

Sistemas de posicionamiento geográfico aplicados al transporte público: estudio de casos específicos en Costa Rica

José Rivera Acevedo¹, José Madrigal Rodríguez²

¹ Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica josemra7@gmail.com

² Consejo de Transporte Público, MOPT josemadrigalr@gmail.com

Resumen

Se presentan las principales aplicaciones relacionadas con la implementación del sistema de posicionamiento geográfico (GPS por sus siglas en inglés) a bordo de las unidades de transporte público, específicamente en la modalidad autobús e ilustra, mediante el estudio de casos, las experiencias existentes relacionadas con el uso de esta tecnología en Costa Rica.

Los usuarios, operadores y entes fiscalizadores del transporte público pueden experimentar ventajas a partir de la implementación de sistemas GPS. Estas ventajas podrían incluir: optimizar el servicio, brindar información de ubicación en tiempo real al usuario, fiscalizar el servicio que brindan los operadores, reducir los índices de delincuencia y gestionar de forma eficiente el recurso humano.

Las herramientas GPS, que permiten contar con información actualizada, real y a tiempo para la toma de decisiones, constituyen una solución viable para responder a las nuevas exigencias de los usuarios del transporte.

Palabras clave

TRANSPORTE PÚBLICO, SISTEMA, SATELITE, GEOLOCALIZACION

Abstract

The article presents the main applications related to the use of geographic positioning system (GPS) aboard of public transport, specifically in the bus mode and it illustrates, through study cases, the experiences with the use of this technology in Costa Rica.

Users, operators and monitoring institutions of public transport can experience benefits of GPS systems such as: optimizing the service, providing information about location to the users in real time, monitoring the service provided by the operators, reducing crime rates and managing efficiently the human resources.

GPS applications, which allow jurisdictions to track buses for real-time decisions, are a solution for the new demands from different transit costumers.

Keywords

PUBLIC TRANSPORT, SYSTEM, POSITION, SATELLITE, GEOLOCATION

Introducción

Las actividades cotidianas de todas las ciudades en el mundo requieren del traslado de sus habitantes de un punto de origen a un punto de destino. Esta dinámica de viajes diarios es el motor que genera la necesidad de modos de transporte modernos y eficientes que sean capaces de satisfacer la demanda de los usuarios.

Si bien en el pasado los usuarios se conformaban simplemente con que el sistema de transporte que elegían los llevara a su destino, en pleno siglo XXI, con el desarrollo de nuevas tecnologías que están al alcance de muchos, estos se han convertido en usuarios más exigentes, los cuales desean contar con la mayor cantidad posible de información, saber qué opciones de modo de transporte hay de su origen a su destino, qué tiempo de viaje son ofrecidos, con qué frecuencia pasan los próximos vehículos, si este viene con algún retraso, e inclusive en qué punto exacto se encuentra.

Es precisamente en estas demandas del usuario donde el sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) cobra mayor relevancia ya que, mediante equipo debidamente instalado en las unidades, el operador puede obtener información exacta al instante de su flota. Esto le permite mejorar sus rendimientos de servicio y brindar información al usuario en tiempo real como, por ejemplo, el tiempo que debe esperar en la estación por su autobús.

Los servicios de transporte público deben proveer servicios operados de manera confiable, eficiente y al menor costo posible. Tanto los operadores como los reguladores deben tener un adecuado control, sobre todo en lo relativo a los recursos humanos y de los equipos disponibles dentro de un presupuesto dado, estudios a diferentes niveles que respondan a una diversidad de objetivos corporativos y de estrategias, así como la evaluación del servicio a través del monitoreo constante de resultados e indicadores. Mejoras en el servicio se pueden obtener a partir de información generada por sistemas de posicionamiento global (Fernández, 2007). Además, de mejorar el servicio brindado, se mejora la percepción del gobierno central y del operador del servicio de transporte público (de Pablos, Pérez y Montes 2012).

Objetivos

El objetivo general de este artículo es el estudiar las aplicaciones relacionadas con la implementación del sistema de GPS a bordo de los buses, e ilustrar, a partir del análisis de casos, las implementaciones de estos sistemas efectuadas en Costa Rica. Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Investigar los antecedentes nacionales e internacionales en el uso de GPS en el transporte público, principalmente en la modalidad autobús.
2. Evaluar las ventajas que brinda, a los usuarios y a los operadores, el uso de GPS en las rutas de bus.
3. Documentar la aplicación de sistemas de transporte público en Costa Rica

Alcances

Para el caso de estudio en Costa Rica, se pretende evaluar, mediante el análisis de casos específicos en Costa Rica, el uso que se le ha dado al sistema de GPS con el fin de monitorear el transporte público, específicamente el sistema de buses.

Además, el artículo evalúa los resultados que se han obtenido debido a la implementación del sistema de GPS, tanto desde el punto de vista del operador, como de los intereses del usuario de transporte público.

Finalmente, se incluyen recomendaciones relacionadas con nuevas aplicaciones que se podrían implementar a partir de la instalación de sistemas GPS en los buses.

Materiales y métodos

En la Figura 1 se adjunta la metodología de trabajo. La metodología consistió inicialmente en dos procesos para obtener la información relativa a los temas que se desarrollaron en el trabajo. El primero de ellos fue una revisión bibliográfica y el segundo la ejecución de entrevistas con profesionales de experiencia en el área de transporte público y uso de GPS en Costa Rica.

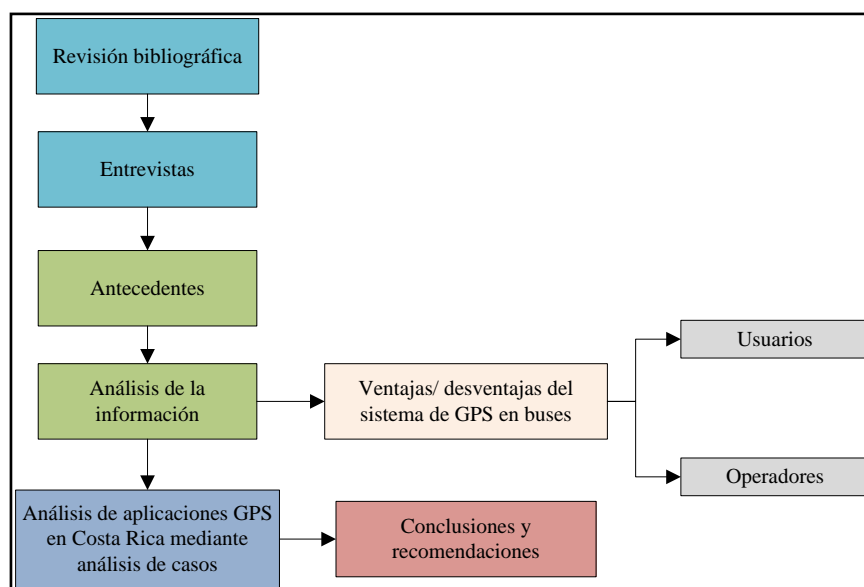


Figura 1.- Metodología de trabajo

A partir de la información recopilada con la revisión bibliográfica y las entrevistas realizadas, se elaboró una sección de antecedentes donde se incluyeron los antecedentes que existen a nivel nacional, así como un breve resumen de algunos casos a nivel internacional que sirvieron para plantear el estado del manejo de estas tecnologías de una manera integral.

Estos antecedentes permiten analizar el uso de sistemas de GPS en buses desde la perspectiva, tanto para los operadores como para los usuarios. Además, se realizó el de análisis de casos de aplicaciones efectuadas en Costa Rica.

El proceso descrito anteriormente permitió establecer las conclusiones y recomendaciones relacionadas con la implementación del sistema de GPS a bordo de los autobuses, tomando en cuenta la experiencia actual y el alcance de estas tecnologías en el país.

Antecedentes

La aplicación de sistemas inteligentes de transportes (ITS, por sus siglas en inglés) ha tenido un rápido crecimiento en los últimos años, principalmente debido al desarrollo de nuevas tecnologías y a la masificación de estas, lo que permitió bajar sus costos de producción y venta, por ende haciéndolos accesibles a un mayor número de habitantes. Un ejemplo de esto son los teléfonos móviles actuales que pueden tener acceso a internet las 24 horas del día y además traen incorporado un GPS.

Los ITS buscan dar un servicio de información que integra las tecnologías avanzadas de telecomunicaciones, informática y electrónica, así como la gestión de estrategias para aumentar la

seguridad y la eficiencia del sistema de transporte terrestre (Zamora, 2014).

Los ITS se clasifican en varias categorías, y entre estas están aquellas que brindan información al usuario, información que puede ser antes del viaje o durante el viaje, estática o en tiempo real. Los sistemas GPS permiten brindar información en tiempo real, mediante la incorporación de páginas electrónicas o pantallas de mensajería variable.

A finales de la década de años 1980, el despliegue de los sistemas de localización automática de vehículos (AVL, por sus siglas en inglés), permitieron mejorar las operaciones de monitorización y control que poco a poco se fueron imponiendo en toda la industria del transporte de los Estados Unidos. El objetivo de la mayoría de estos sistemas era aumentar la eficiencia operativa, pero no estaba enfocada en suministrar información a los usuarios. A medida que estas técnicas maduraron, las agencias de transporte reconocieron que los datos de un sistema de AVL se podrían utilizar para proporcionar a los usuarios las predicciones en tiempo real de las llegadas de los autobuses. Al mismo tiempo, muchos sistemas de tránsito en Europa estaban demostrando los beneficios de proporcionar tal información en tiempo real a sus clientes. Como resultado de esto, las agencias de transporte estadounidenses han descubierto un interés creciente en el suministro de información de la llegada del autobús en tiempo real a los clientes una vez que han implementado la tecnología AVL. Estas agencias de transporte han empezado a invertir en sistemas de información en tiempo real, con la conciencia de que pueden tener un impacto significativo y positivo en sus clientes. Además, existen productos de sistemas inteligentes de transporte que se especializan en el suministro de información de tránsito en tiempo real en el mercado hoy en día, que están siendo adquiridos y utilizados por dichas agencias de transporte (Schweiger, 2003).

Por otra parte, las situaciones violentas que se generan en los sistemas de transporte entre usuarios y conductores, y entre usuarios, han sido motivo para que las tecnologías a bordo de los autobuses apoyen al conductor durante las emergencias, facilitando la comunicación con los supervisores y personal de respuesta. Los sistemas de vigilancia pueden servir para prevenir los ataques y, si estos llegan a darse, pueden ayudar a las autoridades a identificar y procesar a los responsables. Ante esto, los sistemas AVL pueden trabajar en conjunto con estos sistemas de comunicación para suministrar a los despachadores y personal de emergencia la localización exacta de un autobús en peligro. Por ejemplo, cuando el botón de pánico conectado al sistema AVL emite una alarma, se activa una señal en el centro de despacho y en la pantalla de despacho para resaltar el autobús que está en peligro. Incluso si se trata de un sistema autónomo, la

tecnología AVL puede proporcionar información valiosa acerca de la ubicación del autobús en emergencia (Nakanishi y Fleming, 2011).

En respuesta a la necesidad de mejorar el transporte público, las agencias de transporte de los Estados Unidos están recurriendo a tecnologías avanzadas para mejorar la seguridad, eficiencia y calidad de sus servicios. Una de estas tecnologías es un sistema automatizado de vigilancia del vehículo (AVM, por sus siglas en inglés), que permite rastrear los autobuses. Esta tecnología se basa en los ya mencionados sistemas AVL, que permiten la integración de diversos sistemas de información incluyendo los siguientes (Transit Cooperative Research Program, 1997):

- Supervisión y control automático de los vehículos
- Ubicación de los vehículos de emergencia
- Gestión de la flota, incluida la supervisión del rendimiento del vehículo y el control del servicio
- La recolección de datos
- Las actividades de información a los clientes y la información general de pasajeros
- La recolección de tarifas
- La priorización en la utilización y disponibilidad de las señales de tráfico

En Latinoamérica, por ejemplo, en el año 2000 la empresa argentina Buses Rosarinos incorporó el GPS a algunas de sus unidades, como parte de un proyecto piloto que tenía como objetivo la optimización del servicio. Una vez que se determinó que la prueba dio resultados satisfactorios se procedió a expandir su instalación a todas las rutas que tenían a cargo, pero incorporando además la idea de facilitar, a través de internet, información de consulta sobre los autobuses para los usuarios (Yodice, 2006). Otro ejemplo, de acuerdo con Hook (2005) y Leal y Bertini (2003), lo constituye la implementación, a principios de la década pasada, del sistema de transporte masivo Transmilenio en Colombia, la cual incluyó la construcción de un centro de control que permitía darle seguimiento a cada una de las unidades en el sistema. Además en esta misma década, el nuevo Sistema de Transporte Metropolitano de Montevideo, como parte de un plan de modernización incorporó los sistemas de control satelital para realizar un seguimiento del recorrido que permitiera ajustar las rutas y horarios a las necesidades de los usuarios (Robayna, 2009). Además, en 2010 inició operaciones el Mexibús del Estado de México, con un corredor inicial de 16,5 km e incorporó el uso de sistemas de GPS en sus 63 unidades (Leo, Martínez y Jiménez, 2012).

Relacionado con aplicaciones enfocadas a los usuarios, en el año 2011, la empresa Tur Bus de Chile habilitó una página electrónica para que las personas monitorearan la ubicación en tiempo real de los autobuses mediante el código de ruta (La Segunda Online, 2011). En ese mismo año, el municipio de Quito, en Ecuador, decidió solicitar la instalación del sistema GPS en los buses con el objetivo de controlar la ubicación, los horarios de salida y llegada a cada estación, los intervalos entre unidades y la cantidad de buses que circulaban al mismo tiempo por ruta, esto para fiscalizar el trabajo de los operadores privados y poder establecer las sanciones que ameritaran (Brito, 2011).

En 2013, el gobierno de Bolivia inició la instalación de dispositivos GPS en más de 2.000 unidades de autobús interprovincial e interdepartamental, con una inversión de medio millón de dólares, como una medida para contrarrestar los accidentes ocasionados por el exceso de velocidad, ya que en enero de ese año las estadísticas demostraron que el 57% de los accidentes ocurridos fueron protagonizados por este tipo de unidades (Villa, 2013).

Cómo último ejemplo de aplicación, un caso más reciente se dio a inicios de 2014 en la ciudad de Tegucigalpa, en Honduras, donde se inició un plan piloto de incorporación de cámaras y GPS en los buses urbanos, como una medida para bajar los índices de delincuencia (Proceso Digital, 2014).

Análisis de casos en Costa Rica

De acuerdo con la información recopilada, se identificaron los siguientes operadores de autobuses en el país que cuentan con sistemas GPS instalados: Auto Transportes Desamparados S.A. (ATD), Compañía de Inversiones La Tapachula S.A. y Buses Ina-La Uruca S.A. (BIUSA); y los buses internos de la Universidad de Costa Rica (UCR), entre otros. Específicamente, el análisis se concentra en dos casos: el primero de ellos corresponde a la empresa ATD y en segunda instancia los buses internos de la sede Rodrigo Facio de la UCR.

La implementación de sistemas GPS en las unidades de la empresa ATD surgió entre los años 2006 y 2007, época en la que la empresa empezó a brindar sus servicios en la comunidad de Los Guido en Desamparados. La implementación de estos sistemas respondió a los problemas de seguridad ciudadana y a los constantes hechos delictivos que se producían en los autobuses. Inicialmente, la empresa decidió implementar un sistema interno de cámaras en cada autobús, de forma que fuera posible realizar un mejor control para seguridad de los pasajeros y sirviera a la vez como un método disuasorio para los asaltantes.

Una vez implementado el control de vigilancia, la empresa ATD identificó que las cámaras traían incorporado el sistema de GPS, el cual empezó a utilizar en el año 2010, una vez que el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) introdujo la tecnología de 3G en el país. Mediante la incorporación de tarjetas SIM en el dispositivo instalado en cada autobús, la tecnología 3G permitió realizar un control sobre las unidades dadas las nuevas capacidades de transmisión de datos.

El control por GPS le dio a la empresa la ventaja de analizar, mediante un centro de monitoreo (ver Figura 2), el comportamiento de otras variables dentro del servicio de transporte público que brindan, como lo son: ubicación del vehículo, control de velocidades, monitorear los sistemas mecánicos del bus, administrar de mejor manera el recurso humano, atender las quejas de los usuarios en tiempo real e identificar si el chofer respeta la señalización reglamentaria en las intersecciones con el tren, ubicadas en el caso de estas rutas en los alrededores de Plaza González Víquez, en San José.



Figura 2.- Centro de monitoreo de la empresa Auto Transportes Desamparados

Fuente: Jaime Allen M., 2014

El segundo caso analizado corresponde al autobús interno de la Universidad de Costa Rica, el cual tiene un enfoque diferente, ya que no es operado directamente por una empresa con fines comerciales. Uno de los objetivos principales al momento de su implementación era brindarle al usuario acceso a mayor información, sin dejar de lado por supuesto la ventaja que brinda a la Sección de Transportes de la UCR conocer la ubicación exacta de sus unidades. Al igual que el

sistema implementado por Auto Transportes Desamparados, el GPS de los buses de la UCR funciona mediante dispositivos que incorporan una tarjeta telefónica SIM (J. Dimarco, comunicación personal, 21 de abril, 2014).

En 2013, la universidad invirtió en la compra de dispositivos GPS para cada uno de los autobuses que brindan el servicio interno. El gasto total, incluyendo la compra e instalación del equipo y la implementación del sistema, rondó los mil cuatrocientos dólares (Salazar, 2013).

A diferencia de la empresa ATD, la información que se extrae del sistema, gracias a los GPS instalados, se pone a disposición del usuario del sistema. La información se comparte, en tiempo real a través de la página electrónica (bus.ucr.ac.cr/businterno/) que resulta de fácil acceso para el usuario desde su celular, tableta o computadora, donde puede observar, en tiempo real, la ubicación exacta de cada uno de los autobuses universitarios.

El acceso a esta información permite al usuario realizar un estimado del momento en que necesita estar en la parada más cercana, reduciendo de esta manera sus tiempos de espera y pudiendo aprovechar ese tiempo en otras actividades o teniendo la opción de evitar largos tiempos de espera a la intemperie durante la estación lluviosa.

Niveles de aplicación

Como ya se mencionó anteriormente, en Costa Rica estas aplicaciones de los sistemas GPS en autobuses se iniciaron como una estrategia de seguridad ante la operación de los autobuses en sectores sociales conflictivos; sin embargo, los operadores utilizaron algunas herramientas, de la gran cantidad de aplicaciones disponibles, que dichos sistemas pueden tener, y que pueden contribuir a mejorar la operación de los sistemas de autobuses. De acuerdo con Ureña, R. (comunicación personal, 23 de abril, 2014), se podría identificar tres niveles básicos de aplicación de estos sistemas: a) seguridad, b) gestión de flotas y c) gestión de la información. Estos niveles se describen a continuación.

a) En el nivel de seguridad, los sistemas GPS permiten incrementar la seguridad en los servicios ya que se pueden establecer controles tanto a los autobuses como a los conductores, generando para esto las alertas oportunas sobre diferentes situaciones: adelantos, retrasos, alertas generadas por conductores, situación sobre los usuarios, y también la colaboración en la identificación de delincuentes, y en la resolución de delitos dentro de la unidad.

Entre las aplicaciones que podrían tener los sistemas GPS para el nivel de seguridad de los autobuses, se pueden indicar las siguientes:

- Transmisión en tiempo real y grabación en video del autobús: lo que permite conocer comportamiento de los usuarios e incidencias dentro del mismo. De igual manera, esto puede generar alertas sobre estos incidentes.
- Transmisión en tiempo real y grabación en video del frente del autobús: lo que permite determinar incidentes fuera del autobús tales como accidentes de tránsito, cierres de vías o congestiones.
- Grabación del audio del conductor: esto permite tener una comunicación más ágil en cuanto a lo que dice el conductor, como por ejemplo si requiriera alertar sobre alguna situación anómala que está aconteciendo.
- Señal de pánico: dentro del panel del autobús, se puede instalar un botón de pánico que emite una señal de alerta, que llega hasta el centro de control, sobre alguna emergencia que ponga en peligro la operación del autobús, la seguridad de algún pasajero o del conductor.

En la Figura 3 se observan algunas de las cámaras que están instaladas dentro de las autobuses tanto para el control de lo que acontece con el chofer, como con los pasajeros.



Figura 3.- Cámaras instaladas en los autobuses de ATD para monitoreo interno

Fuente: Jaime Allen M., 2014

b) En el nivel relacionado con la gestión de flotas, este permite el control del estado de la flota respecto de su planificación, y está orientado a la gestión integral de paradas, comunicación con clientes y recursos del transporte. Esto se puede realizar considerando que estos sistemas son:

- Modulares, escalables y usables: se pueden añadir y eliminar módulos adaptándose a las necesidades, se amolda al tipo y dimensión del escenario que haya en cada momento y se tiene generalmente el acceso universal a todas las aplicaciones que se desarrollen.
- Conectables mediante sensores que generan la información a través de entradas y salidas digitales, como sensores de apertura de puertas, de presencia o de recuento de pasajeros.
- Reduce costos de explotación optimizando el sistema de rutas y proporcionando un exhaustivo control sobre la flota.

Entre las aplicaciones que podrían tener los sistemas GPS para el nivel de gestión de flotas de autobuses se podrían citar las siguientes:

- Ubicación del autobús: permite conocer en tiempo real la ubicación exacta de cada autobús, mostrándolo en un mapa. Se puede identificar si el autobús se encuentra en movimiento, realizando una parada dentro de su recorrido (o paradas en puntos no establecidos), o atendiendo alguna señal de tránsito (alto, semáforo, ceda, paso del ferrocarril, entre otras).
- Velocidad del autobús: se puede conocer la velocidad a la cual se está desplazando el autobús en cualquier instante de su recorrido y comparar si está cumpliendo con los límites de velocidad establecidos para cada tramo.
- Pasajeros dentro de la unidad: permite establecer cuantos pasajeros están dentro de la unidad, ya sea mediante sensores contadores ubicados en las puertas de la unidad, o bien, mediante el conteo directo en caso de contar con cámaras ubicadas dentro del autobús. Estos conteos se pueden realizar en tiempo real o posteriormente con ayuda de las grabaciones almacenadas.
- Sube y baja de pasajeros: se pueden asociar los datos de entrada y salida de pasajeros a lo largo del recorrido para poder elaborar los perfiles de carga de la ruta de autobús, para determinar el comportamiento de la demanda, mediante la detección de las principales zonas que atraen viajes, pudiendo dividirse esta información por zonas geográficas y por franjas horarias, que permitan realizar ajustes en la oferta de transporte en función de la demanda existente.
- Paradas realizadas: al poder detectar la velocidad del autobús en todo momento, podría asociarse esta situación a la realización de paradas a lo largo del recorrido.
- Respeto al señalamiento vial: el conocimiento de las velocidades de operación, puede

también asociarse al respecto de los conductores del señalamiento de la vía, lo que podría generar en una posible disminución de la probabilidad de accidentes como parte de este control, ya que como se ejemplificó en los antecedentes la instalación de los sistemas GPS en Bolivia permitió reducir la tasa de accidentes debido al exceso de velocidad en las unidades de transporte público.

- Consumo de combustible: los sensores ubicados en los motores pueden determinar los niveles de consumo que estos presentan, y relacionar estos datos con los registros presentados sobre velocidad de operación, niveles de congestión, hora del día y datos de rendimiento del motor. Un consumo más eficiente de combustible podría permitir la disminución de emisiones contaminantes a la atmósfera.
- Comportamiento del motor: se podrían colocar sensores que permitan determinar otras condiciones operativas relacionadas al comportamiento del motor del autobús, o de alguna otra parte mecánica del mismo.
- Presión de las llantas: permite conocer el nivel de presión de las llantas del autobús, para detectar posibles daños o pérdidas de presión de las mismas que generen un desgaste no uniforme y un mayor consumo de combustible.
- Cierre de puertas: los sensores instalados en las puertas de acceso permiten reconocer cuando estas se encuentran cerradas o abiertas, lo que genera una alerta al conductor. Además, se podría instalar una aplicación que no le permita al autobús continuar su recorrido hasta tanto las puertas de la unidad se encuentren debidamente cerradas. De igual forma se puede instalar cámaras (ver Figura 4) que le permitan al chofer visualizar si todavía hay pasajeros descendiendo de la unidad, lo que puede evitar accidentes con consecuencias graves si el autobús inicia su movimiento mientras alguien desciende.



Figura 4.- Cámaras en el panel del bus de ATD que permiten al chofer observar si hay pasajeros descendiendo

Fuente: Jaime Allen M., 2014

- Colocación del cinturón de seguridad del conductor: la instalación de sensores permite alertar sobre la falta de colocación del cinturón de seguridad por parte del conductor del autobús; de igual manera, se podría instalar una aplicación que no le permita al autobús continuar su recorrido hasta tanto el cinturón de seguridad esté debidamente colocado.
- Control de señales activadas: se podría conocer cuales señales relacionadas con la operación del autobús (luces de giro, luces y señales de reversa, activación de frenos, etc.), están activadas u operando en cualquier instante.
- Colocación de cinturones de seguridad en los asientos de los pasajeros: dependiendo del tipo de servicio, se podría conocer cuántos y cuáles cinturones de seguridad están colocados adecuadamente.
- Apagado automático de la unidad: desde un puesto de control se podría eventualmente apagar un autobús en caso de que por alguna razón se quiera evitar que este se siga moviendo.

c) En el nivel de gestión de la información, los sistemas GPS se constituyen en una potente herramienta que permite la gestión integral de la información interna y externa y su transmisión entre el departamento de operaciones de los operadores, los conductores y los pasajeros. Además, aumenta la calidad del servicio y reduce los tiempos de espera del cliente, pudiendo proporcionar:

- Información de los horarios de las rutas en tiempo real.
- Avisos y publicidad.
- Posibilidad de consultas de esta información vía internet o mediante otros dispositivos móviles.

Entre las aplicaciones que podrían tener los sistemas GPS para el nivel de gestión de la información de los autobuses se podrían citar las siguientes:

- Recorrido del autobús y su ubicación: permite conocer en tiempo real la ubicación exacta de cada autobús de interés, mostrándolo en un mapa. Esto mediante aplicaciones en dispositivos móviles.
- Información de paradas y próxima parada del servicio: mediante pantallas informativas colocadas dentro del autobús, podría informarse a los usuarios sobre la parada actual del servicio (en caso de que se encuentre en alguna), o cual es la próxima parada en caso de que el servicio ya se ha reanudado.
- Tiempo de espera para la llegada del próximo autobús: de igual manera mediante aplicaciones en dispositivos móviles, o mediante la colocación de dispositivos informativos en las paradas de autobuses, los usuarios podrían tener información en tiempo real del tiempo estimado de llegada del próximo autobús que arribará a la parada.
- Asientos ocupados: se podría conocer e informar al usuario cuantos asientos se encuentran disponibles en el autobús.

Algunos autobuses cuentan con pantallas electrónicas exteriores, las cuales permiten que el operador envíe información relevante a los usuarios desde su centro de control. Esta información puede ser desde simple publicidad, hasta avisos como el tiempo estimado de viaje, el tiempo que tendría que esperar por la próxima unidad, reportes de tránsito e infinidad de mensajes. En la Figura 5 se observa el ejemplo de uno de estos autobuses con pantalla electrónica.



Figura 5.- Autobús con pantalla electrónica exterior de ATD

Fuente: Auto Transportes Desamparados, 2014

Otro aspecto que se debe indicar, es que los operadores de los servicios deben invertir no solamente en los dispositivos que se colocan en cada uno de los autobuses, sino que también lo deben hacer en el proceso de implementación y en los procesos de operación y control; para lo cual es indispensable contar con centros de control donde se puede observar, almacenar, procesar y visualizar toda la información necesaria para emplear adecuadamente estos sistemas (ver Figura 6).



Figura 6.- Control simultáneo de unidades en tiempo real y pasado

Fuente: Jaime Allen M., 2014

En el centro de monitoreo de la empresa Auto Transportes Desamparados es posible controlar al mismo tiempo lo que sucede en el entorno exterior al autobús, así como la ubicación exacta en tiempo real de cada una de las unidades, mientras otras personas se encargan de procesar y analizar información que ha sido almacenada de viajes anteriores, que permite realizar actividades como aforo de pasajeros y control de pago de pasajes.

Conclusiones

De acuerdo a la investigación realizada se podrían indicar las siguientes conclusiones en cuanto a la aplicación de los sistemas de GPS para autobuses:

- La tecnología asociada a los sistemas GPS en autobuses permite contar con una herramienta que puede medir y controlar innumerables aspectos relacionados con la operación de los sistemas de autobuses.
- Las aplicaciones que se podrían desarrollar utilizando sistemas GPS se podrían establecer tres niveles operativos: el nivel de seguridad, el nivel de gestión de flota y el nivel de gestión de la información.
 - El nivel de seguridad permite incrementarla en los servicios estableciendo controles tanto a los autobuses como a los conductores, generando alertas sobre

diferentes situaciones dentro de la unidad de transporte público.

- El nivel de gestión de flotas permite controlar el estado de las unidades respecto de su planificación, y está orientado a la gestión integral de paradas, comunicación con clientes y recursos del transporte en general.
- El nivel de gestión de la información permite que estos sistemas se constituyen en una importante herramienta que transmita la información hacia lo interno del operador y hacia lo externo, permitiendo con esto a los usuarios contar con servicios de mayor calidad.
- En Costa Rica, algunas posibles aplicaciones están sujetas a mejoras tecnológicas de los entes que brindan los servicios de telecomunicaciones, como por ejemplo la inclusión generalizada de la tecnología 4G. Estos sistemas dependen, para ciertas aplicaciones, de la calidad de los servicios ofrecidos por el mercado de telefonía celular.
- A nivel de empresas de autobuses en Costa Rica, todavía son muy pocas las que han decidido invertir en los sistemas GPS, por lo que resulta necesario como un componente para la mejora de estos servicios, que cada vez más operadores incluyen en sus inversiones la implementación de estas aplicaciones tecnológicas.
- Las exigencias del mercado del transporte, hacen indispensable cada vez más el contar con información actualizada, real y a tiempo para la toma de decisiones; por lo que las herramientas GPS se constituyen hoy día en una solución viable para lograr estos objetivos.
- La cantidad de implementaciones que se pueden ejecutar es innumerable y depende exclusivamente del monto que esté dispuesto a invertir el operador en estas facilidades, así como del objetivo deseado o requerido.

Recomendaciones

A partir de la revisión de la literatura se recomienda la creación de políticas públicas, por parte de la administración, para que cada vez más unidades de los servicios de transporte público en el país instalen sistemas GPS dentro de sus autobuses, considerando inclusive la opción de convertirlo en un requisito de acatamiento obligatorio. Otra opción es incluir su implementación como un aspecto dentro del modelo tarifario, lo que podría generar una mayor aceptación de parte de los operadores a invertir en estos sistemas.

La información que se recopile por medio de los sistemas de GPS puede centralizarse por parte

de la administración, de forma que se extraiga el máximo potencial a ésta tecnología y a la inversión realizada.

Los operadores deben facilitar toda la información que sea de interés para los usuarios y para las autoridades; para que de esta manera se mejore la calidad de los servicios.

Finalmente, las autoridades encargadas de administrar y controlar los servicios de transporte público en Costa Rica deben establecer las condiciones y brindar las facilidades mediante las cuales los operadores deban acceder a los sistemas GPS, como un componente de la pretendida modernización de los sistemas de transporte público.

Es imprescindible también, que estas mismas autoridades, establezcan y posibiliten las facilidades que requieren los servicios de transporte público para mejorar la calidad de estos servicios, como pueden ser: carriles de uso exclusivo, facilidades en las intersecciones semaforizadas, pago electrónico, tarificación integrada, entre otras.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Ing. Henry Hernández por el apoyo en la investigación y redacción de este artículo, así como al Ing. Jaime Allen por el aporte fotográfico y a la empresa Auto Transportes Desamparados (señores Gustavo Bermúdez, Orlando Hernández y Rónald Ureña) por compartir su experiencia en la implementación de esta tecnología.

Referencias Bibliográficas

Auto Transportes Desamparados (2014). Grupo Auto Transportes Desamparados. Recuperado de <http://www.atdcr.com/>

Brito, P. (2011, 6 de abril). Buses de transporte público son controlados a través de sistema GPS. Ecuador: Ciudadanía Informada. Recuperado de http://www.ciudadaniainformada.com/noticias-ciudadania-ecuador0/noticias-ciudadania-ecuador/browse/148/ir_a/regional/article//buses-de-transporte-publico-son-controlados-a-traves-de-sistema-gps.html?tx_ttnews%5BcalendarYear%5D=2008tx_ttnews%5BcalendarMonth%5D%3D6cHash%3D367b513654&cHash=cd11aeb458

Fernández, A. R. (2007). La localización por satélite y la gestión de redes de autobuses de transporte público. Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera,

(156), 78-82.

Fonseca, P. (18 de septiembre, 2013) UCR, pionera en seguimiento de buses en tiempo real. La Nación. Recuperado de: http://www.nacion.com/blogs/cazador_de_software/UCR-pionera-seguimiento-buses-tiempo_10_1366963291.html

Hook, W. (2005). Institutional and regulatory options for bus rapid transit in developing countries: Lessons from international experience. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1939(1), 184-191.

La Segunda Online (2011, 26 de julio). Lanza innovador servicio para que usuarios puedan monitorear en línea sus buses. *La Segunda Online*. Recuperado de <http://www.lasegunda.com/Noticias/CienciaTecnologia/2011/07/666901/Lanza-innovador-servicio-para-que-usuarios-puedan-monitorear-en-linea-sus-buses>

Leal, M., y Bertini, R. (2003). Bus Rapid Transit: an alternative for developing countries. Institute of Transportation Engineers, Annual Meeting.

Leo, A., Martínez, S. y Jiménez, J. (2012). Comparación de los sistemas de transporte rápido de autobús articulado de México. *Espacio del divulgador*, 271-276. Recuperado de http://ergosum.uaemex.mx/pdfs/pdf_vol_19_3/9_alejandro_leo.pdf

Nakanishi, Y. y Fleming, W. Practices to Protect Bus Operators from Passenger Assault: A Synthesis of Transit Practice, Transit Cooperative Research Program Synthesis 93. Washington D.C., 2011.

de Pablos, C., Perez, L., y Montes, J. (2012). Impacto de los sistemas de apoyo a la explotación (SAE) en la mejora de los servicios de transporte público urbano. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 15(1), 12-24. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1138575811000740>

Proceso Digital (2014, 7 de mayo). Lanza programa piloto de buses urbanos con cámaras y GPS. *Proceso Digital*. Recuperado de: http://www.proceso.hn/2014/05/07/Nacionales/Lanza_programa_piloto/86117.html

Robayna, A. (abril, 2009). Los cambios en el transporte público de Montevideo durante la última década. Repercusiones en la accesibilidad a la Facultad de Ciencias. Ponencia presentada en el 12° Encuentro de Geógrafos de América Latina. Montevideo, Uruguay.

Salazar, M. (2013, 18 de septiembre). Siga en tiempo real el recorrido de autobuses de la UCR. *Semanario Universidad*. Recuperado de <http://www.semanariouniversidad.ucr.cr/noticias/universitarias/11452-siga-en-tiempo-real-el-recorrido-de-autobuses-de-la-ucr.html>

Schweiger, S. (2003) Real-Time Bus Arrival Information Systems: A Synthesis of Transit Practice, Transit Cooperative Research Program Synthesis 48. Washington D.C.

Transit Cooperative Research Program (1997). AVL Systems for Bus Transit: A Synthesis of Transit Practice, Transit Cooperative Research Program Synthesis 24. Washington D.C.

Universidad de Costa Rica (2014). Bus interno. Recuperado de bus.ucr.ac.cr/businterno/

Villa, M. (2013, 30 de enero). Comienza la instalación de dispositivos GPS en buses. *La Razón*. Recuperado de http://www.la-razon.com/ciudades/Comienza-instalacion-dispositivos-GPS-buses_0_1770422963.html

Yodice, A. (2006, julio). Tecnología GPS Tecnobus un desarrollo local de Rosario Bus. Argentina: Buses Rosarinos. Recuperado de <http://www.busesrosarinos.com.ar/noticias/7-06/gps.htm>

Zamora, J. (marzo, 2014). Sistemas Inteligentes de Transportes. Ponencia presentada en el curso Seminario II de la Maestría en Ingeniería de Transporte y Vías. Sistema de Estudio de Posgrado, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.