TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES APLICADAS A LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE TRÁNSITO DE UNA CIUDAD

FREDY GONZALO RESTREPO MONCADA

DAVID ENRIQUE HERNÁNDEZ PIEDRAHITA

UNIVERSIDAD EAFIT

Medellín

2011

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES APLICADAS A LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE TRÁNSITO DE UNA CIUDAD

FREDY GONZALO RESTREPO M.

Código: 200610063010

E-mail: frestrep@eafit.edu.co

DAVID ENRIQUE HERNÁNDEZ P.

Código: 200610042010

E-mail: dherna12@eafit.edu.co

Proyecto de Grado para optar al título de
INGENIERO DE SISTEMAS

Asesora:
Maria Pía Arango Fonnegra
MSc en Administración

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y SISTEMAS

Medellín

2011

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar este trabajo de grado, y después de terminar nuestro pregrado en la Universidad lleno de alegrías y satisfacciones, es necesario culminar este ciclo en la vida no sin antes expresar nuestros más humildes agradecimientos, en primer lugar a Universidad EAFIT por habernos permitido adquirir los conocimientos necesarios para desempeñarnos como profesionales; a los profesores del departamento de Ingeniería de Sistemas por sus enseñanzas y apoyo en todo nuestro proceso formativo; a la profesora Maria Pía Arango Fonnega, por aceptar colaborarnos en este proyecto, gracias a su dedicación y respaldo constante hemos podido terminar satisfactoriamente este trabajo de grado.

A nuestros padres que hicieron posible nuestros estudios, apoyándonos directa e indirectamente a través de todo este tiempo, gracias a ellos hemos podido realizar nuestros sueños y desarrollarnos como personas.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN VIII

INTRODUCCIÓN 1

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. OBJETIVOS 6

1.1.1. OBJETIVO GENERAL 6

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 6

1.2. MEMORIA METODOLÓGICA 6

2. MARCO CONCEPTUAL 11

2.1. GENERALIDADES DEL TRANSPORTE 11

2.2. MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA, MINTRANSPORTE 12

2.3. EL TRÁNSITO 17

3. PROBLEMAS DE TRÁNSITO 24

3.1. TIPOS DE PROBLEMAS DE TRÁNSITO 26

3.1.1. PROBLEMAS DE SEGURIDAD VIAL 26

3.1.2. PROBLEMAS DE MOVILIDAD VEHICULAR 33

3.2. BASES PARA UNA SOLUCIÓN 37

3.2.1. INGENIERÍA DE TRÁNSITO 38

3.2.2. EDUCACIÓN VIAL 39

3.2.3. LEGISLACIÓN Y VIGILANCIA 40

4. ESTADO DEL ARTE 41

4.1. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (TIC) 41

4.2. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE 42

4.3. TECNOLOGÍAS PARA LA CAPTURA DE INFORMACIÓN 45

4.3.1. CÁMARAS DE VÍDEO 46

4.3.2. TECNOLOGÍA DE FOTO-DETECCIÓN DE INFRACCIONES DE TRÁNSITO 48
4.3.3. RADAR DE VELOCIDAD 50
4.3.4. DETECTORES ELEVADOS DE TRÁNSITO 52
4.3.5. TECNOLOGÍA DE RASTREO EN TIEMPO REAL 55
4.3.6. ALCOHOLÍMETROS 58
4.4. TECNOLOGÍAS PARA EL DESPLIEGUE DE INFORMACIÓN 60
4.4.1. GOOGLE TRANSIT 60
4.4.2. SEÑALES DE TRÁNSITO 62
4.4.3. SEÑALES LUMINOSAS 66
4.4.4. EMISORAS DE RADIO 68
4.4.5. SEÑALES DE PANTALLA LED PARA EL TRÁNSITO 69
4.4.6. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL 71
4.5. TECNOLOGÍAS PARA EL PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN 74
4.5.1. TECNOLOGÍA DE PEAJE CON COBRO ELECTRÓNICO 75
4.5.2. SIMULADORES DE TRÁNSITO 78
4.6. TECNOLOGÍAS HIBRIDAS 80
4.6.1. REDES SOCIALES VIRTUALES 80
4.6.2. TECNOLOGÍA DE PARQUEO ASISTIDO 83
4.6.3. SEMÁFOROS AVANZADOS 85
4.6.4. VEHÍCULOS AUTÓNOMOS 87
4.6.5. OTRAS TECNOLOGÍAS 90
4.7. CLASIFICACIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS ITS 94
4.8. PROYECTO SISTEMA INTELIGIENTE DE MOVILIDAD 97
5. EL MUNICIPIO DE ITAGUI 99
5.1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE ITAGÜÍ 99
5.2. EL TRÁNSITO EN EL MUNICIPIO DE ITAGÜÍ 103

5.3. ADMINISTRACIÓN DEL TRÁNSITO 108

5.4. MOVILIDAD EN ITAGÜÍ..... 109

5.5. ACCIDENTALIDAD EN ITAGÜÍ 112

5.6. PROPUESTA DE APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA EN EL TRÁNSITO DEL MUNICIPIO DE ITAGÜÍ 113

CONCLUSIONES 117

GLOSARIO 119

BIBLIOGRAFÍA 122

TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1: Muertes violentas en Colombia, 2007 27
Imagen 2: Cámaras de vídeo para el control del tránsito 46
Imagen 3: Centro de Control de Tránsito, Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín 48
Imagen 4: Vista de la ciudad de Medellín a través del sistema de foto-detección..... 49
Imagen 5: Radar de velocidad en forma de pistola midiendo la velocidad de un vehículo..... 50
Imagen 6: Radar de velocidad fijo 51
Imagen 7: Detector elevado Serie TT 290 52
Imagen 8: Instalación típica de dos carriles. Marcado en azul el Radar Doppler, en rojo los rayos infrarrojos y en verde el ultrasonido..... 53
Imagen 9: Clasificación de vehículos, detector elevado 54
Imagen 10: Sistema de rastreo en tiempo real 56
Imagen 11: Alcoholímetro digital 59
Imagen 12: Recorrido de viaje y condiciones del tránsito 62
Imagen 13: Señales preventivas..... 63
Imagen 14: Señales reglamentarias 64
Imagen 15: Señales informativas 64
Imagen 16: Señales de piso 65
Imagen 17: Flechas luminosas..... 66
Imagen 18: Vialeta solar..... 67
Imagen 19: Torreta..... 67
Imagen 20: Señal de límite de velocidad con pantalla LED..... 69
Imagen 21: Pantalla LED informativa 70
Imagen 22: Constelación de satélites GPS 72
Imagen 23: Distribución mundial de las estaciones de control del sistema GPS..... 73
Imagen 24: Dispositivos receptores de GPS..... 74
Imagen 25: Autopista del estado de Washington, Estados Unidos, con un puesto de peaje electrónico y uno tradicional 75
Imagen 26: Dispositivos instalados en los vehículos para el cobro electrónico de peajes: transmisor de radiofrecuencia (izquierda) y placa con código de barras (derecha). 76
Imagen 27: Simulación en VISSIM 79

Imagen 28: Sistema de parqueo asistido 83
Imagen 29: SARTRE 89
Imagen 30: Vehículo autónomo de Google..... 90
Imagen 31: Airbag 91
Imagen 32: Sistema inteligente de movilidad..... 97
Imagen 33: Localización Itagüí 99
Imagen 34: Área metropolitana de Medellín..... 100
Imagen 35: División política de Itagüí 101
Imagen 36: Sectores económicos, Municipio de Itagüí 103
Imagen 37: Municipio de Itagüí..... 104
Imagen 38: Ubicación: Centro de la Confección y moda, Central Mayorista de Antioquia..... 106
Imagen 39: Ubicación: Centro internacional del mueble 107
Imagen 40: Lugar con menor movilidad, hora pico 111
Imagen 41: Accidentalidad en el municipio de Itagüí, por tipo de accidente..... 113

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Sistemas Inteligentes de transporte según su efecto en la movilidad y la seguridad vial .. 94

Tabla 2: Propuesta de aplicación de tecnologías por zonas 114

RESUMEN

En este documento se muestra una exploración general sobre el tránsito, sus características y sus problemas, además de la forma en que la tecnología contribuye a mejorar las condiciones de operación del tránsito a nivel mundial. Se presentan algunas generalidades del transporte, destacando sus características principales y la importancia que tiene para el transcurrir de la vida cotidiana de los países del mundo. Lo anterior permite avanzar hacia la definición del tránsito y su contextualización en el ámbito social de una ciudad. A partir de la identificación y caracterización de dos de los principales problemas del tránsito, como lo son la movilidad y la seguridad, se analizan las consecuencias que de ellos se desprenden: daños materiales en las vías, daños materiales en los vehículos y lesiones en peatones y conductores.

Con estas dos problemáticas en mente, se levanta un estado del arte de los desarrollos en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, TIC, que puedan ser utilizadas en su solución. Es así como se exploran tecnologías tales como cámaras de vídeo, señales de tránsito, sensores para la detección de vehículos o semáforos avanzados, entre otras. Cada una de las tecnologías es tratada esperando encontrar los beneficios que brinda para el control del tránsito y la importancia en la disminución de los problemas de movilidad y seguridad.

De manera paralela, se estudian las características del flujo vehicular en un municipio del Área Metropolitana: Itagüí. Se analizan las vías alrededor de los tres polos de desarrollo del municipio a saber: la Central Mayorista, el Centro de Confección y Moda y el Centro Internacional del Mueble. A partir de esta información y del resultado de la exploración de las tecnologías de tránsito, se realiza una propuesta para Itagüí donde se recomienda utilizar algunas de manera que permitan reducir el impacto de los problemas y mejorar las condiciones para el tránsito en el municipio.

Palabras claves: Tránsito, Movilidad, Seguridad vial, Tecnologías TIC, Intelligent Transportation System (ITS), Municipio de Itagüí.

INTRODUCCIÓN

Las ciudades son una entidad viva que se mueve al ritmo que marcan las personas, bien sean habitantes regulares o que sólo están de paso. Las personas mueven la economía y promueven el desarrollo de las ciudades y para lograrlo necesitan formas de desplazarse dentro y fuera de dichas ciudades. Cuando se piensa en el desplazamiento por las ciudades lo primero que viene a la cabeza es el sistema vial, entendido como el conjunto de calles, avenidas y autopistas por donde transitan los vehículos y personas. Sin embargo, es el tránsito el que aprovecha las vías del sistema vial para organizar y dirigir el flujo de los vehículos y personas que por allí transitan.

Algunas veces se pasa por alto el hecho de que los vehículos son instrumentos que las personas utilizan para movilizarse, más no son los actores principales en el tránsito. El papel principal lo ocupan las personas, ya que el objetivo del tránsito es permitir y facilitar su desplazamiento dentro y fuera de las ciudades. Si no pudieran desplazarse de manera apropiada, las personas tendrían dificultades para realizar las labores diarias que mantienen el comercio en movimiento, que es lo que finalmente hace que las ciudades perduren en el tiempo y continúen desarrollándose.

Sin embargo, a medida que las ciudades se vuelven más desarrolladas el número de personas aumenta, lo que se traduce en una mayor cantidad de éstas con necesidad de desplazarse. A simple vista esta situación no parece presentar un problema. Sólo cuando se cae en cuenta de que el espacio no crece a la par del número de personas es que se empieza a ver el problema claramente, pues se vuelve evidente que el número de vehículos transitando por las vías aumentará mientras que las vías seguirán siendo las mismas.

Lamentablemente la ocurrencia de esto es prácticamente inevitable, igual que el aumento de los accidentes de tránsito. Con mayor número de vehículos en las calles habrá más embotellamientos, lo que afectará el comportamiento de las personas y creará un ambiente apropiado para la generación de accidentes. Por esta razón, las autoridades reguladoras, generalmente entes gubernamentales a nivel nacional o regional, emiten normas y reglas que pretenden disminuir la ocurrencia y el impacto de las situaciones adversas, apoyándose en herramientas como señalización, materiales de seguridad, planes de atención a emergencias, telecomunicaciones,

cámaras de video y sensores entre otras que ayudan a mitigar, a identificar y a resolver los problemas.

Para realizar un análisis apropiado del tránsito en una ciudad hay que tener en cuenta que las condiciones cambian considerablemente de ciudad a ciudad debido a factores como la legislación local, la legislación nacional, la densidad de la población, el nivel de desarrollo, el clima, la topografía del terreno, etc. Por este motivo es prudente aproximarse con un reconocimiento del tránsito dentro del contexto particular, intentando entenderlo a nivel local para luego extender el alcance paulatinamente según amerite.

Una vez entendido el tránsito en un contexto es posible identificar los problemas que tiene y la forma en que se manejan actualmente. Luego será posible proponer nuevas soluciones o nuevas formas de aplicar las soluciones existentes, buscando alcanzar un mayor bienestar de la población.

Es así como, en este documento se presenta, en primera instancia, el planteamiento detallado del problema bajo estudio, seguido de algunas generalidades acerca de lo que es el transporte, haciendo precisión en el transporte en Colombia y en lo que es el tránsito.

En el capítulo tres, se presentan dos de los problemas más importantes cuando se trata de desplazamiento en las ciudades. Son ellos la seguridad y los embotellamientos. El primero tiene que ver con los factores que ocasionan los accidentes de tránsito y el segundo, con las causas para que no se circule a una velocidad constante.

El cuarto capítulo presenta el estado del arte de las tecnologías que son aplicables en el tránsito. Se muestra una lista de tecnologías diferentes que son usadas actualmente en países alrededor del mundo para solucionar problemas de tránsito, además de unos cuantos proyectos tecnológicos que están en desarrollo y serán puestos en funcionamiento en el futuro cercano.

En el capítulo cinco, se presenta una introducción a lo que es el sistema de tránsito en el municipio de Itagüí, Antioquia, Colombia. Para esto, se hace primero una contextualización en la actualidad del municipio y los problemas de tránsito que se presentan. Para finalizar, se hace una propuesta de aplicación de tecnologías en el municipio con el fin de solucionar o minimizar los problemas de tránsito, resaltando los resultados esperados y la viabilidad de implantación de las tecnologías.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la era de la información, el mundo se está moviendo a una velocidad impresionante, impulsando la innovación y el avance hacia el futuro en todo momento. Las personas, quienes se encuentran inmersas en ese mundo cambiante, necesitan moverse a la misma velocidad para no quedarse atrás. Esto implica que las personas adquieren un estilo de vida que demanda de ellos movilidad constante y en algunas ocasiones superar las barreras geográficas más desafiantes. Esta dinámica de la vida de las personas se ve reflejada directamente en las urbes donde habitan, pues las ciudades se mueven al ritmo que marca la sociedad. Aunque es incorrecto pensar que una ciudad es un ente aislado y sólo depende de las condiciones internas de su población, si se puede afirmar que las personas que habitan la ciudad son el principal factor de cambio. Las personas son quienes hacen funcionar la economía, que es el principal factor para el dinamismo, ya que el estado de la economía condiciona el flujo de dinero, la capacidad de adquisición de las personas y por ende la calidad de vida de las mismas. (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003) (World Bank Group, 2010)

Para la economía, una de las limitantes principales es el tránsito. El comercio mundial se mueve a través de los medios de transporte de mercancías, principalmente por medios terrestres a lo largo y ancho de los territorios nacionales y de las ciudades. Esto implica que la entrega oportuna de las mercancías depende de la velocidad con la que puedan transitar los vehículos por las vías, entendiendo que un vehículo terrestre puede ser un automóvil, un camión de carga, una motocicleta, una bicicleta o básicamente cualquier aparato que se acoja a la reglamentación que le permita transitar por las calles. En este sentido, los problemas de tránsito se traducen casi que de inmediato en problemas de comercio y esto impacta la economía de la ciudad. La inseguridad en el tránsito por las vías, los accidentes de tránsito, el deterioro de la infraestructura y el control pobre del flujo vehicular son problemas que impactan el costo total de transportar mercancías, pues incrementa el valor de los seguros, el tiempo promedio de entrega y la condición en que llegan los productos, reflejándose finalmente en la satisfacción de las personas como clientes del sistema comercial. (World Bank Group, 2010)

Ahora bien, no sólo la economía se ve afectada por las condiciones de operación del tránsito en la ciudad. El sector salud, por ejemplo, se ve impactado de acuerdo al nivel de inseguridad en el

tránsito. Las cifras de accidentalidad en las calles se convierten eventualmente en cifras de los hospitales y centros de salud, ya que toda persona que resulte lesionada en estos accidentes será atendida en alguna institución de salud. (Organización Mundial de la Salud y Banco Mundial, 2004)

Otro aspecto importante a considerar es la contaminación que producen los vehículos con motores que funcionan con combustibles a base de petróleo. La gran mayoría de automóviles, motocicletas, camiones y maquinaria pesada funcionan gracias a motores de combustión interna que se alimentan de gasolina y otros derivados del petróleo. Estos combustibles emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo cual contribuye en cierta medida al deterioro del medioambiente y a las enfermedades respiratorias de la población. A pesar de los esfuerzos de las compañías productoras de motores y combustibles, el efecto negativo de dichos gases no puede ser eliminado completamente. Es claro también que sin este tipo de máquinas y vehículos el transporte, la producción en masa y la explotación de recursos naturales no funcionaría apropiadamente, así que su existencia y funcionamiento son necesarios. En términos del tránsito, las congestiones y embotellamientos en las vías contribuyen a la emisión de los gases dañinos, ya que se crea una situación en la que los vehículos deben permanecer en funcionamiento por períodos prolongados y constantemente iniciando su movimiento después de un alto completo, que es cuando más energía y combustible necesita el motor y por consiguiente genera mayor contaminación. (Organización Mundial de la Salud y Banco Mundial, 2004)

En aspectos más sociales y políticos, el tránsito y el transporte tienen también mucho protagonismo. La calidad de vida de la población se va degradando a medida que las personas sienten la frustración causada por los congestionamientos, las enfermedades influenciadas por la contaminación y la reducción del poder de adquisición debido a problemas económicos. Esto hace que los gobiernos traten con seriedad la situación y busquen dar soluciones a los problemas antes de que todo empeore. Sin embargo, no siempre es fácil resolver este tipo de problemas, pues es casi imposible lograr que todos los factores que influyen estén en perfectas condiciones y que las personas se comporten siempre de la manera adecuada. Por esto, lo que las entidades administrativas y de control hacen, es reducir el impacto de los problemas al controlar el flujo vehicular, las tasas de interés del mercado, las condiciones técnico mecánicas de los vehículos y la infraestructura de la ciudad, entre otras. Pero en ocasiones las personas no se conforman con alguna de las soluciones o controles implantados y algunos gremios aprovechan el poder político

que tienen para cambiar o flexibilizar esos controles para su beneficio. Por ejemplo, los gremios de transportadores de productos pueden hacer huelgas o entrar en paros de transporte que obligan eventualmente al gobierno a sentarse a negociar. Este tipo de situaciones impactan el día a día de la sociedad, pues podría darse que de un día para otro el transporte público se paralice y las personas no puedan llegar a tiempo a sus trabajos, lo que, como se ha visto, afecta la economía y muchos otros factores de la ciudad. (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003) (Organización Mundial de la Salud y Banco Mundial, 2004)

Aunque no es posible decir que resolviendo los problemas del tránsito se van a resolver todos los demás problemas que se han mencionado, si se puede pensar que al mejorar las condiciones de operación del tránsito se impactará de forma positiva a todos los demás aspectos que conforman el dinamismo de la ciudad y de la sociedad. El rápido avance de las tecnologías y la innovación constante, que son los que motivan el movimiento acelerado del mundo, pueden servir para alcanzar el objetivo propuesto de mejorar las condiciones del tránsito, al proveer herramientas tecnológicas que apoyen a las entidades de control, que protejan mejor a las personas y que permitan diseñar mejores soluciones para el futuro. (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003) (European Commission Mobility and Transport, 2011)

Es así como en este documento se realiza una consulta sobre los aspectos técnicos sobre el tránsito, su funcionamiento e importancia en la vida cotidiana de las personas, resaltando algunos de los problemas que se presentan y el efecto que tienen. Igualmente, se presentan algunas de las tecnologías de la información, TICs, que son aplicadas en diferentes lugares del mundo para resolver o controlar los problemas del tránsito, las características de cada tecnología, el problema que resuelve y la manera en que lo hace. Para concluir se aprovecha la información recolectada para crear una propuesta de aplicación de tecnologías para la resolución de los problemas del tránsito en el municipio de Itagüí, Antioquia, Colombia.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una solución informática para algunos de los problemas del tránsito de la ciudad de Itagüí en el departamento de Antioquia, Colombia.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir el tránsito a nivel general y su comportamiento en una ciudad.
- Identificar los principales problemas de movilidad y accidentalidad que se presentan en el tránsito en una ciudad.
- Establecer el estado del arte de las tecnologías de la información y las comunicaciones que pueden ser utilizadas como apoyo en los principales problemas de tránsito de una ciudad y relacionar las tecnologías con los problemas de tránsito que solucionan.
- Hacer una propuesta de solución informática a los problemas de tránsito identificados en el municipio de Itagüí, en el departamento de Antioquia.

1.2. MEMORIA METODOLÓGICA

Para dar inicio al trabajo de grado, lo primero que se hizo fue una exploración de los temas principales a un nivel general: el transporte, el tránsito, los sistemas inteligentes de tránsito (ITS por sus siglas en inglés) y las entidades de control de tránsito. Con la información recolectada en esta primera instancia se empezó a identificar el problema de investigación que se quería tratar, evaluando diferentes formas y metodologías para afrontar el tema; se consideraron diferentes objetivos, diferentes alcances y diferentes estructuras del contenido. Finalmente se decide tratar el tema del impacto de las tecnologías de naturaleza informática en el tránsito y en sus problemas.

A partir del momento en el que se define la problemática a tratar, empieza la búsqueda de información y consulta de los temas de interés para su entendimiento. La primera fuente de consulta fue la biblioteca Luis Echavarría Villegas, de la Universidad EAFIT, donde se encuentra el libro “Ingeniería de Tránsito” de Cal y Mayor, el cual se convertiría desde ese momento en uno de los insumos más importantes para el desarrollo del proyecto de grado. A continuación la búsqueda

de información se traslada principalmente a Internet, donde se encuentra abundante información sobre los temas de movilidad y seguridad, que son resaltados por Cal y Mayor y muchos otros autores como los principales factores de éxito o fracaso de un sistema de tránsito. Alrededor de esos dos temas se encuentran cantidades de artículos, casos de estudio, documentales, libros, proyectos ambiciosos, proyectos futuros, proyectos en proceso, casos de éxito y casos de fracaso. Entre la información encontrada había algunas tecnologías interesantes, lo que cambió el rumbo de la búsqueda hacia el descubrimiento de un gran número de tecnologías aplicadas al tránsito y el transporte.

Una vez se tenía una cantidad significativa de información de diferentes fuentes, se procede a desarrollar el documento correspondiente al entregable del proyecto de grado. En varias reuniones de los estudiantes y la asesora del proyecto se empieza a plantear la estructura del contenido que debería tener el documento, empezando por un marco teórico del tránsito, seguido de una sección acerca de los problemas encontrados, una recopilación de las principales tecnologías y una propuesta de aplicación de tecnología en algún municipio local, todo bajo el nombre de “Tecnologías de la Información y las Comunicaciones aplicadas a la solución de problemas de tránsito de una ciudad”.

Para desarrollar el contenido planeado, se empiezan a definir los temas tratados en el documento bajo el modelo sistémico, lo cual permite alcanzar un mejor entendimiento del tema principal, el tránsito, y su relación con las personas y las ciudades. En este momento, se toma la decisión de tomar al municipio de Itagüí, Antioquia, Colombia, como el sitio de estudio para la propuesta de aplicación de tecnología, ya que sus características de tamaño y distribución de vías lo hacen más manejable para un proyecto de grado de pregrado que otros municipios aledaños.

Sin embargo, después de una considerable cantidad de tiempo invertido en el desarrollo del documento, se encuentra que probablemente el modelo sistémico no sea la mejor forma de abordar los temas. En este momento entonces se decide cambiar el enfoque sistémico por el analítico, ya que de esta manera resulta más fácil tratar las tecnologías y todos los elementos físicos que finalmente toman parte en la definición del tránsito. Con este nuevo enfoque, empieza una fase de lectura, adaptación y reescritura del documento entregable.

Gracias al análisis de las relaciones del tránsito con los diferentes aspectos de una sociedad humana (la política, la salud, el medioambiente, entre otros) que se realizó en el análisis sistémico anterior, se logra desarrollar un planteamiento del problema claro y explicativo, que marca la pauta para el resto del contenido del documento. Luego de esto, se desarrolla el capítulo "Marco teórico" completamente, resaltando las definiciones del tránsito, las entidades de control de tránsito, la contextualización en el país y el impacto del mismo en la sociedad, con el objetivo de plantear la sustentación teórica para los capítulos que siguen: los problemas de tránsito, el estado del arte de las tecnologías aplicadas el tránsito en el mundo y la propuesta de aplicación de tecnologías de tránsito en Itagüí.

El capítulo de problemas de tránsito se desarrolla clasificando los problemas en los grupos de problemas que afectan la movilidad y problemas que afectan la seguridad en el tránsito. Para cada problema encontrado se resaltan sus casusas, sus consecuencias y el impacto que tiene en la movilidad o seguridad según aplique.

Para el capítulo del estado del arte de las tecnologías aplicadas al tránsito, se decide realizar una clasificación según la función principal que cada una realiza: tecnologías de captura de datos, tecnologías de procesamiento de información y tecnologías de despliegue de información. En el camino se descubre que es necesario agregar una categoría extra que agrupe aquellas tecnologías que bien podrían ser ubicadas en dos o inclusive en las tres categorías definidas; la nueva categoría es tecnologías híbridas. Debido a la gran cantidad de tecnologías encontradas durante las consultas, se hace necesario establecer criterios de selección para escoger aquellas tecnologías que serán incluidas en el documento. Los criterios de selección aplicados son básicamente los siguientes: importancia del impacto en la movilidad o seguridad en el tránsito, nivel de acogida o adopción alrededor del mundo, cantidad de aplicaciones y el grado de compatibilidad con sistemas de información y las comunicaciones.

Además de las cuatro categorías principales, se presentan algunas tecnologías y proyectos especiales, que no necesariamente son clasificadas, como por ejemplo el plan de desarrollo del tránsito de Medellín, Google Transit, entre otros. De la misma forma, se crea un apartado exclusivo para resaltar lo que será el futuro de las tecnologías de tránsito.

El acercamiento inicial al municipio de Itagüí se hace por medio de consultas en Internet, en las páginas web de la Alcaldía de Itagüí y de la Secretaría de Transportes y Tránsito de Itagüí. Más adelante, se realiza una entrevista con el ingeniero Mauricio Zuleta, quien amablemente responde a todas las inquietudes presentadas y facilita un breve recorrido por las instalaciones de control del tránsito del municipio. Dos semanas después de la entrevista, en respuesta a una solicitud formal de información, la Secretaría de Transportes y Tránsito de Itagüí hace llegar un compendio de documentos y estadísticas sobre el tránsito del municipio en los últimos períodos.

Para el capítulo final de propuesta de aplicación de tecnologías del tránsito, se realiza inicialmente una contextualización en el municipio de Itagüí, tratando de forma específica los aspectos generales que se presentaron en el capítulo de marco teórico, como la definición del tránsito, las entidades controladoras y el impacto del tránsito en el municipio. También se hace necesario presentar los problemas del tránsito del municipio, de la misma manera que se presentaron con anterioridad los problemas generales del tránsito. Con esta información, se procede a redactar una propuesta de aplicación de tecnología para la solución o mitigación de los problemas del tránsito en el municipio de Itagüí, especificando claramente las ventajas y desventajas que tendría cada tecnología, la viabilidad en su adopción e instalación y los efectos esperados a corto y largo plazo.

Durante todo el proceso de escritura del proyecto de grado, se encontraron algunas dificultados con los significados y el uso cotidiano de algunas palabras específicas. El primer problema de ambigüedad surge a partir de la similitud entre las palabras “tránsito” y “tráfico”, lo que se resuelve con una consulta adecuada de sus significados en el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española y otras referencias propias del tema del tránsito y el transporte. La palabra “sistema” ha sido, tal vez, el mayor de los retos en cuanto a significado y sentido dentro del proyecto de grado. Esta palabra inicialmente era usada para referirse al significado estricto del ámbito de la teoría de sistemas, pero con el cambio de enfoque hacia lo analítico, la palabra “sistema” se empieza a utilizar de una forma menos estricta durante el desarrollo de los tres primeros capítulos. Sin embargo, se presenta nuevamente un conflicto en el uso de “sistema” cuando se desarrolla el capítulo del estado del arte, específicamente en la descripción de las tecnologías, pues en el contexto tecnológico-informático, se suele usar esta palabra para reemplazar otras como “dispositivo”, “instrumento”, “herramienta”, “software”, “aplicativo”,

"tecnología", que en algunos casos pueden tomarse como sinónimos, pero en ocasiones no es posible hacerlo. Para resolver la ambigüedad en este punto, se indica claramente que dentro del contexto de las tecnologías en el proyecto de grado, la palabra "sistema" se utiliza para hacer referencia a un conjunto de dispositivos o tecnologías que actúan juntos para lograr un propósito, mientras que ideas como el "sistema de tránsito" se mencionarían como "red de tránsito", por ejemplo, para significar el conjunto de elementos relacionados con el tránsito de una ciudad y sus interacciones.

La investigación finaliza cuando se infieren las conclusiones, donde se resaltan los aspectos más relevantes que quedan de todo el proceso seguido para llegar a la terminación del documento y del proyecto de grado.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. GENERALIDADES DEL TRANSPORTE

La real academia de la lengua española define el transporte como el proceso de mover personas o cosas de un lugar a otro. De acuerdo con el medio en el que se lleva a cabo este proceso se da su clasificación como: transporte terrestre, transporte marítimo o transporte aéreo. El transporte terrestre se refiere al movimiento realizado sobre la masa terrestre a través de caminos naturales o artificiales, generalmente en vehículos como automóviles, camiones, bicicletas, entre otros; el transporte marítimo hace alusión a la movilización a través de espacios de agua como ríos, lagos y mares, generalmente usando barcos, botes y canoas; el transporte aéreo se refiere al movimiento de personas y cosas a través de la atmosfera, por encima de la tierra y el agua, viajando bien sea en aviones, globos aerostáticos y planeadores. (World Bank Group, 2010) (Real Academia de la Lengua Española, 2010)

Cada país, bajo sus condiciones particulares de territorio, población y gobierno, define unas directivas de operación para el transporte de las personas y las cosas a nivel nacional, es decir, al interior del país. Esto es necesario, puesto que el transporte es el facilitador del comercio y, por tanto, del movimiento económico. Las personas que conforman la población del país necesitan contar con medios de transportes seguros, fiables y económicos que les permitan llegar al trabajo y entregar los productos a tiempo. Sin los medios de transporte apropiados, las personas afrontarían dificultades que posiblemente impedirían la producción de las mercancías que necesitan para mantener su estilo de vida, ya que las materias primas necesarias para la producción y las mismas mercancías terminadas, no serían entregadas oportunamente y no estarían disponibles para el consumo. (Comisión Europea, 2003)

Con el objetivo de proveer, mantener y controlar los medios de transporte nacionales, los países crean entidades gubernamentales que se encargaran de estas y otras labores similares. Debido a la autonomía de cada país y las condiciones regionales y culturales propias de cada uno, estas entidades no son realmente uniformes en cuanto a su constitución, sus obligaciones y sus responsabilidades, aunque en general, se puede decir que van encaminadas hacia el cumplimiento del mismo objetivo: gestionar los medios de transporte para el país. (European

Commission Mobility and Transport, 2011) (United States Department of Transportation) (Ministerio de Transporte, 2010)

De manera similar a las entidades de gobierno, el transporte es una parte del día a día del país que se controla a diferentes niveles. Es común que las naciones tengan entidades de control a nivel nacional, a nivel de regiones (departamentos, provincias, prefecturas, estados, etc.) y a nivel de municipalidades o ciudades, aunque no es posible generalizar completamente. Sin embargo, se puede asegurar que todos los países asumen el tema del transporte desde tres puntos de vista: el transporte nacional, el transporte en los centros poblados y el transporte rural.

El transporte nacional hace referencia a las regulaciones, normas y características generales que se dan en los tres medios de transporte dentro de las fronteras del país. El transporte en los centros poblados es básicamente el transporte en las ciudades, donde generalmente hay una gran concentración de personas debido a las casas y empresas que allí se ubican. El transporte rural es básicamente la conexión entre los centros poblados, las zonas donde se encuentra poca presencia humana permanente, generalmente con terrenos poco viables para el establecimiento de grupos de personas.

El transporte de una ciudad es particularmente interesante, debido a la gran cantidad de vehículos y personas moviéndose en todas las direcciones y a todas las horas del día. (Langa Laorga, 1994) (Capel, s.f) (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003)

2.2. MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA, MINTRANSPORTE

Según la constitución colombiana vigente, Colombia es un estado social de derecho organizado en una república unitaria con centralización política y descentralización administrativa, donde el poder público se divide en tres ramas: legislativa, que es la rama del poder que dicta las leyes para el país; ejecutiva, encabezada por el presidente de la República y los distintos ministerios, es la encargada del gobierno y de dirigir el país; y judicial, que es la rama que penaliza los actos criminales y vela por que se cumplan las leyes.

La división político-administrativa de Colombia, definida en la constitución de 1991, declara que el país se compone de 32 departamentos y un único distrito capital, Bogotá. Cada departamento es dirigido por un gobernador elegido democráticamente, quien en compañía de las Asambleas departamentales conformadas por representantes elegidos popularmente, puede emitir ordenanzas que son de obligatorio cumplimiento dentro de la jurisdicción que marca el territorio del departamento.

Cada departamento, a su vez, está conformado por un grupo de municipios. Actualmente hay 1130 municipios, entre los cuales se encuentran el de Cartagena, el de Barranquilla, el de Buenaventura, el de Santa Marta, el de Itagüí y el de Medellín entre otros. Cada municipio es dirigido por un alcalde apoyado en el Concejo y en los concejales, todos elegidos democráticamente por la población. Las disposiciones emitidas por los concejos se llaman Acuerdos.

En Colombia habita un gran número de grupos indígenas, los cuales gozan de ciertos privilegios y libertades, así como de territorios específicos para habitar. Estos beneficios son acordados entre éstas comunidades y el gobierno de manera conjunta. En situaciones en las que un territorio indígena se traslapa con algún municipio o, inclusive, un departamento entero, los dirigentes de la rama ejecutiva gobiernan en forma conjunta con los concejos indígenas. (Presidencia de la República, 2009) (Colombia.com, Colombia Info, 2010) (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2009)

El territorio colombiano se extiende a lo largo de 1.141.748 km^2 de área terrestre y 928.660 km^2 de área marítima. Con acceso al Océano Pacífico y al Atlántico. Colombia limita con Venezuela, Brasil, Perú, Ecuador y Panamá con fronteras terrestres; con Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Jamaica, Haití y República Dominicana con fronteras marítimas. Colombia posee parte del bosque tropical del Amazonas, lo que permite que la fauna y la flora del país sea destacable, a la vez que supone grandes problemas de acceso a la zona sur del país, que es donde se encuentra ubicada la menor densidad de la población y no hay mucha presencia del gobierno. Colombia es atravesada por tres cordilleras: cordillera central, cordillera occidental y cordillera oriental. En total, aproximadamente el 33% del territorio colombiano está cubierto por montañas, lo que en algunas ocasiones dificulta el transporte, el acceso y el paso, entre departamentos y municipios.

El transporte colombiano se desenvuelve en los tres medios principales que son el terrestre, el marítimo y el aéreo. Con alrededor de 1.200 aeropuertos en total, 9 zonas portuarias, 164.476 km de carreteras y 3.468 km de vías férreas aproximadamente, Colombia tiene un sistema de transporte bien posicionado a nivel de Latinoamérica. A pesar de contar con una cantidad considerable de ríos navegables, éstos no son utilizados para el transporte formal dentro del país. (Superintendencia de Puertos y Transporte, 2009) (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2009) (INVIAS, 2010)

Históricamente, el transporte férreo fue uno de los principales medios de transporte en el país, permitiendo transportar a las personas y los productos a principalmente través del territorio nacional. Sin embargo, con el paso del tiempo se desarrollaron las carreteras y los automóviles y camiones, causando que los ferrocarriles perdieran su protagonismo. Con la crisis del sector ferroviario sufrida en la década de 1980, la industria de transporte terrestre colombiana se iba concentrado en el mercado creciente de los automóviles, y los ferrocarriles pasaban a ser utilizados casi que exclusivamente para la exportación de productos como el café y su transporte por algunas zonas internas del país. (Colombia.com, Colombia Info, 2010) (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2009)

La entidad gubernamental encargada de la reglamentación y legislación del transporte en Colombia es el Ministerio de Transporte de Colombia, Mintransporte. Esta entidad emite las regulaciones generales para el transporte aéreo, marítimo y terrestre del país. Así mismo, es responsable de la asignación de los permisos de operación de las entidades de transporte regionales, como por ejemplo la Dirección Departamental de Tránsito y Transporte de Antioquia, la cual es el ente regulador a nivel departamental o la Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín o de Itagüí, a nivel municipal. Mintransporte también es encargado de velar por el buen estado de las vías y centrales de transporte del país como los puertos, terminales de transporte, carreteras nacionales, entre otras. Sin embargo, como se mencionaba anteriormente, esta entidad no es capaz de abarcar todos estos aspectos simultáneamente en todo el país, motivo por el cual permite la operación de las entidades regionales, quienes en cierta forma actúan como una extensión del Mintransporte con la ventaja de operar en un contexto algo más controlable y reducido.

Las entidades regionales permitidas en Colombia existen en dos niveles: nivel departamental y nivel municipal. En el nivel departamental, las entidades de control del transporte dependen directamente de la Gobernación del departamento y se especializan en la regulación de los impuestos a los vehículos a nivel departamental y el registro general de los mismos, además de intervenir en el mantenimiento de la infraestructura rural de las vías de transporte. A nivel municipal es donde empieza a realizarse el control del tránsito más que del transporte, centrándose en el control del flujo vehicular, los límites de velocidad, la señalización y los demás aspectos que impactan directamente la movilidad al interior de la ciudad y en sus alrededores cercanos. (Ministerio de Transporte, 2010) (Secretaria de Transito de Medellin, 2010) (Gobernación de Antioquia, 2010)

La legislación vigente en Colombia para los temas de tránsito y transporte es el Código de Tránsito de Colombia, el cual es un compendio de reglas, leyes y normatividades generales que definen el marco legal para todas las actividades relacionadas directamente con el transporte y el tránsito en el país. Entre otras cosas, en el Código de Tránsito de Colombia se definen algunas normas de comportamiento en las vías, condiciones de las señales de tránsito, registro de los vehículos, pólizas de seguro y sanciones por incumplimiento. El código de Tránsito de Colombia entró en vigencia desde el 8 de Noviembre de 2002 y está divido en cuatro secciones principales, cada una con sus respectivos capítulos, como se muestra a continuación. (Ministerio de Transporte de Colombia, s.f) (Colombia.com, Colombia Info, 2010)

- Disposiciones generales: se presenta el marco legal en el que se apoya el Código de Tránsito de Colombia y las autoridades que estarán a cargo de velar por su cumplimiento. En este capítulo se resaltan los principios en los que se basa el código, las autoridades que garantizan el cumplimiento de las normas establecidas y las disposiciones generales del registro de información.
- Régimen nacional de tránsito: esta sección trata las condiciones bajo las cuales una persona o vehículo será habilitado para transitar por las vías del país, el registro de los conductores y el registro de los vehículos. Además resalta los aspectos de seguros de accidentes y fallas mecánicas de los vehículos. Los capítulos de la sección incluyen reglamentaciones para los centros de enseñanza, para las licencias de conducción, para las placas y hasta para las

revisiones técnico-mecánicas que hoy se deben hacer anualmente a todos los vehículos que circulan por el territorio nacional.

- Normas de comportamiento: aquí se define la manera apropiada como se deben comportar las personas y los vehículos al circular por las calles y el comportamiento respecto a eventualidades en las vías. Esta sección entonces contempla desde los peatones, los ciclistas y motociclistas hasta cómo debe ser el tránsito de otros vehículos incluyendo cuestiones tales como los límites de velocidad permitidos y los lineamientos para las señales de tránsito.
- Sanciones y procedimientos: esta sección presenta los diferentes tipos de sanciones que se pueden aplicar a las personas por infringir las normas y leyes de tránsito, las autoridades que las pueden aplicar y los procedimientos que se deben seguir para cada sanción.

Además de definir la normatividad del tránsito y transporte en Colombia, Mintransporte tiene otras obligaciones de gestión del transporte colombiano que son: asegurar el crecimiento y mantenimiento de la infraestructura vial, presentar planes de desarrollo compatibles con las políticas de desarrollo económico del país, vigilar que el Estado cumpla con las obligaciones referentes al transporte, formular las políticas del gobierno nacional en materia de transporte y establecer las tarifas relacionadas con el transporte a todo lo largo del territorio nacional.

En el caso de la infraestructura por ejemplo, el Ministerio de Transporte le delega la construcción y el mantenimiento de las vías del país al Instituto Nacional de Vías, INVIAS, y asume un rol de veedor o ente de control. De manera similar, el Ministerio de Transporte se apoya en otras entidades para lograr sus objetivos, como en el caso de la seguridad en el transporte, que se apoya en el Fondo de Prevención Vial para crear y difundir campañas de seguridad. A nivel local sin embargo, le delega una parte de las obligaciones a las Secretarias de Tránsito de cada municipio, las cuales son entes gubernamentales similares al Ministerio de Transporte, aunque con menos obligaciones y menos alcance y que están enfocados a un contexto específico y de menor magnitud, con el objetivo de mantener un mayor control y mejorar el servicio prestado a la comunidad. (Ministerio de Transporte, 2010) (INVIAS, 2010) (Fondo de Prevencion Vial, 2008)

2.3. EL TRÁNSITO

La Real Academia de la Lengua Española define la palabra tránsito como la acción que realizan vehículos y personas al pasar por las vías de circulación, acogiéndose a las condiciones del medio en que se encuentran, como lo son las normas, la infraestructura, la geografía, entre otras. En este sentido, el tránsito se ocupa de los detalles bajo los cuales se lleva a cabo el proceso del transporte, concentrándose específicamente en el transporte terrestre. (Ministerio de Educacion de Argentina, s.f) (Real Academia de la Lengua Española, 2010)

Al ver la definición de la palabra tránsito es normal preguntarse ¿cuál es la diferencia con la palabra tráfico?, pues algunos piensan que ambas palabras son sinónimas y se pueden usar indistintamente. La confusión nace inicialmente de una mala traducción de las palabras de la lengua inglesa “transit” y “traffic”, por lo cual es conveniente mirar el significado de éstas palabras. La palabra “transit” significa la acción que realizan personas y vehículos al cruzar, moverse sobre o a través de, una vía o pasaje generalmente terrestre, teniendo en cuenta las condiciones bajo las cuales se realiza la acción. Por otro lado, la palabra “traffic” significa el paso o circulación de personas o vehículos a través de rutas de transporte, haciendo referencia a cualquier medio de transporte (terrestre, aéreo o marítimo) y resaltando connotaciones de comercio o de cantidad. A partir de estos significados se puede observar que ambas palabras son esencialmente diferentes y expresan una idea diferente, aunque ambas se desenvuelvan alrededor del transporte de personas y vehículos. En esencia, el significado de la palabra “transit” es equivalente al significado de la palabra “tránsito” y la palabra “traffic” es equivalente a su vez a la palabra “tráfico”. (Farlex Inc., 2011) (Dictionary.com LLC, 2011) (Real Academia de la Lengua Española, 2010) (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003)

El tránsito constituye un tema de estudio importante para la sociedad y por tanto existe un área de conocimiento específica para su estudio: la ingeniería de tránsito. La ingeniería de tránsito se encarga de estudiar el tránsito como una parte del transporte, buscando soluciones para factores como la planeación, el diseño de la infraestructura y la operación del tránsito por las vías, terminales, terrenos adyacentes y la relación con los otros medios de transporte. Como parte de su estudio, los ingenieros de tránsito analizan el comportamiento de los vehículos y las personas que se desplazan por las vías, identificando factores que influencian la movilidad y la

accidentalidad en un área determinada y cómo estos sucesos, se esparcen a los alrededores. A partir de estos estudios, la ingeniería de tránsito es capaz de proponer medidas para mejorar la seguridad y la conveniencia del transporte. Entre las medidas que propone la ingeniería del tránsito están los límites de velocidad en las diferentes vías, las condiciones ideales y las aconsejables de la infraestructura y los vehículos que garantizan un mínimo de incidentes, la organización de las vías y las medidas de control necesarias para cada caso. También es importante resaltar la importancia de un centro de control que permita coordinar todas las labores que se realizan en torno al tránsito por parte de las instituciones encargadas, con el fin de mantener canales de comunicación apropiados entre los agentes del tránsito, de coordinar de manera precisa las operaciones de atención a emergencias y de monitorear el funcionamiento de las tecnologías o dispositivos que puedan hacer parte del panorama local del tránsito. (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003)

El estudio y el control del tránsito adquieren un nivel de alta complejidad cuando se desean analizar en un casco urbano, ya que cada urbe en el mundo tiene unas características particulares que la hacen esencialmente diferente a todas las demás, inclusive las que están dentro de un mismo país. A partir de esto se hace necesario definir unas condiciones para el tránsito que sean pensadas específicamente para la ciudad en cuestión, partiendo de los conceptos generales e ideales que define la ingeniería de tránsito y la ingeniería de transporte. En todos los casos, el transporte y el tránsito se inclinan hacia el cumplimiento de los mismos objetivos básicos respectivamente, lo cual permite realizar el análisis en cualquier contexto, tomando en cuenta las relaciones que se forman entre el tránsito y los demás aparatos que se hacen presentes en una sociedad humana establecida en un centro poblado. A continuación se analizan varios aspectos sociales en su relación con el tránsito de una ciudad y como se afectan mutuamente: (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003) (Comisión Europea Dirección General de Prensa y Comunicación, 2003)

Aspectos económicos

La economía se relaciona estrechamente con el tránsito y el transporte en general. Básicamente, la economía de una ciudad se mueve a través del transporte de los productos por vías terrestres, por lo cual el modo de vida de las personas y el consumo de dichos productos es

afectado por la velocidad con que se mueven los productos de un lado a otro, el tiempo que tardan en pasar de la fábrica al punto de venta y luego a manos del cliente, el estado en que llegan y la seguridad inherente al transportarlos. Todo esto da pie para pensar que la economía afecta las condiciones para la operación apropiada del tránsito. El nivel de desarrollo de la economía depende de los límites de velocidad, el estado de las vías y la conveniencia de la distribución de las mismas, si se considera que el comercio es uno de los principales factores de crecimiento económico, siendo uno de los rubros que más aportan en el PIB de un país. También se debe considerar que el desarrollo de una ciudad y de todos los sistemas y aparatos que en ella se desenvuelven depende de la capacidad económica, lo cual implica que el aprovechamiento del transporte y en particular, del tránsito, también se ven afectados por la cantidad de dinero que la ciudad sea capaz de invertir en ese aspecto. (World Bank Group, 2010) (IPCC, 2011)

Aspectos político-legales

El tránsito comprende las leyes y normas que rigen la movilización de los vehículos y controlan el movimiento de las personas por la ciudad. Algunas leyes son heredadas de la legislación del gobierno nacional y algunas otras del gobierno local de la ciudad, si es del caso. Sin embargo, las normas específicas para el transporte terrestre son generalmente definidas desde el tránsito. Por ejemplo, las especificaciones de las vías, las aceras, los estacionamientos y la infraestructura para el transporte en general, se definen a partir de los resultados de los estudios que realiza el tránsito. Básicamente la ingeniería de transito es la que dicta los parámetros para la utilización de los diferentes mecanismos de control y a partir de ellos se define la legislación que los debe sustentar. Cosas como el significado de las señales de tránsito, los mecanismos de control de flujo vehicular, las restricciones de tránsito por las vías y las consecuencias por incumplimiento son definidas desde el tránsito y el gobierno de la ciudad las acoge y designa alguna entidad que velará por su cumplimiento. (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003) (Ministerio de Transporte de Colombia, 2010)

Aspectos sociales

El bienestar de la sociedad en una ciudad es afectado por el estado de salud de las personas. Una sociedad saludable se siente más a gusto y presenta mejores indicadores de convivencia;

además, las personas son capaces de concentrar sus esfuerzos en la realización de sus labores y pueden presentar un mejor rendimiento. Sin embargo, es imposible llegar a un punto en el que las personas no se enfermen o no sufran accidentes, por esto es importante para toda ciudad proveer un sistema de salud apropiado para cubrir las necesidades de los habitantes. Para lograr esto, los gobiernos verifican que haya entidades suficientes en capacidad y calidad que provean medios para prevenir y controlar epidemias, atender emergencias y garantizar la atención a todas las personas. Esta tarea no es fácil, sobre todo considerando que la vida actual de las personas se encuentra llena de riesgos potenciales para la salud. En términos del transporte, las personas necesitan desplazarse constantemente de un lugar a otro, de la casa al trabajo, de una ciudad a otra, de un país a otro. Este movimiento implica que las personas dependen de la seguridad que les brinden los vehículos y los medios en los que se transportan y que las personas enfermas fácilmente propagan su condición más allá de las fronteras geopolíticas. Además, buena parte de los accidentes que sufren las personas hoy en día ocurren mientras transitan por las vías de la ciudad, bien sea a pie o en un vehículo. Lamentablemente, las proyecciones indican que este tipo de accidentes aumentarán considerablemente en los próximos años, a menos que se tomen las medidas apropiadas. Con esto en mente se puede pensar que el sistema de salud estaría pendiente de las condiciones en las cuales opera el tránsito para así poder estar preparado para atender los accidentes y al mismo tiempo el tránsito se concentraría en la seguridad de las personas, procurando disminuir los riesgos y evitar al máximo que los accidentes ocurran. (Organización Mundial de la Salud y Banco Mundial, 2004) (Comisión Europea Dirección General de Prensa y Comunicación, 2003)

Aspectos de infraestructura

Las ciudades se pueden dividir en zonas de acuerdo con las edificaciones que tienen y la función que cumplen. La zona industrial es cualquier sector de la ciudad donde se encuentra gran cantidad de fábricas y es donde se centra la producción; una zona comercial está conformada por centros comerciales y de distribución de productos; la zona habitable es donde se concentran las casas y edificios donde la gente vive. El factor de distribución de estas zonas es considerado por el tránsito para definir el comportamiento esperado de las vías en cada sector. Por ejemplo, se espera que una zona industrial tenga vías apropiadas para el tránsito de camiones grandes y pesados, con movimiento de personas en ciertos rangos de horas

consecuentes con los horarios laborales y probablemente con fácil acceso a los medios de transporte público. Por otro lado, una zona habitable puede estar marcada por un flujo vehicular menor, que posiblemente aumenta de acuerdo con los horarios laborales, que tenga vías apropiadas para el tránsito de automóviles y que considere alguna cantidad de personas transitando por la zona a pie, en bicicleta o niños jugando cerca de las vías. Sin embargo, las condiciones anteriormente definidas no siempre se dan de tal manera, pues en cada ciudad la distribución es diferente y algunas veces la zona industrial se traslapa con la habitable por ejemplo, lo que modifica considerablemente las variables a tener en cuenta. En cierta medida el tránsito, a través de la ingeniería de tránsito, está en capacidad de diseñar y planear la distribución de la ciudad en estos aspectos, aunque son otras entidades las encargadas de llevarlo a cabo. (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003) (Ministerio de Transporte de Colombia, 2010) (Comisión Europea Dirección General de Prensa y Comunicación, 2003)

Aspectos medioambientales

El ambiente en que se encuentra la ciudad es importante para el tránsito, entendiendo ambiente como los factores naturales y de ecosistema. La geografía es especialmente importante para el diseño de la infraestructura y las condiciones de tránsito por las vías. Es diferente modelar el tránsito para una geografía accidentada con pendientes empinadas y terreno desigual que para una geografía uniforme con grandes planicies. Estas condiciones no solo afectan las vías como tal, sino también la distribución de la ciudad y en cierta forma el estilo de vida y las necesidades de las personas. Además, las características de los riesgos de accidentes de tránsito también varían de acuerdo con la forma del terreno, lo que cambia algunos parámetros en el control del tránsito. Igualmente está el factor medio ambiente y de cuidado de la naturaleza, que aunque no es la mayor preocupación del tránsito, si influye en cierta medida, ya que las congestiones en las vías incrementan el nivel de gases de invernadero en el entorno, lo que en última instancia afecta la salud de las personas y de la naturaleza. Por este motivo existen medidas como el “pico y placa” que se ha implementado en varios municipios de Colombia. El objetivo del pico y placa es reducir la cantidad de vehículos transitando por la ciudad en las horas pico, al restringir su circulación utilizando los números de terminación de las placas, reglamentando que, por ejemplo, los lunes y los miércoles no se

puedan movilizar por las calles los vehículos con placas terminadas en 1, 2 y 3. (World Bank Group, 2010)

Aspectos culturales

La población de una ciudad tiene interacciones diferentes con cada cosa que la rodea y el tránsito no está exento de esto. Las personas son quienes finalmente transitan por las vías, se mueven por la ciudad y llevan las mercancías y los animales consigo. Por esto, en el tránsito se busca controlar un poco el comportamiento de las personas, procurando que sus acciones no sean irresponsables y descuidadas, pues ese tipo de conductas contribuyen al incremento de los accidentes de tránsito. Entre otras cosas, el tránsito se enfrenta con comportamientos derivados de los sentimientos de los individuos, de su condición de salud y de la situación que estén afrontando. En otras palabras, una persona que viaja con su familia en un automóvil no se comporta de la misma manera que una persona que viaja sola, o una persona que va a pie es diferente a una que va en bicicleta, por ejemplo. La reacción será diferente cuando se encuentran dos automóviles en una carretera viajando en el mismo sentido que cuando van en sentidos contrarios y cambiará cuando una persona a pie se disponga a cruzar la calle por la cual transitan dichos vehículos.

El tránsito se ocupa en esos casos, de proveer las medidas y las herramientas necesarias y suficientes para garantizar que los vehículos no vayan a colisionar, que tengan un espacio adecuado para transitar, que no invadan el espacio dedicado al peatón, que la velocidad a la que viajan no sobrepase los limites, entre otros; así como también, que la persona no esté caminando por las vías que usan los autos, que no cruce la calle por cualquier parte en cualquier momento, sino que tenga un espacio adecuado para hacerlo y que pueda hacerlo cuando los vehículos no pongan en riesgo su vida. Aunque inicialmente parece sencilla, esta situación, donde sólo se encuentran dos vehículos y una persona en una vía, se vuelve más compleja. Las variables incrementan en cantidad y complejidad cuando se añade la edad de las personas, el estado del clima, la cantidad de vehículos, el estado y edad del parque automotor, entre otros.

Para controlar un poco estas cosas, la ingeniería de tránsito presta un conocimiento valioso con el cual es posible analizar este tipo de comportamientos derivados de la sociedad para lograr utilizar las señales y tecnologías adecuadas para ello, enmarcadas dentro de las necesidades de

la sociedad particular y tomando en cuenta las costumbres, el nivel de educación y el respeto por las normas, todo lo cual también es diferente de acuerdo con los niveles socioeconómicos en que se divide la población. Todas las personas no se comportarán igual puesto que en cada nivel socioeconómico se manejan intereses y prioridades diferentes. (Organización Mundial de la Salud y Banco Mundial, 2004) (Comisión Europea Dirección General de Prensa y Comunicación, 2003) (IPCC, 2011)

3. PROBLEMAS DE TRÁNSITO

Una ciudad es un área urbana con alta densidad de población en la que predominan fundamentalmente la industria y los servicios. Se diferencia de otras entidades urbanas por diversos criterios, entre los que se incluyen población, densidad poblacional o estatuto legal, aunque su distinción varía entre países. La población de una ciudad puede variar entre unas pocas centenas de habitantes hasta una decena de millones de habitantes. (Toynbee, 1967)

La mayoría de las personas en una ciudad están en constante necesidad de desplazarse de un lugar a otro para darle cumplimiento a sus distintos intereses, ya que realizan actividades y viven en diferentes puntos de la ciudad; para esto utilizan medios de transporte ya sean propios o públicos o se desplazan a pie por las vías habilitadas para ello. Cuando gran cantidad de personas se movilizan de un lugar a otro tendrán que compartir las vías de la ciudad para llevar a cabo este objetivo, por lo que será fundamental que el sistema de transporte existente proporcione seguridad y eficiencia a todos los ciudadanos.

La problemática es que el sistema vial muchas veces no puede soportar la cantidad de personas y vehículos que tratan de transitar por un mismo punto en un instante de tiempo, por lo que la utilización de la vías se debe realizar por turnos lo que hará que las personas tengan que invertir más tiempo en los viajes que realizan; esto influye directamente en la calidad de vida y las actividades que las personas desempeñan en la ciudad, afectando significativamente el desempeño de áreas comerciales, industriales o incluso escolares.

También ocurre que en un momento dado, la cantidad de vehículos supera la capacidad de las vías. Muchas veces las calles trabajan a capacidad normal pero pueden intervenir una serie de factores sobre las personas y la ciudad misma, que ocasionan accidentes. Se producen daños físicos a las personas y daños materiales sobre los objetos afectados. Los accidentes ocasionan claramente perjuicios a la sociedad e impactan directamente la seguridad de las personas. Las pérdidas económicas se dan también ya que algunos individuos no podrán seguir apoyando la actividad económica del país y además se destruyen algunos bienes tanto públicos como privados.

Las ciudades dependen grandemente de sus redes de calles, ofreciendo servicios de transporte. Muchas veces, estas redes tienen que operar por encima de sus capacidades, con el fin de

satisfacer los incrementos de demanda por servicios de transporte, ya sea por tránsito de vehículos livianos, tránsito comercial, transporte público, acceso a las distintas propiedades o establecimientos, entre otros, originando problemas de tránsito, el impacto de esto por lo general se puede medir en términos de accidente y de congestionamientos. (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003)

A continuación se enuncian cinco factores que podrían incrementar los problemas de tránsito y deben ser tomados en cuenta en cualquier intento de solucionarlo.

- Diferentes tipos de vehículos en la misma vía en el mismo instante de tiempo.
- Aumento del tránsito motorizado en vías inadecuadas.
- Falta de planificación del tránsito.
- El transporte no considerado como una necesidad pública.
- Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario

Los problemas de tránsito deberían ser muy tenidos en cuenta por parte de todos los ciudadanos y autoridades, ya que sus consecuencias pueden producir tendencias negativas en la calidad de vida y progreso de las mismas ciudades

Las pérdidas económicas que se producen por retrasos o por daños físicos son enormes cada año y continúan aumentando; los daños físicos y las pérdidas en vidas humanas son un caso altamente preocupante para las autoridades de salud a nivel mundial. La contaminación y la polución de una ciudad están ampliamente ligadas con los sistemas de tránsito. Inicialmente son problemas en el sistema de tránsito ya sean producto de fallas en el sistema de seguridad vial o por una mala movilidad; en el fondo, estos inconvenientes se pueden ver como grandes problemas sociales y económicos de una ciudad.

3.1. TIPOS DE PROBLEMAS DE TRÁNSITO

Los problemas que se originan en el transporte de personas y mercancías a través de una ciudad, pueden ser vistos desde varios puntos de vista, algunos simplemente afectan el tiempo empleado para realizar un recorrido específico, otros pueden terminar en principales causas de muerte de determinada comunidad. Por lo tanto, es muy importante analizar los diferentes factores que influyen sobre los distintos problemas de tránsito, las causas que los originan y sobre todo, las consecuencias que resultan sobre las vidas de las personas y la ciudad en general.

En general, son problemas relacionados con la seguridad vial que implican analizar por qué las personas no están libres de peligros y sufren daños o muertes dentro de las vías mientras realizan sus recorridos. También hay problemas relacionados con la movilidad, que se refieren a inconvenientes que tienen las personas o las mercancías para circular por las vías de la ciudad en determinado tiempo. Existen otros problemas que pueden ser analizados pero no serán caso de estudio en este trabajo de grado, tales como son los problemas ambientales que son originados por la dinámica misma de los vehículos motorizados que participan en el sistema de tránsito, puesto que su incidencia sobre las vidas humanas se puede considerar para efectos de este estudio, como indirectos.

3.1.1. PROBLEMAS DE SEGURIDAD VIAL

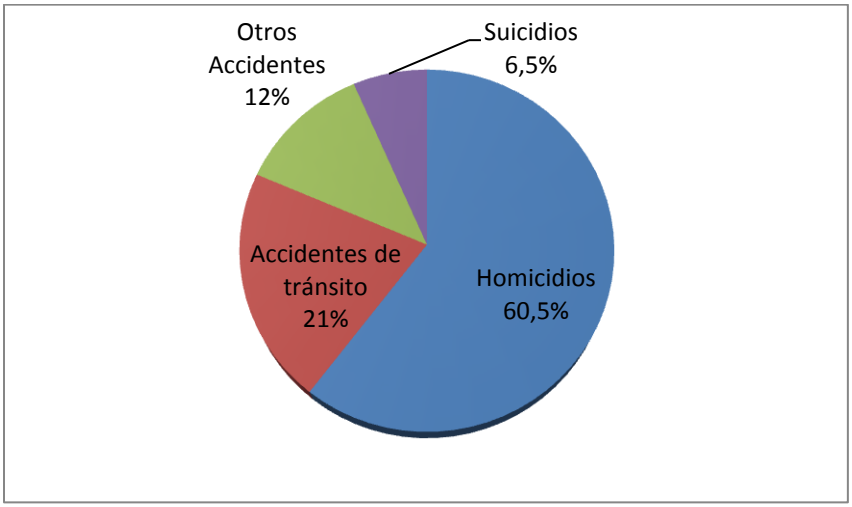
Cada año, en el mundo mueren 1,2 millones de personas por causa de choques en la vía pública y hasta 50 millones resultan heridas. Las proyecciones indican que, sin un renovado compromiso con la prevención, estas cifras aumentarán en torno al 65% en los próximos 20 años. (Organización mundial de la salud y Banco Mundial, 2004)

América Latina, incluido el Caribe, tiene la tasa de mortalidad por accidentes de tránsito más alta del mundo (26.1 muertes por cada 100 mil habitantes) y este valor llegaría a 31 en los próximos años, si se mantienen las actuales tendencias.

Colombia, que tiene una población aproximada de 45 millones de personas, presenta alrededor de 5.409 muertes al año a causa de accidentes de tránsito; un total de 11,7 víctimas por cada 100.000 habitantes. Los accidentes de tránsito representan la segunda causa de las muertes violentas. La principal causa de muerte en el país son los homicidios (60,5%), seguida de los accidentes de

tránsito (21%). Estamos ante un problema de grandes magnitudes. (Organización mundial de la salud y Banco Mundial, 2004)

Imagen 1: Muertes violentas en Colombia, 2007



Fuente: Revista Forensis, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 2007.

Para mejorar la seguridad vial de una ciudad es necesario analizar los accidentes de tránsito, sus causas, sus consecuencias, la frecuencia en su ocurrencia, el lugar del suceso, entre otros aspectos. Para determinar qué acciones se puede tomar y así corregir errores o evitar que ocurran más accidentes que atenten contra la vida o la salud de las personas.

Históricamente, se ha considerado que los accidentes de los vehículos de motor son sucesos al azar y que ocurren a los demás como consecuencia inevitable del transporte. En particular, el término accidente, puede dar la impresión de inevitabilidad e impredictibilidad, es decir, de suceso imposible de controlar. Pero los choques causados por el tránsito son, por el contrario, sucesos que caben someter a análisis racional y acciones correctoras. (Organización mundial de la salud y Banco Mundial, 2004)

El accidente de tránsito es un hecho considerado fortuito en el cual se involucra el factor humano, el vehículo y la vía, dentro de un ambiente determinado, para producir una colisión o choque que trae como consecuencias daños materiales, lesionados, muertes y problemas de salud que llevan a

grandes costos, tanto por atención médica, rehabilitación, pérdida productiva, costos materiales o gastos judiciales. (Sánchez, Seguridad vial definición y factores de riesgo, 2009)

Estos accidentes se pueden clasificar de la siguiente forma.

- Accidentes simples: son aquellos en los cuales no se producen lesiones o muertes de personas, sólo daños a un vehículo o a otra clase de propiedad, incluyendo los que ocasionan lesiones a los animales.
- Accidentes con lesionados: son todos aquellos en los cuales una o más personas reciben lesiones graves o leves, pero sin ocurrencia de muertes dentro de los treinta (30) días siguientes al hecho.
- Accidentes con muertos: son aquellos en los que una o más personas resultan muertas en el momento del accidente, o como consecuencia del mismo dentro de los treinta días (30) siguientes después de ocurrido (Sánchez, Seguridad vial definición y factores de riesgo, 2009)

Principales causas de los accidentes de tránsito

"Lo malo no es sólo que haya accidentes de tránsito, sino lo poco que sabemos de por qué se producen y lo poco que hacemos para evitarlos" Albert Einstein

Esta frase aún tiene relevancia ya que el problema persiste a nivel mundial y al parecer seguirá aumentando, por lo cual, sigue siendo importante analizar las principales causas y factores aparentes de los accidentes de tránsito para así poder tomar las acciones correctivas y acertadas a la hora de prevenir o mitigar estos problemas.

Las principales causas de accidentalidad en el tránsito se deben a factores humanos, mecánicos y ambientales. A continuación se verán con más detalle.

Factores humanos: estos son la causa del mayor porcentaje de accidentes de tránsito y están relacionados con el comportamiento de las personas tanto de los conductores como de los peatones.

- Exceso de velocidad. Como consecuencia del desarrollo de la velocidad en los vehículos modernos y del no disponer, en muchos casos, de una infraestructura vial acorde con estos

avances, la causa más frecuente de los accidentes de tránsito en el mundo entero es el exceso de velocidad. Cuando la velocidad de un automóvil aumenta de 30 a 50 km/h, la probabilidad de muerte de un peatón se multiplica por ocho; en un vehículo que va a 120 km/h, todos los elementos y aparatos que forman parte de ese vehículo van a esa velocidad, incluyendo las personas que van dentro; al frenar o al realizar cualquier maniobra, los elementos y aparatos del vehículo se mantienen adheridos a él, pero las personas no; ellas se siguen moviendo a esa velocidad y chocan con las partes internas del vehículo o salen despedidos del mismo. (Sánchez, 2009)

- Conducir bajo la influencia alcohólica. El alcohol, es una droga psicodepresora; incluso en pequeñas dosis, influye negativamente en la conducción, ya que perturba las aptitudes del conductor; es el factor de riesgo más importante en los accidentes de tránsito. Después de ingerirse, el alcohol pasa a la sangre y se extiende por todo el organismo afectando al cerebro y a la vista. La cantidad de alcohol no afecta en la misma forma a todas las personas (edad, sexo, peso y hábito). un índice de alcoholemia entre 0,5 g/l y 0,8 g/l lleva a riesgos muy serios. (Sánchez, 2009)

- La falta de uso de los dispositivos de seguridad. Los conductores y sus acompañantes deben hacer conciencia y utilizar con carácter de obligatoriedad, en el caso de los automóviles, el "cinturón de seguridad" y los dispositivos diseñados para los niños, ya que reducen considerablemente las lesiones y muertes en las colisiones de tránsito. En el caso de los motorizados y ciclistas es "el casco", considerando que ellos son uno de los actores más vulnerables, después del peatón, ya que el parachoques de este vehículo es el mismo conductor y/o su acompañante. (Sánchez, 2009)

- Imprudencia de los conductores. Cuando no se respetan las señales de tránsito y semáforos, cuando se realizan adelantamientos en lugares no permitidos, cuando se transita con exceso de velocidad o se realizan maniobras peligrosas, se pueden producir accidentes fatales por culpa de la imprudencia de las personas que conducen.

- Uso de los teléfonos celulares cuando se conduce un vehículo. Esto distrae la atención del conductor sobre la vía y lo que allí acontece, disminuyendo los reflejos y equivale a conducir bajo los efectos del alcohol. (Sánchez, 2009)

- Fumar cuando se conduce un vehículo. Al igual que utilizar teléfonos celulares mientras se conduce, el fumar puede ocasionar serios accidentes de tránsito, ya que el conductor deja inhabilitada una de las manos impidiendo reaccionar a tiempo a los imprevistos.

- Somnolencia de los conductores. Es frecuente en las autopistas y trayectos interurbanos, debido a la monotonía del recorrido y a las altas velocidades desarrolladas. (Sánchez, 2009)

- Falta de una buena cultura vial o desconocimiento de las leyes de tránsito. La mayoría de la población (peatones, pasajeros y conductores), carece de una educación vial y desconoce las leyes, reglamentos y disposiciones que regulan el tránsito, razón por la cual se hace indispensable que esta educación se vaya fomentando desde los primeros años de la educación de los niños y que haya más campañas educativas utilizando medios masivos de información como la radio y la televisión. (Sánchez, 2009)

Factores mecánicos: estos están relacionados con aspectos relativos al vehículo que se conduce y que algunas veces pueden fallar.

- Falta de mantenimiento adecuado a los vehículos. Es un factor que contribuye a las lesiones por accidentes ya que la probabilidad de falla de algunas piezas se incrementa con el tiempo de uso. (Sánchez, 2009)

- Fallas mecánicas o electrónicas fortuitas. Se pueden presentar accidentes inesperados, ya que existe la probabilidad que algunas partes de los vehículos fallen repentinamente y no necesariamente por falta de mantenimiento.

Factores ambientales: relacionados con comportamientos climáticos y todos los eventos que se pueden producir a causa de ellos, además de todo lo relacionado con el medio ambiente en el cual circulan los vehículos, carreteras, estacionamientos, entre otros.

- Condiciones ambientales. Entre las que se pueden mencionar: la neblina, la lluvia, vientos huracanados, entre otros, que disminuyen la adherencia a la vía y prolongan el tiempo de frenado al doble que en condiciones normales; así mismo, las condiciones de maniobra del vehículo para esquivar un obstáculo disminuyen de manera considerable, perdiéndose fácilmente el control de la trayectoria. (Sánchez, 2009)

- Fallas y deficiencias en las vías públicas y calzadas. El descuido en el mantenimiento de las carreteras y otras vías de comunicación, producen el deterioro de las mismas ocasionando así accidentes viales, cuando los vehículos viran bruscamente para evitarlas o frenan súbitamente para no caer en ellas. (Sánchez, 2009)

- Cambios repentinos en el sistema de tránsito. Realizar cambios en la señalización y en los sentidos de las vías puede llegar a causar confusión en algunos conductores que están acostumbrados a transitar por allí.

- Problemas de información. Los conductores no pueden entender el código de señalización o es inoportuno; los semáforos funcionan de manera incorrecta o presentan algún error; el sentido de las vías no está bien diseñado o los conductores no conocen el estado de la vía; esto genera confusión en los conductores y se presentan accidentes por culpa de los problemas de información.

Principales consecuencias de los accidentes de tránsito

Como se ha visto anteriormente, los accidentes de tránsito ocasionan graves problemas sobre la red de tránsito y sobre la sociedad en general. La accidentalidad es muy importante a la hora de analizar sus consecuencias, para tratar de contrarrestarlas con medidas o tecnologías. Las consecuencias de los accidentes de tránsito están ampliamente relacionadas con todos los factores sociales de una ciudad. Ejemplos de consecuencias son las siguientes.

- Lesiones físicas. Aquellas que afectan corporalmente a los involucrados en el accidente y pueden dejar o no, secuelas de salud por largo tiempo.

- Pérdidas de vidas. Son aquellos accidentes de tránsito en los que fallece alguna persona, lo que además de ser muy traumático para sus seres queridos ocasiona serios inconvenientes para todos aquellos involucrados de una u otra forma, con la persona fallecida: amistades, negocios, relaciones laborales.

- Psico-emocionales y sociales / familiares. Están relacionadas con el impacto emocional que produce el accidente sobre el conductor y específicamente, su incidencia en la estabilidad del núcleo familiar y la sociedad.

- Laborales. Están constituidas por las sanciones y penalizaciones que los procedimientos y normas corporativas tengan establecidas, ante incapacidades laborales ocasionadas por accidentes de tránsito.

- Económico / materiales. Aquellas que afectan económicamente al conductor, tales como reparación del vehículo, indemnizaciones a terceros, compra de medicamentos, rehabilitaciones, entre otros. El Transport Research Laboratory (actualmente TRL Ltd)[1] examinó los datos de 21 países de ingresos bajos, medianos y altos sobre lesiones causadas por el tránsito y realizó estimaciones aproximadas según las cuales dichas lesiones cuestan una media del 1% del producto nacional bruto (PNB) a los países de ingresos bajos, frente al 1,5% a los de ingresos medianos y el 2% a los de ingresos altos. (Organización mundial de la salud y Banco Mundial, 2004).

- Ambientales. Están asociadas con aquellas situaciones o impactos ambientales que causan daños al medio ambiente, tales como derrames de sustancias químicas, incendios, derrumbes, entre otras. (Sánchez, 2009)

- Pérdidas económicas para el Estado. El daño a postes, puentes, señalizaciones, andenes, separadores, entre otros, ocasiona pérdidas económicas al Estado, ya que es el encargado de mantener en orden toda la infraestructura de la ciudad y en caso que algo sea destruido debe reemplazarlo inmediatamente. Si existe un culpable, es esta persona particular la que debe responder por los daños, pero existen casos en que el conductor se accidenta por culpa de las condiciones de la infraestructura misma por lo que el Estado debe pagar los costos por lesiones o muerte. (Ministerio de transporte de Colombia, s.f)

[1] TRL, empresa consultora de transporte británica y organización de investigación con sede en Berkshire Wokingham. Sus principales áreas de trabajo incluyen la evaluación de la seguridad vial y vehicular, infraestructura de transporte, la evaluación ambiental y la gestión en el tráfico

3.1.2. PROBLEMAS DE MOVILIDAD VEHICULAR

En los últimos años, especialmente desde principios de los años noventa, el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial ha causado, particularmente en las ciudades grandes, más congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales. Ese aumento explosivo surge de un mayor acceso al automóvil al elevarse el poder adquisitivo de las clases de ingresos medios, más acceso al crédito, reducción de los precios de venta, más oferta de autos usados, crecimiento de la población, menos habitantes por hogar y escasa aplicación de políticas estructuradas en el transporte urbano. En las grandes ciudades se invierte en transporte alrededor del 3.5% del PIB regional, en lo cual incide la congestión de tránsito, que afecta tanto a automovilistas como a usuarios del transporte colectivo y que acarrea pérdida de eficiencia económica y otros efectos negativos para la sociedad. El problema de congestionamiento vehicular es que causa pérdidas de tiempo para movilizar personas o mercancías de un lugar a otro, porque lo traduciría en pérdidas económicas y disminución en la calidad de vida de las personas. (Thomson & Bull, 2002)

Para empezar a hablar del problema de movilidad vehicular las siguientes definiciones sirven de introducción para entender el concepto de movilidad. (Real Academia Española, 2001)

- Mover: hacer que un cuerpo deje el lugar o espacio que ocupa y pase a ocupar otro
- Movimiento: estado de los cuerpos mientras cambian de lugar o de posición.
- Movilidad: la capacidad genérica de moverse, capacidad de un cuerpo de cambiar de posición.
- Movilidad vehicular: es la capacidad que tienen los vehículos de desplazarse de un lugar a otro de manera eficiente dentro de un sistema vial.

El problema de la movilidad vehicular es conocido como congestionamiento, o comúnmente en Colombia como “taco” o “trancón”. La palabra “congestión” se utiliza frecuentemente en el contexto del tránsito vehicular, tanto por técnicos como por los ciudadanos en general. Se define como “acción y efecto de congestionar o congestionarse”, en tanto que “congestionar” significa “obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo”, que en este caso es el tránsito vehicular. Habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente. Estas definiciones son de carácter

subjetivo y no conllevan a una precisión suficiente. (Thomson & Bull, 2002) (Real Academia Española, 2001)

Técnicamente la causa fundamental de la congestión es la fricción entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, entre otras. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión. Entonces, una posible definición objetiva sería: "la congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás". (Thomson & Bull, 2002)

Principales causas del congestionamiento

La congestión vehicular se produce cuando el volumen de tráfico o de la distribución normal del transporte genera una demanda de espacio mayor que el disponible en las carreteras. Hay una serie de circunstancias específicas que causan o agravan la congestión, la mayoría de ellas reducen la capacidad de una carretera en un punto determinado o durante un determinado período, o aumenta el número de vehículos necesario para un determinado caudal de personas o mercancías. En muchas ciudades altamente pobladas la congestión vehicular es recurrente, y se atribuye a la gran demanda del tráfico; la mayoría del resto se atribuye a incidentes de tránsito, obras viales y eventos climáticos. La velocidad y el flujo también pueden afectar la capacidad de la red, aunque la relación es compleja. Es difícil predecir en qué condiciones sucede la congestión, pues puede ocurrir de repente. (Downie, 2008)

Entre las principales causas de la congestión se pueden localizar los siguientes factores.

- Rápido crecimiento poblacional y de trabajo. El rápido crecimiento en el número de hogares y trabajos en un área inevitablemente incrementa el flujo diario de automóviles a través de dicha área. (Ramirez, 2005)

- Un uso más intensivo de vehículos automotores. La disminución del precio de los automóviles y el acceso al crédito han hecho más accesible la posesión de autos particulares. (Ramirez, 2005)

- Dispositivos de control. Las demoras las pueden causar dispositivos de control del tránsito al interrumpir el flujo; tales como todos los tipos de semáforos y señales que producen detenciones en un viaje normal. (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003).

- Accidentes de tránsito. Al producirse incidentes en las vías, como colisiones o lesiones a peatones. En el momento del accidente es necesario que los involucrados dejen sus vehículos quietos para determinar las circunstancias del accidente; adicionalmente, cuando se producen estos problemas, los vehículos no son retirados de las vías rápidamente aumentando los tiempos de congestión.

- Deficiente construcción de infraestructura vial. Existen ciudades con una alta densidad poblacional pero con baja conectividad entre sus diferentes zonas, lo que dificulta el desplazamiento de una persona de un punto de la ciudad a otro. (Ramirez, 2005).

- Los conductores no perciben todos los costos que generan. Entre las principales consecuencias de la congestión vehicular podemos mencionar los costos adicionales que en términos de tiempo, contaminación y estrés se generan. A menos que la sociedad obligue a los conductores a considerar costos externos, ellos seguirán subestimando dichos costos. (Ramirez, 2005)

- Horas pico. La mayoría de las organizaciones empiezan sus horas de trabajo a la misma hora, de modo que sus empleados pueden interactuar con los empleados de otras organizaciones mientras se movilizan al trabajo. Todos tienen que viajar al mismo tiempo, por vías comunes. Aunque muchos viajes no solo de trabajo están también concentrados en las horas pico. (Ramirez, 2005)

- Deseo de escoger dónde vivir y dónde trabajar. Muchos conductores están dispuestos a viajar largas distancias o a tolerar la pérdida de tiempo por el tráfico con el fin de trabajar y vivir donde ellos escojan. (Ramirez, 2005)

- Preferencia de viajar en vehículos privados. La mayoría de los ciudadanos prefiere viajar en vehículos privados, usualmente solos, porque dicha forma de viajar provee conveniencia, confort, privacidad, y, muchas veces, una velocidad superior a la del transporte público. Esta preferencia incrementa el número de vehículos en las horas pico. (Ramirez, 2005).

- Cuellos de botella. Se presentan básicamente en aquellos tramos donde la sección transversal reduce su ancho en términos del número de carriles. En aquellas situaciones donde la demanda vehicular (llegadas) al inicio del cuello de botella supera la capacidad (salidas) de éste. (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003)

- Ondas de tráfico. Es un curioso fenómeno que se observa en las carreteras durante el paso de los vehículos. Se producen cuando se crea una congestión del tráfico. Y generalmente estas ondas viajan en sentido contrario al sentido de los vehículos. (Herrero, 2008)

Principales consecuencias del congestionamiento

El congestionamiento ocasiona grandes problemas para la movilidad vehicular y por ende para la movilidad de las personas y mercancías, esto tiene fuertes consecuencias y diferentes efectos negativos sobre los ciudadanos y la actividad económica de una ciudad.

La congestión del tráfico tiene una serie de efectos negativos, tales como:

- Violencia vial. Hacen referencia a una serie de acciones agresivas cometidas por conductores y que son motivadas por disputas con otros conductores o peatones. (Marina, 2008)

- Pérdida del tiempo de los automovilistas y pasajeros ("coste de oportunidad"). Como una actividad no productiva para la mayoría de la gente, reduce la salud económica de la ciudad.

- Retrasos. Pueden resultar en la hora posterior de llegada al lugar del empleo, las reuniones, y la educación, lo que al final resulta en pérdida de negocios, medidas disciplinarias u otras pérdidas personales.

- Incapacidad para predecir con exactitud el tiempo de viaje. Lleva a los conductores a la asignación de más tiempo para viajar "por si acaso", y menos tiempo en actividades productivas.

- Desperdicio de combustible. Aumenta la contaminación en el aire y las emisiones de dióxido de carbono que pueden contribuir al calentamiento global, debido al aumento de la lentitud, de la aceleración y del frenado. Un incremento en uso, en teoría, puede ocasionar un aumento en el precio de los combustibles.

- El desgaste de los vehículos. Como consecuencia de la lentitud en el tráfico y la frecuencia de aceleración y frenado, se aumenta el desgaste de las piezas y se incrementa la probabilidad de una falla fortuita. Hay más reparaciones y más reemplazos.

- Conductores frustrados. El fomento de la ira en la carretera, el estrés por pérdida de tiempo y la reducción de la salud de los conductores, son consecuencias de los atascamientos y de la percepción de impotencia ante los retrasos.

- Emergencias. Si se bloquea el tráfico esto podría interferir con el paso de los vehículos de emergencia (ambulancias, bomberos, policías) para viajar a los destinos en los que se necesitan con urgencia.

- Consecuencias de la congestión de las arterias principales, es la escogencia de rutas que pasan por carreteras secundarias y calles alternativas que pueden afectar la vida cotidiana de barrios, comunidades y así como los precios de los bienes raíces, por efecto de la bulla y del peligro potencial para los habitantes.

Sin embargo, no cualquier grado de congestión es indeseable. Es preferible tolerar un cierto nivel, antes que adoptar medidas que importen un costo mayor. Bien que mal, la congestión es manifestación de actividad e intentar suprimirla por completo podría significar inversiones desproporcionadas en el sistema vial o perjudicar notablemente emprendimientos de variada índole. Está claro que la congestión aguda acarrea fuertes consecuencias negativas directas, aunque otras mucho más generales y preocupantes se ciernen sobre las urbes que la sufren. (Bull, 2003)

3.2. BASES PARA UNA SOLUCIÓN

Los problemas de tránsito son muy variados y algunos tienen diferente naturaleza. Analizar las consecuencias de estos problemas puede ser de vital importancia ya que prácticamente todas las personas, industrias y demás sectores de la sociedad están vinculados con el tránsito y son afectados directa e indirectamente por los problemas que allí se presentan. Encontrar una solución a estos problemas debería ser el principal objetivo de las instituciones encargadas del tránsito, las universidades y el gobierno, ya que si hallaran la forma de mitigar sus efectos o evitar

el problema de fondo, la seguridad y la eficiencia del sistema de tránsito redundaría en evitar pérdidas económicas y humanas.

Para encontrar soluciones que puedan mitigar los diferentes problemas de tránsito, existen tres pilares fundamentales. Estos tres pilares trabajando simultáneamente y apuntando hacia el resultado que se desea, ayudarán a que exista un tránsito seguro y eficiente. (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003)

Estos tres pilares son:

- La ingeniería de tránsito. Es esencial un técnico especializado en ingeniería que ayude a analizar y resolver los problemas del proyecto físico de la carretera o calle con todos sus detalles
- La educación vial. Se hace necesario que las instituciones educativas y el gobierno tomen por su cuenta la preparación de cada ciudadano para que aprenda a comportarse de acuerdo con la dinámica del tránsito de su ciudad.
- La legislación y la vigilancia. Las autoridades deben saber crear leyes y reglamentos adaptados a las necesidades del tránsito moderno y que las hagan cumplir por medio de agentes de tránsito.

Sin estos tres pilares, los accidentes y los congestionamientos no podrán tener ninguna clase de control. A continuación se analizarán con más detalle. (Cal y Mayor Reyes & Cárdenas G., 2003)

3.2.1. INGENIERÍA DE TRÁNSITO

Las cinco definiciones siguientes se han tomado del Diccionario de la Lengua de la Real Academia Española (Real Academia Española, 2001). Sirven de base para entender el concepto tanto técnico como científico, de la Ingeniería de Tránsito.

- Transportar: llevar una cosa de un paraje o lugar a otro. Llevar de una parte a otra por el porte o precio convenido, (flete).
- Transporte: acción y efecto de transportar o transportarse.
- Transitar: ir o parar de un punto a otro por vías, calles o parajes públicos.

- Tránsito: acción de transitar. Sitio por donde se pasa de un lugar a otro.
- Trafico: Tránsito de personas y circulación de vehículos por las calles, carreteras, caminos, entre otros.

El Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE, Institute of Transportation Engineers), citado por W.S. Homburger, define la ingeniería de transporte y la ingeniería de tránsito de la siguiente manera:

- Ingeniería de transporte: "aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente".
- Ingeniería de tránsito: "aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, con el proyecto geométrico y con la operación del tránsito por las calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otro modos de transporte. Además, realiza análisis de la circulación y propuestas de solución a los problemas de tránsito".

A fin de cuentas, la ingeniería de transporte se encarga del diseño de la estructura de la red y la ingeniería de tránsito se ocupa de cómo opera.

3.2.2. EDUCACIÓN VIAL

La educación vial es el conjunto de conocimientos, reglas y normas que toda persona debe poseer para comportarse de manera apropiada y responsable cuando se desplaza por la ciudad, ya sea como peatón, como pasajero o como conductor.

Cada día se ponen en marcha comportamientos relativos a esta temática. La educación vial es una imperiosa necesidad ciudadana en la época actual. Por ello, debe formar parte de los conocimientos y saberes prácticos de los escolares y no circunscribirse a una materia o etapa, sino integrarse en cada una de las áreas que componen el currículo. Siguiendo las recomendaciones internacionales "los contenidos de la educación vial deben estar integrados en las diferentes materias, con el fin de que los escolares adquieran la experiencia técnica apropiada, tomen

conciencia de su responsabilidad en la vida social y puedan contribuir de forma activa en la mejora de las condiciones de circulación". (Ministerio de educación - Gobierno de España, 2006)

La educación vial es imprescindible para conseguir una educación ciudadana integradora de todos los principios que fomenten la convivencia, la tolerancia, la solidaridad, el respeto, la responsabilidad y que, en definitiva, sea un cauce que sirva para favorecer las relaciones humanas en la vía pública. (Ministerio de educación - Gobierno de España, 2006)

3.2.3. LEGISLACIÓN Y VIGILANCIA

Las normas regulan la circulación de los peatones, usuarios, pasajeros, conductores, motociclistas, ciclistas, agentes de tránsito, y vehículos por las vías públicas o privadas que están abiertas al público, o en las vías privadas, que internamente circulen vehículos; así como la actuación y procedimientos de las autoridades de tránsito.

En desarrollo de lo dispuesto por el Artículo 24 de la Constitución Política, todo colombiano tiene derecho a circular libremente por el territorio nacional, pero está sujeto a la intervención y reglamentación de las autoridades para garantía de la seguridad y comodidad de los habitantes, especialmente de los peatones y de los discapacitados físicos y mentales, para la preservación de un ambiente sano y la protección del uso común del espacio público.

Le corresponde al Ministerio de Transporte como autoridad suprema de tránsito definir, orientar, vigilar e inspeccionar la ejecución de la política nacional en materia de tránsito, sin embargo es el Congreso de la República el único que puede sancionar las leyes. Son las autoridades de tránsito las que promueven la difusión y el conocimiento de las disposiciones contenidas en el código de tránsito de Colombia.

Los principios rectores del código de tránsito de Colombia son: seguridad de los usuarios, calidad, oportunidad, cubrimiento, libertad de acceso, plena identificación, libre circulación, educación y descentralización. (Ministerio de transporte de Colombia, s.f)

4. ESTADO DEL ARTE

4.1. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (TIC)

No existe una definición precisa y uniforme del término. Por ejemplo, fue definido por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD[2], en el Informe sobre desarrollo humano de la siguiente manera.

Las Tecnologías de la información y las comunicaciones, TIC, se conciben como el universo de dos conjuntos, representados por las tradicionales tecnologías de la comunicación, constituidas principalmente por la radio, la televisión y la telefonía convencional. Y por las tecnologías de la información, caracterizadas por la digitalización de las tecnologías de registros de contenidos (informática, de las comunicaciones, telemática y de las interfaces). (Varo Martínez & Torres Pintor, 2009), (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2002)

Según el portal web de la Sociedad de la Información de Telefónica de España, las TIC son las tecnologías que se necesitan para la gestión y transformación de la información, y muy en particular, es el uso de ordenadores y programas que permiten crear, modificar, almacenar, proteger y recuperar esa información. Así, se trataría de un concepto difuso que agruparía al conjunto de tecnologías ligada a las comunicaciones, a la informática, a los medios de comunicación y al aspecto social involucrado en ellas.

Dentro de esta definición general se encuentran implicados los siguientes temas principales: los sistemas[3] de telecomunicación informática y las herramientas ofimáticas que contribuyen a la comunicación. Las TIC agrupan entonces un conjunto de herramientas necesarias para administrar la información, y especialmente los sistemas informáticos y los programas necesarios para convertirla, almacenarla, administrarla, transmitirla y encontrarla. La revolución tecnológica que vive la humanidad actualmente es debida en buena parte a los avances significativos en las TIC. Los grandes cambios que caracterizan esencialmente la sociedad de la información son la

[2] El PNUD promueve el cambio y conecta a los conocimientos, la experiencia y los recursos necesarios para ayudar a los pueblos a forjar una vida mejor. Está presente en 176 países

[3] En esta sección es un conjunto de dispositivos, y procesos tecnológicos para producir una solución informática a un problema

generalización del uso de las tecnologías, las redes de comunicación, el rápido desenvolvimiento tecnológico y científico y la globalización de la información. (Varo Martínez & Torres Pintor, 2009)

En parte, estas nuevas tecnologías son inmateriales, ya que la materia principal es la información; permiten la interconexión y la interactividad; y son instantáneas ya que tienen elevados parámetros de imagen y sonido que hacen que se reproduzcan con gran celeridad. (Wyard, s.f)

4.2. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Las TIC han transformado muchos sectores económicos, desde el de la educación, el de la salud y el del gobierno, y ahora está en las primeras etapas de transformación del sector del transporte. Aunque muchos piensan que la mejora en el transporte de un país sólo significa la construcción de nuevas carreteras o la reparación de las infraestructuras viejas, el futuro del transporte radica no sólo en el asfalto y el acero sino cada vez más en el uso de la información y las TIC. (Ezell, 2010)

Las TIC son un concepto muy amplio y comprende una amplia cantidad de tecnologías, dentro de estas se pueden clasificar un subgrupo encargadas de solucionar o minimizar los problemas relacionados con transporte y tránsito. Estas tecnologías son comúnmente conocidas como Sistemas Inteligentes de Transporte, ITS por sus siglas en inglés.

Estas tecnologías permiten a los elementos del transporte, los vehículos, las carreteras, los semáforos, las señales, entre otros, llegar a ser inteligentes al integrarse con tecnologías tales como microprocesadores y sensores, dándoles el poder de comunicarse entre sí a través de dispositivos inalámbricos. En las naciones líderes en el mundo, existe una mejora significativa en el rendimiento del sistema de transporte, incluida la reducción de la congestión y el aumento en la seguridad y comodidad del viajero. Los principales líderes en materia de sistemas inteligentes de transporte, ITS, son Estados Unidos, Japón, Singapur y Corea del Sur. En países y ciudades en desarrollo existen diferentes problemas que no han permitido implementar mejor esta clase de tecnologías; esto ha sido el resultado de la continua falta de financiación adecuada para tecnologías, particularmente la falta de una política clara del gobierno. (Ezell, 2010)

El futuro del transporte radica en la implementación de tecnologías, en particular, una red de sensores, microprocesadores y dispositivos de comunicación para reunir y difundir información

sobre el funcionamiento del transporte, ya que este es esencialmente una red, y gran parte del valor de una red está contenido en su información. Por ejemplo, una señal puede detectar que el tráfico está a la espera de pasar a través de una intersección; si un vehículo está a la deriva fuera de su carril; si dos vehículos tienden a chocar en una intersección; si una calle está congestionada, entre otras funciones. (Ezell, 2010)

Los principales beneficios aplicando tecnologías de la información a la red de transporte de una ciudad son los siguientes.

- Aumenta la seguridad del conductor y peatón. Los sistemas inteligentes de transporte están replanteando la seguridad del vehículo. En los últimos 50 años, la mayoría de los avances en la seguridad del transporte, tales como la instalación de cinturones de seguridad en la década de 1970 y la instalación de bolsas de aire en la década de 1980, fueron diseñados para proteger a los pasajeros en caso de un accidente. Pero como Peter Appel, el actual administrador del Departamento de EE.UU. para la Administración del Transporte, Investigación y la Innovación Tecnológica (RITA), señala que " Las tecnologías actuales se han enfocado en el choque. Sin embargo, gran parte del trabajo en los próximos 50 años es tratar de evitar el choque por completo". (ITS International, 2009)

- Mejora el rendimiento operativo de la red de transporte. Al reducir la congestión, se mejora el rendimiento de la red de transporte de un país mediante la maximización de la capacidad de la infraestructura existente, reduciendo la necesidad de crear capacidad adicional de la carretera. Maximizar la capacidad es crucial porque, en casi todas las ciudades, el aumento de kilómetros recorridos por vehículo supera notablemente el aumento de capacidad de la carretera y en muchos países hay poco espacio para construir. Por ejemplo, entre 1980 y 2006 en los Estados Unidos, el número total de kilómetros recorridos por los automóviles aumentaron un 97 por ciento, pero en el mismo período el número total de kilómetros de carriles en carretera creció apenas un 4,4 por ciento. (Stalay & Moore, s.f)

- Mejora de la movilidad personal y la comodidad. Al disminuir la congestión y al maximizar la eficiencia operativa del sistema de transporte, como se describió anteriormente. Además, se ofrece a los conductores y a los usuarios del transporte público información del viaje en tiempo

real, que les ayude a seleccionar las rutas e incrementales la capacidad de movilizarse. De hecho, la mayoría de los sistemas inteligentes de transporte están familiarizados con aplicaciones telemáticas de navegación de vehículos por satélite u otros servicios que ofrecen información en tiempo real del tráfico a los conductores. Estos servicios ayudan a los conductores a identificar y tomar mejores decisiones. (Ezell, 2010)

- Grandes beneficios ambientales. Los ITS están en condiciones de ofrecer beneficios ambientales al reducir la congestión, al permitir que el tráfico fluya con más facilidad, al ayudar a los automovilistas a conducir más eficientemente, y reducir la necesidad de construir carreteras adicionales a través de la maximización de la capacidad de las existentes. El vehículo de transporte es una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero. En Inglaterra, el sector del transporte contribuye con una cuarta parte de las emisiones de CO2 del país. En Francia, el transporte representa el 31% del consumo final de energía y un 26,4% de las cuentas de gases de efecto invernadero para las emisiones de transporte. Además, 25% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. (Ezell, 2010)

- Aumento de la productividad y ayuda el crecimiento económico. Los sistemas inteligentes de transporte ayudan a aumentar la productividad y ampliar el crecimiento. Al mejorar el rendimiento del sistema de transporte de una ciudad, y asegurar así que la gente y los productos lleguen a su destino de forma rápida y eficiente, su puede mejorar la productividad de los trabajadores de una ciudad y además impulsar la competitividad en las empresas. Muchas entidades de transporte ya utilizan ITS para reducir o para evitar rutas de tráfico congestionadas en sus viajes. (Hartgen & Fields, 2009)

Al mismo tiempo, los ITS presentan grandes desafíos a la hora de su implementación. Teniendo en cuenta la viabilidad técnica y la significativa relación costos-beneficios. Muchos países en desarrollo aún no han implementado de manera amplia este tipo de tecnologías; una de las razones es que hay una serie de retos en el desarrollo y despliegue de ITS, incluyendo la interdependencia de los dispositivos, el efecto de la red, la escala, la financiación, los retos políticos, institucionales y otros. Algunos de los desafíos inherentes a los ITS en todos los países,

mientras que otros son los desafíos específicos que enfrentan con respecto a la implementación de estas tecnologías en ciudades colombianas. (Ezell, 2010)

Países como Colombia actualmente no invierten lo suficiente en ITS. Esto sucede, en parte, porque a menudo la financiación es asignada sin tener en cuenta el rendimiento. Las entidades estatales y locales de transporte se han creado para construir y mantener la infraestructura, no para manejar el transporte, ponen más énfasis en la construcción de carreteras que en asegurar que el transporte funcione de manera óptima. (Ezell, 2010)

Otros desafíos incluyen la falta de experiencia de las agencias de transporte local y regional en relación con los ITS y su aplicación. Además, la falta de normas técnicas para estas tecnologías hace que sea difícil asegurar que el software y dispositivos adquiridos por las diferentes localidades se puedan integrar.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte son un amplio grupo de tecnologías, aplicativos y dispositivos que permiten solucionar algunos de los problemas de tránsito. Estas tecnologías se concentran en dar solución a inconvenientes de congestionamientos y en disminuir la accidentalidad en una ciudad. A continuación se enunciaran algunos de ellas, describiéndolas e identificando sus principales características. Adicionalmente, se ha realizado una clasificación de estas tecnologías ya que al ser un conjunto de tantos dispositivos y aplicaciones se pueden agrupar en diferentes categorías para facilitar su comprensión.

Dentro de los ITS se pueden encontrar tres conjuntos principales de tecnologías que permiten identificarlas y organizarlas de acuerdo con sus funciones.

4.3. TECNOLOGÍAS PARA LA CAPTURA DE INFORMACIÓN

Son aquellos dispositivos diseñados específicamente para recolectar información del medio; en una red de tránsito la información de los vehículos y del medio es muy importante ya que puede servir para diagnosticar el estado del transporte de una ciudad, para realizar predicciones, para detectar infracciones o inconvenientes en las vías. Entre estas tecnologías se pueden resaltar las siguientes.

4.3.1. CÁMARAS DE VÍDEO

La posibilidad de observar lo que ocurre en un lugar distante sin necesidad de estar cerca y casi en tiempo real es una gran ventaja que ofrecen las cámaras de vídeo. Esta funcionalidad las hace especialmente útiles en el campo de la vigilancia y la seguridad. Sin embargo, su utilidad no se limita al campo de la vigilancia en términos de salvaguardar los bienes privados y el dinero, también se resalta el apoyo que brindan en situaciones de observación y control de sitios remotos. En este sentido las cámaras de vídeo pueden prestar un servicio a las entidades de control del tránsito, pues facilitan en cierta medida las tareas de monitorización de las vías, evitando parcialmente la presencia de personas en cada lugar que demande atención constante. Un sistema de cámaras ubicadas en los lugares apropiados puede significar una mejora en los tiempos de respuesta a eventualidades de las entidades de tránsito, ya que por medio de esta tecnología se puede observar el comportamiento de las vías en todo momento, identificando oportunamente situaciones que afecten la movilidad como accidentes de tránsito, obstrucciones en la vía, congestiones, entre otras. (The Transit Wire, 2011) (Secretaria de Tránsito de Medellin, 2010) (U.S. Department of transportation)

Imagen 2: Cámaras de vídeo para el control del tránsito

Fuente: Control de tránsito, Una mirada sobre el tránsito y la seguridad vial

Siendo tal vez una de las tecnologías de apoyo al tránsito más usada, las cámaras de vídeo interactúan muy bien con otras tecnologías y sistemas de apoyo para potenciar las ventajas que cada uno puede dar por separado. Algunos de los usos más comunes se enuncian a continuación. (U.S. Department of transportation) (The Transit Wire, 2011)

- Detección de problemas: el personal de control que vigila las cámaras puede identificar oportunamente problemas que surjan en las vías. Dependiendo de su ubicación, puede ser fácil detectar acontecimientos como accidentes de tránsito que pueden afectar el flujo vehicular en una zona, al igual que condiciones climáticas visibles que afecten la movilidad, daños en la infraestructura, vehículos con averías mecánicas, entre otros.
- Atención a emergencias: dada la capacidad de detectar los problemas rápidamente, se pueden crear protocolos y procedimientos oportunos de atención a emergencias. En este aspecto el tránsito interactúa estrechamente con las entidades de salud y de seguridad pública. Al detectar un accidente de tránsito por ejemplo, se puede informar a tiempo a los centros de salud cercanos al lugar del incidente para que atiendan a las personas que pudieran resultar lastimadas; a las autoridades encargadas del control vehicular para que tomen las medidas necesarias según dicta la ley que aplique en el caso y a otras entidades como aseguradoras que estén en capacidad de manejar la situación removiendo los vehículos involucrados.
- Toma de datos estadísticos: la posibilidad de observar el comportamiento de una vía en todo momento permite hacer mediciones según sea necesario. Es posible identificar los rangos de hora de mayor flujo vehicular, la cantidad de accidentes de tránsito que ocurren, la cantidad de peatones que requieren cruzar la vía, las tendencias en los tipos de vehículos que la transitan (vehículos de carga, de transporte público, de transporte privado). Estos datos permiten realizar estudios que resulten en soluciones ajustadas a la realidad del sistema de tránsito en todo momento.
- Vigilancia: aparte de monitorear el tránsito, las cámaras ayudan a preservar la seguridad de las personas que transitan por las vías. Si bien las cámaras no puede impedir que sucedan actos en contra de la seguridad de las personas, si permiten identificar éstos acontecimientos para avisar a los agentes de seguridad pública.

Las cámaras de vídeo son una tecnología perteneciente a la categoría de captura de información, pues son básicamente sensores especializados en capturar en forma de secuencias de imágenes lo que ocurre en el espacio físico que se encuentra en su radio de alcance.

4.3.2. TECNOLOGÍA DE FOTO-DETECCIÓN DE INFRACCIONES DE TRÁNSITO

La tecnología de foto-detección de infracciones de tránsito, más conocida como foto-detección, consiste en un sistema de vigilancia con cámaras de vídeo, ubicadas en diferentes vías de la ciudad, que permite vigilar el tránsito en tiempo real, con un énfasis especial en la identificación de infracciones de tránsito y accidentes. Las cámaras de vídeo transmiten las imágenes hasta el centro de control de tránsito de la entidad, donde son analizadas por un software especializado, que detecta las infracciones y captura la placa del vehículo para registrar el comparendo correspondiente; o por los funcionarios encargados, quienes realizan la misma labor de forma manual. A continuación se presenta una imagen de un centro de control para el sistema de foto-detección: el Centro de Control de Tránsito de la Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín. (Secretaría de Tránsito de Medellín, 2010) (Dirección Nacional de Vialidad de Argentina, 2009)

Imagen 3: Centro de Control de Tránsito, Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín

Fuente: El Colombiano.com

El sistema de foto-detección cabe dentro de la categoría de tecnologías híbridas, ya que es un conjunto de tecnologías interconectadas. La recolección de los datos se da gracias a las cámaras de vídeo, las cuales fueron presentadas con anterioridad en este documento, mientras que la información pasa a ser procesada en un centro de control, bien sea de forma automática o manual, para luego convertirse en registros de multas, cifras de accidentalidad y cifras de movilidad.

En la ciudad de Medellín, Antioquia, Colombia, se puede encontrar un caso de éxito para esta tecnología. El sistema de foto-detección implementado en la ciudad entró en vigencia a partir del

mes de febrero del año 2010, con la instauración de un procedimiento de registro de comparendos electrónicos que se conoce normalmente como foto-multas, el cual permite identificar las infracciones de tránsito a través de fotografías tomadas por el sistema de foto-detección. La información de los comparendos, con su respectiva fotografía de respaldo, es enviada a la residencia u oficina del infractor, el cual cuenta con un período de once días hábiles, contados a partir del día de recepción de la notificación, para presentarse a la Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín para ser escuchado en una audiencia, donde se le permite presentar las pruebas que considere apropiadas para su defensa, o para realizar el pago del valor correspondiente con un 50% de descuento, en cuyo caso deberá asistir a un curso obligatorio sobre normas de tránsito. (Secretaría de Tránsito de Medellín, 2010)

La Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín ha puesto a disposición del público en general la visión en tiempo real de las cámaras instaladas en la ciudad a través de sitio web de la institución. La Imagen 4 muestra un ejemplo de lo que se puede ver a través de las cámaras.

Imagen 4: Vista de la ciudad de Medellín a través del sistema de foto-detección

Fuente: Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín

4.3.3. RADAR DE VELOCIDAD

El radar de velocidad es un dispositivo sensor que se utiliza para medir la velocidad de movimiento de distintos objetos, que aplicado al tránsito, sirve para medir la velocidad de movimiento de los vehículos en una vía. Esta tecnología es utilizada por las autoridades de tránsito para detectar infractores de tránsito que hacen caso omiso de los límites de velocidad establecidos por la reglamentación. Existen varias tecnologías diferentes que se aplican para la detección de velocidad, entre las cuales se destacan: el procesamiento automático de imágenes, el radar de microondas, el radar infrarrojo y el radar de ultrasonido. Los radares de velocidad utilizado por las autoridades suelen ser diseñados para ser portables y fáciles de manejar e interpretar por un oficial de tránsito, con la posibilidad de entregar datos confiables de forma inmediata. La Imagen 5 muestra un ejemplo claro de la conocida pistola radar, midiendo la velocidad del vehículo que se ve al fondo: 75 millas por hora.

Imagen 5: Radar de velocidad en forma de pistola midiendo la velocidad de un vehículo

Fuente: Georgia Super Speeder Law

La medición de velocidad mediante procesamiento automático de imágenes es realizada por un aplicativo software especial que detecta la presencia de vehículos en una toma de imágenes sucesivas, calculando la velocidad de movimiento del mismo de acuerdo con el cambio de su ubicación en cada imagen respecto de un punto de referencia. Las tecnologías de microondas y de ultrasonido funcionan de manera similar: ambas emiten rayos de ondas continuos en un rango de

frecuencia específico que permite medir la velocidad según el reflejo de las ondas en la superficie del vehículo. Los radares infrarrojos funcionan midiendo la cantidad de energía irradiada por la carretera, la cual cambia en el momento en que un vehículo aparece en escena y refleja en su superficie una parte de la energía, que llega de nuevo al sensor infrarrojo y posibilita medir la velocidad a la que se mueve el vehículo en cuestión. Cada una de las tecnologías presenta sus inconvenientes y sus fortalezas, pero en general todas son suficientemente confiables. (El Economista.es, 2009)

Los radares de velocidad para el control de tránsito vienen en diferentes formas, de acuerdo con el uso que cada entidad de control desea realizar. En general, los radares pueden clasificarse en dos grupos: radares portables y radares fijos. De los radares portables el más conocido es el radar tipo pistola, utilizado por oficiales de tránsito alrededor del mundo. Los radares estáticos generalmente se usan en vías propensas a excesos de velocidad por parte de los conductores, instalados en señales de tránsito u otros elementos de infraestructura fija, o en aparatos móviles. La Imagen 6 muestra un ejemplo de radar de velocidad incorporado en una señal de tránsito a la izquierda y un radar móvil a la derecha. Estos dispositivos se encuentran dentro de la categoría de tecnología de captura de información, pues son básicamente sensores que miden la velocidad de los vehículos; a pesar de que en ocasiones sean presentados con herramientas de despliegue de información, no dependen de ellas para cumplir su función principal. (Patrullas del Futuro, 2010)

Imagen 6: Radar de velocidad fijo

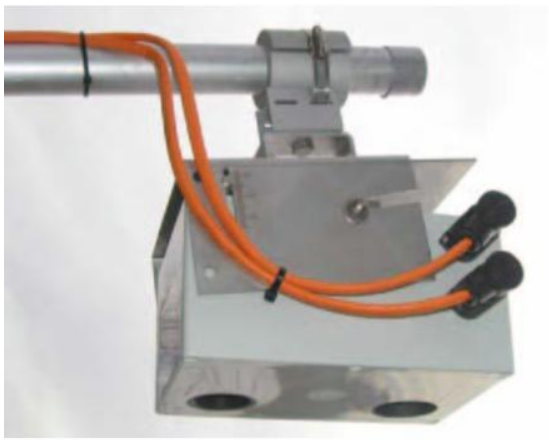
Fuente: Highway Supply Traffic Control Solutions

4.3.4. DETECTORES ELEVADOS DE TRÁNSITO

Los detectores elevados, llamados así por su ubicación característica en lugares directamente por encima de las vías de tránsito, son sensores que utilizan diversas tecnologías de detección de presencia automotriz para tomar datos de interés en las calles. Generalmente son ubicados únicamente en calles urbanas de gran afluencia de vehículos, pues en la mayoría de los casos no es económicamente viable utilizarlos en vías rurales o vías secundarias. Este tipo de dispositivos son empleados para tareas como medición de flujo vehicular, medición de velocidades medias de vehículos, medición de velocidad individual por vehículo, entre otras. Los detectores más complejos y potentes son capaces de realizar varias de las tareas mencionadas al mismo tiempo, para lo cual necesitan utilizar hasta tres tecnologías de detección diferentes en forma simultánea. Es importante resaltar que todo esto se logra sin necesidad de intervenciones costosas en la infraestructura, pues no es necesario romper la calzada para instalarlos, ya que se pueden montar en soportes elevados existentes como puentes, vallas de señalización, entre otras.

La Imagen 7 muestra uno de los detectores disponibles en el mercado, sujetado a una barra metálica. En la parte inferior se pueden observar los agujeros por los cuales se proyectan y se reciben las señales del sensor, así como los cables de recepción y transmisión de datos que lo conectan con el centro de control.

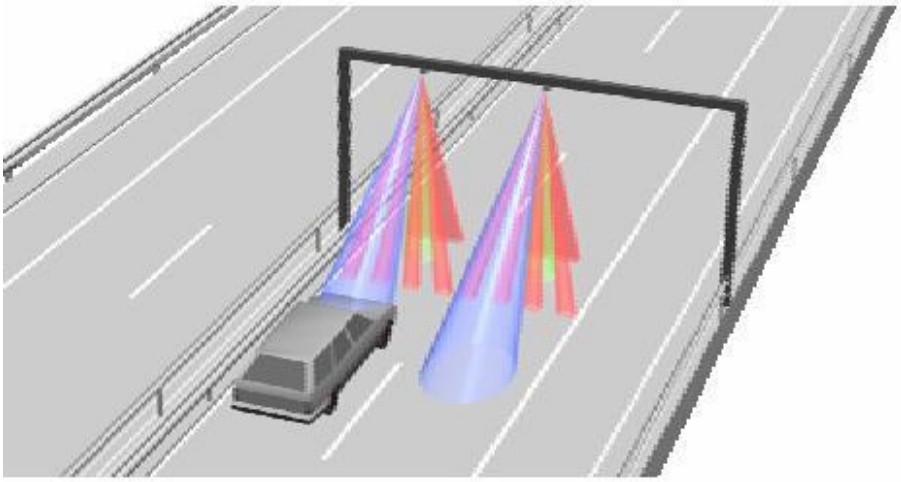
Imagen 7: Detector elevado Serie TT 290



Fuente: Kineo Ingeniería Informática y electrónica

Como su nombre lo indica, los detectores elevados están diseñados para ser ubicados en lugares elevados por encima de las calles, a una altura de operación entre cinco y doce metros. Las instalaciones más completas de este tipo de sensores suponen el posicionamiento de un detector elevado por cada carril que se desea observar, con el objetivo de tomar varias medidas de forma simultánea: clasificación vehicular, conteo de vehículos, medición de velocidad individual por vehículo, detección de congestiones, densidad de ocupación de la calle, distancia y tiempo entre vehículos. La recolección de los datos se realiza de la siguiente forma: la velocidad se mide de acuerdo al reflejo en el vehículo de las microondas, emitidas por un Radar Doppler; con ultrasonido se escanea el perfil del vehículo, lo que brinda información sobre la altura del mismo y la cantidad de ruedas o ejes que posee; la posición del vehículo en el carril es analizada con varios rayos de luz infrarroja (Imagen 8). Los datos recolectados son enviados a un computador remoto utilizando internet o una red LAN protegida, para que sean procesados, interpretados y traducidos en medidas comprensibles para los controladores humanos.

Imagen 8: Instalación típica de dos carriles. Marcado en azul el Radar Doppler, en rojo los rayos infrarrojos y en verde el ultrasonido.



Fuente: Kineo Ingeniería Informática y electrónica

En general, este tipo de dispositivos clasifica los vehículos detectados en las siguientes categorías: automóvil, motocicleta, camioneta, camión, tracto camión con doble remolque, tracto camión articulado, autobús y automóvil con remolque. Como se muestra en la Imagen 9, cada uno de estos vehículos tiene una topología particular que puede ser utilizada junto con un software de

reconocimiento de imágenes para categorizar el parque automotor que se desplaza por allí. Sin embargo, la capacidad de detección depende del fabricante, de la aplicación del dispositivo y de la potencia del mismo.

Imagen 9: Clasificación de vehículos, detector elevado

Descripcion Clases	
	automovil
	motocicleta
	camioneta
	no identificado
	camion
	tractocamion con doble remolque
	tractocamion articulado
	autobus
	automovil con remolque

Fuente: Kineo Ingeniería Informática y electrónica

Este tipo de tecnologías de captura de información les permite a las autoridades de control del tránsito identificar y medir todas las características de movilidad de sectores específicos de la red vial. Por ejemplo, la clasificación de los vehículos sumado a la medición de velocidades medias y detección de congestiones, permite que se identifiquen fácilmente los horarios críticos en una calle específica de la ciudad, además de brindar información acerca de la capacidad de la vía respecto a la demanda de tránsito y la eficiencia del flujo vehicular en la zona.

Debido a que esta tecnología consta básicamente de un conjunto de sensores de presencia, se puede clasificar como una tecnología de captura de información. Los detectores elevados se

destacan en la recolección de datos, mas no se ocupan del almacenamiento ni la interpretación de los mismos; para eso se requieren aplicativos software y personas entrenadas que reciban la información y la sepan traducir en cifras útiles y entendibles.

Un caso de éxito en la aplicación de los detectores elevados es el Acceso Sur del Puerto de Valencia, España, en donde desde el año 2008 se controlan en total 5 carriles por donde circulan diariamente cientos de vehículos de diferentes tamaños, especialmente camiones de carga. Los detectores elevados están integrados con el sistema de información SCADA[4] que se encarga de controlar todos los procesos del puerto. Con la implementación de los detectores elevados, el sistema de información es capaz de generar estadísticas más acertadas acerca de la cantidad de camiones que entran y salen del puerto, generando un valor agregado para el negocio y para las entidades gubernamentales que se interesan en estas cifras. La instalación de esta tecnología se realizó bajo pedido de la Autoridad Portuaria de Valencia y fue ejecutada por la empresa KINEO Ingeniería Informática y Electrónica, proveedor de detectores elevados de tránsito Serie TT 290. (Autoridad Portuaria de Valencia, 2010) (Kineo Ingeniería Informática y Electrónica, 2010) (TYSSA, 2010)

4.3.5. TECNOLOGÍA DE RASTREO EN TIEMPO REAL

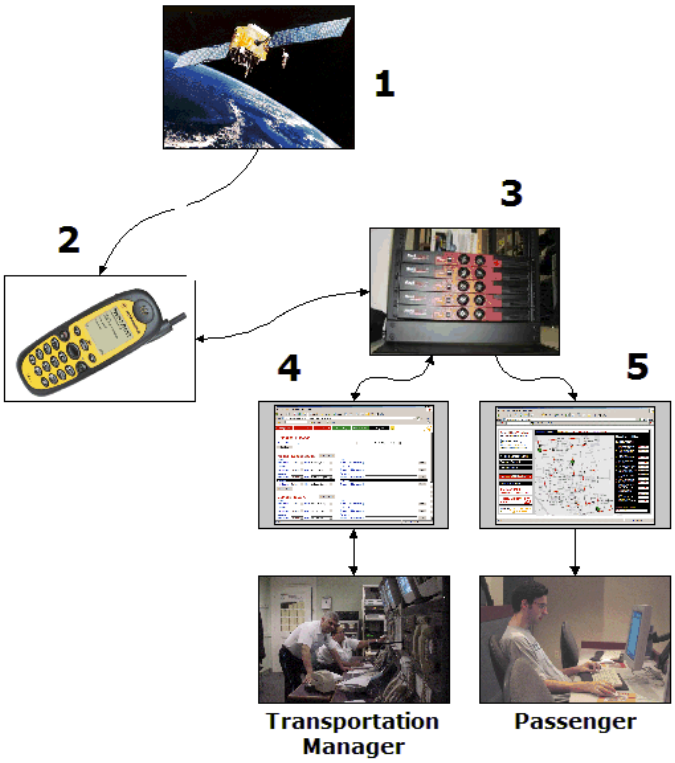
Haciendo uso de la tecnología de Sistema de Posicionamiento Global, más conocido como GPS por sus siglas en inglés, es posible instalar dispositivos en los vehículos que permiten conocer su ubicación exacta en todo momento y con los medios de transmisión de datos es posible tener la información disponible en tiempo real en cualquier lugar. Esto permite que las personas y las empresas puedan rastrear los vehículos desde la comodidad de sus casas u oficinas a través de portales web y algunas aplicaciones móviles[5]. Esta tecnología es de amplio uso en el transporte de mercancías, pues funciona como una medida de seguridad para los vehículos, la carga y los conductores, además de facilitar el control de las rutas y los tiempos de viaje. De igual manera, los

[4] SCADA proviene de las siglas Supervisory Control And Data Acquisition. Es un sistema de información que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia, proporcionando comunicación con diferentes dispositivos de campo o sensores que capturan los datos.

[5] Aplicaciones móviles son aplicativos software que se ejecutan en dispositivos portables, tales como celulares, y que generalmente se comunican con un servidor central a través de medios de comunicación inalámbricos.

sistemas de rastreo de vehículos en tiempo real pueden ser aplicados al tránsito y específicamente al transporte público. La Imagen 10 es una representación gráfica del flujo de información desde que es captada por los satélites GPS hasta que llega a los usuarios finales en los centros de control o en la comodidad de sus hogares.

Imagen 10: Sistema de rastreo en tiempo real



Fuente: SmartRide Tracker, East Transit

Una flota de buses de transporte público urbano equipada con los dispositivos de rastreo por GPS abre un gran número de posibilidades tanto para la empresa prestadora del servicio como para las autoridades de control de tránsito y la comunidad. Al conocer la posición de los buses a cada instante, un software de control es capaz de calcular la velocidad a la que se mueve cada vehículo, lo que permite identificar paradas prolongadas, retrasos en el recorrido y calcular el tiempo aproximado de llegada a un destino particular. Toda esta información es valiosa para la empresa prestadora del servicio y para las entidades de control del tránsito, pues permite identificar posibles problemas con el vehículo o con la vía cuando se detectan retrasos importantes en el

tiempo del recorrido, promedios de velocidad por debajo de lo normal, paradas excesivas, desvíos de la ruta establecida, entre otras. Además, las personas sienten mayor confianza en viajar en transporte público cuando tienen acceso a información sobre los tiempos de llegada y las rutas, lo que incentiva el uso de los medios de transporte masivo y finalmente reduce la cantidad de vehículos particulares transitando por las vías. (Harphasea, 2011) (East Transit, 2010)

La tecnología de rastreo vehicular en tiempo real aplicada al tránsito es clasificada como una tecnología híbrida, ya que se basa en un sistema de información que recoge y procesa datos que son obtenidos por dispositivos especiales montados en los vehículos. No es posible clasificarla como una tecnología de captura de información solamente porque la labor de captura y envío la realizan los dispositivos GPS que interactúan con el sistema de rastreo. Tampoco puede ser clasificada como tecnología de presentación, pues hay otras tecnologías que se alimentan de la información procesada por el software de rastreo que se especializan en la presentación de esta información y se destacan notablemente al hacerlo. De la misma forma, no es suficiente con clasificarla como un sistema de procesamiento de información, pues se estaría restando importancia a las tareas de recolección de datos y despliegue de información.

Un ejemplo de aplicación de esta tecnología para el beneficio del transporte público se puede encontrar en el condado King en Washington, Estados Unidos, donde un par de estudiantes de la Universidad de Washington crearon un portal web, llamado OneBusAway, donde está disponible la información de las rutas de buses y los tiempos de llegada aproximados a cada parada en el trayecto. Además, los estudiantes implementaron un sistema en el cual las personas pueden llamar a un número telefónico desde sus celulares y marcar el número de la parada de bus, a lo cual el sistema de rastreo responde con un mensaje de texto indicando la hora de llegada a esa parada, de los buses que se encuentran en camino. Según cuentan las autoridades del King County Metro Transit, que es la entidad prestadora del servicio de buses para el condado King, esta aplicación ha sido de gran beneficio para ellos y para la comunidad, al tiempo que implica bajos costos de mantenimiento, puesto que todo está integrado con el sistema de rastreo que ya estaba implementado. (Metro Magazine, 2011)

4.3.6. ALCOHOLÍMETROS

El alcohol es la principal droga de consumo por parte de la sociedad. Dos tercios del todos los abusos de substancias están relacionadas con el alcohol. El treinta por ciento de todas las admisiones en los hospitales también están relacionadas con el consumo de alcohol y se halla presente en más de la mitad de las fatalidades en autopistas. Gran parte del presupuesto que se gasta en salud está dedicada al abuso del alcohol. Existen diferentes tecnologías para realizar pruebas de alcohol en el cuerpo ya que el alcohol se puede hallar mediante exámenes en la sangre, en el aliento, en la orina y en la saliva. (Harphasea, 2011)

Si un policía o agente de tránsito ve al conductor manejando en forma temeraria, es probable que le detenga y le pida que respire ante una máquina especial comúnmente conocida como alcoholímetro que mide el contenido de alcohol en la sangre. Esta prueba se es conocida como "Prueba de alcoholemia". (Harphasea, 2011)

Los alcoholímetros son utilizados cuando un agente de tránsito sospecha que algún conductor maneja bajo los efectos del alcohol y quieren cerciorarse de la veracidad de esta sospecha. Los alcoholímetros son sólo uno de muchos tipos diferentes de mecanismos de sobriedad utilizados para determinar si una persona ha violado la ley por conducir en estado de ebriedad. (Harphasea, 2011)

El alcohol se distribuye por todo el cuerpo; es una molécula muy pequeña que puede atravesar las membranas de las células del cuerpo humano con bastante facilidad. Una vez que se ha tomado una bebida, el alcohol se absorbe en el torrente sanguíneo y luego se distribuye a los diferentes tejidos. En el proceso de distribución, el alcohol pasa por pocas barreras y viaja casi a cualquier lugar en concentraciones iguales. Uno de los lugares donde termina es en el aire de los pulmones. (Harphasea, 2011)

En la Imagen 11 observamos un alcoholímetro; este es un dispositivo que mide la cantidad de alcohol en los pulmones; en la parte izquierda se ve una boquilla donde el usuario sopla a la distancia para medir su grado de alcohol, que aparece en la pantalla, ésta es la cantidad de alcohol en los pulmones. Si ha tomado un solo trago de cerveza justo antes de la prueba de alcoholemia, el aliento puede oler a alcohol, pero puede que la prueba indique que no estaba ebrio. Esto se

debe a que la respiración y el aire que se encontraban en los pulmones no contenían nada de alcohol, pero la saliva en la boca sí. Debido a que el contenido de alcohol en el aire de los pulmones refleja con exactitud el contenido de alcohol en la sangre, los agentes pueden utilizar esta información para saber si la persona se encuentra intoxicada o no. (ABS Costa Rica, 2010)

Imagen 11: Alcoholímetro digital

Fuente: National Highway Traffic Safety Administration Approved

Los alcoholímetros se pueden clasificar como una tecnología de captura de información. Aunque no opera sobre el transporte como tal si es útil para prevenir accidentes de tránsito, ya que cuando una persona se encuentra sobre la influencia del alcohol, todos sus sentidos y sus reflejos se reducen, aumentando la probabilidad de cometer un error y terminar en tragedia; por lo tanto los alcoholímetros permiten a las autoridades de tránsito sacar de circulación e imponer sanciones a aquellas personas que se encuentra infringiendo la ley.

Esta tecnología lleva operando muchos años en todas las ciudades alrededor del mundo y ha sido una herramienta de gran utilidad para las autoridades de tránsito pues la cantidad de accidentes que se han prevenido por la detección de personas ebrias al volante ha hecho que las calles del mundo estén un poco más seguras.

4.4. TECNOLOGÍAS PARA EL DESPLIEGUE DE INFORMACIÓN

Son todas aquellas que nos permiten comunicar información importante a todos los interesados en el transporte. El objetivo principal de estas tecnologías es el de mostrar cuál es el comportamiento de la red de tránsito, en qué condiciones se encuentra y qué alternativas se pueden tomar a la hora de movilizarse por las vías de una ciudad. Por medio de estas tecnologías los ciudadanos pueden estar enterados de todo tipo de información relevante en las vías, como mapas, estadísticas de flujo vehicular, posiciones, velocidades, peligros, entre otros. Dentro de estas tecnologías se pueden destacar las siguientes.

4.4.1. GOOGLE TRANSIT

Este servicio hace parte de Google Maps una aplicación gratuita de Google, el buscador de información en Internet más reconocido mundialmente. Ofrece imágenes de mapas, así como fotos satelitales del planeta entero, con el detalle de rutas entre diferentes ubicaciones o lugares. Está disponible en 12 idiomas diferentes y para algunos dispositivos móviles. Google Maps ofrece la posibilidad de utilizar o crear capas[6], las cuales son herramientas e información que puede ser visualizada sobre los mapas de acuerdo con las necesidades.

Google Transit fue lanzado como un producto de laboratorio en diciembre de 2005. Es la capa que corresponde al tránsito sobre Google Maps. Es una herramienta para la planificación del transporte público, pues combina los datos de las entidades de transporte y tránsito, con el poder de Google Maps. Se integran paradas de tránsito, rutas, horarios, tarifas e información para la planificación de un viaje rápido y fácil para todos. Para las entidades de transporte de todo el mundo, Google Maps es una solución dirigida a los viajeros. (Google, 2005)

Actualmente más de 500 ciudades de todo el mundo mantienen su información disponible en Google Maps, a través de la página oficial en http://www.google.com/transit . Las entidades de transporte y tránsito pueden acceder a la herramienta y proporcionar datos para alimentar y generar información.

[6] Una “Capa” es un conjunto de información relacionada que se superpone a otras “Capas” para complementar la información existente

Google ha creado algunas herramientas de código abierto para ayudar a las entidades de transporte y tránsito a comprobar y realizar la alimentación de los datos propios sobre el transporte y mantener así actualizado el servicio sobre las condiciones de tránsito.

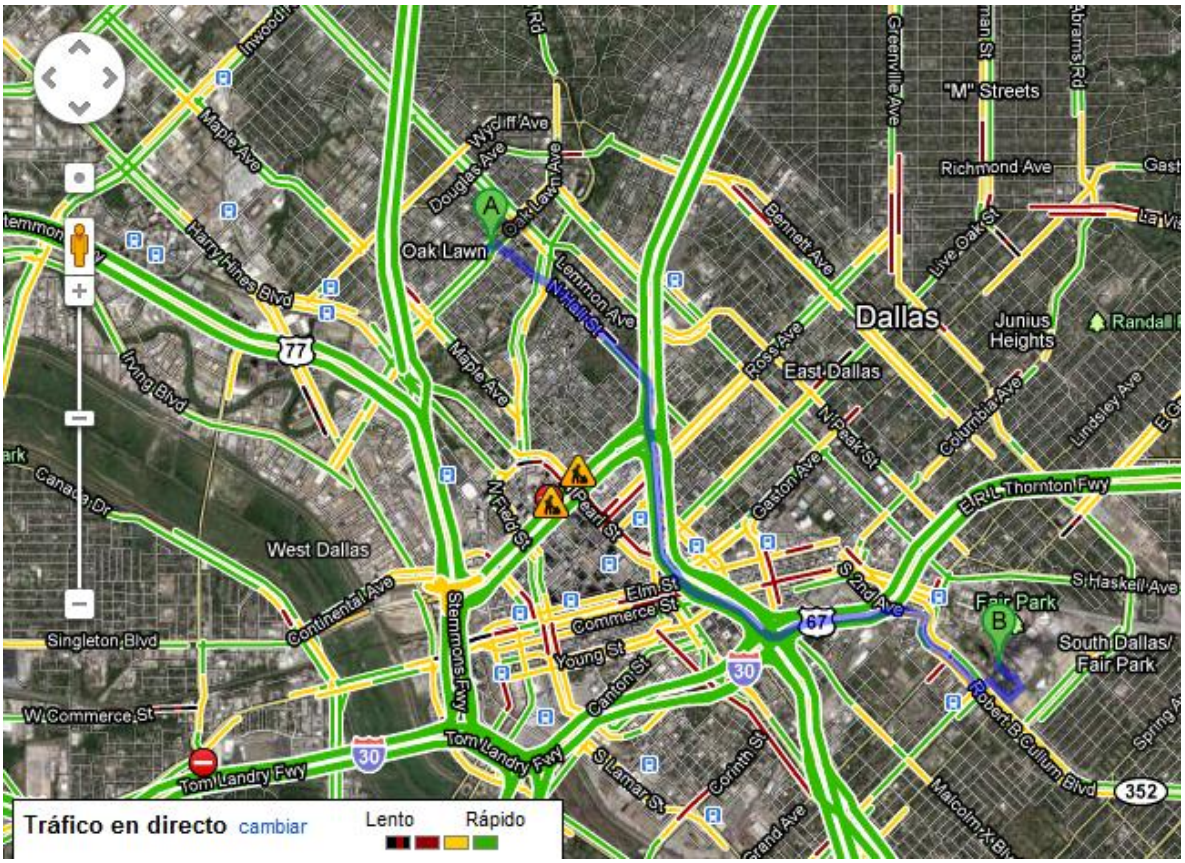
Una vez que Google acepta la alimentación de los datos de un lugar específico, construye una vista previa para que se puedan realizar pruebas. Es importante que las entidades que entran los datos comprueben a fondo las rutas, tales como vías más populares, y las autopistas de salida en vacaciones o fines de semana. Cuando las entidades confirmen la calidad de la información ingresada pasa a inspección con ingenieros de Google para ser registrada. (Google, 2005)

Google Maps es el sitio virtual de cartografía más grande del mundo. Mediante la integración de viajes y de los datos de la ruta, la información sobre el transporte público se vuelve fácilmente accesible a millones de usuarios de Google en cuarenta idiomas, utilizando una interfaz común y familiar para la planificación de viajes.

Este servicio puede ayudar que un mayor número de usuarios conozcan y utilicen eficientemente las carreteras de una ciudad y ayuda a conocer nuevas rutas con las que no están familiarizados. Además, es gratuito. (Google, 2005)

En la Imagen 12 se observa el mapa de una ciudad. Utilizando Google Transit se pueden visualizar las principales vías de la región y ver cuál es el nivel de congestionamiento en un instante determinado, el verde indica que el flujo vehicular es normal, el amarillo que es regular y el rojo o negro indica que el tránsito se encuentra prácticamente detenido. Además, Google Transit permite determinar cuál es la mejor ruta para llegar de un lugar a otro, por lo tanto Google Transit podría ser considerada una tecnología de despliegue de información. Con los mapas digitales y con la información que genera, el usuario tiene más conocimiento sobre las características de la vía, los tiempos que puede tardar el recorrido, las mejores rutas a tomar de acuerdo con las condiciones del tránsito y las dificultades que puede encontrar, y como consecuencia, la movilidad en la ciudad aumenta ya que las personas estarán más informadas de todo lo que acontece a su alrededor en materia de tránsito y podrán tomar mejores decisiones a la hora de realizar sus recorridos por la ciudad.

Imagen 12: Recorrido de viaje y condiciones del tránsito



Fuente: Google Transit

4.4.2. SEÑALES DE TRÁNSITO

Las señales de tránsito son la tecnología de control de tránsito más antigua y común del mundo. Se presentan en diferentes estilos y paletas de colores, dependiendo principalmente de su uso y significado. Las señales se agrupan en tres categorías mayores: preventivas, reglamentarias e informativas. La presentación de las señales, a su vez, se divide en señales verticales y señales de piso. Las verticales son señales tipo valla, que se presentan en lugares elevados y a la vista de los conductores, mientras que las de piso son señales de tránsito que se encuentran pintadas en el pavimento directamente.

Imagen 13: Señales preventivas

Fuente: La guía de Guatemala

Las señales preventivas son las que informan acerca de condiciones de las vías que son de interés para los conductores; generalmente indican que más adelante en la vía se encontrará algo que amerita tener precaución. Este tipo de señales indican cosas como curvas peligrosas, unión o bifurcación de la vía, tránsito de vehículos especiales (tractores, camiones de carga pesada o vehículos de tracción animal), el paso de peatones, trabajos en la vía, zonas de alta accidentalidad y condiciones del terreno, tal y como se muestra en la Imagen 13. Generalmente se presentan en colores amarillos y negros, dado que estos colores proveen la mejor relación entre contraste y reflectividad, lo que facilita su visualización.

Las señales reglamentarias son señales utilizadas para informar acerca de restricciones y normas que se deben respetar al transitar por la vía y que están directamente conectadas con las leyes. Los ejemplos más comunes de este tipo de señales son: los de PARE (stop) y los de LÍMITE DE VELOCIDAD. Estas señales suelen presentarse en colores rojo y blanco, aunque existen muchas variaciones en las diferentes ciudades y países. Con estas señales se anuncian eventos como restricciones en giros, sentido de las vías, restricciones de estacionamiento, restricciones específicas al tipo de vehículos que pueden o no transitar por allí, límites de peso, límites de altura y límites de velocidad. En la

Imagen 14 se muestran algunos ejemplos de este tipo de señales.

Imagen 14: Señales reglamentarias

Fuente: La guía de Guatemala

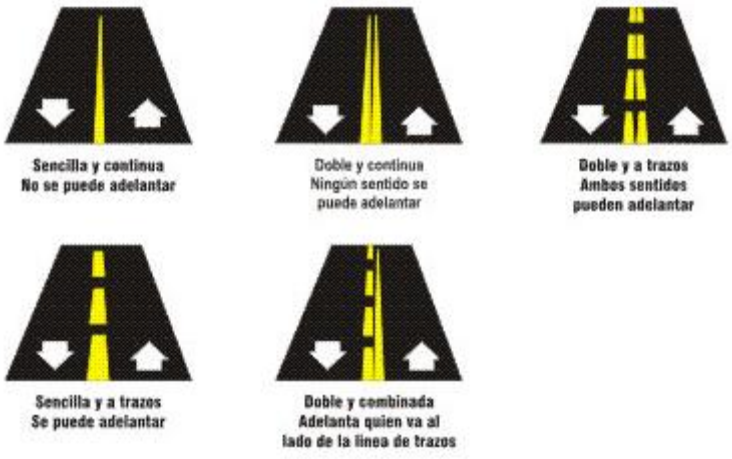
Las señales informativas, se utilizan para informar precisamente de lugares o asuntos que puedan interesar a las personas en sentido cultural, de orientación, de seguridad y de salud. Son las más versátiles de las señales de tránsito; se presentan en todo tipo de colores y formas, tal y como se puede apreciar en la Imagen 15. En Colombia por ejemplo, éste tipo de señales se presentan regularmente en color azul o en color verde. En general, las señales informativas se usan para guiar a los viajeros a los sitios de interés principales como aeropuertos, terminales de transporte, centros comerciales, zonas de comida, zonas de descanso, hospitales, centros administrativos, estaciones de servicio y zonas culturales (bibliotecas, iglesias, museos, parques, entre otros).

Imagen 15: Señales informativas

Fuente: La guía de Guatemala

Las señales de piso combinan los tres tipos de señales principales, pues representan señales preventivas, reglamentarias e informativas según sea conveniente. Probablemente la señalización más común en este tipo de señales de tránsito es la separación de carriles en una vía y la dirección de las vías. En cuanto a las separaciones, el estándar que se sigue es el de líneas continuas y discontinuas. Las líneas continuas en un carril significan restricciones en el cambio de carriles y las líneas discontinuas o interrumpidas indican que no hay restricciones en el cambio de carril. El sentido de las vías se identifica fácilmente con flechas pintadas en la vía que apuntan en dirección al sentido oficial de la vía. Otras señales comunes en esta presentación son los límites de velocidad, los pasos para peatones y giros permitidos. En la Imagen 16 se pueden ver algunas de las señales de piso más comunes. (Escuela de Automovilismo Conducir Colombia, S.f) (United Kingdom Department for Transport) (Fondo de Prevención Vial, 2008)

Imagen 16: Señales de piso



Fuente: Enseñanza Maestros en Conducción

Las señales de tránsito en todas sus formas y categorías pertenecen a la categoría de tecnologías de despliegue de información, pues su objetivo es precisamente mostrar información oportuna para las personas que transitan por las vías.

4.4.3. SEÑALES LUMINOSAS

Son aparatos y señales con tecnología de luz interna con diodos emisores de luz de alta luminosidad y bajo consumo de energía para mejor visibilidad a altas distancias ya sea a base de luz directa o celdas solares. (Geko, 2008)

Esta tecnología es simple, su principal objetivo es comunicar a los conductores que se encuentran en las carreteras sobre alguna eventualidad, como construcciones, peligros, desvíos o simplemente para hacer más visibles las señales comunes. Entre este tipo de tecnologías se pueden encontrar los siguientes ejemplos.

Flechas luminosas. Excelente desviador del tráfico para evitar obras, deslaves o reparaciones viales, con una gran visualización nocturna; con la opción de ser solar o de corriente alterna. Como se observa en la Imagen 17 las flechas son instaladas sobre una base móvil para poder ser desplazadas a los diferentes lugares donde sean necesarias, además cuenta varios LEDs sobre toda su superficie para poder emitir luz y así ser visible en lugares de poca iluminación. (Geko, 2008)

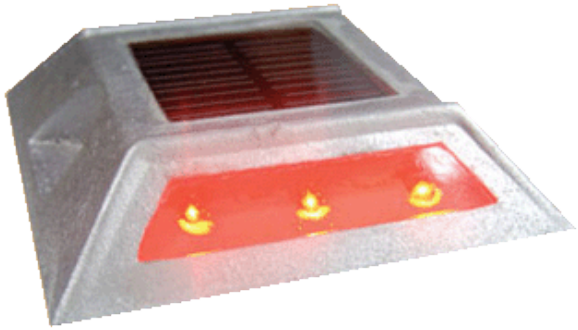
Imagen 17: Flechas luminosas

Fuente: Geko de México

Vialeta solar o estoperoles. Dispositivo electrónico para ser colocado sobre superficies de rodamiento con el fin de incrementar la visibilidad y como complemento de las rayas con espaciamiento logarítmico. Reflejan y emiten luz para ser aún más visibles en lugares con baja iluminación. En la Imagen 18 se puede ver uno de estos estoperoles. Se puede observar que su

forma es de trapezoide con el fin de que las llantas se deslicen por encima sin dañarlas y manteniendo su integridad, además cuenta con varios LEDs para emitir luces. (Geko, 2008)

Imagen 18: Vialeta solar



Fuente: Geko de México

Torretas. Dispositivo rotativo con luz destellante tipo burbuja, rectangular o estrobo. En la Imagen 19 se puede observar un ejemplar. El mecanismo rotativo se puede ver a través del vidrio. Por lo general se localiza encima de vallas o cercas.

Imagen 19: Torreta

Fuente: Geko de México

El objetivo de este tipo de tecnologías es el mismo al de las señales de tránsito tradicionales, informan o alertan sobre alguna eventualidad en la carretera para que así el conductor pueda tomar todas las acciones necesarias para evitar ya sea un peligro o pueda entender en qué situación se encuentra. Las señales luminosas permiten aumentar las seguridad en las carreteras, ya que muchos accidentes ocurren por baja visibilidad ya sea por condiciones del clima o por

causas de los conductores, al permitir que las señales sean más visibles en lugares con baja iluminación y con altos peligros de accidentes. (Geko, 2008)

Este tipo de tecnologías son utilizadas en casi todas la ciudades alrededor del mundo y los resultados obtenidos son satisfactorios, y aunque es difícil determinar el impacto que han tenido sobre los problemas de tránsito existentes, sí es posible saber que los conductores están mejor informados y se enteran de los posibles riesgos en las carreteras. Estas señales siguen siendo, al igual que las tradicionales, tecnologías de despliegue de información, pues su función principal es comunicar a los conductores en las carretas sobre eventualidades que se deben tener en cuenta para evitar accidentes. (Geko, 2008)

4.4.4. EMISORAS DE RADIO

La radio es un medio de comunicación que se basa en el envío de señales de audio a través de ondas de radio; permite difundir información relevante de forma casi instantánea. Todas las ciudades en la actualidad disponen de tecnologías de radio para difundir por medio de las emisoras[7] noticias importantes.

Aunque las emisoras de radio no son tecnologías propiamente desarrolladas para el mejoramiento del tránsito, las autoridades alrededor del mundo las han utilizados para difundir sus noticias ya que pueden funcionar todo el día y ser escuchadas desde cualquier punto de la ciudad. Se utilizan para informar a la ciudadanía de noticias y eventos importantes en materia de tránsito. Un conductor de un vehículo puede acceder a información que están transmitiendo y así evitar los contratiempos en las vías; por lo tanto las emisoras de radio pueden ser consideradas tecnologías de despliegue de información.

Como caso de existo se resalta el de Traffic Center en la ciudad de Caracas, Venezuela, que desde el 2000 viene difundiendo toda clase de noticias en materia de movilidad para esa ciudad.

[7] Una emisora es el conjunto de lugares y medios técnicos utilizados para producir y emitir un programa de radio.

Informa a los conductores sobre rutas alternativas para evitar el tráfico y también se usa para campañas preventivas sobre los muchos problemas que afectan el sistema de tránsito de la ciudad. Los reportes pueden ser escuchados en diferentes frecuencias de radio de acuerdo con los horarios. Existen dos tipos de programas "Traffic Center Volando" transmitido 3 veces al día por un periodista a bordo de un helicóptero, y "Traffic Center Rodando" transmitido cinco veces al día por periodistas en moto. (Traffic Center Caracas, 2011)

4.4.5. Señales de pantalla LED para el tránsito

Las señales de tránsito son la principal herramienta visual que tienen las personas para transitar de forma segura por las vías. Sin embargo, hay ocasiones en las que los avisos pintados no son de mucha utilidad. Un ejemplo muy claro es una señal de límite de velocidad a 80 km/h en la autopista cuando se presenta un congestionamiento que no permite que los vehículos avancen a más de 20 km/h en promedio. Con este tipo de problemas en mente, las empresas proveedoras de soluciones para el tránsito adaptaron pantallas LED para ser utilizadas en la señalización del tránsito, permitiendo de alguna manera, la implementación de señales de tránsito dinámicas. Un ejemplo de estas señales dinámicas se presenta en la Imagen 20. En una de ellas se despliega un 55 y en las otras un 65, que en este caso son millas por hora.

Imagen 20: Señal de límite de velocidad con pantalla LED

Fuente: Variable Speed Limit, Adaptive

Las señales de tránsito que utilizan pantallas LED son controladas desde los Centros de Control de las entidades encargadas del tránsito, desde donde se definen los mensajes que deben mostrar

cada una de las pantallas en cada momento. Esta tecnología permiten flexibilidad y adaptabilidad a las señales de tránsito, permitiendo que las señales cambien de acuerdo con las condiciones extraordinarias que se puedan presentar, como por ejemplo, cambios bruscos del clima que ameriten reducir los límites de velocidad en algunas vías específicas.

Las pantallas LED usadas en el tránsito no se limitan a proveer dinamismo a las señales de tránsito comunes, también son usadas como medio de difusión de mensajes importantes para los conductores, tal y como se muestra en la Imagen 21 donde aparecen dos noticias acerca del tiempo aproximado de llegada a dos sitios importantes que están más adelante. Algunas autoridades de control del tránsito instalan pantallas LED de uso general a lo largo de las carreteras principales y de mayor afluencia vehicular, con el objetivo de transmitir mensajes de interés que sean vistos por la mayor cantidad de personas que sea posible. En estas pantallas se suelen presentar anuncios de vías cerradas, tiempo promedio de recorrido de un trayecto específico, mensajes de emergencia, entre otros. (Adaptive, 2011) (Transportation Tech, 2011)

Imagen 21: Pantalla LED informativa

Fuente: Freeway/Expressway LED display, Adaptive

Esta tecnología pertenece a la categoría de despliegue de información, ya que su objetivo principal es presentar mensajes informativos a las personas, bien sea en forma de señales de tránsito o en forma de anuncios de interés general.

Las pantallas LED para el tránsito son ampliamente usadas en diferentes países alrededor del mundo, principalmente en autopistas y otras vías importantes, donde prestan su servicio de

múltiples formas. En Estados Unidos, por ejemplo, las pantallas LED son utilizadas para informar con anticipación a los conductores de trabajos que se realizarán en las vías y para mostrar recomendaciones de seguridad. En varias ocasiones se han utilizado para solicitar ayuda a la comunidad en situaciones sensibles con la identificación de vehículos buscados, presentando la placa del vehículo más las características del mismo, acompañadas de un código que indica el tipo de situación y el número de contacto con las autoridades pertinentes. A través de este sistema las autoridades de Estados Unidos logran dar con el paradero de personas implicadas en actos criminales y prestar servicio social a la comunidad siempre que es posible.

4.4.6. Sistema de Posicionamiento Global

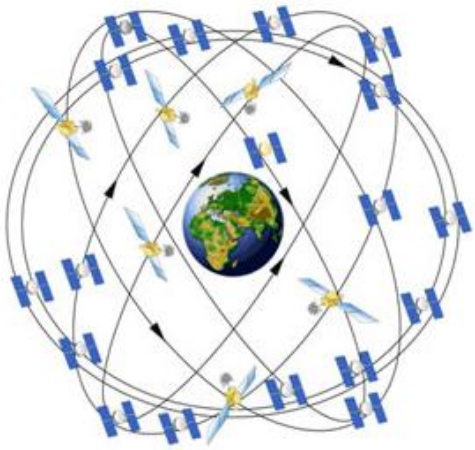
El Sistema de Posicionamiento Global o GPS por sus siglas en inglés, es una tecnología propietaria de los Estados Unidos, creada por el ejército de ese país, que provee servicios de posicionamiento, navegación y temporización. El sistema consta de tres segmentos principales: segmento espacial, segmento de control y segmento de usuario.

El segmento espacial se refiere a un conjunto de satélites en órbita espacial alrededor de la Tierra que transmiten señales de radio a los usuarios en la superficie terrestre. Estos satélites son administrados por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, quienes garantizan un nivel de disponibilidad del 95% de por lo menos veinticuatro de los treinta y un satélites que en este momento se encuentran sobrevolando la atmósfera (existen otros tres satélites residuales que pueden ser reactivados de ser necesario). Cada uno de los satélites se mantiene en órbita a una altura de 20.200 kilómetros aproximadamente, dándole una vuelta completa a la Tierra dos veces al día. Los satélites están ubicados en seis planos orbitales distribuidos equitativamente, con cuatro satélites principales en cada plano, con el fin de garantizar el acceso a por lo menos cuatro satélites en todo momento desde casi cualquier punto de la Tierra; los satélites adicionales sirven de apoyo al grupo principal y ocasionalmente sirven para incrementar el desempeño del sistema, pero en general no se toman como parte de la llamada constelación de satélites.

La

Imagen 22 es una representación gráfica de la constelación de satélites GPS orbitando la Tierra.

Imagen 22: Constelación de satélites GPS



Fuente: GPS.gov

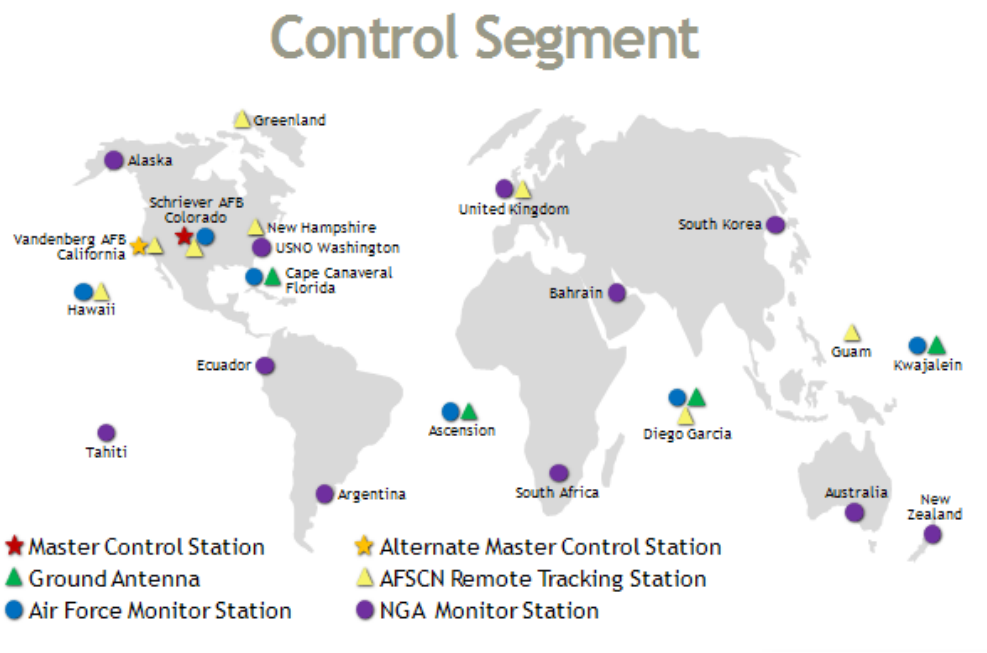
El segmento de control del Sistema de Posicionamiento Global consiste de una red mundial de centros de operaciones terrestres que rastrean los satélites, monitorean las transmisiones, analizan los datos y envían comandos a la constelación. Actualmente, se cuenta con una estación de control maestro, una estación secundaria de control maestro (esta estación toma el control en caso que la estación maestra principal deje de operar), doce antenas de comando y control y dieciséis estaciones de monitoreo. La

Imagen 23 muestra la ubicación de cada centro de operaciones en el mapa del mundo.

La estación de control maestro o MCS por sus siglas en inglés, se encarga de controlar la constelación de satélites y de mantener el buen estado y la precisión de los mismos a través de comando de navegación y chequeos constantes del estado de cada satélite. Las estaciones de monitoreo rastrean los satélites cuando pasan directamente por encima de ellas, canalizan sus observaciones hacia la MCS y toman datos atmosféricos, medidas de rango y señales de navegación. Las antenas terrestres de comando son utilizadas para comunicarse con los satélites y enviar las órdenes de control que llegan desde la MCS; al menos una cuarta parte de las antenas de comando se encuentran ubicadas cerca de estaciones de monitoreo, las demás están dispersas

por el planeta en lugares convenientes para sus tareas de comunicación satelital. (United States Government, 2011)

Imagen 23: Distribución mundial de las estaciones de control del sistema GPS



Fuente: GPS.gov

Finalmente, el segmento de usuario consiste de los diferentes dispositivos receptores de GPS, los cuales reciben señales de los satélites y calculan su posición tridimensional aplicando fórmulas de triangulación bastante precisas. Existe una gran cantidad de estos dispositivos en el mercado, algunos específicamente diseñados para su uso en automóviles, otros para la portabilidad y uso personal (los smartphones más recientes suelen soportar servicios de GPS) y unos cuantos de mayor potencia, tamaño y confiabilidad, creados para el uso militar o científico. Algunos de los dispositivos mencionados se pueden ver en la Imagen 24. En cada uno de ellos se muestra la ruta a seguir según el destino elegido.

Una de las más grandes contribuciones del GPS ha sido la posibilidad de construir mapas digitales lo bastante precisos como para rastrear dispositivos receptores de GPS en cualquier parte del mundo, contando con márgenes de error de tan sólo unos cuantos metros. Gracias a la facilidad

de integración con diferentes sistemas de información, la tecnología GPS ha sido adoptada por empresas privadas y gubernamentales en todo el mundo para rastrear vehículos en tiempo real. Por ejemplo, las compañías de transporte marítimo, utilizan dispositivos receptores de GPS montados en los barcos para conocer la posición de los mismos en todo momento, al mismo tiempo que la tripulación de cada barco puede utilizar la información del GPS para navegar con mayor precisión en mar abierto. Sistemas como Google Maps, permiten a las compañías de software y desarrollo de dispositivos receptores de GPS, presentar los datos de navegación de forma gráfica en mapas digitales que han sido trazados con precisión utilizando la misma tecnología GPS, lo que facilita la interpretación de los datos por parte del usuario final.

Imagen 24: Dispositivos receptores de GPS

Fuente: GPS.gov

El GPS como un sistema completo, podría ser ubicado en la categoría de tecnologías híbridas, ya que tiene características tanto de captura de datos como de procesamiento y despliegue de información.

4.5. TECNOLOGÍAS PARA EL PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

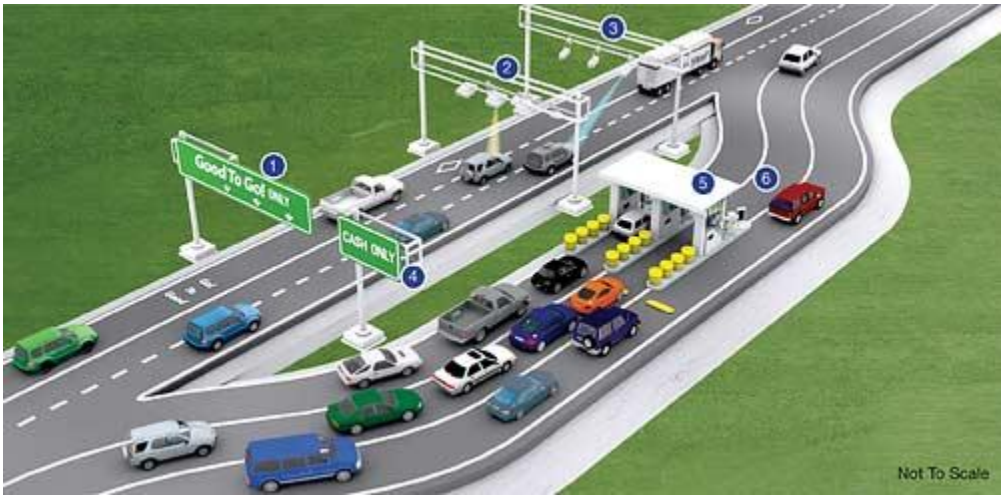
Dentro de esta categoría se pueden ubicar todos aquellos dispositivos y aplicativos que permiten, a partir de los datos recolectados por otras tecnologías, generar nueva información útil para la red de tránsito. Las ciudades que cuentan con este tipo de tecnologías pueden gestionar y controlar

de manera más eficiente el tránsito, ya que pueden realizar predicciones sobre el comportamiento vial.

4.5.1. TECNOLOGÍA DE PEAJE CON COBRO ELECTRÓNICO

El mantenimiento de las vías es una tarea costosa y necesaria que deben realizar los gobiernos y las entidades de control del tránsito. Para ayudar a cubrir parte de los costos de mantenimiento, las autoridades suelen cobrar un impuesto a los conductores por el uso de algunas de las principales autopistas y vías importantes. Estos impuestos se conocen ampliamente con el nombre de “peaje”, en español, o “toll”, en inglés. Para recolectar el dinero de estos impuestos, las autoridades disponen puestos de cobro en lugares específicos de las carreteras; separados entre sí por distancias considerables, donde los conductores que transitan por la vía deben entregar una cantidad de dinero establecida. Este proceso, sin embargo, puede afectar la movilidad en el sector aledaño a los puestos de cobro cuando se realiza de forma manual, pues requiere que los vehículos se detengan, paguen el impuesto respectivo y luego continúen con su camino. Teniendo en cuenta esta situación, los proveedores de soluciones para el tránsito crearon sistemas de recolección electrónica de peajes. Consisten principalmente de dispositivos ubicados en la vía, que se comunican con transmisores instalados en los vehículos y permiten realizar el cobro del impuesto sin necesidad de entorpecer el flujo vehicular. El hecho de que los vehículos que viajan por la autopista puedan continuar su camino sin necesidad de detenerse en cada puesto de peaje agiliza de manera considerable el flujo vehicular por estas vías, reduciendo así las congestiones y facilitando el desplazamiento de las personas.

Imagen 25: Autopista del estado de Washington, Estados Unidos, con un puesto de peaje electrónico y uno tradicional



Fuente: Good Tog Go!, Washington State Department of Transportation

En la Imagen 25 se puede observar el comportamiento del flujo vehicular a través de un peaje con cobro electrónico comparado con el flujo a través del peaje tradicional.

La implementación de sistemas de peaje con cobro electrónico aprovecha varias tecnologías para lograr su objetivo: detectores elevados para identificación y clasificación de vehículos, transmisores y receptores de radiofrecuencia, lectores láser de códigos de barras, cámaras de vídeo y un sistema de pago electrónico. Los detectores elevados se encargan de clasificar a los vehículos que pasan por el puesto de cobro de peaje con el fin de verificar la tarifa adecuada que debería pagar cada vehículo. Los transmisores de radiofrecuencia y los lectores de código de barras son los encargados de capturar la información del vehículo y de su propietario (el cliente) bien sea por medio de la recepción de datos desde un transmisor de radiofrecuencia instalado en el vehículo o de una etiqueta con código de barras instalada generalmente en el parabrisas de vehículo (Imagen 26). Las cámaras de vídeo son el medio de seguridad del sistema, permitiendo identificar a las personas que no pagan el peaje al tomar fotos de la placa de los vehículos, lo que permite encontrar posteriormente a las personas responsables para imponerles las multas o infracciones que aplican según la normatividad vigente. (RITA, 2011) (Washington State Department of Transportation, 2011)

Imagen 26: Dispositivos instalados en los vehículos para el cobro electrónico de peajes: transmisor de radiofrecuencia (izquierda) y placa con código de barras (derecha).

Fuente: SunPass, estado de la Florida, Estados Unidos

La información recibida por los dispositivos es enviada a un sistema central de control que se encarga de restar la cantidad registrada del saldo disponible en el monedero electrónico[8] de la persona en cuestión. Las personas pueden recargar el saldo disponible de su monedero electrónico de diferentes maneras: débito automático desde la cuenta bancaria, transferencia electrónica, pago por internet con tarjeta débito o crédito y algunas veces, depósito de efectivo en máquinas especiales. En este sentido, el sistema de cobro electrónico de peajes como un todo, se clasifica en la categoría de tecnologías híbridas, ya que realiza labores de procesamiento de información y de captura de datos por medio de dispositivos instalados en los puestos de peaje. Cada una de las tecnologías que lo integran hace parte de otras categorías, como por ejemplo los detectores elevados que hacen parte de los dispositivos de captura de información y que fueron mencionados con anterioridad en este documento. (Kapsch Argentina, 2011)

Un ejemplo claro del éxito en la implementación del sistema de peaje con cobro electrónico es el caso del SunPass, en el Estado de la Florida, Estados Unidos. SunPass es el nombre que recibe el sistema prepago de peajes que funciona en las principales autopistas del Estado de la Florida. Este sistema está disperso a lo largo de casi todas las vías interestatales que funcionan bajo la jurisdicción y en todas las autopistas internas que tiene el Estado. Las autoridades incentivan la adopción de la tecnología al darles a las personas descuentos especiales en las tarifas de los peajes, lo que implica ahorros significativos para los habitantes de las diferentes ciudades de la Florida y asegura una recolección del impuesto más confiable para las autoridades. Debido al éxito generalizado del SunPass, se han realizado algunos proyectos de integración con otros sistemas relacionados con el tránsito de las personas por el territorio estatal, como por ejemplo, el pago de estacionamiento en los principales aeropuertos. (SunPass Prepaid Toll Program, 2010)

[8] Se conoce como monedero electrónico o tarjeta monedero a los dispositivos físicos que se usan para realizar pagos de bajo monto y alto volumen, que generalmente se requiere sean rápidos y eficientes. Funciona como un sistema prepagado donde dinero real se convierte en un saldo electrónico de igual valor. Un ejemplo es la tarjeta Cívica utilizada por el Metro de Medellín, Colombia.

4.5.2. SIMULADORES DE TRÁNSITO

El planeamiento de transporte en las ciudades es clave para su desarrollo económico y social, por lo que se ha generado la necesidad de contar con herramientas que permitan la evaluación de las diferentes políticas y estrategias implementadas en escenarios actuales y futuros teniendo en cuenta la dinámica que se genera por los usos del suelo. (Agosta, González F, & Suppo V, 2008)

El elevado volumen de vehículos circulando por las ciudades hace imprescindible que en ellas existan aplicativos de gestión de semáforos que intenten que la circulación sea la mejor posible. Estos programas informáticos son centros de control de tráfico, en los cuales un software establece cuál es la estrategia de control adecuada a las circunstancias del flujo vehicular en cada momento y lugar. Para definir las diferentes alternativas de control se hace necesario estudiar las distintas situaciones de tráfico y buscar los parámetros de control de semáforos que permitan que la circulación se desarrolle de forma óptima. Estos estudios se apoyan en técnicas de optimización y simulación de tráfico, herramientas que permiten al ingeniero de tráfico determinar los parámetros de regulación semafórica adecuada. (Agosta, González F, & Suppo V, 2008)

En una red de tránsito participan diferentes factores en el comportamiento del flujo vehicular en las vías, estos son: el transporte público, el transporte privado, el componente humano (conductores, peatones, pasajeros y guardas de tránsito), las tecnologías reguladoras y la misma infraestructura urbana. La integración de estos factores hace que la modelación del comportamiento de la red de transporte, sea compleja. Sin embargo, hace ya algunas décadas se han venido desarrollando herramientas que permiten modelar en diferentes escenarios, las situaciones actuales y futuras; es por esta razón que la simulación se ha vuelto un instrumento indispensable para el análisis y la optimización de sistemas técnicos complejos, reduciendo costos y tiempo. (Agosta, González F, & Suppo V, 2008)

Existen dos tipos principales de simulación de tráfico que están relacionadas con la profundidad del análisis que se va a realizar. Estos son: la simulación macroscópica y la simulación microscópica. Esta última, que considera el movimiento de cada vehículo individualmente, requiere de una gran cantidad de datos; los modelos que utiliza son bastantes complejos y los costes computacionales requeridos son muy elevados, pero ofrece resultados que dan una idea muy detallada del funcionamiento de la red y es muy útil para analizar estrategias del sistema ante

cambios muy concretos del tráfico. Por el contrario, la simulación macroscópica, se basa en el análisis del tráfico desde una perspectiva más global, donde el tráfico se considera un flujo continuo (no se considera los vehículos individualmente) y su aplicación es esencialmente la planificación urbanística de grandes obras. (Chanca, 2004)

Un simulador exitoso a nivel mundial es VISSIM. Es un aplicativo de software para la simulación microscópica del tránsito, desarrollada por la empresa PTV, Planung Transport Verkehr AG en Karlsruhe, Alemania. El acrónimo deriva del alemán “Verkehr In Städten - SIMulation” (en español “Simulación de tránsito en ciudades"). El fundamento teórico de VISSIM se sitúa en la Universidad de Karlsruhe en la década de 1980 y su primera aparición como herramienta comercial en entorno Windows de Microsoft fue en el año 1992, con la versión 2.03. Actualmente lidera el mercado mundial. (Chanca, 2004)

En la Imagen 27 se puede observar una simulación realizada con la aplicación VISSIM, se puede ver los diferentes vehículos involucrados y además de la representación de las calles tal cual como se ven en la realidad, este tipo de visualización en simulaciones permite la mejor compresión incluso por personas inexpertas en el tema.

Imagen 27: Simulación en VISSIM

Fuente: PTV-Vision

En los últimos años se han visto aparecer diversos modelos de simulación de tráfico, desarrollados con el fin de ayudar tanto al rediseño vial como a la gestión de tránsito. Su aplicación está

cambiando radicalmente el tratamiento intuitivo y artesanal de los problemas de tráfico. Los simuladores aunque no son tecnologías visibles por los conductores si influyen en el comportamiento del tránsito de cualquier ciudad. Si las herramientas de simulación están bien actualizadas e implementadas de acuerdo con las características de la red de tránsito, estas ayudan a aumentar la movilidad, pues todos los semáforos estarán coordinados y operando eficientemente según las condiciones en un momento determinado; además, también permiten identificar cuellos de botella o puntos críticos donde se necesitan otras soluciones. (Chanca, 2004)

4.6. TECNOLOGÍAS HIBRIDAS

Existe un conjunto de tecnologías las cuales no pueden ser clasificadas dentro de un solo grupo, ya que presentan características de diferentes categorías, muchas de estas capturan y despliegan información como es el caso de las redes sociales, mientras que otras se encargan de captura y procesamiento de información, como los vehículos autónomos. En este conjunto de tecnologías se destacan las siguientes.

4.6.1. REDES SOCIALES VIRTUALES

Las redes sociales son estructuras sociales compuestas de grupos de personas, las cuales están conectadas por uno o varios tipos de relaciones, tales como amistad, parentesco, intereses comunes o que comparten conocimientos.

En 2002 comienzan a aparecer sitios web promocionando las redes de círculos de amigos en línea cuando el término se empleaba para describir las relaciones en las comunidades virtuales, y se hizo popular en 2003 con la llegada de sitios tales como MySpace o Xing.

En estas comunidades, un número inicial de participantes envían mensajes a miembros de su propia red social invitándoles a unirse al sitio. Los nuevos participantes repiten el proceso, creciendo el número total de miembros y los enlaces de la red. Los sitios ofrecen características como actualización automática de la libreta de direcciones, perfiles visibles, la capacidad de crear nuevos enlaces y otras maneras de conexión social. (Flórez & González, 2009)

Una red social virtual se define como un servicio que permite en primera instancia, construir un perfil público o semipúblico dentro de un ambiente o espacio virtual delimitado, articular una lista

con otros usuarios con los que se comparte una conexión, y por último, ver y recorrer la lista de las conexiones realizadas por los otros, dentro del aplicativo. La naturaleza y la nomenclatura de estas conexiones pueden variar de un sitio virtual a otro. (Flórez & González, 2009)

Las redes sociales reflejan lo que en otros tiempos se mostraba mediante sociogramas: una serie de puntos representando individuos, unidos mediante líneas que representaban relaciones. El carácter de una red social puede ser muy variado así como el motivo aglutinador; desde el sexo a la afición por los viajes, las redes sociales hoy mueven el mundo, aunque evidentemente, algunas los mueven más que otras. Lo que la Web 2.0 aporta de nuevo, es la capacidad de crear redes sociales uniendo individuos lejanos físicamente y en gran número. Esto quiere decir que frente al tradicional criterio de poder de una red social, basada en el poder de los individuos, ahora aparece otro ligado al número de participantes. La importancia del análisis de las redes sociales posiblemente sea uno de los aspectos clave en los que Internet ha cambiado los mecanismos de poder. (Bartolomé, 2008)

El sistema de tránsito de muchas ciudades se está beneficiando de las redes sociales virtuales, para informar a los miembros sobre las condiciones de tránsito actuales y las precauciones que deben tener para realizar un viaje seguro y rápido; al mismo tiempo se puede informar a las organizaciones de tránsito sobre eventos que están ocurriendo en las carreteras y que son de interés para otros ciudadanos. Adicionalmente es un espacio en el que los ciudadanos pueden resolver sus dudas ya que existe una comunicación directa con las agencias de tránsito y transporte.

Aunque existe una gran cantidad de redes sociales, las más importantes en el mundo para informar y recibir información por parte de los usuarios son:

Facebook. Es en la actualidad, la plataforma tecnológica más representativa y usada a nivel mundial para tejer redes sociales. En Facebook, se pueden compartir imágenes y videos, crear grupos, utilizar sus diversos servicios, entre otros aspectos más, que hacen de esta plataforma, la más exitosa. En sus inicios era de uso exclusivo de universitarios, pero en septiembre del 2006, se ampliaron sus fronteras permitiendo que cualquier persona que tenga una dirección correo electrónico pueda acceder a ella. Su crecimiento fue tan abrumador que en 2009 contaba con 150 millones de usuarios y actualmente se calculan, 600 millones de usuarios. (Facebook, 2011)

Twitter. Es una red de información en tiempo real que permite conectar a las personas o simplemente buscar cuentas relevantes y seguir las conversaciones. La clave de Twitter son pequeños pedazos de información llamados Tweets. Cada Tweet tiene 140 caracteres de longitud. Conectado a cada Tweet hay un panel de detalles enriquecido que proporciona información adicional, mayor contexto y contenido multimedia embebido. Se pueden contar historias e informar de alguna eventualidad importante a través de un Tweet, o se puede pensar en el Tweet como un titular de noticias y usar el panel de detalles para contar el resto con fotos, videos y otros contenidos multimedia. (Twitter, 2011)

Twitter conecta en tiempo real a las agencias de tránsito que tiene cuenta en ella, con los ciudadanos. Las entidades usan Twitter para compartir rápidamente su información y noticias con personas interesadas, obtener sugerencias o comentarios y construir relaciones con los ciudadanos, socios y personas influyentes. (Twitter, 2011)

Como tecnología, se puede clasificar dentro de las hibridas ya que permite capturar información permitiendo que los mismos ciudadanos ayuden a complementar las noticias, hacer propuestas y sugerencias acerca del estado de las vías, y de los problemas encontrados, entre otras noticias. Además, permite a las entidades de tránsito y transporte conocer la percepción de la ciudadanía y obtener información sobre las condiciones actuales del tránsito en una ciudad, mejorando así la movilidad pues las personas tienen mayor información sobre el estado de las vías.

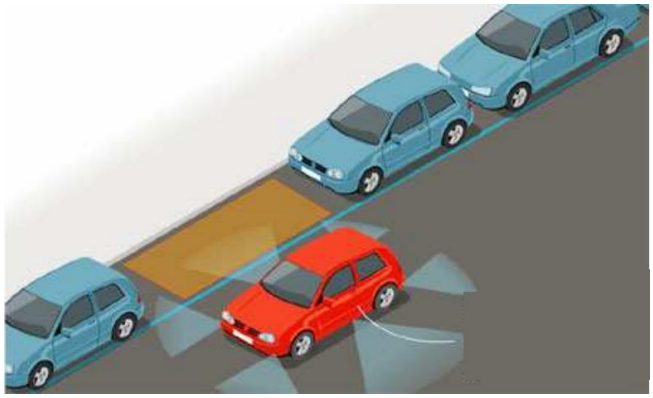
En todo el mundo, las principales autoridades encargadas del control del tránsito, tienen cuentas en estas dos principales redes sociales; así han mejorado la percepción de los ciudadanos y sobretodo han aumentado la calidad de sus servicios. En Medellín por ejemplo, la Secretaria de Tránsito es usuaria de las redes sociales Facebook (http://www.facebook.com/secretaria.transito) y Twitter (@sttmed) para informar en tiempo real sobre cierres viales, accidentes, obras, y en general dar información a los usuarios, sobre cómo está la movilidad en la ciudad. La idea propuesta por el Secretario de Transporte, Ricardo Smith, mostró el éxito de las redes sociales, pues a las pocas horas, la cuenta en Facebook ya tenía más de 1.430 seguidores y en Twitter, había alrededor de 3.000. (El Colombiano, 2011)

4.6.2. TECNOLOGÍA DE PARQUEO ASISTIDO

Consiste principalmente en una ayuda que recibe el conductor para realizar el estacionamiento del vehículo sin grandes problemas. Existen diferentes tipos de dispositivos para asistir a los conductores a la hora de parquear el carro; algunos, localizan un sitio donde poder aparcar el vehículo y visualizan la posición en que quedaría. Otros no necesitan controlar el vehículo, sino que se visualiza en un display interior las maniobras y giros que se deben realizar para parquear el vehículo. (ASINTRA, 2008)

En la Imagen 28 se observa un vehículo dotado de sensores para poder establecer si puede estacionar en un espacio determinado, utiliza los sensores para medir el área libre y luego realiza cálculos para informar si es posible realizar una maniobra segura para parquear.

Imagen 28: Sistema de parqueo asistido



Fuente: Asociación Industrial de Talleres de Reparación de Automóviles - ASINTRA

Además, en los vehículos se utilizan diferentes tipos de alertas en el momento de parqueo. Independientemente del concepto implementado, el conductor recibirá, según el fabricante, una señal acústica u óptica o una mezcla de ambas, según sea la distancia a un objeto. La versión exclusivamente acústica alterará la frecuencia del pitido hasta hacerlo continuo a medida que el vehículo se aproxime a un objeto, activándose a distancias menores de aproximadamente 30 cm. Los dispositivos óptico-acústicos muestran por medio de LEDs o gráficos la distancia de forma visual. También existen cámaras que se instalan en la parte trasera de los vehículos y ayudas gráficas en forma de guías que muestran dinámicamente la ruta seguida por el vehículo según el

giro del volante y así visualizar más fácil la trayectoria teórica de éste en la pantalla. (ASINTRA, 2008)

Hay también tecnologías que funcionan con sensores de ultrasonido integrados en los parachoques. Se diferencia entre dispositivos de dos, cuatro o seis canales, o sensores circulares insertados y pintados con el mismo color que su entorno. Cuantos más sensores, más precisa será la medición resultante de todos ellos; si bien, como es evidente, un vehículo más ancho precisará de más sensores que uno estrecho. Los sensores envían y reciben señales de ultrasonido y envían los datos recibidos a una central electrónica dentro del vehiculo para que sean procesados y se calcule la distancia menor a un objeto. (ASINTRA, 2008)

El primer asistente de parqueo basado en este modelo fue desarrollado por la empresa Hella para el fabricante Volkswagen. Según el fabricante, tiene diferentes denominaciones, Audi lo denomina APS (Acoustic Parking System); BMW, PDC (Park Distance Control); Mercedes-Benz Parktronic y Volkswagen, ParkPilot. El campo de aplicación de estos dispositivos se ha incrementado y actualmente llegan a estar operativos a una velocidad de 20 km/h para la medición de la distancia al vehículo delantero en situaciones de congestión de tráfico en las que se circule a una velocidad limitada. (ASINTRA, 2008)

Además de los dispositivos o instrumentos que controlan la distancia del vehículo a los objetos cercanos, también hay asistentes de parqueo que se encargan de realizar la maniobra completa por sí solos, girando el volante y desplazando el vehículo de forma automática. Algunos requieren también de una cámara trasera con la que el conductor pueda elegir el parqueadero deseado antes de que comience la maniobra automática. (ASINTRA, 2008).

El impacto de esta tecnología no es muy alto a nivel de accidentalidad o movilidad pues solo se trata de ayudar a los conductores a realizar una determinada maniobra. Tendría una influencia indirecta en accidentes de estacionamiento ya que los conductores no cometerían pequeños errores que igualmente causan perdidas económicas al dañar otros vehículos. A nivel de movilidad solo impactaría indirectamente ya que los vehículos tardaran menos tiempo a la hora de parquear sobre las vías en que está permitido y no ocasionarían por lo tanto, retrasos en el flujo vehicular.

Los instrumentos de parqueo asistido ejecutan varias funciones que permiten que se categorice esta tecnología dentro de las hibridas, ya que realiza mediciones del entorno donde se desea parquear el vehículo, hacen cálculos y procesamiento de la información recolectada y luego determina cuál debería ser la mejor forma de parquear; informa a los conductores sobre qué debería de tener en cuenta para realizar correctamente las maniobras. Los sistemas de parqueo asistido captan, procesan y despliegan información.

4.6.3. SEMÁFOROS AVANZADOS

En ocasiones, los distintos flujos vehiculares que se cruzan, son notoriamente intensos. Sin dejar que en estos casos, se fácil ordenar el tráfico mediante la aplicación de las reglas generales de prioridad. Las señales verticales u horizontales tradicionales no son suficientes para garantizar la fluidez y seguridad en las vías de una ciudad. (Dirección General de Tráfico de España, 2008)

En tales situaciones se recurre a la señalización con semáforos, que es un medio automático eficaz de controlar y regular el tráfico; se reparte alternativamente el tiempo de utilización del área de intersección entre las distintas corrientes circulatorias que llegan a ella.

El semáforo es un aparato eléctrico de señales luminosas para regular la circulación en las ciudades. Es un dispositivo de señalización mediante el cual se controla la circulación de vehículos, bicicletas y peatones en vías, asignando el derecho de paso a vehículos y peatones secuencialmente, utilizando las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad electrónica de control. Existen diversas versiones para varios medios de transporte: buses, trenes, carros, peatones, entre otros. Aunque el más frecuente es el que consta de luces verde, amarilla o ámbar y roja. (Ministerío de transporte de Colombia, s.f)

El semáforo se creó a mediados del siglo pasado para solventar las aglomeraciones vehiculares cada vez más frecuentes en las ciudades. Pero la intención de regular la circulación y el tránsito siempre ha estado en la historia de la humanidad, desde los romanos hasta la aparición del transporte ferrovial y el fluvial. El motivo por el cual se utiliza el color rojo y verde para la regulación del tráfico es que habían sido heredadas del mundo del ferrocarril que a su vez las heredó del marítimo. (Ministerío de transporte de Colombia, s.f)

Hoy en día, las bombillas de los semáforos están perdiendo terreno y los semáforos LED se imponen; básicamente, por un ahorro considerable de energía, por su luminosidad y por su larga vida. Las lámparas LED utilizan sólo el 10% de energía en comparación con las bombillas incandescentes y tienen una vida útil 50 veces superior. Eso conlleva a que haya mayor fiabilidad del producto y más seguridad vial, porque los semáforos ahora fallan menos (Ecured, s.f)

La mayoría de estos dispositivos de control de señales en Estados Unidos, por ejemplo, se basan en el comportamiento normal del flujo vehicular y generan planes de cronometraje sin conexión informática, han sido desarrollados por ingenieros especializados aplicando modelos de optimización. Pero son difíciles de mantener y no responden eficazmente en todas las situaciones. (Martínez, 2008)

En los últimos treinta años, se han realizado grandes esfuerzos para crear sistemas de semáforos que puedan responder a las necesidades de un tráfico urbano cada vez más denso. En la actualidad, los semáforos han avanzado y han perfeccionado su mecanismo; los llamados semáforos inteligentes, son aquellos que detectan la cantidad del flujo vehicular mediante sensores (que usualmente están colocados en el piso) y con base en parámetros ya establecidos, van modificando los tiempos de paso o de detención.

Científicos norteamericanos y rumanos han desarrollado un modelo informático basado en información real que atribuye inteligencia a los semáforos para optimizar la gestión del tráfico. De esta forma han comprobado que se reduce un 28% el tiempo de espera en los cruces en hora punta y en un 6,5% las emisiones de CO2. El modelo puede potenciarse si se incorporan a los automóviles, un software específico que avise a los conductores, tanto de las velocidades recomendables en función de las luces de los semáforos, como en función de la cantidad de vehículos que se pueden encontrar en los trancones. También podría trasladarse información al aplicativo para mejorar la regulación del tráfico mediante los semáforos. (Martínez, 2008)

Entre los últimos desarrollos en el tema, se ha diseñado un conjunto de semáforos con capacidad de adaptación, que cuentan con un módulo fijo de control situado en una intersección. Este módulo determina los valores óptimos para la regulación de los cambios de color de los semáforos. Los investigadores comprobaron sin embargo que es posible mejorar

significativamente el flujo del tráfico en comparación con otros dispositivos adaptables basados en sensores o cámaras. (Martínez, 2008)

Esta tecnología se puede clasificar como una tecnología hibrida ya que en realidad es la unión de varias de estas herramientas: existen sensores o cámaras que captan información en los cruces, luego la información es enviada a una unidad de control donde es procesada y se determina cuáles son los mejores tiempos; además, ayuda a determinar cuáles cruces tienen mayor prioridad para circular; la información después de ser procesada se puede difundir a los usuarios por medio de otras tecnologías, notificando sobre el estado de los cruces y cuáles precauciones se deberían tener.

El impacto en la movilidad es notable, pero lo cierto es que también apoya la seguridad vial, ya que muchos accidentes se pueden cometer por fallas o falta de los semáforos, o al no existir información para los conductores que se acercan a un cruce.

Existen varios casos de éxito en el mundo, pues es un hecho que este tipo de semáforos proporcionan mejoras significativas en el flujo vehicular de las ciudades donde han sido implementados. Por ejemplo, en Lima, Perú, se instalaron 3.487 semáforos inteligentes en diciembre de 2010 y en la actualidad los beneficios se están empezando a hacer presente; además existen ciudades como Barcelona donde se comenzó la instalación de este tipo de semáforos desde el 2008 y a la fecha ha sido todo un éxito para disminuir los principales problemas de tránsito en materia de movilidad. (FITSA, 2007)

4.6.4. VEHÍCULOS AUTÓNOMOS

“Es un problema que los coches hayan sido inventados antes de los ordenadores. Los coches deberían manejarse solos. Simplemente tiene sentido.” Eric Schmidt, CEO de Google, en la conferencia Tech Crunch Disrupt.

Desde hace muchos años se intentaron mejorar los vehículos para evitar accidentes de tránsito, o por lo menos, proteger a toda costa a las personas que están dentro. Se han inventado desde cinturones de seguridad hasta bolsas de aire (airbags) pero nada ha valido. Últimamente, se ha concluido que la mejor manera de evitar accidentes es evitando que las personas manejen.

La solución serían los vehículos autónomos. Simplemente son vehículos que se manejan solos, donde no es necesaria la presencia de una persona para conducir, ya que el carro y la ciudad cuentan con los dispositivos y herramientas suficientes para determinar cuáles vías son las mejores, cómo evitar un obstáculo y a qué velocidad debe desplazarse para hacer más eficiente el viaje y al mismo tiempo reducir las congestiones.

Existen dos tipos de vehículos autónomos, los cuales se pueden identificar por el conjunto de tecnologías que utilizan:

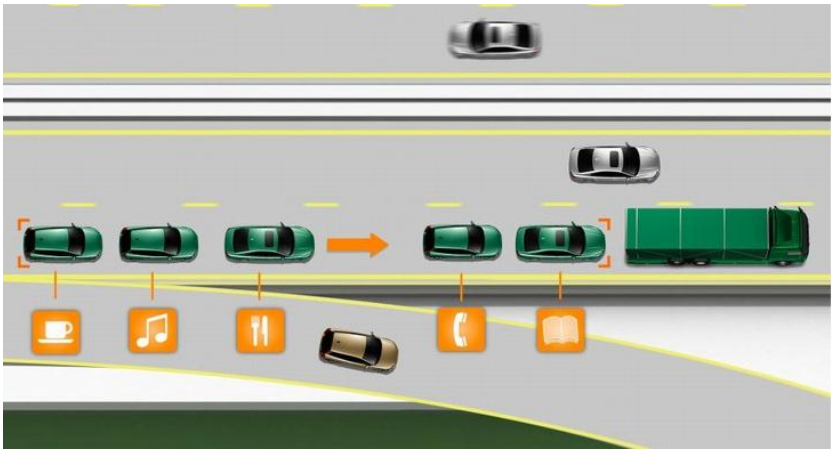
Vehículos que se comunican con otros vehículos y con la infraestructura. Se dedica un amplio esfuerzo en establecer una comunicación segura entre vehículos y con la infraestructura en tiempo real. Esta comunicación es indispensable para conocer la información relevante para tomar decisiones y realizar las acciones adecuadas en cada momento. Cuando los vehículos están comunicados entre sí pueden conocer cuál es el estado del flujo vehicular, conocer si hay peligro en las vías y se pueden ajustar automáticamente para evitar estos peligros. Además de mejorar su desempeño en las carreteras, pueden predecir tiempos de viajes, reducir las posibilidades de que se dé una colisión, mantener distancias entre vehículos e identificar posibles problemas viales.

En busca de la manera perfecta de evitar accidentes de tránsito y mantener el movimiento vehicular fluido, se han presentado varios proyectos. Sin embargo, hay pocos que se ven verdaderamente factibles; el Proyecto Sartre (Safe Road Trains for the Environment), de la fábrica Volvo, es uno de ellos. La idea de este proyecto es crear una caravana de vehículos que se manejan solos y permitan entrar y salir del grupo en cualquier momento. De todos modos, las verdaderas pruebas no comenzarán hasta 2012. (SARTRE, 2011)

En la

Imagen 29 se observa cuál sería el beneficio del sistema SARTRE. Se ve una caravana de seis vehículos que siguen a un vehículo guía, el cual es el carro, o camión en este caso, que se encuentra delante indicando el camino; mientras tanto, los conductores que viajan pueden realizar otras actividades como escuchar música, hablar por celular o incluso dormir. En cualquier momento, un automóvil puede dejar la caravana, como se puede ver el vehículo café claro dejando el grupo en color ver.

Imagen 29: SARTRE



Fuente: Portal oficial de SARTRE

El Proyecto Sartre parece uno de los más interesantes del último tiempo, ya que tiene una buena cantidad de beneficios. Para empezar, con el medio ambiente, ya que se espera una reducción del 20% en emisiones. Por otro lado, esperan menos accidentes de tránsito, porque se saca el error humano de la ecuación y, también se reduce la congestión, con un tránsito más ordenado y fluido. (SARTRE, 2011)

Vehículos que detectan el entorno. Adicionalmente existen tecnologías que en conjunto se pueden utilizar para que un vehículo se conduzca solo. Mediante cámaras de video, sensores y mapas viales, se puede tener una visión de 360° del tránsito y se puede saber exactamente cómo está compuesto el camino que tiene delante. Así el vehículo por medio de algoritmos e información de viajes anteriores puede tomar las decisiones necesarias para dirigir el recorrido. (Neoteo ABC, 2011)

Como ejemplo de este tipo de tecnologías se identifica a Google el cual está desarrollando uno de los vehículos autónomos más avanzados del mundo. Dispone de siete vehículos que ya han recorrido cerca de 225,308 kilómetros en las carreteras de California tanto por el interior de las ciudades como por autopistas. El vehículo mismo tuvo a su cargo manejo en todo momento. Utiliza videocámaras, sensores de radar y tecnología láser para analizar y ver todo lo que sucede

alrededor de un automóvil, además implementa inteligencia artificial para obtener el mismo comportamiento en tiempo real que tendría un conductor convencional. (Neoteo ABC, 2011)

Imagen 30: Vehículo autónomo de Google

Fuente: Newlaunches

En la Imagen 30 se observa en uno de los carriles del centro, uno de los vehículos autónomos de Google mientras circula por una de las autopistas de California, aunque se maneja solo, algunos ingenieros acompañan el recorrido para reaccionar ante cualquier eventualidad.

Este tipo de tecnologías se pueden clasificar dentro de las hibridas ya que en las diferentes soluciones siempre existe la unión de otras tecnologías ya vistas anteriormente, se tienen dispositivos para capturar información del entorno en el que transita el vehículo y además se debe tener una unidad donde se procesa toda la información capturada para tomar decisiones en tiempo real; así el vehículo circula por las vías en la ciudad evitando toda clase de problemas como accidentes o congestionamientos.

4.6.5. OTRAS TECNOLOGÍAS

Existe toda una gama de tecnologías aplicadas a la seguridad vial, las cuales están orientadas a proporcionar confianza y seguridad en los vehículos. Estas tecnologías no hacen parte del amoblamiento de las ciudades, sino que muchas vienen incorporadas en los automóviles desde el momento en que son fabricados. Su principal objetivo es evitar accidentes y si estos ocurren, minimizan las graves consecuencias.

Entre estas tecnologías solo se mencionan las más importantes o conocidas en el medio, la mayoría están en funcionamiento en gran cantidad de vehículos alrededor del mundo y su eficiencia ha sido comprobada bajo muchas circunstancias.

Airbags. La bolsa de aire (en inglés, airbag) es un sistema de seguridad pasiva instalado en la mayoría de los automóviles modernos. Este sistema fue patentado en 1971 por la firma Mercedes-Benz. Su función es la de amortiguar con las bolsas inflables el impacto de los ocupantes del vehículo. Se estima que en caso de impacto frontal, su uso puede reducir el riesgo de muerte en un 30%. En la Imagen 31 se puede observar la secuencia de apertura de una bolsa de aire en el momento en que es activada para disminuir algún impacto para el conductor. (Tamiz, 2008)

Imagen 31: Airbag

Fuente: Noticias coches.com

Fuel Injection. La inyección de combustible es tecnología de alimentación de motores de combustión interna, que usan prácticamente todos los automóviles europeos desde 1990, debido a la obligación de reducir las emisiones contaminantes. En los motores de gasolina se ha desterrado el carburador hoy, en favor de la inyección, ya que permite una mejor dosificación del combustible y utilizando información de diversos sensores, permite adaptar el vehículo a las solicitudes del conductor y las normas de anticontaminación.

Frenos ABS. El concepto parte del simple hecho de que si la superficie del neumático se está deslizando sobre el pavimento, entonces se tiene menos tracción. Esto es muy evidente en

situaciones de lodo o hielo en donde se puede observar que los neumáticos del vehículo se deslizan y se pierde tracción. Los frenos ABS precisamente evitan que las llantas se detengan totalmente y se deslicen en la superficie, lo cual genera dos ventajas importantes: la distancia de frenado es menor debido a la mayor tracción y es posible seguir dirigiendo el vehículo con el volante mientras se frena. (Moroni Sport, 2011)

Sistema de control de tracción - ASR. Este dispositivo previene que las ruedas puedan patinar. Mientras que el ABS evita el bloqueo de las ruedas al frenar, el ASR asegura que las ruedas no patinen al arrancar o acelerar. Para ello, se reduce el torque de cada una de las ruedas. El ASR mejora la tracción y aumenta la seguridad del vehículo, al evitar situaciones inestables dentro de los límites de la física. El ASR complementa la función del ABS: sí una de las ruedas tiende a patinar, se activa, se reduce la potencia aportada por el motor y, si es necesario, frena individualmente cada rueda para regular el deslizamiento. (Bosch, 2010)

Velocidad Constante ACC, o control adaptativo de velocidad de crucero. Durante los viajes largos, especialmente en autopistas, la conducción puede hacerse especialmente rutinaria y pesada puesto que el conductor prácticamente sólo debe acelerar o frenar su vehículo. El dispositivo ACC según las circunstancias permite que la conducción bajo estas condiciones sea más relajada y segura, no sólo ayuda al conductor en las tareas rutinarias de conducción sino que además puede evitar colisiones por alcance. Esta tecnología ajusta automáticamente la distancia y la velocidad en función de la marcha del vehículo que hay delante proporcionando seguridad y comodidad a los conductores. (Supermotor, 2009)

Manos libres. Habitualmente se conocen como manos libres o kit de manos libres a aquellos dispositivos que se utilizan para poder hablar por teléfono sin necesidad de usar las manos ni sostener los aparatos junto a la cabeza; previene accidentes de tránsito, ya que los conductores tienen las manos en el volante y puede reaccionar más rápidamente ante cualquier eventualidad en la carretera, aunque igualmente puede darse la probabilidad de accidente ya que los conductores tienen su atención en la conversación y no en la carretera. (Revista Consumer, 2009)

Adaptación inteligente de velocidad. Los dispositivos conocidos genéricamente como ISA (Intelligent Speed Adaptation) o Control Inteligente de la Velocidad son dispositivos diseñados para proporcionar al vehículo y al conductor información sobre el límite de velocidad existente en

cada punto de su recorrido. Por el momento se trata de una tecnología en su fase de experimentación en la mayor parte de los casos, aunque su paso a la comercialización en masa podría darse en cualquier momento, dado el avanzado estado de madurez. La reducción de accidentes en España que se podría obtener con la implantación en los vehículos de un sistema de control inteligente de velocidad variaría entre aproximadamente el 10% y el 40%. (FITSA, 2007)

4.7. CLASIFICACIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS ITS

Los Sistemas Inteligentes de Transporte que se han visto han sido clasificados según el uso que les dan a la información, a continuación se presenta un cuadro comparativo donde se tienen todas las tecnologías clasificadas según su categoría, adicionalmente se presentan dos columnas para realizar una comparación entre las diferentes tecnologías de acuerdo con el efecto que estas tienen sobre los dos principales problemas de tránsito. Esto permitirá saber que tecnologías se deben aplicar en una determinada circunstancia.

Tabla 1: Sistemas Inteligentes de transporte según su efecto en la movilidad y la seguridad vial

	Tecnología	Efectos sobre la movilidad	Efectos sobre la seguridad
Captura de información	**Cámaras de video**	Aumenta la movilidad ya que las autoridades de tránsito por medio de las cámaras de video pueden detectar problemas en las vías y así reaccionar a tiempo.	Aumenta la seguridad en la vías, ya que al ser monitoreadas pueden ser fácilmente controladas por las entidades de tránsito.
	Foto-detección de infracciones de tránsito	Si los límites de velocidad impuestos son excesivos, puede afectar la movilidad en una ciudad. En otro caso no la afecta, ya que son utilizados principalmente para prevenir accidentes por exceso de velocidad.	Aumenta la seguridad en las vías, ya que el exceso de velocidad es una de las principales causas de accidentalidad. Al ser controlados los límites y sancionar a los infractores, se genera una cultura ciudadana de no exceso de velocidad.
	Radar de velocidad		
	Detectores elevados de tránsito		
	Rastreo en tiempo real	Aumenta la movilidad, ya que los conductores pueden estar enterados de su ubicación en la ciudad y determinar las mejores rutas a tomar.	No tiene ningún efecto importante sobre la seguridad vial.
	Alcoholímetros	No tiene ningún efecto directo sobre la movilidad.	Incrementa la seguridad, el conducir bajo los efectos del alcohol una de las principales causas de accidentalidad. El evitar que los conductores conduzcan ebrios es importante para evitar algún problema de seguridad vial.

Despliegue de información	**Google transit**	Incrementa la movilidad, ya que los conductores pueden estar enterados de las condiciones y congestionamientos, además pueden determinar la mejor ruta para llegar de un lugar a otro.	No tiene ningún efecto importante sobre la seguridad vial.
	Señales de tránsito	Mejora la movilidad, ya que le informan a los conductores sobre las rutas y acciones que deben tomar.	Aumentan la seguridad, ya que las señales pueden informar a los conductores sobre zonas peligrosas e informan sobre las precauciones que se deben de tener.
	Señales luminosas	Aumentan la movilidad, ya que le informan a los conductores sobre las rutas y acciones que deben tomar.	Incrementan la seguridad, ya que las señales pueden informar a los conductores sobre zonas peligrosas e informan sobre las precauciones que se deben de tener, además al ser luminosas pueden ser vistas con facilidad en lugares oscuros.
	Emisoras de radio	Incrementa la movilidad, ya que las personas y conductores están más enterados de las condiciones en materia de movilidad, pueden enterarse desde cierres de vías hasta congestionamientos.	No tiene ningún efecto importante sobre la seguridad vial.
	Señales de pantallas LED para el tránsito	Puede disminuir la movilidad en el caso de que las señales sean excesivas y además impongan límites de velocidad no muy coherentes. Pero puede mejorarla ya pueden ser utilizas para informar a los conductores sobre problemas de congestionamiento en la vía.	Mejoran la seguridad, ya que informan a los conductores sobre límites de velocidad permitidos o sobre eventualidades importantes en la carretera.
	Sistema de Posicionamiento Global	Mejora la movilidad, ya que los conductores pueden estar enterados de cuál es su ubicación y pueden determinar la mejor ruta para llegar de un lugar a otro.	No tiene ningún efecto importante sobre la seguridad vial.
Procesamiento de información	**Peaje con cobro electrónico**	Aumenta la movilidad, ya que los vehículos no necesitan detenerse para pagar el peaje.	No tiene ningún efecto importante sobre la seguridad vial.
	Simuladores de tránsito	Incrementa la movilidad, pues el principal objetivo de los simuladores es hacer que el tránsito de una ciudad se eficiente y fluya de la mejor manera.	Aumenta la seguridad, ya que a partir de las simulaciones se puede identificar puntos críticos de la ciudad donde ocurren muchos accidentes, y al mismo tiempo se

			pueden simular las posibles soluciones para ver su efecto.
Híbridas	**Redes sociales virtuales**	Aumenta la movilidad, pues los ciudadanos pueden recibir noticias sobre las condiciones y eventualidades importantes en materia de movilidad.	No tiene ningún efecto importante sobre la seguridad vial.
	Parqueo asistido	Solo mejora la movilidad en zonas donde es permitido parquear.	Mejoran la seguridad en el momento de estacionamiento, ya que permite evitar colisiones.
	Semáforos avanzados	Incrementa la movilidad, ya que los semáforos serán más eficientes y se comportaran de acuerdo al comportamiento del flujo vehicular.	No tiene ningún efecto importante sobre la seguridad vial.
	Vehículos autónomos	Aumenta la movilidad, ya que los vehículos se conducirán de la manera más eficiente posible, por las mejores rutas y a las velocidades apropiadas	Se incrementa la seguridad en las vías, ya que se evitan los errores humanos y desde que todo esté bien implementado los accidentes serían mínimos.
	Otras tecnologías	No tienen ningún impacto sobre la movilidad	Aunque no aumentan la seguridad en la vías, si tienen un impacto positivo sobre la seguridad de los vehículos, evitando ya sea, los accidentes o disminuyendo sus consecuencias.

Fuente: Elaboración propia

4.8. PROYECTO SISTEMA INTELIGIENTE DE MOVILIDAD

El municipio de Medellín cuenta con una población mayor a los 2 millones de habitantes, a los cuales se les suma la población flotante proveniente de los demás municipios del Área Metropolitana. Todas estas personas deben desplazarse a lo largo y ancho de la ciudad para dirigirse a sus lugares de trabajo, vivienda o dónde deben realizar sus diligencias, utilizando los diferentes medios de transporte, entre los que se encuentran buses, busetas, taxis, particulares, transporte de carga y por supuesto el Metro de Medellín. (Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín, 2010)

Adicionalmente Medellín cuenta con un parque automotor de 888.595 vehículos y 407.911 motocicletas. Se desplazan diariamente un promedio de 4'684.389 de personas tanto en transporte particular como público. La velocidad promedio de desplazamiento vehicular en Medellín es de 34 km/h y un tiempo promedio de viaje de 25 minutos. Los problemas en materia de movilidad y seguridad han ido aumentando su complejidad con el paso de los años, por lo que la administración municipal decidió iniciar en el 2010 un proyecto para solucionar todos estos inconvenientes de acuerdo con las características mismas del municipio.

Imagen 32: Sistema inteligente de movilidad

Fuente: Portal de la ciudad de Medellín

En la Imagen 32 se observa el logotipo utilizado para difundir el proyecto Sistema Inteligente para la Movilidad de Medellín, SIMM. El proyecto, busca enfrentar los inconvenientes de movilidad a través de soluciones tecnológicas. Cuenta con un sistema integrado para el manejo de la movilidad en la ciudad, con el que se busca disminuir el número de accidentes viales y mejorar la movilidad (Secretaría de transportes y tránsito de Medellín, 2010)

Los ITS contemplados en el Sistema Inteligente para la Movilidad de Medellín son:

- Ingeniería de tráfico o semáforos avanzados. Son herramientas para análisis, planeamiento y toma de decisiones a la hora de planear los flujos vehiculares.
- Paneles de mensajes. Provee de información oportuna y dinámica al ciudadano, en diferentes puntos de la ciudad.
- Circuito cerrado de TV. Monitoreo y análisis del flujo vehicular
- Control de flota. Mejoras en la calidad del servicio, seguimiento a las empresas de transporte, levantamiento oportuno de la información de contravenciones.
- Fotomultas. Control de infracciones mediante cámaras ubicadas en lugares estratégicos de la ciudad.
- Divulgación de información. Proveer de información en tiempo real a la ciudadanía, por diferentes medios de comunicación y redes sociales.
- Software gestor. Encargado de visualización global, generación de informes y reportes de todos los subsistemas enunciados en los numerales anteriores y optimización en toma de decisiones.

La información resultante de estas tecnologías es fundamental a la hora de planear y gestionar el tráfico de la ciudad, así como para programar la realización de obras públicas sobre la malla vial, permitiendo la maximización de beneficios en la utilización de los recursos presupuestales. (Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín, 2010)

La imposición de comparendos y fotomultas constituye una nueva fuente de recursos propios para la ciudad, lo cual permitirá fortalecer la gestión de ingresos y, por consiguiente, el emprendimiento de nuevos proyectos que redunden en el mejoramiento de su nivel de calidad de vida. (Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín, 2010)

Es importante comprender el proyecto de Sistema Inteligente para la Movilidad de Medellín, ya que puede ser de utilidad para otros municipios del Área Metropolitana, para que ajusten sus propios proyectos en materia de seguridad y movilidad, para así poder tener mucha más cobertura con las mismas tecnologías, y no que cada municipio, implemente sus propias dispositivos que harían imposible la integración y comunicación.

5. EL MUNICIPIO DE ITAGUI

5.1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE ITAGÜÍ

El municipio de Itagüí se encuentra ubicado en el departamento de Antioquia, en la parte centro de Colombia, en Suramérica. Junto con otros nueve municipios, Itagüí hace parte del Valle de Aburrá, y está ubicado en la parte central del departamento. El Valle de Aburrá se encuentra localizado entre dos de las tres cordilleras que recorren de sur a norte al país, y está atravesado en sentido sur-norte por el río Medellín. (Municipio de Itagüí, 2010).

Limita por el norte con el municipio de Medellín, por el este con los municipios de Medellín y Envigado, por el sur con los municipios de Envigado, Sabaneta y La Estrella, y por el oeste con los municipios de La Estrella y Medellín. (Municipio de Itagüí, 2010)

En la Imagen 33 se puede observar a la izquierda, el mapa de América con Colombia en la esquina superior izquierda de Suramérica. El mapa del departamento de Antioquia muestra en el centro, hacia el sur, el Valle de Aburrá. Más abajo se amplía mostrando el municipio de Itagüí

Imagen 33: Localización Itagüí

Fuente: Sitio web del municipio de Itagüí

Imagen 34: Área metropolitana de Medellín

Fuente: Sitio web del municipio de Itagüí

En la Imagen 34 se puede observar que el municipio de Itagüí hace parte de una división más amplia que se denomina Área Metropolitana (área sombreada de gris), la cual se encuentra dentro del Valle de Aburra.

Itagüí cuenta con 233.445 habitantes distribuidos en seis comunas[9], en las cuales se ubican 64 barrios y un corregimiento[10], que comprende 8 veredas, para un total de 21.09 km2 de extensión territorial, de los cuales corresponden 12.17 km2 a la zona urbana y 8.91 km2 a la zona rural. Es el tercer municipio más pequeño del país, antecedido por la Isla de Providencia (18 km²) y por la vecina población de Sabaneta (15 km²), Por lo que no es de extrañar que sea el municipio más densamente poblado del país. (DANE, 2005).

La topografía del municipio es variable y se caracteriza principalmente, por la presencia de colinas, riachuelos y quebradas que lo atraviesan. Los terrenos planos están mayormente urbanizados. La altitud del terreno oscila entre 1590 y 2180 metros sobre el nivel del mar.

[9] Unidad de organización administrativa de las poblaciones urbanas colombiana, está compuesta por barrios
[10] Estos corresponden a un poblado y sus alrededores que no alcanzan la categoría de municipio

El clima mantiene una agradable temperatura promedio entre 21ºC y 26ºC, sin la presencia de estaciones. Las precipitaciones por lluvia son frecuentes alcanzando en el año, al sur del Valle de Aburrá, los 2.700 milímetros aproximadamente. (Municipio de Itagüí, 2010)

Para la mejor prestación de los servicios, asegurar la participación ciudadana en el Sistema Municipal de Planeación y para el manejo de los asuntos públicos de carácter local, el territorio se divide en seis comunas en el área urbana como se observa en la Imagen 35. La comuna 1 es la mayor y corresponde al centro de la zona poblada, también se pueden observar las 8 veredas del municipio en el área rural. Ubicadas en la zona occidental.

Imagen 35: División política de Itagüí

Fuente: Sitio web del municipio de Itagüí

La actividad económica en Itagüí fue inicialmente agropecuaria hasta que llegó la industrialización y con ella el crecimiento urbanístico. A comienzos del siglo XX, contaba con varios tejares y trapiches, además de la Cervecería Unión, una de las industrias alrededor de la cual se desenvolvió la vida del municipio. (REUNA, 2009)

Mientras en la capital antioqueña comenzaban a funcionar varias empresas, las tierras de Itagüí no resultaban atractivas para los inversionistas, debido a la estrechez de sus caminos. Pero, a finales

de los años 30, fueron fundadas varias empresas como fue el caso de Sedeco y Tejiunión. Más adelante, llegaron Coltejer, Furesa, Delmaíz y Polímeros Colombianos, entre otras. El sector industrial tuvo un papel importante en el municipio, pues participó en su desarrollo con la construcción de acueductos, alcantarillados, parques, urbanizaciones, monumentos y el asfalto de las calles. La llegada y nacimiento de empresas se debió, en parte, a los Acuerdos del Concejo Municipal, que autorizaron la exención de impuestos, en 1955. Con motivo de discusiones en el seno de la Asamblea Departamental de Antioquia, originadas en reclamos justos del municipio, recientemente se vinculó de manera definitiva a Itagüí la Fábrica de Licores de Antioquia que se constituye en un polo más de desarrollo económico y de generación de ingresos municipales. (REUNA, 2009)

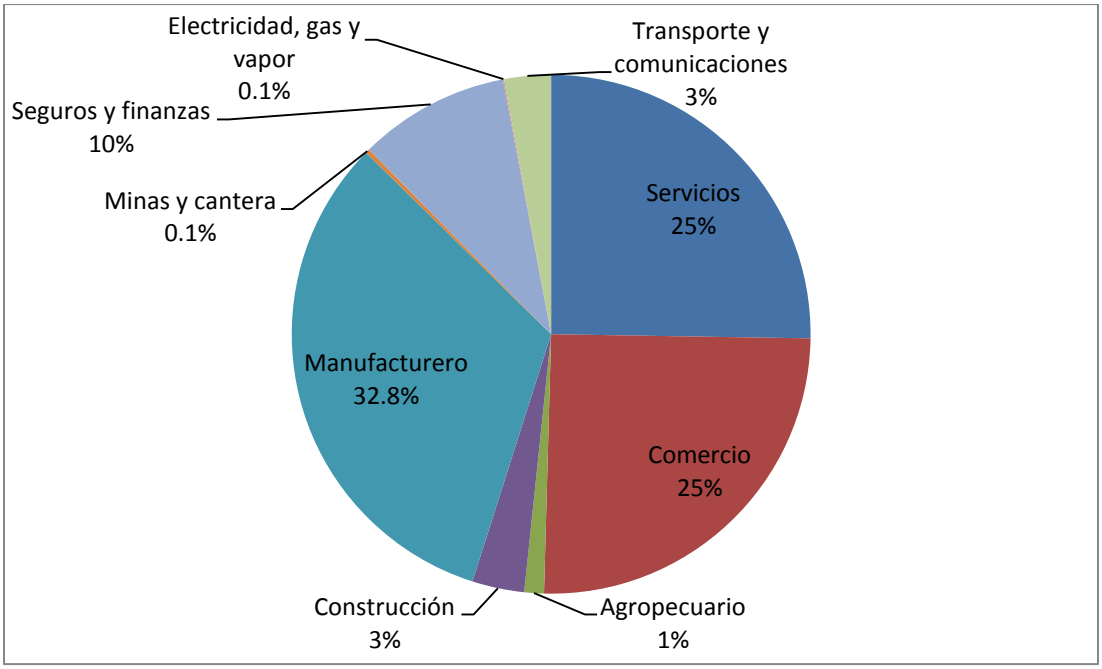
Dentro del conjunto de Industrias, la Cervecería Unión tiene una especial importancia. Su origen data de principios de siglo pasado, cuando se cerró la Cervecería Antioqueña; después en 1923 otro grupo fundó la Cervecería Libertad. Estas empresas se fusionaron en 1930 y crearon Cervecería Unión. Por otro lado, la actividad comercial fue fuente de ingresos desde mediados del siglo XIX, ya que a pesar de estar marginado de la actividad de Medellín, Itagüí era un paso importante en la salida del Valle de Aburrá hacia el suroeste del departamento, pues en el municipio se encontraba una de las estaciones del Ferrocarril de Amagá. Debido a la llegada de la industria y el aumento de la población, la actividad comercial y de servicio, fue creciendo con el establecimiento de nuevas sucursales de almacenes de Medellín. (REUNA, 2009)

Desde entonces, la actividad económica de Itagüí ha sido reconocida por su vocación y tradición como "Polo industrial y comercial de Colombia", gracias al potencial económico que se deriva de sus actividades comerciales, al igual que de las industrias marroquinera, madera, cervecera, química, textil y confección (REUNA, 2009)

Su sistema productivo se ha estructurado con base en famiempresas, microempresas, medianas empresas y gran industria. En la

Imagen 36 se ven las unidades productivas al año 1999, se puede observar que el sector manufacturero participa con un 33% de la producción, seguido de los sectores de servicios y comercio, cada uno con un 25%. Entre los más pequeños se encuentran el sector económico agropecuario y el de minas y canteras.

Imagen 36: Sectores económicos, Municipio de Itagüí



Fuente: Red de extensión académica de la Universidad Nacional

Se destacan el soporte bancario y de corporaciones financieras, ubicadas su mayoría en la zona céntrica del municipio (Comuna 1). Por otra parte, es de vital importancia la existencia de la Cámara de Comercio del Aburrá Sur, cuya sede principal tiene su domicilio en el municipio y se ha convertido en gran jalonadora del desarrollo comercial e industrial local.

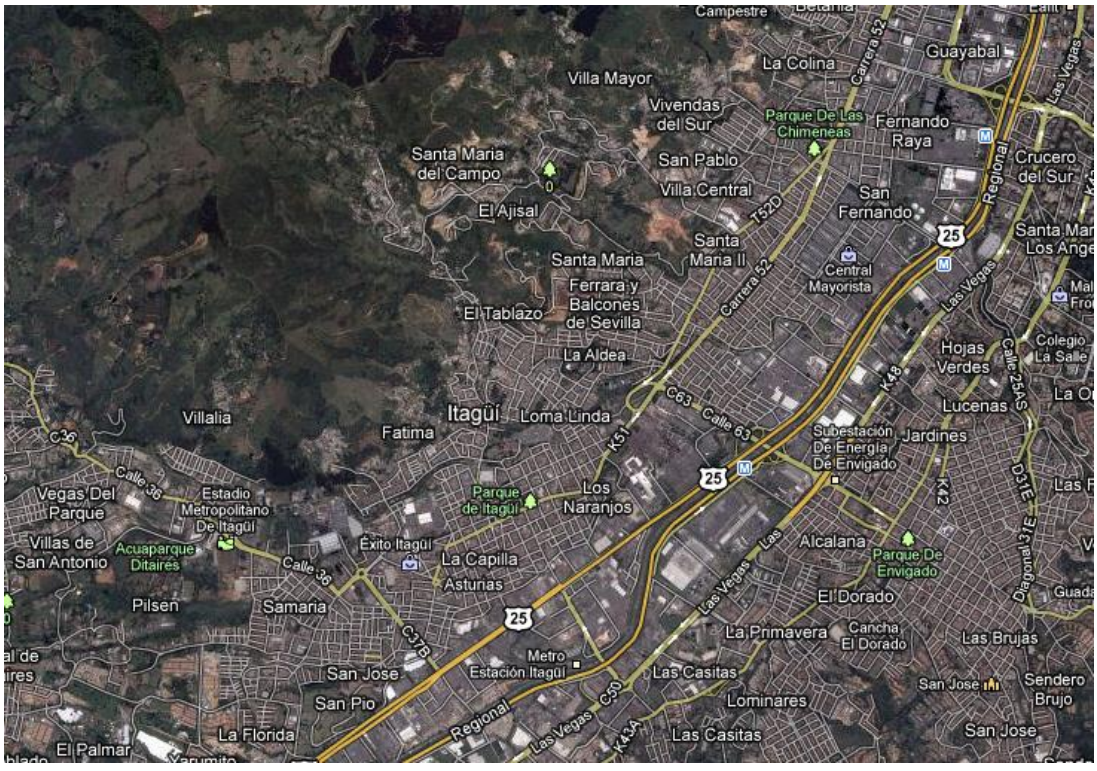
5.2. EL TRÁNSITO EN EL MUNICIPIO DE ITAGÜÍ

El municipio de Itagüí en materia de tránsito es considerado como un municipio de paso, ya que se encuentra localizado entre varios municipios del Valle de Aburra y la gran mayoría de vehículos que transitan por allí lo hacen únicamente como puente hacia otras regiones del departamento. Su principal vía es la Autopista Sur, que corre paralela al rio Medellín en mucha parte de su trayecto y lo delimita con los municipios de Sabaneta y Envigado. También cuenta con otras avenidas principales como es el caso de la Avenida Guayabal (carrera 52) la cual atraviesa todo el municipio, lo que la hace una de las vías más transitadas. Otras vías que son de importancia para el tránsito en Itagüí son: la calle 63 que es una salida hacia el municipio de Envigado, la calle 36 que es una vía que comunica a Itagüí con el corregimiento de San Antonio Prado, la calle 37B la cual es

de acceso a la Cervecería Unión y la calle 85 que es una vía de acceso a la Central Mayorista de Antioquia. (Zuleta, 2011)

En la Imagen 37 se presenta un mapa satelital del municipio de Itagüí con el norte en la parte superior. En él se pueden observar sus principales calles, donde la calle uno (1) está ubicada a todo el sur y van aumentando de sur a norte, y la carrera uno (1) está ubicada a todo el occidente y va aumentando de occidente a oriente hasta llegar a la Autopista Sur, la cual, puede ser localizada como una línea amarilla más resaltada y que al mismo tiempo es el borde del municipio. Se puede observar la Avenida Guayabal (carrera 52) atravesando todo Itagüí la cual es una vía tanto de entrada como de salida. En la parte superior derecha se tiene el parque de las chimeneas el cual es el lugar donde está ubicado el Centro de la Confección y Moda y un poco más abajo se puede ver la Central Mayorista. También, se puede localizar las dos principales estaciones de Metro para el acceso al municipio, en el centro del mapa cerca de la calle 63 se puede ver la estación Envigado y en la parte inferior central se puede ubicar la estación Itagüí. En la parte inferior izquierda se puede localizar el municipio de Sabaneta el cual está ubicado al otro lado de la Autopista Sur.

Imagen 37: Municipio de Itagüí



Fuente: Google Maps

Circulan por estas vías principales, alrededor de 100.000 vehículos diarios, distribuidos el 35% sobre la Autopista Sur, sentido norte-sur; el 30% sobre las vías internas y el otro porcentaje le corresponde a los alrededores de la Central Mayorista de Antioquia. (Zuleta, 2011)

La dinámica misma del tránsito en Itagüí está caracterizada por las rutinas diarias de los ciudadanos y las actividades que estos realizan; además, dada la presencia de diferentes actividades económicas y comerciales en el municipio, el flujo vehicular tanto para el transporte de mercancías como de personas se puede clasificar por cuatro zonas de importancia de acuerdo con las características que presentan. (Zuleta, 2011)

Estas zonas son principalmente:

- La Central Mayorista de Antioquia. desde 1971, es el centro de abastecimiento agroalimentario más importante del departamento de Antioquia.

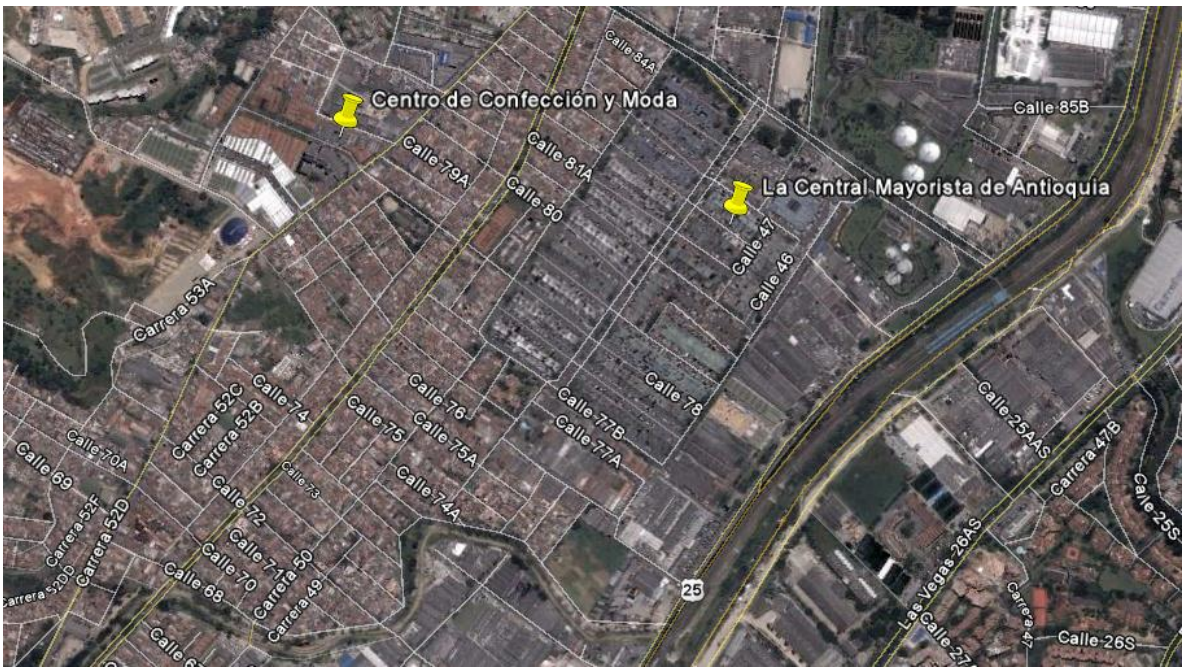
  La Mayorista, como se le conoce familiarmente, tiene su actividad comercial dividida en sectores: el de autoservicios (supermercados); el de granos y abarrotes, el de insumos agropecuarios, frutas y hortalizas. Además cuenta con carnicerías, pescaderías, droguerías, piñaterías, ferreterías, desechables, empaques, almacenes de ropa, entre otros.

  Las características de esta zona en materia de tránsito son muy particulares, ya que es allí donde circulan mayormente camiones de carga pesada procedentes de todo el país y que se encargan de abastecer los diferentes negocios, además cuenta con rutas de servicio público y gran tránsito de vehículos particulares que se dirigen a la zona a realizar compras. (Zuleta, 2011)

- El Centro de Confección y Moda. Es la zona en el norte del municipio ubicado en lo largo de la transversal 52D, una vía con alto flujo vehicular tanto privado como público. Allí se encuentran gran cantidad de fábricas, bodegas y locales comerciales de venta de ropa. No es un centro comercial como tal, sino que por el contrario, la mayoría de sus negocios están ubicados al lado y lado de la vía principal. El tránsito allí se caracteriza por ser de entrada al municipio desde Medellín, por lo que el sector se ha ido transformando en el tiempo, de domiciliario a altamente comercial. (Zuleta, 2011)

En la Imagen 38 se presenta el mapa satelital del norte del municipio de Itagüí. En la parte superior hacia la izquierda se localiza el Centro de la Confección y Moda y hacia la derecha se puede localizar la Central Mayorista de Antioquia, dos de las zonas más importantes del municipio. Se alcanza a apreciar en la esquina inferior derecha, como la Autopista Sur (Marcada con el 25) transcurre paralela al río Medellín. Además, se observa al otro lado del rio el municipio de Envigado con una nomenclatura de vías, diferente a la de Itagüí.

Imagen 38: Ubicación: Centro de la Confección y moda, Central Mayorista de Antioquia



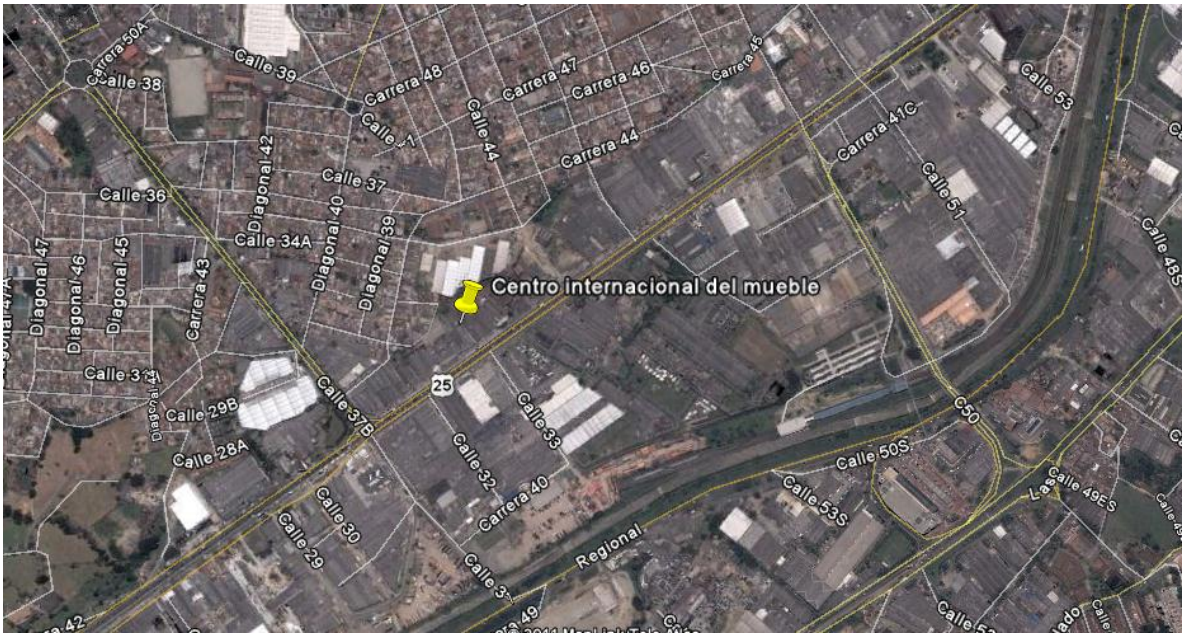
Fuente: Google Maps

- Centro Internacional del Mueble: este lugar está ubicado por la Autopista Sur hacia los límites con el municipio de Sabaneta. Es de alto tránsito por tener la autopista sur como vía principal y se caracteriza por tener gran cantidad de locales comerciales dedicados a la decoración de interiores, además de fábricas de muebles. Además de ser un sector muy comercial, es prácticamente un nodo que comunica municipios como Sabaneta, La Estrella e Itagüí mismo. (Zuleta, 2011)

En la Imagen 39 se presenta el mapa satelital del sur del municipio de Itagüí. Se observa que a esta altura, la Autopista Sur se separa de la orilla del río Medellín. El Centro Internacional de Mueble se

ha desarrollado a lado y lado de esta importante vía. Se puede observar también en la imagen, la calle 37B, que es la vía de acceso a Cervecería Unión.

Imagen 39: Ubicación: Centro internacional del mueble



Fuente: Google Maps

- Áreas urbanas: El resto de áreas se caracterizan por ser urbanas, su población principalmente necesita trasladarse a sus lugares de trabajo o estudio, haciéndolos altamente dependientes del transporte público, principalmente del metro ya que este sistema de transporte está integrado con buses y permite el fácil acceso a otras zonas del área metropolitana, al mismo tiempo muchas personas de otros municipios y que trabajan en Itagüí utilizan el metro para llegar a sus puestos de trabajo. (Zuleta, 2011)

  Según las cifras de la Gobernación de Antioquia, basadas en la encuesta de Calidad de Vida 2004, el estrato socio-económico que predomina en Itagüí es el estrato tres (3) medio-bajo con el 51.2% del total de viviendas de la población. Le siguen el estrato dos (2) bajo con el 41.7% y el uno (1) bajo-bajo, tiene un 6.0%. El estrato cuatro (4) medio solo se encuentra en un 1.1%, por lo que el uso de vehículos particulares es relativamente bajo. Comparado con otras zonas del Área Metropolitana, la población depende del transporte público

Adicionalmente, Itagüí cuenta con tres estaciones del Metro para satisfacer las necesidades de movilidad. La estación Itagüí ubicada en los límites de Envigado y Sabaneta, la estación Envigado por la calle 63 y el puente el pandequeso y estación Ayurá que se encuentra en los alrededores de la Central Mayorista, la mayoría de las personas que utilizan el servicio del transporte del metro son trabajadores, que viven en otros municipios cercanos y laboran en las fábricas de Itagüí, otros, que viven en el municipio, pero trabajan en empresas por fuera. Esto ocasiona, que las zonas cercanas a las estaciones del Metro sean de alto flujo peatonal en horas pico, además de tener alto volumen vehicular principalmente de transporte público que es utilizado como complemento del Metro para llegar a las comunas y barrios internos de Itagüí.

Además, en los últimos años el comercio en Itagüí se ha desarrollado lo suficiente como para que empresas tales como Carrefour, Almacenes Éxito o Flamingo, construyan mercados de gran superficie en la localidad. Adicionalmente, Itagüí cuenta con la sede principal de la Cámara de Comercio del Aburrá Sur, la cual atiende a los municipios del sur del Valle de Aburrá Caldas, Envigado, La Estrella, Sabaneta y el mismo Itagüí. (Cámara de Comercio Aburrá Sur, s.f)

5.3. ADMINISTRACIÓN DEL TRÁNSITO

El organismo encargado por la administración municipal para el manejo y control del tránsito es la Secretaría de Transporte y Tránsito de Itagüí, que es administrada por el Secretario de Tránsito el cual es elegido por el alcalde.

La Secretaria de Transporte y Tránsito de Itagüí se encarga gestionar los recursos relacionados con el transporte, tales como mantener la infraestructura y la señalización en orden; se encargan de todas la operaciones de seguridad y movilidad; gestionan y controlan todo lo referente a infracciones y contravenciones; tienen un registro completo de conductores, de vehículos y de transporte público existente en el municipio, además tiene las funciones de prestar servicios oportunos de tránsito y transporte a los ciudadanos de Itagüí, fortalecer la imagen institucional de la Secretaría de Transportes y Tránsito de Itagüí, mejorar continuamente los procesos operativos, aplicar tecnología de punta que garantice la eficiencia del servicio de transporte y asegurar la custodia de la documentación de los usuarios. (Secretaría de Transporte y Tránsito de Itagüí, 2011)

Adicionalmente, como parte de la Secretaría de Tránsito de Itagüí existe la oficina de Semaforización. Esta oficina es administrada por el ingeniero Mauricio Zuleta. El propósito es gestionar todo lo referente al control semafórico, es decir, gestionar la parte técnica del mantenimiento preventivo y correctivo, del planeamiento del tráfico; crear y mantener la señalización horizontal y vertical del municipio y también, desarrollar otras actividades como instalación de dispositivos de seguridad vial, rutas de transporte público y permiso de cierre de vías, entre otros.

Desde esta oficina se maneja toda la red semafórica. Tienen un mapa digital detallado de la red vial y se puede conocer, en tiempo real el estado de cada uno de los semáforos; si alguno falla se envía un técnico para solucionar los inconvenientes que resulten. Disponen además de un software que simula el flujo vehicular en el municipio, aunque no se encuentra actualizado, ya que las cifras de movilidad son tomadas manualmente por personal contratado. (Zuleta, 2011)

La oficina de semaforización cuenta solo con las herramientas básicas para que el tránsito funcione correctamente, pero es necesario replantear esta situación ya que si se apoyan en tecnologías de la información y las comunicaciones, TIC, pueden hacer mucho más eficiente y seguro el flujo vehicular dentro de Itagüí. Además, en esta oficina existen planes futuros para implementar sistemas de fotodetección y sensores para detectar el flujo vehicular, pero el proyecto apenas se encuentra en su etapa de concepción por lo que no se ha pensado cuándo será implementado o si será integrado con las soluciones que se están desarrollando en el municipio de Medellín. (Zuleta, 2011)

5.4. MOVILIDAD EN ITAGÜÍ

En el municipio de Itagüí dadas sus condiciones particulares de la topografía del terreno, no se dispone de mucho espacio para nuevas construcciones como carreteras o ampliación de vías, así que por ahora, lo que tienen que hacer es optimizar el uso de las vías principales para la entrada y salida. La primera de ellas es la Avenida Guayabal o carrera 52 que se caracteriza por tener un flujo vehicular generalmente de servicio público; esta vía atraviesa todo el municipio por lo que es una arteria principal para la movilidad. Otra de las vías principales es la Autopista Sur que transcurre por gran parte del Valle de Aburra y bordea el municipio, por lo que el flujo vehicular más elevado se presenta sobre esta zona. El tránsito en esta área se caracteriza por ser principalmente de camiones de carga y vehículos particulares. Existe otra vía principal para acceder al municipio de

Envigado. Esta vía está localizada en el Centro de Itagüí y tiene puente sobre el rio Medellín. Es una calle de mucha importancia ya que muchas personas la utilizan para pasar de un municipio a otro; además es una vía de tránsito para personas que vienen de Medellín pero que viven en Envigado y desean llegar a sus hogares por esta ruta. (Zuleta, 2011)

Los principales problemas de tránsito en materia de movilidad dentro del municipio de Itagüí no son muy graves; se pueden identificar fácilmente las zonas donde ocurren mayores inconvenientes en especial en las horas pico. En estas horas, el flujo vehicular en toda el Área Metropolitana aumenta considerablemente; las autopistas y principales vías de los municipios se ven saturadas en pocos minutos.

Una de estas vías arteriales es la calle 63 que comunica con Envigado. Es la vía que presenta mayores inconvenientes en materia de movilidad, pues se arman grandes congestiones en las horas pico, en especial en las horas de la tarde. La principal razón es que esta es una vía de acceso a los demás municipios del sur del Área Metropolitana, Envigado y Sabaneta. Se congestiona por la gran presencia de vehículos particulares que desean atravesar el puente del pandequeso al mismo tiempo; muchos vienen de Itagüí y del sur del departamento, otros vienen del norte y solo existe esta vía que cruza el río, como una de las principales arterias de entrada a Envigado. Cuando esta vía se congestiona, lo mismo sucede en las otras vías como es el caso de la Avenida Guayabal y en la Autopista sur, ya que cuando los trancones son muy fuertes pueden llegar a impactando la oreja de entrada al puente, afectando directamente el flujo vehicular en la vía que bordea al municipio. (Zuleta, 2011)

Prestar atención sobre la calle 63 es de mucha importancia para solucionar los problemas de movilidad en Itagüí. La mayoría de los inconvenientes por congestionamiento de las vías de la ciudad, son originados por problemas sobre esta calle. Si se encontrara una solución a este problema, se mejoraría enormemente el flujo vehicular.

Como se puede ver en la Imagen 40 desde la esquina superior izquierda hacia la esquina inferior derecha, marcada con rojo se puede observar la calle 63 que atraviesa en sentido oeste-este el municipio de Itagüí y que es uno de los accesos al municipio de Envigado, se puede observar también en la imagen, la congestión que se arma en la “oreja” del puente que recoge el tráfico que viene por la Autopista Sur y que al no alcanzar a salir de manera rápida, hace que el flujo por la Autopista Sur sea muy lento.

Imagen 40: Lugar con menor movilidad, hora pico

Fuente: Google Maps, (Zuleta, 2011)

Es importante que la Secretaría de Tránsito empiece a pensar en dar solución a este problema de movilidad ya que no solo es la principal fuente de congestionamientos para el municipio de Itagüí sino que también afecta las personas del municipio de Envigado que utilizan esta ruta.

5.5. ACCIDENTALIDAD EN ITAGÜÍ

Los accidentes de tránsitos son un problema que afecta a todos las localidades del mundo, algunos presentan cifras alarmantes y otros simplemente se mantienen sobre los márgenes normales; Itagüí, es un municipio con gran densidad poblacional y con pocas vías de tránsito, aun así, los accidentes ocurren y se pueden localizar en algunas de las principales zonas. (Zuleta, 2011)

La mayoría de los accidentes de tránsito en el municipio de Itagüí ocurren por exceso de velocidad o porque los conductores manejan bajo los efectos del licor. Los accidentes suceden en su gran mayoría, a lo largo de la Autopista Sur que es una vía de alta velocidad y de tránsito para todo el Valle de Aburra. La mayoría de estos accidentes son severos pues el flujo vehicular es constante, y las consecuencias, muchas veces son grandes pérdidas económicas y en algunos casos hasta pérdidas de vidas humanas. Las pruebas con alcoholímetros y los retenes los fines de semana por parte de las autoridades, se realizan constantemente, pero aun así, los accidentes siguen ocurriendo.

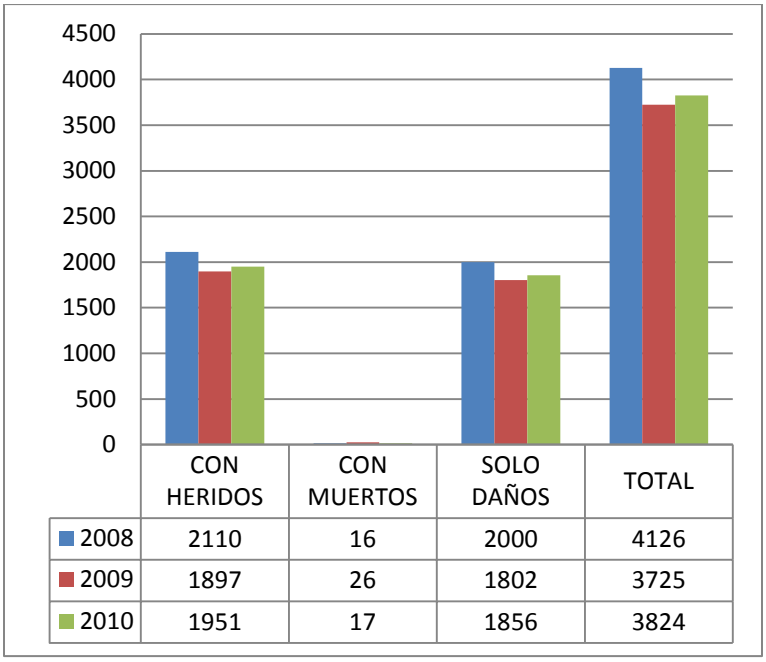
Otra zona con gran accidentalidad es el Centro del Municipio de Itagüí. Muchas de las actividades económicas se desarrollan en esta zona por lo que el flujo vehicular y de peatones es bastante alto. La mayoría de accidentes que ocurren son choques leves o incluso, se presentan atropellos y daños físicos a los peatones que circulan por allí. (Zuleta, 2011)

Como se puede ver en la

Imagen 41, los índices de accidentalidad son bastante considerables, pues cada año mueren aproximadamente 20 personas en las vías; además, se presentan accidentes con un gran número de heridos y para ser uno de los municipios más pequeños, debería manejar unas cifras más bajas. También se puede observar que con el paso de los años la accidentalidad siempre se ha mantenido constante, lo que realmente no es muy alentador ya que es una muestra tangible de que las estrategias y soluciones existentes para mitigar este tipo de problemas no han servido de mucho.

Es bueno pensar en una solución mucho mejor para el tratamiento de los problemas de seguridad vial, ya que las pérdidas económicas y de vidas son indicadores importantes que permiten determinar la necesidad de actuar.

Imagen 41: Accidentalidad en el municipio de Itagüí, por tipo de accidente.



	CON HERIDOS	CON MUERTOS	SOLO DAÑOS	TOTAL
2008	2110	16	2000	4126
2009	1897	26	1802	3725
2010	1951	17	1856	3824

Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaria de Transporte y Tránsito de Itagüí

5.6. PROPUESTA DE APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA EN EL TRÁNSITO DEL MUNICIPIO DE ITAGÜÍ

El principal problema del municipio se encuentra entonces en la movilidad. La cantidad de vehículos que transitan en las horas pico por las principales vías de Itagüí representan un flujo automotor importante, conformado por vehículos en tránsito que entran y salen del municipio, con el fin de llegar a las jurisdicciones vecinas. Así mismo, las tres zonas principales de Itagüí representan un reto para las autoridades de tránsito por sus características especiales: la Mayorista, con la cantidad de camiones de transporte de mercancías moviéndose alrededor; el Centro de Confección y Moda, por la cantidad de tiendas minoristas a lado y lado de las vías, con peatones atravesándolas constantemente y con los vehículos de transporte público que por allí transitan; y el Centro Internacional del Mueble, que presenta una actividad comercial constante justo al lado de una vía importante como lo es la Autopista Sur.

En el capítulo del Estado del Arte, se presentaron algunas tecnologías de tránsito que son usadas alrededor del mundo para resolver problemas de movilidad y accidentalidad en el tránsito. Lo que se pretende hacer en esta propuesta es enunciar las tecnologías que se pueden aplicar al caso de

Itagüí, resaltando el impacto que tendrían en cada una de las zonas destacadas del municipio. La Tabla 2 relaciona cada una de las tecnologías vistas en el capítulo del Estado del Arte con la zona en la que se recomienda aplicarla. Luego, se presenta de forma detallada las ventajas de aplicación de tecnología en cada zona de Itagüí.

Tabla 2: Propuesta de aplicación de tecnologías por zonas

Tecnología	La Mayorista	Centro de Confección y Moda	Centro Internacional del Mueble
Cámaras de video	X	X	X
Foto-detección de infracciones de tránsito	X	X	X
Radar de velocidad			X
Detectores elevados de tránsito	X		
Rastreo en tiempo real			
Alcoholímetros			X
Google Transit	X	X	X
Señales de tránsito	X	X	X
Señales luminosas			X
Emisoras de radio			
Señales de pantallas LED para el tránsito			X
Sistema de Posicionamiento Global	X	X	X
Peaje con cobro electrónico			
Simuladores de tránsito	X	X	X
Redes sociales virtuales	X	X	X
Parqueo asistido			
Semáforos avanzados		X	
Vehículos autónomos			
Otras tecnologías			

Fuente: Elaboración propia

Un sistema cerrado de televisión para la vigilancia de la zona de la Mayorista puede ser aplicado con un beneficio doble: mejorar la seguridad de las personas y los puestos de comercio, al mismo tiempo que se facilita el control del tránsito en la zona. Con las cámaras de vídeo se puede revisar el comportamiento de actividades sospechosas mientras se realiza el control continuo del flujo vehicular. Además, aprovechando el sistema de cámaras se podría instalar una tecnología de foto-detección, el cual disminuiría con el tiempo la cantidad de infracciones de tránsito cometidas por los conductores, evitando así posibles accidentes. Es aconsejable igualmente la instalación de

detectores elevados en las entradas a la Mayorista, pues esto permite tomar datos sobre los tipos de vehículos que transitan por allí, sobre la frecuencia de entrada y salida de vehículos y sobre las horas críticas para el tránsito de la zona. Con esta información se pueden hacer los planes de mejora en las calles y en la señalización, así como optimizar la sincronización de los semáforos, y proveer estadísticas a los comerciantes interesados.

Para el Centro de Confección y Moda, se pueden aplicar básicamente las mismas tecnologías que para la Central Mayorista, con la salvedad de que los esfuerzos en esta zona se concentran en la movilidad de los vehículos de transporte público y en la seguridad de los peatones. Sabiendo que es inevitable que los accidentes ocurran, las cámaras de vídeo son importantes para la zona para mejorar el tiempo de respuesta de las autoridades ante los accidentes, especialmente porque la cantidad de personas que recorren las tiendas deben cruzar la calle con frecuencia y cada vez que lo hacen pueden estar en riesgo de salir lastimados. Es importante contar con las medidas necesarias para reducir ese riesgo, por lo cual se recomienda implementar un sistema de semáforos avanzados, que faciliten el paso de las personas sin afectar demasiado el flujo vehicular. También es importante contar con la señalización apropiada, para evitar principalmente que los automóviles particulares se estacionen en lugares prohibidos que entorpecen el tránsito en la zona. Esto se puede reforzar con la tecnología de foto-detección, para asegurar que las personas respeten esas señales.

Para el Centro Internacional del Mueble, la principal influencia es la Autopista sur, por su condición de vía principal intermunicipal. Considerando que esta vía es de alta velocidad y de alto flujo vehicular, un sistema de foto-detección con cámaras de vídeo es necesario para prevenir accidentes por exceso de velocidad. En este sentido, sería interesante contar con señales de pantalla LED que tengan radares de velocidad incorporados, con el fin de mostrar tanto los límites de velocidad establecidos como la velocidad actual de los vehículos. Es importante también mantener el control que ya se viene aplicando en esta vía con los alcoholímetros, para evitar que las personas sean propensas a conducir en estado de embriaguez. Por otro lado, se puede considerar la instalación de señales luminosas en diferentes tramos de la Autopista Sur, para demarcar claramente obstáculos en la vía como los separadores, las entradas para el cambio de carriles, entre otras.

Para el caso de las tres zonas, se destaca que toda la información que se recolecta, principalmente por las cámaras que controlan el estado del tránsito en tiempo real, es una importante fuente de alimentación para otras tecnologías como simuladores de tránsito, redes sociales y Google Transit. Por medio de los simuladores de tránsito, las autoridades de control pueden aplicar los datos obtenidos en las tres zonas principales y extrapolarlos al resto del municipio, obteniendo resultados más cercanos a la realidad. El beneficio de Google Transito y las redes sociales va más enfocado hacia los habitantes de Itagüí, quienes por medio de Internet podrán conocer el estado de las vías antes de salir de su hogar, lo que les permite planear con anticipación sus rutas e indirectamente incentiva el uso de vías alternas, lo que ayuda a descongestionar las vías principales y finalmente mejora la movilidad del municipio en general. La ventaja de las redes sociales se ve principalmente en su naturaleza de ser actualizadas por las mismas personas que las utilizan. En cuanto a Google Transit, algunas de las muchas ventajas que brindan son: la disponibilidad de la información garantizada por Google, el acceso a la misma desde cualquier parte del mundo, la posible integración con sistemas de rastreo satelital para compañías de transporte de mercancías y la naturaleza gratuita de la plataforma, entre otras.

La aplicación de todo lo mencionado hasta el momento le puede dar al municipio de Itagüí un impulso considerable hacia la innovación, ya que con la aplicación de todas estas tecnologías se estaría montando la infraestructura necesaria para manejar proyectos de integración mayores y se sentaría un precedente para la inversión en desarrollo de nuevas tecnologías para el tránsito. Sin embargo, es claro que Itagüí no está en capacidad de afrontar este reto solo. Convenientemente, el municipio vecino de Medellín ya está dando los primeros pasos hacia la aplicación de tecnologías innovadoras en el tránsito, con su Sistema Inteligente de Movilidad. Esto se presenta como una oportunidad importante para Itagüí, pues se puede dar una alianza entre ambos municipios para facilitar el desarrollo y la implementación de estas ideas, lo que presenta beneficios para ambos, pues finalmente, el tránsito de los dos municipios se conecta y los cambios en uno significan, inevitablemente, cambios para el otro.

.

GLOSARIO

ACERA O ANDÉN: Franja longitudinal de la vía urbana, destinada exclusivamente a la circulación de peatones, ubicada a los costados de ésta.

AGENTE DE TRÁNSITO: Todo funcionario o persona civil identificada que está investida de autoridad para regular la circulación vehicular y peatonal y vigilar, controlar e intervenir en el cumplimiento de las normas de tránsito y transporte en cada uno de los entes territoriales.

ACCIDENTE DE TRÁNSITO: Evento generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él e igualmente afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho.

AUTOPISTA: Vía de calzadas separadas, cada una con dos (2) o más carriles, control total de acceso y salida, con intersecciones en desnivel o mediante entradas y salidas directas a otras carreteras y con control de velocidades mínimas y máximas por carril.

BICICLETA: Vehículo no motorizado de dos (2) o más ruedas en línea, el cual se desplaza por el esfuerzo de su conductor accionando por medio de pedales.

BUS: Vehículo automotor destinado al transporte colectivo de personas y sus equipajes, debidamente registrado conforme a las normas y características especiales vigentes.

CAMIÓN: Vehículo automotor que por su tamaño y destinación se usa para transportar carga.

CARRETERA: vía cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

CARRIL: Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.

CHOQUE O COLISIÓN: Encuentro violento entre dos (2) o más vehículos, o entre un vehículo y un objeto fijo.

CONDUCTOR: Es la persona habilitada y capacitada técnica y teóricamente para operar un vehículo.

DETECTOR: Dispositivo que se coloca en una vía para registrar automáticamente el paso o presencia de vehículos.

EMBRIAGUEZ: Estado de alteración transitoria de las condiciones físicas y mentales, causada por intoxicación aguda que no permite una adecuada realización de actividades de riesgo.

INFRACCIÓN: Transgresión o violación de una norma de tránsito. Habrá dos tipos de infracciones: simple y compleja. Será simple cuando se trate de violación a la mera norma. Será compleja si se produce un daño material.

ITS: Los Sistemas Inteligentes de Transporte, ITS por sus siglas en inglés, son un subgrupo de las TIC encargadas de solucionar o minimizar los problemas relacionados con transporte y tránsito.

MULTA: Sanción pecuniaria. Para efectos del presente código y salvo disposición en contrario, la multa debe entenderse en salarios mínimos diarios legales vigentes.

ORGANISMOS DE TRÁNSITO: Son unidades administrativas municipales distritales o departamentales que tienen por reglamento la función de organizar y dirigir lo relacionado con el tránsito y transporte en su respectiva jurisdicción.

PEATÓN: Persona que transita a pie o por una vía.

RETÉN: Puesto de control instalado técnicamente por una de las autoridades legítimamente constituidas de la Nación.

SEMÁFORO: Son dispositivos que proporcionan indicaciones visuales para el control del tránsito de vehículos y peatones en intersecciones. Las indicaciones se hacen a través de luces con lentes de diferentes colores. El color verde corresponde a la indicación de “siga” y el color rojo a “pare”, el color amarillo normalmente sirve de transición entre las fases de “siga” y “pare”. Los lentes con luces de colores diferentes se ordenan verticalmente en una secuencia convencional y preestablecida de la siguiente manera: rojo, amarillo y verde.

SEÑAL DE TRÁNSITO: Dispositivo físico o marca especial. Preventiva y reglamentaria e informativa, que indica la forma correcta como deben transitar los usuarios de las vías.

SEÑALES LUMINOSAS DE PELIGRO: Señales visibles en la noche que emiten su propia luz, en colores visibles como el rojo, amarillo o blanco. Separador: Espacio estrecho y saliente que independiza dos calzadas de una vía.

TIC: Las TIC son las tecnologías que se necesitan para la gestión y transformación de la información, y muy en particular, es el uso de ordenadores y programas que permiten crear, modificar, almacenar, proteger y recuperar esa información.

TRÁFICO: Paso o circulación de personas o vehículos a través de rutas de transporte, haciendo referencia a cualquier medio de transporte (terrestre, aéreo o marítimo) y resaltando connotaciones de comercio o de cantidad.

TRÁNSITO: Acción que realizan personas y vehículos al cruzar, moverse sobre o a través de, una vía o pasaje generalmente terrestre, teniendo en cuenta las condiciones bajo las cuales se realiza la acción.

TRANSPORTE: Es el traslado de personas, animales o cosas de un punto a otro, a través de un medio físico.

VEHÍCULO: Todo aparato montado sobre ruedas que permite el transporte de personas, animales o cosas de un punto a otro por vía terrestre pública o privada abierta al público.

VEHÍCULO PARTICULAR: Vehículo automotor destinado a satisfacer las necesidades privadas de movilización de personas, animales o cosas.

VEHÍCULO PÚBLICO: Vehículo automotor homologado, destinado al transporte de pasajeros, carga o ambos por las vías de uso público mediante el cobro de una tarifa, porte, flete o pasaje.

VÍA: Zona de uso público o privado, abierta al público, destinada al tránsito de vehículos, personas y animales.

CONCLUSIONES

La experiencia de abordar un tema complejo, como lo es el tránsito, para realizar un trabajo de investigación, deja aprendizajes importantes en diferentes ámbitos. En lo referente a la metodología de investigación, es importante resaltar la enseñanza que deja el haber tratado el tema inicialmente desde el enfoque sistémico y haberse encontrado a mitad de camino con los inconvenientes que impidieron que el proyecto se desarrollara enteramente bajo este enfoque, por el nivel de detalle de las relaciones entre los subsistemas. Sin embargo este método de análisis fue lo que permitió entender las relaciones que tiene el tránsito con todos los aspectos de la vida social de las urbes y por qué es que los problemas de tránsito tienen tal impacto en la vida cotidiana de las personas y en el desarrollo de las ciudades. Por otro lado, el enfoque analítico permitió abordar las tecnologías en un nivel de detalle suficiente como para entender su funcionamiento y relacionarlo con los problemas de movilidad y seguridad vial.

El tránsito es un tema importante para el día a día de las personas, que afecta de una forma u otra su estilo de vida y su bienestar. Entender el tránsito y sus problemas en una ciudad, es un paso importante hacia la mejora de la calidad de vida, pues lo que vale no es saber que hay problemas y quejarse por ello, sino distinguir cuáles son esos problemas para así poder encontrar maneras de resolverlos o, por lo menos, de mitigarlos. Como la educación vial es una de las bases para la solución de los problemas de movilidad y seguridad, este proyecto de grado se convierte en un paso adelante en la educación vial de los implicados en su desarrollo y, con suerte, lo será también para quienes lo lean.

De la misma forma que es importante conocer acerca del tránsito, es importante contar con una contextualización adecuada en cuanto a las condiciones en las que transcurre. No basta con decir que la movilidad es un problema que aparece en todas las ciudades del mundo; es necesario entender que el problema se da por la contribución de factores como la dificultad del terreno, las condiciones del clima, la economía de la región, los intereses de las personas, las leyes vigentes, entre otras. En este sentido, vale la pena resaltar que este proyecto de grado, cuya intención era presentar una propuesta de aplicación de tecnologías para el municipio de Itagüí, no habría sido viable sin el desarrollo previo de un marco teórico apropiado, que presentara no sólo la teoría acerca del tránsito, sino también las características del municipio, del país en el que se hace la

contextualización y de las entidades que intervienen. En el desarrollo de este marco conceptual, se hicieron aprendizajes importantes en el manejo de la bibliografía y en la construcción de un hilo conductor coherente y consistente.

La investigación de las tecnologías de tránsito fue una de las tareas más importantes desarrolladas en este trabajo de grado, pues es la conexión que se establece entre el tema del tránsito y los temas de interés para un Ingeniero de Sistemas. Debido a las expectativas personales y profesionales por parte de los autores, la exploración del estado del arte arrojó una lista de tecnologías bastante amplia, que hizo necesario la reflexión sobre criterios para construir unas categorías que fueran más ágiles. La necesidad de escoger tecnologías candidatas enseña que una investigación no se trata de buscar información y acumularla para hacer bulto, sino de seleccionar a conciencia la que realmente es relevante para el tema tratado, para el enfoque utilizado o para la intencionalidad buscada.

La importancia de tener como objetivo general el realizar una propuesta de aplicación de tecnología de tránsito en el municipio de Itagüí, radica en que estimula a que la información consultada tenga un enfoque, tenga un propósito y tenga un significado especial. Realizar una propuesta que pueda ser tomada en cuenta por otros profesionales y por la administración de un municipio es algo que demanda compromiso y objetividad. No basta con consultar muchas tecnologías, con conocer las características de Itagüí, con saber acerca de las causas de los problemas de tránsito. Es necesario tomar toda esa información, analizarla objetivamente, identificar los puntos en común con la realidad del municipio y pensar en los verdaderos beneficios de ubicar una cámara en una vía específica, por ejemplo o unas señales en un cruce peligroso. La necesidad de diseñar una propuesta para un caso real y darle cumplimiento al objetivo, es el incentivo clave para lograr que la investigación valga la pena, para demostrar que en realidad hay aprendizajes en el proceso seguido y en los resultados obtenidos. Aunque no sea probable que se pueda llevar a cabo tal y como fue diseñada, el valor real de la propuesta es abrir la puerta para nuevas posibilidades y empezar a construir el camino de la investigación y la imaginación.

BIBLIOGRAFÍA

Municipio de Itagüí. (2010). Recuperado el 20 de 09 de 2011, de http://itagui.areadigital.gov.co: http://itagui.areadigital.gov.co/institucional/Paginas/informaciondelmunicipio.aspx

ABS Costa Rica. (2010). *¿Cómo Funciona un Alcoholímetro?* Recuperado el 15 de 09 de 2011

Adaptive. (2011). *LED Displays for ITS*. Recuperado el 03 de 10 de 2011, de http://www.ams-i.com/Transportation/ITS/Default.asp

Agosta, R., González F, R., & Suppo V, M. (2008). Experiencia de aplicación de modelos de transporte: simulación de tránsito urbano. Buenos Aires, Argentina.

ASINTRA. (2008). *Sistema de aparcamiento asistido*. Recuperado el 10 de 09 de 2011, de v/documentos%20tecnicos/Sistema%20de%20aparcamiento%20asistido.pdf

Autoridad Portuaria de Valencia. (2010). *Proyectos de nuevas tecnologías*. Recuperado el 01 de 10 de 2011, de http://www.valenciaport.com/es-ES/Ofertaservicios/FormacionInnovacion/TecnologiasIC/Proyectos/Paginas/ProyectosIniciativas.aspx

Bartolomé, A. (2008). *Curso E-Learning 2.0.* Recuperado el 15 de 09 de 2011, de http://www.lmi.ub.es/cursos/web20/2008upv/

Bosch. (2010). *Sistema de control de tracción ASR*. Recuperado el 15 de 09 de 2011, de http://www.bosch-esperience.com.es/es/language1/traction_control_system_tcs.html

Bull, A. (2003). Congestión de Tránsito, el problema y cómo enfrentarlo. *CEPAL*.

Cal y Mayor Reyes, R., & Cárdenas G., J. (2003). *INGENIERÍA DE TRÁNSITO.* Bogotá: Alfaomega.

Cámara de Comercio Aburrá Sur. (s.f). *Página oficial de la Cámara de Comercio Aburrá Sur con Sede Principal en Itagüí*. Recuperado el 15 de 09 de 2011, de Cámara de Comercio Aburrá Su: http://www.ccas.org.co/

Capel, H. (s.f). *Geo Critica.* Recuperado el 28 de 03 de 2011, de http://www.ub.edu/geocrit/sv-33.htm

Chanca, J. A. (2004). Simulación microscópica de tráfico urbano y su aplicación en un área de la ciudad de Zaragoza. 10. Ciudad Real.

Colombia.com. (2010). *Colombia Info*. Recuperado el 23 de 08 de 2011, de http://www.colombia.com/colombiainfo/

Comisión Europea Dirección General de Prensa y Comunicación. (06 de 2003). *Europa en la Encrucijada la Necesidad de un Transporte Sostenible.* Recuperado el 15 de 03 de 2011, de http://ec.europa.eu/publications/booklets/move/39/es.pdf

DANE. (2005). *Censo oficial DANE 2005*. Recuperado el 10 de 09 de 2011, de http://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/perfiles.swf

Dictionary.com LLC. (2011). *Búsqueda "transit" y "traffic"*. Recuperado el 20 de 05 de 2011, de http://dictionary.reference.com/

Dirección General de Tráfico de España. (2008). *Manual del conductor.* Recuperado el 15 de 09 de 2011, de http://www.vialred.com/manual/18.pdf

Dirección Nacional de Vialidad de Argentina. (2009). *Vialidad Nacional*. Recuperado el 07 de 10 de 2011, de http://www.vialidad.gov.ar

East Transit. (2010). *East Transit*. Recuperado el 01 de 10 de 2011, de http://www.easttransit.com/products/srtracker.html

Ecured. (s.f). *Ecured*. Recuperado el 15 de 09 de 2011, de http://www.ecured.cu/index.php/Sem%C3%A1foro

El Colombiano. (2011). *Medellín como vamos*. Recuperado el 15 de 09 de 2011, de http://www.medellincomovamos.org/en-medell-n-las-redes-sociales-informan-como-est-el-tr-nsito-en-la-ciudad

elEconomista.es. (2009). *El Rincón del Conductor*. Recuperado el 10 de 10 de 2011, de http://www.elrincondelconductor.com

Escuela de Automovilismo Conducir Colombia. (S.f). *Señales de Transito en Colombia*. Recuperado el 01 de 04 de 2011, de http://www.conducircolombia.com/senales.html

European Commission Mobility and Transport. (28 de 03 de 2011). *European Commission.* Recuperado el 26 de 03 de 2011, de Transport: http://ec.europa.eu/transport/index_en.htm

European Commission Mobility and Transport. (28 de 03 de 2011). *Transport.* Recuperado el 26 de 03 de 2011, de http://ec.europa.eu/transport/index_en.htm

Ezell, S. (2010). Explaining International IT Application Leaderhip:Intelligent Transportation Systems.

Facebook. (2011). *About.* Recuperado el 20 de 09 de 2011, de http://www.facebook.com/facebook

Farlex Inc. (2011). *Búsqueda "transit" y "traffic"*. Recuperado el 17 de 05 de 2011, de http://www.thefreedictionary.com/

FITSA. (2007). *Descripción y evidencias científicas de la eficacia del Control inteligente de velocidad.* Recuperado el 20 de 09 de 2011, de http://www.nextautomotivesafety.com/pdf/control_de_velocidad.pdf

Flórez, B. R., & González, F. (2009). *Las organizaciones virtuales y la evolución de la Web.* Lima, Perú: Universidad San Martin de Porres, Fondo Editorial.

Fondo de Prevencion Vial. (2008). *Actualidad*. Recuperado el 16 de 02 de 2011, de http://www.fonprevial.org.co/

Geko. (2008). *Geko de México*. Recuperado el 14 de 09 de 2011, de http://www.gekomex.com

Gobernación de Antioquia. (2010). *Secretaría de Hacienda*. Recuperado el 12 de 06 de 2011, de http://www.antioquia.gov.co/index.php/es

Google. (2005). *About* Recuperado el 04 de 03 de 2011, de http://www.google.com/transit

Harphasea. (2011). *Harphasea*. Recuperado el 28 de 09 de 2011, de http://www.harphasea.si/index.php/en/vehicle-vessel-person-tracking/system-for-tracking-public-transport

Hartgen, D., & Fields, G. (2009). *Gridlock and Growth: The Effect of Traffic Congestion on Regional Economic.* Recuperado el 15 de 09 de 2011, de http://reason.org/files/ps371_growth_gridlock_cities_policy_summary.pdf

Herrero, A. (21 de 06 de 2008). *Laboratorio de Arturo*. Recuperado el 01 de 02 de 2011, de http://arturo-lab.blogspot.com/2008/06/ondas-de-trfico.html

INVIAS. (2010). *Instituto Nacional de Vias*. Recuperado el 15 de 02 de 2011, de http://www.invias.gov.co/

IPCC. (2011). *Chapter 5 - Transport and its Infrastructure.* Recuperado el 25 de 03 de 2011, de http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter5.pdf

IPCC. (2011). *Intergovernmental Panel on Climate Change.* Recuperado el 25 de 03 de 2011, de http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter5.pdf

ITS International. (12 de 2009). Latent potential.

Kapsch Argentina. (2011). *Sistemas de Peaje*. Recuperado el 08 de 10 de 2011, de http://www.kapsch.net/ar/es/ktc/Pages/default.aspx

Kineo Ingeniería Informática y Electrónica. (2010). *Técnicas de Gestión del Tráfico*. Recuperado el 01 de 10 de 2011, de http://www.sistemasdepesaje.com/

Langa Laorga, M. A. (1994). *Literatura y Sociedad: la Ciudad Levitica, Modelo Sociologico en Evolucion.* Recuperado el 10 de 03 de 2011, de Cuadernos de Historia Contemporanea: http://revistas.ucm.es/ghi/0214400x/articulos/CHCO9494110167A.PDF

Marina, J. A. (14 de 10 de 2008). *joseantoniomarina.net.* Recuperado el 11 de 02 de 2011, de http://www.joseantoniomarina.net/blogger/LaViolenciaVial_StopAccidentes.pdf

Martínez, Y. (2008). *Tendencias tecnologicas 21*. Recuperado el 11 de 09 de 2011, de http://www.tendencias21.net/Semaforos-inteligentes-reducen-la-contaminacion-y-agilizan-el-trafico_a2074.html

Metro Magazine. (2011). *Metro Magazine*. Recuperado el 03 de 10 de 2011, de http://www.metro-magazine.com/Article/Story/2009/04/Cell-phone-bus-tracking-applications-developed.aspx

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2009). *Colombia es pasión*. Recuperado el 20 de 09 de 2011, de http://www.colombiaespasion.com/es/home

Ministerio de educación - Gobierno de España. (12 de 04 de 2006). *Instituto de Formación del Profesorado, Investigación e Innovación Educativa (IFIIE)*. Recuperado el 08 de 02 de 2011, de http://www.educacion.es/cide/jsp/plantilla.jsp?id=inn04

Ministerio de Educacion de Argentina. (s.f). *Educacion del Transeunte*. Recuperado el 30 de 03 de 2011, de http://coleccion.educ.ar/coleccion/CD16/contenidos/docente/textos/index.html

Ministerio de Transporte. (2010). *Ministerio de Transporte de Colombia*. Recuperado el 10 de 02 de 2011, de http://www.mintransporte.gov.co/portal/page/portal/mintransporte

Ministerio de transporte de Colombia. (s.f). *Código de Tránsito de Colombia*. Recuperado el 08 de 02 de 2011, de http://www.colombia.com/noticias/codigotransito/t1c1.asp

Moroni Sport. (2011). *¿Que son los frenos ABS y como funcionan?* Recuperado el 15 de 09 de 2011, de http://www.moronisport.com/con13.php

Neoteo ABC. (2011). *Google: Coches que se conducen solos.* Recuperado el 10 de 09 de 2011, de http://www.neoteo.com/google-coches-que-se-conducen-solos

Organización mundial de la salud y Banco Mundial. (2004). *Reporte: Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito.* Ginebra: Margaret Peden.

Patrullas del Futuro. (2010). *Patrullas del Futuro*. Recuperado el 06 de 10 de 2011, de http://www.patrullasdelfuturo.com/radares.html

Presidencia de la República. (2009). *Constitución Política de Colombia.* Bogotá D.C.

Ramirez, A. (2005). *Disposición a pagar por reducir la congestión vehicular en las vías primarias de la ciudad de México.* Puebla: Universidad de las Américas Puebla.

Real Academia de la Lengua Española. (2010). *Búsqueda "tránsito" y "tráfico"*. Recuperado el 23 de 05 de 2011, de http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=tr%C3%A1nsito

Real Academia de la Lengua Española. (2010). *Búsqueda "transporte"*. Recuperado el 15 de 08 de 2011, de http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=transporte

Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española, vigésima segunda Edición.* Madrid.

REUNA. (2009). *Red de estensión académica de la Universidad Nacional*. Recuperado el 15 de 09 de 2011, de reuna.unalmed.edu.co: http://www.reuna.unalmed.edu.co/temasdeinteres/Municipios/detalles.php?id=63

Revista Consumer. (2009). *6 sistemas "manos libres" para el teléfono móvil por Bluetooth.* Recuperado el 20 de 09 de 2011, de http://revista.consumer.es/web/es/20090201/actualidad/analisis2/74560_3.php

RITA. (2011). *Chapter 5 - Electronic Toll Collection System.* Recuperado el 03 de 10 de 2011, de http://ntl.bts.gov/lib/jpodocs/edldocs1/13480/ch5.pdf

Sánchez, J. (2009). Recuperado el 20 de 09 de 2011, de Seguridad vial definición y factores de riesgo: http://prof-ipm-libertador.espacioblog.com/post/2009/12/03/seguridad-vial-definicion-y-factores-riesgo

SARTRE. (2011). *About the SARTRE project.* Recuperado el 15 de 09 de 2011, de http://www.sartre-project.eu/en/about/Sidor/default.aspx

Secretaria de Transito de Medellin. (2010). *Medellin Portal de Ciudad*. Recuperado el 20 de 02 de 2011, de http://www.medellin.gov.co/transito/index.html

Secretaría de Transporte y Tránsito de Itagüí. (2011). *Tránsito Itagui*. Recuperado el 15 de 05 de 2011, de http://www.transitoitagui.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=27

Stalay, & Moore. (s.f). Mobility First., (pág. 146).

SunPass Prepaid Toll Program. (2010). *Cómo funciona SunPass*. Recuperado el 15 de 09 de 2011, de https://www.sunpass.com/howSunPassWorks

Superintendencia de Puertos y Transporte. (2009). *Normatividad*. Recuperado el 23 de 09 de 2011, de http://www.supertransporte.gov.co/super/

Supermotor. (2009). *EL CONTROL DE VELOCIDAD DE CRUCERO ADAPTATIVO*. Recuperado el 30 de 09 de 2011, de http://www.supermotor.com/revista/seguridad-vial/273694/velocidad-crucero-adaptativo-acc-seguridad-conductor.html

Tamiz. (2008). *Inventos ingeniosos – El airbag*. Recuperado el 01 de 10 de 2011, de http://eltamiz.com/2008/06/26/inventos-ingeniosos-el-airbag/

The Transit Wire. (2011). *The Transit Wire.com*. Recuperado el 10 de 09 de 2011, de Information on emerging transit technology: http://www.thetransitwire.com/

Thomson, I., & Bull, A. (2002). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. *Revista de la Cepal 76*, 109-121.

Toynbee, A. (1967). *Cities of Destiny.* McGraw-Hill.

Traffic Center Caracas. (2011). *Traffic Center Caracas.* Recuperado el 08 de 09 de 2011, de http://www.trafficcenter.com.ve/TrafficCenter.aspx

Transportation Tech. (2011). *Traffic Control Signs for Transportation*. Recuperado el 28 de 09 de 2011, de http://www.transportation-tech.com/products/transportation/

Twitter. (2011). *About*. Recuperado el 15 de 09 de 2011, de http://twitter.com/about

TYSSA. (2010). *Detectores elevados de datos de tránsito*. Recuperado el 01 de 10 de 2011, de http://www.tyssatransito.com/pag_4.htm

U.S. Department of transportation. (s.f). *Transit technology fact sheets*. Recuperado el 14 de 09 de 2011, de http://www.pcb.its.dot.gov/factsheets/Overview.asp

United Kingdom Department for Transport. (s.f). *United Kingdom Department for Transport*. Recuperado el 01 de 04 de 2011, de http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/tss/tsmanual/

United States Department of Transportation. (s.f.). *About DOT*. Recuperado el 25 de 03 de 2011, de s.f: http://www.dot.gov/about.html

United States Government. (08 de 09 de 2011). *The global Positioning System*. Recuperado el 01 de 10 de 2011, de http://www.gps.gov/systems/gps/

Varo Martínez, E. P., & Torres Pintor, M. T. (2009). Inclusión de las tecnologias de la información y la comunicación en las diferentes materias. Córdoba.

Washington State Department of Transportation. (2011). *How Good To Go! Works*. Recuperado el 07 de 10 de 2011, de http://www.wsdot.wa.gov/goodtogo/

World Bank Group. (09 de 2010). *The World Bank*. Recuperado el 10 de 03 de 2011, de Transport: http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTTRANSPORT/0,,contentMDK:21517582~menuPK:337124~pagePK:148956~piPK:216618~theSitePK:337116,00.html

World Bank Group. (09 de 2010). *Transport*. Recuperado el 10 de 03 de 2011, de http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTTRANSPORT/0,,contentMDK:21517582~menuPK:337124~pagePK:148956~piPK:216618~theSitePK:337116,00.html

Wyard, A. (s.f). *Demystifying Information Technology.* Recuperado el 15 de 09 de 2011, de http://www.counterbalance.org/itdemyst/itdemyst-print.html

Zuleta, M. (03 de 04 de 2011). El transito en el municipio de Itagüí. (P. Hernández, Entrevistador)