

SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE Y NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL CONTROL Y ADMINISTRACIÓN DEL TRANSPORTE.

Julián Rodrigo Quintero González¹, Magister en Ingeniería Ambiental

Lina Fernanda Prieto Vaca², Ingeniera Civil.

Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia sede Tunja

Recibido enero 28 de 2015 - Aceptado marzo 17 de 2015

<http://dx.doi.org/10.18566/puente.v9n1.a07>

Resumen- Se presenta una descripción de los Sistemas Inteligentes de Transporte SIT's como mecanismo de control del tránsito y transporte en su ámbito general, involucrados en la solución de problemas como congestión vehicular, accidentalidad y contaminación ambiental. Lo anterior se llevó a cabo mediante la recopilación de información de diferentes autores y centros de investigación, así como publicaciones de empresas especializadas y experimentadas en la implementación y/o fabricación de estos sistemas. Se presentan ejemplos de diferentes dispositivos de control que actualmente se encuentran en uso y se muestran como tendencia mundial de innovación tecnológica en este aspecto. Se concluye que los SIT's permiten que la movilidad se realice de manera eficiente y se lleve a cabo un adecuado control de la operación y administración del transporte y el tráfico, a la vez que se satisfacen las necesidades de movilidad de los usuarios en forma eficiente, económica y segura.

Palabras clave- Sistemas Inteligentes de Transporte SIT's, Administración del Transporte, Control del Tráfico.

Abstract- A description of the Intelligent Transportation Systems ITS's as a control mechanism transit and transportation in general level is presented, involved in solving problems such as traffic congestion, accidents and pollution. This was performed by collecting information from different authors and research centers, and specialized publications and experienced companies in the implementation and/or manufacture of these systems. Examples of different control devices that are currently in use and is displayed as global trend of technological innovation in this area are presented. We conclude that the ITS's allow mobility is performed efficiently and takes place adequate control of the operation and management of transport and traffic, while the mobility needs of users are met efficiently, economical and safe.

Keywords- Intelligent Transportation Systems ITS's, Transportation Management, Traffic Control.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo masivo de los sistemas de transporte en las grandes ciudades ha traído consigo el aumento de los requerimientos propios de las infraestructuras necesarias para su operación, además de una mejor administración del espacio público, el ordenamiento del territorio, y la implementación de nuevos y mejores mecanismos para llevar a cabo un adecuado control de la movilidad de vehículos de transporte público y de los vehículos que se desplazan dentro de los flujos vehiculares con los cuales interactúan los sistemas de transporte convencionales.

En éste aspecto, y de acuerdo con lo expuesto por el Instituto Mexicano del Transporte en relación con “la aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, el diseño funcional, a la administración, a la operación y explotación de un sistema de transporte” [1], puede decirse que en países de todo el mundo se ha avanzado en el perfeccionamiento de nuevas tecnologías que permiten disminuir la congestión vehicular mediante el desarrollo de sistemas inteligentes de transporte, los cuales brindan soluciones para resolver los problemas viales. Países como China, Estados Unidos y Alemania han incorporado dentro de sus políticas de movilidad urbana sostenible el desarrollo e implementación de múltiples tecnologías como lo son los Sistemas Inteligentes de Transporte SIT's, que van desde redes inteligentes de semáforos, peajes automáticos canalizados, pasando por la gestión integral de autopistas y túneles, hasta el diseño de avanzados dispositivos inteligentes incorporados a los vehículos comerciales tanto de transporte de pasajeros como de carga [2].

Estos instrumentos representan un gran avance en el ámbito global dando a otros países bases suficientes y buenas perspectivas frente al diseño e implementación de éstos sistemas inteligentes con el objeto de mejorar la circulación de los flujos vehiculares en las áreas urbanas así como el aprovechamiento de las nuevas

¹ Julián Rodrigo Quintero González. Magister en Ingeniería Ambiental. Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Tunja. Grupo de Investigación y Desarrollo en Operación del Tránsito GIDOT. e-mail: jrquintero.g.itv@gmail.com, julian.quintero@uptc.edu.co

² Lina Fernanda Prieto Vaca. Ingeniera Civil. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Tunja. e-mail: panke04@hotmail.com

tecnologías. Atendiendo a lo anterior, se realizó una investigación cuyos resultados se presentan a continuación y cuyo objeto es presentar los principales aspectos en relación con el desarrollo, evolución y expectativas frente a la utilización de los sistemas inteligentes para la administración y control del transporte en las ciudades.

II. IMPORTANCIA DEL TRANSPORTE EN LA SOCIEDAD

De acuerdo con Knox (2013) el transporte es esencial en el crecimiento de la economía y el desarrollo de la sociedad. Un sistema de transporte eficaz es aquel que genera un mayor volumen de comercio en áreas que anteriormente eran inaccesibles en una región y que se extiende al extranjero. Esto no sólo aumenta el tamaño del mercado, también lo hace más sofisticado dado que permite que los nuevos productos e ideas se muevan más libremente. Sin embargo, el impacto no es sólo económico, también es social y cultural, los sistemas de transporte eficaces reúnen a las personas para compartir experiencias e ideas. La habilidad de pensar en el ámbito nacional, o incluso global, evolucionan gracias al desarrollo del transporte, sin un sistema de transporte rápido y eficiente la idea, por ejemplo, de un periódico nacional o servicio postal serían inconcebibles. Así al reducir el tiempo y distancia los sistemas de transporte no sólo reducen el costo de la distribución de bienes y servicios, sino que además impulsan la idea del ser parte de una cultura más grande que la cultura en la que una persona se desarrolla en forma inmediata [3].

Así, y a pesar que el desarrollo de los sistemas de transporte es lento, éstos se presentan como un eje primordial en el desarrollo y crecimiento económico y cultural de las naciones, para lo cual, las inmensas sumas de dinero derivadas de la implementación de dichos sistemas pueden reducirse en el corto plazo a través de la formulación y puesta en operación de sistemas novedosos como los sistemas inteligentes de transporte, que permitan controlar, administrar y optimizar la operación del transporte en las ciudades en espera de tener acceso a mayores rubros para la inversión en sistemas de transporte más eficientes.

III. OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE Y MECANISMOS CONVENCIONALES PARA SU CONTROL

En relación con la operación del transporte, y conforme con los estudios adelantados por la Universidad Autónoma del Estado de México [4],

existen tres principales tipos de operación de transporte público que básicamente se diferencian por el lapso comprendido entre cada parada que realizan. El primero de ellos corresponde a servicio local, el cual se presta haciendo uso extensivo de todas las paradas a lo largo de la ruta; el segundo de ellos corresponde a servicio de paradas alternadas, que busca alternar las paradas en diferentes lugares de la ruta, con el fin de acelerar la prestación del servicio; por último el servicio expreso, en el que mediante un espaciamiento mayor de las paradas, busca obtener velocidades comerciales altas.

Con base a lo anterior, hoy por hoy en todo el mundo existen diversos métodos, metodologías y estrategias orientadas hacia la planificación y administración de sistemas de transporte, diseñadas a partir de la realización de estudios de transporte como los de origen y destino de pasajeros, que han permitido establecer algunas medidas eficientes para el mejoramiento de la movilidad y accesibilidad en las ciudades [5]. Algunas de éstas medidas van desde la aplicación de restricciones de circulación a vehículos particulares y de transporte público [6], pasando por la implementación de sistemas integrados de dispositivos de control de tráfico conformando redes semafóricas complejas [7, 8, 9] (Fig. 1), sistemas inteligentes de seguimiento en tiempo real en un corredor vial o una red vial completa en el área urbana de una ciudad, el desarrollo de tecnologías y sistemas de control inteligentes en estaciones y terminales de transporte [10], hasta la modelación de flujos vehiculares para el diseño y evaluación del rendimiento de sistemas inalámbricos para el control de tráfico [11].

IV. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

En la actualidad, a nivel mundial y especialmente en Latinoamérica, la implementación de nuevas tecnologías en los diferentes mecanismos de control y operación de transporte ha traído numerosas ventajas, principalmente en la reducción de los gastos que anteriormente se destinaban para la operación y mantenimiento de cada uno de los modos de transporte. Ésta reducción en los costos de operación de los sistemas de transporte es impulsada por la revolución tecnológica que busca satisfacer las necesidades de viajes, utilizando mecanismos que facilitan y agilizan la movilidad, a la vez que brindan seguridad a los usuarios, con beneficios adicionales como la reducción de las cifras de volúmenes de contaminación para así contribuir al cumplimiento de las expectativas de los gobiernos y sus actuales políticas ambientales de sostenibilidad.



Fig. 1. Sistema inteligente de control de tráfico autopista Reino Unido
Fuente: Tomada de: www.nce.co.uk

Los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés), son considerados como uno de los componentes fundamentales de los sistemas inteligentes de transporte, éstos indican referencias geográficas precisas en tiempo real y de amplia cobertura en un área rural o urbana, lo cual permite realizar un control preciso de los sistemas de transporte. Lo anterior se lleva a cabo mediante el rastreo realizado por la estación de control, haciendo uso de radiotelescopios que envían la información a una estación maestra, encargada de realizar los cálculos correspondientes para determinar las coordenadas precisas de los vehículos, ésta estación mantiene actualizado el sistema de información que a su vez es transmitida al subsistema usuario [12]. El GPS Es una tecnología ampliamente utilizada en los

sistemas inteligentes de transporte. Según Backhoff [12], en 2005 las aplicaciones del GPS en combinación con otros Sistemas de Información Geográfica SIG, ocuparon el segundo lugar entre las tecnologías de mayor potencial de utilización en carreteras en la ciudad de México. A su vez el GPS posee aplicaciones también en el transporte aéreo ya que proporciona diferentes ventajas como un mayor nivel de seguridad de los vuelos por la vigilancia automática de precisión, reducción de los mínimos de separación entre los vuelos que permitirán una mayor capacidad en el espacio aéreo, trayectoria de vuelo en rutas más directas, mejoramiento progresivo en la economía para los gobiernos por la eliminación de costos de mantenimiento de equipos anticuados, entre otras (Fig. 2).

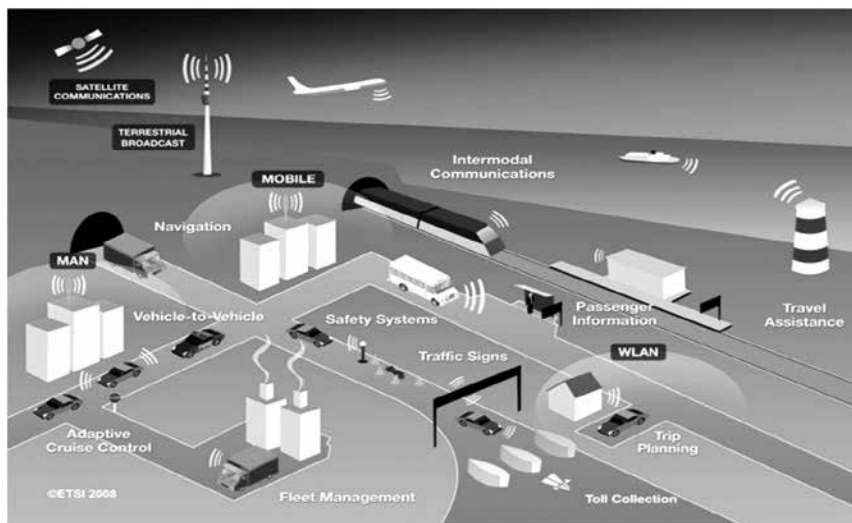


Fig. 2. Esquema red inalámbrica para control de tráfico
Fuente: <http://img.motorpasion.com>

Con el reciente desarrollo de los sistemas inteligentes se pueden tratar problemas de congestión de tráfico y de movilidad urbana en calles y carreteras, puentes, intersecciones, puertos, vías ferroviarias y peajes como parte de la infraestructura del transporte, elementos que pueden estar interconectados y ser tratados mediante los sistemas inteligentes de

transporte con el objeto de mejorar la productividad del sistema, reducir el número de accidentes y reducir las emisiones de efecto invernadero entre otros aspectos [13]. A continuación se presentan algunas de las características de los sistemas inteligentes de transporte más novedosos utilizados en la actualidad (Ver TABLA I).

TABLA I.
CARACTERÍSTICAS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE MODERNOS

Sistemas de Información Avanzados de Viajeros	Provisión de información de tráfico en tiempo real
	Guía de ruta / Sistemas de navegación
	Información de estacionamiento
	Sistemas de información meteorológica
Sistemas Avanzados de Administración del Transporte	Centros de operación del tráfico
	Control adaptable de señales de tránsito
	Señales de mensajes dinámicos
Sistemas de Tarifas de Transporte Habilitados	Peajes electrónicos
	Pago de tarifa o precio electrónico
	Líneas de expreso
	Tarifas de uso de vehículos por kilómetro recorrido
	Variabes de las tarifas de estacionamiento
Sistemas de Transporte Público Avanzados	Información en tiempo real del estado del sistema de transporte público (por ejemplo autobús, metro, tren, etc.)
	Localización automática de vehículos
	Pago de tarifa electrónica (por ejemplo, tarjetas inteligentes)
Vehículo a Infraestructura de Integración y Vehículo a Vehículo de Integración	Sistema de anticolidión en intersecciones
	Adaptación inteligente de la velocidad

Fuente: Los autores (Adaptado de Ezell, 2010, p. 8 [14])

V. NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA CONTROL Y ADMINISTRACIÓN DEL TRANSPORTE

Cada una de las tecnologías implementadas en las redes de sistemas de transporte debe proporcionar información en tiempo real que permita tener control de datos de forma confiable y que facilite su administración; deben brindar información sobre condiciones de tráfico, trabajos de mantenimiento velocidades de circulación, alarmas ante accidentes, entre otras. Dicho proceso de modernización se debe llevar a cabo de forma gradual teniendo en cuenta que debe suplir las necesidades de movilidad en el presente y se debe acomodar igualmente al volumen de tráfico del futuro.

Un ejemplo de esto lo representa la completa gama de soluciones Corning Cable Systems LANscape® creada por la empresa líder en soluciones de sistemas de telecomunicaciones, electrónica de consumo y transporte Corning

Incorporated, que permiten, según su publicación titulada “Soluciones de Sistema de Tránsito Inteligente” [15], diferentes facilidades para la implementación de elementos tecnológicos al sistema de transporte, de tal forma que el proceso se realice en el menor tiempo posible, lo cual evita que exista un tiempo de inactividad en el control y la administración del tránsito. De igual manera Corning Cable Systems ha mejorado las conexiones, haciéndolas robustas y reforzadas para resistir los efectos del medio ambiente haciendo uso por ejemplo de cables de fibra óptica; los dispositivos electrónicos instalados son debidamente probados lo que garantiza su correcto funcionamiento. Por otro lado, Siemens una empresa española caracterizada por la innovación tanto tecnológica como en gestión, por medio de su división de negocios denominada “Mobility”, busca mejorar la movilidad minimizando el impacto en el medio ambiente y el presupuesto. En su publicación titulada “Soluciones inteligentes para el tráfico de hoy y del mañana”

[16], muestra un esquema de soluciones dependiendo del tipo de tráfico que se presente, el cual se podría resumir en la TABLA II.

Por medio de las estrategias mostradas en la TABLA II, Siemens busca obtener control de tráfico optimizando los programas de conmutación de todos los semáforos de manera que el flujo vehicular sea más dinámico. En el escrito se hace referencia a la ciudad de Pireo en Grecia, en donde se presenta gran congestión, el cual se ha logrado reducir en un 20% y 50% dependiendo el horario analizado; también se disminuyó en 8% y 12% los tiempos de traslado y en 10% y 17% la contaminación

atmosférica. En el aspecto de reducción de presupuesto, la empresa española en todos sus proyectos equipó la zona de tráfico con semáforos de tecnología LED, los cuales han experimentado una enorme evolución en los últimos 10 años logrando que posean un consumo inferior respecto a los semáforos de lámpara de incandescencia; aproximadamente en un 90% (Frente a los 70 vatios de consumo de lámparas de incandescencia, la tecnología LED presenta un consumo de 8-10 vatios por lámpara). Además de lo anterior los costos de mantenimiento son menores, así como los de despliegue, poseen mayor durabilidad y contribuyen mejor a la seguridad vial [17].

TABLA II.
NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA CONTROL DE TRÁFICO

Tráfico Interurbano	Tráfico urbano	Parking	Sistemas de Túneles	Peaje Electrónico	Aeropuertos
Centros de control de Autopistas	Sistemas y centros de control de tráfico	Estaciones de pago	Centros modulares de control de túneles	Sistemas de peaje "Free Flow"	Sistemas de iluminación, mando y presentación.
Sistemas de detección y adquisición de datos de tráfico	Instalaciones de semáforos y controladores de intersecciones	Pago a través de teléfono móvil	Detección de NO ₂ CO y falta de visibilidad	Sistema de peaje por satélite	Sistemas de comunicación Tierra/Aire y Tierra/Tierra
Adquisición de datos medioambientales	Sistemas de priorización del tráfico para transporte público de autobuses y tranvías	Sistema de guiado en interior de aparcamiento y en calle	Redireccionamiento de carriles	City Tolling: Zonas de peaje en ciudad basadas en video, DSRC o GPS/GSM.	Sistemas de guiado en pista
Sistemas de llamadas de emergencia	Control del medio ambiente	Sistema de gestión de ocupación de las plazas de aparcamiento	Control de la altura de vehículos, gálibo	Sistemas para recopilación de cobros y cargos.	Sistema de aterrizaje sin visibilidad (G-Bas)
Acceso a información meteorológica		Parquímetros	Tecnología de seguridad y video vigilancia	Sistema de peaje por carriles.	Comunicación Torre de Control

Fuente: SIEMENS, "Soluciones Inteligentes para el tráfico de hoy y del mañana", pág. 3 [16]

Otros dispositivos empleados son los detectores de lazo que son utilizados en las carreteras para detectar la presencia de vehículos por medio de un lazo inductivo ubicado justo debajo del pavimento. Éstos, junto con los dispositivos de video permiten obtener una cifra exacta del número de vehículos que se encuentran circulando sobre la vía y la velocidad a la que lo hace. Esto hace que sea una herramienta eficaz para la gestión de tráfico pues dichas cifras sirven como base de datos en los centros de control de transporte, permitiendo

informar a la comunidad sobre posibles congestiones y rutas alternas. Lo anterior representa una de las mayores ventajas de estos detectores, tal como lo afirma Siemens "De este modo, una colisión en una carretera de circunvalación, automáticamente puede provocar el cierre del carril principal en la tercera intersección que precede al lugar donde se ha producido el accidente, mientras que a través de paneles de mensaje variable se alertará en las intersecciones anteriores, todo de forma absolutamente automática".

Algo que llama la atención es la inclusión de la telefonía móvil para la eficiencia del transporte. La tecnología de transmisión sin cable ha hecho posible que los pagos requeridos para parqueaderos y los correspondientes a servicio de transporte masivo sean cancelados de forma ágil por medio de un dispositivo móvil [16]. En Colombia una de las aplicaciones tecnológicas más importantes a nivel de transporte es el cobro electrónico de peajes, el cual se está implementando en la vía Medellín-Bogotá y Bogotá-Tunja desde el año 2012 aproximadamente en módulos específicos. Fue un sistema implementado por la concesión vial Devinorte que permite realizar el pago de la tarifa de peaje mediante transacción electrónica a través del mecanismo de prepago sin necesidad que el vehículo se detenga, debido a que un lector ubicado en el carril detecta el dispositivo instalado en el vehículo denominado “Pase Ya”, haciendo que la barrera se levante automáticamente.

Este lector funciona electrónicamente con la implementación de un pórtico encontrado en la vía el cual en su parte superior posee un dispositivo de lectura electrónica denominada “TAG” que se encuentra ubicado en el parabrisas del automóvil y su función es enviar y recibir información. De igual manera, el mismo dispositivo se encarga de informar al conductor acerca del saldo que posee, produciendo un número determinado de sonidos en caso de que pueda pasar normalmente (un beep), que posea saldo mínimo (2 beeps), en caso de no tener saldo (3 beeps) y por último, en caso de que el TAG se encuentre desactivado, la recarga se puede realizar por internet a través de cuenta bancaria o en la oficina de concesión [18]. El cobro electrónico de peajes tiene la ventaja de no generar congestión vehicular, ya que como se mencionó anteriormente, el vehículo no tiene que detenerse lo que asegura una velocidad constante de flujo. Entre otras ventajas se encuentra la comodidad y ahorro de tiempo, evita manejo de dinero en efectivo, facilita el control y seguimiento de rutas con información de tránsito en línea, entre otras.

V. TECNOLOGÍAS INCORPORADAS A LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES

El Departamento de Transporte de Virginia ejecuta en la mayoría de sus carreteras el cobro de peaje automático por medio de la tarjeta llamada E-Zpass. Se diferencia del TAG, ya que este es comúnmente ubicado en la placa de matrícula del automóvil. La E-Zpass posee un chip electrónico alimentado por una batería codificada que hace que

una antena ubicada en la plaza de peaje con instalación E-Zpass, lea la información contenida en la tarjeta y cargue la cifra correspondiente desde la cuenta de usuario [19]. Esta tarjeta también proporciona información acerca del tráfico implementando un mecanismo de localización que también posee aplicación en el cálculo de tiempo que demora el automóvil en llegar de una plaza de peaje a otra. Asimismo, uno de los aspectos importantes del transporte consiste en buscar la seguridad de cada uno de los pasajeros y a su vez en caso de que ocurra algún tipo de accidente, lograr minimizar las consecuencias de este. Es por ello que la seguridad ha constituido un foco importante de investigación para las últimas décadas, centrándose principalmente en la incorporación de dispositivos a los vehículos.

Uno de los mayores impulsos en esta temática fue dado por el establecimiento de “eSafety Forum” a principios de 2003. La Comisión Europea en su publicación “Intelligent Transport Systems”, donde también implica la función de dicho establecimiento afirma: “El objetivo general de esta empresa es promover y supervisar la aplicación de recomendaciones formuladas por los grupos de trabajo de eSafety, y apoyar el desarrollo, despliegue y utilización de una serie de sistemas inteligentes de seguridad integrados”. Actualmente se están implementando un grupo de sistemas que ayudan al conductor en el proceso de manejo llamado ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) que acoplan tecnología que busca garantizar no solo la seguridad de personas a bordo del vehículo, sino también la seguridad vial. Dentro de los mecanismos de seguridad se encuentran los siguientes [20]:

- Faros adaptativos: ejecutan un movimiento equivalente al ángulo de la rueda, con el fin de mejorar iluminación.
- Colisión frontal y aviso de salida de carril: indica convergencia con otro vehículo en la zona frontal. De igual manera, advierte desviación de la vía de circulación.
- Control de estabilidad electrónica: frenado automático, ruedas individuales cuando una unidad de seguimiento de control de dirección detecta una desviación de trayectoria.
- Alerta de velocidad: por medio de datos de navegación por satélite se advierte si un vehículo circula a gran velocidad en un tramo de la vía en el cual se debe guardar precaución.
- Reconocimiento de señales de tráfico: muestra las señales de tráfico correspondientes a peatones, límites de velocidad, giros por delante, entre otras.

Un porcentaje significativo de los accidentes de tránsito que ocurren se presenta en situación de oscuridad o en las cuales la visibilidad es mínima. A consecuencia de esto, el proyecto EUCLIDE coordinado por el centro de investigación aplicada Fiat Research Centre en Italia, combina radar de infrarrojos y sensores de microondas junto con una interfaz multifuncional, para advertir a los conductores la presencia de otros vehículos, peatones, animales u obstáculos que se puedan presentar en la vía [20]. Los infrarrojos identifican a los objetos que irradian calor debido a que contienen un material sensible a la temperatura producida por una fuente externa; la distancia con la que el buscador infrarrojo detecta un objetivo es mucho mayor que la distancia visible que proporcionan los faros del vehículo en situación de oscuridad.

VI. PERSPECTIVAS PARA COLOMBIA

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE, la esperanza de vida de la población colombiana implica una ganancia anual de 0,22 años, según lo cual, para el año 2020 se espera que los hombres y mujeres tengan una esperanza de vida entre el rango comprendido de 72,6 a 76,2 años [21]. A su vez los indicadores demográficos indican que para el 2020 el total de habitantes alcanzarán un valor de 50'912.429 [22]. Por otro lado, en Colombia a principios del año 2012 por cada 100 habitantes había 7,4 carros particulares [23], cifra que probablemente para el año 2015 haya aumentado considerablemente. Con base en lo anterior, es posible considerar que a mayor crecimiento de la población se hace indispensable requerir de sistemas de transporte masivos que faciliten la movilidad en los centros urbanos del país, que contribuyan a reducir la tasa de accidentes de tránsito y a la productividad de la economía, teniendo en cuenta que entre menor número de automóviles particulares circulen, menor será el tráfico. Autores como Landi (2013) ratifican la importancia de la aplicación de los Sistemas Inteligentes de Transporte definiéndolos como la aplicación de la tecnología al transporte y un factor que contribuye al mejoramiento de la calidad de vida [24].

En Colombia la entidad encargada de garantizar el mejoramiento del transporte, así como su eficiencia de manera competitiva y segura es el Ministerio de Transporte, quien ha autorizado los primeros proyectos de SIT en el país como lo son el Metro en la ciudad de Medellín y el Transmilenio en Bogotá, además de sistemas similares compuestos por buses articulados en ciudades como Bucaramanga,

Barranquilla y Cali. Los anteriores, han demostrado múltiples ventajas en el transporte masivo, dentro de las que se encuentra la reducción de daño ambiental debido a que la cantidad de dióxido de carbono disminuyó en 170.614 toneladas, contribuyendo a reducir el cambio climático; en este mismo aspecto el metro evita la tala de por lo menos 5.000 árboles que se encuentran a lo largo de éste y que contrarrestan alrededor de 2.400 toneladas de CO₂ [25]. En el ámbito de mejoramiento de la calidad de vida, se evidencia que la reducción de emisión de gases que causan efecto invernadero, ha ocasionado de igual manera la reducción de peligros para la salud de los habitantes [25].

En cuestión de movilidad, para el Metro y Transmilenio, se establece que el desplazamiento de las masas se realiza en menor tiempo, lo que a la vez favorece la producción industrial debido a que la mano de obra se encuentra más dispuesta a realizar sus labores en los horarios establecidos, lo que genera mayor eficiencia. Ésta situación muestra un panorama favorable para la implementación de sistemas inteligentes de transporte.

A pesar de que la mayor parte de la inversión pública en el sector de transporte entre los años 2000 y 2009 correspondió a carreteras [26], para el 2013, según lo comunicó el entonces Ministro de Economía y Finanzas Públicas Luis Arce Catacora, 1.540 millones de dólares de la inversión pública se destinaron a carreteras, puentes y demás vías de comunicación en el país [27]. Es por ello que se hace necesario implementar más sistemas de transporte y así explotar los recursos que se encuentran disponibles en forma adecuada.

Atendiendo a lo anteriormente expuesto, podría inferirse que la competitividad en el mundo globalizado también se relaciona con la reducción de costo de transporte y aplicación de tecnologías en este, tal como lo planean las tendencias actuales países de Norteamérica, Europa, Oceanía y Asia (Fig. 3).

Es por ello que si el gobierno colombiano invirtiera una parte importante de su presupuesto en la aplicación tecnológica al transporte, en un futuro los costos de movilidad disminuirían debido a que podrían implementarse sistemas y modos de transporte más sostenibles y generar a la vez una disminución de costos propios de la operación y administración de los sistemas de transporte, invertir más en su infraestructura y adicionalmente reducir los impactos y costos ambientales.



Fig. 3. Centro de Control de Tráfico de Tokio, Japón
Fuente: www.autobild.es

V. CONCLUSIONES

En la actualidad a nivel mundial, la optimización del tránsito y transporte, y en general de la movilidad en zonas urbanas y rurales, se encuentra relacionada con la implementación de sistemas tecnológicos útiles para su control como lo son Sistemas Inteligentes de Transporte SIT's, los cuales, mediante la implementación de diferentes dispositivos ubicados en calles y carreteras, intersecciones, puentes, túneles y estaciones de control, así como en vehículos de transporte público y vehículos particulares, logran que la movilidad se realice de manera eficiente, lo que permite satisfacer las necesidades de movilidad de los usuarios en forma armónica, eficiente, económica y segura. Hoy por hoy existe una gran variedad de sistemas inteligentes basados en mecanismos de control y operación de transporte que han traído consigo numerosas ventajas para los administradores del tránsito, operadores del transporte y los usuarios. Estos sistemas, que en su mayoría se apoyan en los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se caracterizan por servir como Sistemas de Información Avanzados de Viajeros, Sistemas Avanzados de Administración del Transporte, Sistemas de Tarifas de Transporte, Sistemas de Transporte Público Avanzados y de Vehículo a Infraestructura de Integración y Vehículo a Vehículo de Integración.

Las nuevas tecnologías han permitido que los Sistemas Inteligentes de Transporte desarrollen diversas y provechosas aplicaciones para el control del tránsito en Tráfico Interurbano, Tráfico Urbano, Parking, Sistemas de Túneles, Peaje Electrónico y Aeropuertos, además de mecanismos especialmente diseñados para llevar a cabo el seguimiento, cuantificación y control de variables propias del tráfico como lo son los volúmenes vehiculares, la velocidad y la densidad. Lo anterior deja en evidencia la versatilidad de los SIT's y su amplia cobertura en relación al control del tráfico en calles y carreteras, además de múltiples medios y modos de transporte en áreas urbanas y rurales. Las expectativas para Colombia son favorables considerando el notable aumento de nuevos proyectos en desarrollo y algunos en operación, los cuales buscan controlar las problemáticas ambientales, de alta accidentalidad y congestión de manera adecuada.

Considerando lo anterior, los Sistemas Inteligentes de Transporte SIT's se muestran como una herramienta confiable y eficiente en la planeación, operación, control y administración del transporte bajo la consideración del transporte como elemento esencial en el crecimiento de la economía y el desarrollo de la sociedad. Actualmente las políticas de tránsito y leyes medioambientales garantizan la implementación de los SIT's en todos los ámbitos del transporte con la finalidad de

responder a las tendencias internacionales, lo cual representa el complemento principal a los avances tecnológicos propios de los sistemas de transporte y los sistemas inteligentes de transporte.

REFERENCIAS

- [1] A. G. Centeno Saad y A. Mendoza Díaz. Modelo de asignación intermodal multiproducto para las operaciones de carga por autotransporte y ferrocarril. Publicación Técnica No. 222, Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Queretaro, México. p. 28, 154 p. 2003.
- [2] Universidad Politécnica de Madrid. Libro verde de los sistemas inteligentes de transporte terrestre. Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 122 p. 2003.
- [3] W. W. Knox. A history of the scottish people: transport and scottish society 1840-1940. Chapter 9 of 10. [Licensed for Educational Use Only via www.scran.ac.uk]. United Kingdom. [Citado el 18 de junio de 2014].
- [4] A. Molinero y L. Sánchez. Transporte Público: Planeación, diseño, operación y administración. Universidad Autónoma del Estado de México. México. p. 12. 2005.
- [5] J. C. Borges y C. Scornik. Formas de movilidad y accesibilidad en la ciudad de Resistencia. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2004. Instituto de Planeamiento Urbano Regional IPUR, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Chaco, Argentina. p. 1-4. 2004.
- [6] Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Herramienta de transporte terrestre urbano de pasajeros y carga. Convenio 010 de 2012, Alcaldía Mayor de Tunja y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación y Desarrollo en Planeación y Operación del Transporte GIDPOT, Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. 2012.
- [7] A. Chávez Tabares, J. Murillo Hoyos y C. D. Vega Orozco. Metodología para la óptima coordinación de corredores viales semaforizados utilizando software especializado: Implementado en el corredor vial Avenida Sexta Norte de la Ciudad de Santiago de Cali. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle. Santiago de Cali, Colombia. 2002.
- [8] T. Botero García. Revisión y rediseño de la planeación semaforizada de las intersecciones viales de la ciudad de Manizales, a partir de información básica existente. Trabajo de grado. Especialización en Vías y Transporte, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Manizales, Colombia. 134 p. 2008.
- [9] C. G. Moras Sánchez, J. C. Cortes Gutierrez, L. C. Flores Avila y A. A. Aguilar Laserre. Evaluación de un sistema inteligente de semaforización mediante simulación para la ciudad de Orizaba, Veracruz. Revista de la Ingeniería Industrial Volumen 3, No. 1, ISSN 1940-2163, p. 1-23. México. 2009.
- [10] S. W. Dellenback. Sistemas inteligentes de transportación. Southwest Research Institute. San Antonio, Texas, United States. [Online]. 8 p. [Citado el 18 de junio de 2014].
- [11] C. F. Mecklenbrauker, A. F. Molisch, J. Karedal, F. Tufvesson, A. Paier, L. Bernadó, T. Zemen, O. Klemp and N. Czink. Vehicular Channel Characterization and Its Implications for Wireless System Design and Performance. Proceedings of the IEEE. 24 p. 2011.
- [12] M. A. Backhoff. Transporte y espacio geográfico. 1ª Edición. Universidad Autónoma de México. México. p. 87-96. 2005.
- [13] T. Ito and S. Chakraborty. Intelligent transport system: a vision for 21st century and Global consultation on sustainable transport in the post 2015 development agenda. Seventh Regional EST Forum in Asia. United Nations. 23-25 April 2013, Bali, Indonesia. 24 p. 2013.
- [14] S. Ezell. Intelligent Transportation Systems. The Information Technology & Innovation Foundation. Washington, United States. 54 p. 2010.
- [15] Corning Incorporated. Soluciones de Sistema de Tránsito Inteligente. Estados Unidos. 8 p. 2010.
- [16] Siemens S.A. Soluciones inteligentes para el tráfico de hoy y del mañana. [Online]. Madrid. 14 p. [Citado el 28 de marzo de 2014].
- [17] Comunidad de Madrid. Tecnología LED en los semáforos de la Comunidad de Madrid: Capítulo 9. [Página web Comunidad de Madrid]. Madrid. [Citado el 18 de julio de 2014].
- [18] Devinorte. Pase ya. [Online]. <http://www.paseya.com/brochure.html> [Citado el 29 de marzo de 2014].
- [19] Departamento de Transporte de Virginia . E-Zpass. [Online]. <http://www.ezpassva.com/StaticPages/FAQ.aspx#1> [Citado el 29 de marzo de 2014].
- [20] European Commission. Intelligent Transport System. Bruselas, Bélgica. p. 10. 2010.
- [21] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE. Proyecciones de población 2005-2050. [Online]. Colombia. Publicado en septiembre de 2007. [Citado el 13 de abril de 2014].
- [22] Ministerio de Protección Social. Población y principales indicadores demográficos de Colombia. [Online]. Bogotá D.C. Publicado en Septiembre de 2007. [Citado el 13 de abril de 2014].
- [23] M. Orduz. Crecen la venta de carros en Colombia, pero no el número de vehículos por vivienda. [Online]. Periódico El Tiempo. Publicado el 1 de junio de 2012. [Citado el 13 de abril de 2014].
- [24] D. Landi. Cómo funcionan los sistemas inteligentes de transporte. [Online]. Revista Infotechnology.com. Publicado el 4 de enero de 2013. [Citado el 13 de abril de 2014].
- [25] M. Gallejo. El Metro de Medellín, Colombia ayuda a la conservación del medio ambiente de la ciudad. [Online].

Portal informativo Vida + Verde. Publicado el 13 de junio de 2012. [Citado el 6 de abril de 2014].

[26] Centro de Investigaciones de las Telecomunicaciones CINTEL. Intelligent Transportation Systems. Publicado en diciembre de 2010. Bogotá, Colombia. p. 7. 2010.

[27] Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario CEDLA. En 2013, el 72% de la inversión pública irá a vías y producción. [Página web Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario]. La Paz, Colombia. Publicado el 7 de noviembre de 2012. [Citado el 27 de abril de 2014].

BIOGRAFÍA



Julián Rodrigo Quintero González. Ingeniero en Transporte y Vías de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Tunja. Diplomado en Inducción a la Educación Superior de la Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja (Colombia). Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos de la Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja (Colombia). Magister en Ingeniería Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Tunja.



Lina Fernanda Prieto Vaca. Ingeniera Civil de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Tunja. Con experiencia en la realización de Estudios de Ingeniería de Tránsito y Transporte. Con proyectos de investigación en líneas: Estudios de Ingeniería de Tránsito, Movilidad Urbana y Modelación de Tráfico.