispositivos que cuenten con la aplicación cliente instalada. Para esto se debe dar clic en el botón + e ingresar el identificador de dispositivo como se mostró en el ambiente cliente. Traccar Manager Android Master también está desarrollada para dispositivos con sistema Android; desde esta aplicación se realiza la configuración de los dispositivos por ser monitoreados.



Figura 25. Entorno Traccar Manager.

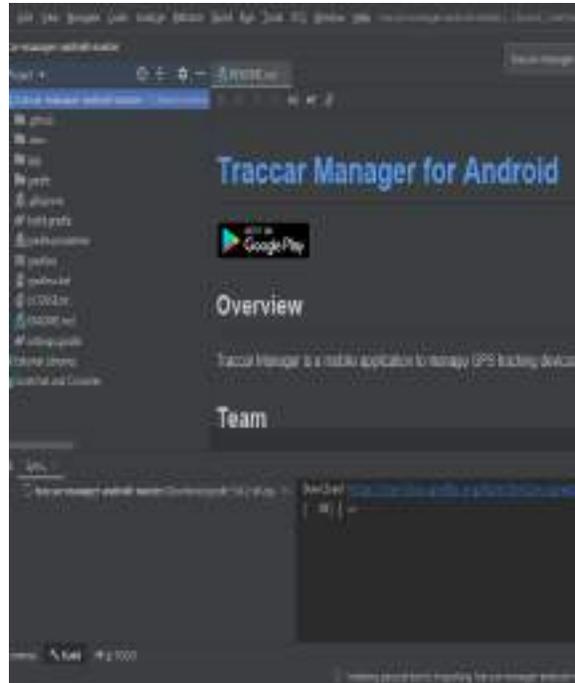


Figura 26. Traccar Manager.

Esta aplicación, al igual que en su entorno cliente, para la conexión de la base de datos utiliza las librerías de Firebase y los servicios de Google, así como paquetes SDK. Para comprobar que el dispositivo se encuentra monitoreado debe resaltarse en color verde con la etiqueta en línea. Además, debe tener en cuenta el nombre asignado ya que así aparece en el listado de dispositivos agregados y en el mapa de localización.

Asimismo, en todo momento los dispositivos deben tener una conexión estable a Internet. A partir del primer dispositivo agregado, el siguiente paso es tener un segundo dispositivo conectado, los dos (2) dispositivos se pueden observar simultáneamente en la pantalla del dispositivo.

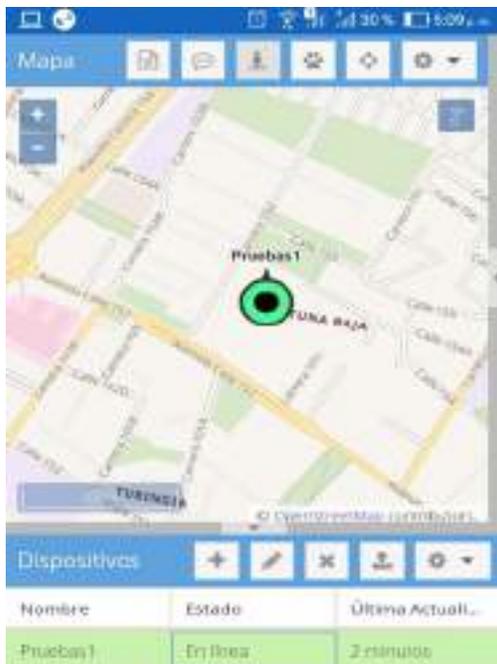


Figura 27. Entorno Traccar Manager.

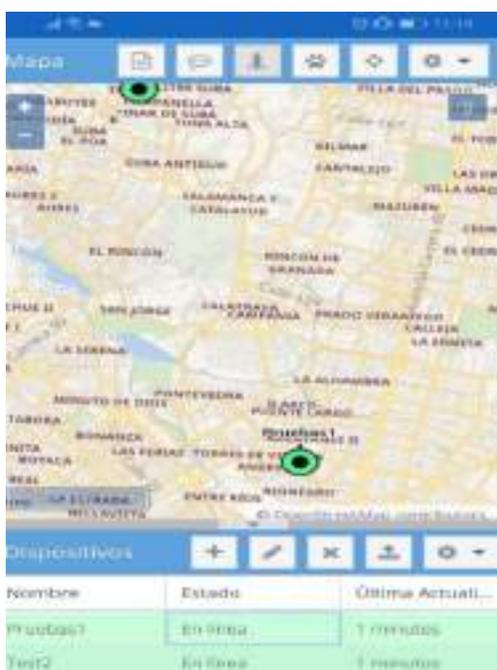


Figura 27. Entorno Traccar Manager.

Una vez se tienen los dispositivos en línea se puede obtener la información que se requiere para realizar informes. Algunos de los datos que se pueden obtener son la distancia total recorrida. Esta consiste en la distancia total cubierta por

una persona para completar todas las rutas asignadas del día y va medida en kilómetros.

Nombre d...	Distancia	Odometro ...	Odometro
Pruebas1	10,95 Km	0,00 Km	10,95 Km
Test2	27,00 Km	0,00 Km	27,00 Km

Figura 29. Entorno Traccar Manager distancias.

Otro aspecto es el tiempo en cada parada. Trabaja en un listado de hora y la ubicación de cada persona, se puede mostrar a partir de coordenadas con las que se reconstruye una ruta.

Nombre d...	Valida	Hora	Latitud
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.61505
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.61504
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.61504
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.61504
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.61504
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.61508
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.61505
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.61503
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.62812
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.62413
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.68956
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.68768
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.68768
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.68768
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.68768
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.68768
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.68768
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.68768
Pruebas1	SI	2019-08-21...	4.68768

Figura 30. Entorno Traccar Manager (ubicación propia).

La aplicación de las pruebas realizadas en Traccar permitió obtener resultados positivos en cuanto a la funcionalidad que solicita el cliente y la factibilidad de llevarlo a cabo.

Conclusiones

En relación con el objetivo general de diseñar un sistema de georreferenciación para optimizar la distribución de alimentos en la ciudad de Bogotá y Soacha; se llevó a cabo el diseño, implementación y configuración de la herramienta Traccar en un ambiente de pruebas; además, se efectuaron pruebas en sus dos (2) entornos (servidor y cliente).

Los resultados de estas pruebas evidenciaron la eficiencia de la aplicación y velocidad en los tiempos de respuesta; se logró obtener información y seguimiento en tiempo real sobre las coordenadas (latitud y longitud) de los dispositivos previamente configurados. Cabe aclarar que los datos obtenidos por la herramienta Traccar son directamente proporcionales a la señal de datos móviles (3g y 4g). Esto también depende de la señal que proporcione el operador del servicio en la zona y de las especificaciones técnicas de cada dispositivo.

Por último, los reportes que se generan desde la herramienta implementada permitieron realizar un seguimiento de las rutas que en realidad contaban con flujo de clientes potenciales (ventas efectivas); así como rutas en donde no se reflejan transacciones exitosas (no ventas). Por consiguiente, se logra ultimar que es posible obtener información que genere valor para tomar decisiones.

Referencias

- [1] H. G. Chang. (2010). "El modelo de la triple hélice como un medio para la vinculación entre la universidad y empresa", *Revista Nacional de Administración*. [Internet]. Vol. 1, n.º 1, pp. 85-94. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3698520>
- [2] J. Martínez, *Industria 4.0: La transformación digital en la industria*, 1ra ed., Barcelona: Editorial UOC, 2019.
- [3] R. González, "Emprendimientos asociativos solidarios: un camino que trazamos juntos", *Revista Organizaciones Solidarias*, vol. 29, n.º 1, pp. 1-4, 2018.
- [4] T.J. Fontalvo y D. Cardona, *La cadena de suministro: un enfoque práctico para el diseño e implementación del modelo SCOR*, 1ra ed., Colombia: Corporación para la gestión del conocimiento ASD 2000, 2011.
- [5] J.L. Berné, N. Garrido y R. Capilla, *GNSS: GPS, Galileo, Glonass, Beidou. Fundamentos y métodos de posicionamiento*, 1ra ed., Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, 2019.
- [6] J. C. Olmedillas, *Introducción a los sistemas de navegación por satélite*, 1ra ed., Barcelona: Editorial UOC, 2012.
- [7] G. Beltrán, *Geolocalización online: la importancia del dónde*, 1ra ed., Barcelona: Editorial UOC, 2016.
- [8] J. J. Anaya, *Logística integral. La gestión operativa de la empresa*, 1ra ed., Madrid: ESIC, 2011.

- [9] Invest in Bogotá, (2017). "Biblioteca de documentos". [Internet]. Disponible en https://es.investinbogota.org/biblioteca-de-documentos?field_categoria_documentos_target_id=All&field_tema_documentos_target_id=All&name=csc.
- [10] Traccar, (2021). "Products overview". [Internet]. Disponible en <https://www.traccar.org/products/>
- [11] Red Clúster Colombia, (2020). "Sistema de seguimiento, medición y evaluación (SSME) para iniciativas clúster". [Internet]. Disponible en https://red-clustercolombia.gov.co/initiatives_f/tracing-graphics
- [12] Oracle, "Java 8". [Internet]. Disponible en <https://www.oracle.com/java/technologies/java8.html>
- [13] "Google Play". [Internet]. Disponible en <https://play.google.com/>
- [14] ProColombia (2016). "Centro de servicios compartidos". [Internet]. Disponible en <https://www.inviertaen-colombia.com.co/sectores/servicios/centros-de-servicios-compartidos.html>
- [15] DANE, (2018). "¿Cuántos somos?". [Internet]. Disponible en <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos>
- [16] J. F. López. (2019). *Prospectiva de la gestión de la formación ingeniería de sistemas*. [En línea] Disponible en <https://palma.sanmateo.edu.co/>