

Conference Paper

Intelligent Transport Systems: Different Applications for Land Transport

Sistemas Inteligentes de Transporte: Diferentes Aplicaciones para el Caso de Transportes Terrestres

Víctor Miguel Toalombo-Vargas

Unidad de Admisión y Nivelación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

VII International Congress of
Science, Technology,
Entrepreneurship and
Innovation (SECTEI 2020)

Corresponding Author:
Víctor Miguel
Toalombo-Vargas
victor.toalombo@epoch.edu.ec

Published: 26 August 2021

Production and Hosting by
Knowledge E

© Víctor Miguel
Toalombo-Vargas. This article
is distributed under the terms
of the [Creative Commons
Attribution License](#), which
permits unrestricted use and
redistribution provided that
the original author and
source are credited.

Abstract

Intelligent transport systems (ITS) have been developing since the fifties. Currently they represent a need in the management of large cities and their development is constant considering the current advantages offered by communication technologies. This research addresses some generalities to be taken into account when developing intelligent transport systems, as well as the most significant applications that have been given to them, focusing on urban and interurban land transport. The analysis was based on a bibliographic documentary research method and the result covers the most relevant considerations according to the aforementioned research. Among the main observations of the results highlights the ability to economize offered by ITS, as an alternative to infrastructure and transport systems that may be obsolete without the application of ITS. The amount of data generated from STIs currently represent the basis for future projects, since the interpretation of these data and their proper management provide effective solutions to transport problems that are increasingly present due to population growth. Finally, the search for economy and sustainability, as well as security in the transportation systems that can be achieved through the implementation of ITS, is indicated.

Keywords: *ITS, user, driver, pedestrian, transport administration, transport management, road safety.*

Resumen

Los sistemas de transporte inteligente (ITS, por sus siglas en inglés), se han venido desarrollando desde la década de los cincuenta. En la actualidad representan una necesidad en la gestión de grandes ciudades y su desarrollo es constante considerando las ventajas actuales que ofrecen las tecnologías de comunicación. La presente investigación aborda algunas generalidades a tener en cuenta al momento de desarrollar sistemas de transporte inteligente, así como las aplicaciones más significativas que se les ha dado, enfocando el transporte terrestre urbano e interurbano. El análisis se basó en un método de investigación documental bibliográfico y el resultado abarca las consideraciones más relevantes de acuerdo con las investigaciones citadas. Entre las principales observaciones de los resultados destaca la capacidad de economizar que ofrecen las ITS, como una alternativa a sistemas de infraestructura y transporte que pueden ser obsoletas sin la aplicación de ITS. La cantidad de datos que se generan de las ITS representan en la actualidad la base para futuros proyectos, ya que la interpretación de estos datos y su adecuada gestión brindan salidas eficaces a problemas de transporte que se presentan cada vez con mayor intensidad debido

 OPEN ACCESS



al crecimiento demográfico. Finalmente, se señala la búsqueda de economía y sustentabilidad, así como seguridad en los sistemas de transporte que pueden lograrse a través de la implementación de ITS.

Palabras Clave: *ITS, usuario, conductor, peatón, administración de transporte, gestión de transporte, seguridad vial.*

1. Introducción

Los sistemas de transporte constituyen parte fundamental del desarrollo social. En la actualidad, constituyen el eje que garantiza el movimiento social urbano e interurbano, así como también rural. El crecimiento demográfico significa el asumir cada vez más complejidades a las que deben enfrentarse las ciudades para su adecuada gestión. frente a este crecimiento, las necesidades se incrementan y los sistemas que fueron diseñados en décadas anteriores pueden en la actualidad dejar de ser eficientes. Esto se puede constatar por ejemplo si se observan los sistemas de vialidad y su colapso en las denominadas 'horas pico', situación a las que las grandes ciudades se enfrentan constantemente mediante la aplicación de múltiples estrategias que buscan brindar alternativas eficientes a estos problemas.

En este sentido, los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), constituyen una respuesta eficiente y en constante desarrollo para dar solución a las principales problemáticas que se presentan en el ámbito de transporte a nivel urbano (siendo un área prioritaria).

Una de las particularidades de la sociedad actual, mora en el abuso del derroche de energía de una forma severa, dado que en muchos de los hábitos diarios existen despilfarros que implican un malgasto y consumo de forma imprudente, agrediendo a su propia eficiencia y apartándose de la sostenibilidad, lo cual presume un uso enorme del recurso en comparación a su posibilidad de renovación [1]. Uno de los entornos en los que más se aprecia dicha característica es en el sector del transporte, además se registra uno de los índices de emisión a la atmósfera de CO₂ más altos [2]. Además, según estudios realizados en el año 2010 [3] por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) en base a la directiva 1999/94/CE del Parlamento Europeo, el grupo responsable de cerca del 40% del consumo final de energía fue el transporte. Dentro de este 40%, el transporte de carretera representó el 80% de dicho consumo. El uso de energía de los vehículos privados en España protagonizó alrededor del 50% del total de los consumos del transporte por carretera, correspondiendo fundamentalmente el



resto, al tráfico de mercancías y con una minoría total (3%), al colectivo relativo a los pasajeros.

El transporte precisa de actuaciones que admita mejorar su eficiencia energética y mermar de forma significativa sus consumos [2], razón por la cual ha de participar la tecnología, contribuyendo con recursos que favorezcan la disminución del gasto energético en actividades en las que sea viable.

Teniendo en cuenta los argumentos anteriores, cabe referir que en la actualidad existe varios de modelos matemáticos con la finalidad de lograr reducciones en el consumo de energía en el transporte desde el punto de vista de la mecánica del vehículo [4]. Sin embargo, hay una tercera vía para tratar de reducir el consumo de energía en el transporte, renovar el comportamiento del conductor, desde una manera de conducir no eficiente a un modo de conducción ecológica.

Las tecnologías de la comunicación, las redes inalámbricas, y el desarrollo de dispositivos especializados con tecnología cada vez más avanzada, abren un abanico de posibilidades que se limitan a la creatividad de quien las aplica. En este sentido, la presente investigación focaliza las principales aplicaciones a las que se han orientado las tecnologías de comunicación para el desarrollo de ITS. Palabras como eficacia, eficiencia, gestión de transporte, organización, información al usuario, automatización, economía de combustible, reducción del impacto ambiental, sostenibilidad; están ligadas a estos sistemas de transporte, evidenciando que los mismos no apuntan solamente a un problema específico sino que buscan dar solución a varias problemáticas que se presentan en la actualidad como consecuencia del exponencial desarrollo industrial, urbanístico y tecnológico que viene sucediendo en las últimas décadas.

2. Metodología

El presente artículo se desarrolló bajo la metodología documental- bibliográfica, el cual fue un proceso sistemático y secuencial de recopilación, elección, clasificación, valoración y análisis de los contenidos impresos, gráficos, físicos o virtuales. Por medio de una ficha de trabajo utilizada como herramienta para realizar el cuerpo de la investigación, estuvo compuesta con los datos básicos de un artículo, como nombre del autor, fecha de publicación, título del artículo, capítulo consultado y nombre de la editorial, estos datos se registraron en un orden y estructura preestablecidos.

Se definió tipos de fuentes bibliográficas y documentales en revistas indexadas mediante las palabras clave: Sistemas inteligentes de transporte. Posteriormente, se focalizaron las temáticas a las que se orientó la investigación, siendo estas: Sistemas de información avanzados, sistemas de administración de transporte, sistemas de transporte público avanzados y aplicaciones a vehículos e infraestructura. Los resultados abarcan el resumen de todos los artículos investigados, el contraste de ideas



y los aspectos más importantes para tener en cuenta en el desarrollo de Sistemas Inteligentes de Transporte en cada una de sus aplicaciones en el caso de sistemas de transporte terrestre.

3. Desarrollo y Discusión

El desarrollo de las sociedades, las formas complejas de urbanización, las nuevas necesidades de transporte y el incremento demográfico se sostienen en parte al gran apoyo que brindan las tecnologías en el uso de sistemas informáticos que vuelven más eficientes los procesos, así como buscan facilitar una mejor calidad de vida.

Los sistemas de transporte han evolucionado significativamente, y los procesos tecnológicos involucrados en esto han abarcado con el paso de los años cada vez campos más amplios.

El uso de Cámaras para detección de accidentes en las vías, tableros que envían mensajes de información vial en tiempo real, la detección vehicular, medición de tiempo, recorrido, peso, cobro del uso de espacios de forma automática, la gestión del tránsito, semáforos inteligentes, sistemas automotrices especializados, sistemas de control dentro del automóvil, etc. son algunas de las utilidades y aplicaciones que se pueden dar al uso de sistemas inteligentes de transporte.

Los avances en cuanto a la telemática han abierto las oportunidades a nuevas propuestas, limitando el alcance de la aplicación de sistemas inteligentes a múltiples campos. Esto, combinado con la complejidad de los sistemas de transporte, genera la posibilidad de innumerables avances tecnológicos. Consecuentemente, este tema ha sido abordado en la actualidad bajo la denominación de *Intelligent Transportation System* (ITS), que busca la solución de problemas existentes en los sistemas de transporte a base del uso de tecnologías y comunicación.

Los ITS son definidos como la aplicación de tecnologías de información y comunicación aplicadas a problemas de movilidad, cuyo objetivo es conseguir mejor gestión de los aspectos de movilidad, enfocando temas como seguridad, desarrollo sostenible, confort, entre otros. La adaptación de los sistemas de comunicación varía de acuerdo al tipo de movilidad que se enfoque, existiendo básicamente dos líneas de transporte bien marcadas: transporte de pasajeros y transporte comercial de mercancías [5].

Los sistemas de transporte no solamente deberán responder a necesidades actuales, debido a que los gastos de infraestructura para transportes como aeropuertos, terminales terrestres, estaciones, etc. así como los gastos en vialidad son significativamente altos, por lo que se espera su funcionalidad se prolongue en el tiempo. Del mismo modo, la solución de problemáticas, así como la aplicación de nuevas tecnologías en el transporte, deberá tener una proyección hacia los cambios que se espera en el futuro. Uno de estos cambios son la transformación demográfica que sufren constantemente



las ciudades, ya que la concentración poblacional en las urbes muestra una tendencia a continuarse incrementando. En este contexto, el permitir una movilidad fluida y segura de las personas dentro de la urbe, así como su ingreso y saluda, es uno de los complejos aspectos que se pueden atender desde la ITS.

Por otro lado, es también necesario tener en cuenta que el uso eficiente de recursos energéticos es en la actualidad una necesidad. En este sentido, las investigaciones relacionadas con ITS van tomando en la actualidad una perspectiva sostenible tanto en aspectos económicos, como ambientales. La reducción de emisiones, aprovechamiento óptimo de energías, sustitución por energías alternas y renovables, son las líneas que han conducido estas investigaciones, convirtiéndolas en una prioridad en consecuencia con las necesidades ambientales, así como en la búsqueda de garantizar la continuidad de la vida social.

El desarrollo de los ITS (SIT, en español) muestra antecedentes tanto en las industrias automotrices estadounidenses, japonesas, como europeas, desde la década de 1940. Desde entonces, la incorporación de sistemas de comunicación, control y eficacia en el transporte han sido objeto de investigación. Según refiere [6], el objetivo principal de su aplicación es el mejorar el rendimiento que tienen los sistemas de transporte.

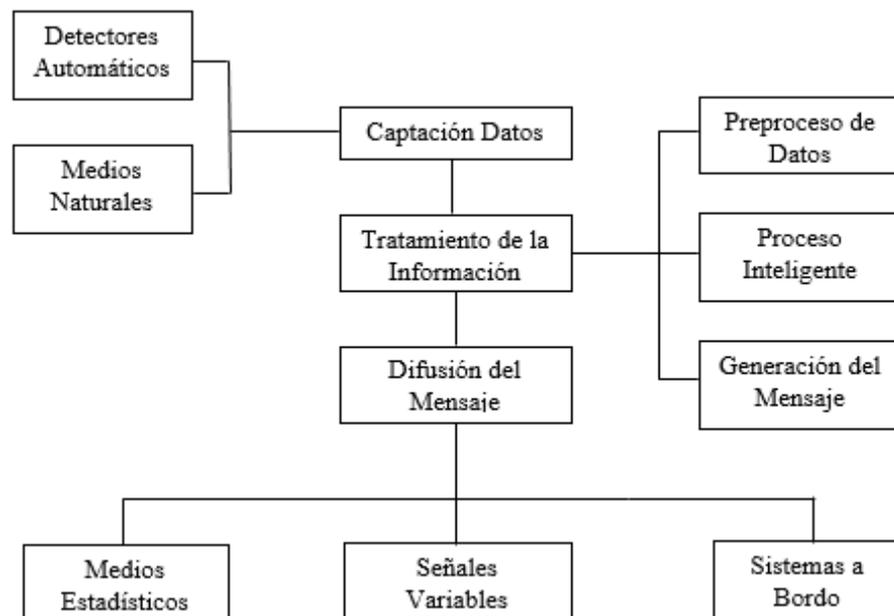


Figure 1

Elementos del sistema de información [6].

Un SIT está compuesto básicamente por subsistemas que se encargan de recolectar información, otro sistema que la procesa y un sistema que ofrece resultados. Todos estos datos, gracias a las facilidades de conexión y las velocidades de procesamiento



que poseen los dispositivos en la actualidad, son datos que se procesan a tiempo real, incrementando las posibilidades de su utilidad.

Desde la perspectiva de su utilidad [7], quienes focalizan la funcionalidad de los ITS, éstos están compuestos por: Las comunicaciones, equipos tecnológicos, sistemas que permiten el funcionamiento de los equipos y usuarios. Desde este enfoque, los autores recalcan que el mensaje que se transmite a través de los sistemas es la parte más importante de los mismos, por lo que resulta necesario estudiar de forma precisa cómo los mensajes que se desean enviar se comprendan de forma objetiva, sean claros, no den lugar a interpretaciones erróneas y contengan la cantidad de información necesaria para los fines que han sido concebidos. Huerta [8], fortalece esta perspectiva al mencionar que la investigación en el diseño de ITS va más allá de la mentalización y materialización de lo que se ha planificado, ya que se requiere tener un enfoque preciso del usuario; quién va a utilizar el sistema, qué respuestas se espera, cómo transmitir el mensaje de forma eficaz, así como el diseño de una interfaz que permita su fácil comprensión sin generar complicaciones que puedan significar pérdida de tiempo, interpretaciones erróneas o aspectos similares, fallas que dentro del sistema de transporte pueden traer serias consecuencias.

Se indica que los ITS pueden dividirse en subsistemas de comunicaciones, subsistemas vehiculares, subsistemas de infraestructura y subsistemas de usuarios; división que se hace de acuerdo a la función de la aplicación las tecnologías. Los resultados de estas aplicaciones, pueden considerarse en aspectos como [9]:

- Sistemas de gestión de tráfico automáticos;
- Sistemas de soporte a las operaciones de transporte público;
- Servicios de información al viajero;
- Sistemas de gestión y localización de flotas;
- Gestión de emergencias;
- Servicios de pago electrónico;
- Sistemas cooperativos vehiculares [5].

Ahora bien, hablar de transporte es una generalidad en la que se integran transporte aéreo, marítimo y terrestre. Considerando que la urbe está caracterizada por el transporte terrestre motorizado, se focaliza esta dimensión para el análisis del presente ensayo.

Las opciones de análisis para el transporte terrestre y los ITS son múltiples. Se parte de considerar las características que enfoca [10], quienes desde el análisis de su potencial de desarrollo así como de su utilidad y aplicación real, indican que los ITS modernos se enfocan en: Sistemas de información avanzados de viajeros, sistemas avanzados de administración de transporte, sistemas de tarifas de transporte habilitados, sistemas de

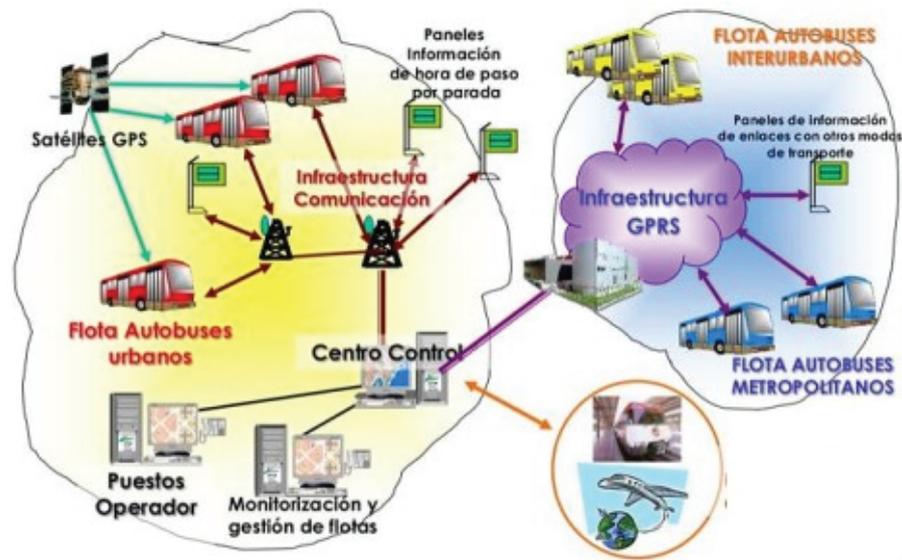


Figure 2

Sistemas Inteligentes de Transporte Terrestre [5].

transporte público avanzados y vehículo e infraestructura de integración y vehículo a vehículo integración.

3.1. Sistemas de información avanzados de viajeros

Un sistema avanzado de información a viajeros es uno de los componentes que ha presentado un significativo desarrollo en la actualidad en referencia a los ITS; su objetivo radica en brindar información sobre tránsito, tráfico y otros aspectos a quienes conducen o se trasladan. La motivación para el desarrollo de este tipo de sistemas radica en brindar soluciones frente a problemas de seguridad y movilidad [11]. En este sentido, estos sistemas buscan orientar la toma de decisiones al viajero relacionadas con una mejor eficacia y seguridad en el proceso, ya sea vías o rutas más rápidas o descongestionadas y potenciales riesgos existentes en la vía a través de la obtención de datos a tiempo real.

La adquisición de información para estos sistemas tiene múltiples fuentes, que pueden ser reportes de centros de administración de transporte, centros meteorológicos, sensores, cámaras, datos estadísticos procesados a tiempo real, etc. La selección de los dispositivos que proveen información es relevante. Se puede considerar que mientras más fuentes de información los resultados son más precisos pero esto no siempre es verdad, ya que más fuentes implica mayor cantidad de datos a ser procesados y sistemas más complejos así como software más potente para obtener resultados a tiempo real. En este sentido, se debe buscar eficacia al momento de seleccionar

las fuentes de información y transmisión de datos en función de tener respuestas adecuadas a las necesidades que se buscan satisfacer [12].

La información que proveen estos sistemas pueden estar orientadas a peatones o conductores. Esta diferenciación condiciona el destino de la información, que puede ser desde dispositivos telefónicos móviles mediante el uso de aplicaciones, hasta señalizaciones de tránsito, información que se envía directo a los automóviles, entre otros [11, 13].

Uno de los aspectos que ha adquirido mayor interés es la forma de potenciar el servicio de transporte público urbano e interurbano. De esta manera, proyectos como el denominado SAFEBUS, se han enfocado en el desarrollo de sistemas avanzados de seguridad integral aplicable a autobuses. El enfoque en los sistemas de autobuses destaca ya que la potenciación de los mismos significa también la reducción del uso de automotores individuales, siendo una de las alternativas viables para la reducción del tráfico y de contaminación, siendo una estrategia en continua investigación sobre todo en las grandes ciudades [14].

Los objetivos de este proyecto contemplan el desarrollo de un sistema avanzado de seguridad que ofrezca garantías en el desplazamiento, en función de reducir el número de accidentes. El punto que más destaca de este sistema está focalizado en la detección de personas y la proximidad de otros vehículos. Los dispositivos de entrada para el funcionamiento del sistema están conformados por cámaras y radares que indican la proximidad de personas frente al autobús así como a los lados. El sistema no invade la autonomía del conductor, lo cual deja abierta la posibilidad de que las colisiones se den en caso de que el conductor pierda atención; por otro lado, se focaliza en la alerta temprana de posibles impactos. El valor agregado de este sistema radica en que se busca brindar información sobre todo de los puntos ciegos del conductor [15].

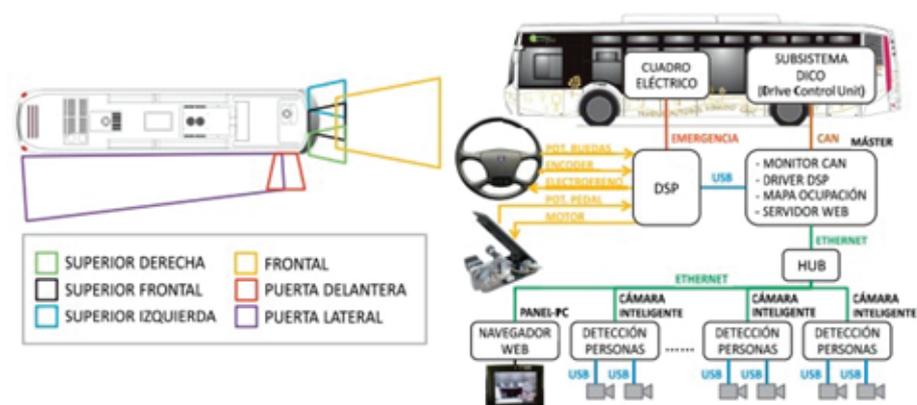


Figure 3

Esquema del funcionamiento de detección de personas [15].



Este sistema se caracteriza por ser autónomo, la recolección de información y resultados se dan dentro del mismo autobús al que se implementa y no está conformado por una red general de manejo y administración de datos, aunque estas proyecciones están en desarrollo para una red que obtenga datos a tiempo real del sistema, sin embargo las limitaciones económicas para su aplicación orientan a su desarrollo inicial en sistemas cerrados [16].

Por su parte, los sistemas destinados a brindar información al conductor particular focalizan el uso de GPS como herramienta fundamental para transmitir datos en tiempo real. En relación a la información a peatones y pasajeros; estos sistemas se han enfocado en brindar información en tiempo real de disponibilidad de transporte, vías, alternativas de viaje, costos, e información turística relevante. La importancia de la implementación de estos sistemas en las urbes radica en que básicamente buscan la eficacia en cuanto a mejorar los sistemas de transporte, buscar alternativas a tiempo real para la descongestión de tráfico, entre otros objetivos. Atención a aspectos como horarios y mapas mediante redes implican que el diseño de los sistemas deben tener mensajes claros y específicos, de manera que el usuario acceda y obtenga la información de forma rápida y segura [17].

En muchas ciudades a nivel mundial la implementación de estos sistemas ha implicado la coordinación de múltiples sistemas más complejos. Por ejemplo, la exposición de horarios y mapas requiere también un trabajo coordinado de los sistemas de buses, generando una modificación no solamente desde la implementación del sistema propiamente dicho, sino motivando una cultura de tránsito cada vez más eficaz y dependiente de los sistemas electrónicos para su adecuado funcionamiento [18].

Otro aspecto a tener en cuenta es la integración de nuevos sistemas de transporte a la urbe, focalizando el uso de bicicletas, en función de reducir los niveles de contaminación, además que esta se presenta como una alternativa económica, saludable y accesible en las ciudades modernas. Se puede observar por ejemplo la implementación del sistema de bicicletas públicas adoptado en la ciudad de Cuenca. El Sistema consiste en la inclusión de bicicletas públicas que se distribuyen en 20 estaciones a nivel de la ciudad. El control de este sistema busca brindar información al usuario sobre la ubicación, disponibilidad de espacio, tiempo de recorridos, mediante el uso de aplicación móvil y tarjeta. Sistema que se ha adoptado también en ciudades de Latinoamérica como Sao paulo, Río de Janeiro, Ciudad de México, Buenos Aires, entre otras [19].

3.2. Sistemas avanzados de administración de transporte

Los sistemas avanzados de administración de transporte focalizan sus actividades en centros de control de tráfico, sistemas de señales de tránsito inteligentes, señales



de mensajes dinámicos, entre otros. A diferencia de los sistemas analizados en el apartado anterior, estos sistemas se focalizan en sistemas públicos; el uso de semáforos inteligentes es un ejemplo de estos sistemas.

Se indica que los sistemas avanzados de administración de transporte focalizan dos aspectos que son fundamentales en el transporte urbano: El control y la gestión. El control focaliza la forma en que los sistemas de transporte son organizados; en tanto que la gestión contempla aspectos como horarios de salida, número de pasajeros, rutas asignadas, formas de rotación, atención a situaciones de emergencia, etc. [20].

De acuerdo a Ardoy [21], la clave para el manejo de estos sistemas radica en la logística; lo cual abarca a múltiples subsistemas que garanticen el funcionamiento eficaz del sistema superior que se busca controlar y gestionar. Para esto, el autor focaliza algunas de las ventajas existentes en la actualidad, hacia donde se espera se orienten las futuras investigaciones, siendo éstos: Seguridad móvil, sistemas de autoarranque de MIDlets mediante contacto, funcionalidades móviles de interacción directa con el usuario (sin procesos intermedios), uso de la web en funciones de seguridad, que incluyen funciones de generación de itinerarios automáticas, filtros de búsqueda, y acceso filtrado a bases de datos.

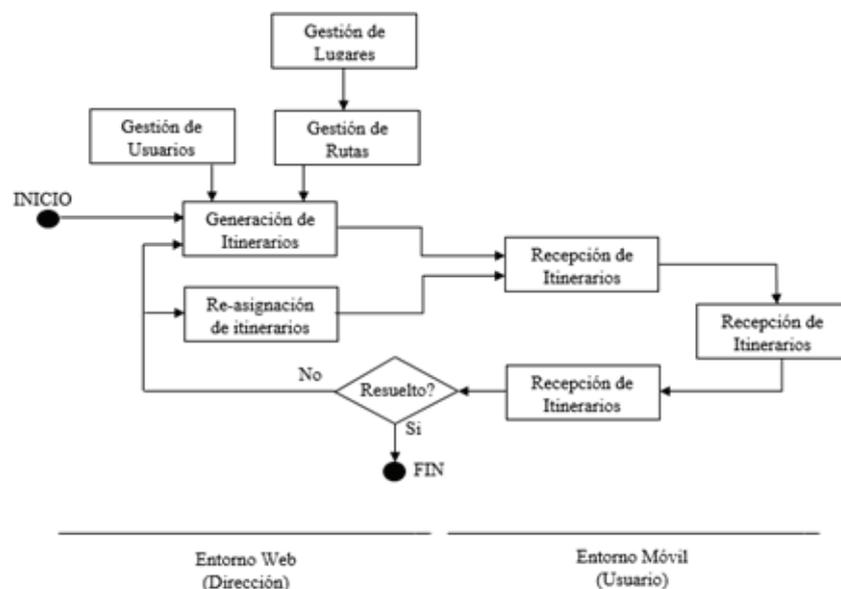


Figure 4

Utilización de web y móvil para controlar y gestionar en ITS [21].

Contrario a lo que se podría pensar, los sistemas avanzados de transporte no solamente se enfocan en la administración de los vehículos, sino que también pueden tener un enfoque en el usuario. El uso de semáforos inteligentes, por ejemplo se ha popularizado a nivel mundial, muchos de estos enfocan la atención al peatón. La

administración de los sistemas de tráfico parte del control de los sistemas de circulación de tránsito vehicular, la señalización adecuada y medidas de control eficaces [22].

La utilización de semáforos inteligentes se vale de múltiples sistemas, entre estos, el uso de sensores para recolección de datos. Así, la programación de los sensores y el cambio de los semáforos se realiza en base a algoritmos que dependerán de la presencia o ausencia de vehículos y peatones en la vía y bordes. Esto implica el dejar atrás los sistemas de semáforos. La tecnología que utilizan estos dispositivos puede ser variada, entre estos:

Tecnología RFID, que consta de cuatro partes principales: Tarjeta RFID, puntos de acceso, servidores de red, WAN y base centralizada para el almacenamiento de datos y selección de alternativas (mediante un algoritmo). El esquema de funcionamiento de este sistema se muestra en la Figura 1.

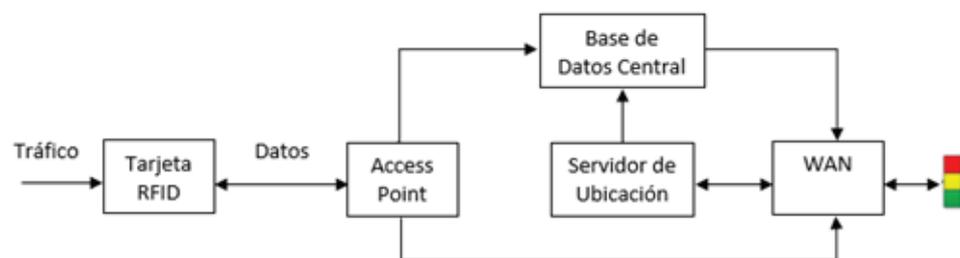


Figure 5

Esquema de funcionamiento de semáforo RFID [22].

La selección de opciones dependerá de la información que se obtiene en tiempo real por el sistema. El procesamiento de datos es significativo ya que dependerá del algoritmo que se utilice para la eficacia del sistema, algunos parámetros de entrada que se toman en cuenta para el diseño del sistema se enfocan en: congestión, número de autos en espera, comunicación con otros semáforos continuos, cantidad de peatones a la espera, entre otros aspectos [23].

Otras formas tecnológicas desarrolladas para su aplicación en semáforos inteligentes se han enfocado en las redes sensoriales inalámbricas. Esta tecnología funciona bajo la misma lógica que las de tecnología RFID; sin embargo la estructura del sistema difiere al constar de dos partes fundamentales que son las redes de sensores inalámbricos y una estación base para el procesamiento de datos y envío de respuestas. Las redes de sensores están conformadas por varios sensores que obtienen los datos y envían información en tiempo real; los parámetros de control de igual manera que en las redes RFID, son variables como longitud del tráfico, peatones, tiempo de otros semáforos, etc. [24].

Todas las redes de sensores inalámbricos se conforman por sistemas Wireless Sensor Network (WSN), y la variedad de controladores existentes en el mercado es



significativamente amplia. La amplitud de la red está determinada por el número de nodos, respondiendo esta extensión a la necesidad de control que se busca cubrir. En este sentido, en la aplicación de redes de semáforos inalámbricos, resulta fundamental tener en cuenta por ejemplo la expansión de la zona de control, focalizando los lugares en donde los problemas de tráfico son más significativos [25].

3.3. Sistemas de tarifas de transporte habilitados

Otra de las aplicaciones a las que se han orientado las ITS, son los sistemas de tarifado automatizados. Desde el cobro de pasajes de buses en estaciones, estos sistemas han evolucionado en función de brindar mayor eficacia al momento de realizar este tipo de trámites que anteriormente se realizaba de persona a persona. La gestión de estos sistemas no solamente se ha focalizado en zonas urbanas, sino que se ha expandido también a entornos rurales como es el caso de la implementación de sistemas de peajes electrónico inteligentes [26].

Los sistemas de peajes son relevantes para garantizar el sostenimiento económico de las mismas vías. El uso de los sistemas convencionales ha requerido sin embargo la presencia de personas de forma continua, generando gastos en personal. Actualmente, estos se han ido reemplazando mediante sistemas de cobro electrónicos, automatizados e inteligentes. La gestión de los sistemas de peajes inteligentes no solamente implica el reemplazo de personal al momento del cobro, sino que busca la gestión de información que se recolecta de las vías para determinar aquellos tramos que requerirán mayor atención en relación de aquellos que son menos transitados. En este sentido, se puede también regular la economía y cobros que pueden ajustarse a tarifas de acuerdo a la época en la que funcionan los peajes, el número de autos que circulan así como el tiempo de viaje que lleva un automóvil. Todos estos datos pueden ser procesados en función de garantizar la economía de las personas que frecuentan las zonas de peaje, así como permitir el mantenimiento de las carreteras a través de la recolección necesaria de dinero que demanda de acuerdo al tráfico que abarcan en función del tiempo [27].

Los sistemas electrónicos de cobro en el transporte público se han aplicado de forma expansiva a nivel de las ciudades ya que representan la economía de mano de obra, así como ofrecen eficacia y su mantenimiento en muchos de los casos es relativamente sencillo. Inclusive, se ha omitido el manejo del dinero directo con la implementación de alternativas como tarjetas para buses, e inclusive aplicaciones móviles con descuento a la banca o fondos previamente adquiridos. Las alternativas tecnológicas para esto se han focalizado en sistemas prepago que cubren cuatro generaciones de acuerdo a la tecnología que disponen: La primera generación requiere el uso directo de dinero (monedas o billetes) y emisión de boletos o tarjetas de



bandas magnéticas. La segunda generación está caracterizada por la aparición de las denominadas 'Smart Cards', que pueden ser tarjetas de contacto y tarjetas que no requieren contacto directo (contactless); la tercera generación se basan en botones electrónicos y el uso de dispositivos de débito; finalmente, la cuarta generación se enfoca en lo que se denomina m-commerce [28].

Los proyectos de cobro electrónico se orientan a una expansión cada vez más amplia, debido a que la gestión de estos datos implica el ingreso de dinero, su correcta administración, así como la centralización de los datos obtenidos para su adecuada gestión. Al igual que la información que se receipta de peajes, el ingreso de datos en los sistemas de cobro de transporte público permite tener información a tiempo real del número de pasajeros que se transportan, horas en las que los transportes requieren mayor afluencia, inclusive, mediante el uso de otros sensores, es posible determinar los grupos etarios característicos en los sistemas de transporte. En este sentido, se puede orientar el uso de estos datos para la administración del transporte en forma generalizada. Se observa de esta manera que los sistemas de transporte brindan una serie de datos e información que pueden constituir la base para proyectos futuros que mejoren la eficacia de su funcionamiento [29].

3.4. Sistemas de transporte público avanzados

En el sistema de transporte público avanzado convergen muchos de los aspectos analizados previamente. Estos sistemas se caracterizan por la unión de varias tecnologías que buscan incrementar la eficacia y seguridad de los sistemas de transporte público. Funciones como la información en tiempo real para la gestión de los sistemas, la localización automática de vehículos, entre otros, son las aplicaciones que más se han desarrollado en este sentido [30].

Los sistemas avanzados se valen del uso de datos a tiempo real en el desempeño de las ciudades. A diferencia de otros sistemas, estos buscan perfeccionarse constantemente y requieren monitoreo continuo, considerando la complejidad de datos que manejan, así como la importancia que representan estos datos para los diferentes usuarios. Su aplicación en el diario vivir los caracteriza.

Si bien, los proyectos en este sentido pueden enfocarse en una renovación de los sistemas existentes, esto es aplicable a las ciudades que son relativamente más nuevas, ya que en otros sistemas y dependiendo de la economía disponible, es necesario integrar los sistemas antiguos, actualizarlos así como considerar la disponibilidad de sistemas que se han usado durante otras épocas, en función de no dejarlas en obsolescencia. Así, los sistemas avanzados buscan la integración de los sistemas convencionales, su actualización, así como la posibilidad de adaptar nuevas tecnologías a los sistemas



de transporte existentes así como adaptarse a las limitaciones de la infraestructura existente [31].

Un ejemplo de estos modelos es el adaptado por Montañez R. [31], para la ciudad de Santo Domingo. El desarrollo de este sistema parte de la planificación del uso del suelo, la restricción del tráfico y la promoción del transporte colectivo; como respuesta a las necesidades del tráfico y el colapso de los sistemas viales existentes en dicha ciudad. Las alternativas se focalizan en mejorar el sistema de control de las vías y la implementación de metrovías que permitan la descongestión del tráfico.

3.5. Infraestructura de integración inteligente

En el apartado de la infraestructura, los sistemas inteligentes de transporte se focalizan en verificar que dichos sistemas no colapsen. Esta es una respuesta enfocada sobre todo en el hecho de que los sistemas de infraestructura no son fáciles de reemplazar, por lo que se busca garantizar su eficacia de funcionamiento. El colapso de los sistemas de transporte es una analogía en el colapso de las instalaciones. Se observa por ejemplo que los sistemas de transporte público representan gran parte de la inversión pública generada. Así, el mantenimiento de carreteras, terminales y demás obras destinadas a brindar comodidad al usuario y eficacia al sistema de transporte, resultan altamente relevantes. La automatización de procesos que se dan dentro de estos sistemas buscan garantizar su funcionalidad. La implementación de dispositivos electrónicos y la búsqueda de brindar atención mediante el uso de dispositivos electrónicos son alternativas que permiten la descongestión de terminales. La adquisición por ejemplo, de boletos para transportes públicos, consulta de disponibilidad de viajes, vías y rutas, son más eficaces mediante medios digitales y el uso de páginas web, así como aplicaciones móviles. Así también, la gestión de dinero electrónico, uso de tarjetas de crédito, etc. son alternativas que permiten que las infraestructuras continúen funcionando sin colapsar [32].

A pesar de que las ITS ofrecen alternativas más económicas a la creación de nueva infraestructura, esta tiene que enfrentar retos como la especificación correcta de los SIT en función de las necesidades, la definición cada vez más renovada de estándares de calidad y especificaciones de funcionamiento, el constante avance tecnológico de dispositivos puede dejar en la obsolescencia a los implementados, y el requerimiento cada vez mayor de personal especializado en el manejo y el mantenimiento que requieren estas nuevas tecnologías [33].



4. Conclusiones

Los ITS constituyen una necesidad en la actualidad, debido al amplio crecimiento urbano y las necesidades ecológicas que han surgido de la sobre-explotación de recursos, así como suponen una gestión del cambio en la matriz energética. La aparición de dispositivos electrónicos que se han apoderado cada vez más del control automotor, por ejemplo, representa en la actualidad parte fundamental de la arquitectura de los nuevos proyectos automotrices y significan una respuesta a necesidades específicas.

La implementación de los ITS abarca múltiples aspectos que pueden variar de acuerdo a su orientación. Por ejemplo, focalizando solamente a las necesidades que puede requerir el conductor, se han desarrollado múltiples funciones de comunicación e información que se brinda a tiempo real en función de garantizar una mejor conducción, así como volver más eficiente el flujo del tráfico.

El interés por el desarrollo de ITS no solamente radica en empresas privadas, sino que también ha sido desarrollado por entidades públicas. Este desarrollo se viene dando de forma acelerada desde los años 50 en países como Estados Unidos, Japón, y a nivel de Europa (un poco más tarde).

Palabras clave como: seguridad, comodidad, gestión de tránsito, han sido la base para el desarrollo de estos dispositivos.

Desde el enfoque del peatón y usuarios no motorizados, las ITS buscan brindar información a tiempo real sobre disponibilidad de viajes, turnos, tiempos de salida y llegada, opciones de transporte, mapas, información turística, etc. La información que se brinda a las personas debe estar estudiada de forma minuciosa, de manera que no existan interpretaciones erróneas de lo que se recibe, y que el mensaje sea comprendido de forma inmediata y no represente un riesgo (distractor) en el caso de conductores; para esto, se han utilizado métodos de audio, imagen y video que combinados pueden brindar el resultado que se espera obtener.

En el caso de las ciudades, se considera la infraestructura existente y el problema que deriva de su colapso frente al incremento demográfico, situación que sucede en todos los contextos y en los que no se ha dado, posiblemente suceda también. Frente a esto, las ITS buscan ofrecer alternativas económicas, ya que la reestructuración de infraestructura en materia de transporte o la construcción de nuevas estructuras representa siempre costos significativamente altos a más de la expansión y búsqueda de espacios estratégicos. En este sentido, las ITS ofrecen respuestas adaptables a las necesidades, mediante la gestión de horarios, disponibilidad de buses, selección de vías alternativas a tiempo real para mejorar la circulación, son parte de los procesos que en algunos lugares ya se han implementado.

Desde una perspectiva ecológica, las ITS buscan la sustentabilidad. La clave en materia de transporte es la inserción de sistemas de transporte alternativos, tal es el caso



del uso de bicicletas, sistema implementado recientemente en la ciudad de Cuenca, y que maneja dispositivos móviles y tarjetas para el uso, así como geo-localización para determinar el lugar de ubicación de las bicicletas. La integración de estos sistemas deben estar enfocados en normas de seguridad, en función de garantizar a los usuarios su uso, sin exponerlos a riesgos. Evidentemente, la implementación de estos sistemas requerirá una transformación del entorno urbano en aspectos de infraestructura con la dotación de las denominadas 'ciclovías'. Otro de los aspectos que se focaliza desde la sustentabilidad, es la optimización de recursos energéticos. En este sentido, las ITS son capaces de administrar y gestionar la información existente en referencia a las características de movilidad de la urbe en la que se desempeñan. Así, se puede administrar el sistema de transporte público en horarios, disponibilidad, etc. de acuerdo a las necesidades existentes partiendo de un análisis estadístico.

Actualmente existe infinidad de posibilidades de desarrollo de ITS. Si bien, en décadas anteriores las ITS estuvieron focalizadas en la obtención de datos y la adaptación de tecnologías a las nuevas necesidades. Actualmente se puede asumir que más allá del desarrollo de nuevos dispositivos, es fundamental el desarrollo de nuevos sistemas capaces de hacer uso eficiente de toda la información que se obtiene de los dispositivos ya implementados. Este proceso consiste en una evaluación y re-evaluación constante de los datos que diariamente se obtienen de sistemas inteligentes, para una mejor gestión. Así también, las proyecciones que se puedan obtener de las denominadas 'BigDatta', son algunas de las alternativas a las que se deben focalizar las nuevas experiencias en ITS. Aplicaciones como semáforos inteligentes, información real al momento de conducción mediante GPS, entre otras; ofrecen datos a tiempo real que no son gestionados ni utilizados de forma adecuada. En este sentido, en gobiernos como en España, se busca optimizar el uso de estos datos para satisfacer las demandas energéticas de forma eficaz con visión a cambiar el modelo de base energética petrolera, por bases energéticas eléctricas. Así, la disponibilidad de datos a tiempo real puede permitir la distribución adecuada de la energía eléctrica, sin saturar el sistema eléctrico nacional brindando a tiempo real energía a los lugares en donde más se necesite.

Finalmente, una de las problemáticas más significativas que enfrenta la gestión de ITS radica en la valoración de las mismas en aspectos de calidad, y el hecho de que las tecnologías avanzan constantemente, de forma que el uso de dispositivos actuales puede caer en la obsolescencia en poco tiempo. En este sentido, la implementación de ITS no solamente deberá responder a las necesidades puntuales de la actualidad, sino que deberá proyectarse a un futuro de manera que los lapsos de renovación sean sustentables económica, técnica y ecológicamente.



References

- [1] European Environment Agency. The European environment - state and outlook 2010: Synthesis. Brussels: European Environment Agency; 2010.
- [2] European Commission. Action Plan on Urban Mobility, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels: European Commission; 2009.
- [3] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía: IDAE, 2010, Guía práctica de la energía: Consumo eficiente y responsable, para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
- [4] Kindelan JC. Evolución tecnológica de los motores de automoción para reducir sus emisiones. Planes de Movilidad. Tecnologías de Reducción de Emisiones en el Transporte. Ministerio de Medio Ambiente; 2006.
- [5] Hernández U. Sistemas inteligentes de transporte (SIT). Barcelona: UOC; 2014.
- [6] Suárez M. Los sistemas inteligentes de transporte ITS. Ciencia e ingeniería Neogranadina. 2001;39-45.
- [7] Crotte A, Arviza C, Mojica C, Granada I. Apoyo al desarrollo de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS). Banco Interamericano de Desarrollo; 2017.
- [8] Huerta J. Aplicación de los Sistemas Inteligentes de Transporte a la Seguridad Vial. 2017. Obtenido de: http://oemmnndcbldboiebfnladdacbfmadadm/http://tecnologiayseguridadvial.es/wp-content/uploads/2017/03/JAIME-HUERTA-Presentaci%C3%B3n-IIJSV_v2.pdf
- [9] López J. Telemática, enseñanza y ambientes virtuales colaborativos. Comunicar. 2012;191-199.
- [10] Quintero J, Prieto L. Sistemas inteligentes de transporte y nuevas tecnologías en el control y administración de transporte. Puente Revista Científica. 2015; 53-62.
- [11] Giosa D, Viera O. Un sistema avanzado de información a viajeros aplicado a la ciudad de Montevideo. Rev. Ingeniería Informática. 2006;1-13.
- [12] Íñigo R. Organización de transporte de viajeros. Madrid: Educalia Editorial; 2017.
- [13] Inglada V, Pesquera M. Las nuevas tecnologías en el transporte, una alternativa a la inversión en carreteras. Economía industrial. 2003;47-50.
- [14] Giosa D. Sistemas de información de tráfico. Montevideo: Universidad de la República Oriental del Uruguay; 2003.
- [15] Arnesto L, Arnal L, Dois J, Girbés V, Peris J. Proyecto SAFEBUS: Sistemas avanzados de seguridad integral en autobuses. Rev. Iberoamericana de automática e informática industrial. 2015;1-12.
- [16] Berntman M, Wretstrand A, Holmberg B. Bus travel safety - a travel chain perspective. International conference on mobility; 2010; 1-10.



- [17] Vargas O. Sistemas de información integrados. UPC- Departament de Ciencia e Ingeniería; 2004.
- [18] Cleaner and Better transport in cities. Policy Advice Notes. 2015;1-12.
- [19] La bici pública en Cuenca entra a etapa de pruebas. El Tiempo. 2019. Obtenido de eltiempo.com.ec: <https://www.eltiempo.com.ec/noticias/cuenca/2/estaciones-bici-publica-funcionamiento>
- [20] Gallego C. Sistemas inteligentes de control y gestión de transporte privado. Bradenton: UNIR; 2015.
- [21] Ardoy J. Sistema de gestión de transportes. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid; 2010.
- [22] Jacobo A. Sistema de semáforos inteligentes utilizando sensores de presencia. Rev. Aplicaciones de la Ingeniería. 2015;147-152.
- [23] Martínez M. Semáforos Inteligentes. Universidad Católica de la Asunción; 2014.
- [24] Riofrío M. Análisis y simulación de un sistema de semaforización inteligente en el centro de la ciudad de Guayaquil. Guayaquil: Universidad de Guayaquil; 2018.
- [25] Nayibe C, Burgos T, Zafra A, Caro L. Redes de sensores inalámbricos. *Conference paper*. 2011;1-16.
- [26] Rodríguez J. Manual de transporte de carga. Barcelona: FUTADEO; 2013.
- [27] Robusté F, Vergara C, Thorson L, Estrada M. Nuevas tecnologías en la gestión de autopistas: El peaje y los sistemas inteligentes de transporte. *Economía industrial*. 2003;1-14.
- [28] Pérez G. Sistemas de cobro electrónico de pasajes en el transporte público. *Series tecnología*. 2015;45-75.
- [29] Acha J. Hacia una arquitectura nacional para los sistemas inteligentes de transporte. Sanfandila: Instituto Mexicano del Transporte; 2004.
- [30] World Resource Institute. Modernización del transporte público. México: Embarq; 2014.
- [31] Montañez R. Un nuevo modelo de transporte para el gran Santo Domingo. *Ciencia y sociedad*. 2016;337-359.
- [32] Azán S, Gómez M, Zariohta D. Esquema de implementación de tecnologías inteligentes de transporte en América Latina: estudios de casos. Managua: AFD; 2015.
- [33] Pérez F, Velásquez G, Fernández V, Dorao J. Movilidad inteligente. *E.I.* 2015;111-122.