

Maestría en Ingeniería Civil

Diagnóstico del aporte de nuevos Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en georreferenciación dinámica para la planificación del tránsito y transporte para la ciudad de Bogotá D.C.

Siervo Andrés Aguirre Benavides

Bogotá, D.C., 08 de agosto de 2018



Diagnóstico del aporte de nuevos Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en georreferenciación dinámica para la planificación del tránsito y transporte para la ciudad de Bogotá D.C.

Tesis para optar por el título de Magister en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte

PhD. Carlos Felipe Urazán Bonells
Director

Bogotá, D.C., 08 de agosto de 2018



Nota de aceptación

El trabajo de grado “Diagnóstico del aporte de nuevos sistemas inteligentes de transporte (ITS) en georreferenciación dinámica para la planificación del tránsito y transporte para la ciudad de Bogotá D.C.”, presentado para optar por el título de Magister en Tránsito y Transporte, cumple con los requisitos establecidos y recibe nota aprobatoria.

PhD. Carlos Felipe Urazán Bonells
Director de la tesis

MSc. Santiago Henao Pérez
Jurado

MSc. Maritza Cecilia Villamizar Roperro
Jurado

Bogotá, D.C., 08 de agosto de 2018

Dedicatoria

Este trabajo de grado es dedicado a Dios como ser supremo, quien nos bendice con salud y fortaleza para enfrentar cada día.

Aprovechamos la oportunidad para dar un reconocimiento especial a mi familia, quienes me apoyaron y orientaron de la mejor forma para el logro de esta importante meta.

A mis compañeros de clase y profesores de quienes aprendimos nuevos conocimientos, gracias a su amplia experiencia en el campo de la Ingeniería de Tránsito y Transporte, lo cual seguramente se verá reflejado en nuestra vida profesional.

Resumen

Si bien las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) vienen jugando un papel central en nuestra sociedad, es poco lo que se ha estudiado acerca de las transformaciones, beneficios y consecuencias que ha inducido la adopción de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), sobre el modo de explotación y aprovechamiento de datos en tiempo real para la gestión del transporte en la ciudad de Bogotá. El documento busca generar un gran aporte para futuros procesos de investigación de la Universidad, profundizando en las técnicas de explotación y recolección de información dinámica más utilizadas para la planificación del transporte.

A partir de esto, se presenta un análisis de las fuentes de recolección de datos para la evaluación de variables fundamentales del tránsito y transporte en la ciudad de Bogotá, además de una serie de conceptos relacionados con el análisis de la incidencia de servicios ITS, en las distintas dimensiones orientadas a los sectores del transporte, enfatizando en la línea de investigación enfocada a los procesos de toma de información en tiempo real en la ciudad.

Para ello se estructura el texto en cuatro capítulos principales: La primera parte consiste en un análisis sobre las estrategias, iniciativas y buenas practicas a nivel nacional y mundial, por la incorporación de servicios ITS para la obtención y gestión de datos en tiempo real, enmarcados dentro de los ámbitos funcionales de un modelo de Ciudad Inteligente (Smart City) y basados en una exhaustiva revisión bibliográfica, pasando en el segundo apartado a un análisis de la gestión de recursos a nivel de inversión por la incorporación de estos servicios y recursos tecnológicos, considerando aspectos como tipo de datos a recolectar, la precisión y fiabilidad que presentan dichos datos, su complejidad de instalación, calibrado y mantenimiento así como su costo.

Posteriormente, se realiza un análisis del aporte que generan los sistemas de navegación en tiempo real a los usuarios, con el fin de identificar tendencias de decisión, valorando su utilidad, describiendo sus ventajas y las limitaciones de acuerdo a la percepción del usuario, para finalizar el documento con el desarrollo de una serie de propuestas, iniciativas y análisis de nuevas soluciones ITS para la explotación de datos en tiempo real en la ciudad de Bogotá.

PALABRAS CLAVES: Sistemas Inteligentes de Transporte, Tecnología de la Información y la Comunicación, Ciudad Inteligente, Smart City, Sistemas de Navegación en Tiempo Real.

Abstract

Even though Information and Communication Technologies (ICT) are playing a central role in our society, little has been studied about the transformations, the benefits and the consequences that the adoption of Intelligent Transportation Systems (ITS) has induced, on the mode of exploitation and use of real-time data for transportation management in the city of Bogotá. The document seeks to generate a great contribution for future research processes of the University, deepening in the most used techniques of exploitation and collection of dynamic information for the transportation planning.

Based on this, an analysis of the data collection sources for the evaluation of traffic and transportation fundamental variables in the city of Bogotá is presented, as well as a series of concepts related to the analysis of the incidence of ITS services, in the different dimensions oriented to the transportation sectors, emphasizing in the line of research focused on the processes of capturing real-time information in the city.

For this, the text is structured into four main chapters: The first part consists in an analysis of strategies, initiatives and good practices at national and global levels, by the incorporation of ITS services for obtaining and managing data in real time, framed within the functional scopes of a Smart City model and based on an exhaustive bibliographic review, going in the second section to an analysis of resource management at investment level by the incorporation of these services and technological resources, considering aspects such as the type of data to be collected, the accuracy and reliability that present these data, their installation, calibration and maintenance complexity, as well as their cost.

Afterwards, an analysis of the contribution generated by the real-time navigation systems to users is carried out, in order to identify decision trends, valuing their utility, describing their advantages and limitations according to the user's perception, to finalize the document with the development of a series of proposals, initiatives and analysis of new ITS solutions for the exploitation of real-time data in the city of Bogotá.

KEYWORDS: Intelligent Transportation Systems, Information and Communication Technology, Smart City, Real-Time Navigation Systems.

Contenido

Resumen.....	5
Abstract.....	6
Glosario.....	17
Introducción	18
Metodología de la investigación	22
Justificación y Planteamiento del problema	22
Objetivos.....	24
Objetivo general.....	24
Objetivos específicos	24
1. Marco teórico y estado del arte	25
1.1 Las ciudades inteligentes (Smart Cities)	26
1.1.1 Introducción a las ciudades inteligentes.....	26
1.1.2 Ámbitos funcionales que configuran los servicios inteligentes en las Smart Cities	32
1.1.3 Estudios de casos internacionales de las Smart Cities	35
1.1.4 Análisis de la situación actual de Bogotá hacia una Smart City	46
1.2 Sistemas inteligentes de transporte (ITS)	50
1.2.1 Introducción a los ITS.....	50
1.2.2 El desafío de las ITS en las ciudades del mundo	54
1.2.3 Identificación de los servicios ITS.....	55
1.2.4 Logros y experiencias obtenidas por la incorporación de ITS	63
1.3 Panorama de los ITS y las TIC para el sector del transporte en Colombia	77
1.3.1 Escenario actual de los ITS en la ciudad de Bogotá.	79
1.4 La ciencia de manejar grandes bases de datos o big data	94

1.4.1	El big data	94
1.4.2	Data mining y Data science	97
1.4.3	Internet de las cosas (Iot)	99
1.5	Productividad y explotación de los datos en la ciudad de Bogotá.....	100
1.5.1	Estrategias actuales para el aprovechamiento de los datos en la ciudad de Bogotá.....	101
1.5.2	Métodos tradicionales para la toma de información en la ciudad de Bogotá.....	123
2.	Gestión de recursos para la toma de información y decisión en tiempo real	128
3.	Análisis del aporte de los sistemas de navegación en tiempo real	139
4.	Propuestas y análisis de soluciones ITS para la explotación de datos en tiempo real.....	148
4.1	Iniciativas para la utilización de plataformas y manejo de la información en tiempo real.....	149
	Conclusiones	159
	Recomendaciones	162
	Bibliografía	164
	Anexos	179

Lista de figuras

<i>Figura 1</i>	Ámbitos funcionales de una Smart City (ISO-37120-2014)	32
<i>Figura 2</i>	Características de una Smart City EU.....	33
<i>Figura 3</i>	Modelo de Ciudad Inteligente – IBM.....	34
<i>Figura 4</i>	La base de la Smart City	35
<i>Figura 5</i>	Esquema red inalámbrica para control de tráfico	52
<i>Figura 6</i>	Entorno de un Sistema Inteligente de Transporte.....	53
<i>Figura 7</i>	Tecnologías y servicios ITS desacoplados por niveles.....	56
<i>Figura 8</i>	Beneficios de las aplicaciones de servicios ITS	62
<i>Figura 9</i>	Sistema de Gestión Inteligente	63
<i>Figura 10</i>	Seguridad y movilidad peatonal	64
<i>Figura 11</i>	Sistema de detección peatonal	64
<i>Figura 12</i>	Detección y presencia de vehículos	64
<i>Figura 13</i>	Sistema de detección vehicular.....	64
<i>Figura 14</i>	Sistemas de detección y monitoreo.....	65
<i>Figura 15</i>	Interfaz control de tráfico adaptativo.....	65
<i>Figura 16</i>	Plataformas para el Sistema de tráfico adaptativo	65
<i>Figura 17</i>	Sistema de detección de placas vehiculares.....	66
<i>Figura 18</i>	Sistemas de monitoreo y recolección de datos	66
<i>Figura 19</i>	Monitoreo de direcciones Wi-Fi.....	66
<i>Figura 20</i>	Gestión de la velocidad de las vías	66
<i>Figura 21</i>	Gestión y control del tránsito.....	67
<i>Figura 22</i>	Detección Automática de Incidentes - DAI.....	67
<i>Figura 23</i>	Detección de vehículos en pasos a nivel.....	67
<i>Figura 24</i>	Detección de personas en las vías.....	67
<i>Figura 25</i>	Ola verde para el ciclista.....	68
<i>Figura 26</i>	Vehículos conectados	68
<i>Figura 27</i>	Información a bordo del Vehículo	68
<i>Figura 28</i>	Información de transporte publico	68

<i>Figura 29</i> Proporción de Gasto en TIC Colombia (Sector/Total)	78
<i>Figura 30</i> Diagrama de Interrelación Componentes del SIT – PMM	81
<i>Figura 31</i> Diagrama funcional del SIT - Secretaría Distrital de Movilidad.....	81
<i>Figura 32</i> Centro de Gestión del Tráfico de Bogotá	82
<i>Figura 33</i> Cámaras para tráfico semiactuado KR 33.....	83
<i>Figura 34</i> Cámaras para tráfico semiactuado CL 80.....	83
<i>Figura 35</i> Sensor wifi-bluetooth carril mixto.....	84
<i>Figura 36</i> Sensor wifi-bluetooth Troncales.....	84
<i>Figura 37</i> Sensores de conteo vehicular	84
<i>Figura 38</i> Ubicación sensores de conteo vehicular	84
<i>Figura 39</i> Sensores para conteo de bicicletas.....	85
<i>Figura 40</i> Ubicación sensores para conteo de bicicletas	85
<i>Figura 41</i> Cámaras de video detección de Placas	85
<i>Figura 42</i> Cámaras de video detección Placas AK 68	85
<i>Figura 43</i> Sistema de detección por Radar - CL 80	86
<i>Figura 44</i> Sistema de detección por Radar.....	86
<i>Figura 45</i> Sistema de gestión de flotas de transporte público.....	88
<i>Figura 46</i> Centro de Control de Transmilenio	88
<i>Figura 47</i> Equipamiento a bordo del vehículo	89
<i>Figura 48</i> Validación en Estaciones y Portales	91
<i>Figura 49</i> Validación a bordo del bus	91
<i>Figura 50</i> Sistema inteligente para el transporte SAE.....	91
<i>Figura 51</i> Elementos que caracterizan el Big Data	95
<i>Figura 52</i> Extracción de valor de Data Science.	98
<i>Figura 53</i> Dimensiones de la comunicación en las TIC.....	100
<i>Figura 54</i> Nivel de servicio plataforma Bitcarrier	103
<i>Figura 55</i> Sensores O/D plataforma Bitcarrier.....	104
<i>Figura 56</i> Mapas de calos con sensores O/D plataforma Bitcarrier	104
<i>Figura 57</i> Históricos plataforma Bitcarrier	105
<i>Figura 58</i> Visor Waze Traffic View – SDM	107
<i>Figura 59</i> Resumen visual del tráfico Visor Waze Traffic View – SDM.....	107

<i>Figura 60</i>	Crowdsourcing en la práctica SDM - Waze	108
<i>Figura 61</i>	Informe de Tráfico Fastrack	110
<i>Figura 62</i>	Análisis de Tráfico Fastrack	111
<i>Figura 63</i>	Visor Plataforma Mobility Bitcarrier - SDM.....	111
<i>Figura 64</i>	Visor de Esquemas Uber Movement	112
<i>Figura 65</i>	Visor Plataforma Sinóptico – SAE.....	118
<i>Figura 66</i>	Visualización geográfica – SAE.....	118
<i>Figura 67</i>	Visor estado comunicación por fonía – SAE.....	119
<i>Figura 68</i>	Visor herramienta web DatoSae - ruta.....	119
<i>Figura 69</i>	Visor herramienta web DatoSae - Sección	120
<i>Figura 70</i>	Visor herramienta web Isaenext cliente ligero.	120
<i>Figura 71</i>	Impacto de las aplicaciones telemáticas en el transporte urbano.....	122
<i>Figura 72</i>	Aforos con equipos manuales	123
<i>Figura 73</i>	Aforos encuestas Origen - Destino	123
<i>Figura 74</i>	Aforo método tradicional, esquema de localización y movimientos por aforador ...	126
<i>Figura 75</i>	Ejemplo esquema de localización y movimientos por aforador	129
<i>Figura 76</i>	Instalación sistemas cámaras de video detección.	129
<i>Figura 77</i>	Sistemas cámaras de video detección Scout.	131
<i>Figura 78</i>	Costos por servicio Miovision	132
<i>Figura 79</i>	Interfaz de servicio Miovision	134
<i>Figura 80</i>	Sistema de reconocimiento de placa ALPR.....	135
<i>Figura 81</i>	Estructura sistema cámaras ALPR.....	135
<i>Figura 82</i>	Sistema Bitcarrier para captar señal Wifi y Bluetooth	150
<i>Figura 83</i>	Sección transversal sistema Bitcarrier para captar señal Wifi y Bluetooth	151
<i>Figura 84</i>	Tecnología con arquitectura estandarizada por tipo de vehículo.....	152
<i>Figura 85</i>	Sistema identificador de capacidad vehicular.....	152
<i>Figura 86</i>	Sistema de detección vehicular con etiquetas RFID.....	153
<i>Figura 87</i>	Identificador de demanda peatonal con tarjetas inteligentes, NFC y RFID	155
<i>Figura 88</i>	Identificador de demanda peatonal con sistemas NFC y RFID en estaciones.....	155
<i>Figura 89</i>	Identificador de demanda peatonal con sistemas NFC y RFID embarcado en buses	155
<i>Figura 90</i>	Sistema con tarjetas inteligentes, chip NFC o etiquetas RFID	156

<i>Figura 91</i>	Sistema de pago e identificación de chip NFC o etiquetas RFID.....	156
<i>Figura 92</i>	Movilidad - Transporte Compartido.....	179
<i>Figura 93</i>	Movilidad - Protección de conexión.....	179
<i>Figura 94</i>	Movilidad - Gestión integrada del corredor (ICM) por VMS	179
<i>Figura 95</i>	Movilidad - ICM por dispositivos móviles.....	179
<i>Figura 96</i>	Movilidad - ICM Monitoreo por vehículo varado.....	180
<i>Figura 97</i>	Movilidad -ICM Centro de Gestión.....	180
<i>Figura 98</i>	Movilidad -Advertencia de cola y velocidad en la vía.	180
<i>Figura 99</i>	Movilidad - Captura y gestión de datos	180
<i>Figura 100</i>	Movilidad - Gestión uniforme para evacuación vehículo varado en vía.	181
<i>Figura 101</i>	Seguridad - Advertencia de infracción de luz roja	181
<i>Figura 102</i>	Seguridad - Advertencia de la zona de trabajo	181
<i>Figura 103</i>	Seguridad - Ayuda de pausa de señal de parada.....	181
<i>Figura 104</i>	Seguridad - Seguridad del vehículo conectado al ferrocarril.....	182
<i>Figura 105</i>	Seguridad – Giro vehicular de riesgo	182
<i>Figura 106</i>	Seguridad - Giro a la izquierda en el camino.....	182
<i>Figura 107</i>	Seguridad - Advertencia de cambio de carril.....	182
<i>Figura 108</i>	Seguridad - Asistencia de movimiento de intersección	183
<i>Figura 109</i>	Seguridad - Advertencia de velocidad de curva	183
<i>Figura 110</i>	Seguridad - Advertencia de colisión frontal del camión.....	183
<i>Figura 111</i>	Seguridad - Advertencia de luz de freno	183
<i>Figura 112</i>	Seguridad - Advertencia de peatones de la parada de autobús de tránsito	184
<i>Figura 113</i>	Seguridad - Peatón en paso de peatones señalizado	184
<i>Figura 114</i>	Seguridad - Peatón en riesgo	184
<i>Figura 115</i>	Seguridad - Información para mantenimiento y sistemas de gestión de flotas.....	185
<i>Figura 116</i>	Clima - Gestión del tráfico sensible al clima.....	185
<i>Figura 117</i>	Clima - Información y enrutamiento para respondedores de emergencia.	185
<i>Figura 118</i>	Clima - Información para operadores de carga.....	186
<i>Figura 119</i>	Clima - Advertencias de los conductores y viajeros.....	186
<i>Figura 120</i>	Medio ambiente - Enfoque ecológico y salida en intersecciones señalizadas	186
<i>Figura 121</i>	Medio ambiente - Prioridad de señal de eco-tráfico	187

<i>Figura 122</i> Medio ambiente - Prioridad Señal Eco-Freight	187
<i>Figura 123</i> Medio ambiente - Temporización de señal de eco-tráfico.....	187

Lista de tablas

Tabla 1 Proyección de parque automotor en Colombia, 2010 – 2040.....	18
Tabla 2 Ciudades que adoptaron el concepto de ciudades inteligentes.	36
Tabla 3 Siglas del dominio de los Servicios ITS según la ISO-TC204 (ISO 14813-2007).....	56
Tabla 4 Servicios ITS según la ISO-TC204 (ISO 14813-2007)	57
Tabla 5 Servicios ITS específicos en cada área del transporte	59
Tabla 6 Soluciones e iniciativas para la prestación del Servicio ITS	64
Tabla 7 Iniciativas, estudios exploratorios y programas para la incorporación de ITS	69
Tabla 8 Actividades desarrolladas por la plataforma Connected Citizens de Waze.....	109
Tabla 9 Información recopilada para la gestión del sistema de transporte	109
Tabla 10 Plataformas de crowdsourcing relacionadas con el transporte	113
Tabla 11 Sistemas que apoyan la gestión del SAE	121
Tabla 12 Estudios contrato de monitoreo ciudad de Bogotá. D.C.....	124
Tabla 13 Componentes programa de monitoreo ciudad de Bogotá.....	125
Tabla 14 Distribución de turnos de aforadores según componente	127
Tabla 15 Total aproximado de tomas de información por contrato de monitoreo 2014.....	127
Tabla 16 Comparativo por inversión con sistema de cámaras (bucle virtual).....	130
Tabla 17 Comparativo por inversión con sistema de video “Scout”	132
Tabla 18 Comparativo por inversión con sistema video sobre estructura disponible.....	133
Tabla 19 Comparativo por inversión con sistema de cámaras ALPR	135
Tabla 20 Análisis propuesta comercial fabricantes de sistemas de analítica de video	136
Tabla 21 Respuestas obtenidas de la encuesta de percepción.....	141

Lista de anexos

Anexo A	Iniciativas ITS del US-DOT para vehículos conectados.....	179
Anexo B	Matriz de información disponible y recolectada para la gestión del SITP.....	188
Anexo C	Resumen de sensores y fuentes de datos basados en su costo, fiabilidad y precisión.	196
Anexo D	Formato encuestas de preferencias relevadas en Google Forms	199

Lista de siglas

AENOR:	Asociación Española de Normalización y Certificación
ALPR:	Reconocimiento Automático de Matrículas o Automatic Licence Plate Recognition
AMETIC:	Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información y Comunicaciones y Contenidos Digitales
APP:	Asociaciones Público Privadas
AVI:	Identificación automática de vehículos
AVL:	Localización Vehicular Automatizada o Automatic Vehicle Location
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
BRT:	Bus de Tránsito Rápido o Bus Rapid Transit, por sus siglas en ingles.
CAF:	Corporación Andina de Fomento del Banco de Desarrollo de América Latina
CCIT:	Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones
CCP:	Programa de Ciudades Conectadas o Connected Citizens Program
CCTV:	Circuito Cerrado de Televisión
CGT:	Centro de Gestión de Transito
DAI:	Detección Automática de Incidencias
DNP:	Departamento Nacional de Planeación
EODH:	Encuesta Origen-Destino de Hogares
EODI:	Encuesta Origen-Destino de Interceptación
ETB:	Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá
ETSI:	European Telecommunications Standards Institute
EVR	Electronic Vehicle Registration o Reconocimiento Electrónico de Vehículos
GICI:	Grupo Interplataformas de Ciudades Inteligentes
HOV:	Carriles para vehículos de alta ocupación o High Occupancy Vehicle
IBM:	International Business Machines o Máquina de Negocios Internacionales.
IDECA:	Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital.
IOT:	Internet de las cosas o Internet of things, por sus siglas en ingles.

ISO:	Organización Internacional de Estandarización o International Organization for Standardization
ITS:	Sistemas Inteligentes de Transporte o Intelligent Transportation Systems
MINTIC:	Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones
MIT:	Massachusetts Institute of Technology
NFC:	Tecnología inalámbrica de corto alcance o Near Field Communication
PMM:	Plan Maestro de Movilidad
PMT:	Plan de Manejo de Transito
RFID:	Identificación por Radio Frecuencia o Radio Frequency Identification
RTC:	Revista Tecnológica Colombiana
RUNT:	Registro Único Nacional de Transito
SAE:	Sistema de Ayuda a la Explotación de datos
SDM:	Secretaria Distrital de Movilidad
SER:	Servicio de Estacionamiento Regulado
SIG:	Sistemas de Información Geográfica
SIGAT:	Sistema de Información Geográfico de Accidentes de Tránsito
SIMUR:	Sistema Integrado de Información de Movilidad Urbano Regional
SIRCI:	Subsistema Integrado de Recaudo, Control, Información y Servicio al Usuario
SIT:	Sistema Inteligente de Transporte
SITP:	Sistema Integrado de Transporte Público
TETRA:	Terrestrial Trunked Radio, estándar definido por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación
TIC:	Tecnologías de la Información y Comunicación
US-DOT:	Departamento de Transporte de Estados Unidos o US Department of Transportation
VIP	Procesamiento de Imágenes de Vídeo

Glosario

Crowdsourcing: Es un proceso mediante el cual grandes grupos de personas participan aportando ideas o retroalimentación sobre soluciones a problemas específicos, lo que les permite generar ideas de perspectivas muy diferentes a las que se pueden ofrecer con una visión desde el interior de una empresa, aprovechando la información de manera eficiente. (Marketing, 2011)

Estudios exploratorios: Ofrecen un primer acercamiento al problema que se pretende estudiar y conocer, se realiza para conocer el tema que se abordará, lo que nos permita “familiarizarnos” con algo que hasta el momento desconocíamos. (Universia, 2017).

Iniciativa pública: La idea conceptual del proyecto es estructurada por la entidad pública con participación del sector privado. La fuente de pago del proyecto puede ser a través de aportes de recursos públicos, de la explotación económica del APP o una combinación de éstas. (UAESP, 2014)

Inteligencia computacional: Es un término que engloba numerosas disciplinas de la Inteligencia Artificial, que se emplean con el fin de resolver problemas complejos difíciles de solucionar con técnicas computacionales más tradicionales. (GII, 2014).

Planificación del transporte: Refleja las relaciones que se establecen entre las diferentes actividades de la ciudad, si se desea proveer condiciones de desplazamiento y tiempos de viaje aceptables, y simultáneamente mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad, es imprescindible concebir la planificación del transporte completamente integrada a la planificación de la ciudad y sus usos de suelo. (CEPAL, 2004, p.2).

Selección dinámica / responsivo: Modo de operación basado en la selección automática de un plan semafórico disponible en una librería de planes y previamente diseñada fuera línea para unas condiciones determinadas. La selección se realiza por parte del sistema central en función de los datos de los detectores. (Velázquez, 2009).

Selección actuado / semiactuado: Modo de operación basado en que el propio controlador partiendo de un plan de tráfico inicial realiza modificaciones en tiempo real según la información proporcionada por los sensores que dispone. (Velázquez, 2009).

Selección adaptativo: Modo de operación basado en que la aplicación/servidor central partiendo de un plan de tráfico inicial realiza modificaciones. Se caracteriza por la utilización de modelos alimentados por datos de detectores en tiempo real y la modificación de los parámetros de los planes de tráfico con una frecuencia superior a una vez por ciclo. (Velázquez, 2009).

Introducción

Los planteamientos enfocados hacia los problemas del transporte en la ciudad de Bogotá van mucho más allá de la búsqueda de soluciones prácticas para la gestión del tránsito y transporte. La movilidad se ha convertido en un reto para todos los ciudadanos y los encargados de llevar a cabo los procesos de gestión del transporte, por lo tanto, aun cuando se vienen evaluando constantemente alternativas encaminadas a mejorar los problemas de congestión, incremento de tiempos de viaje, seguridad vial, entre otros, las iniciativas públicas no han resultado de la manera esperada.

Estos problemas asociados al transporte podrían verse reducidos si se cuenta con información más precisa y fiables con respecto a las características de los viajes en la ciudad (periodos horarios, origen, destino, modo y ruta, velocidades de operación y análisis de las variables del flujo vehicular). Uno de los problemas principales está enfocado al uso del vehículo particular en la ciudad, ya que autores como Acevedo (2009) establecen que el crecimiento del parque automotor no se detendrá y se mantendrá la tendencia por lo menos hasta el 2040, como se observa en la Tabla 1.

De igual manera, según el Reporte Anual de Movilidad del año 2015 desarrollado por la Universidad de los Andes y la Cámara de Comercio de Bogotá, se encontró que en el año 2015 se obtuvo un incremento del parque automotor del 6% en relación al 2014 con un total de 1.562.476 vehículos particulares y 98.898 vehículos nuevos, con tiempos promedios de viajes de 44 minutos en 2015 y 40 minutos en 2014, de igual manera las motos se incrementaron en un 9% frente al 2014.

Tabla 1 Proyección de parque automotor en Colombia, 2010 – 2040

Año	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Población del país (millones)	45,5	48,2	50,9	53,6	56,3	59,0	61,7
Número de carros (millones)	3,0	3,7	4,6	5,9	7,3	8,8	10,4
Número de motos (millones)	2,4	4,0	5,9	7,8	9,4	11,3	12,9

Fuente: El transporte como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040 (Acevedo, 2009)

En atención a esto, considerando los resultados obtenidos en estudios realizados para la ciudad de Bogotá, es necesario establecer e implementar mecanismos adecuados para obtener

información que permita conocer los patrones de viaje de los habitantes de la región dado los incrementos anuales del parque automotor, con el fin de estructurar planes y estrategias de desarrollo para mejorar en las condiciones de movilidad que se traduzcan en beneficios en la calidad de vida de los ciudadanos.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que la puesta en marcha de la implementación de los ITS en la ciudad de Bogotá ha presentado contratiempos y barreras, la integración de la información para la gestión, administración y disminución de los tiempos de respuesta a los incidentes de movilidad, así como el aprovechamiento de nuevas tecnologías para la planificación del tránsito y transporte, representan un factor importante para el análisis de alternativas, por lo cual se hace indispensable indagar sobre los aportes generados en cuanto al manejo efectivo de recursos tecnológicos y estudios enfocados al potencial que presentan los ITS, teniendo en cuenta la proyección de Bogotá como una Ciudad Inteligente o Smart City.

De esta manera, el presente documento pretende establecer los aportes más relevantes para la evaluación y análisis de posibles alternativas con alto potencial de uso en la ciudad de Bogotá, buscando solucionar mediante la utilización de nuevos escenarios para los ITS, distintos problemas de tránsito y transporte en la región, aplicando tecnologías avanzadas de comunicación e información, con el objetivo de mejorar el nivel de servicio en las vías, la seguridad vial y mejorar los tiempos de viaje, entre otros aspectos.

Este documento aporta una visión general sobre la utilización de ITS para la captura de datos aplicada al transporte. Para ello se estructura el texto en cuatro capítulos principales, integrando conocimientos adquiridos a lo largo del ejercicio académico.

Por lo tanto, su desarrollo inicia con la identificación de conceptos claves, formulaciones prácticas y técnicas resultado de la exhaustiva revisión bibliográfica, que pueden afirmarse como una constante importante dentro de los procesos de implementación y aplicación de nuevas tecnologías para la planificación del tránsito y transporte en la ciudad de Bogotá.

Para ello, se contempló varias etapas, la primera corresponde a la identificación y caracterización de los conceptos relacionados con las ciudades inteligentes, con el objetivo de definir sus particularidades, casos de estudio y buenas prácticas, lo que permite ubicar al lector en el contexto del trabajo basado en los temas puntuales de la dinámica del transporte y los sistemas de recolección de información en tiempo real a nivel local y mundial.

La segunda corresponde a la elaboración de un diagnóstico del sector relacionado con la implementación de ITS, con el fin de identificar las necesidades para la aplicación de nuevas estrategias para la planificación del transporte en la ciudad. La tercera presenta el panorama actual de las ITS y las TIC para el sector transporte a nivel nacional. La cuarta muestra los conceptos básicos sobre los procesos que implican la utilización de grandes bases de datos o Big Data y sus desafíos para la ciudad de Bogotá.

La quinta se enfoca en los aportes que se generan por la utilización de servicios ITS y Big data, abordando los temas movilidad en cuanto a los mecanismos e información disponible para los procesos de explotación, medición del desempeño y valor que le damos a la información, a fin de optimizar los procesos que intervienen en la planificación del tránsito y transporte.

Posteriormente, una vez identificadas las necesidades del sector, casos de estudio y buenas prácticas, se procede a la particularización de los servicios ITS en cuanto a la identificación de los beneficios asociados a la implementación de estos recursos tecnológicos en la ciudad, se realiza un comparativo a nivel de gasto público entre los recursos asignados en los procesos de toma de información tradicional y recursos necesarios para la prestación del servicio de recolección de información en tiempo real mediante ITS, explicados de manera adecuada para diferentes escenarios.

Una vez detallado el análisis de recursos necesarios para su implementación y elaborada una guía de evaluación, se realiza un análisis del aporte que generan los sistemas de navegación en tiempo real, mediante el desarrollo de una encuesta de preferencias relevadas, con el fin de identificar tendencias de decisión por parte de los usuarios.

La validación de los datos, resultado de la encuesta realizada contempla varios componentes relacionados con la identificación de tendencias, una es la percepción que tienen los usuarios con la garantía asociada a la calidad de la precisión posicional de la información geográfica y datos espaciales suministrada por las aplicaciones, importante para diseñar estrategias que puedan reducir las externalidades del transporte en la ciudad, y otra el grado de conocimiento del tema desarrollado en el presente trabajo.

Así mismo se identifica una serie iniciativas, propuestas y análisis de nuevas soluciones ITS para la explotación de datos en tiempo real, asequible y enfocado al aprovechamiento de recursos ITS existente en la ciudad de Bogotá, como instrumentos impulsador de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Estos pueden aplicar no solo a las entidades adscritas al sector transporte, sino que pueden ser explotadas por las entidades de cualquiera de los sectores del gobierno, puesto que estas iniciativas presentan alto grado de aprovechamiento.

Las conclusiones y recomendaciones, son tratadas al final de la Tesis, como resumen de este desarrollo, sirven de punto de partida a una investigación entre la universidad y la empresa privada, con lo que se pretende dar soluciones a los sistemas de gestión de tráfico y generar repercusiones, tanto en lo técnico, social como en lo económico.

Metodología de la investigación

El proceso metodológico utilizado se clasifica como un estudio cuantitativo y cualitativo, donde se utiliza la recolección de información a fin de dar alcance a la pregunta de investigación. Por lo tanto, el presente documento se basa en una metodología exhaustiva de revisión de fuentes directas, estrategias y documentación de antecedentes relacionada con el objeto principal de proyecto.

De igual manera, teniendo en cuenta cada uno de los planteamientos descritos en los objetivos propuestos del trabajo, la metodología utilizada expresa una relación clara y concisa de cada una de las etapas en la intervención del proyecto con el fin de dar cumplimiento al objetivo principal mediante el desarrollo de cada capítulo. Así, el documento presenta una introducción a la explotación de datos y sus técnicas más utilizadas en la ingeniería del transporte en la ciudad Bogotá, y a las fuentes a partir de las cuales se puede obtener datos útiles para la gestión del tránsito y transporte.

Justificación y Planteamiento del problema

Si bien es cierto, las TIC vienen jugando un papel importante en nuestra sociedad, en Colombia se ha estudiado poco acerca del potencial de los ITS y el beneficio que estos pueden generar hacia al aprovechamiento de los sistemas de georreferenciación dinámica para la planificación del tránsito y transporte.

No obstante, teniendo en cuenta que los problemas asociados al transporte van en aumento en gran parte del mundo y considerando que este crecimiento continuará empeorando de manera secuencial, en Colombia el parque automotor seguirá aumentando en forma muy acelerada en las décadas posteriores a 2040, quizá hasta finales del siglo (Acevedo, 2009).

Estos problemas ejercen una gran y creciente presión sobre el comportamiento de los viajes y sus líneas de deseo, así como problemas de congestión, entre otros, problemas asociados al transporte que podrían verse reducidos si se cuenta con información más precisa y fiable con respecto a las características de los viajes en la ciudad, relacionado con los periodos horarios,

origen, destino, modo y ruta, velocidades de operación, así como el análisis de las variables del flujo vehicular.

Según Herrera, et al., (2014) “en la actualidad los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) son un elemento determinante para el desarrollo de cualquier sociedad. Los ITS se caracterizan por permitir el intercambio de información entre los medios de transporte y sus infraestructuras, lo cual, convierte a los ITS en un fenómeno global que atrae el interés de profesionales del transporte” (p.319), por esta razón, considerando las barreras que ha tenido la puesta en marcha de la implementación de los ITS en la ciudad de Bogotá, se hace indispensable el desarrollo de estudios enfocados a demostrar el potencial y los beneficios asociados a la implementación de las ITS a nivel técnico y de inversión con respecto a los esquemas tradicionales de recolección de información.

Por lo tanto, de acuerdo a lo señalado por Herrera (2011), donde establece que “en la actualidad las naciones impulsan de manera dinámica la investigación y el desarrollo de las ITS ya que desde esta área se desprende un gran número de beneficios que logran elevar, no solo la seguridad y calidad de vida de los usuarios sino también mejoras en la movilidad” (p.5).

Considerando que la aparición de los ITS ha facilitado la sistematización de la toma de datos y ha incrementado la variedad de técnicas para hacerlo, reduciendo los costos de toma de información e incrementado el interés de muchos operadores e instituciones públicas en otorgar un papel relevante en la planificación de rutas de los usuarios, teniendo en cuenta el objeto de esta investigación surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué beneficios en inversión de gasto público y técnicos, representa la utilización de recursos tecnológicos para el manejo y recopilación de información para la planificación del tránsito y transporte en la ciudad de Bogotá D.C., con respecto a las herramientas actuales?

De esta manera, aun cuando estamos atrasados en el proceso de implementación de estas tecnologías, es importante saber que la mayoría de recursos tecnológicos disponibles ya se han implantado en otras ciudades del mundo y han probado su efectividad, por lo tanto, los ITS son pieza fundamental en las alternativas para solucionar los problemas del sector del transporte y se constituyen en una oportunidad para modernizar los sistemas de transporte en Colombia (Martínez, 2010).

Objetivos

Objetivo general

Identificar los beneficios técnicos y de inversión pública al emplear recursos tecnológicos de georreferenciación para la recolección dinámica de la información como insumo para la planificación del tránsito y transporte en la ciudad de Bogotá D.C.

Objetivos específicos

Identificar los recursos y plataformas tecnológicas disponibles que podrían ser utilizadas como alternativas en los procesos de recopilación de información dinámica para la planificación del tránsito y transporte en la ciudad de Bogotá D.C.

Establecer el beneficio a nivel de gasto público por la utilización de plataformas tecnológicas para la recopilación dinámica de información en relación con los estudios tradicionales, para la planificación del tránsito y transporte en la ciudad de Bogotá D.C.

Identificar el beneficio que las plataformas o recursos tecnológicos disponibles de georreferenciación dinámica están brindando a los usuarios en ciudad, relacionados en una posible mejora de sus tiempos de viaje.

Proponer y analizar alternativas de solución a las necesidades actuales en la planificación del tránsito y transporte, que sean sencillas, asequibles y enfocadas al aprovechamiento de la información de los sistemas dinámicos de georreferenciación que podrían ser utilizadas en la ciudad.

1. Marco teórico y estado del arte

El presente capítulo no trata de ser una revisión de cómo se han plasmado y concebido los conceptos en la práctica, de aquellos mecanismos que intervienen en la implementación de los Sistemas de Transporte Inteligente en las ciudades del mundo, desde su formulación teórica hacia el desarrollo de Ciudades Inteligentes o Smart Cities, sino de entender cuáles de aquellas formulaciones prácticas y técnicas pueden afirmarse como una constantes importante dentro de los procesos de implementación y aplicación de nuevas tecnologías para la planificación del tránsito y transporte en la ciudad de Bogotá.

Este proceso, lejos de ser un ejercicio a nivel de estilo basado en estándares de presentación del conocimiento científico, tiene consecuencias prácticas importantes relacionadas directamente con la concepción y desarrollo del trabajo. Por lo tanto, la investigación retorica presentada en este documento ha debido ser acotado convenientemente a pesar de suponer una mirada amplia y ambiciosa en el tema planteado, es así que algunos de los conceptos acá tratados han sido descritos de manera superficial dado lo cuantioso de los mismos.

Destacamos en este capítulo dos de las actividades más importantes para dar cumplimiento al objetivo principal del trabajo, las cuales han de ser abordadas en conjunto para entender los procesos, efectos y beneficios que representa la implementación de nuevos Sistemas Inteligentes de Transporte para la Ciudad de Bogotá, a fin de catalogarla como un referente a nivel nacional y mundial dentro de los proyectos de Smart Cities.

En primer caso se aborda la consulta o marco teórico de los conceptos, mecanismos y la variedad de sistemas tecnológicos y de análisis de datos en tiempo real, presentes en las ciudades del mundo y en segundo caso nos limitaremos a verificar los procesos actuales, su eficiencia, contribución y reflexión para la planificación del tránsito y transporte en la ciudad de Bogotá; por lo tanto, estamos ante un trabajo de investigación desarrollado con una metodología exhaustiva de revisión de fuentes directas, convirtiendo esta sección en una apuesta de alto valor técnico y teórico.

1.1 Las ciudades inteligentes (Smart Cities)

1.1.1 Introducción a las ciudades inteligentes

La primera impresión del concepto de una ciudad inteligente, a menudo es que se refiere a lo mismo que una ciudad digital y a veces que su significado es similar a la de una ciudad sostenible (Externado, 2013, p. 33), no obstante, el concepto de ciudades inteligentes surge de la necesidad de elevar la sostenibilidad, productividad y competitividad de las ciudades, evidenciando el componente tecnológico como una pieza importante de las agendas públicas y privadas, tanto de política como de inversión. (RTC, 2016, p. 5).

Para Blanco (2015) el concepto de ciudad inteligente aparece con frecuencia en el contexto del desarrollo urbano y es de carácter positivo (p.6), debido al crecimiento y aprovechamiento de los avances tecnológicos en la actualidad; sin embargo, diversos autores han enfocado sus estudios en conocer la ruta hacia las Smart Cities y difieren en su significado, mencionando que no existe una definición única para una ciudad inteligente. Adicionalmente establece que “estas interpretaciones y definiciones utilizadas por los diferentes grupos de interés, los investigadores y regiones varían”, y vienen utilizándose desde finales del siglo XX para referirse a la aplicación de los avances tecnológicos para mejorar la eficiencia de las grandes ciudades (Lombardero, 2015, p. 95), pero es necesario preguntarse ¿qué significa realmente una Smart City?

El Plan Nacional de Ciudades Inteligentes descrito en la Agenda Digital para España (como se cita en Deloitte, 2015, p.13), sigue la definición propuesta por el Grupo Técnico de Normalización 178 de AENOR:

“Ciudad Inteligente es la visión holística de una ciudad que aplica las TIC para la mejora de la calidad de vida y la accesibilidad de sus habitantes y asegura un desarrollo sostenible económico, social y ambiental en mejora permanente. Una ciudad inteligente permite a los ciudadanos interactuar con ella de forma multidisciplinar y se adapta en tiempo real a sus necesidades, de forma eficiente en calidad y costes, ofreciendo datos abiertos, soluciones y servicios orientados a los ciudadanos como personas, para resolver los efectos del crecimiento de las ciudades, en ámbitos públicos y privados, a través de la integración innovadora de infraestructuras con sistemas de gestión inteligente”.

Por tanto, la idea de mejorar el nivel de eficiencia en las ciudades, representa la base dentro del sistema de desarrollo de las mismas, las cuales toman como prioridad el poder avanzar hacia

una optimización de múltiples actividades y procesos, colocando el factor humano y económico como uno de los criterios fundamentales para su desarrollo, además es importante concebir la idea que la transformación de una ciudad tradicional en una Smart City no es simple y exige el compromiso de líderes ejecutivos y de las diferentes unidades y departamentos de la gestión pública. (Bouskela, et al., 2016, p. 43)

La universidad Externado de Colombia (2013) contempla dos puntos de vista interesantes sobre el concepto de una ciudad inteligente: La primera presenta la ciudad como aquella que ha sido construida desde cero, la cual se caracteriza por ser totalmente planificada, contando con los recursos financieros, tecnológicos y técnicos para construir ciudades habitables, ordenadas, sostenibles, innovadoras y competitivas.

La segunda se despliega el concepto hacia aquellas ciudades ya urbanizadas, donde se desarrollan pruebas piloto y diversos proyectos con la implementación de avances tecnológicos en sectores y/o subsistemas específicos, con el fin de lograr alcanzar procesos más eficientes de la mano con el uso de recursos, mejorando su funcionamiento y los servicios que proveen, que en conclusión son la mayoría de territorios y ciudades del mundo, los cuales se encuentran avanzando progresivamente en su implementación. (p.33).

En este sentido, es indicado conceptualizar los temas puntuales relacionados con los procesos de desarrollo de la mayoría de las ciudades, quizá en aquellas que están incursionando en el despliegue e incorporación de estrategias tecnológicas, mostrando una visión particular y enfocada en las características predominantes hacia una Smart City.

Hasta ahora, no se ha hecho más que comenzar con proyectos piloto, mostrando una lentitud en el desarrollo e implementación, estos temas quizá son asociados con la forma de adopción de los conceptos y recursos tecnológicos, por cuanto es necesario según Lombardero (2015), tomar la decisión de interoperar los recursos tecnológicos ya sean sistemas y sensores, convirtiéndose en un gran reto para garantizar la conectividad de las ciudades (p.96).

Por ello, Fernández (2016) menciona que estamos ante el despliegue de diferentes líneas de desarrollo tecnológico en la esfera de lo digital, cuyas posibilidades de transformación futura de las ciudades apenas hoy podemos vislumbrar. (p. 29), donde por supuesto, se trata de la presencia de formas tecnológicas previstas con un sinnúmero de nuevas capacidades como el manejo de big data, a través de nuevos recursos tecnológicos como la utilización de teléfonos inteligentes o interfaces capaces de generar grandes bases de datos y la explotación de nuevas

infraestructuras, las cuales tienen un fin específico y es lograr procesos adecuados de conectividad, mediante la obtención de nuevos métodos para incorporar inteligencia computacional en los espacios urbanos.

Concebir una Smart City explora diversos niveles de análisis, uno de ellos es involucrar un gobierno inteligente como herramienta principal, tratando de usar tecnologías más modernas a fin de optimizar los procesos de planificación y toma de decisiones, aprovechando el potencial del conocimiento colectivo e ideas de los ciudadanos para los proceso de planificación urbana (Tecma, 2017, p. 41), de esta manera, tal como lo afirma Bouskela (2016), hacer frente a estos retos supone una evolución en el ámbito de la gobernanza y la toma de decisiones, así como el uso cada vez más eficiente de los recursos de nuestras ciudades, con miras a emprender una gestión inteligente. (p. 6).

El desarrollo de las tecnologías de información y comunicación (TIC) han sido una constante en la conceptualización y socialización de las nuevas tecnologías, permitido la búsqueda de nuevas formas de optimizar la productividad en los procesos y servicios, y convirtiéndose en un aliado fundamental para la gestión inteligente de las ciudades (Bouskela, et al., 2016, p. 6); por su parte Fernández (2016) establece que el imaginario de una ciudad inteligente está formado a través de las actividades de difusión, investigación, desarrollo, inversión y participación ciudadana en proyectos de implantación de soluciones inteligentes en la ciudades del mundo.(p. 84).

De esta manera, es claro afirmar que una ciudad inteligente es aquella que coloca a las personas en el centro del desarrollo, estimulando la formación de un gobierno eficiente e incluyendo procesos de planificación colaborativa y participación ciudadana. (Bouskela, et al., 2016, p. 32), es así que los ciudadanos juegan un rol importante como beneficiarios y partícipes de las transformaciones en las ciudades.

Como tal, una ciudad inteligente requiere más que tecnología, deben considerarse los recursos humanos necesarios para que el proyecto evolucione de manera rápida y sólida, además de contar con una visión de largo plazo (Bouskela, et al., 2016, p. 44). Pero, además “sin ciudadanos inteligentes no hay ciudad inteligente. Si no logramos que la idea cale, no se logrará que ellos cambien su manera de vivir en las urbes” (RTC, 2016, p. 28), en este sentido, la mejor forma de aprovechar el potencial de creatividad e innovación de una ciudad es atraer a la gente a la red (como se cita en Fredericks, s.f, p. 2), es decir, la participación activa en el proceso de

transformación digital que se está viviendo en las ciudades del mundo, la cual será necesaria para poner lo mejor de la tecnología disponible a disposición de todos y de forma homogénea, teniendo en cuenta el uso activo de dispositivos y aplicaciones móviles que faciliten cada vez más el seguimiento, estrategias de desarrollo y aprovechamiento de la información, con el fin de promover y establecer políticas públicas que generen impactos positivos en las ciudades.

Por otro lado, como hemos destacado, las TIC han desarrollado mecanismos que implican un enfoque en la infraestructura ya sea electrónica, física y humana, así como de red ayudando a que las ciudades sean más eficientes; de esta manera empieza a sobresalir el concepto de ciudades conectadas, donde se brinda la capacidad de recopilar, intercambiar y usar datos e información, dentro de los servicios de gestión de la ciudad (Cuddy, et al., 2014, p. 7), con el fin de satisfacer los desafíos urbanos por el crecimiento poblacional y demás factores involucrados en los planes de desarrollo de las ciudades del mundo, ya que uno de los exponentes más visibles de las expectativas de negocio de la economía digital, se apoyada en la capacidad de conectar cosas y personas. (Lombardero, 2015, p. 95)

Es decir, en una ciudad inteligente, la tecnología sirve para conectar a ciudadanos y empresas con la ciudad y entre sí, eliminando vacíos de información y reduciendo impactos negativos mediante la distribución inteligente de los recursos. Esto se logra integrando sus diferentes áreas y utilizando redes de comunicación de banda ancha, computación en la nube, dispositivos inteligentes móviles, programas de análisis y sensores (Bouskela, et al., 2016, p. 33). Por lo tanto, incrustar este tipo de infraestructuras digital como la principal fuerza impulsora detrás del desarrollo de las ciudades inteligentes, garantiza sostener el progreso social, ambiental y cultural. (Allwinkle & Cruickshank, 2011).

Es así como las posibilidades que brinda esta revolución han permitido crear el concepto de una ciudad inteligente que aumenta la calidad de vida de las personas. (RTC, 2016, p. 27), donde el poder de las TIC en la solución de diversas problemáticas sociales, urbanas y económicas, permiten el desarrollo conjunto y comunicativo entre el Estado, ciudadanía, sector productivo y la academia, a fin de impulsar una verdadera Ciudad Inteligente.

Las Ciudades Inteligentes como propuestas urbanas, tratan de ofrecer un marco para explicar y ordenar esta presencia digital en las ciudades del mundo, considerando las problemáticas relacionadas con el crecimiento poblacional y urbanístico. Hace diez años, las Naciones Unidas anunciaron que la raza humana había alcanzado un punto de inflexión, el 2007 marcó el año en

que más del 50% de la población mundial vivía en ciudades, hoy esa proporción es mucho más alta y para miles de millones la vida en la ciudad es la única forma imaginable (Lewis, 2017).

Por su parte, cita la Universidad Externado de Colombia (2013) que entre los años 2013 y 2040 el número de habitantes del planeta pasará de 7.000 a 9.000 millones (p. 34), coincidiendo con lo pronosticado por el gobierno de los Estados Unidos (como se cita en Fredericks, s.f, p.1), mencionando que en el siglo XX las ciudades tuvieron una tendencia 10 veces mayor, las cuales pasaron de 250 millones a 2.8 mil millones, tanto así que en las próximas décadas, la cantidad de personas que viven en las ciudades seguirá aumentando y para el 2050, se espera que la población mundial supere los nueve mil millones y que los habitantes urbanos superen los seis mil millones, donde dos de cada tres personas nacidas en los próximos 30 años vivirán en ciudades.

El debate de la Smart City se trata de hecho, de entender sin duda que la rápida urbanización será un fenómeno mundial en un futuro cercano ya que vivimos un arrinconamiento de muchas actividades sociales en el espacio público, de igual manera (como se cita en Externado, 2013, p.34) hay investigadores que estiman que entre 2060 y 2070, las reservas de recursos no renovables, como carbón, petróleo, gas y uranio estarán agotadas.

Así, las ciudades se verán sometidas a la presión de recurrir a soluciones inteligentes y experimentos con varias aplicaciones de infraestructura inteligente (Social, 2016, p.2), a fin de prestar servicios de mejor calidad, incrementando la eficiencia, reduciendo los costos, aumentando la eficacia y la productividad en las ciudades.

Un ejemplo muy claro se encuentra en la concepción de los problemas del transporte en las ciudades más inteligentes del mundo, las cuales garantizan la movilidad fluida de los ciudadanos, reduciendo los niveles de congestión y efectos tipo invernadero, aquí se consolidan las diferentes tecnologías y modos de operar, convirtiéndose en modelos a seguir para construir las bases de lo que será la movilidad del futuro (Hermida, 2018).

Sin embargo, la vinculación de las Smart Cities en estos modelos es algo complejo, ya que Tecma (2017) señala que “las ciudades no pueden considerarse inteligentes y por tanto sostenibles, si no presentan la características de accesibilidad para todos los individuos que la habitan y visitan, incluyendo aquellas con diferentes discapacidades cognitivas, sensoriales y sujetas a procesos de envejecimiento” (p.146), para lo cual las TIC como ya hemos apuntado son

la base tecnológica principal que sustenta este concepto de accesibilidad que se extiende a través del espacio urbano y define la accesibilidad como un diseño para todos.

Una breve reflexión inicial, sin duda es apuntarle a la mejora de la calidad de vida de las personas, con temas importantes como la forma de concebir los problemas del transporte, siendo necesario impulsar una ciudad dinámica, abierta y sensible al contexto inteligente de los servicios tecnológicos. Esto puede ser un paso clave hacia una Smart City, comprendiendo mejor la integración de recursos tecnológicos con nuestro entorno y gestionando la infraestructura del transporte con eficacia y de manera más estratégica, a fin de obtener un transporte más eficiente y sostenible. (Stefan, et al., 2015).

Para lograr esto, el Internet de las cosas (Iot - Internet of things por sus siglas en inglés) se presenta como un elemento importante, dado que gracias a los avances tecnológicos ahora es posible tener mayor conexión a internet y sus servicios que interactúan directamente con las ciudades y los habitantes en tiempo real, debido en gran parte a la accesibilidad de los actores viales con los dispositivos móviles, uso de la tecnología basadas en sistemas de información geográfica (SIG), sistemas de monitoreo, sensores y actuadores. Por lo tanto, todo el transporte que ayuda a que una ciudad sea inteligente y conectada es un "transporte conectado", transporte en el que los vehículos, los viajeros y la infraestructura se comunican entre sí a través de varios flujos de datos (citado en Cuddy, et al., 2014, p.1).

En conclusión, si bien es cierto que tanto internet de las cosas como la disponibilidad de información en tiempo real es un requisito necesario para la optimización de toma de decisiones, la ciudad inteligente debe ser capaz de reunir al gobierno, la sociedad y la tecnología para permitir una economía inteligente, movilidad inteligente, medio ambiente sostenible y gobernabilidad inteligente en general, esto según Joglekar y Kulkarni (2017) se logra mediante la conexión de la física, social, empresarial e infraestructura de las tecnologías de la información con el fin de aprovechar la inteligencia colectiva de la ciudad.

Por lo tanto, antes de poder lograr la plena implementación de una Smart City, según Bouskela (2016), es necesario como punto de partida, que los municipios incorporen a sus prácticas de gestión, herramientas básicas de tecnologías de información y comunicación para administrar sus recursos humanos, materiales y financieros, hacer el seguimiento de su uso, medir el rendimiento de los diferentes departamentos y los resultados de la aplicación de los recursos y planificar y proyectar su uso futuro.

1.1.2 Ámbitos funcionales que configuran los servicios inteligentes en las Smart Cities

En primer lugar, es indispensable saber que existen diversas maneras de expresar la arquitectura y ámbitos funcionales de una ciudad inteligente, IBM (2014) afirma que las ciudades, independientemente de su tamaño y de su alcance local, provincial o nacional, son un conjunto de redes interconectadas, con el ciudadano como centro neurálgico de todas ellas. Cada núcleo urbano está integrado por una serie de sistemas clave que hacen posible su habitabilidad, mejoran su competitividad y sostienen su crecimiento económico (p.5).

En consecuencia, para llegar a conocer dichos ámbitos, se tuvo en cuenta entre otros, algunos grupos y entidades privadas que participan en el desarrollo de una Smart City: AMETIC (Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información y Comunicaciones y Contenidos Digitales), AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) e ISO (International Organization for Standardization), las cuales establecen una serie de sectores y servicios interconectados entre ellos, que garantizan los grandes pilares sobre los que se fundamenta el desarrollo y la innovación de las ciudades inteligentes. (Deloitte, 2015).

Tomando como ejemplo la Organización Internacional de Estandarización - ISO (2014), propone que las ciudades inteligentes son aquellas donde se extraen los indicadores o servicios de las siguientes áreas presentadas en la Figura 1 para medir su nivel de desempeño:



Figura 1 Ámbitos funcionales de una Smart City (ISO-37120-2014)

Fuente: Deloitte, Estudio y Guía metodológica sobre Ciudades Inteligentes, 2015,16.

Además de los grupos mencionados anteriormente, IBM (2014) establece que conocer uno de estos ámbitos y mejorar su funcionamiento, implica entender todo el conjunto y cómo se relaciona entre sí con el resto, por eso es fundamental tener en cuenta cómo se estructura la interrelación entre ellos para lograr que este “sistema de sistemas” sea más inteligente. (p. 6), es así que estos sistemas funcionales se configuran de forma especial, de acuerdo a la perspectiva y necesidades de los ciudadanos y empresas, mostrándolos como principales agentes usuarios de la ciudad y de todos sus servicios.

De igual manera, según el informe de la dirección general para políticas internas del Parlamento Europeo, de enero de 2014 (“Mapping Smart Cities in the EU”) e investigaciones realizadas por diversos autores (como se cita en Deloitte, 2015, p.14), consideran que una ciudad es inteligente si tiene al menos una iniciativa que aborde una o más de las características presentes en la Figura 2:

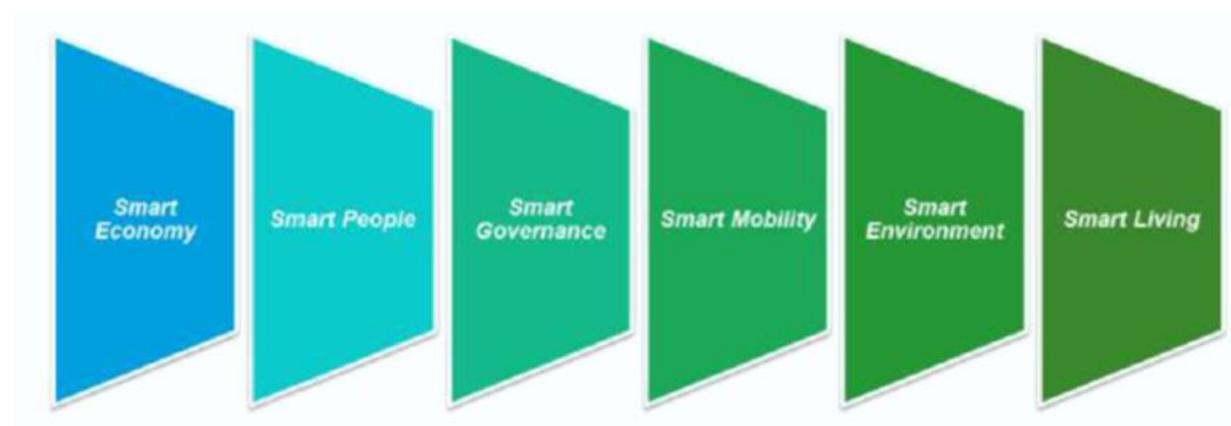


Figura 2 Características de una Smart City EU

Fuente: Deloitte, Estudio y Guía metodológica sobre Ciudades Inteligentes, 2015, 14.

De esta manera, dadas las características de una Smart City, IBM determina un modelo de ciudad Inteligente (ver Figura 3), la cual está configurada en base a ámbitos y sub ámbitos clave (Deloitte, 2015, p.17), este concepto se fundamenta en lo mencionado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2016), donde señala que “esta estructura de interrelación de servicios, son fundamentales para aumentar la eficiencia de los centros urbanos y para mejorar la gestión de recursos por medio de procesos cada vez más participativos” (p.16), las cuales se distribuyen de la siguiente manera:

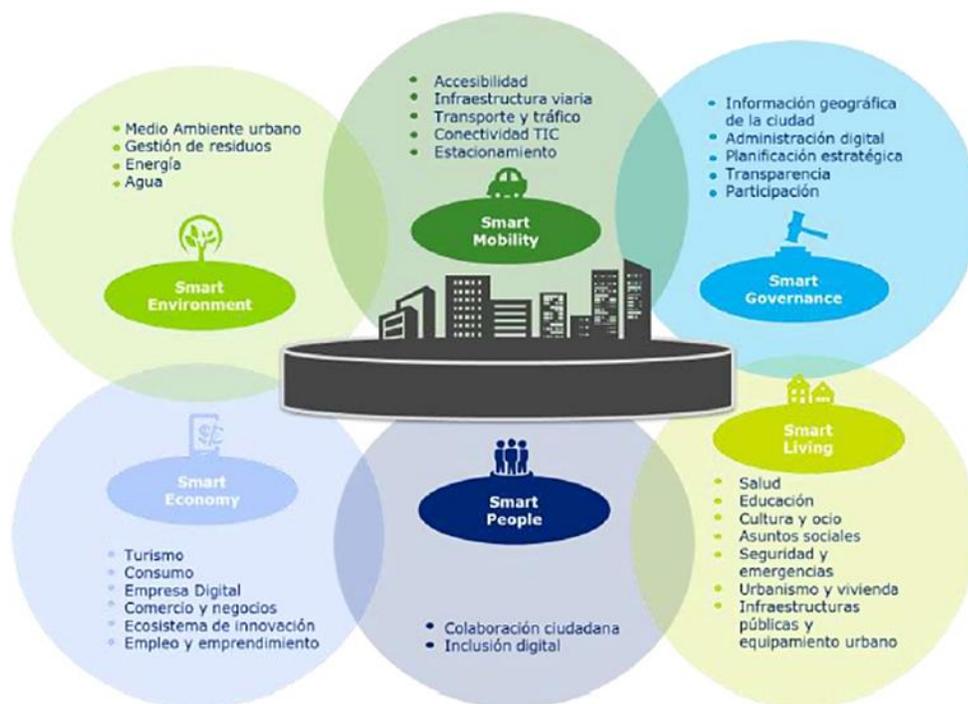


Figura 3 Modelo de Ciudad Inteligente – IBM

Fuente: Deloitte, Estudio y Guía metodológica sobre Ciudades Inteligentes, 2015,17.

En síntesis, para la transformación y modernización de la gestión en las ciudades, señala el BID (2016), que es necesario colocar a las personas en el centro del desarrollo, incorporando Tecnologías de la Información y Comunicación en la gestión urbana y usando estos elementos como herramientas para estimular la formación de un gobierno eficiente que incluya procesos de planificación colaborativa y participación ciudadana. (p. 18).

Por lo tanto, la ciudad inteligente se describe como aquella donde interactúan las distintas infraestructuras inteligentes, las cuales constituyen los pilares de aquellos componentes esenciales como son la movilidad inteligente, economía inteligente, modelo de vida inteligente, gobernanza inteligente y medio ambiente inteligente, características fundamentales donde la interacción de los usuarios con las TIC, se presentan como factor primordial para el funcionamiento adecuado de los ámbitos funcionales dentro del modelo de Smart City.

Como observamos, se trata de utilizar la tecnología para transformar los sistemas básicos de las ciudades, a fin de optimizar el retorno de unos recursos cada vez más limitados, donde claramente según (IBM, 2014), al utilizarlos de forma inteligente se impulsa la innovación, convirtiéndose en un factor clave para los procesos de competitividad y crecimiento económico de las ciudades.

1.1.3 Estudios de casos internacionales de las Smart Cities

A pesar de las enormes dificultades y desventajas asociadas con las aglomeraciones urbanas en las ciudades, en los últimos años estos problemas por lo general han sido resueltos por medio del capital humano, la cooperación entre las partes interesadas y las ideas brillantes y creativas de carácter científico y tecnológico, por la creación e integración de las soluciones “inteligentes” (Caragliu et al., 2011). Esta etiqueta de “ciudad inteligente” se debe, por lo tanto, al papel de la infraestructura de las TIC en varios de los ejes establecidos en modelo de ciudad inteligente.

En consecuencia, Naphade et al., (2011) afirma que los avances de las TIC han revolucionado todos los aspectos de la vida, facilitando el control inteligente de los sistemas y el empoderamiento por parte de las personas, por eso la transformación a ciudades más inteligentes requiere una evaluación de sus necesidades y oportunidades de innovación, para establecer objetivos claros y priorizar los esfuerzos de desarrollo, enfocados a la eficiencia en los procesos de planificación, gestión y operación.

Para entender esta transformación, según el BID (2016) es importante “considerar las diferentes opciones tecnológicas con miras a encontrar respuestas para problemas cada vez más complejos, pero dando un paso cada vez” (p.53), esta lógica se presenta teniendo en cuenta que comprender los componentes básicos de las soluciones tecnológicas y sus posibilidades (ver Figura 4), independientemente de su aplicación, involucran procesos, tecnologías y personas.



Figura 4 La base de la Smart City

Fuente: The Road toward Smart Cities: Migrating from Traditional City Management to the Smart City, 2016, 54.

En varias regiones del mundo se pueden identificar ciudades pioneras en la adopción del concepto de Ciudades Inteligentes, en cualquier caso, en la Tabla 2 se presenta la forma en que algunas de las ciudades inteligentes a nivel mundial logran adoptar este concepto y otras que se encuentran en proceso de transformación, logrando vincular las TIC con los sistemas ya existentes de infraestructura, para optimizar recursos, gestionar costos, aumentar ingresos, mejorar sus procesos y servicios, volverlos más eficientes y mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos, siendo referencia a las buenas prácticas para la gestión más eficiente (BID, 2016).

En este sentido, mostraremos una visión general de las buenas prácticas en varios proyectos en curso de Smart City en todo el mundo, demostrando que todos los territorios y las ciudades son inteligentes en la medida en que introducen nuevas formas de gestionar sus recursos y nuevas formas de operar y acceder a la información (Externado, 2013, p.27), unas más innovadoras que otras, debido a sus procesos de integración tecnológica y construcción de los espacios urbanos.

Tabla 2 Ciudades que adoptaron el concepto de ciudades inteligentes.

Ámbito	Sub ámbito	Ciudad	Algunas prácticas para la gestión más eficiente
Smart Living	Seguridad ciudadana	Buenos Aires, Argentina.	Modernización de la policía e integración de los sistemas de emergencias.
		Medellín, Colombia.	Integración de las acciones de Seguridad y Emergencias.
		Niterói, Brasil.	Alertas para las fuerzas de seguridad por medio del uso de botones de pánico.
	Educación	Nueva York, EE.UU.	Manejo y explotación de datos, imágenes de cámaras de monitoreo, frecuencia de las infracciones, fichas criminales procesadas en alta velocidad.
		Tacoma, EE.UU.	Mediante el análisis de datos, profesores aumentan las tasas de aprobación de estudiantes.
	Salud	Montreal, Canadá.	Aplicaciones móviles acaban con los archivos escolares en papel y economizan tiempo de los profesores.
		Estonia.	Registros electrónicos integran datos de salud de la población, para procesos de Gestión.
		San Francisco, EE.UU.	Datos abiertos y analítica de datos evitan muertes durante ondas de calor.
	Sanidad	Japón.	Tabletas y aplicaciones móviles mejoran la calidad de vida de los adultos mayores.
		Orlando, EE.UU.	Incorporan iniciativas inteligentes en las áreas de gestión del agua y de residuos sólidos.

Ámbito	Sub ámbito	Ciudad	Algunas prácticas para la gestión más eficiente	
Smart mobility		Región Sur de Dinamarca	Implementación de programas para ampliar y mejorar la calidad de la atención a los pacientes con enfermedades crónicas, comunicaciones en tiempo real entre pacientes, farmacéuticos y especialistas.	
		Seguridad Pública	Memphis, EE.UU.	Implementación de tecnología de análisis predictivo, con el cual el departamento de policía de Memphis ha logrado mejorar significativamente los problemas de criminalidad de la ciudad.
		Infraestructuras	Qatar, Estado de Catar.	Infraestructura inteligente de caminos y alcantarillado, apoyado con tecnología móvil y Sistemas de Información Geográfica (GIS), para mejorar la calidad de los servicios, la seguridad y la sostenibilidad medioambiental.
	Movilidad urbana sostenible		Bogotá, Colombia.	Implementación de estrategias mediante sistema inteligente de movilidad urbana, sistema integrado de transporte público colectivo – SITP y la entrada en funcionamiento de un centro de Gestión que permite monitorear en tiempo real el tráfico en la ciudad y Sistemas de gestión del transporte BRT.
			Medellín, Colombia.	Implementación de estrategias mediante sistema inteligente de movilidad urbana, sistema integrado de transporte público colectivo y la entrada en funcionamiento de un centro de Gestión que permite monitorear en tiempo real el tráfico en la ciudad y Sistemas de gestión del transporte.
		Santander, España.	Uso de sensores en la gestión del tráfico urbano, ha construido alianzas entre la universidad, la ciudad y el sector privado que hacen de la ciudad un caso ejemplar en la gestión inteligente y la innovación, en las áreas de movilidad.	
		Niza, Francia.	A través de un mejor uso de los datos y del intercambio de información, Niza está poniendo en marcha un proyecto para mejorar sus sistemas de transporte, mediante información en tiempo real que puede ser compartida entre todos los departamentos. El sistema utiliza visualización de datos y análisis detallados para prever problemas, coordinar las acciones de respuesta y mejorar la eficiencia de las operaciones.	
		Orlando, EE.UU.	Incluye servicios de transporte, la policía y los bomberos para el seguimiento y respuesta a incidentes de tráfico, la delincuencia y los desastres naturales. Además del centro de control y gestión.	

Ámbito	Sub ámbito	Ciudad	Algunas prácticas para la gestión más eficiente
Smart Environment		Madrid, España.	En 2014 se convierte en la primera ciudad española en aplicar un novedoso Servicio de Estacionamiento Regulado (SER).
		Zhenjiang, China.	Implementación de nuevos sistemas tecnológicos para mejorar el tráfico y el transporte público dentro de su plan “Smarter Zhenjiang, Smarter Tourism”, proporcionando una visión completa en tiempo real de la red de tráfico.
	Gestión de riesgos	Tokio, Japón	Acciones coordinadas en situaciones de emergencias (sistema con 4.000 puntos de control equipados con sismógrafos para prever movimientos sísmicos y alertar rápidamente a la población).
		Rio de Janeiro, Brasil.	Sistema integrado de gestión de riesgos.
	Eficiencia energética	San Diego, EE.UU.	Sistema de iluminación pública inteligente.
		Thisted, Dinamarca.	Ciudad 100% sostenible, con el uso de fuentes renovables de energía.
	Gestión hídrica inteligente	Singapur	Reutilización de agua y desalinización, busca proporcionar una infraestructura de vanguardia y hacer uso de la tecnología para superar retos como el crecimiento urbano, la sostenibilidad y el envejecimiento de la población.
		Nassau, Las Bahamas.	Detección y gestión de pérdidas de agua, controlado por software, el sistema de monitoreo y control ya redujo el volumen de pérdidas de agua no facturada.
		Las Vegas, EE.UU.	Red de agua inteligente (Smart Water Network - SWAN).
	Eliminación apropiada de los residuos	Itu, Brasil.	Sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos.
		Santander, España.	Recolección automatizada de residuos.
	Agua y Transporte	Danang, Vietnam.	A través del Centro Inteligente de Operaciones, está transformando sus sistemas de transportes y de gestión del agua, la solución proporciona un resumen de los sucesos que se producen a través de mapas, cuadros de mando y alertas, permitiendo que el personal municipal siga las tendencias y se mejore la gestión de la infraestructura y recursos.
	Sostenibilidad	Niza, Francia.	A través de un mejor uso de los datos y del intercambio de información, Niza está poniendo en marcha un proyecto para mejorar la calidad medioambiental y

Ámbito	Sub ámbito	Ciudad	Algunas prácticas para la gestión más eficiente
			eficiencia energética para reducir los riesgos de catástrofes.
	Gestión del Agua	Holanda	Implementación de un programa (Digital Delta) que se apoya en el análisis de Big Data para mejorar el control de las inundaciones y la gestión de toda la red de abastecimiento de agua de Holanda.
	Medio ambiente	Madrid	Gestión de basuras, limpieza, arbolado, riegos, pavimentos, alumbrado público o fuentes. Plataformas que hacen posible que los usuarios informen sobre incidencias que detecten en la ciudad a través de dispositivos móviles inteligentes.
	Energía	Málaga	Incrementan la eficiencia energética, para reducir las emisiones de CO2 y aumentar el consumo de las energías renovables.
	Emergencias	Río de Janeiro, Brasil.	Es el primero del mundo que integra todas las etapas de la gestión de emergencias. Ofrece una visión integrada de las infraestructuras más importantes de la ciudad las 24 horas del día.
Smart People	Gobierno electrónico e inclusión digital	Río de Janeiro, Brasil.	Uso de aplicaciones para interactuar con la población, el Inteligente Centro de Operaciones de Río, permite la monitorización de la ciudad en tiempo real, la planificación de acciones y la gestión de crisis con distintos grados de complejidad, de igual manera sirve como punto focal de un sin número de iniciativas inteligentes en la ciudad.
		Chihuahua, México.	Cobertura de Internet con banda ancha inalámbrica.
Smart Governance	Participación ciudadana	TelAviv, Israel.	Integración entre el ciudadano y la ciudad por medio de una aplicación y de una tarjeta Smart card.
		Ningbo, China.	Implementación de una aplicación iCityBOSS pone a la ciudad en las manos de los ciudadanos, agrega datos de la gestión pública, de instituciones y de empresas, además de enviar datos en tiempo real sobre la ubicación del ciudadano, lo que le permite obtener datos más precisos sobre el transporte.
		Minneapolis, EE.UU.	Emplea la tecnología de ciudades más inteligentes para obtener una perspectiva de la ciudad a través de análisis de datos (Big Data) y con ello mejorar la vida de sus ciudadanos, mejorando la eficiencia de sus operaciones.
Smart Economy	Desarrollo Económico de la Ciudad	Miami – Dade, EE.UU.	Proyectos para modernizar y mejorar los sistemas de gestión de agua, transporte, seguridad ciudadana y transparencia en la administración pública, gracias al uso de avanzadas tecnologías analíticas.

Ámbito	Sub ámbito	Ciudad	Algunas prácticas para la gestión más eficiente
System integration	Integración de sistemas y operaciones	Anyang, Rep. de Corea.	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Integración de los sistemas y de las operaciones públicas, iniciando en el área de la movilidad, también incorpora iniciativas de seguridad y de prevención a desastres.
		Namyangju, Rep. de Corea.	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Ofrece una serie de servicios disponibles vía Smartphone en ámbitos como seguridad, tráfico e información de incidentes, también ofrece soluciones de integración y optimización de cámaras y sensores.
		Pangyo, Rep. de Corea	Interactúa con los ciudadanos a través de quioscos inteligentes y monitorea en tiempo real el alumbrado público y agua, también desarrolla métodos innovadores de generación de ingresos para cubrir los costos de mantenimiento mediante el uso de publicidad.
		Songdo, Rep. de Corea	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Transporte, seguridad, prevención y respuesta a desastres, medio ambiente, interacción con los ciudadanos, su estrategia de Smart City es administrada por una asociación público-privada.
		Tel Aviv, Israel.	Demuestra cómo es posible lograr un alto nivel de servicios urbanos inteligentes a bajo costo, utilizando el entorno de innovación fundamentalmente local y los datos abiertos.
		Singapur	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Movilidad, transporte, seguridad, energía, construcción, educación y salud.
		Barcelona, España.	Ciudad ejemplo de gestión inteligente en favor de la sostenibilidad, cuenta actualmente con 22 programas de gestión inteligente, integrados y permitiendo la optimización de las operaciones de la ciudad. (más información en http://smartcity.bcn.cat/es/)
		Auckland, Nueva Zelanda.	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Desarrollado de un marco estratégico para sus actividades inteligentes en la ciudad, cubriendo seis áreas: Información abierta (open data), innovación, educación digital, transporte público, la eficiencia energética y de residuos, comunidades. Capacitar y conectar sus ciudadanos y comunidades, ciudad de carbono inferior con un impacto ambiental reducido a medida que crece y mejorar la resistencia de la ciudad.
		Bangkok, Tailandia.	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: WiFi pública, monitoreo ambiental - sensores para monitorear los niveles de ruido y calidad del aire y el agua con el fin

Ámbito	Sub ámbito	Ciudad	Algunas prácticas para la gestión más eficiente
System integration	Integración de sistemas y operaciones		de ayudar a prevenir la contaminación, CCTV, sistemas de transporte inteligentes - semáforos en las intersecciones clave, monitoreo de los niveles de tráfico para mejorar los niveles de congestión de tráfico.
		Berlín, Alemania.	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Buena administración y la sociedad urbana, vivienda inteligente, economía inteligente, movilidad inteligente e infraestructura inteligente y seguridad Pública.
		Bogotá, Colombia	Contempla el programa "Bogotá, ciudad inteligente" el cual se describen en el artículo 48 del Plan de Desarrollo 2016-2020. Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Plataforma de datos, plataforma IDECA – recopilación de información geoespacial, Wifi pública, Ciclismo (programa de participación en bicicleta en 2014), gestión del tráfico mediante una plataforma que integra datos de las cámaras de la calle, semáforos y rutas en bicicleta, Transmilenio, SITP, plataforma SAE, carriles bus.
		Bristol, Inglaterra.	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Wifi pública (red de malla) y alumbrado público, gestión de residuos inteligente, monitoreo ambiental - red de sensores de calidad del aire, sistema de gestión del tráfico, Assisted Living, Portal de Datos Abiertos.
		Ciudad del Cabo, Sudáfrica	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Infraestructura Digital, Inclusión Digital, Gobierno Digital, Economía Digital: Wifi pública, CCTV, Portal de datos abiertos (open data), red inteligente.
		Cleveland, Ohio	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen (en etapa de planificación): Gestión de Tránsito inteligente, detección inteligente, comunicaciones inteligentes, red inteligente: Regular el flujo de tráfico, vehículos autónomos, información abierta (open data), quioscos inteligentes, fuego y vigilancia del medio ambiente, CCTV.
		Delhi, Unión india	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: movilidad urbana y aparcamiento inteligente, gestión inteligente de residuos y agua, red inteligente y gestión de la energía (paneles solares), conductos de servicios públicos basados en sensores, mando y control central con vigilancia CCTV, postes de iluminación, Wifi, asistencia sanitaria inteligente, educación inteligente, gobierno digital.

Ámbito	Sub ámbito	Ciudad	Algunas prácticas para la gestión más eficiente
System integration	Integración de sistemas y operaciones	Dubai, Emiratos Árabes Unidos	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen los siguientes pilares: Economía, Seguridad vial, infraestructura, salud, gobernanza, ambiente, movilidad inteligente, educación: Wifi pública, iluminación inteligente, Gestión inteligente de residuos a través de contenedores equipados con sensores, Ciclismo - bicicletas eléctricas, gestión inteligente del tráfico y aparcamiento inteligente, incluye ITS, sistemas de peaje electrónico y gestión de la congestión, red inteligente, plataforma de datos (open data).
		Jedda, Arabia Saudita.	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen lo siguiente: Prioridad al desarrollo de su infraestructura digital y la expansión de la conectividad de banda ancha, en proceso (implementación de tecnologías para la gestión de servicios en la ciudad mediante la conexión y los dispositivos en vehículos y viviendas), en proceso estrategias para tener mejores servicios en los componentes básicos.
		Ciudad de México, México.	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Gestión del tráfico y detección de incidentes (más de 20.000 mil cámaras y sensores, alimentan 5 salas de control en la Ciudad e integradas a un CCTV), Red inteligente de electricidad, sistema de intercambio de bicicletas de la ciudad - ECOBICI, monitoreo de desastres, monitoreo ambiental, plataforma de datos (open data para riesgos sistémicos y contaminación del aire). Uso de datos de Uber y TomTom traffic, cuenta con una plataforma de intercambio de datos para uso interno (crowdsourcing).
		Nueva York, EE.UU	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Detección Incidente en tiempo real, gestión de la energía, quioscos –LinkNYC (monitorean las bicicletas y peatones, la calidad del aire, más ruido de la calle), programa DataBridge (recoge datos de 40 agencias diferentes en una sola plataforma analítica), movilidad inteligente, un programa inteligente de residuos.
		París, Francia	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Esquema de intercambio de bicicletas Vélib, movilidad inteligente (red de larga data de sensores de carretera de medición de tráfico), sensores de aparcamiento y sistema de reservas (Taxis, puntos de entrega y las plazas de aparcamiento de alta demanda), Wifi pública, CCTV,

Ámbito	Sub ámbito	Ciudad	Algunas prácticas para la gestión más eficiente
System integration	Integración de sistemas y operaciones	Pune, India.	<p>aumento de la inclusión digital, Proveedor de energía, gestión del crecimiento de la urbanización, mejora del transporte y la logística, gestión del agua y de los residuos, seguridad alimentaria, información abierta (open data) y participación ciudadana.</p> <p>Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Transporte y gestión de flotas, sistema de intercambio de bicicleta y tarjetas de integración de movilidad (pago de boletos de estacionamiento y metro), plataforma de datos abierta (open data), iluminación de bajo consumo, contadores inteligentes (facturas precisas del consumo de agua).</p>
		San Francisco, EE.UU	<p>Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Plataforma de datos abierta no confidenciales (DataSF), Gestión de residuos mediante iniciativas como "RecycleWhere", iluminación inteligente (Gestión de Energía renovable "SF Energy Map"), contadores inteligentes, SFpark – disposición de zonas de parqueo (parquímetros inteligentes), NextBus (aplicación móvil – información al usuario de llegada de buses), Iniciativa "CleantechSF" para el aprovechamiento de tecnologías limpias. Portal InnovateSF para "el desarrollo económico, la participación ciudadana y la eficiencia del gobierno", Datos abiertos y DataSF (ciudad abierta y accesible) y hackathons.</p>
		Sao Paulo, Brasil	<p>Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Iluminación inteligente, monitoreo ambiental (sensores), Wifi pública, grandes volúmenes de datos para la Seguridad Pública, movilidad urbana (MobiLab).</p>
		Rio de Janeiro, Brasil	<p>Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Transporte y Gestión de Eventos, Gestión de incidentes - Gestión de procesos – Comunicaciones - Integración de datos - Gestión de la congestión – Geose RioCET- RioGISdata - Gestión de emergencias de tráfico – Comunicaciones Vídeos de vigilancia, monitoreo de la condiciones del tráfico en tiempo real, Predicción del tiempo, Gestión y Respuesta a Emergencias (CCTV), redes sociales para identificar incidentes en tiempo real.</p>
		Shanghái, China	<p>Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: CCTV conectada - ampliamente desplegado, gestión de residuos inteligentes (etiquetas electrónicas), asistencia sanitaria inteligente (servicios en la nube y aplicaciones). Pilotos: iluminación inteligente, ITS en tiempo real,</p>

Ámbito	Sub ámbito	Ciudad	Algunas prácticas para la gestión más eficiente
System integration	Integración de sistemas y operaciones	Singapur	<p>vigilancia del medio ambiente, estacionamientos inteligentes, análisis de grandes volúmenes de datos.</p> <p>Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Monitoreo del comportamiento (redes de sensores para detectar fumadores en zonas no permitidas o arrojar basura en los pisos), estacionamientos inteligentes (encontrar plazas de aparcamiento), iluminación inteligente y CCTV, Sistema de Transporte Inteligente (MATSim, simulación de los patrones de viajes), aplicaciones para planificar los viajes (MyTransport Journey Planner – información del viaje en tiempo real, horarios, llegadas y que demanda está presentando), los coches sin conductor (piloto 2014), Mapping 3D en tiempo real, gestión de residuos, administración del agua, sistema operativo Smart Platform Nación (SNP) para organismos públicos (acceder, gestionar y compartir datos de sensores), Open Data mediante "Data.gov.sg" y la web de Singapur "e-Citizen", sistemas de tarjetas inteligentes para transporte "e-Symphony", "Bus Arrival Prediction" (predicción de llegada de Buses, Gestión del tráfico para evitar la congestión en tiempo real), Web "Traffic.Smart" información sobre la velocidad del tráfico en tiempo real, incidentes y accidentes (información completa sobre autobuses y horarios ferroviarios, los tiempos de llegada, tarifas).</p>
		Tokio. Japón	<p>Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Contadores inteligentes. Tokyo Electric Power Company (TEPCO) medidores inteligentes para rastrear la demanda doméstica y comercial, esquema de intercambio de bicicletas, Gestión de residuos, Wifi pública, monitoreo de desastres, sistemas de energía inteligente, movilidad urbana inteligente y sistemas de transporte inteligentes.</p>
		Viena, Austria	<p>Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Transform (administrar la reducción de CO2 a través de una mejor gestión de la energía), vigilancia del medio ambiente, servicios de movilidad inteligente, Smart Verteilerkreis (soluciones de movilidad inteligentes), sistema de gestión del tráfico automatizado, Aspern.mobil (Big Data y Data science), energía renovable.</p>
		Wuxi, China	<p>Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Wifi pública, gestión de transporte y tránsito, monitoreo ambiental, Seguimiento y monitoreo de suministros para</p>

Ámbito	Sub ámbito	Ciudad	Algunas prácticas para la gestión más eficiente
System integration	Integración de sistemas y operaciones		la Salud, comunicación de información pública a través de WeChat.
		Dubuque, Iowa, EE.UU	Mediante el uso de las TIC para optimizar los recursos y las operaciones para sus ciudadanos y la administración de la ciudad. Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: uso inteligente de energía, agua y otros recursos; edificios verdes; movilidad razonable; y un mayor conocimiento de la comunidad.
		Bornholm, Dinamarca	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Están desarrollando un sistema que integra vehículos eléctricos (VE) en la red eléctrica local, que depende en gran medida de la energía eólica renovable, reduciendo las emisiones de CO2.
		Songdo IBD, South Korea	Cuenta con una infraestructura de TIC avanzada que ofrece acceso de banda ancha económico. Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Un centro de datos ecológico y de última generación ayudará a gestionar todos los aspectos de la vida urbana, desde el control del tráfico hasta el uso de agua, energía y el reciclaje.
		Boston, Massachusetts, EE.UU.	Considerado como la principal “ciudad inteligente” en el norte de América. Sus esfuerzos se centran en el uso de la tecnología y el diseño para ser más atractiva para sus ciudadanos. Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Urbanismo participativo con la plataforma "Boston Ciudadanos Connect", gestión de infraestructura con la app "Street Bump", Educación con app “Discover BPS”, Portal de Gobierno Abierto y Open Data, Transporte (Análisis, pruebas piloto de la situación real del tráfico mediante datos obtenidos de cámaras, sensores, bases de datos y datos de teléfono).
		Amsterdam, Holanda	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Tecnologías inteligentes y de ahorro de energía para reducir el consumo de energía y CO2 las emisiones, Gestión de residuos, Salud y Seguridad Pública, "Smart Work Center" (SWC) trabajo en casa, movilidad (uso de energías limpias y renovables – vehículos eléctricos), Transporte (Recolección y uso de datos de, dispositivos de navegación en automóviles para analizar los flujos de tráfico), "WeGo" coche compartido, Gestión para el consumo de energía y Educación.
		Estocolmo, Suiza	Sus proyectos clave de ciudad inteligente incluyen: Desarrollo Sostenible y TI, Gestión de energías renovables para reducir el consumo de energía y CO2 las

Ámbito	Sub ámbito	Ciudad	Algunas prácticas para la gestión más eficiente
			emisiones, "Smart ICT" plataforma para aplicaciones que incluyen sistemas de gestión de la ciudad y alumbrado público inteligente, el transporte, la educación y los servicios de salud. Gestión de tráfico (Análisis de patrones de tráfico y niveles de congestión), peajes de pago automático, cámaras de reconocimiento de placas, recopilar información en tiempo real desde GPS de dispositivos en los taxis, analizar las condiciones del tráfico, y proporcionan al público las rutas más rápidas a sus destinos, Atención Ciudadana y Acceso a Internet, Open data.

Fuente: El autor basado en documentos del BID, *The Road toward Smart Cities: Migrating from Traditional City Management to the Smart City*, 2016, 71-135; IBM, *Smart Cities Nuevos sistemas para la gestión*, 2014, 10-18; *The Smart City Playbook: smart, safe, sustainable*. 2016, 18-78; IBM, *Smarter Cities and Their Innovation Challenges*. 2011, 32-39; MIT-*Smart cities: concepts, perceptions and lessons for planners*. 2013, 23-71.

Estos escenarios de transformación e implementación de buenas prácticas en los proyectos de Smart City, muestran en definitiva que para el funcionamiento de la ciudad, de sus servicios, de sus infraestructuras, una constante importante son los ciudadanos; por lo tanto, cualquier elemento o parámetro establecido que conlleve a la formulación de estrategias para hacer más eficiente la gestión de los recursos, según el Grupo Interplataformas de Ciudades Inteligentes (GICI, s.f.), debe partir del conocimiento de aquellas iniciativas que se están desarrollando a nivel mundial, para que la comunidad pueda participar en las acciones necesarias y contribuir así a guiar el desarrollo de la ciudad en función de las necesidades e intereses de los ciudadanos.

No obstante, como menciona Glasmeiera y Christophersonb (2015, p. 6), considerando que, en la gran mayoría de los casos las ciudades inteligentes están a punto de renovación, en lugar de construir nuevos entornos urbanos, como tal, todos ellos serán diferentes debido a las exigencias de los presupuestos municipales y las decisiones políticas.

1.1.4 Análisis de la situación actual de Bogotá hacia una Smart City

Colombia al igual que muchos otros países en desarrollo, tiene grandes retos en materia de productividad, ciencia, tecnología e innovación. Algunos estudios como los realizados por la Consultora Machina Research en su informe estratégico “SmartCity Playbook” del 2016 y la Universidad Nacional de Colombia (2017), ilustran la experiencia y aprendizaje de algunas ciudades en sus diferentes etapas de desarrollo hacia su proceso de transformación en Smart

City, presentando a Bogotá como un modelo de ciudad referente en Latinoamérica, debido a sus buenas prácticas y estrategias para asumir los retos de los entornos urbanos y sostenibles, por sus avances hacia la eficiencia en los sistema de transporte, espacios para emprendimiento e integración de servicios.

Por su parte, el centro de investigación y desarrollo en tecnologías de la información y las comunicaciones (Cintel) en su publicación RTC (2016), basados en los importantes avances que ha tenido Colombia en temas como economía, gobierno, ambiente, calidad de vida, personas y movilidad, destaca lo siguiente: “Sin duda alguna, Colombia está preparada para el desarrollo de Smart Cities. Esto implica ser audaces en el desarrollo de proyectos basados en cuatro plataformas base: interoperabilidad, datos abiertos, comunicaciones y colaboración. Este modelo dinamiza las diversas iniciativas enfocadas a la articulación e integración institucional que se requiere para ofrecer más y mejores servicios a los ciudadanos” (p.5).

En efecto, esta reflexión pretende focalizar el diseño de Smart Cities en las ciudades colombianas, basados en las siguientes líneas estratégicas de desarrollo: Diseño urbano inspirado, crear estilo de vida digital, espacios públicos conectados, crear la plataforma del sistema operativo urbano, desarrollo sostenible, movilidad y estacionamientos inteligentes, viabilidad financiera y el sistema de inclusión social y desarrollo (RTC, 2016, p.40), las cuales se encuentran incluida en el modelo de una ciudad inteligente e impactan de manera considerable el panorama actual debido a las dinámicas urbanas que vienen presentando las ciudades en Colombia.

En cualquier caso, teniendo en cuenta que en la actualidad las principales ciudades colombianas y del mundo están experimentando un rápido crecimiento poblacional, este proceso dinámico presiona la demanda por servicios y la incorporación de soluciones por parte de las administraciones locales. Para el caso de Bogotá, las autoridades están buscando proyectos con el fin de posicionar a la ciudad internacionalmente como una ciudad innovadora para el año 2025 (Green, 2016, p.31), esfuerzos que se orientan a la implementación y apropiación de herramientas tecnológicas, enfocadas en la mejora y eficiencia de los procesos productivos.

De hecho, si consideramos de forma generalizada que muchas de las decisiones a escala local son de carácter político, ante la insistencia de un punto de partida pesimista sobre la transformación de la ciudad hacia una Smart City, Fernández (2016) cuestiona un tema interesante, situando “el objetivo de la ciudad inteligente enfocado a responder una serie de

problemas que hasta ahora los decisores políticos se han mostrado incapaces de resolver porque, precisamente, no han tenido disponible una suficiente fuerza tecnológica o no han sido suficientemente inteligentes para aplicar unas tecnologías que ya estaban a su disposición” (p.115), sin embargo, aun cuando este punto de partida es generalizado, es cierto que existen diversas situaciones que de igual manera intervienen en los procesos de implementación de nuevos sistemas, encaminados a resolver los problemas en cualquier contexto urbano.

Más allá de la visión en conjunto de las interacciones entre los distintos problemas y de la complejidad de los mismos hacia la transformación de la ciudad de Bogotá a una Smart City, de acuerdo a la situación actual de la ciudad, resulta importante describir, basados en los diferentes enfoques y líneas de investigación del modelo de ciudades inteligentes, los objetivos claros que debe tener Bogotá, proyectada hacia una ciudad moderna según la RTC (2016, p.30) y el informe estratégico SmartCity Playbook (2016, p.4), bajo los siguientes tips:

- ✓ Tener una visión compartida de ciudad y un plan de acción a largo plazo. (Incentivar y promover la participación ciudadana en todo el desarrollo de la ciudad)
- ✓ Avanzar en un nuevo modelo de relación entre la administración y las empresas. (Involucrar al sector privado y sus conocimientos, para generar nuevo modelo de negocios y promover cambios legislativos que generen un ambiente propicio para la inversión).
- ✓ Impulsar los modelos de financiación con participación privada (Incrementar la inversión del sector especialmente a las Asociaciones Público-Privadas (APP) como sustento de la ciudad y la financiación de proveedores)
- ✓ Determinar el conjunto de posibilidades que ofrece la tecnología para impactar de manera positiva la calidad de vida de los ciudadanos.
- ✓ Incorporar una solución tecnológica abierta (En la que se empiece a compartir la información y a coordinar los servicios en línea en la cual se disponga una plataforma transversal que conecte a todos los servicios)
- ✓ Desarrollar modelos de negocio sostenibles y con retorno para todos los agentes involucrados.
- ✓ Incentivar la colaboración entre municipios para compartir experiencias.
- ✓ Facilitar datos abiertos que permitan crear valor y productividad, mediante Living Labs (Gestión, almacenamiento y análisis de datos, incluyendo arquitecturas de nube y de aprendizaje automático.)

- ✓ La correcta gestión de los recursos de la ciudad.
- ✓ Conseguir que los medios básicos de transporte urbano, agua, alumbrado, etc., sean eficientes y sostenibles, gestionando todos estos servicios en tiempo real e incluso de manera predictiva, a fin de conseguir un ecosistema entre los servicios prestados.
- ✓ Más y mejores opciones de conectividad, una renovada apreciación del papel del sector público en la conducción y el apoyo a la infraestructura de comunicaciones.

En este sentido, aun cuando la ciudad de Bogotá ya ha avanzado en la implementación de estrategias para la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, la sostenibilidad ambiental, la seguridad enfocada en la delincuencia, contaminación, desastres naturales y educación; El tema de movilidad y transporte, se presenta como uno de los retos más importantes para las administraciones en términos ambientales, financieros, de tránsito y de infraestructura. Por lo cual la ciudad ha centrado sus esfuerzos en la búsqueda e implementación de soluciones, incorporando tecnológicas avanzadas para la gestión del tránsito y transporte, a fin de disminuir sus externalidades.

Para ello, el Banco de Desarrollo de América Latina – CAF (2011), destaca los diversos problemas que tiene que afrontar la ciudad de Bogotá relacionados con el transporte y la movilidad urbana, entre estos se encuentra el crecimiento poblacional traducido en mayor demanda por servicios, la oferta de transporte colectivo, el deterioro de la movilidad urbana por el estado de la infraestructura, el crecimiento del parque automotor, la gestión de tránsito y la cultura ciudadana, el esquema institucional (la ejecución de grandes programas y proyectos de transporte por parte de terceros) y el alto grado de contaminación ambiental generado por fuentes móviles.

Es claro entonces, que aun cuando la ciudad de Bogotá se proyecta positivamente a los problemas de movilidad y seguridad, mediante la implementación de recursos tecnológicos e infraestructura, la RTC (2016) sugiere que se debe generar un contexto propicio, que involucre una estructura basada en cambios de paradigma, de mentalidad, de relacionamiento y de involucramiento de todos los sectores de la ciudadanía (p.30), con el fin de derribar barreras para el despliegue de infraestructura y poder lograr un acceso con calidad y alcanzar este desarrollo económico, digital, eficiente y productivo.

Por último, mencionar que ante problemas complejos la solución puede parecer sencilla, es bastante apresurado. Autores como Blanco (2015) han revisado esta estructura y concluyen que, en

cualquier caso “al fin y al cabo la inteligencia urbana busca entender la ciudad en su conjunto con todos los activos de la misma (ciudadanos, empleados, sensores, quejas, redes, noticias, etc.). Todos hacemos ciudad y todos somos parte de ella y es muy dinámico.” (p.18), como observamos, se trata de una categorización donde el capital más importante de las ciudades son los propios ciudadanos, por lo tanto, es necesario promover la confianza y seguridad en el uso de las redes y servicios.

1.2 Sistemas inteligentes de transporte (ITS)

Hasta ahora, hemos visto algunos de los elementos esenciales para el desarrollo del trabajo, comprender el modelo de las Ciudades Inteligentes y los retos que debe enfrentar la ciudad de Bogotá en temas la sostenibilidad, productividad y competitividad. Por lo tanto, es el momento de abordar los temas relacionados con la Smart Mobility, una de las características más significativas de este modelo de ciudad inteligente.

Por un lado, se realizará una prospectiva actual del despliegue de ITS, teniendo en cuenta su importancia en la prestación de los servicios dentro del modelo de Smart Mobility. Se analizarán las principales temáticas que hacen parte del objetivo principal del estudio, con el fin de discutir de forma adecuada el problema planteado para la investigación, concretamente en lo relacionado con la prestación del servicio de ITS.

Se destacarán los sistemas de navegación, las tecnologías orientadas a servicios y aquellos procesos de georreferenciación dinámica que, desde la perspectiva nacional y mundial se están convirtiendo en el eje principal para el despliegue y aprovechamiento de los servicios en la gestión del tránsito y transporte.

Es importante destacar que los temas relacionadas con el área de los ITS, resulta bastante extenso y complejo. Por ello, para el desarrollo del trabajo se abordará de forma generalizada las temáticas más importantes que contribuyan a la prestación de los servicios en el escenario de los ITS y su aplicabilidad para la ciudad de Bogotá, analizado cómo los servicios originados en los sistemas de transporte constituyen el objetivo fundamental de los ITS.

1.2.1 Introducción a los ITS

El estudio de los sistemas de transporte y de la interacción entre el transporte y la sociedad no está limitado por fronteras internacionales (Meyer, 2017), su actividad está estrechamente

relacionada con los progresos de desarrollo económico y la globalización, de manera que el surgimiento de nuevas tecnologías para el transporte son el resultado inevitable en una determinada etapa de la vida social y de desarrollo económico de los países. (Wang, et al., 2017).

Los Sistemas Inteligentes de Transporte o ITS por sus siglas en inglés, son una ruta probada para mitigar los problemas relacionados con el tráfico, estos se pueden definir ampliamente como el uso de tecnología para mejorar los sistemas de transporte. Aunque sus orígenes se remontan a la década de 1970, el primer congreso mundial de ITS en París en 1994, estableció el desarrollo y la aplicabilidad de los ITS para mejorar los sistemas de control de tráfico existentes en muchos países del mundo. Sus principales actividades apuntan al desarrollo de sistemas de transporte sostenible y multimodal, a fin de establecer un entorno de transporte conectado entre los vehículos, la infraestructura y los dispositivos móviles. (Vanajakshi, et al., 2010).

De esta manera, los ITS han sido previstos como una solución frente a la creciente demanda de los sistemas de transporte, los cuales se podrían aplicar para mejorar la eficiencia de red de transporte desde el punto de vista del sistema (ETSI, s.f.), considerando que muchos de los conceptos de movilidad y desafíos en accesibilidad que enfrentan los países en todo el mundo son similares, como son muchas de las soluciones consideradas por funcionarios de transporte (Meyer, 2017).

Para autores como Chowdhury y Sadek (2003), los ITS refieren a una variedad de herramientas y conceptos relacionados con la ingeniería de tráfico, software, hardware y tecnologías de comunicación, que se pueden aplicar de manera integrada al sistema de transporte para mejorar la eficiencia y la seguridad, como la gestión de tráfico, la operación de vehículos, la gestión de tránsito y la información para los viajeros, en tal caso, los ITS pueden servir como una buena alternativa para satisfacer las futuras demandas de viaje.

De igual manera para Figueredo, et al, (2001), el concepto de ITS está asociado a la aplicación de tecnologías avanzadas para encontrar soluciones a los problemas relacionados con los distintos medios de transporte, siendo más eficiente y favorable al medio ambiente, y situando como foco principal, salvaguardar la vida humana.

En otras palabras, los ITS son todos los sistemas que abordan los principales objetivos de la sociedad: Se deben diseñar para mejorar la operación, la gestión y la seguridad del tránsito y transporte (MinTic, 2011), además de mitigar los impactos ambientales, mejorar el rendimiento energético, mejorar la productividad y la calidad de vida de los usuarios.

Una visión general de ITS se puede representar esquemáticamente como se muestra en la Figura 5, los sistemas de transporte inteligentes y su conectividad hacen un sistema más eficiente, brindan un servicio más confiable, ofrecen una mayor seguridad para los pasajeros y consumen menos energía. Es así que los sistemas de radio (red inalámbrica), en particular, ahora se utilizan ampliamente en el sector del transporte, garantizando un sinnúmero de posibilidades en su aplicabilidad relacionada con la adquisición de datos en tiempo real. (ETSI, s.f.).



Figura 5 Esquema red inalámbrica para control de tráfico
Fuente: World Class Standards - (ETSI, s.f.)

Con base en lo anterior, los ITS le apuntan a la implementación de tecnologías de adquisición y evaluación de datos de última generación (ver Figura 6), redes de comunicación, mapeo digital, monitoreo de video, sensores y señales de mensajería variable, los cuales están creando nuevas tendencias en la gestión del tráfico en todo el mundo.

Esta sinergia de adquisición de datos según Vanajakshi et al, (2010), su análisis, evaluación y difusión de información, ayuda a desarrollar un sistema global de organización del tráfico que permite el intercambio de información entre los gerentes y usuarios del tráfico.

Sin lugar a dudas, la gran cantidad de información suministrada por los ITS pueden mejorar los resultados de los modelos de transporte y, por lo tanto, las conclusiones de cualquier estudio en el que esté disponible, al igual ofrecen la posibilidad de crear nuevos servicios en torno a la información recolectada, como planificación de trayectos, alertas de tráfico previos al desplazamiento, así como diferentes modelos de gestión y tarificación, etc. (María, et al., 2014 y Houghton, et al., 2009).

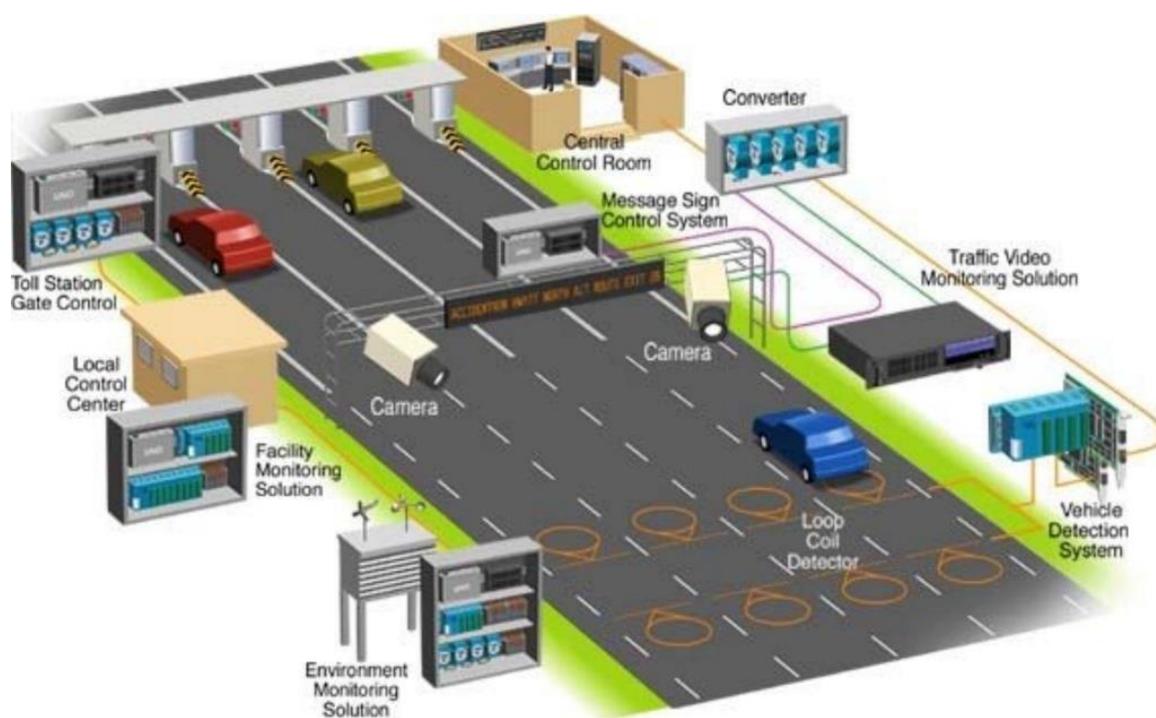


Figura 6 Entorno de un Sistema Inteligente de Transporte
Fuente: Red de Desarrolladores de Software China - (CSDN, 2017)

Este breve esquema nos permite sostener unos primeros cuestionamientos para entender y contrastar el alcance de las tecnologías que pueden ser integradas con la infraestructura de los sistemas de transporte sostenible, es decir, aquellas tecnologías que están destinadas a resolver el aumento de los requerimientos propios y necesarios para su operación, dado el desarrollo masivo de los sistemas de transporte en las grandes ciudades del mundo. (Quintero & Prieto, 2015)

En este aspecto, las TIC desempeñan un papel importante en las redes de transporte sostenible, ya que incluyen una referencia directa con el potencial usuario de la red de transporte, las cuales pretenden satisfacer las necesidades actuales de transporte y movilidad, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer estas necesidades. (Yatskiv, et al., 2017), es así que los ITS pueden entonces ser definidos como la aplicación de

tecnologías informáticas, información y comunicación, al manejo en tiempo real de vehículos y redes que involucran el movimiento de gente y bienes (Sayeg & Charles, 2006, p. 2).

Bajo esta premisa, entendemos entonces que, para la planificación del transporte las tecnologías ITS involucran el despliegue de soluciones cuyo resultado es mejorar el sistema de transporte existente permitiéndole operar de manera más segura y eficiente. Estos tienen el potencial de reducir los tiempos viajes, reducir la frecuencia y la gravedad de los bloqueos, mejorar el flujo, reducir los costos y mejorar la satisfacción del cliente, mediante el monitoreo y gestión de los flujos vehiculares, garantizar la seguridad vial, mejora de la calidad del servicio de transporte público urbano, la planificación de los viajes multimodal y proporcionando a los pasajeros la información de tráfico en tiempo real, rutas alternativas, etc. (Jakubauskas, 2006).

1.2.2 El desafío de las ITS en las ciudades del mundo

Uno de desafíos y asuntos más importantes que abordan los ITS y que está asociada al tema de investigación, es entender que la mejor manera de explicar la movilidad inteligente, es decir que se trata de distintos enfoques para reducir la congestión vehicular y fomentar posibilidades de transporte más rápidas, económicas y ecológicas (Social, 2016, p.5). De hecho, el Grupo Interplataformas de Ciudades Inteligentes (GICI, s.f.), menciona que “uno de los ejes de actuación de la ciudad inteligente es la gestión eficiente del transporte de personas y mercancías, con los objetivos de satisfacer las necesidades crecientes de movilidad de los ciudadanos en el entorno urbano y contribuir a la reducción de emisiones contaminantes y ruido, mediante un sistema intermodal y conectado a la infraestructura inteligente de la ciudad.” (p.77).

Es así que, durante los últimos 10 años, los ITS han tomado muchísima fuerza debido a los graves problemas asociados a la movilidad, a la congestión de tráfico, al impacto ambiental, al aumento de muertes en las carreteras, a la gestión de las mismas infraestructuras, al despliegue de servicios, a la heterogeneidad de tecnologías desplegadas y demás (como se cita en Herrera, 2011, p.58). Por ello, el papel del planificador de transporte ha cambiado su enfoque, ya que hoy día viene explorando los medios tecnológicos por los cuales la capacidad existente de infraestructuras puede ser utilizada de la mejor manera, más segura y eficiente (Banister, 2001), fomentando el crecimiento económico, mejorando la movilidad y reduciendo el consumo de combustible.

Por último, es importante destacar que uno de los desafíos al que es necesario apuntarle y que juega un papel fundamental es la heterogeneidad de las tecnologías desplegadas (mencionada anteriormente), ya que es uno de los temas álgidos y de mayor atención por parte de la comunidad ITS y más de cara a la prestación de servicios. Este fenómeno es identificable a la luz de la cantidad de recursos tecnológicos disponibles en la actualidad, desarrollados con protocolos de comunicación y frecuencia bastante distintos a nivel mundial, obligando a los fabricantes a crear sistemas con múltiples tecnologías, incrementando sus costos de producción. (Herrera, 2011, p.128), entender estos es fundamental para comprender el horizonte de los servicios de ITS.

1.2.3 Identificación de los servicios ITS

A la luz de los problemas actuales de movilidad en las ciudades, los cuales son asociados a las externalidades del transporte, como el consumo de combustible, contaminación, congestión, entre otros que ya hemos mencionado anteriormente, los ITS han sido diseñados para abordar este tipo de problemas y aplicar las TIC para lograr una gestión integral del sistema. (Herrera, 2014).

De acuerdo a lo anterior, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), aporta una definición de los principales servicios y áreas de aplicación que se pueden proporcionar a los usuarios de los ITS. La ISO 14813-2007, identifica 11 dominios de servicios (ver Tabla 3), dentro de los cuales se definen numerosos grupos y presentan diferentes niveles de detalle relacionados con la definición de cada servicio (ISO, 2007). Por tanto, la intención es abordar los grupos de servicios y los dominios que son aplicables a los grupos de trabajo de la ISO TC-204 y otras organizaciones que están desarrollando Estándares Internacionales para el sector de los ITS.

Autores como Herrera (2011), que han profundizado en este tema y en la identificación de modelos de prestación de servicios ITS de valor agregado, hace una contribución importante al proceso de investigación, ya que a partir de propuestas realizadas por los organismos ITS internacionales, identifica y unifica los servicios más relevantes de ITS.

Este proceso fue realizado basado en las propuestas expuestas por las organizaciones ITS de los países más desarrollados, como EE.UU, Japón y los pertenecientes a la zona Europea, sin

embargo Herrera (2011) toma como referente la normativa ISO 14813-2007, ya que expone los servicios ITS más generales para la infraestructura de transporte (ver Figura 7), y por lo tanto serán tomados como referente en este trabajo a fin de abordar un horizonte más completo sobre la variedad de servicios ITS que permiten avanzar ante las dinámicas de innovación y competitividad a nivel mundial.

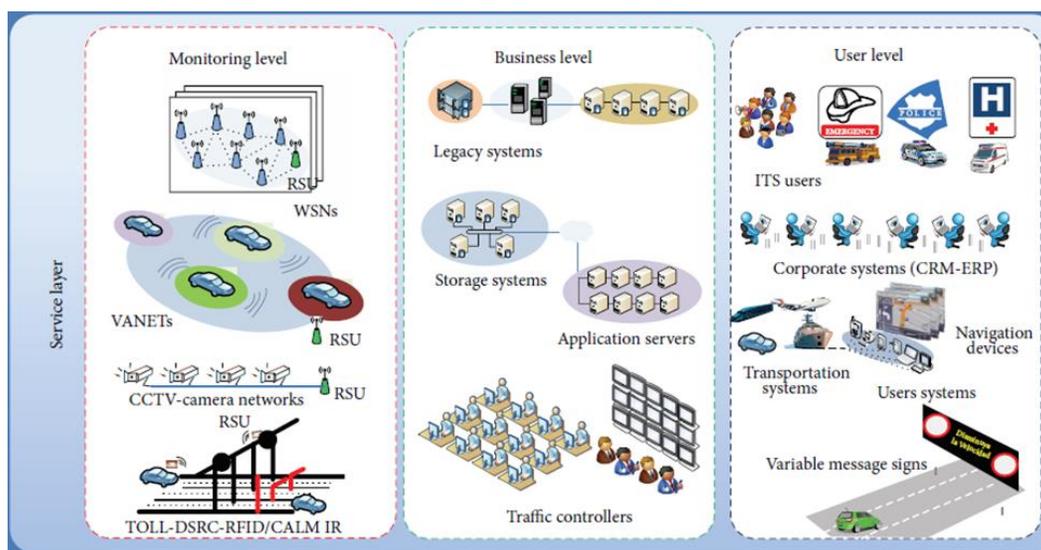


Figura 7 Tecnologías y servicios ITS desacoplados por niveles.

Fuente: SOA (Services Oriented Architecture)-Based Model for Value-Added ITS Services Delivery (Herrera, 2014)

Los servicios ITS propuestos por la ISO 14813-2007, son agrupados en varios sectores de actividad ITS, representados por los dominios de servicios que serán descritos en la Tabla 3.

Tabla 3 Siglas del dominio de los Servicios ITS según la ISO-TC204 (ISO 14813-2007)

Sigla	Dominio del Servicio (DS)
INFAV	Información al viajero
GTO	Gestión de tráfico y operaciones
VEH	Vehículo
TM	Transporte de mercancías
TP	Transporte público
ERG	Emergencias
PERT	Pago electrónico relacionado con el transporte
SPRT	Seguridad personal relacionada con el transporte por carretera
MCAC	Monitorización de condiciones ambientales y climáticas
CGD	Coordinación de la gestión y respuesta ante desastres
SEGN	Seguridad Nacional

Fuente: Modelo de prestación de servicios ITS (2011), ISO-TC204 (ISO 14813-2007).

Por otra parte, considerando la necesidad de abordar más a fondo sobre las actividades presentes en cada uno de los dominios, se presenta en la Tabla 4 y Tabla 5, una descripción de los servicios principales que una implementación de ITS puede proporcionar a los usuarios, aplicable a los grupos de trabajo de ISO TC204 y otros Comités Técnicos que están desarrollando estándares para el sector ITS, además de sectores asociados cuyos límites se cruzan con el sector ITS (como algunos aspectos del transporte público, tránsito, además de la carga intermodal y la gestión de la flota). (ISO, 2015).

Tabla 4 Servicios ITS según la ISO-TC204 (ISO 14813-2007)

DS	Descripción	Grupo del Servicio (GS)
INFAV	Este dominio está destinado a la provisión de información tanto estática como dinámica relacionada con la red de transporte y servicios para los usuarios antes y durante el viaje, asimismo, proporciona herramientas para los profesionales del transporte para recopilar, archivar y gestionar la información para las actividades futuras.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Información antes del viaje ✓ Información en el viaje ✓ Información de servicios de viaje ✓ Orientación de rutas y navegación antes del viaje ✓ Orientación de rutas y navegación en el viaje ✓ Apoyo a la planeación del viaje
GTO	Este dominio aborda específicamente la circulación de personas, mercancías y vehículos en toda la red de transporte, por lo que incluye la monitorización y el control de actividades de forma automática, así como los procesos de toma de decisiones (automático y manual) que dirigen los incidentes sucedidos en tiempo real y otras alteraciones en la red de transporte, así como la gestión de la demanda de viajes como las necesidades de para mantener la movilidad general.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Control de tráfico ✓ Gestión de incidentes ✓ Gestión de la demanda ✓ Gestión y mantenimiento de la infraestructura de transporte
VEH	Este dominio se centra en servicios específicos que mejoran la seguridad de funcionamiento de los vehículos, y están contenidas en el propio vehículo.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejoramiento de la visión relacionada con el transporte ✓ Operación de vehículo automatizada ✓ Prevención de colisión ✓ Disposición de seguridad ✓ Despliegue de retención antes del accidente
TM	Este dominio está destinado a dirigir las actividades que facilitan las operaciones de vehículos comerciales así como también la logística intermodal, incluyendo coordinación inter-jurisdiccional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Despacho previo de vehículos comerciales ✓ Procesos administrativos de vehículos comerciales ✓ Inspección de seguridad automatizada en la carretera ✓ Monitorización de seguridad a bordo en vehículos comerciales

DS	Descripción	Grupo del Servicio (GS)
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gestión de flotas en transporte de mercancías ✓ Gestión de información intermodal ✓ Gestión y control de centros intermodales ✓ Gestión de mercancías peligrosas
TP	Este dominio describe las actividades que dan lugar a un funcionamiento oportuno y más eficiente de los servicios de transporte público y la provisión de información operativa para el operador y los pasajeros.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gestión del transporte público ✓ Respuesta a la demanda de transporte público y gestión de transporte compartido.
ERG	Este dominio describe las actividades que permiten a los servicios de emergencia iniciar y expandir sus labores más rápidamente a través de toda la red de transporte	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Notificación de emergencia relacionada con el transporte y seguridad personal ✓ Gestión de vehículos de emergencia. ✓ Notificación de incidentes y materiales peligrosos
PERT	Este dominio aborda las actividades que generan ingresos dadas las facilidades y servicios de transporte, donde no hay que detenerse ni usar efectivo (ejemplo: peaje automático)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Transacciones financieras electrónicas relacionadas con el transporte ✓ Integración de servicios de pago electrónico relacionado con el transporte
SPRT	Este dominio describe las actividades que protegen la seguridad personal de los peatones al utilizar la red de transportes.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Seguridad en los viajes públicos ✓ Mejoras de seguridad para los usuarios vulnerables de las carreteras. ✓ Mejoras de seguridad para los usuarios discapacitados ✓ Uniones inteligentes y enlaces
MCAC	Este dominio describe las actividades que vigilan las condiciones climáticas y ambientales que tienen un impacto sobre la red de transporte y sus usuarios	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Monitorización del clima ✓ Monitorización de condiciones ambientales
CGD	Este dominio describe las actividades de los ITS que gestionan los recursos desde múltiples jurisdicciones para la respuesta ante desastres naturales, disturbios civiles o terrorismo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gestión de los datos de un desastre ✓ Gestión de las respuestas de un desastre ✓ Coordinación con agencias de emergencias
SEGN	Este dominio describe las actividades que directamente protegen o mitigan los daños físicos y de funcionamiento a las personas y las instalaciones del transporte a causa de desastres naturales, disturbios civiles, o ataques terroristas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Monitorización y control de vehículos sospechosos ✓ Monitorización de gasoductos

Fuente: Adaptado del modelo de prestación de servicios ITS de valor agregado (Herrera, 2011), ISO-TC204 (ISO 14813-2007).

Tabla 5 Servicios ITS específicos en cada área del transporte

DS	Servicios ITS específicos
INFAV	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Visualización 2d/3d, selección de POI (Point of Interest) ✓ Planificación de ruta estática ✓ Planeación de ruta dinámica ✓ Información de tráfico dinámico (clima, bloqueo de carreteras, estado de los puentes, sitios de parking, trabajos en las vías, tiempo de viaje, límite de velocidad, velocidad variable) ✓ Detección de peajes ✓ Pronostico del clima ✓ Identificación de señal de teléfonos en la vía ✓ Advertencias por VMS (Sistemas de Mensajería Variable) ✓ Información cultural y de entretenimiento (cines, películas, teatros, video clips, avisos particulares) ✓ Horarios del transporte público ✓ Guías de ruta para peatones y ciclistas ✓ Integración de transporte multimodal ✓ Servicios de última milla: descubrimiento de plazas libres de aparcamientos para reserva.
GTO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Supervisión y monitorización en tiempo real, del estado de la circulación y tráfico interurbano (CCTV) ✓ Velocidad media ✓ Condiciones atmosféricas y de contaminación (Calidad del aire) ✓ Detección y pronta respuesta a los incidentes de tráfico en las vías (CCTV) ✓ Ordenación y regulación del tráfico basados en la celebración de pruebas deportivas, ferias, semana santa, operaciones de salidas y entradas de los períodos vacacionales ✓ Mensajería variable en las autopista y autovías ✓ Orientación a la ciudadanía en la conducción (VMS, difusión de boletines informativos, Sistema de radiodifusión - RDS). ✓ Interconexión con otros centros de gestión de tráfico urbanos ✓ Infracción a la normativa de tráfico ✓ Gestión de carriles ✓ Incorporación a la vía ✓ Gestión de aparcamientos ✓ Congestión en un carril específico ✓ Gestión de desastres: terremotos, derrumbes, inundaciones, guerra ✓ Vehículos como sondas para recolección de datos de la infraestructura ✓ Control de velocidad ✓ Gestión de trabajos en la vía ✓ Almacenamiento de datos
VEH	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Asistencia de vehículo de emergencias (iniciativa e-call) ✓ Prioridad de vehículo de emergencia ✓ Advertencia de vehículo averiado y estacionado en la vía ✓ Asistencia en la velocidad en una curva ✓ Prevención y advertencia de colisión en una intersección ✓ Advertencia cooperativa de colisión ✓ Velocidad óptima aconsejable

DS	Servicios ITS específicos
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistema cooperativo de vehículos (Platooning) ✓ Prevención de colisión con sistemas férreos ✓ Advertencia de zona de trabajo ✓ Advertencia de condiciones de la carretera ✓ Advertencia de vehículo volcado ✓ Advertencia de puente bajo ✓ Prioridad de tránsito ✓ Identificación de fronteras ✓ Alineamiento de vehículos para transporte público ✓ Mantenimiento en el carril ✓ Carril prohibido ✓ Carril auxiliar ✓ Prevención de colisión longitudinal y lateral ✓ Operación de aparcamiento automático ✓ Control de velocidad de crucero ✓ Temperatura del motor
TM	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Peso en movimiento ✓ Chequeo rápido de características del vehículo comercial ✓ Monitorización y seguimiento para la seguridad del vehículo comercial ✓ Llenado automático de las características del vehículo a partir de sus credenciales. ✓ Detección de cruce de fronteras ✓ Acceso remoto a los datos de seguridad del vehículo comercial ✓ Monitorización de las condiciones de la carga del vehículo comerciales ✓ Rastreo de flotas de vehículos comerciales ✓ Rastreo de contenedores de mercancías ✓ Intercambio de información de llegada tanto de contenedores como de vehículos ✓ Facilidades intermodales ✓ Compartición de datos de movimiento de carga peligrosa ✓ Registro de datos de mercancías peligrosas ✓ Coordinación de flotas con movimiento de carga peligrosa
TP	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Monitorización de sistemas de internos de vehículos de transporte público ✓ Rastreo de flotas de vehículos de transporte público ✓ Planificación de horarios ✓ Notificación de vehículos de transporte público para discapacitados ✓ Compartición dinámica de vehículos (taxis, buses, vans)
ERG	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Notificación de colisión automática ✓ Llamada de socorro iniciada por el usuario sos (iniciativa e-call) ✓ Verificación de cinturón de seguridad abrochado ✓ Notificación de emergencia por terceras partes ✓ Advertencia de vehículo robado ✓ Rastreo de vehículo robado ✓ Inmovilización remota de vehículo

DS	Servicios ITS específicos
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rastreo de flotas de vehículos de emergencia ✓ Notificación de mayday
PERT	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pago de tarifas de tránsito ✓ Pago electrónico de peajes ✓ Pago electrónico de aparcamientos ✓ Pago de servicios electrónicos (información de viaje, reservaciones, etc.) ✓ Integración de sistemas de pago a nivel regional
SPRT	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Advertencias de mayday para el transporte público ✓ Vigilancia del transporte público ✓ Detección de vehículos no motorizados ✓ Monitorización de peatones ✓ Detección de vehículos especiales (tractor, grúa, camión de bomberos) ✓ Monitorización de medios de transporte especializados (carts, sillas de ruedas) ✓ Advertencias de visualización por señales de alerta ✓ Advertencia de vehículo aproximándose
MCAC	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidad de niebla ✓ Detección de nieve ✓ Detección de hielo ✓ Velocidad del viento ✓ Detección de lluvias y calor ✓ Nivel de agua / monitorización y predicción de las mareas ✓ Monitorización sísmica ✓ Monitorización de avalanchas, deslizamiento de lodo, rocas cayendo
CGD	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Recopilación de datos pertenecientes a emergencias y desastres ✓ Compartición de datos de emergencias y desastres ✓ Planeación de respuesta ante desastres ✓ Coordinación de respuesta ante desastres
SEGN	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Monitorización de vehículos con peligro de explosión ✓ Identificación de vehículos sospechosos ✓ Identificación de vehículos no registrados ✓ Notificación de emergencias a las principales agencias ✓ Monitorización de explosiones

Fuente: Adaptado del modelo de prestación de servicios ITS de valor agregado (Herrera, 2011), ISO-TC204 (ISO 14813-2007).

Sobre la base de trabajos que están a la vanguardia de la investigación de ITS, se han definido estos servicios basados en los estándares internacionales y que son la pauta para la incorporación de nuevas tecnologías en sistemas de información, comunicación y control en el ámbito del transporte terrestre urbano y rural.

Considerando que en los últimos años las tecnologías han avanzado en aspectos de seguridad del transporte y movilidad, mejorando su productividad e integrando tecnologías de

comunicaciones avanzadas en la infraestructura del transporte y en vehículos, el crecimiento poblacional y urbanístico ha cambiado las tendencias de los viajeros, demandando la necesidad de buscar nuevas formas de movilidad y aprovechamiento de la información asociada al sector transporte. De esta manera, como se observa en la Figura 8 es necesario que estos servicios se desarrollen junto a los existentes de una forma integrada para fomentar un sistema de transporte fluido y conectado que incorpore todos los modos y personas de una manera eficiente. (Sheehan & Torng, s.f.).

	Tiempo	Seguridad	Coste	Ambiental y energía	Capacidad	Satisfacción consumidor
Gestión de la red diaria	X	X		X	X	
Gestión de incidencias	X	X	X	X		
Gestión del transporte público	X		X			X
Gestión de emergencias	X					X
Peaje electrónico	X		X	X	X	
Pago electrónico	X		X			
Información multimodal			X	X		X
Sistemas integrados	X		X			X
Servicios de emergencia	X	X				
Seguridad del viajero	X					
Gestión administrativa (permisos, etc.)			X			
Gestión y seguimiento de la mercancía	X		X			
Ayuda al conductor	X	X	X		X	X

Figura 8 Beneficios de las aplicaciones de servicios ITS

Fuente: Las nuevas tecnologías en el transporte, (Pesquera, 2003, p.49)

El panorama del transporte está cambiando e investiga nuevas opciones de movilidad para la planificación adecuada de los sistemas de transporte. Según los principales analistas del panorama tecnológico, Deloitte, World Economic Forum, International Data Corporation (IDC), entre otros, pronostican un gran crecimiento de las tecnologías y sus aplicaciones inteligentes (como se cita en Lombardero, 2015, p.69). Como parte de este proceso, surgen tecnologías emergentes como sistemas de navegación, cámaras de video detección y sensores de monitoreo inalámbricos basados en servicios ITS, que en sus inicios fueron denotadas por el MIT (Massachusetts Institute of Technology) como una de las 10 tecnologías que van a cambiar el mundo (como se cita en Herrera, 2011, p.74), estas tecnologías han mejorado el desarrollo y la adaptación de la comunicación, logrando un interés en el aprovechamiento de la red inalámbrica para una gama muy amplia de desarrollos de servicios ITS, incluida la recopilación y gestión de datos de tráfico y el servicio de transporte (ESCAP, 2015).

1.2.4 Logros y experiencias obtenidas por la incorporación de ITS

Distintas ciudades en el mundo han explorado sus propias posibilidades a partir de nuevos avances tecnológicos basados en servicios ITS, en un mundo en el cual conviven realidades urbanas diferentes, el significado de la innovación e implementación tecnológica juega un papel primordial para aprovechar las posibilidades de integración de las diferentes soluciones tecnológicas (ver Figura 9).

No obstante, según lo mencionado por Fernández (2016), donde establece que “el desafío más fuerte para las ciudades, proviene de la necesidad de ligar estos desarrollos tecnológicos e innovaciones en la forma en que se prestan los servicios públicos, a la forma en que se financian o a la forma en que se regulan” (p.34), si bien los esquemas relacionados con iniciativas de financiación e inversión en proyectos de implantación de ITS son importantes, más allá de esta referencia, realizaremos una breve revisión de las propuestas, soluciones e iniciativas técnicas enfocadas a la prestación de los servicios ITS, además del panorama de los ITS en algunas ciudades del mundo, presentados en la Tabla 6 e iniciativas desarrolladas por el US-DOT (Departamento de Transporte de EE.UU) para el despliegue de recursos ITS en vehículos conectados. (ver Anexo A).

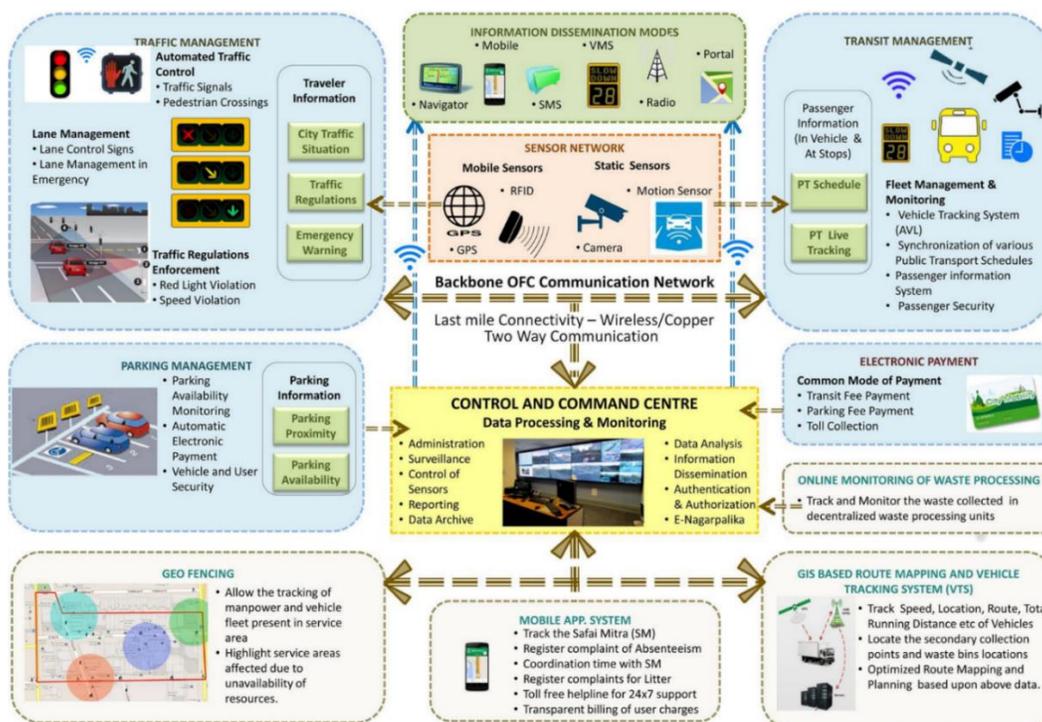
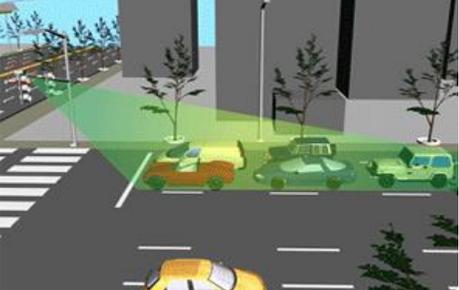


Figura 9 Sistema de Gestión Inteligente
Fuente: Indore Smart City (Indore, s.f.)

Tabla 6 Soluciones e iniciativas para la prestación del Servicio ITS

Iniciativa	Descripción
 <p data-bbox="203 590 699 646"><i>Figura 10</i> Seguridad y movilidad peatonal Fuente: Detectores de tránsito (TYSSA, 2008)</p>	<p data-bbox="862 380 1398 600">Los sensores para la detección de peatones permiten controlar los semáforos en beneficio de los peatones o hacer que estos sean más visibles en el tráfico, la detección de peatones se puede usar para activar en luces de advertencia en la carretera.</p>
 <p data-bbox="203 963 829 1020"><i>Figura 11</i> Sistema de detección peatonal Fuente: Traffic video detection and monitoring (FLIR, s.f.)</p>	<p data-bbox="862 653 1409 873">Gracias al control dinámico de los semáforos y la activación de las señales, podrá hacer que las intersecciones o los pasos de peatones sean más seguros y al mismo tiempo, evitar demoras innecesarias para los peatones y los automovilistas.</p>
 <p data-bbox="203 1341 699 1398"><i>Figura 12</i> Detección y presencia de vehículos Fuente: Detectores de tránsito (TYSSA, 2008)</p>	<p data-bbox="862 1125 1393 1388">Los servicios pueden prestarse por sensores térmicos y de vídeo, siendo una alternativa muy fiable a los bucles y otras tecnologías de detección, ya que, al detectar vehículos, ciclistas y peatones, los sensores permiten controlar las intersecciones de forma más eficiente.</p>
 <p data-bbox="203 1761 829 1818"><i>Figura 13</i> Sistema de detección vehicular Fuente: Traffic video detection and monitoring (FLIR, s.f.)</p>	<p data-bbox="862 1430 1386 1734">Permite mejorar la seguridad y la eficacia de inmediato, mejorar el flujo del tráfico en las ciudades, reducir los retrasos innecesarios, mejorar la seguridad de todos los usuarios de la vía, realizar análisis de colas, capacidad y niveles de servicio, mediante la respuesta adaptativa al comportamiento dinámico del tráfico.</p>

Iniciativa

Descripción



Figura 14 Sistemas de detección y monitoreo.
Fuente: The Magazine for Intelligent Traffic Systems (SIEMENS, 2017)

Tecnologías de detección y recolección de datos en tiempo real para el monitoreo vehicular y planificación del transporte, las más utilizadas, el radar (derecha) y el sistema de cámara (izquierda), útiles para la toma de información en grandes intersecciones y corredores.

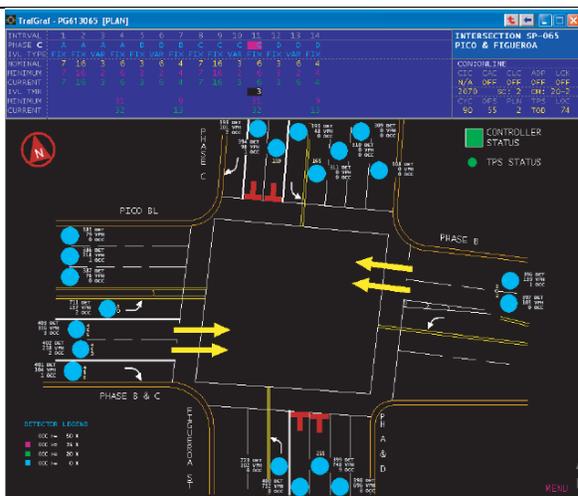


Figura 15 Interfaz control de tráfico adaptativo
Fuente: Adaptive Traffic Control System (Stevanovic, 2010)

Este servicio debe dar preferencia semafórica a vehículos específicos destinados al transporte público y atención de emergencias a fin de mejorar sus tiempos de recorrido.

Dentro del Sistema de Control Adaptativo, el ajuste de los tiempos en un corredor o intersección se basa en cambios dinámicos en volúmenes y ocupación de la vía, los sensores recolectan información cada segundo sobre vehículos acercándose o esperando en la intersección y como resultado, convierten el control semafórico en un dispositivo de gestión adaptativo y dinámico, optimizando la red de tráfico.



Figura 16 Plataformas para el Sistema de tráfico adaptativo
Fuente: The Adaptive Traffic Control System (Stevanovic, 2010)

Dadas las necesidades y según las tecnologías y plataformas utilizadas, se puede mediante un módulo de pronóstico de balance, estimar los impactos y diversas estrategias de control de tráfico para los siguientes períodos de tiempo, calculando medidas de rendimiento tales como retrasos, paradas y longitudes de cola en las intersecciones y corredores.

Iniciativa
Descripción



Figura 17 Sistema de detección de placas vehiculares
Fuente: Catálogo de productos Mobility (SIEMENS, s.f.)



Figura 18 Sistemas de monitoreo y recolección de datos
Fuente: Traffic video detection and monitoring (FLIR, s.f.)



Figura 19 Monitoreo de direcciones Wi-Fi
Fuente: Sistemas Inteligentes de Transporte (FLIR, s.f.)



Figura 20 Gestión de la velocidad de las vías
Fuente: Sistemas Inteligentes de Transporte. (Espinoza, s.f.)

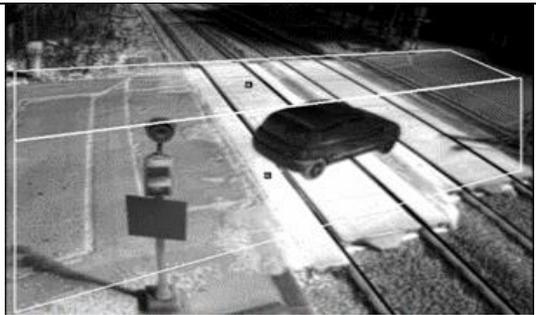
Las cámaras y los sensores supervisan de forma precisa los flujos de tráfico y ayudan a mantener la seguridad de las vías. Estos detectores graban vehículos, peatones, y datos de tráfico y reenviar estos datos a los sistemas de control de tráfico para análisis estadísticos y análisis de tendencias o comparaciones antes / después, análisis de transporte, matrices O/D, etc.

Estas soluciones ITS pueden realizar eficazmente la distinción entre diferentes niveles de servicio: fluido, denso, congestionado o atascado, además, están en capacidad de recolectar datos del flujo vehicular en tiempo real, (volúmenes, clasificación de vehículos, velocidad promedio, análisis de variables microscópicas del flujo vehicular), presentar una vista clara en todas las condiciones climáticas, monitorear el tráfico en tiempo real, detectores de parada, detección de placas, garantizar la seguridad durante las obras viales.

Los sensores utilizan la tecnología de seguimiento con wifi y bluetooth para proporcionar a los técnicos de tráfico, datos de alta resolución sobre los vehículos, bicicletas y peatones en los cruces y en entornos urbanos.

Es posible determinar los tiempos de viaje y ruta a lo largo de los segmentos de la vía. La información de intensidad de la señal wifi y bluetooth permite determinar matrices O/D, información en rotondas.etc.

Radares para detección de velocidad con paneles de señalización variable en la vía para la adaptación de la conducción al estado del tráfico, a las características de la vía o a las condiciones meteorológicas en cada momento.

Iniciativa	Descripción
 <p data-bbox="201 600 753 659"><i>Figura 21</i> Gestión y control del tránsito Fuente: Monitoreo de usuarios Waze (Olson, 2014)</p>	<p data-bbox="857 268 1409 625">Supervisión de las condiciones del tráfico y de la red a través de los sensores y cámaras del CCTV, ofreciendo a los supervisores información objetiva sobre el estado de ocupación de la red de tráfico, así como visión en tiempo real de los corredores viales y comportamiento dinámico en intersecciones de mayor congestión, para análisis estadísticos y análisis de tendencias o comparaciones antes / después.</p>
 <p data-bbox="201 1041 829 1100"><i>Figura 22</i> Detección Automática de Incidentes - DAI. Fuente: Traffic video detection and monitoring (FLIR, s.f.)</p>	<p data-bbox="857 772 1421 1037">El manejo efectivo de incidentes depende completamente de detección y verificación de incidentes de manera rápida. Las soluciones ITS permiten detectar vehículos detenidos, mala conducción, colas, vehículos de movimiento lento, objetos caídos o peatones en cuestión de segundos para evitar accidentes secundarios.</p>
 <p data-bbox="201 1440 829 1499"><i>Figura 23</i> Detección de vehículos en pasos a nivel Fuente: Traffic video detection and monitoring (FLIR, s.f.)</p>	<p data-bbox="857 1255 1409 1520">Los sensores pueden evitar las colisiones entre trenes y obstáculos en los pasos a nivel mediante la detección de vehículos parados en medio de las vías y que impidan el paso de un tren, además de detectar personas que han caído del andén o que caminan deliberadamente por las vías del metro, el tranvía o el tren.</p>
 <p data-bbox="201 1827 829 1885"><i>Figura 24</i> Detección de personas en las vías Fuente: Traffic video detection and monitoring (FLIR, s.f.)</p>	<p data-bbox="857 1562 1421 1688">De este modo, los operadores de la red ferroviaria o el tranvía pueden recibir avisos de posibles peligros o se pueden activar señales de peligro.</p>

Iniciativa	Descripción
 <p data-bbox="201 520 813 583"><i>Figura 25</i> Ola verde para el ciclista Fuente: Catálogo de productos Mobility (SIEMENS, s.f.)</p>	<p data-bbox="857 268 1421 499">La aplicación SiBike es instalada en el teléfono inteligente, usa el GPS para determinar la ubicación, velocidad y dirección del viaje del ciclista y los datos del GPS se utilizan para verificar continuamente si el ciclista está pasando un punto de activación virtual, prolongando la fase verde en curso.</p>
 <p data-bbox="201 837 813 905"><i>Figura 26</i> Vehículos conectados Fuente: Sistemas Inteligentes de Transporte. (Espinoza, s.f.)</p>	<p data-bbox="857 678 1421 1010">ITS en vehículos para permitir las advertencias longitudinales, laterales y su ubicación. Utilizando GPS, sensores de proximidad y sensores de colisión se requiere de dispositivos GPS y sensores a bordo para monitorear las áreas al frente del vehículo y detrás del vehículo y advertir al conductor de obstáculos y demás peligros potenciales, además de su aplicación en la gestión en tiempo real de flotas en transporte público.</p>
 <p data-bbox="201 1257 813 1325"><i>Figura 27</i> Información a bordo del Vehículo Fuente: Sistemas Inteligentes de Transporte. (Espinoza, s.f.)</p>	<p data-bbox="857 1035 1421 1129">De igual manera proporcionar al usuario información del estado de tráfico, de los servicios o incidentes a bordo del vehículo.</p>
 <p data-bbox="201 1753 813 1822"><i>Figura 28</i> Información de transporte público Fuente: Apps para planificar viajes (Arteaga, 2014)</p>	<p data-bbox="857 1381 1421 1518">El servicio proporciona al usuario de transporte público información en tiempo real del servicio, trazados, horarios, tarifas, avisos e incidentes.</p> <p data-bbox="857 1549 1421 1686">Información en tiempo real de niveles de tráfico en las vías, incidentes, información del peaje y del estacionamiento, así como de información meteorológica y ambiental.</p> <p data-bbox="857 1717 1421 1791">Gestión de flotas de transporte público y soluciones de venta de Tickets inteligentes.</p>

Fuente: El autor basado en documentos de Espinoza, s.f., Arteaga (2014), SIEMENS, s.f., SIEMENS (2017), FLIR, s.f., Olson (2014), Stevanovic (2010), TYSSA (2008).

1.2.4.1 Escenarios ITS en ciudades del mundo

Los ITS han surgido como una alternativa que, gracias a la aplicación de las TIC, han permitido mejorar la gestión del sector transporte, generando ventajas competitivas en las ciudades del mundo (Cintel, 2010), no obstante, a medida que las ciudades cobran mayor protagonismo en la economía global, aumenta la preocupación por la eficacia de sus sistemas de transporte, debido al importante impacto que tienen a la hora de atraer comercio y generar empleo (IBM, 2009).

Basados en lo anterior, se presenta en la Tabla 7 de manera global algunos casos exitosos y los avances que han presentado algunas ciudades del mundo con la adopción de los ITS, a través de iniciativas de investigación, estudios exploratorios y programas de apoyo a su implementación, para avanzar en la seguridad del transporte, movilidad y sostenibilidad ambiental, a través de medios electrónicos y aplicaciones de tecnologías de la información para permitir la creación de un sistema de transporte inteligente.

Tabla 7 Iniciativas, estudios exploratorios y programas para la incorporación de ITS

Ciudad / País	Iniciativas, programas y estudios exploratorios
Michigan, EE.UU	El Departamento de Transporte de Michigan tiene construido en todo su Estado una cartera de ITS con cámaras de detección para sistema adaptativo y control de tráfico, CCTV, señales de mensajería dinámicas y variable, sistemas de recolección de datos, además avanza en la adopción de la iniciativa de vehículos conectados.
New York, EE.UU	Entorno ITS, gestión activa del tráfico con el control de señal adaptativo de régimen múltiple, consiste en una combinación de estrategias de control en tiempo real, que van desde la regulación estratégica de la demanda de tráfico a equilibrar colas en intersecciones críticas. Los datos de tiempo de viaje a gran escala se recopilan en tiempo real para un control efectivo. El sistema alerta a los automovilistas sobre incidentes en autopistas y sugerir rutas alternativas utilizando signos de mensajes, comunicación en tiempo real con otras agencias regionales relacionadas con la movilidad.
San Francisco, EE.UU	Iniciativa para servicios de movilidad personalizada en tiempo real según las necesidades y características del viajero, gestionar la oferta y la demanda de estacionamiento y precio a través de la aplicación, servicios innovadores de coincidencia de viajes compartidos, cultura de uso compartido ocasional, identificación e implementación de carriles de alta ocupación (HOV) basados en datos de usuarios mediante crowdsourcing, modelado de la demanda de viajes, y simulaciones Infraestructura de carril HOV, detectores de ocupación vehicular, iniciativa de vehículos conectados.

Ciudad / País	Iniciativas, programas y estudios exploratorios
San Antonio, EE.UU	Sistema de Control de Tráfico Adaptativo, con cámaras termo gráficas para la gestión del tráfico y transporte. Prioridad de señal de tráfico, software de gestión de tráfico, nuevos autobuses “PRIMO” usan sistema de localización automatizado con GPS para generar un aporte colectivo de información en tránsito y transporte, transmite datos de ubicación del autobús cada tres segundos, para solicitar una extensión de luz verde desde controlador de semafórico.
Tampa, FL, EE.UU	Sistemas ITS, permiten que vehículos y peatones se comuniquen con la infraestructura de tráfico, como intersecciones y semáforos en tiempo real, para reducir la congestión específicamente durante la hora pico.
Seattle, Washington, EE.UU	ITS para vincular los sistemas de planificación y control de tráfico, para aprovechar mejor la infraestructura vial existente, disminuir el impacto de incidentes de tráfico importantes, gestionar mejor el tráfico y reducir la congestión.
Texas, Lancaster, California y Arizona, EE.UU	Sistema de Control de Tráfico Adaptativo, con cámaras termo gráficas para la gestión del tráfico y transporte.
Maryland, EE.UU	Sistema de Control de Tráfico Adaptativo, utilizando detectores de presencia peatonal para aumentar la seguridad en los cruces, detectar cada persona a medida que se acerca al paso de peatones desde cualquier lado, sin requerir que presionen un botón.
Colorado Springs, EE.UU	Las autoridades de Colorado han tenido la misión de reemplazar los bucles de pavimento con tecnología de detección de video para control de tráfico. El plan ha tenido el efecto deseado y los costos han bajado con sistemas de tráfico adaptativo, para el análisis y recolección de datos en tiempo real.
Rusia	Iniciativa de vehículos conectados, desde 2017 es obligatorio para los autos nuevos, ser equipados con el sistema “Eraglonass” para combinar las comunicaciones móviles y el posicionamiento por satélite y proporcionar asistencia rápida a los automovilistas en caso de un accidente. Esta tecnología de comunicación emite una llamada de emergencia desde un vehículo en el evento de un accidente, incluyen además mecanismos como cobro automatizado de peajes, sistemas de vigilancia. El Ministerio de Transporte, ha comenzado desarrollando leyes que regular la esfera de las comunicaciones de transporte.
Moscú, Rusia	Sistema adaptativo de tráfico con sensores de presencia vehicular, sensores de tráfico basados en radiofrecuencia, sistemas CCTV, sistema de paneles de mensaje variable con información de gráfica de niveles de servicio, sistema de detectores virtuales, sensores de tráfico basados en análisis de vídeo, radares de foto detección y equipos DAI para detección de incidentes a cielo abierto (vehículos parados, circulando en sentido contrario, peatones por la vía, etc.). Gestión de paneles gráficos de información a los usuarios, adquisición de datos de detectores.
Quito, Ecuador	Alianzas con el BID y empresas de Telefonía celular para conocer el comportamiento y movimientos de los usuarios del Metro de Quito. Este sistema

Ciudad / País	Iniciativas, programas y estudios exploratorios
	recopila tendencias y agrega los datos móviles de la red de Telefónica para entender cómo se comportan los segmentos de la población en conjunto.
Ambato, Ecuador	Sistema de control de tráfico, permite el control adaptativo del tráfico, cámaras de conteo vehicular mediante sistema de visión artificial, avisos acústicos peatonales en intersecciones semaforizadas.
Ibarra, Ecuador	Sistema Adaptativo de Control de Tráfico, permite el control adaptativo del tráfico, cámaras de conteo vehicular mediante sistema de visión artificial, avisos acústicos peatonales, pulsadores peatonales, semáforos dotados con tecnología led.
Guildford, Reino Unido	Recolección de datos de la red de telefonía celular, mejorando su eficiencia y recopilando mejores datos de monitoreo vehicular y peatonal, se redujo el período de recopilación de datos de 6 meses a 7 días, un ahorro masivo en horas de trabajo y ahorro de millones de libras anuales en costos de recolección de datos en relaciona las metodologías convencionales.
Neuquén, Argentina	Recolección de datos de la red de telefonía celular, para la movilidad y planificación del transporte, su aporte ha sido utilizado para diseñar un nuevo sistema de transporte público y la ruta del nuevo “Metrobús Inteligente” y diseñar un mapa de movilidad con datos confiables y actualizados, analiza las tendencias y los patrones del tráfico de datos para conocer más sobre el comportamiento del consumidor.
Zaragoza, España	Zaragoza decidió utilizar los datos de la red de telefonía celular, para crear matrices O/D y así poder comprender la demanda de transporte urbano en la ciudad, así como las tendencias demográficas.
Madrid, España	ITS para el control y gestión del tráfico que circula por este cinturón de la ciudad, con sistemas adaptativos. Utilizan lazos magnéticos para sonorización del tráfico, además de sensores de tráfico basado en análisis de vídeo, avisadores acústicos, pulsadores de peatones semaforicos, CCTV, prioridad semaforica para transporte público, preferencia para el autobús mediante radiofrecuencia, cámaras de monitorización de tráfico en área urbana, paneles de mensaje variable, detectores, cámaras de vigilancia y cálculo de tiempos de recorrido, control de paso de semáforo en rojo y control de carril BUS.
Barcelona, España	Herramienta de gestión en tiempo real para el uso de la bicicleta, aplicaciones APP (Vadebikebcn) de red de aparcamientos de rotación en destino para bicicleta privada, aparcamiento seguro, fácil e inteligente para el uso eficiente de la infraestructura vial, promover el uso de medios alternativos de transporte de manera eficiente. Carriles de vía sensorizados mediante lazos inductivos, mediante sensores infrarrojos y mediante sensores de análisis de vídeo, trafico adaptativo, priorización semaforica para transporte público por radiofrecuencia, cámaras para supervisión del tránsito, paneles informativos, control de velocidad en tramo y radares puntuales.
Rio de Janeiro, Brasil	Plataforma que integra información que llega a través del teléfono, la radio, el correo electrónico y los mensajes de texto. Base de datos para consulta y uso para análisis de información histórica, trabajo en conjunto con Waze (información de tráfico a tiempo real). Detectan situaciones urbanas a través del flujo de mensajes de

Ciudad / País	Iniciativas, programas y estudios exploratorios
	texto de redes sociales (Tweets), algoritmos para detectar aumento y repetición de palabras en mensajes y orientar las cámaras al punto de envío de aquellos mensajes, detectando incidentes y alertas. Priorización transporte público en corredor BRT Transcarioca, sistema de control de tráfico adaptativo (semaforización), cámaras de detección vehicular a través de visión artificial.
Sao Paulo, Brasil	Mediante la recopilación de datos de la red de telefonía celular, aplicaciones móviles y datos de una amplia gama de operadores de telecomunicaciones, se está investigando los movimientos de las personas que viven en Paraisópolis, un área de favelas. Sistema adaptativo de control de tráfico con sensores de presencia vehicular, paneles de mensaje variable, registro y comunicación de incidencias, información relacionada con el tráfico mediante plataformas Twitter.
Estocolmo, Suecia	Implementa el mayor sistema de control de tráfico por radiofrecuencia de Europa, reduciendo la contaminación hasta un 12% con un sistema de peaje de identificación de vehículos con cámaras y sensores. Dispositivos RFID ubicado en el vehículo permite identificarlo cuando pasa por los puestos de control, aquellos conductores que no lleven en su coche este dispositivo, el sistema identifica la matrícula para reclamar el pago posteriormente a través de un sistema de transferencia bancaria o establecimientos autorizados.
Singapur, Asia	Análisis exploratorio de viajes basados en Smartphone, la agrupación de los patrones de día a partir de datos FMS (Future Mobility Sensing) revela gran variabilidad día a día del comportamiento del usuario. Los datos precisos y detallados recopilados por FMS se pueden usar para modelar el transporte y planear la ciudad. Análisis de tráfico en tiempo real, implementación de tecnologías de detección de vehículos, diseñadas para mejorar la seguridad y aliviar congestión, detección de placas y procesamiento de imágenes de video instaladas a lo largo de la arteria arterial de Singapur.
Sídney, Australia	Módulos de tarificación y reconstrucción de viajes (TRARM), sistema de peaje basado en distancia, de tal manera que a los usuarios de la infraestructura se les cobrará según la distancia realmente recorrida por el vehículo en la infraestructura, utilizada para el intercambio de datos estadísticos de tráfico, control de la señalización dinámica por parte del centro de control del estado cuando sea requerido, manejo conjunto de incidencias e intercambio de imágenes del sistema CCTV, entre otros.
Atlacomulco, México	ITS, sistema de peajes y comunicaciones del tramo carretero Atlacomulco-Maravatío, estaciones de conteo y clasificación (con cámara móvil de video verificación), paneles de mensaje variable, cámaras móviles.
Mérida, México	Sistema de Transporte Masivo BRT basado en autobuses Eléctricos, implementación de centro de control (centro de datos, servidores, video Wall), sistema adaptativo de control de tráfico, sistema de ayuda a la explotación – SAE (con integración de información de vehículos y de estaciones), control de recorridos y tiempos de trayecto de la Flota, CCTV, puertas automáticas de andén

Ciudad / País	Iniciativas, programas y estudios exploratorios
	(apertura sincronizada de puertas del andén y la Flota), sistema completo de información a pasajeros, ticketing y control de accesos.
Pretoria, Sudáfrica	Instalación de un sistema de control de tráfico adaptativo para priorización al transporte público, dispositivos de campo de gestión de tráfico, servidor web público que proporciona información acerca de las condiciones del tráfico y disponibilidad del transporte público.
Medellín, Colombia	<p>Sistema de control adaptativo para priorización del tranvía y renovación tecnológica del centro de mando.</p> <p>Disponen de sensorización por análisis de vídeo para la planificación e ingeniería de tráfico, prioridad semafórica al transporte público (Metroplús - si el autobús va con retraso, se le da prioridad de paso), pulsador de peatones, detección automática de incidentes.</p> <p>Paneles de mensaje variable, Gestión de Flota, CCTV, sistema de información al usuario, sistema de gestión de datos para el control al transporte público colectivo, sistema de monitoreo vehicular, cámaras de foto detección electrónica, software de analítica de video.</p> <p>Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE), mediante sistema GPS en tiempo real, circuito cerrado de televisión que registra la ocupación de la flota para realizar estudios más acertados de demanda peatonal, sistema de información al viajero, video detectores instalados en intersecciones semafóricas que permiten conteo vehicular, clasificación, velocidad, placas y movilidad. Análisis de matrices O/D mediante con registros de la tarjeta Cívica del sistema, en metro, tranvía, cable y buses.</p>
Cali, Colombia	<p>Recolección de datos de la red de telefonía celular para el proyecto "<i>corredor verde</i>", analizaron los datos obtenidos, que incluyen el número de viajes realizados en el área de estudio y la distribución de estos movimientos por hora y propósito. Las técnicas Big Data permitieron una planificación mucho más precisa del proyecto, comprender mejor los patrones de movilidad de la ciudad y las áreas de población altamente concentradas. Convenio con Google y Transit para planificar los viajes en el MIO en tiempo real información de la flota, hora de llegada y de paso.</p>
Mantena, Colombia	Tráfico adaptativo, implementación de cámaras de video detección vehicular y peatonal, Cámaras de detección de incidente, CCTV.
Pasto, Colombia	Sistema adaptativo de control de tráfico para la ciudad, cámaras de detección vehicular por visión artificial, semáforos dotados con tecnología led, pulsadores peatonales, paneles de mensaje variables.
Villeta, Colombia	Implementación de ITS en peaje Ruta del Sol. Sector 1: Villeta - Guaduro - El Koran, implementación de sistemas electrónicos o mecánicos de pórtico de detección de gálibo, sistemas de pesaje, sistemas de pesaje portátil, radiocomunicaciones, cámaras domo y fijas para detección, paneles de mensajes variables, etc.

Ciudad / País	Iniciativas, programas y estudios exploratorios
Canadá	Proyecto Windsor-Essex Parkway, Sistema de gestión de tráfico, vídeo vigilancia, detección de vehículos y paneles de mensaje variable para proveer información al usuario de la vía, CCTV.
Lima, Perú	Sistema de control de pasajeros para la línea del Metro, sistema de ticketing completo basado en tarjetas inteligentes sin contacto. Sistema de control de tráfico adaptativo con sensores de presencia de vehículos, regula las ondas verdes de los semáforos, cámaras de visión artificial para conteo y clasificación vehicular, mejora de la red semafórica, software de control de tráfico, completa ingeniería de tráfico, prioridad semafórica para transporte público.
Chile, Santiago	Sistema de cobro y peaje para las nuevas líneas 6 y 3 de Metro de Santiago, sistema completo de ticketing.
Londres, Reino Unido	Autopista A13, sistema de peaje sombra, implementan CCTV, sistema de conteo vehicular y clasificación de vehículos, video verificación y señalización variable, centro de control. Sensores de tráfico basados en lazos inductivos, sensores de video detección vehicular, sistema de prioridad semafórica para transporte público, detectores de peatones, tráfico adaptativo, información a los pasajeros en tiempo real en paradas de autobús, señales de mensaje variable, cámaras de recolección de información y reconocimiento de matrículas para generar tiempos de viaje en las principales rutas, análisis de información en redes sociales.
Marruecos, África del Norte	Sistema de tráfico inteligente, paneles de mensaje variable, estaciones de toma de datos y equipos de video vigilancia, gestión de tráfico, detección y gestión de incidentes, localización de vehículos de asistencia e información en tiempo real a los usuarios de las autopistas sobre las condiciones de circulación.
Egipto	Sistemas de protección de los cruces a nivel, detección vehicular, peatonal, registro y supervisión.
Galicia, España	Gestión y control del tráfico en la autovía AG64, señalización variable, estaciones de toma de datos, tratamiento de datos, CCTV.
Danang, Vietnam	Gestión y control del tráfico, detección de vehículos, video detección de placas, pulsadores para peatón, cámaras de vigilancia del tráfico, sistema de control de tráfico completo, sistema adaptativo de Tráfico.
Arequipa, Perú	Sistema de control de tráfico, integración y centralización a través del sistema CCTV.
Trujillo, Perú	Sistema de control de tráfico, ingeniería de tráfico completa, centralización de reguladores semafóricos, sistema adaptativo de tráfico, cámaras de visión artificial para el conteo, clasificación vehicular y peatonal.
Wuhan, China	Sistema de Control de Tráfico Adaptativo, Centralización de tráfico, sistemas CCTV y sistema de paneles de información variable, pulsadores de peatones, sonoros, software de control de tráfico.
Salalah, Oman	Utilizan la tecnología de detección de video para la gestión de tráfico en lugar de bucles inductivos, que fueron los únicos equipos de detección utilizados en Omán hasta el momento.

Ciudad / País	Iniciativas, programas y estudios exploratorios
Yamuna, India	Sistema de gestión de tráfico todo incluido, ITS avanzados con tecnología de detección de incidentes, conteo vehicular, peatonal, etc.
Abu Dabi, Emiratos Árabes Unidos	Detección automática de incidencias (DAI), recopilación de datos sobre el tráfico (como la velocidad del flujo del tráfico y la ocupación en corredores) CCTV, sistema de gestión por vídeo.
Darmstadt, Alemania	Trafico adaptativo, implementación de sensores de detección vehicular y peatonal, los datos sobre colas y niveles de congestión se recopilan continuamente y se introducen en el sistema de gestión del tráfico.
Yakarta, Indonesia	Sistema de Control de Tráfico Adaptativo en la red para hacer frente a la congestión del tráfico, sensores de conteo vehicular y peatonal.
Mumbai y Chennai, India	Video detectores para conteo vehicular y peatonal, Trafico adaptativo.
Auckland, Nueva Zelanda	Sistema de Tráfico Adaptativo, con sensores de presencia peatonal y vehicular. Sensores para la seguridad de los bicisuarios en situaciones de tráfico mixto, integración de un sistema de advertencia de bicicleta, activado por tecnología de imágenes para la detección y recolección de información en tiempo real.
París	Detección automática de incidentes en túneles, monitoreo en tiempo real de vehículos y captura de información.
Kuala Lumpur, Malasia	Detección de incidentes y recopilación de datos, para mejorar la calidad de vida de su gente con un sistema integrado de información de transporte.
Rion y Antirio, Grecia	Tecnología de detección de incidentes y cámaras termo gráficas para el monitoreo y recopilación de datos.
Marsella, Francia	Tecnología ITS para la detección automática de incidentes, monitoreo y recolección de datos en tiempo real.
Saadiyat, Isla en el Golfo Pérsico	Gestión y adquisición de datos en tiempo real, CCTV, ITS vinculados a dos salas de control.
Ann Arbor, Míchigan	Sistema de Control de Tráfico Adaptativo, el flujo de tráfico progresivo era tradicionalmente logrado mediante la programación de señales de tráfico en tiempo fijo, análisis de tráfico con datos en tiempo real.
Yakarta y Surabaya, Indonesia	Sistema completo de gestión de tráfico adaptativo, sensores de presencia de vehículos y peatones, los sensores aportan actualmente información fiable del tráfico basada en vídeo, captura de datos en tiempo real para el monitoreo en corredores e intersecciones.
Malasia, Asia	Soluciones de transporte público inteligente, integración de un complejo sistema de gestión de operaciones de autobuses urbanos, información al pasajero y completa infraestructura de TIC, sistema SAE e información al usuario en tiempo real, integración con buses eléctricos y estado de carga (ocupación) de los vehículos.

Ciudad / País	Iniciativas, programas y estudios exploratorios
Seúl, Corea del Sur	Análisis y utilización de Big Data para encontrar un modo de transporte eficiente, proyecto “Autobús búho en Seúl” la iniciativa fue concebida rastreando los patrones de viaje de los viajeros nocturnos, llamadas y mensajes de texto, los datos de llamadas y de texto realizados a altas horas de la noche para daban las ubicaciones específicas de salida y destino de los viajeros. Proporcionaron el punto de partida, y la dirección de facturación del usuario o viajero proporcionó el punto de llegada. Estos datos también proporcionan información crucial sobre qué rutas utilizan realmente los viajeros nocturnos, incluidas las redes de carreteras con la mayor cantidad de enlaces y nodos.
Santiago y Valparaíso, Chile	Proyectos que incorporan tecnología ITS en Chile, algunos de los cuales se encuentran en operación, sistema completo de gestión de tráfico adaptativo, contadores vehiculares en red, sitio Web de información de tráfico a usuarios, CCTV, Sistema de control y supervisión de flotas, seguimiento y localización de trenes, sistema de despacho de trenes y flotas de buses, detección automática de incidentes, sistema de pesajes dinámico. Estaciones de conteo vehicular conectadas en línea a la central de control para contar, clasificar vehículos, medir flujos vehiculares, determinar niveles de congestión y velocidades.
Ginebra, Suiza.	Utilizan sensores de tráfico tipo lazo inductivo, sensores de tráfico tipo videocámara para recolección de datos, registro en base de datos y análisis de curvas de datos de detectores, prioridad semafórica al transporte público y vehículos de emergencia, tráfico adaptativo, detectores de visión artificial, paneles de mensajes variables.
Berlín, Alemania	Implementación de lazos magnéticos para sensorización del tráfico, además de contar con sensores de tráfico de otras tecnologías como análisis de vídeo, infrarrojo, radar e inalámbricos magnéticos, sistema completo de gestión de tráfico adaptativo, prioridad semafórica al transporte público, paneles de información variable, cámaras de monitorización de tráfico y conteo vehicular, señales de control de velocidad y carril automático, CCTV.
Buenos Aires, Argentina	Estrategias Big Data aplicado a la Planificación del Transporte, explotación de SUBE (tarjeta magnética recargable para utilizar la red de transporte público), análisis de matrices O/D con datos de SUBE, estimación de demanda de pasajeros en Buses y Metrobuses, cálculo de velocidades en áreas o corredores específicos, análisis de centros de transbordo y/o Transferencias (patrones), estudios de integración entre modos de transporte, análisis de congestionamiento de tráfico, visualizaciones para planificación, análisis de ascenso masivo de pasajeros horas pico y valle, análisis de índices de circulación de colectivos, oferta – demanda, análisis de paraderos, estaciones de tren, etc.

Fuente: El autor basado en documentos de Transportation, s.f., FLIR, s.f, SIEMENS, s.f., SIEMENS, 2014, SIEMENS, 2016., SICE, s.f., Zhao, et al. 2015., IBM, 2007., Perini, 2014., Singer, 2012., Ortiz, 2017., Broderick, 2017., Smith, 2017., Gurko, 2017., Pérez, 2017., Hayashino, 2017., Urain, 2017., Airey, 2017., Tecma, 2017, Wuping, 2012, Forum, 2015, ITSchile, s.f., C&M-Idom, 2017., Flórez, 2016., Velásquez, 2010., Indra, 2013, Monteria, 2018., Caracol, 2017., Indra, 2013., Eudeba, 2015.

1.3 Panorama de los ITS y las TIC para el sector del transporte en Colombia

Los sistemas de transporte son una característica de la vida de muchas personas y, por lo tanto, tienen un impacto material en su calidad de vida, por ello cada vez las personas dependen más de estos sistemas. Debido a esta dependencia, que implica el uso a gran escala de los diversos modos, estos sistemas deben cumplir una serie de desafíos que son de vital importancia para las sociedades modernas (García, et al., 2016). El artículo 84 de la Ley 1450 (2011) de Colombia, por medio de la cual se expide el plan de desarrollo 2010-2014 establece que “los Sistemas Inteligentes de Transporte son un conjunto de soluciones tecnológicas informáticas y de telecomunicaciones que recolectan, almacenan, procesan y distribuyen información, y se deben diseñar para mejorar la operación, la gestión y la seguridad del transporte y el tránsito”.

Como observamos, esta definición nos ayuda a entender la relación directa de las TIC con los espacios urbanos, ya que las innovaciones comunicativas e implementación de nuevos servicios tecnológicos a favor del transporte, siempre han significado transformaciones sociales y cambios en los espacios en las ciudades (Tecma, 2017).

Por ello, considerando que el Ministerio de Transporte es el encargado de formular y adoptar las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica del transporte, el tránsito y la infraestructura (Decreto 087, 2011) y que la ley 105 de (1993) en su artículo 5 menciona que, es atribución de este organismo del Gobierno Nacional en coordinación con las diferentes entidades sectoriales, la definición de las políticas generales sobre el transporte y el tránsito.

En especial el Departamento Nacional de Planeación (DNP) ha liderado la adopción de procedimientos y prácticas para acoger las iniciativas concretas que dinamicen el sector transporte mediante la implementación de tecnologías, cuyo resultado es la estructura de la Arquitectura Nacional de ITS y el plan maestro de ITS para Colombia (RTC, 2010).

Por su parte, el Ministerio de las TIC ha destacado los aportes de la tecnología en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, en el caso específico el aprovechamiento de otras infraestructuras públicas de transporte terrestre para las TIC, contribuyen a mejorar la calidad de vida de todos los colombianos. (MINTIC, 2012).

Con estas premisas, los ITS en Colombia, han sido previstos como una solución frente a las crecientes demandas de los sistema de transporte, convirtiéndose en uno de los sectores en los

que se observa el mayor volumen de inversión en TIC (ver Figura 29), ya que después del sector financiero, es el sector transporte el que hace un mayor gasto en estas tecnologías. (Cintel, 2010).

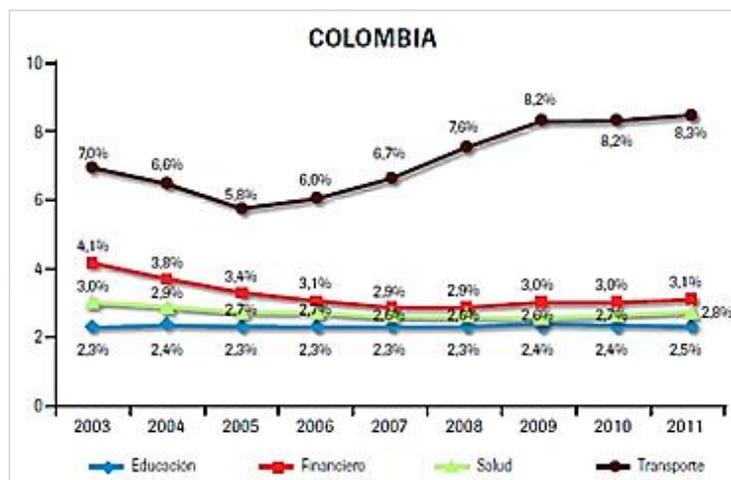


Figura 29 Proporción de Gasto en TIC Colombia (Sector/Total)

Fuente: ITS - Una oportunidad para el Sector Transporte en Colombia (RTC, 2010)

Los ITS son indispensables para solucionar los problemas del sector transporte, alterando por completo las relaciones tecnológicas y el espacio, es así que en los últimos años se han desencadenado una serie de avances tecnológicos regulando cada aspecto de la vida urbana, extendiendo el uso de las TIC a todos los ámbitos y fortaleciendo los vínculos espaciales con las personas (Tecma, 2017), por lo tanto, la aplicación de las TIC en sector transporte en Colombia, tanto en términos de infraestructura como de su operación, se constituye en un elemento fundamental que permite atacar las problemáticas o externalidades del transporte, mejorando de esta manera, su eficiencia, competitividad y productividad. (RTC, 2010).

La concepción de la ciudad como un espacio transformado por los recursos tecnológicos, según Martínez (2016), es posible si se incorporan plataformas tecnológicas para la interoperabilidad, el uso de datos abiertos, comunicación y colaboración, pensando que “la necesidad de elevar la sostenibilidad, productividad y competitividad exige que las ciudades modernas evidencien el componente tecnológico como una pieza importante de las agendas públicas y privadas, tanto de política como de inversión” (p.5).

En este sentido, el sector del transporte se ha beneficiado de los avances en las TIC, especialmente dispositivos móviles, sistemas informáticos y tecnologías de sensores (Wang, 2017), estas herramientas ITS capaces de dar solución a los problemas asociados al transporte, se han implementado en algunas ciudades de Colombia en los últimos años, haciendo uso de las TIC para mejorar la prestación de los servicios, viéndose reflejado en beneficios para los

usuarios, debido a la importancia que ha tomado el uso e implementación de las TIC y convirtiéndose en un medio de desarrollo empresarial y fuente de ventaja competitiva para Colombia.

1.3.1 Escenario actual de los ITS en la ciudad de Bogotá.

Las ciudades han sufrido importantes transformaciones y seguirán sufriendolas en las próximas décadas para continuar siendo el escenario de un desarrollo colectivo (Fernández, 2016), por lo tanto, la emergencia en la implementación de nuevos recursos tecnológicos para la planificación del transporte está modificando muchos de los servicios urbanos.

Por esta razón, la ciudad de Bogotá se presenta como una de las ciudades donde el uso del suelo se encuentra bastante disperso y distante, generando una de las necesidades de movilización más altas de Colombia (Tovar & Nemocón, 2016), debido al acelerado proceso demográfico que está llevando a la ciudad a sufrir un crecimiento desmesurado de su población, y que influye en varios ámbitos del desarrollo particularmente en los temas dinámicos de la movilidad y transporte.

Uno de los elementos más importantes para el desarrollo de las ciudades y las naciones es el sector transporte, por su alto impacto en la calidad de vida de los ciudadanos y su contribución al crecimiento económico y desarrollo social. Es así que el uso y apropiación de las TIC en la ciudad de Bogotá, permiten contar con nuevas alternativas y una serie de importantes avances asociados a las actividades propias del sector del transporte, por lo cual es necesario según Velásquez (2010), la identificación del alcance y objetivos que pueden aportar las nuevas tecnologías con el fin de reducir los tiempos de desplazamiento en las ciudades, controlar y vigilar el tránsito, disminuir los índices de accidentalidad, optimizar la circulación de las vías y generar información útil para conductores y peatones.

De hecho, lo anterior se puede obtener mediante procesos de localización GPS, gestión de flotas vehiculares, el diseño de rutas, semaforización, creación de vehículos inteligentes, así como la construcción de carreteras inteligentes, etc., (Martínez, 2010), dando lugar a lo que conocemos como ITS, incluyendo sistemas de telecomunicaciones, sistemas de gestión del tráfico, recolección y análisis de datos en tiempo real y sistemas de administración de mantenimiento que habilitan al sistema de control de tráfico para operar con gran eficiencia.

En el caso de Bogotá, se han planteado diversas políticas para la implementación de los ITS, estos Sistemas Inteligentes de Transporte para la ciudad, son un instrumento formulado en el Plan Maestro de Movilidad (PMM) mediante Decreto 319 (2006), allí se resalta un capítulo especial para los ITS, que le permite a la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM) contar con el soporte tecnológico para la integración de los diferentes componentes del Sistema de Movilidad tanto en infraestructura, como en tránsito y transporte, permitiendo la toma de decisiones en tiempo real tendientes a minimizar la problemática existente en materia de movilidad en la ciudad, y contemplando su implementación de manera gradual.

De igual manera, el Plan de Desarrollo Económico y Social "Bogotá Positiva: Para Vivir Mejor" 2008-2012, adoptado mediante el Acuerdo 308 (2008), incluyó el Sistema Inteligente de Transporte como una estrategia a implementar, a fin de desarrollar y armonizar los subsistemas peatonales, vial, de transporte, de regulación y control de tráfico para la ciudad de Bogotá.

Por su parte, de acuerdo a un informe de la Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones (CCIT), Bogotá aparece en el grupo de las ciudades más sostenibles de Latinoamérica por sus avances en el sistema de transporte, espacios para emprendimiento, integración y generalización del acceso wifi a varios sectores (como se cita en Nacional, 2017), por ello, el reto se ha centrado en la búsqueda de soluciones para solventar los problemas producto de las externalidades del transporte, los cuales generan un impacto negativo en la calidad de vida de los ciudadanos y la productividad de la ciudad.

Bogotá le apunta a la adopción de soluciones ITS para el control de las vías y la gestión del transporte público, enfocadas a la disminución en la congestión vehicular, reducción del tiempo de viaje, reducción de emisiones y aumento en la seguridad vial, disponer de información en línea y en tiempo real que permita la correcta toma de decisiones, así como poder dar respuesta rápida a incidentes y emergencias, mejorar la gestión de los diferentes tipos de flotas y mayor efectividad en la gestión de los diferentes medios de transporte (SDM, 2010).

Por lo anterior, en el año 2010 se suscribió el convenio Interadministrativo Marco de Cooperación N° 1029, entre la SDM, la Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá (ETB) y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, cuyo objeto es el planteamiento y ejecución del Sistema Inteligente de Transporte (SIT) para Bogotá (ver Figura 30), para gestionar de manera integral todos los factores medibles que afecten o intervengan en las condiciones de movilidad de la ciudad (ver Figura 31).

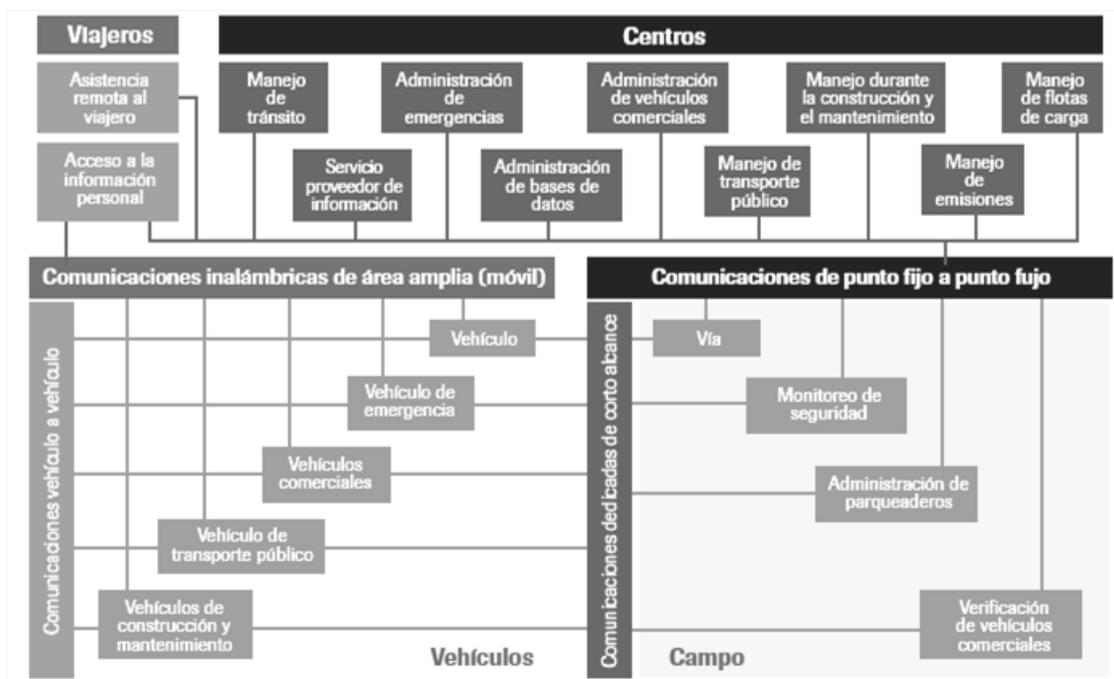


Figura 30 Diagrama de Interrelación Componentes del SIT – PMM
 Fuente: Desafíos de los Sistemas Inteligentes de Transporte en Bogotá (Velásquez, 2010)

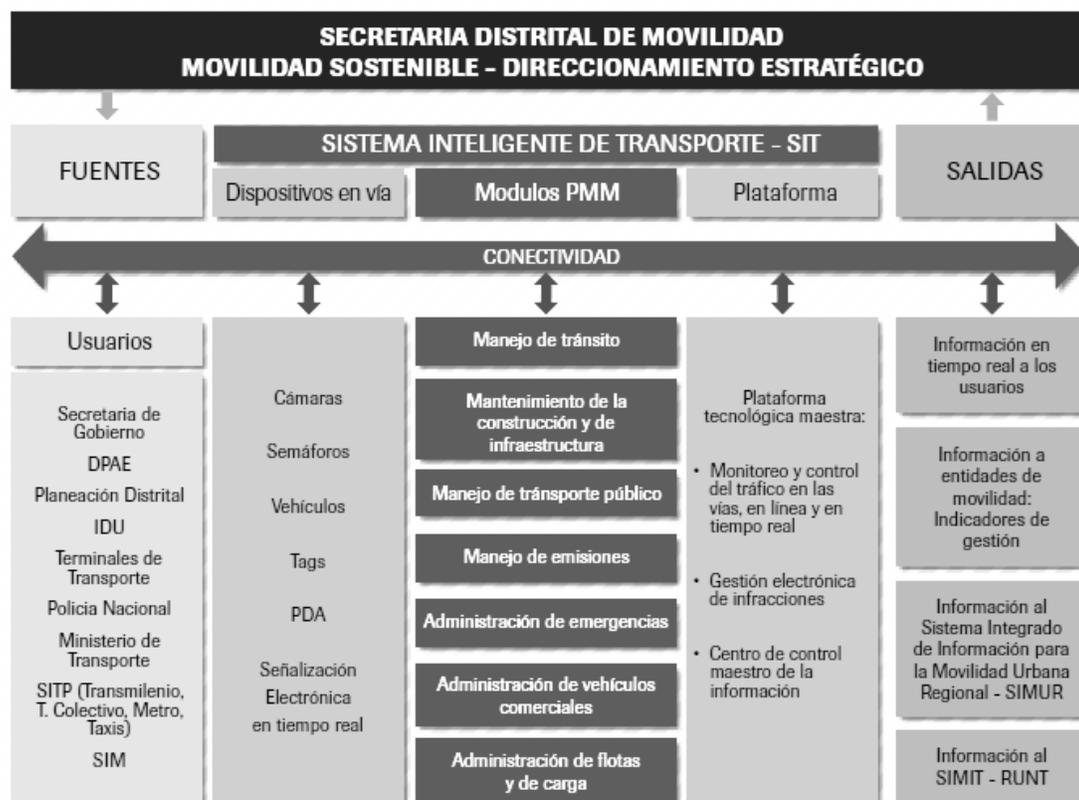


Figura 31 Diagrama funcional del SIT - Secretaría Distrital de Movilidad
 Fuente: Desafíos de los Sistemas Inteligentes de Transporte en Bogotá (Velásquez, 2010)

Para esto, el Sistema Inteligente de Transporte, según la SDM (2010, p.15), en su FASE I del proyecto contempla cuatro componentes básicos: Centro de gestión de tráfico (Figura 32), detección electrónica de infracciones, paneles de mensajería variable y modernización y actualización al sistema semafórico, a pesar de ello, la fase inicial se está ejecutando actualmente y las demás están por definir.

Los servicios que desarrollan los ITS se crean con diversas características propias de cada ciudad, pero con esquemas generales. El Centro de Gestión y sistema de cámaras CCTV para monitoreo hacen parte de la configuración física del SIT, cuyo objetivo basado en documentación oficial de la SDM (2010), es la de “gestionar el sistema de movilidad de Bogotá, para la toma de decisiones y divulgación en torno a la accidentalidad, congestión, medio ambiente y percepción ciudadana, a partir de información, conocimiento, tecnologías y procesos”.

En el Centro de Gestión se integra en un mismo espacio diferentes tecnologías que trabajan de manera coordinada para lograr los esquemas de operación adecuados y alcanzar el propósito inicial establecido en el marco del SIT, realizando la medición, monitoreo y análisis constante del tráfico y transporte de la ciudad. (SDM, 2015).

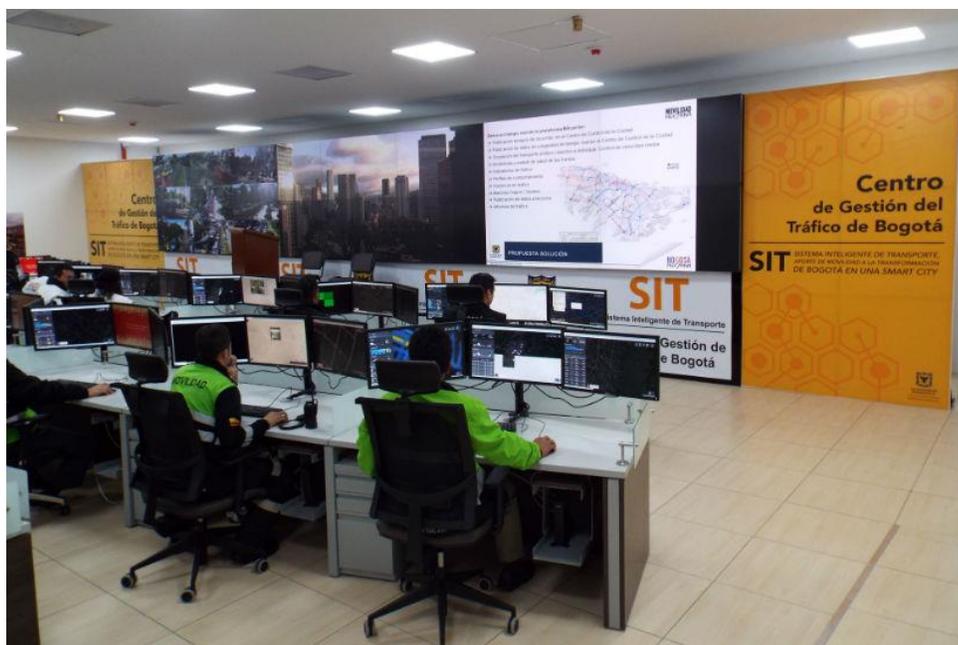


Figura 32 Centro de Gestión del Tráfico de Bogotá
Fuente: El cerebro tecnológico de la SDM (Pabón, 2016)

El Centro de Gestión de Tránsito cuenta con una la sala de Monitoreo del Tránsito donde se hace la gestión del tránsito, sala de modelización y estadística donde se analiza el tránsito usando

los datos compilados y herramientas tecnológicas de simulación, sala de detección electrónica de infractores donde se gestiona todo lo referente a las infracciones detectadas mediante medios electrónicos.

De esta manera, aun cuando se está avanzando progresivamente con la implementación de ITS en Bogotá, se presenta a continuación los avances que ha presentado la ciudad en cuanto a la adopción de recursos tecnológicos y diferentes alternativas para mejorar la movilidad y asegurar un transporte seguro y eficiente, basados en el diagrama funcional del SIT (ver Figura 31), relacionando las principales temáticas que hacen parte del objetivo principal del estudio, más específicamente con la prestación del servicio de ITS para la recolección de información en tiempo real en la ciudad de Bogotá.

Así las cosas, el proceso de avance del Centro de Gestión cuenta con los siguientes recursos integrados para la gestión del tránsito:

- Instalación de 100 Cámaras de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) en los puntos establecidos por la SDM, para monitoreo y foto comparendos.
- Instalación de 24 cámaras de video detección con bucle virtual, para tráfico semiactuado en 14 intersecciones o puntos estratégicos de la ciudad (Figura 33 y Figura 34). Detectan la presencia de vehículos en la línea de parada y además realizan la detección anticipada de los vehículos que se aproximan al cruce día y de noche, permitiendo la comprobación y supervisión del tráfico en tiempo real.



Figura 33 Cámaras para tráfico semiactuado KR 33
Fuente: El autor adaptado de la SDM



Figura 34 Cámaras para tráfico semiactuado CL 80
Fuente: El autor adaptado de la SDM

- Sensores para reconocimiento de señal wifi y bluetooth (Figura 35 y Figura 36), 350 ubicados en puntos estratégicos de la ciudad, en carriles de tráfico mixto y troncales, captando información para cálculo de velocidades medias y matrices origen – destino.



Figura 35 Sensor wifi-bluetooth carril mixto
Fuente: El autor adaptado de la SDM



Figura 36 Sensor wifi-bluetooth Troncales
Fuente: El autor adaptado de la SDM

- Sensores para conteo vehicular (Figura 37 y Figura 38), 160 sensores en 4 estaciones de conteo que detectan vehículos en movimiento, midiendo con precisión la velocidad, realizan clasificación por tamaño, conteo por carril/dirección, generando información de intensidad y niveles de ocupación. El sensor recoge y proporciona los datos obtenidos de los sensores inalámbricos con el fin de detectar y clasificar los vehículos.

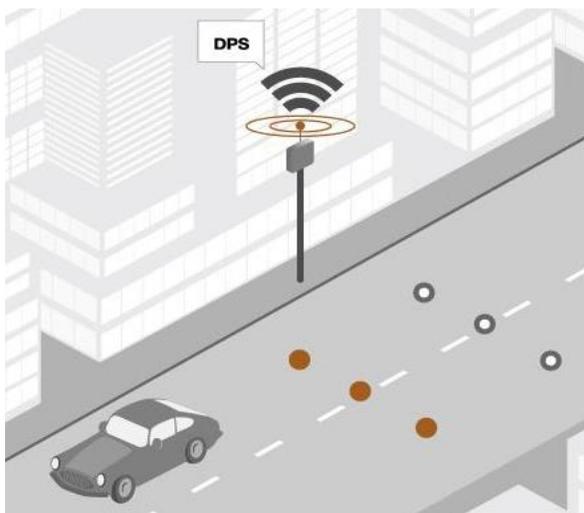


Figura 37 Sensores de conteo vehicular
Fuente: Información oficial SDM Centro de Gestión



Figura 38 Ubicación sensores de conteo vehicular
Fuente: Información oficial SDM Centro de Gestión

- Sensores para conteo de bicicletas (Figura 39 y Figura 40), 12 estaciones de conteo ubicadas en diferentes puntos de ciclorutas de mayor tráfico de este medio no motorizado.



Figura 39 Sensores para conteo de bicicletas
Fuente: Información oficial SDM Centro de Gestión



Figura 40 Ubicación sensores para conteo de bicicletas
Fuente: Información oficial SDM Centro de Gestión

- Sensores de reconocimiento y conteo de placas (Figura 41 y Figura 42), 4 cámaras de video detección con iluminador infrarrojo de visión nocturna, no integradas al Centro de Gestión.



Figura 41 Cámaras de video detección de Placas
Fuente: Información oficial SDM Centro de Gestión



Figura 42 Cámaras de video detección Placas AK 68
Fuente: El autor adaptado de la SDM

- Instalación de 8 sistemas de detección por radar (Figura 43 y Figura 44), capaz de medir dirección, altura, distancia, rumbo y/o velocidad a partir del “eco” reflejado por objetos tanto estáticos como móviles.



Figura 43 Sistema de detección por Radar - CL 80
Fuente: El autor adaptado de la SDM.



Figura 44 Sistema de detección por Radar
Fuente: SIEMENES, 2011.

Además, este sistema puede registrar datos de tráfico como: Detección de presencia de vehículos y datos del vehículo, recuento de tráfico y datos de velocidad del vehículo, datos sobre la longitud y clase del vehículo, y su transmisión de datos se realiza a través de una interfaz en serie a una estación o controlador, no obstante, en la ciudad está siendo utilizado para control de tráfico semiactado estratégicamente en intersecciones semaforizadas.

Por otra parte, considerando los requerimientos técnicos exigidos por la SDM, para la modernización del sistema de semaforización para la ciudad de Bogotá. D.C, es importante tener en cuenta para el estudio, que la virtud del sistema basados en documentos oficiales de la SDM (2017), contempla procesos de captación de información mediante sensores de video detección en tiempo real y sistemas de tráfico de selección dinámica responsivo, adaptativo y actuado.

Adicionalmente, considera sistemas de preferencia semafórica para transporte público y servicios de emergencia en sus corredores, mediante balizas de radiofrecuencia u otros dispositivos de detección. Para Wright y Hook, (2007), esta actualización del sistema de semaforización integrada al proceso de planificación de BRT es importante para las ciudades, no obstante, la tecnología de señales priorizadas es una opción, ya que no siempre es posible en los sistemas de alta frecuencia como BRT, como es el caso de Bogotá.

Desde esta perspectiva, se espera que el sistema sea capaz de utilizar diferentes tipos de sensores y acomodarse a las dinámicas del transporte, realizando la recepción, filtrado y almacenamiento en sus bases de datos, de la información recolectada por los detectores vehiculares. Así las cosas, el sistema garantizará la identificación y conteo de todas las tipologías presentes (vehicular, motos, peatonal y ciclousuario), disponiendo como mínimo los siguientes datos estadísticos por carril: intensidad/volumen, tiempo de ocupación, velocidad y nivel de servicio, tiempos de recorrido, velocidad media, número de paradas, longitud de cola, tiempo de espera promedio, grado de saturación, medidas estimadas de variables de emisión de gases contaminantes, etc.

De igual manera, en la ciudad de Bogotá los procesos de gestión de todas las entidades distritales pertenecientes al sector de la movilidad, hacen parte de un completo sistema de integración de servicios ITS, mediante la plataforma del Sistema Integrado de Información de Movilidad Urbano Regional "SIMUR", donde se recolecta y entrega la información que el sistema le requiere, estas entidades del Distrito y en especial las integrantes del sector de la movilidad, adoptan los indicadores que le permitan generar, procesar y suministrar la información en las condiciones requeridas por el SIMUR. (Decreto 319, 2006).

Lo anterior constituye la base y soporte para la logística de la ciudad establecido en el PMM de Bogotá y facilitando la comunicación y el intercambio de información entre los actores como el peatón, ciclista, pasajeros y conductores, así como con los componentes de la movilidad, ya sean entidades del sector de movilidad, infraestructura, vehículos o empresas. (SIMUR, s.f.).

1.3.1.1 Recursos ITS para transporte público en Bogotá

Para el tema de gestión de flotas de transporte público en la ciudad de Bogotá, el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), tanto en sus componentes zonal (urbano, especial, complementario), troncal y alimentador, cuentan con una gran cantidad de datos operacionales, proveniente de las transacciones (validaciones) de los usuarios y la geolocalización de los buses.

Para Andrade (2017), el avance de estas tecnologías para captar información en tiempo real, constituyen la principal fuente de información para todos los actores involucrados, permitiendo obtener mejoras en los resultados para los procesos de gestión y reconociendo las brechas entre los resultados obtenidos y los deseados por las necesidades de los usuarios.

La atención de las necesidades de movilidad, requiere de unas capacidades de gestión integral de la información, para ello, mediante Decreto 309 de 2009, la alcaldía Mayor de Bogotá creó el Subsistema Integrado de Recaudo, Control, Información y servicio al usuario (SIRCI), contemplando el software, hardware y demás componentes que permiten la gestión y operación del subsistema de recaudo, de los centros de control, del subsistema de información y servicio al usuario, la consolidación de la información y la conectividad de la totalidad del SITP (ver Figura 45).

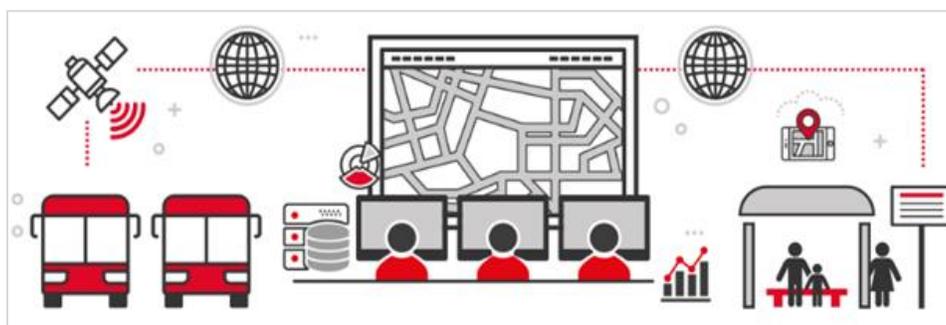


Figura 45 Sistema de gestión de flotas de transporte público
Fuente: Sistemas innovadores para la movilidad (GMV, s.f.)

Muchas ciudades alrededor del mundo han incorporado dispositivos tecnológicos para pago y ubicación de la flota de buses, permitiendo así recolectar información que resulta útil para el diseño, supervisión y mejoramiento de los sistemas de transporte (Palma, 2017).

El desarrollo de nuevos sistemas de gestión de transporte, para compilar, analizar y elaborar, en tiempo real los flujos de datos adquiridos de la red de sensores, son supervisados desde el centro de control de operaciones de Transmilenio y de los operadores del SITP (ver Figura 46), permitiendo mejorar la eficiencia y la rentabilidad del transporte público, con soluciones avanzadas de gestión y localización de vehículos, ofreciendo un amplio abanico de funcionalidades para la gestión de la flota y un mayor grado de flexibilidad a los pasajeros.



Figura 46 Centro de Control de Transmilenio
Fuente: Centro de Control de Operaciones (Bernal, 2017)

El centro de control de la operación, permite supervisar de forma permanente la operación y cada uno de los buses de los componentes del Sistema. Esto hace posible controlar la velocidad, la frecuencia, los horarios y las rutas de los vehículos, y lo más importante, permite una prestación adecuada del servicio en cada uno de sus recorridos. Este monitoreo constituye la base del Sistema de control de la operación, para lo cual, cuenta con CCTV provisto de 300 cámaras (269 fijas y 31 móviles), interconectadas al Centro de Control, (Transmilenio, 2013)

Para el funcionamiento adecuado del sistema, cada vehículo tanto del componente zonal, troncal y alimentador, está equipado con los siguientes elementos (ver Figura 47):

- Un equipo de GPS (Sistema de Posicionamiento Global) que reporta la ubicación del bus.
- Un equipo embarcado (Unidad lógica) para la gestión del sistema, localización y regulación del servicio, que proporciona información audio-visual al conductor y permite realizar operativas de la funcionalidad del sistema.
- Un computador abordo (Equipo central Silver), que permite intercambiar información operativa entre el Centro de Control e integración con los demás servicios y equipamientos dentro del bus, además de generar toda la información operativa y el cumplimiento por parte de cada uno de ellos.
- Un sistema de comunicaciones (TETRA, Terrestrial Trunked Radio) por medio del cual se envía y recibe información entre el Centro de Control, Buses y con el personal de inspección y control de la operación.

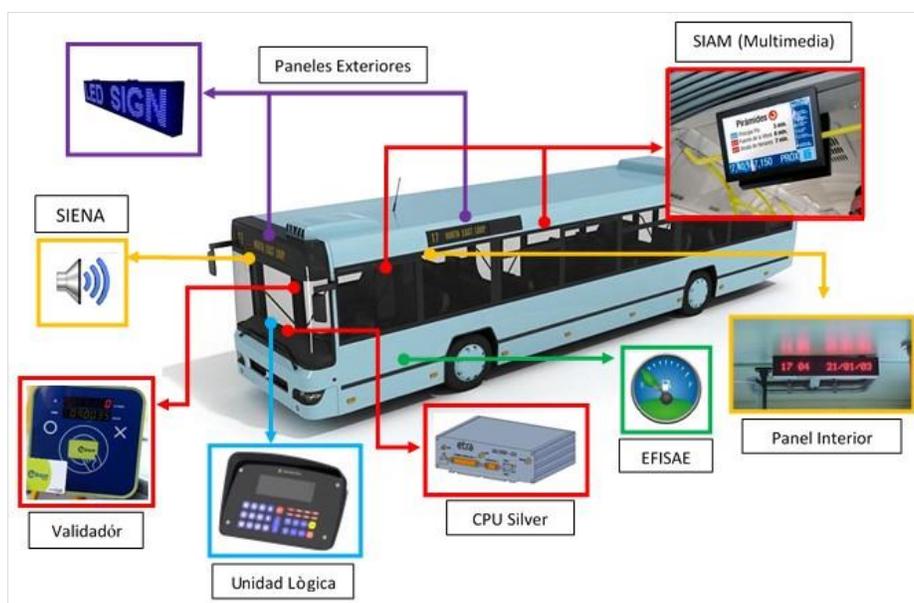


Figura 47 Equipamiento a bordo del vehículo

Fuente: Adaptación del autor basado en información comercial desarrolladores para el SITP (ETRA, 2017)

Considerando que el centro de control ayuda a garantizar las operaciones eficientes del sistema, la piedra angular para una gestión adecuada en un sistema de control moderno es la tecnología de ubicación de vehículos (AVL) que permite el rastreo de los buses a lo largo de los corredores (Wright & Hook, 2007).

La Directora de Tecnologías de la Información y la Comunicación de Transmilenio, Carmen Rueda (2017), señaló recientemente a través de documento público las características de los recursos tecnológicos a bordo de la flota del sistema, mencionando que la unidad lógica a bordo de la flota del SITP y su integración con los demás recursos tecnológicos, permiten el almacenamiento de la estructura de las rutas y sus respectivos puntos de parada, para así poder genera, en tiempo real, los eventos posicionales que describen la llegada y salida de los buses a las estaciones, paradas y patios, almacenando todas las rutas del subsistema de transporte.

Complementa señalando que, gracias a la integración del sistema de control de flotas al subsistema de comunicación de voz y datos disponible en el centro de control y el conductor del bus, se cuenta con la capacidad de desplegar mensajes y ordenes en la pantalla de la unidad lógica del conductor, de tal forma que se puedan realizar por medio de voz y/o datos los ajustes y la regulación de la operación en tiempo real.

De igual manera, toda la información posicional GPS de los buses que integran la flota, reportan a los respectivos centros de control, de manera regular cada sesenta (60) segundos para el caso de los buses zonales y cada veinte (20) segundos en el caso de los buses troncales y alimentadores, la información de detenciones, paradas, dirección, velocidad e información de ejecución de los viajes, generada por la unidad lógica, la cual es transmitida en línea y en tiempo real a los equipos centrales, los cuales cuentan con aplicativos necesarios para que los usuarios del sistema y los concesionarios de operación del sistema, puedan acceder a los informes de gestión y a la información en detalle.

Adicionalmente, el sistema recopila información gracias a los procesos de validación de pago a bordo de los vehículos, así como en los torniquetes ubicados en los portales y estaciones del sistema (Figura 48 y Figura 49), además de puntos de recarga por medio de tarjetas inteligentes (Smart cards). Esta información recolectada en los torniquetes de validación puede brindarles a los operadores del sistema información valiosa acerca de los movimientos de los pasajeros, convirtiéndose en una gran alternativa para la recopilación, almacenamiento y análisis de datos. (Wright & Hook, 2007).



Figura 48 Validación en Estaciones y Portales
Fuente: Integración de tarjetas (Espectador, 2013)



Figura 49 Validación a bordo del bus
Fuente: Tarjeta única de transporte (Bogotá, 2013)

Por otro lado, considerando que los nuevos contextos económicos y culturales de las ciudades a nivel mundial, han llevado a la búsqueda de nuevos modos de transporte público más sostenibles y eficientes, siendo los sistemas BRT (Bus Rapid Transit) uno de sus máximos exponentes, este modelo de transporte ha generado el aprovechamiento de diversos recursos ITS para nuevos ámbitos geográficos.

Bajo este supuesto, el Centro de Control de Operaciones integra software especializados que actúan como el corazón del sistema, apoyado de un Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) (ver Figura 50), asociado al equipamiento embarcado en buses, estaciones y paradas, que alimentan al SAE para analizar y presentar información, dando un cambio trascendental en la forma de gestionar la flota de buses del Sistema.

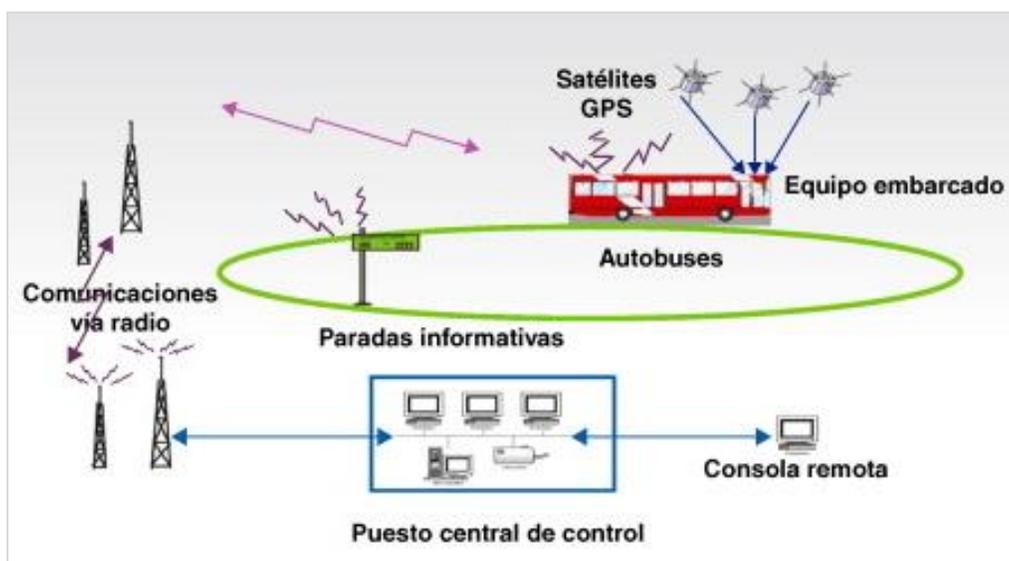


Figura 50 Sistema inteligente para el transporte SAE.
Fuente: The impact of operational support systems (OSS) (Heredero, et al., 2012)

En este escenario, para Rueda (2017) la función básica del SAE es el monitoreo de los vehículos que prestan el servicio de transporte público, basado en un sistema de posicionamiento global que determina la ubicación de los vehículos, detenciones, velocidad, entre otros, enviando la información a la aplicación central, que permite la regulación y seguimiento de las rutas de transporte y puede ser configurada a medida en función de las necesidades.

Así las cosas, con la información recolectada, transmitida y procesada por los concesionarios de la Operación y Transmilenio, el sistema realiza entre otras cosas las siguientes actividades:

- ✓ Revisar el cumplimiento de horarios y la relación de informes asociados.
- ✓ Control de los recorridos exactos efectuados por la flota.
- ✓ Control de las paradas y apertura de puertas.
- ✓ Control de las velocidades de las flotas por segmentos.
- ✓ Controlar y supervisar la actividad y localización de la flota sobre mapas cartográficos en tiempo real.
- ✓ Consultar el histórico de la ruta de un autobús.
- ✓ Comprobar automáticamente si un autobús está en la ruta correcta.
- ✓ Enviar los servicios a realizar a todos los autobuses.
- ✓ Planificar las rutas de los autobuses de los distintos servicios.
- ✓ Indicar el tiempo conducido por un conductor y la hora de finalización de servicio.
- ✓ Supervisión de hora de paso por parada.
- ✓ Envío de mensajes y comunicación por voz a tiempo real.

Adicionalmente, el SAE facilita la administración y control tanto de localización de los buses como de gestión de su estado y mantenimiento, mediante un software robusto que permite revisar, controlar y analizar la gestión de la flota, denominado SAENext el cual según ETRA (2017), le ofrece al operador las herramientas de gestión necesarias para llevar a cabo la supervisión y explotación del sistema y módulos adicionales como:

- ✓ SAEOperador constituye como base de datos para registrar todas las situaciones que se originan en el transcurso de la operación del Sistema Integrado de Transporte Público.
- ✓ GestSAE diseñada para operar el SAEOperador, se puede consultar todas las novedades operacionales que se generan en desarrollo de la operación.
- ✓ ReportSAE el cual genera los reportes necesarios para la operación.
- ✓ GeoSAE ubica la posición geográfica de los vehículos

- ✓ SAEvox el cual registra las actividades de voz.
- ✓ DatosSAE que facilita a los operadores la introducción de nuevos datos estructurales y de planificación, además tiene dibujadas todas las líneas que se usan en el Sistema BRT, programadas y gestionadas mediante GoalBus del SIRCI.

Estas tareas acompañan toda la fase del ciclo de vida de los vehículos, desde su adquisición a su eliminación, además de gestionar la información de los perfiles de los conductores, información que es enviada al sistema central por medio de la unidad lógica a bordo y les permite a los concesionarios de operación y Transmilenio, alimentar la información de todas las rutas programadas en función de la demanda de pasajeros que se tenga para cada día y hora.

De modo que, en este proceso se puede monitorear en tiempo real y de forma automática la ejecución del servicio a cargo de cada bus según su ruta y comparar lo programado con lo que está sucediendo en tiempo real, generar alertas, tomar decisiones regulando y controlando el servicio (Rueda, 2017).

El subsistema también tiene la capacidad de permitirle a cada uno de los operadores troncales y zonales, establecer adecuadamente la programación de la flota para atender la demanda de pasajeros del SITP, permitiendo las siguientes actividades y beneficios. (Ingartek, s.f.):

- ✓ Obtención del índice de fiabilidad de los datos ofrecidos por el SAE.
- ✓ Ahorro de tiempo en el desarrollo de metodologías de cálculo de indicadores.
- ✓ Obtención de indicadores de forma automática.
- ✓ Análisis de la evolución de indicadores en el tiempo.
- ✓ Identificar y precisar los tiempos de servicios e itinerarios requeridos para atender la demanda.
- ✓ Optimizar la flota requerida de acuerdo con la demanda, las frecuencias y/o itinerarios de los servicios.
- ✓ Integrar los datos reales generados por el centro de control y recibir datos del subsistema de modelación.

Estos recursos ITS ilustran nuevas capacidades para optimizar la gestión del transporte y en especial las posibilidades de predicción, conectando diferentes fuentes de datos para orientar la toma de decisiones. Esto dado el aumento de las aplicaciones prácticas a los sistemas de información geográfica, ofreciendo la capacidad de diseñar mejores escenarios en la planificación, personalizando y adaptando constantemente los servicios del transporte a través de

sistemas dinámicos, donde se pueden extraer, procesar y analizar los datos para disponer de una imagen de la ciudad en tiempo real. (Fernández, 2016).

1.4 La ciencia de manejar grandes bases de datos o big data

El análisis de grandes bases de datos ha surgido como un enfoque prometedor para descubrir ideas significativas, nuevas iniciativas y para construir modelos artificialmente inteligentes con ayuda de herramientas de aprendizaje automático para el transporte; en espacios urbanos inteligentes el objetivo es crear dichos espacios capaces de reaccionar en tiempo real a la conducta de las personas que están presentes, incorporando métodos y tecnologías, hardware y software para recopilar, gestionar y analizar datos estructurados y no estructurados a gran escala en tiempo real. (Parwez, et al., 2017).

Con los avances tecnológicos, la cantidad de datos que pueden ser recogidos y almacenados diariamente son bastantes y por tanto su análisis es indispensable para obtener indicadores de las decisiones que afectan las dinámicas del transporte. (Mosaic, s.f.). En cualquier caso, los datos de transporte son un activo muy valioso en los espacios urbanos de las ciudades de todo el mundo, estos espacios se adaptan a las necesidades y las intenciones de la gente y se desarrollan para obtener datos sobre el comportamiento de las personas (Blanco, 2015, p. 49).

En este sentido, la ciencia de los datos es capaz de aplicar por medio de modelos y recursos artificialmente inteligentes, la gestión necesaria para optimizar de manera eficiente la operación del transporte. Por lo tanto, considerando que esta nueva ciencia implica grandes desafíos en la ciudad de Bogotá, relacionado con el despliegue en los servicios ITS y más directamente con los procesos de recolección, almacenamiento, procesamiento y explotación de cantidades masivas de datos en tiempo real, el desarrollo del trabajo abordará de forma generalizada los temas fundamentales y su aplicabilidad para el caso Bogotá.

1.4.1 El big data

La constante evolución y transformación digital ha supuesto un cambio sustancial en todas las actividades de nuestro entorno, cada vez es más habitual escuchar hablar en nuestro día a día de la importancia y el valor que aportan los datos, así como de los términos de Big data. Para Blanco (2015, p.52), se denomina Big data a “las tecnologías y procedimientos encaminados al

aprovechamiento y explotación de toda la variedad de datos disponibles en nuestro entorno”, de ahí que las organizaciones mundiales en los últimos años han puesto gran interés al manejo de grandes cantidades de datos que se vienen generando de manera continua y acelerada a través de dispositivos electrónicos, muchos conectados a internet con la finalidad de obtener conocimiento de sus situación actual dentro de un entorno que cambia constantemente. (Pedroza, 2016).

Big Data contempla cinco características clave (volumen, variedad, velocidad, veracidad y valor) y por tanto las predicciones actuales alrededor del fenómeno de Big Data son positivas y negativas al mismo tiempo, ya que es necesario explotar eficazmente el análisis de Big Data para fines competitivos a fin de identificar los puntos fuertes y los espacios de mejora. (Mirón, et al., 2017).

Explorar estos componentes, supone entender sus denominaciones, según Doug Laney y Fan Wei (como se cita en Pedroza, 2016) y otros autores, conforme se hizo más popular el término Big data, establecieron las características necesarias de las principales propiedades identificadas como las 5Vs, para la gestión de grandes volúmenes de datos (ver Figura 51).



Figura 51 Elementos que caracterizan el Big Data
Fuente: Business Analytics (DeustoData, 2015)

- *Volumen:* La disponibilidad de infraestructura, junto con la reducción de precios de la misma ha hecho que el tamaño de los datos aumente de manera masiva.
- *Variedad:* La existencia de diferentes tipos de datos procedentes de la Web y las redes sociales, de las imágenes, videos, etc., de aquí que se conocen como datos estructurados (aquellos que tienen un formato y una disposición definida) y no estructurados (aquellos que no presentan ninguna ordenación de la información, como un texto de opinión o una imagen)

- *Velocidad*: Todos los datos se generan a gran velocidad como flujos de datos, a fin de realizar análisis en tiempo real.
- *Veracidad*: La confiabilidad y exactitud de los datos depende de la calidad obtenida mediante la depuración y revisión de características como la consistencia de los datos, detección de duplicados, etc.
- *Valor*: El valor de negocio representa a la organización una ventaja competitiva.

La combinación de estas propiedades de Big data están impulsando cambios sustanciales dentro de los requisitos de las TIC, con un mayor uso de datos particularmente estructurados y no estructurados, que cambian los requisitos de almacenamiento y modelado; de igual manera Big data también hace uso del seguimiento de datos transitorios o dinámicos, conocidos como datos en movimiento, que ganan valor si se analizan y se actúa rápidamente en tiempo real. (Lande, 2013).

Según la consultora McKinsey Global Institute, (como se cita en Lombardero, 2015) “el 90% de los datos del planeta se ha generado en los últimos dos años y su proliferación va en aumento en una progresión difícil de calcular. Están en todas partes, provienen de redes sociales, sistemas de telemedición, fotografías, vídeos, emails, son de múltiple naturaleza y se almacenan en distintos lugares y formatos. El conjunto de toda esta explosión de información recibe el nombre de Big Data y, por extensión, así también se denomina al conjunto de herramientas, técnicas y sistemas destinados a extraer todo su valor”, no obstante, esta multitud de datos que se generan a diario de diferentes fuentes, para obtener beneficios, necesitan ser interconectados y explotados para fomentar una mejor calidad de vida en las ciudades (Tecma, 2017)

Gracias a Big Data, ahora podemos tomar mejores decisiones basados en evidencia de las actividades relacionadas con el tránsito y transporte, sin embargo, la complejidad de la sociedad crece de una manera explosiva a medida que avanzamos en la creación mayores redes de nuestro entorno, por lo tanto, solo a través de la inteligencia colectiva será posible encontrar soluciones adecuadas a los desafíos de la complejidad de las ciudades (Dirk, et al., 2017), esto surge por la diversidad, complejidad y volumen de los datos que se están generando, almacenando y analizando actualmente, ya que requieren de nuevas arquitecturas, algoritmos y técnicas de análisis para gestionarlos y extraer el conocimiento que estos datos esconden. (UPM, 2015).

Actualmente, estamos generando una inmensa cantidad de datos procedentes de fuentes muy diversas, una parte de ellas, son aquellos datos que se recolectan de las llamadas telefónicas,

transacciones bancarias, pagos con tarjeta o búsquedas en Google, inclusive sobre los movimientos a través de las señales GPS procedentes de los teléfonos móviles.

Otros datos son generados de forma voluntaria cuando se realizan publicaciones y entradas en blogs, subir imágenes o vídeos a YouTube y demás plataformas, o cada vez que enviamos mensajes a través de redes sociales como Facebook o Twitter, etc. (Cañabate, 2016), de manera que trabajar con Big data sigue siendo una actividad subjetiva y aquello medido con Big data no puede ser pensado como una verdad objetiva (como se cita en Fernández, 2016), en definitiva, es un desafío sobre los marcos de trabajo de todas las disciplinas científicas.

1.4.2 Data mining y Data science

Los datos por sí solos no ofrecen a priori ningún valor, ni a las empresas ni a la sociedad y en ocasiones, incluso, ni siquiera son legibles o comprensibles a simple vista, y es necesaria una transformación previa de los mismos para poder interpretarlos. Autores como Lombardero (2015), aportan algunas de las definiciones, vinculando el Big data con Data mining un campo de las ciencias de la computación, el cual intenta descubrir mediante técnicas de minería de datos posibilitando su consulta y análisis, orientado a descubrir patrones, tendencias, perfiles u otras relaciones que sean de interés en grandes volúmenes de datos y que, estando presentes en la información, permanecían ocultas.

Para autores como Blanco (2015), los escenarios del Data mining establecen “es el conjunto de técnicas y tecnologías que permiten explorar grandes bases de datos, de manera automática o semiautomática, con el objetivo de encontrar patrones repetitivos, tendencias o reglas que expliquen el comportamiento de los datos en un determinado contexto” (p. 52).

De esta forma, las definiciones coinciden en que, la minería de datos al igual que el Big data, utilizan los métodos de la inteligencia artificial y la estadística para analizar patrones en las bases de datos, no obstante, aun cuando están muy relacionados, especialmente en el actual contexto digital, entre ellos hay claras e importantes diferencias, ya que Big data, como ya se ha mencionado se refiere a enormes cantidades de información de las que se pueden extraer valor a través de la ciencia de los datos, y hacerlo es posible gracias a una innovadora tecnología que recibe este mismo nombre (tecnología Big data) enfocado al análisis predictivo y detección de tendencias. (PowerData, 2016).

La funcionalidad práctica de toda esta cantidad de datos se obtiene al extraer valor de los mismos, explorándolos y analizándolos para obtener ventajas competitivas, por ello, el Data Science involucra métodos científicos, procesos y modelos para llevar a cabo esta extracción de valor (ver Figura 52).

En este punto entra en concepto de Data Science, el cual como se cita en Liu, et al, (2009), es aquella ciencia que se ha desarrollado para incluir el estudio de la captura de datos, su análisis, metadatos, recuperación rápida, archivo, intercambio, minería para encontrar relaciones de datos y conocimientos inesperados, visualización en dos y tres dimensiones, incluido el movimiento y gestión, también se incluyen los derechos de propiedad intelectual y otros asuntos legales, no obstante, con el paso de los tiempos, la ciencia de los datos ha incluido más que las áreas mencionadas, ya que contempla todo lo que tiene algo que ver con los datos: recopilación, análisis, modelos, etc. pero la parte más importante es su uso en todo tipo de aplicaciones.

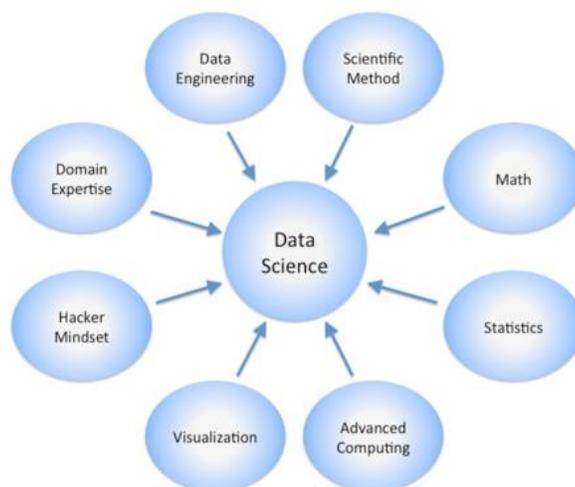


Figura 52 Extracción de valor de Data Science.
Fuente: DataScience (TACT, s.f.)

A pesar de señalar la gran cantidad de tareas que involucra los métodos científicos, procesos y modelos para llevar a cabo esta extracción de valor de los datos mediante el Data Science, aun cuando la evolución de internet y la tecnología como Internet de las cosas, están revolucionando la forma como obtener beneficios mucho más amplios, con información valiosa y accionable.

La ciencia de los datos no es una ciencia exacta, sino la combinación de estadísticas avanzadas, matemáticas avanzadas y aprendizaje automático, permitiendo a las organizaciones según señala Pascual (2017) obtener información de valor derivado de dichos datos, detectando patrones, con el fin de conseguir así ventajas competitivas, identificar nuevas oportunidades de

negocio y mejorar la experiencia de los usuarios, sin dejar de lado, el uso público de la información, los problemas de confidencialidad y la seguridad, los cuales establecen las mayores problemáticas que se están generando en torno al uso de Big data (como se cita en Lombardero, 2015).

1.4.3 Internet de las cosas (Iot)

Nuevas tecnologías basadas en digitalización están alcanzando un elevado grado de madurez, que las hacen viables para lograr un nivel de productividad a gran escala. La Sociedad de la Información en España publica en su informe 2013, que “la digitalización de muchas de las actividades es ya un hecho, aunque en la actualidad se observa un nuevo impulso en este ámbito de la mano de nuevas innovaciones que pueden tener un efecto importante. Este es el caso de la proliferación de sensores que recogen continuamente datos de lo que está sucediendo en un entorno fabril”. (Telefónica, 2014).

Este extracto sirve para comprender el entorno del Internet de las cosas o Internet del mundo real, destacando que el internet de las cosas augura un ecosistema con miles de dispositivos conectados a las redes, además de la importancia que ha tenido la creciente generalización de sistemas que se han incorporado poco a poco a la vida de las sociedades, principalmente mediante la extensión de los dispositivos móviles. (Fernández, 2016, p.26).

El avance de este campo se fundamenta en el constante crecimiento de los equipos electrónicos como notebooks, netbooks, teléfonos inteligentes, nodos sensores, que día tras día interactúan con el mundo real en los más diversos escenarios y situaciones, uniendo los objetos del mundo real con el mundo virtual, para así facilitar la conectividad en cualquier momento y en cualquier lugar para cualquier cosa, (Sosa & Godoy, 2014), aportando grandes beneficios, basados en una mayor eficiencia y productividad.

Autores como Blanco (2015), establecen que “el Iot escapa a cualquier definición clara, ya que consiste en una combinación de tecnologías y una colección de aplicaciones y oportunidades de negocio” (p.51), nuevos modelos de negocio que impulsan la productividad y los cambios, debido a la interacción entre los dispositivos y máquinas inteligentes que están tomando un papel importante en la vida de las personas. Así las cosas, la rápida adopción de dispositivos que nos mantienen permanentemente conectados representan un enorme cambio en nuestra experiencia vital y comportamientos habituales.

Para Paul, et al, (2016), el Iot se describe como es la conexión de dispositivos y objetos de la vida cotidiana a través de Internet, permitiendo integrar sensores y dispositivos con objetos que quedan conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas, adicionando una nueva dimensión al mundo de las comunicaciones en las TIC, donde al modelo de internet "en cualquier lugar, en cualquier momento y entre todos" se ha adicionado la conectividad "entre cualquier cosa" (Sosa & Godoy, 2014), de esta manera se crea una red con una dinámica completamente nueva, lo que se ha dado en llamar Internet de las Cosas. (ver Figura 53).

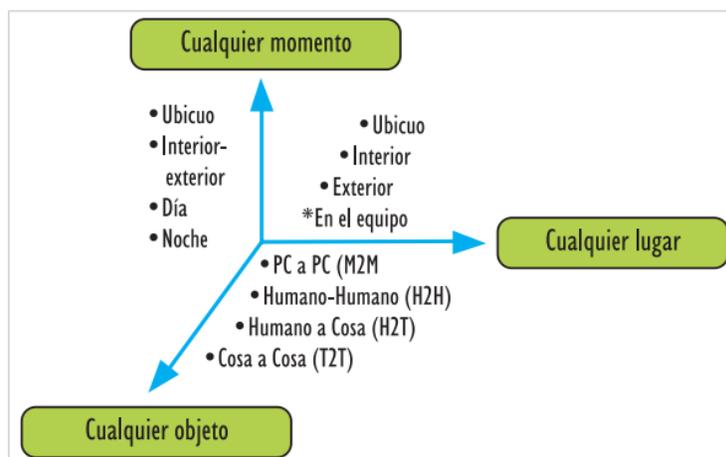


Figura 53 Dimensiones de la comunicación en las TIC
Fuente: Internet del Futuro (Sosa & Godoy, 2014)

De acuerdo a lo considerado hasta aquí, es cierto que las ciudades deben manejar una cantidad de datos muy importantes y de diferentes fuentes, no obstante, el origen de esos datos en las ciudades siempre se han ligado a elementos Iot, es decir, elementos dotados de la tecnología necesaria para ofrecerle esos datos, los cuales tienden a centrarse en describir la forma cómo las personas interactúan con su entorno y serán descritos en el siguiente capítulo mediante un análisis de los procesos de productividad y explotación de los datos para el caso Bogotá.

1.5 Productividad y explotación de los datos en la ciudad de Bogotá

Hasta ahora, hemos visto los elementos fundamentales que intervienen en los procesos de explotación, medición del desempeño y valor que le damos a la información, los cuales fueron abordados a fin de conocer de manera clara la necesidad de obtener el mayor provecho de la información recolectada. No obstante, hay un elemento clave en el estudio y es abordar los temas

movilidad en cuanto a los mecanismos e información disponible para monitorear la optimización de los procesos que intervienen en la planificación del tránsito y transporte.

La ciudad de Bogotá, no es ajena al proceso de transformación y modernización que impulsa la masiva incorporación de las TIC en los últimos años. Para autores como Lombardero (2015) el crecimiento de la información en la red es exponencial y cada día hay más usuarios y dispositivos conectados, más páginas web y se generan millones de datos en cada momento, por tanto, la irrupción del Iot y Big data tienen mucho que ofrecer en las potenciales mejoras que puede experimentar el sector transporte en la ciudad de Bogotá.

En estos procesos intervienen los nuevos desarrollos en sensores, tecnologías de video detección y el Iot, que en definitiva son la clave para la recolección eficiente y en tiempo real de la información de varias fuentes, que son analizadas a través de software especializados y empleadas en los servicios de toma de decisiones, en los centros de control de tránsito y transporte en la ciudad de Bogotá. De hecho, estos procesos están incluidos en el concepto de ciudades inteligentes, para lo cual se trata de capturar, procesar, almacenar, analizar y compartir gran cantidad de datos relacionados con la infraestructura, los servicios y los ciudadanos. (Joglekar & Kulkarni, 2017).

En base a estas tecnologías se presentará a continuación el despliegue que ha tenido la ciudad relacionado con los procesos de automatización de la información recolectada en tiempo real, estrategias para el control y seguimiento de los parámetros asociados al tránsito y transporte en la ciudad, los cuales apenas han sido explorados de manera general.

1.5.1 Estrategias actuales para el aprovechamiento de los datos en la ciudad de Bogotá

1.5.1.1 Escenario actual para el manejo de información y toma de decisiones en tiempo real en la planificación del tránsito.

A pesar del esfuerzo que realiza la ciudad de Bogotá para la gestión eficiente del transporte, los impactos negativos son inevitables, para ello es necesario realizar ajustes en los sistemas y métodos de gestión de la información recolectada en tiempo real, considerando que en la actualidad existe una gran variedad de herramientas que permiten llevar a cabo tareas que

proveen los cimientos para el desarrollo de estrategias a partir de modelos de datos que cubran las necesidades actuales del transporte.

En todo caso, lo importante para la ciudad es conocer de antemano como podría impactar una decisión en el desarrollo sostenible de la ciudad; para ello, los centros de control de los sistemas de tránsito y transporte de la ciudad de Bogotá, bajo iniciativas de servicios ITS han generado grandes saltos tecnológicos, además de estrategias en la utilizando diferentes herramientas de software, que fortalecen la capacidad de actuación y optimizan la gestión de movilidad, disponiendo de datos geográficos en tiempo real del comportamiento del tránsito y transporte.

Por lo anterior, considerando que uno de los mayores retos que presenta la movilidad en la ciudad de Bogotá, es la integración de distintos agentes responsables de la misma y que son indispensables para que se adopten y generen soluciones que fomenten la intermodalidad y potencien el uso de transporte colectivo, se presenta a continuación las estrategias utilizadas e información disponible, captada para la planificación del tránsito y transporte en la ciudad de Bogotá, a fin de aprovechar los recursos y beneficios de manera más eficiente.

Como ya hemos mencionado anteriormente, el centro de gestión de la ciudad de Bogotá, recolecta en tiempo real información de varias fuentes, a partir de las cuales se pueden generar predicciones de eventos futuros, resolviendo con mayor rapidez y confiabilidad incidentes en las vías que generan congestión, identificar puntos críticos y diseñar medidas para resolver conflictos vehiculares o actividades inusuales de tráfico.

Entender la dinámica de los patrones de movilidad cotidiana en Bogotá es esencial para la planificación del transporte, su información geográfica es la pieza fundamental en el centro de gestión y se puede obtener de muchas formas, generar sus propios datos o directamente utilizar información recolectada por otras personas o recursos tecnológicos.

Para la Secretaria Distrital de Movilidad, su principal fuente de información es obtenida de dos sistemas principales, el sistema Bitcarrier y la herramienta Waze:

- **Bitcarrier:** Es un sistema de información de control del tráfico en tiempo real, para la supervisión de las carreteras, el sistema utiliza datos anónimos de las señales capturadas (wifi y bluetooth) para proporcionar información relacionada al flujo de tráfico en varios entornos, lo que permite analizar y administrar el tráfico de manera más eficiente los servicios evitando congestiones, accidentes y todos los fenómenos que generan anomalías en las redes de carreteras, autopistas o en la actividad del tráfico urbano. (Bitcarrier, s.f.).

Los movimientos de los vehículos se capturan con una red de sensores inteligentes, que se encuentran en lugares estratégicos en las calles de la ciudad de Bogotá, instalados en mobiliario urbano (como semáforos y estaciones de Transmilenio). Los sensores captan las señales públicas de wifi y bluetooth de dispositivos de los usuarios (móviles, GPS, embarcados en vehículos, manos libres, etc.).

La información que se obtiene a partir de los datos obtenidos de los equipos, es la velocidad media y el tiempo de viaje entre los puntos sensorizados, el sistema contiene 350 sensores Bitcarrier que capturan información de velocidad promedio, doce sensores de conteo de bicicletas y cuatro estaciones que proporcionan volúmenes, estos datos se envían a un sistemas de gestión de bases de datos que se encarga de manipular y mantener la información en una base de datos, donde se procesa y se realizan todos los cálculos sobre velocidades y tiempos de recorrido. (Tovar & Nemocón, 2016), este sistema dispone de los siguientes contenidos:

➤ Visualización en tiempo real del estado de los niveles de servicio de la red (ver Figura 54), mediante una diferenciación del estado del tráfico por colores (tráfico fluido, regular y congestionado), mostrando por segmento donde se encuentran los sensores las velocidades promedio y tiempos de recorrido.

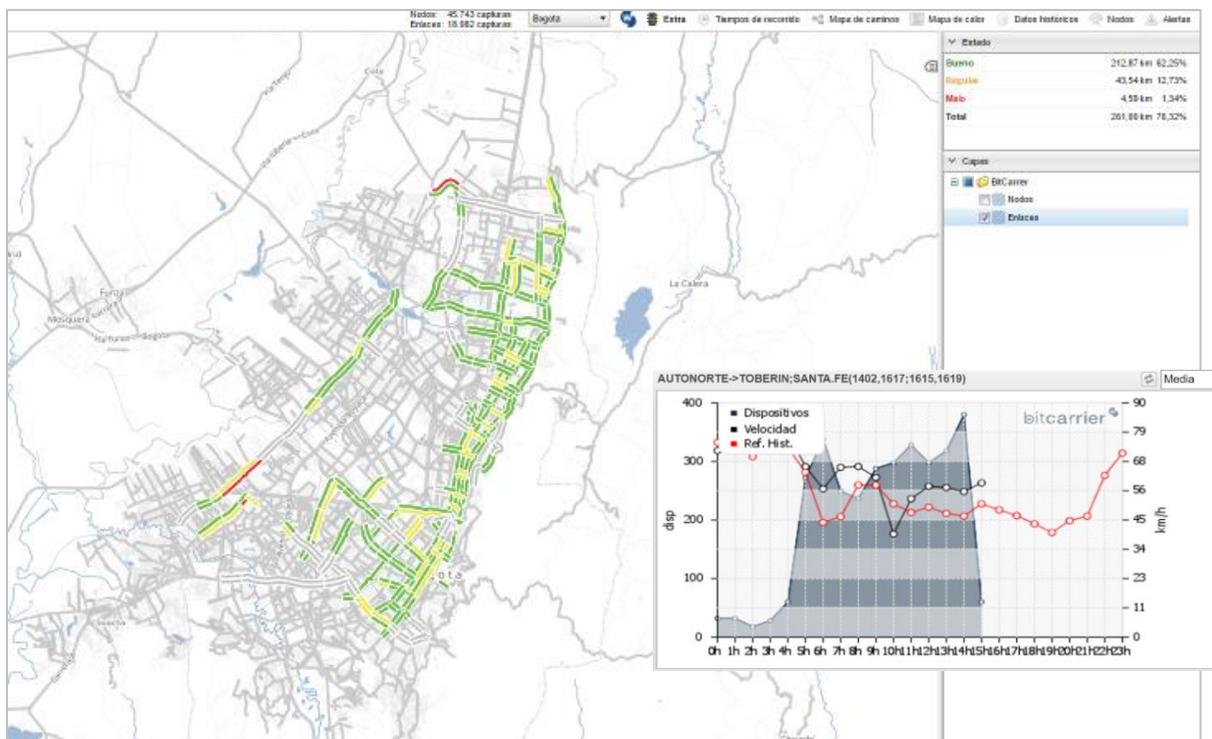


Figura 54 Nivel de servicio plataforma Bitcarrier
Fuente: Información oficial Centro de Gestión Bogotá

- Visualización de sensores Origen/Destino (ver Figura 55), indicando el número de dispositivos que realizan un recorrido, además de los nodos que los ha detectado.

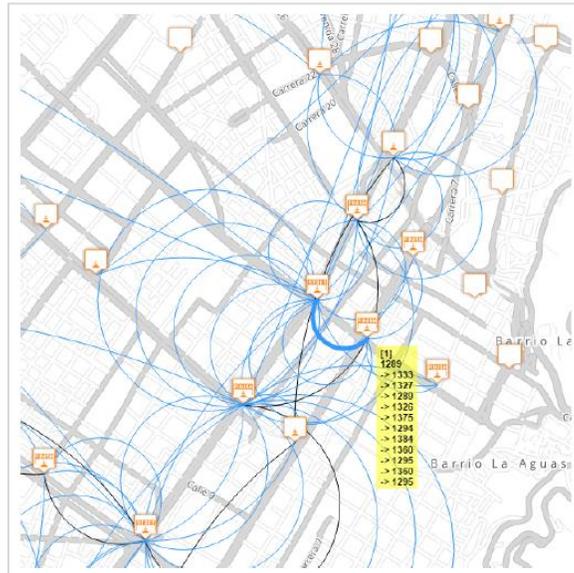


Figura 55 Sensores O/D plataforma Bitcarrier
Fuente: Información oficial Centro de Gestión Bogotá

- Visualización de Mapas de Calor donde se muestran mediante un código de colores el desplazamiento que están teniendo los dispositivos detectados (ver Figura 56), más o menos cargado en puntos específicos, tomando nodos O/D.

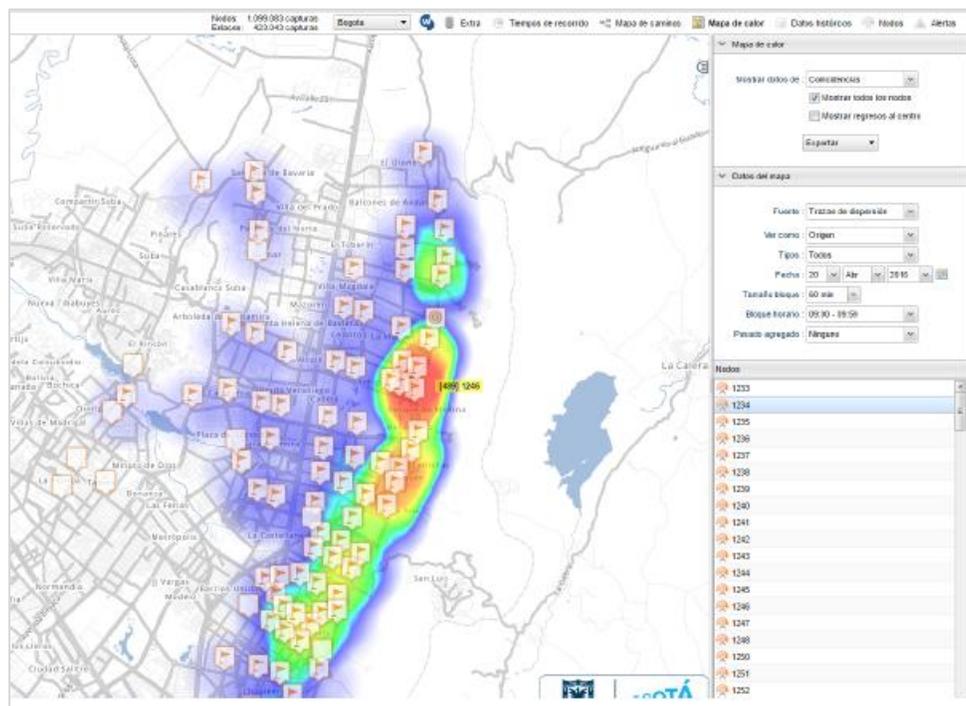


Figura 56 Mapas de calos con sensores O/D plataforma Bitcarrier
Fuente: Información oficial Centro de Gestión Bogotá

➤ Visualización de históricos (ver Figura 57), donde se puede comprobar el estado del tráfico actual o del pasado (Total de dispositivos captados, clasificados por tipo de dispositivo (coches, teléfonos, otros y desconocidos), dispositivos clasificados por rangos de velocidades configurados, tiempo que han tardado los vehículos en recorrer el enlace o corredor).

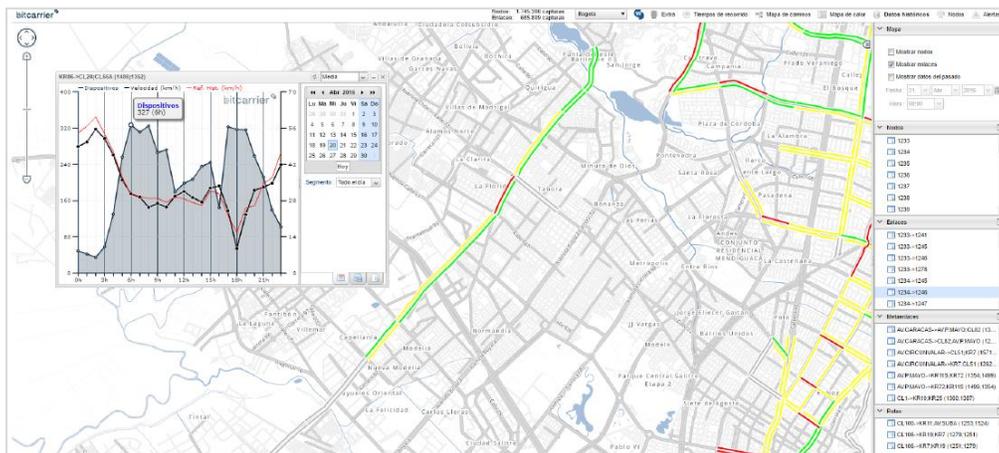


Figura 57 Históricos plataforma Bitcarrier

Fuente: Información oficial Centro de Gestión Bogotá

De esta manera, a través de un interfaz se puede consultar el estado del tráfico en cada momento, analizando diferentes variables como la media de velocidad de los vehículos en un horario o trayecto determinado. Así se pueden detectar fenómenos que rebasan umbrales definidos en el instante mismo en el que se producen, logrando actuar de manera inmediata, justo en el momento en el que se produce el atasco o se incrementa la congestión o cualquier incidente en las vías.

Los sensores generan una cantidad considerable de información útil para el realizar posteriores análisis estadísticos, estrategias para el control y seguimiento del tránsito. De igual manera, se puede obtener entre otras cosas la siguiente información de reportes, para nodos, enlaces, metaenlaces y rutas:

- ✓ Hora: Minuto en el que se han realizado las capturas.
- ✓ Total: Dispositivos detectados.
- ✓ Total vehículos: Señales Bluetooth de dispositivos que van embarcados en el vehículo.
- ✓ Total dispositivos: Señales Bluetooth de teléfonos móviles.
- ✓ Total otros: Señales wifi de todo tipo de dispositivos.
- ✓ Total desconocidos: Señales Bluetooth de dispositivos que todavía no han sido clasificado. Pueden ser “teléfonos” o “vehículos”.

- ✓ Tiempo: Tiempo que han tardado en recorrer el espacio entre los dos sensores en minutos.
 - ✓ Tiempo medio: Media del total de los dispositivos captados en minutos.
 - ✓ Velocidad: Velocidad entre los dos sensores en km/h.
 - ✓ Velocidad media: Media del total de los dispositivos captados en km/h.
 - ✓ Distancia: Longitud, en metros del segmento evaluado.
 - ✓ Datos de tiempos de recorrido calculados.
 - ✓ Nodos: Secuencia de nodos configurados.
 - ✓ Nodo origen: nodo de origen (inicio) del enlace (corredor).
 - ✓ Nodo destino: nodo de destino (fin) del enlace.
 - ✓ Nivel de servicio: indicación de la intensidad del tráfico
 - ✓ FFS: Tiempo con tráfico fluido en minutos.
 - ✓ Id: Identificador del enlace, metaenlace y ruta seleccionada.
 - ✓ Tipo: Tipo de entorno/carretera
 - ✓ Corredores por tramos: Información relevante como el número de población, estrato, calzadas, carriles, ciclorutas, capacidad en la vía, restricciones de carga, Cantidad de intersecciones, centros atractores, puntos críticos, nombres de los barrios y localidades por donde pasa
- Waze: Es una aplicación de tráfico y navegación alimentada por los mismos usuarios, esta herramienta estaba siendo utilizada de forma manual y en tiempo real gracias al personal de apoyo que mantienen actualizado el estado del tráfico en las vías, recolectando datos en tiempo real sobre las condiciones del tráfico y la estructura de las vías donde conduce con la aplicación activada.

Gracias al convenio realizado entre la SDM y Waze en el año 2017, la herramienta permitió optimizar los procesos internos de monitoreo de los corredores, agilizando la toma de información y la transmisión de datos, ya que la SDM tiene acceso a una plataforma llamada “Waze Traffic View”, el cual agiliza los procesos de recolección y manejo de la información, logrando disminuir los tiempos de reacción ante la necesidad de solucionar cualquier congestión en vía.

Además, se puede comparar los datos de tráfico históricos en un área, con informes en tiempo real compartidos por millones de usuarios de la aplicación, para proporcionar los informes de tráfico más precisos disponibles. (Waze, s.f.).

Esta plataforma tiene como objetivo la integración de datos de tráfico de fuentes múltiples que pueden recopilarse y analizarse más rápidamente, ya que proporciona actualizaciones de navegación y tráfico mediante el uso de datos en tiempo real de los usuarios. De tal manera que el convenio con “Waze Traffic View del programa Connected Citizens Partner (CCP)”, permite a la SDM dibujar hasta 199 tramos en Bogotá y obtener la velocidad en los puntos más críticos de la ciudad (Tovar & Nemocón, 2016) y dispone de los siguientes contenidos:

Monitoreo las alertas generadas por los usuarios de Waze, tráfico inusual, niveles de servicio de los corredores y velocidades (ver Figura 58 y Figura 59).

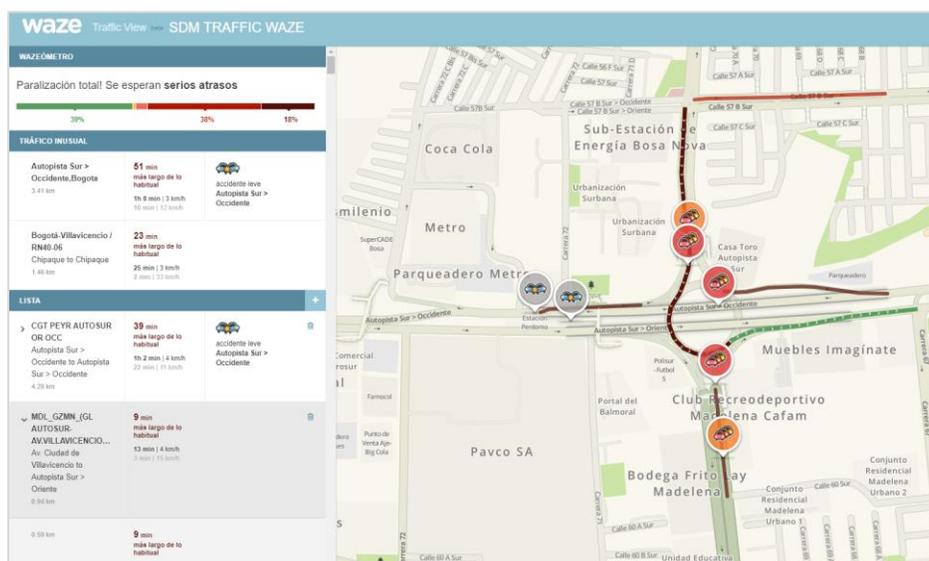


Figura 58 Visor Waze Traffic View – SDM
Fuente: Información oficial Centro de Gestión de tráfico Bogotá

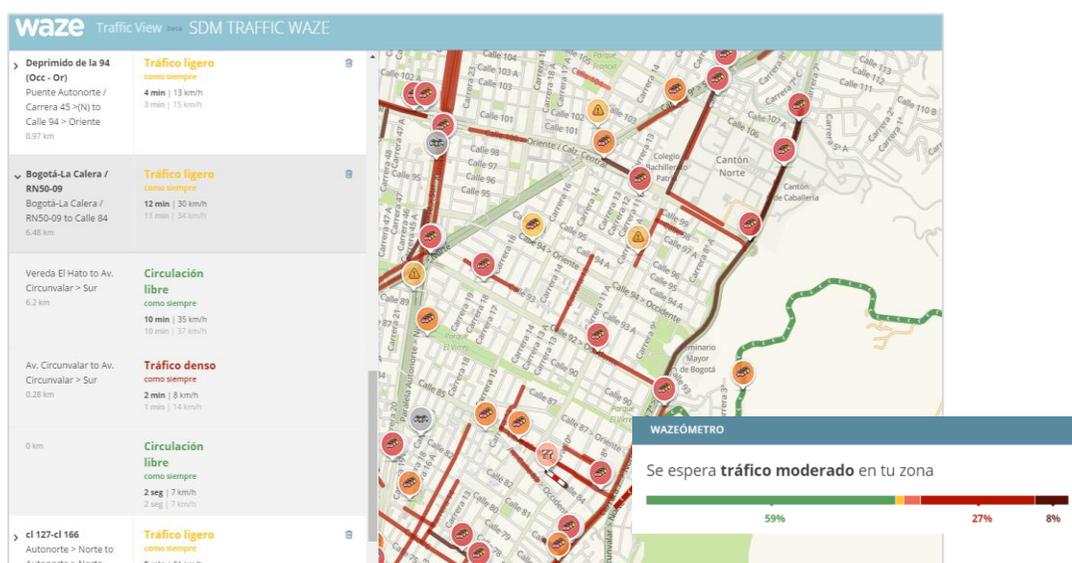


Figura 59 Resumen visual del tráfico Visor Waze Traffic View – SDM
Fuente: Información oficial Centro de Gestión de tráfico Bogotá

El programa de Ciudadanos Conectados de Waze es un intercambio de datos bidireccional que permite transferir información de forma gratuita (ver Figura 60), por lo tanto, la SDM le envía información anticipada de cierres por arreglos de las vía o eventos sociales, los cuales ya podrá advertir en la aplicación sin tener que esperar a que un usuario lo reporte (Romero, 2017).

Mediante la práctica de crowdsourcing, permite a las personas o a la SDM recurrir a una colaboración masiva con el fin de lograr resolver los problemas, desarrollar nuevas ideas de gestión dentro de la SDM y desarrollar tecnología de forma colaborativa, para promover una movilidad más eficiente a través del intercambio y el análisis de información. (Marketing, 2011).

Crowdsourcing en la práctica
SDM – Waze Partnership

La Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá ha proporcionado a Waze la credencial para acceder a la fuente de datos de los servicios de movilidad en la ciudad y Waze ha utilizado estas fuentes para publicar la información anticipada en su aplicación. Además, la SDM está suministrando a Waze información sobre la construcciones, ubicación de instalaciones, Planes de Manejo de Transito (PMT), eventos especiales, límites de velocidad, rutas de evacuación, sitios de emergencia, etc. De igual manera, Waze proporciona el acceso a su base de información, donde la SDM está analizando los datos generados para desarrollar estrategias entre Waze y el software de gestión de tráfico de SDM. Con esta asociación, la SDM no solo está obteniendo datos de la plataforma de crowdsourcing Waze, sino que está gestionando eficientemente la información de viajes adaptada a las rutas, incidentes y la ubicación de usuarios individuales de Waze.

Figura 60 Crowdsourcing en la práctica SDM - Waze

Fuente: El autor basado en información oficial Centro de Gestión de tráfico Bogotá.

Un atractivo principal para los usuarios de algunas plataformas de navegación conectadas, es que las aplicaciones proporcionan una guía de ruta utilizando información de tráfico en tiempo real y datos de eventos de fuente colectiva. Waze hace especial hincapié en el crowdsourcing, donde los usuarios de Waze no solo envían información sobre la velocidad del tráfico, sino que los usuarios pueden informar activamente acerca de cierres y peligros en las carreteras e incluso actualizar el mapa base de Waze, información valiosa para la gestión del tráfico en la ciudad. (Dennis, et al., 2015), el cual pone sus datos a disposición de los socios CCP a través de un medio de redifusión de contenido web, en formatos JSON o XML que se actualiza cada 2 minutos.

En términos generales, los sensores de cualquier dispositivo toman una medida y la convierten en datos legibles, por tanto, la investigación reciente en modelos de demanda de

transporte, tiene el concepto de usar internet en sí mismo como un sensor virtual capaz de proporcionar datos valiosos, ya que el potencial para usar el Internet como un sensor virtual aumenta a medida que más dispositivos conectados estén adoptado por los consumidores.

De esta manera, en el programa CCP se encuentran disponibles las herramientas que permiten realizar algunas de las actividades presentadas en la Tabla 8. (Waze, s.f.).

Tabla 8 Actividades desarrolladas por la plataforma Connected Citizens de Waze

Actividades desarrolladas
<ul style="list-style-type: none"> • Especificación de incidentes • Herramienta de visualización de tráfico. • Mensajes para aviso de tráfico inusual. • Mapa en vivo de Waze. • Herramienta de cierre de carretera. • Herramienta para eventos de crisis o situaciones de emergencia. • Generación de información de atascos. • Ubicación GPS de los usuarios que conducen mientras usan la aplicación. • Cálculos de la velocidad real frente a la velocidad promedio (intervalo de tiempo) • Calculo velocidad a Flujo libre (segmento de la carretera)

Fuente: Connected Citizens (Waze, s.f.)

Adicionalmente esta plataforma integra la información histórica de velocidades, aforos, caracterización de corredores, incidentes del CGT, siniestros SIGAT, alertas de Waze, PMT programados, comparendos, impuestos y volúmenes.

Por otra parte, para Dennis, et al., (2015) el potencial de utilizar plataformas dedicadas de crowdsourcing, donde los datos generados por la plataforma se crean específicamente para la administración del sistema de transporte, estas aplicaciones pueden utilizar el GPS, los acelerómetros, la cámara y otros sensores incorporados en el teléfono para recopilar una gran variedad de información, entre otros sobre los temas presentados en la Tabla 9:

Tabla 9 Información recopilada para la gestión del sistema de transporte

Tareas desarrolladas por la administración del sistema de transporte
<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación automatizada del vehículo para el transporte público. • Recopilación de datos de condiciones del pavimento. • Datos de viaje e infraestructura de bicicletas. • Gestión de estacionamiento. • Estudios de origen – destino. • Colección de datos ambientales. • Planificación y priorización de proyectos.

Fuente: Transportation Related Crowdsourcing Platforms (Dennis, et al., 2015)

Adicional al convenio y plataformas web mencionadas anteriormente, la SDM cuenta con un sistema de gestión de tráfico llamado Fastrack que permite la visualización en tiempo real de estaciones de conteo y su funcionalidad se divide en seis características específicas: Operaciones, informe alarmas y eventos, informe tráfico, incidencias de conteo (hora), análisis de tráfico, video verificación (comparaciones entre estaciones de conteo).

Para los análisis de tránsito (Figura 61), la plataforma Fastrack muestra el agregado de tránsito por hora de la estación, para los últimos 7 días a partir de la fecha actual, para cada sentido, mostrando un clasificado por tipo de vehículo (ligero o pesado) o el tráfico total.

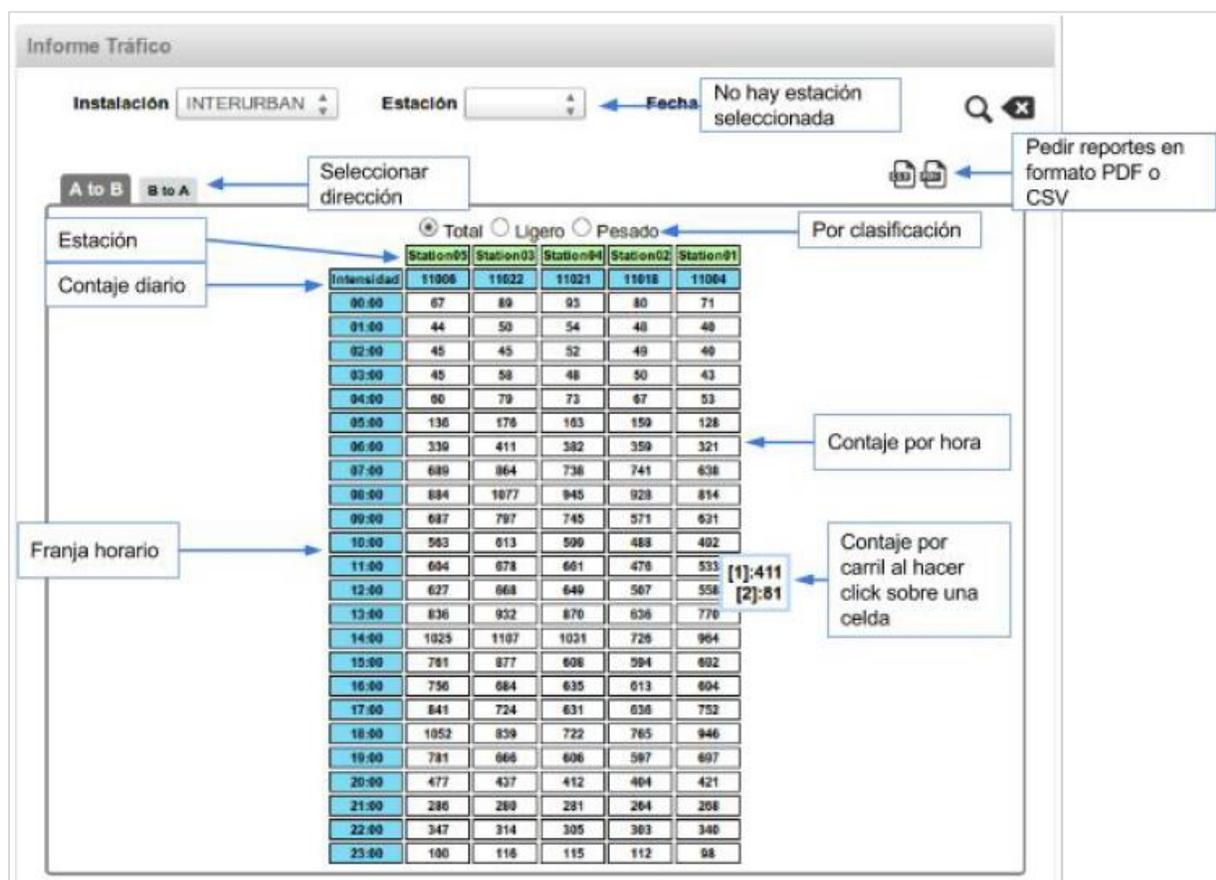


Figura 61 Informe de Tráfico Fastrack

Fuente: Información oficial Centro de Gestión de tráfico Bogotá

De igual manera se pueden generar y realizar una representación de datos organizados por periodos de conteo (días, meses o años) con el fin de compararlos con el promedio de ese tipo de periodo para un rango de fechas. (Figura 62).

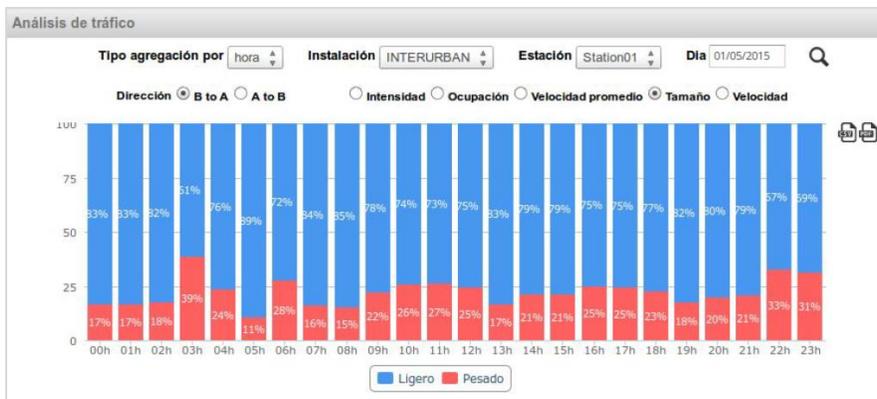


Figura 62 Análisis de Tráfico Fastrack

Fuente: Información oficial Fastrack Centro de Gestión de tráfico Bogotá

Por otra parte, para la gestión unificada de los temas asociados al tránsito y transporte de la ciudad de Bogotá, el centro de gestión de la ciudad cuenta con una plataforma llamada Mobility (Figura 63), herramienta que permite agrupar, en un solo lugar, información georreferenciada de agencias, instituciones, sistemas de terceros, datos captados por sensores y capas de interés para la movilidad de ciudad. (Bitcarrier, 2016)

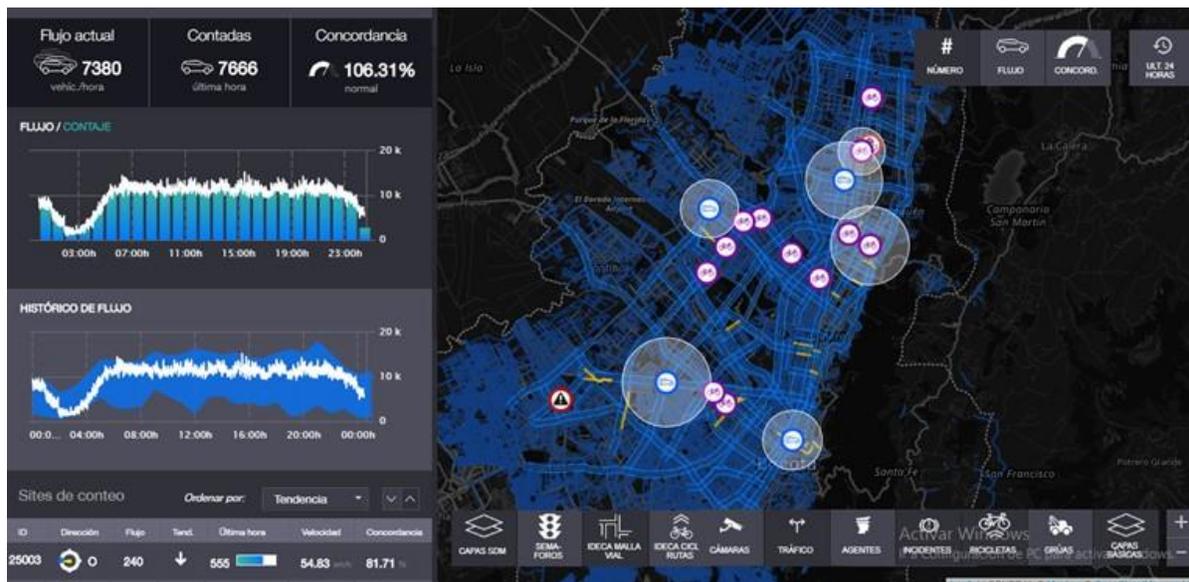


Figura 63 Visor Plataforma Mobility Bitcarrier - SDM

Fuente: Información oficial Centro de Gestión de tráfico Bogotá

Para la Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá, el principal objetivo de la plataforma Fastrack es ayudar a las autoridades en la toma de decisiones operacionales o planeamiento a corto plazo, para la optimización de los tiempos de respuesta y la eficiencia en la coordinación con las entidades.

Además permite la visualización del estado del tráfico vehicular de las principales vías monitorizadas y estaciones de conteo, así como los diferentes elementos que interactúan con el tráfico, proporcionando información en tiempo real sobre tendencias y correlación para la toma de decisiones, sobre semaforización, malla vial, ciclo rutas, estaciones de bus, sectores en obras, PMT's, grúas, accidentes, cámaras, tráfico, agentes de tránsito, incidentes, bicicletas, embotellamientos, cierres viales, vehículos mal estacionados, entre otras.

Otra fuente de información útil disponible para la planificación del tránsito y transporte, que no se encuentran dentro de las plataformas adquiridas, utilizadas y convenios realizados por la SDM, es aquella información de plataformas como twitter, app taxis, Uber Movement (los problemas legales permanecen sin resolver en la actualidad), entre otros.

Por nombrar un ejemplo, Uber Movement es una herramienta gratuita que comparte la información del comportamiento dinámico del tráfico y la movilidad en la ciudad (Figura 64), convirtiéndose en otro insumo importante para los procesos de planificación en la ciudad, aplicando el aprovechamiento del crowdsourcing.

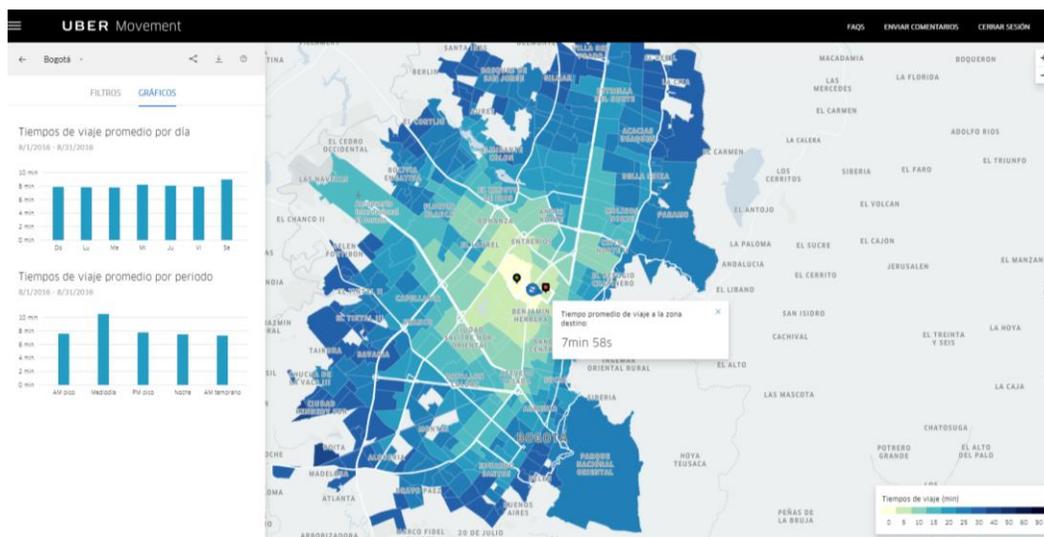


Figura 64 Visor de Esquemas Uber Movement
Fuente: Información Uber Movement (Uber, s.f.)

Actualmente la plataforma muestra el tiempo promedio de viaje alrededor y entre varias áreas de ciudad, los tiempos de viaje de Uber Movement están determinados por los datos de viaje anónimos de los socios conductores de Uber que realizan viajes por la ciudad, sin compartir información personal sobre usuarios o conductores (Uber, s.f.). Esta herramienta permite descubrir patrones y analizar el impacto de las horas punta, eventos puntuales y cierres de carreteras en la ciudad, actualizándose en tiempo real gracias a la información que generan sus

usuarios y los vehículos, diseñada para ayudar a la planificación urbanística y a la ordenación del tráfico.

Así las cosas, los promedios calculados del tiempo de viaje están disponibles a través de la plataforma interactiva de visualización, incluyendo además la siguiente información (Uber, 2017): Rango de fechas para realizar comparativos, nombre de visualización para la zona, geometría de zona de origen y destino, tiempo promedio de viaje (segundos), rango promedio - límite inferior (segundos), rango promedio - límite superior (segundos).

Por otra parte, considerando que el crowdsourcing aplicado a la gestión del tránsito y transporte, implica aprovechar la inteligencia, el conocimiento o la experiencia combinada de personas o entidades del sector transporte, para resolver un problema o gestionar un proceso (Dennis, et al., 2015), estas temáticas están siendo estudiadas en numerosos centros de investigación, universidades y departamentos relacionados con el transporte en todo el mundo (universidades de Berkeley, MIT, Boston, etc.).

Actualmente las entidades asociadas al sector transporte utilizan varios tipos de datos para mejorar el rendimiento del sistema de transporte, dado que el aprovechamiento de la red de dispositivos conectados para la administración del sistema de transporte, genera oportunidades importantes para la gestión en tiempo real.

Por lo anterior, la Tabla 10 presenta una serie de aplicaciones que actualmente están colaborando con la gestión del transporte, algunas en la ciudad de Bogotá y otras a nivel mundial, basado en estrategias de crowdsourcing con datos actualmente monitoreados y recolectados en tiempo real.

Tabla 10 Plataformas de crowdsourcing relacionadas con el transporte

Nombre de la aplicación	Características	Notas
Apple Maps	Ofrece servicios de mapas que incluyen navegación paso a paso para conducir y caminar.	Contiene mapas con soporte de TomTom Traffic. Los datos de tráfico son utilizados para estudios de tráfico,
Beat the Traffic	Es una aplicación de navegación para desplazamientos. Permite a los usuarios guardar rutas y proporciona información de tráfico en tiempo real en cada ruta con la mejor ruta estimada. No proporciona navegación paso a paso.	La aplicación es gratuita. Utiliza la API de Google Maps, notifica sobre eventos especiales y el impacto previsto.

Nombre de la aplicación	Características	Notas
Cellint	El proveedor de datos de tráfico utiliza una combinación de datos de vehículos y otras fuentes.	Monitorea los movimientos de la población en todos los modos de transporte, brinda datos y herramientas de última generación para administrar y optimizar el tráfico.
FixMyStreet	Desarrolla informes de problemas, gestión de activos, mantenimiento vial.	Se puede informar, ver o discutir problemas locales, como baches, graffiti, adoquines rotos o alumbrado público.
FixMyTransport	Desarrolla informes de problemas, gestión de activos, mantenimiento vial.	Notifica a los operadores, sobre problemas con los servicios de tren, autobús, metro y ferry (por ejemplo, máquinas de boletos, autobuses fuera de horario, etc).
Google Maps	Aplicación web y móvil que proporciona condiciones de tráfico en tiempo real. La aplicación móvil proporciona navegación GPS con actualizaciones en vivo en función de las condiciones del tráfico. También proporciona navegación para las opciones de transporte público, caminar y andar en bicicleta. Indicaciones de voz paso a paso, con función de búsqueda integrada.	Google Maps es la aplicación para teléfonos inteligentes más popular del mundo. Muchas aplicaciones basadas en la ubicación utilizan la API de Google Map para proporcionar un mapa base para servicios adicionales.
Inrix	El servicio de información de tráfico, utiliza la fusión de datos de la flota, fuentes públicas y municipales para ofrecer una variedad de productos.	Proporciona una plataforma de navegación integrada para muchos fabricantes de vehículos.
Lyft	El servicio de viaje compartido funciona de manera similar a un servicio de taxi con vehículos privados	Los problemas legales permanecen sin resolver en muchas áreas.
Mobile Millenium	Integra numerosos canales de modelos de tráfico, que transmiten información de tráfico vial y arterial en tiempo real.	Incluye un sistema de monitoreo del tráfico que usa el GPS en teléfonos celulares para recopilar información de tráfico, procesarla y distribuirla de vuelta a los teléfonos en tiempo real.
Moovit	Aplicación de navegación e información de tránsito público para teléfonos inteligentes.	Ofrece el conjunto de herramientas más completo del mundo para ayudar a las ciudades y operadores de transporte a planificar el futuro de la movilidad urbana.

Nombre de la aplicación	Características	Notas
Here	Proveedor de datos de tráfico y mapas de navegación.	Brinda Sistemas integrados de navegación de vehículos, con disponibilidad de mapas en 3D.
OpenStreetMap	El mapa base de la red de carreteras de código abierto utiliza crowdsourcing para correcciones de mapas.	A diferencia de otros proyectos de mapeo, OpenStreetMap no cobra por el uso. Los mapas se crean utilizando información geográfica capturada con dispositivos GPS móviles y otras fuentes libres.
Roadify	Proporciona datos de tránsito de fuentes múltiples sobre las rutas y condiciones de tránsito.	Combina sistema de rastreo vehicular automatizado (AVL) de las agencias de tránsito con tweets e información del usuario para proporcionar información sobre el uso del sistema de transporte público.
SeeClickFix	Informes basados en la web y móvil ayudando a los usuarios a comunicarse con los gobiernos locales	El sitio informa problemas a las agencias encargadas sobre problemáticas que no son de urgencias. Muchos gobiernos municipales monitorean activamente el sitio.
SFBetterStreets.org	Emitir sugerencias de informes, planificación y mejoras	El sitio web solicita ideas para mejorar las calles, proporciona descripciones accesibles de los procesos de permisos necesarios y sugiere estrategias para desarrollar el apoyo de la comunidad.
Strava	Aplicación de fitness enfocada en la bicicleta.	Los datos agregados del ciclista están disponibles para los planificadores.
Street Bump	Los voluntarios ejecutan la aplicación mientras conducen y registran automáticamente la ubicación de los baches.	Los registros de eventos (baches) para ayudar en el mantenimiento del pavimento.
Sygyt GPS Navigation and Maps	Navegación GPS de mapas almacenados con tráfico opcional.	Utiliza TomTom / Inrix para obtener información sobre el mapa y el tráfico.
Telenav	Proporciona servicios de navegación para varias plataformas que usan datos de fuente colectiva y otros datos.	La aplicación de navegación, aporta datos de tráfico en tiempo real.
Trafficast	Ofrece una gama de productos de datos de tráfico para clientes públicos y privados.	Datos de tráfico derivados de múltiples fuentes de código abierto y de propiedad.
Uber	El servicio de viaje compartido móvil funciona de manera similar a un servicio de taxi con vehículos privados.	Los problemas legales permanecen sin resolver en muchas áreas, no obstante presenta una plataforma abierta para manejo de la información, útil para los planificadores de transporte, llamada Uber Movement.

Nombre de la aplicación	Características	Notas
Ushahidi	Proporciona diversos productos de mapeo, proveedor de datos de terceros.	Se ha utilizado en todo el mundo para diversos fines, útil para los planificadores de transporte.
Waze	La aplicación utiliza crowdsourcing para en análisis de la velocidad del tráfico, informes de incidentes y actualizaciones de mapas.	Ahora se está asociando con agencias de transporte para compartir datos e integrarlos.
Yip Yap	Ubicación basada en mensajes anónimos.	Puede ser útil para orientar áreas geográficas, la extracción de datos es útil para los planificadores de transporte.

Fuente: Transportation related crowdsourcing platforms (Dennis, et al., 2015)

1.5.1.2 Escenario actual para el manejo de información y toma de decisiones en tiempo real en la planificación del transporte público.

El análisis del transporte público en la ciudad de Bogotá, es un aspecto esencial para las tareas de planificación, la gestión de flotas de transporte en sus componentes zonal (urbano, especial, complementario), troncal y alimentador, juegan un papel importante en las prácticas enfocadas al análisis sobre las problemáticas de gran interés social, como las estimaciones del impacto medioambiental que generan las emisiones contaminantes, de ruido y de consumo global de combustible, así como la caracterización de los patrones de movilidad urbana.

Como ya se ha comentado anteriormente, el Sistema Integrado de Transporte Público cuenta con una gran cantidad de datos operacionales, provenientes de varios mecanismos como transacciones (validaciones) de los usuarios, geolocalización de los buses y demás recursos tecnológicos a bordo de la flota del sistema. Por lo que pasaremos a abordar los temas puntuales relacionados con los procesos de gestión de la flota del SITP y la importancia de conocer que información en tiempo real se está generando para la planificación del transporte.

Abordar estos temas es de gran importancia, ya que los operadores de transporte, así como las autoridades que lo organizan, necesitan generar redes óptimas con horarios eficaces acordes con la demanda de pasajeros y con los tiempos de tránsito en cada rango, con el fin de asegurar un transporte eficiente y sincronizado entre líneas y nodos con el menor costo de operación.

Considerando que el Centro de Control de Operaciones de Transmilenio así como de los operadores del sistema, integran software especializados apoyados del SAE asociado al

equipamiento embarcado en buses, estaciones, paradas para puntos de carga, etc., se realizó una serie de entrevistas en cuatro concesionarios encargados de los servicios troncal, zonal y alimentación (Masivo Capital, Consorcio Express, Etib y Este es mi Bus), más específicamente a ingenieros encargados de la operación de sistema, apoyado de información suministrada por la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de Transmilenio (Rueda, 2017), con el fin de conocer qué tipo de información dispone cada uno de los operadores y cuál es la aplicabilidad que está recibiendo la información para la gestión eficiente del sistema.

De esta manera y como respuesta, teniendo en cuenta que el SIRCI permite por medio de sus componentes, la gestión y operación del subsistema de recaudo de los centros de control del sistema de información y servicio al usuario, la consolidación de la información y la conectividad de la totalidad de la flota del SITP, la información que disponen los concesionarios es la misma teniendo en cuenta que se maneja el mismo sistema SAE y software especializados requeridos por el SIRCI para la gestión de las flotas (ver Anexo B).

Por ello, el SAE estructura diariamente la información por el módulo de recolección de datos operativos y le permite a Transmilenio y los concesionarios de la operación, por medio de las aplicaciones web ReportSAE y GestSAE, conocer información y reportes que permiten realizar la gestión necesaria de la información captada en tiempo real, para llevar a cabo el cumplimiento, programación o asignación del itinerario de la flota, además de la supervisión y explotación del SIRCI.

Por otra parte, la optimización máxima de los flujos de información obtenida por Transmilenio y los operadores del sistema, así como la toma de decisiones en la ciudad para controlar el estado de las diferentes áreas y despliegue de los servicios, a las necesidades en tiempo real de la oferta, demanda, alertas y avisos, etc., son controladas mediante soluciones en el centro de control del sistema, herramientas de gestión necesarias para llevar a cabo la supervisión y explotación del sistema que permiten realizar la gestión de explotación de datos y la información al usuario (ETRA, 2017), entre las cuales se encuentra:

La solución sinóptico (Figura 65), que le permite realizar al operador la gestión de flota de un modo más sencillo, optimizado y dinámico, contiene las siguientes entidades (líneas, vehículos, servicios, grupos, etc.), representación (sinóptica, geográfica, horarios, relevos, malla horaria, etc.) y mensajes (alarmas, errores, mensajes, etc.).

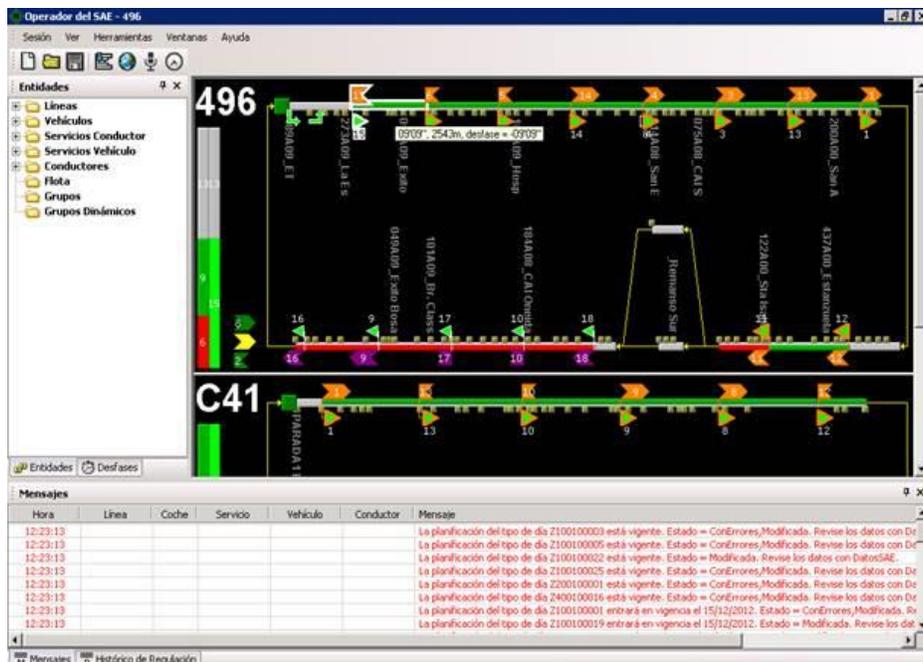


Figura 65 Visor Plataforma Sinóptico – SAE

Fuente: Información comercial desarrolladores para el SITP (ETRA, 2017)

El sistema cuenta con una representación geográfica de la solución sobre el mapa (Figura 66), contiene edición de datos, control de flota e información al usuario, se encuentran disponibles las siguientes herramientas de georreferenciación (Google maps, street map, visualización satélite, etc.), acciones (excepciones, búsqueda de vehículo, trayectorias, etc.), representación (datos de cada bus, representación en tiempo real) y secciones una o varias líneas.

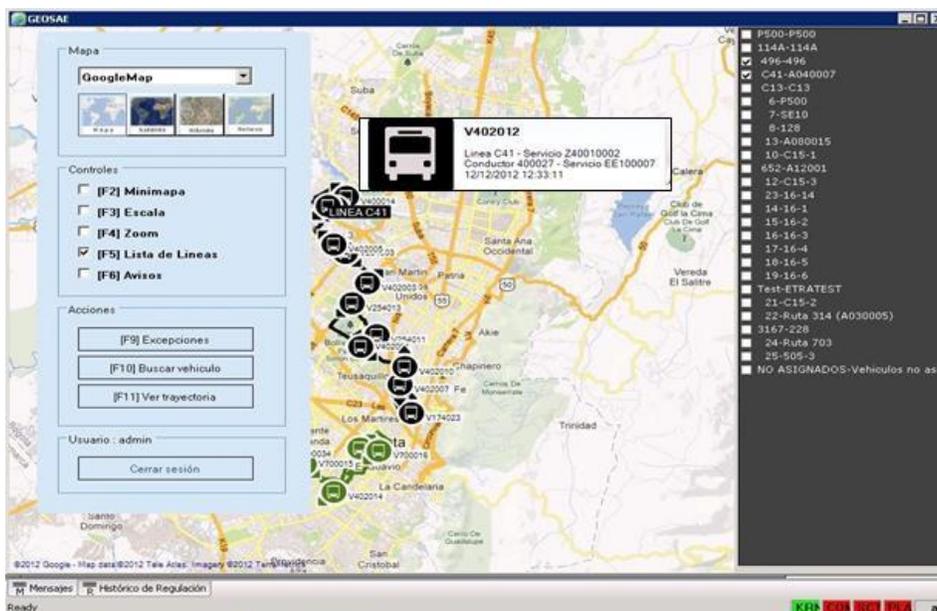


Figura 66 Visualización geográfica – SAE

Fuente: Información comercial desarrolladores para el SITP (ETRA, 2017)

Adicionalmente los procesos de comunicación se realizan mediante el SAEVox (Figura 67), esta es una interfaz de fonía (abreviatura de radiotelefonía) totalmente, permite al operador una gestión eficiente de las comunicaciones por fonía con los conductores.

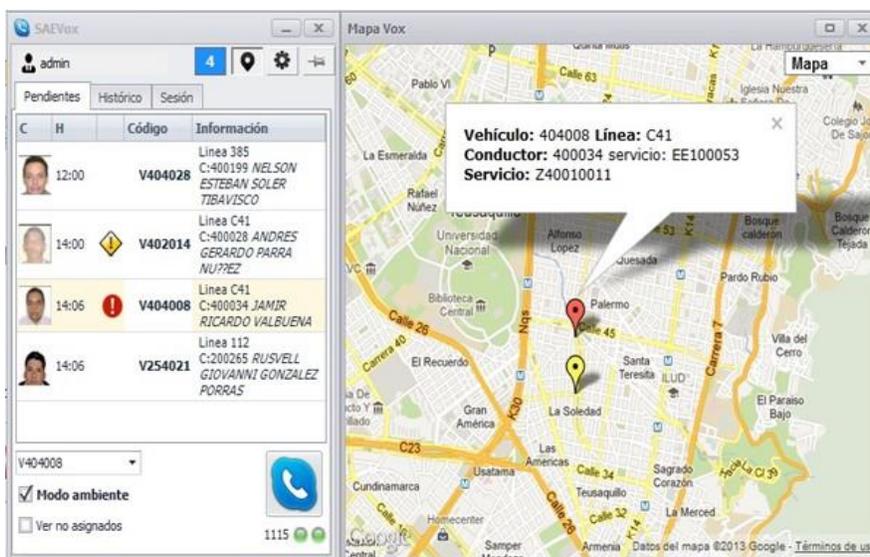


Figura 67 Visor estado comunicación por fonía – SAE

Fuente: Información comercial desarrolladores para el SITP (ETRA, 2017)

El sistema contempla una herramienta web llamada DatoSae (Figura 68 y Figura 69), que facilita a los operadores introducir nuevos datos estructurales (línea, ruta, sublínea, sección, ramal, sentido nodo y macrolínea) y de planificación (servicio vehículo, viaje, servicio de conductor, actividad, tipo de día, nombramiento), además de comprobar con cada introducción de datos, que estos datos sean coherentes.

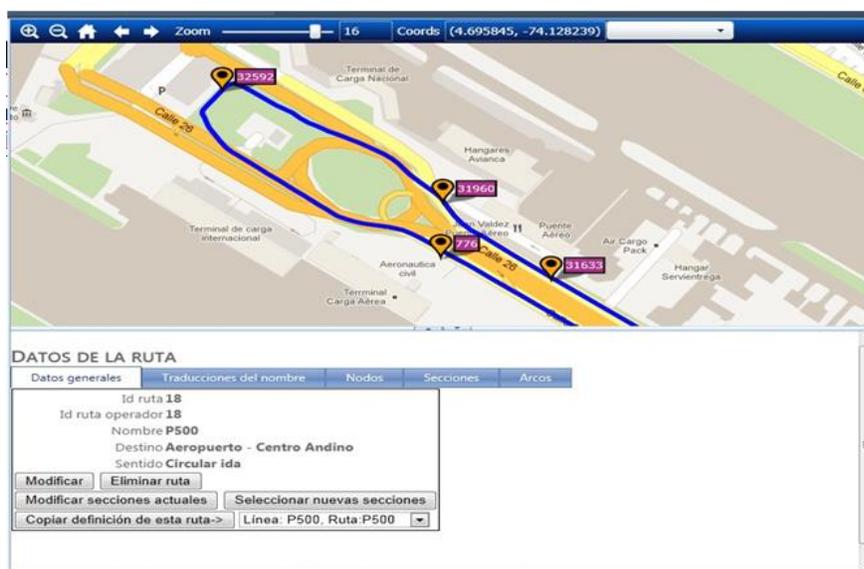


Figura 68 Visor herramienta web DatoSae - ruta

Fuente: Información comercial desarrolladores para el SITP (ETRA, 2017)

Así como hemos revisado, el manejo de la información relacionada con la planificación del transporte público en la ciudad de Bogotá apoyados del SAE, constituyen un conjunto de elementos de hardware y software que utilizan las técnicas más avanzadas en los campos de las TIC, con sistemas de control integrados que aplicados a la red de autobuses de transporte público, suministran los medios necesarios para regular y gestionar en tiempo real, el funcionamiento de la flota y los recursos disponibles asociados a ella. (Heredero, et al., 2012)

Considerando que los argumentos mencionados anteriormente, forman parte de un contexto en el cual la integración de la información en tiempo real componen un mundo de posibilidades, que en la práctica actúan sobre el despliegue de tecnologías para gestión eficiente del transporte, para autores como Seguí y Martínez (como se cita en Heredero, et al., 2012), el nuevo paradigma de gestión de transporte se caracteriza por los siguientes atributos: seguridad, comodidad para los usuarios y efectividad, ofreciendo un control exhaustivo de la demanda y distribución de recursos.

Por lo tanto, la implementación de aplicaciones telemáticas en el transporte genera un impacto positivo en la operación y gestión del transporte público (gestión de flotas), ya que los SAE permiten actuar de manera continua sobre la flota del SITP, con el objeto de mantener una alta calidad de servicio, apoyados a su vez en distintos sistemas como los mencionados en la Tabla 11.

Tabla 11 Sistemas que apoyan la gestión del SAE

Sistemas de apoyo
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de información al usuario embarcado. • Sistemas de información al conductor. • Puntos de información al usuario en paradas. • Sistemas de emergencia. • Sistemas de localización de vehículos. • Sistemas de Recaudo (expedición de billeteaje - validación). • Sistemas de comunicaciones, entre otros.

Fuente: Como se cita en Heredero, et al., 2012

Estos son sistemas específicos de gestión que se basan en el uso intensivo de la utilización de las TIC para la gestión del transporte, ofreciendo una oportunidad para la movilidad sostenible mediante el uso del SAE. Aquí es donde cobra sentido la explotación de la información mediante este sistema en la ciudad de Bogotá, ya que en la medida en que las soluciones cubran las

necesidades de los operadores para la gestión completa del SITP, la mejora en el servicio ofrecido a los usuarios es mayor.

En base a que actualmente los SAE se utilizan no solo en el transporte público, sino también en sectores como la logística y demás áreas relacionadas con la flota de vehículos de una empresa, los aportes por la implantación de soluciones telemáticas como el SAE para el transporte urbano según Pérez (2001), son las mencionadas en la Figura 71.

IMPACTO POSITIVO EN	VEHICULOS PARTICULARES			TRANSPORTE PÚBLICO				MANEJO FLOTAS DE TRANSPORTE				AUTORIDAD GOBIERNO		MEDIO AMBIENTE	
	TIEMPO DE VIAJE	CONFORT	SEGURIDAD	TIEMPO DE VIAJE	COSTOS DE OPERACION	CALIDAD DE SERVICIO	SEGURIDAD	TIEMPO DE VIAJE	COSTOS DE OPERACION	CALIDAD DE SERVICIO	SEGURIDAD	CALIDAD DE SERVICIO	SEGURIDAD	CALIDAD DEL AIRE	ENERGIA
APLICACIONES TELEMÁTICAS															
<i>Información vial y de tráfico</i>															
VMS, (VARIABLE MESSAGE SIGN)	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	★	★	✓	✓
<i>Transporte público</i>															
LOCALIZACION DE VEHICULOS, GPS GIS				★	✓	★	★					★	★		
PRIORIDAD AL TRANSPORTE PUBLICO				★	✓	★						✓		✓	✓
INFORMACION AL PASAJERO				✓	✓	★	✓					★	★		
REGULACION DE FRECUENCIAS				★	✓	★	✓					★	★	✓	✓
<i>Pagos automáticos</i>															
TARJETAS INTELIGENTES PARA EL TRANSPORTE COLECTIVO				✓	✓	★	★					★	★		
PEAJES AUTOMATICOS URBANOS Y CONTROL DE ACCESO A ZONAS	★	✓		★		✓		★				★	✓		
CONTROL DE ESTACIONAMIENTOS, PAGO Y UBICACION DE ESPACIOS DISPONIBLES	★	★	✓	✓				✓				✓	✓	✓	✓
<i>Manejo eficiente de flotas</i>															
LOCALIZACION DE VEHICULOS, GPS GIS, SISTEMAS DE COMUNICACION MOVIL								★	★	★	★		✓	✓	✓
<i>Asistencia al conductor</i>															
NIGHT VISION Y MAPAS DIGITALES	★	★	★					★	✓	✓	★		★		
VACIO: SIN IMPACTO O DE POCA IMPORTANCIA ✓ : IMPACTO IMPORTANTE ★ : GRAN IMPACTO															

Figura 71 Impacto de las aplicaciones telemáticas en el transporte urbano
Fuente: Nuevas TIC en el sector Transporte (Pérez, 2001).

Por último, COTEC (1998, p.48) en su documento sobre oportunidades tecnológicas en el sector del transporte, al igual que De la Rosa y Nuñez (como se cita en Seguí y Martínez, 2004), establecen que, los objetivos que se persiguen y se deben alcanzar mediante la implementación de un SAE para la gestión eficiente del transporte, son:

✓ El incremento de la calidad del servicio en la vía, mediante una importante mejora de la regularidad, mayor adaptabilidad entre las condiciones de la demanda y las posibilidades de la oferta, mayor información online al cliente, presencia de una red multimodal de transporte bajo un esquema de “integración tarifaria”, todo ello orientado al incremento de la demanda real, a través de un esquema de oferta más competitivo.

- ✓ Disminución de los costes de explotación y de las inversiones necesarias para optimizar la oferta del servicio, sobre la base de una mejor adecuación de la flota en términos de tamaño y optimización.
- ✓ Incremento de la eficiencia en la gestión de tráfico y mayor fiabilidad en la toma de decisiones, ofreciendo mayor flexibilidad y transparencia al sistema.
- ✓ Mejora del control técnico de la flota, a fin de obtener un menor número de averías, disminuir el número de accidentes y proveer de mayor seguridad a los usuarios y conductores.
- ✓ Disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente generados por los efectos de la combustión y del ruido, disminuyendo el consumo energético.

1.5.2 Métodos tradicionales para la toma de información en la ciudad de Bogotá

Con el fin de obtener la información necesaria que permita desarrollar el seguimiento del sistema de movilidad en la ciudad de Bogotá, se desarrolla un programa de monitoreo permanente de la operación del sistema de movilidad que permite evaluar los parámetros y variables del sistema de tránsito y transporte, y sirve de base para la adopción de políticas, planes y programas que se reflejan en mejores condiciones para los ciudadanos.

Para ello, la SDM como Entidad encargada de la administración del tránsito y transporte de la ciudad, cada año realiza por medio de un concurso de méritos la adjudicación de contratos de toma de información en campo que permiten evaluar la operación del sistema de movilidad (Figura 72 y Figura 73), este programa se denomina monitoreo, seguimiento y planeación del tránsito y el transporte de Bogotá D.C, para el desarrollo de este programa, se requiere de una exhaustiva toma de información de campo de los parámetros de tránsito y transporte.



Figura 72 Aforos con equipos manuales
Fuente: Información oficial SDM



Figura 73 Aforos encuestas Origen - Destino
Fuente: Información oficial SDM

Estos contratos establecen una serie de requerimientos técnicos para la ejecución de las actividades necesarias en los procesos de tomas de información, los aforos se realizan por medio de conteos manuales según las metodologías establecidas por la SDM para cada uno de los estudios de tránsito y transporte.

Para autores como Pticina, et al., (2015), cuando los datos de conteo automáticos y de un mayor grado de confiabilidad no están disponibles, o cuando el esfuerzo y el gasto de los equipos de conteo automático no se justifican, se utiliza la observación manual para realizar los diferentes estudios de tránsito y transporte en las ciudades.

Este es el caso de la ciudad de Bogotá, donde se desarrollan tomas de información de campo como insumo al programa de seguimiento del sistema de movilidad, el cual contempla actividades de orden administrativo, equipo profesional empleado en el desarrollo de las actividades, personal de aforo requerido, logística, infraestructura, equipos, materiales empleados, etc., y se desarrolla entre otros los estudios mencionados en la Tabla 12.

Tabla 12 Estudios contrato de monitoreo ciudad de Bogotá. D.C.

Estudios realizados
<ul style="list-style-type: none"> • Aforo de volúmenes vehiculares, peatones y bicicletas en estaciones maestras. • Ocupación visual en transporte público colectivo e individual. • Frecuencia y ocupación visual. • Tiempos de recorrido por el método del vehículo en movimiento con el uso de GPS. • Tiempos de recorrido por el método de placas. • Velocidades puntuales (instantánea con radar). • Ascenso y descenso de pasajeros. • Encuestas varias. • Encuestas Origen - Destino. • Volúmenes mediante el registro del último dígito de la placa de matrícula para transporte público y particular. • Tomas puntuales que permita evaluar la organización de rutas. • Tomas especiales (día del no carro, entradas y salidas, ciclorrutas.) • Toma de información en intersecciones semaforizadas (planeamiento semafórico) • Flujos de saturación. • Intersecciones no semaforizadas, volúmenes vehiculares, peatones y bicicletas.

Fuente: Información oficial SDM

Estos estudios se agruparon en cuatro (4) componentes (ver Tabla 13): Monitoreo básico, planeamiento semafórico, priorización de intersecciones a semaforizar y estudios especiales.

Tabla 13 Componentes programa de monitoreo ciudad de Bogotá

Componente	Descripción
✓ Monitoreo básico	Toma de información en intersecciones y corredores específicos de la ciudad que se realizan mensual y trimestralmente, permitiendo monitorear el comportamiento del tránsito y transporte a través del tiempo.
✓ Planeamiento semafórico	Medición de los volúmenes vehiculares y flujos de saturación en intersecciones semaforizadas para reportar al grupo de planeamiento semafórico y actualizar los planes semafóricos de la ciudad.
✓ Priorización de intersecciones a semaforizar	Medición de flujos vehiculares y evaluaciones de las condiciones físicas y operacionales de intersecciones dentro de la malla vial del Distrito, que hacen parte de las solicitudes de la comunidad allegadas a la SDM, con el objeto de evaluar la pertinencia de implementar controles semafóricos.
✓ Estudios Especiales	Estudios puntuales solicitados por la SDM.

Fuente: Información oficial SDM

Los métodos manuales tradicionales utilizados en Bogotá, implican observadores en lugares específicos (ver Figura 74), a fin de aforar volúmenes, direccionales, peatonales, biciusuarios, etc., donde por lo general, los observadores o aforadores utilizan hojas de conteo para registrar los eventos. No obstante, para Pticina, et al, (2015), este método el conteo manual tiene varios inconvenientes y entre los cuales se destacan:

- ✓ Cada nueva tarea requiere nuevas hojas de conteo, el desarrollo de hojas de conteo lleva tiempo.
- ✓ La capacitación de observadores para rellenar correctamente las hojas de conteo lleva tiempo.
- ✓ las condiciones climáticas pueden afectar la calidad de los datos: el papel puede dañarse; la escritura, los lápices se rompen, etc.
- ✓ La decodificación de símbolos escritos a mano, decodificando hojas de conteo requiere mucho tiempo y puede conducir a errores.

- ✓ La digitación en una base de datos es lenta y puede generar errores.
- ✓ Los observadores pueden ser irresponsables y no cumplir con la metodología establecida, presentando un bajo grado de confiabilidad de los datos, asociado también a factores externos, climáticos, físicos como el cansancio.
- ✓ Es difícil controlar un gran número de observadores, su ubicación, comenzar y los tiempos finales de conteo.

Por otra parte, para el desarrollo de estas metodologías el periodo de toma de información juega un papel importante en la confiabilidad de los datos, ya que, durante períodos de tránsito alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos, además la exactitud y la confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

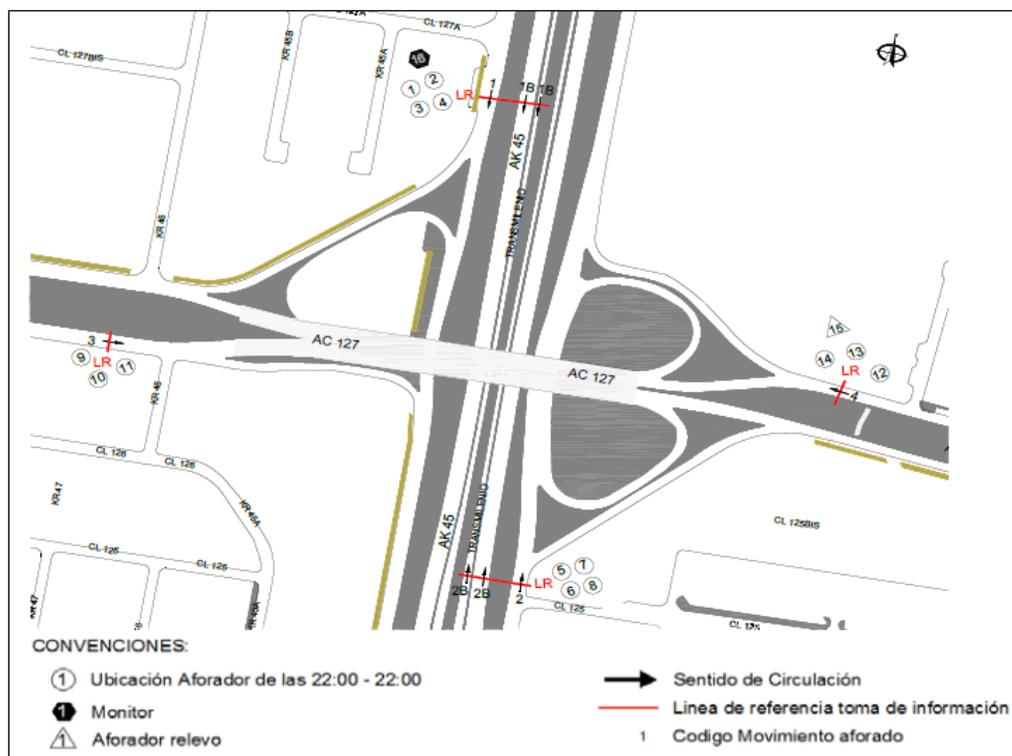


Figura 74 Aforo método tradicional, esquema de localización y movimientos por aforador
Fuente: Información oficial programa de monitoreo SDM

Adicionalmente, este método establece horarios específicos por tipo de estudio (ver Tabla 14), el período de conteo no contempla condiciones en las que se presenten eventos especiales, a menos que se desee estudiar específicamente esa situación. Algunos de los períodos más usados son los siguientes, según cada uno de los componentes:

Tabla 14 Distribución de turnos de aforadores según componente

Actividad	Periodo toma información	Duración estudio	No. de turnos	No. de horas/turno
Maestras básicas	22:00-22:00	24 horas	3	8
Tiempos de recorrido	6:00-9:00	10 horas	3	10
	11:00-14:00 16:00-20:00			
Planeamiento	6:00-20:00	14 horas	2	7
Priorización	6:00-22:00	16 horas	2	8

Fuente: Información oficial SDM

Sin duda, en estos procesos de toma de información en campo intervienen diversos factores y su desarrollo depende de la necesidad del sistema y los recursos asignados para tan fin, es así que la cantidad de información requerida según los estudios varía para cada uno de los componentes, por contrato y por año, a modo de ejemplo para el año 2014 se realizó alrededor de 1000 estudios de tomas de información como se observa en la Tabla 15.

Tabla 15 Total aproximado de tomas de información por contrato de monitoreo 2014

Componente	Total estudios aprox.
Monitoreo básico	234
Priorización	140
Planeamiento	433
Especiales	279
Total estudios aprox.	1086

Fuente: Adaptado de información oficial programa de monitoreo SDM

Nota: Los valores pueden variar, dada a la información puntual que reposa en la SDM.

Basados en lo anterior, considerando la gran cantidad de información que es requerida para desarrollar el seguimiento del sistema de movilidad en la ciudad de Bogotá, es claro afirmar que este insumo es necesario para evaluar la calidad del servicio que prestan las vías, identificar zonas donde se presentan problemas y que pueden requerir atención especial para mejorar el flujo total del tráfico en diferentes rutas.

Por ello, actualmente el Distrito cuenta con una gran cantidad de información de los programas de monitoreo, que en la mayoría de los casos no está integrada dado el método de recolección de la información, su tabulación y análisis, información que es requerida permanentemente para el análisis de las condiciones operacionales en los corredores de la ciudad, así como para establecer

estrategias y planes en cualquier ámbito urbano, por tanto, esta información debe constituirse como una herramienta informativa para analizar y evaluar las condiciones del tránsito y transporte, facilitando la toma de decisiones en la planificación de la red vial de la ciudad de Bogotá.

2. Gestión de recursos para la toma de información y decisión en tiempo real

Con el fin de identificar los beneficios asociados a la implementación de servicios ITS en la ciudad, se realizó un comparativo entre los recursos asignados en los procesos de toma de información tradicional y recursos necesarios para la implementación de los servicios ITS.

De esta manera, teniendo en cuenta los estudios realizados por la SDM, del programa de monitoreo para la planeación del tránsito y el transporte en la ciudad de Bogotá DC, citados en el capítulo anterior, se estima un presupuesto anual que oscila entre \$2.000.000.000 y \$4.500.000.000 (costos estimados de los contratos de monitoreo SDM), para el proceso de toma de información en campo.

De igual manera, considerando que el desarrollo de cada estudio según su componente depende de la necesidad del sistema y los recursos asignados para tan fin, estos recursos son estimados de acuerdo a las condiciones geométricas y operacionales del punto de toma de información, para lo cual se plantea un análisis comparativo, de la siguiente manera:

✓ **Escenario 1:** Una toma de información tradicional, como el punto de la Figura 74, contempla 15 aforadores ubicados estratégicamente, a fin de identificar de manera eficiente la tipología asignada, para una toma de información de volúmenes vehiculares. Teniendo en cuenta que este estudio establece dentro del componente de monitoreo básico un aforo de 24 horas continuas tomando las tipologías vehiculares necesarias por aforador, se tiene un costo estimado de trabajo hora/aforador entre \$11.000 y \$ 16.000 (contrato de monitoreo 2018), por lo tanto, la intersección genera un costo aproximado de toma de información que oscila entre \$3.900.000 y \$5.900.000, asociado al trabajo de campo, digitación y entrega de información en base de datos.

Para la intersección planteada, al implementar recursos ITS para analítica de video de acuerdo a la propuesta de la Figura 75, considerando la instalación de 6 cámaras de video y teniendo en cuenta los costos proporcionados por fabricantes privados de sistemas de analítica de video (NeuralLabs, 2017), para el suministro e instalación del sistema de conteo vehicular, se tienen un costo aproximado de \$120.000.000, asociado al hardware (\$50.000.000 aprox.), licencias de

software, desarrollo de aplicación para el procesamiento de datos, estructura (postes, pedestales), cableado, accesorios, soporte técnico, entre otros (ver Figura 76). De esta inversión inicial se estima un costo asociado al transporte e instalación de cámaras y estructura (la estructura contempla fabricación y entrega) entre \$4.000.000 y \$9.500.000 (SDM, 2018), además de un costo aproximado de \$10.000.000/mes para el servicio de la interfaz de comunicaciones (almacenamiento y disposición de la información). (NeuralLabs, 2017)

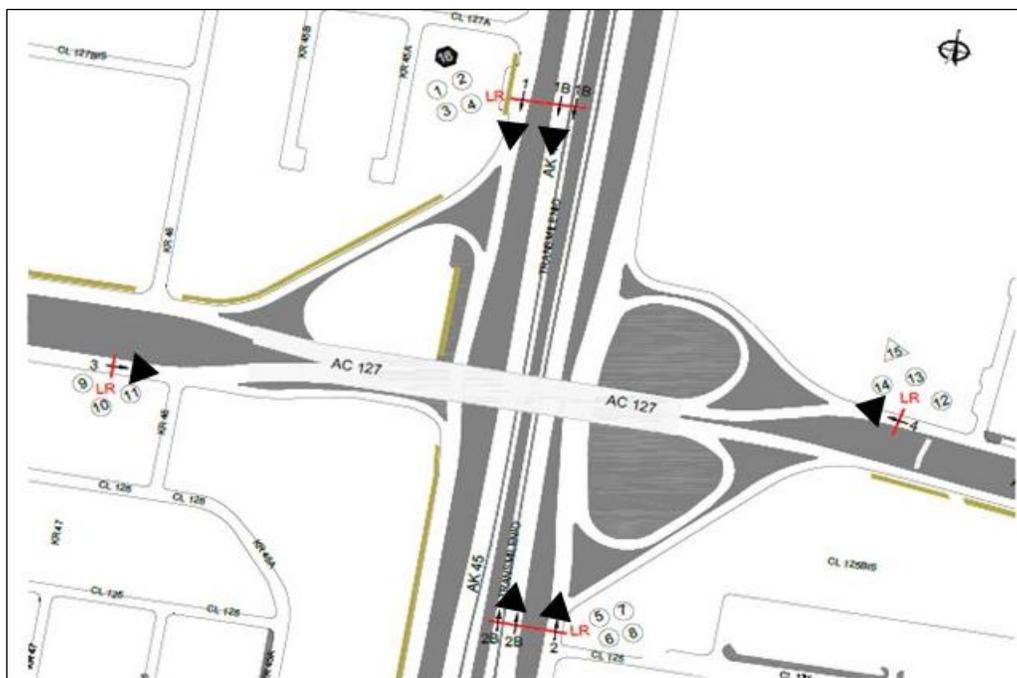


Figura 75 Ejemplo esquema de localización y movimientos por aforador

Fuente: Adaptado información oficial programa de monitoreo SDM



Figura 76 Instalación sistemas cámaras de video detección.

Fuente: Información oficial programa de monitoreo SDM

Si se realiza la comparación directa de la inversión inicial del mobiliario, hardware y software, con los costos por recolección de información con la metodología tradicional, el beneficio de ahorro asociado al costo sería negativo, considerando que la primera inversión es alta en comparación con los costos asociados a una toma de información tradicional.

Ahora, si se contempla que ya se incurrió en la inversión inicial del mobiliario, teniendo la infraestructura disponible para el proceso de toma de información, solamente se contemplan los costos asociados al transporte, instalación de estructura, cámaras e interfaz de comunicaciones el cual se estima en \$2.000.000 (los técnicos pasarán de 45 a 60 minutos por cada instalación, SDM 2018), presentando en costos un beneficio de ahorro por intersección del 65%.

Realizando el comparativo (ver Tabla 16) considerando que se tiene disponible infraestructura o soportes en vía como es el caso de intersecciones semaforizadas, solamente se contemplaría los costos asociados al transporte, instalación y parametrización de los elementos en vía, estimado en un valor aproximado de \$1.200.000 (SDM, 2018), presentando en costos un beneficio de ahorro por intersección del 80%.

Tabla 16 Comparativo por inversión con sistema de cámaras (bucle virtual)

Método	Horas de aforo	Costo aprox/día	% Ahorro	Beneficio en Ahorro (\$)
Tradicional	24	\$ 5.900.000		
Cámaras (bucle virtual)	24	\$ 2.000.000	65%	\$3.900.000
Cámaras (bucle virtual)	24	\$ 1.200.000	80%	\$4.700.000

Fuente: El autor basado en información de proveedores de sistemas ITS para analítica de video

Nota: Los costos de suministro e instalación de estructura, son adaptados de la SDM, 2018.

Ahora, tomando como punto de referencia el costo total por contrato de toma de información para el componente de monitoreo básico, donde se desarrolló un total de 234 tomas de información en el año 2014, por un valor aproximado de \$ 1.100.000.000 (contrato de monitoreo 2014); para recuperar la inversión inicial en costos (\$120.000.000) y obtener un punto de equilibrio es necesario realizar 30 tomas de información. Por lo tanto, si se considera el total de aforos desarrollados en 2014 (toma de información tipo Figura 74), se obtendría un beneficio en ahorro del 70% aproximadamente al final del primer año.

✓ **Escenario 2:** Obtención de datos de tráfico mediante un sistema de visión artificial y procesamiento de vídeo con software de seguimiento desarrollado por Miovision (sistema portátil, ver Figura 77), el cual permite marcar la trayectoria de cada uno de los movimientos de

cada vehículo de forma individual, así como su origen y destino, tanto en intersecciones, zonas urbanas y autopistas, este sistema identifica hasta 13 tipologías vehiculares, peatonales y biciusuarios, según la necesidad.



Figura 77 Sistemas cámaras de video detección Scout.
Fuente: Miovision Counting Equipment (INDOT, s.f.)

Para analizar esta alternativa, de acuerdo a la propuesta de la Figura 75, ahora se considera la instalación de 4 cámaras de video “Scout”, una en cada costado (en el costado norte y costado sur una cámara recolectando información de dos calzadas cada una). Teniendo en cuenta la propuesta económica presentada por Miovision, se tomará como base una inversión inicial para el suministro de cámaras, por un valor aproximado de \$12.000.000/unidad incluye licencia y un costo del trípode de \$2.300.000/unidad (Miovision, 2015), para una inversión inicial del sistema de \$58.000.000.

Si se realiza la comparación directa de los costos por recolección de información del método tradicional con la implementación de este sistema, teniendo en cuenta la inversión inicial de las cámaras y trípodes, aun cuando los costos de instalación son bajo ya que el equipo es portátil y sencillo de instalar sin necesidad de grúa o escalera gracias a su mástil telescópico (Ramos, 2012), el beneficio de ahorro asociado al costo sería negativo, considerando que la primer inversión es alta en comparación con los costos asociados a una toma de información tradicional

Ahora, si se contempla que ya se dispone de los equipos para el proceso de toma de información (cámaras y trípodes), solamente se contemplaría los costos asociados al transporte, instalación y parametrización de los elementos en vía (los técnicos pasarán de 20 a 40 minutos por instalación según Miovision, 2015), el cual se estima en aproximadamente \$500.000 (SDM, 2018), los costos asociados al procesamiento de vídeo en la plataforma Miovision, establece un

costo de \$4.950 por carril (clasificación estándar de 4 tipologías vehiculares) y \$7.425 carril (clasificación de 13 tipologías vehiculares), por lo tanto, asumiendo 14 carriles en la intersección se estima un costo aproximado entre \$2.100.000 y \$3.000.000 respectivamente, presentando un beneficio de ahorro del 63% (ver Tabla 17).

mioVISION		DataLink Rate Card EUR	
		Customer: movilidadbogota.gov.co	
	Standard	Premium	Add Crosswalk
Prices do not include VAT	Vehicle Classification	Vehicle Classification	Pedestrian and Bicycle Data additional per hour
Intersection Count	€ 21.00 /hr	€ 24.00 /hr	€ 1.50 /hr
24hr+ Intersection Count with Approach Counts	Please inquire	Please inquire	
Small Roundabout Count (one camera)	€ 31.00 /hr	€ 34.00 /hr	€ 1.50 /hr
Large Roundabout Count (multiple cameras)	€ 66.00 /hr	€ 69.00 /hr	€ 1.50 /hr
Road Volume Count (per lane)	€ 1.50 /hr	€ 2.25 /hr	
Specialty Data Types:		Other Options:	
Travel Time: Per Location Travel Time	€ 13.00 / hr / location	Right-Turn-On-Red (per approach)	€ 0.90 / hr
24hr+ Travel Time: Per Location Travel Time	€ 264.00 or €11.00 / hr / location	Standard 72 Hour Turnaround	Included
Pedestrian and Bicycle Count: Bi-Directional Pathway Count	€ 8.00 / path / hr	Rush 48 Hour Turnaround	€ 3.00 / hr
Pedestrian and Bicycle Count: Junction Turning Movement Count	€ 12.00 / hr	Rush 24 Hour Turnaround	€ 6.00 / hr
Vehicle Gap Data	€ 25.00 / lane / hr	Custom Classifications	€ 4.00 / hr

Figura 78 Costos por servicio Miovision
Fuente: Miovision, 2018.

Tabla 17 Comparativo por inversión con sistema de video “Scout”

Método	Horas de aforo	Costo aprox/día	% Ahorro	Beneficio en Ahorro (\$)
Tradicional	24	\$ 5.900.000		
Miovision Scout (4)	24	\$ 2.100.000	63 %	\$ 3.700.000
Miovision Scout (13)	24	\$ 3.000.000	50 %	\$ 2.900.000

Fuente: El autor basado en propuesta comercial Miovision para 2018.

Para recuperar la inversión inicial en ahorro y obtener un punto de equilibrio es necesario realizar 16 tomas de información. Por lo tanto, si se considera el total de aforos desarrollados en el componente de monitoreo básico, se obtendría aproximadamente en costos un beneficio en ahorro del 55% al 75% al final del primer año.

Escenario 3: Por temas de seguridad para la ciudad de Bogotá, si se realiza la implementación de las cámaras “Scout” (sin trípodes), asumiendo que ya se incurrió en la

inversión inicial del equipamiento y la estructura se encuentra disponible (pedestales y postes) por un valor aproximado de \$ 70.000.000 (asociado al hardware, estructura, accesorios, entre otros), se contempla solamente los costos asociados al transporte, instalación de pedestales, postes, cámaras y parametrización de los elementos en vía, por un costo aproximado de \$2.000.000 (SDM 2018). Por lo tanto, considerando la propuesta comercial de Miovision para el procesamiento de vídeo en la plataforma con una clasificación estándar de 4 tipologías y 13 tipologías vehiculares, se estima un costo aproximado de \$3.600.000 y \$4.500.000 respectivamente (incluye transporte e instalación de cámaras), presentando un beneficio de ahorro entre el 38% y 24% aproximadamente por toma de información.

De igual manera, si el procesamiento se realiza por plataformas como Deodata (TransportSystem), los cuales establecen para la analítica de video un costo por hora que oscila entre \$24.000 y \$28.000, garantizando la identificación vehicular en función al campo de visión de la cámara (este sistema contempla 4 tipologías vehiculares). (ver Tabla 18).

Para estos sistemas los costos pueden variar dependiendo el costo de adquisición de la cámara, considerando que el mercado actual presenta cámaras de alta definición aún menor precio y dependiendo de la necesidad, para este caso se utilizó la unidad de colección de video “Scout” de Miovision.

Tabla 18 Comparativo por inversión con sistema video sobre estructura disponible

Método	Horas de aforo	Costo aprox/día	% Ahorro	Beneficio en Ahorro (\$)
Tradicional	24	\$ 5.900.000		
Miovision Scout (4)	24	\$ 3.600.000	38%	\$2.200.000
Miovision Scout (13)	24	\$ 4.500.000	24%	\$ 1.400.000
Deodata (TransportSystem)	24	\$ 4.700.000	20%	\$ 1.200.000

Fuente: El autor basado en propuesta comercial Miovision y Deodata para 2018.

Para recuperar la inversión inicial en ahorro y obtener un punto de equilibrio es necesario realizar 50 tomas de información, de igual manera si se considera el total de aforos desarrollados en el componente de monitoreo básico, se obtiene aproximadamente en costos un beneficio en ahorro del 40% al 90% al final del primer año.

Adicionalmente, es importante mencionar que una sola cámara de tecnología Miovision puede cubrir una intersección con 4 accesos (ver Figura 79), independientemente del número de carriles

(hasta 8 carriles en una carretera), así como intersecciones y rotondas pequeñas, captando toda la información que transita por ella con una distancia de visualización de 45 metros, detallando todos los movimientos de vehículos, bicicletas y peatones. (Ramos, 2012)

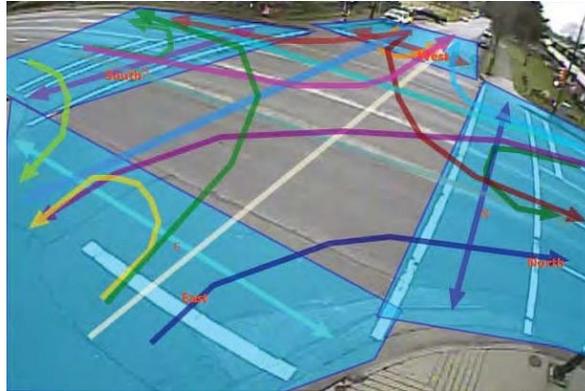


Figura 79 Interfaz de servicio Miovision
Fuente: Miovision, 2018.

Estudios desarrollados con tecnología de Miovision en la municipalidad de "El O Grove" en España, arrojaron que, mediante el uso del sistema de visión artificial y procesamiento con software para la obtención de datos de tráfico, se logró obtener un grado mínimo de error de un 3%, comparado con el 25% de error de un aforo manual. Al mismo tiempo se redujeron los costos de un aforo en un 70% y la rapidez en la obtención de datos de tráfico se incrementó en un 60%. (Ramos, 2012).

Escenario 4: Análisis realizados por el Departamento de Transporte de Arizona (USDOT, 2008), proporcionan un estimado del costo de un sistema de reconocimiento automático de placa de vehículo (ALPR), el cual utiliza cámaras y software de reconocimiento alfanumérico para leer placas de matrícula a medida que los vehículos circulan en los corredores.

El cálculo de la inversión supone que el costo aproximado por cámara de \$12,000.000, (procesa hasta 2 carriles cada una), un costo que se obtuvo de fabricantes privados de ALPR (NeuralLabs, 2017). Debido a que el costo de la cámara no incluye el costo de instalación, se agrega un 20 por ciento a los costos de la cámara (USDOT, s.f.); la estimación supone una cámara para una calzada de dos carriles, la siguiente ecuación define el costo estimado del sistema ALPR: $(\$ 12.000.000 * C) * 1.2 = \text{Costo total de un sistema ALPR}$.

De esta manera, por ejemplo para un corredor de dos calzadas (dos carriles por sentido, Figura 80 y Figura 81) con 2 cámaras, el costo total para un sistema ALPR es de $(\$ 12.000.000 * 2) * 1.2 = \$29.000.000$, la interfaz de comunicaciones para procesamiento y almacenamiento de

información se estima aproximadamente en \$10.000.000/mes, licencias de software y desarrollo de aplicación para el procesamiento de datos alrededor de \$43.000.000, para un valor total aproximado de \$ 80.000.000.

Si se realiza la comparación considerando que ya se incurrió en la inversión inicial de la tecnología y está disponible la infraestructura o soportes existentes, solamente se contemplaría los costos asociados al transporte, instalación y parametrización de los elementos en vía, estimado en un valor aproximado de \$1.200.000 (SDM, 2018).

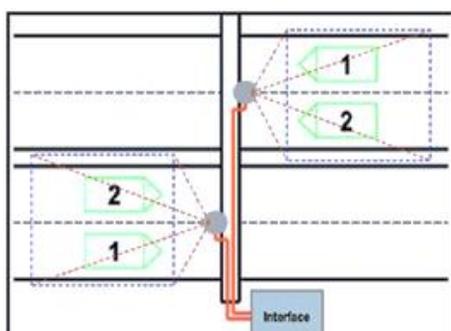


Figura 80 Sistema de reconocimiento de placa ALPR.
Fuente: Sistema ALPR. SIEMENS, 2017.

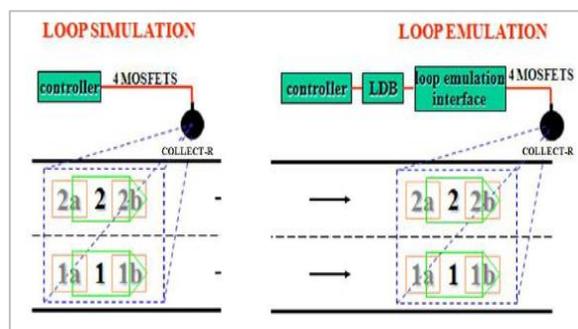


Figura 81 Estructura sistema cámaras ALPR.
Fuente: Sistema ALPR. SIEMENS, 2017.

Ahora, teniendo en cuenta que en los estudios tradicionales se utilizan dos (2) aforadores por carril en estaciones de control, obteniendo información por medio de grabadoras y formatos de campo, para el ejercicio se asumen 8 aforadores (4 por sentido). Por lo tanto, para un periodo de 12 horas de aforo se tiene un costo aproximado de \$3.200.000 por toma de información, presentando en costos un beneficio de ahorro del 60%. (ver Tabla 19).

Por otra parte, los costos asociados al procesamiento de vídeo en la plataforma Miovision, establece un costo de \$145.000 por carril mediante el parámetro de detección de placas, sin embargo, el beneficio de ahorro asociado al costo es negativo, considerando que la propuesta económica de Miovision para esta metodología de placas establece costos altos por carril/hora, pero con diversas posibilidades de conteo que no presentan las otras alternativas.

Tabla 19 Comparativo por inversión con sistema de cámaras ALPR

Método	Horas de aforo	Costo aprox	% ahorro	Beneficio en Ahorro (\$)
Tradicional	12	\$ 3.200.000		
Cámaras ALPR	12	\$ 1.200.000	60%	\$1.800.000
Miovision Scout	12	\$ 6.900.000	-	-

Fuente: El autor basado en propuesta comercial fabricantes privados de ALPR, 2017 y Miovision, 2018.

Adicionalmente, la información recolectada y almacenada en los servidores y en base de datos de la aplicación desarrollada podrá cruzarse con la base de datos del Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) lo que permitirá tener una medida más detallada y precisa de las categorías vehiculares relacionadas con cada una de las placas registradas.

Para estos escenarios, los costos asociados a la instalación, calibrado y mantenimiento son costosos, por lo tanto, cada uno de los sistemas están fuertemente condicionados por la infraestructura existente, ya que el aprovechamiento de soportes existentes en campo, ahorran dicho cuantioso costo.

Teniendo en cuenta los escenarios planteados, se presenta a modo de resumen en la Tabla 20 los resultados del análisis para cada una de las situaciones mencionadas, mostrando un aproximado de costos y beneficios a nivel de ahorro, por la incorporación de recursos ITS para el proceso de toma de información en tiempo real en comparación con las metodologías tradicionales.

Tabla 20 Análisis propuesta comercial fabricantes de sistemas de analítica de video

Escenario	Horas de aforo	Costo Tradicional (\$)	Tipologías método tradicional	Tecnología	# Cámaras	Tipologías Tecnología	Inversión inicial (\$)	Instalación estructura y Hardware, parametrización (\$)	Aprox. Beneficio en Ahorro (%)	Instalación en Soportes existentes, parametrización (\$)	Aprox. Beneficio en Ahorro (%)	# Tomas de información para punto de equilibrio	Beneficio en ahorro 1 año (aprox. %)
Sistema de conteo vehicular													
Escenario 1	24	\$5,900,000	Todas	Bucke virtual	6	4	\$120,000,000	\$2,000,000	65%	\$1,200,000	80%	30	74%
Escenario 2	24	\$5,900,000	Todas	Miovision	4	4	\$ 58.000.000	-	-	\$2,100,000	63%	16	76%
						13		-	-	\$3,000,000	50%	20	58%
Escenario 3	24	\$5,900,000	Todas	Miovision	4	4	\$70,000,000	\$3,600,000	38%	-	-	31	42%
				Deodata	4	13	\$70,000,000	\$4,500,000	24%	-	-	50	24%
						4		\$4,700,000	20%	-	-	15	93%
Sistema de reconocimiento y conteo de placas (ejemplo dos calzadas)													
Escenario 4	12	\$3,200,000	Último dígito	ALPR	2	Toda la placa	\$80,000,000	\$1,200,000	60%	-	-	-	-
				Miovision				\$6,900,000	-	-	-	-	-

Fuente: El autor basado en propuesta comercial fabricantes de sistemas de analítica de video.

Los beneficios de los sistemas de recolección de datos no son cuantificables fácilmente, dado que se requiere del despliegue completo de tecnologías que generen detalladamente las variables necesarias para los análisis de tránsito y transporte; no obstante, analizando el cuadro con los costos estimados y el beneficio en ahorro que se obtendrían para cada uno de los casos, se observa que la implementación de recursos tecnológicos generan beneficios notables en ahorro independiente del sistema utilizado.

De igual manera, es importante considerar que la inversión inicial para cualquiera de los sistemas presentados es alta, ya que los costos varían según el tamaño del sistema y las funciones

proporcionadas. El comparativo presenta diversos costos asociados al sistema de conteo, por clasificación y cantidad de tipologías requeridas, este tema es importante dado que, al adoptar estas iniciativas tecnológicas de aforo para conteo en tiempo real, es necesario contemplar la clasificación vehicular.

Basado en lo anterior, se observa que los mayores beneficios se encuentran en la implementación de tecnologías de visión artificial y procesamiento de vídeo con software de seguimiento (Miovision y Deodata), ya que la recolección de datos se realiza en el sitio y no requiere de una red de transmisión de datos, presentando una mayor cobertura para la recolección y tabulación de datos.

A medida que evolucionan los sistemas para toma de información, administración de información y archivo de datos en tiempo real en la ciudad de Bogotá, estos sistemas pasarán de recopilar y analizar datos de una única fuente a implementaciones más complejas, como es el caso de los escenarios planteados los cuales al ser integrados con otras tecnologías de captación de información en tiempo real, proporcionan información que no estaba disponible anteriormente, permitiendo el análisis de problemas y soluciones que no son posibles con los datos recolectados por sistemas tradicionales.

Por lo tanto, en la medida que se desarrollen técnicas más avanzadas de análisis de datos y se mejore la eficiencia de los sistemas de recolección de datos en la ciudad de Bogotá, se dispondrá de estrategias que garanticen altos beneficios en costos a nivel ahorro y encaminados a la eficiencia de los sistemas de gestión de la información en la ciudad.

Por otra parte, costos asociados a otras metodologías de toma de información en tiempo real para la ciudad de Bogotá, con la firma del convenio interadministrativo N° 1029, en la Fase I del proyecto de adopción de servicios ITS, se implementaron en el año 2015 y 2016 sensores para reconocimiento de señal wifi y bluetooth por un costo aproximado de \$3.200.000.000, contemplando el despliegue e integración de la solución con la plataforma Bitcarrier estimada en \$3.600.000.000, y un aproximado de \$19.000.000 mensual para el mantenimiento preventivo y correctivo de la solución por 3 años. (SDM, 2010).

Para realizar un comparativo del beneficio por implementación de este servicio, es necesario considerar la aplicabilidad del sistema. Por lo tanto, tomando como referente el contrato de consultoría No. 2014-1485 adjudicado por la SDM en el año 2014, por un valor aproximado de \$3.340.000.000, con el fin de llevar a cabo la ejecución de la encuesta de movilidad origen-

destino de hogares (EODH) y la encuesta origen-destino de interceptación (EODI), para la caracterización de la movilidad urbana en la ciudad de Bogotá (Contraloría de Bogotá, 2016), donde se realizó alrededor de 28.000 encuestas (Alcaldía de Bogotá, 2015).

Aun cuando la inversión inicial para a implementación e integración de los sensores fue de aproximadamente \$ 7.400.000.000 (el valor considera hardware, integración con la plataforma y mantenimiento por 3 años) y los costos por recolección de información en campo de la encuesta origen-destino el cual se estableció en un costo aproximado de \$3.340.000.000, realizar un comparativo actualmente relacionado con los beneficios en términos de ahorro en costos no sería cuantificables fácilmente.

Lo anterior, considerando que a pesar que la SDM está obteniendo información esencial para planificadores de tráfico, de transporte público e infraestructura, para autoridades y analistas de transporte, los sensores desplegados en la ciudad no brindan la misma información demográfica y contextual detallada sobre individuos o viajes obtenida por la encuesta de movilidad 2015, la cual se realizada cada 5 años. Estas variables establecen un factor importante para implementar políticas relacionadas con transporte y desarrollo urbano, dado que su información es muy valiosa para el mejoramiento de los sistemas de transporte y la infraestructura vial de la ciudad.

Cuando se logre una integración completa de tecnologías ITS en la ciudad y los sesgos sean cuidadosamente tratados para producir mediciones válidas, se podrá establecer el beneficio de costos en términos de ahorro, de lo contrario solamente será posible analizar las ventajas y desventajas por cada servicio.

Por último, teniendo en cuenta que el sistema de sensores viene captando información desde el año 2015, para el cálculo de velocidades medias y elaboración de matrices origen-destino mediante codificación anónima de señal wifi y bluetooth, el beneficio actualmente se presenta principalmente en el servicio que ofrece la solución para la ciudad.

Estos pueden observarse de manera más detallada en el Anexo C, donde se presenta a manera de resumen los beneficios que pueden generar los sensores o fuentes de obtención de datos, mejorando la eficiencia del transporte y reduciendo los impactos adversos del transporte urbano de manera continua, gracias a la información en tiempo real que se está analizando en el centro de gestión de la ciudad de Bogotá.

3. Análisis del aporte de los sistemas de navegación en tiempo real

La incorporación de nuevas tecnologías y los datos masivos que se generan de ellas, presentan nuevas oportunidades para medir la demanda de la infraestructura, diagnosticar problemas y planificar los viajes. Sin embargo, antes de que se puedan realizar estos beneficios, una serie de métodos para integrar estas nuevas fuentes de datos en la planificación urbana y de transporte existente, deben ser contemplados para revelar patrones de actividad, que surgen por la utilización de tecnologías de georreferenciación en tiempo real e información provista por celulares inteligentes, donde la tasa de muestreo y la densidad de datos aumenta rápidamente al aumentar la tasa de penetración y el uso, presentando desafíos estadísticos importantes. (Toole, et al., 2015).

Estos métodos están asociadas a herramientas tecnológicas que permiten analizar el flujo de desplazamiento de sus usuarios en la red e integrar datos basados en estimaciones de la demanda de viajes y el rendimiento de la infraestructura existente. Teniendo en cuenta que actualmente los servicios ITS establecen la utilización de Iot, para Bouskela, et al., (2016) estos elementos buscan nuevas formas de optimizar la productividad en los procesos y servicios de transporte, integrando diferentes áreas y utilizando redes de comunicación, dispositivos inteligentes móviles y sensores.

Por ello, se realizó una encuesta de preferencias revelada a una muestra de usuarios de sistemas de navegación en la ciudad de Bogotá (ver Anexo D), considerando temas relacionados al servicio de supervisión y reencaminamiento basado en tráfico, a fin de identificar tendencias de decisión, de acuerdo al aporte que genera la utilización de las plataformas de navegación.

El resultado de la encuesta permite obtener información valiosa sobre la percepción que tienen los usuarios con la garantía asociada a la calidad de la precisión posicional de la información geográfica y datos espaciales suministrada por las aplicaciones, importante para diseñar estrategias que puedan reducir las externalidades del transporte en la ciudad.

Para realizar la encuesta y poder determinar el tamaño de la muestra se realizó un diseño muestral a partir de las consideraciones presentadas por Morillas (2017, p.11), para el desarrollo de muestreo en poblaciones finitas, teniendo como base una población de 7000 (*) personas, un error máximo del 5%, y un nivel de confianza del 95% (para el caso del 95% el valor es $z=1,96$), dado que no se conoce el valor de la varianza de la población (pq), se opta por tomar el tamaño muestral máximo, considerando $pq = 0,25$ (corresponde a la mayor diversidad de respuestas

cuando $p = q = 0,5$, donde la mitad de los sujetos responde sí y la otra mitad responde no, equivalente a $(0,5)(0,5) = 0,25$, y poder desarrollar de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Nz^2 \frac{\alpha pq}{1-\frac{\alpha}{2}}}{(N-1)\varepsilon^2 + z^2 \frac{\alpha pq}{1-\frac{\alpha}{2}}}$$

$$n = \frac{7000 * 1.96^2 * 0.25}{(7000-1) * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.25} = 364$$

* Nota: Se tomó como población los estudiantes, docentes y administrativos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Se considera que esta población es más perceptiva a los cambios y procesos tecnológicos que se presentan actualmente dadas sus actividades cotidianas, de igual manera, para el desarrollo de la encuesta se apoyó de herramientas digitales como Google Forms para su difusión de manera rápida y efectiva, mediante los correos institucionales y personales.

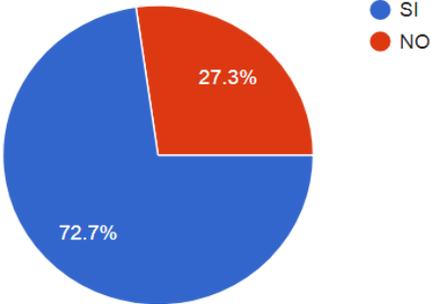
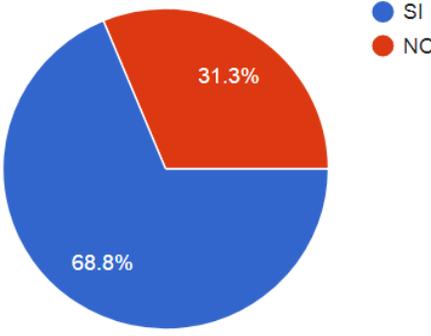
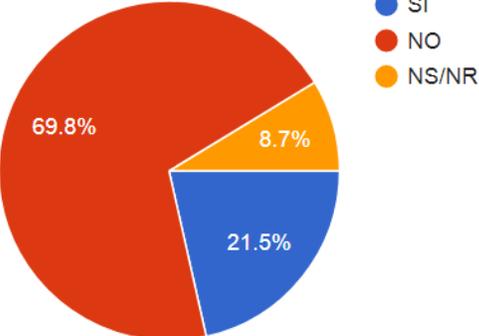
Se obtuvo una muestra para el estudio equivalente al 5% de la población, representando el porcentaje de respuestas esperadas. Como resultado de la encuesta se consiguió un margen de aceptación del 90% de las respuestas esperadas (equivalente a 321 respuestas). Por lo tanto, considerando que una muestra debe ser adecuada en cantidad y en calidad, este porcentaje no fue limitante para cumplir con el objetivo del estudio, ya que aun cuando no se obtuvo el porcentaje esperado, se realizó el análisis con la muestra obtenida considerando que el porcentaje de respuestas obtenidas es representativo y por ello aceptable para el análisis.

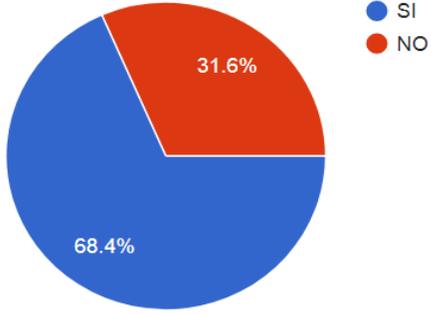
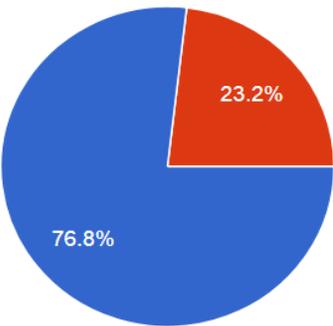
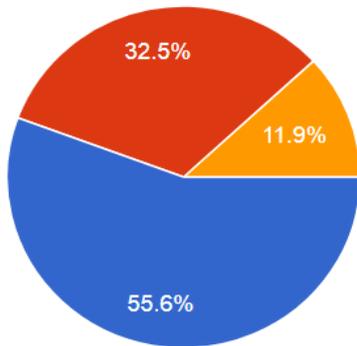
Para el diseño de la encuesta, se tuvo en cuenta los temas planteados en el presente documento, a fin de establecer el grado de conocimiento del tema desarrollado y la percepción de los usuarios por la utilización de sistemas de navegación en tiempo real, enmarcados en los servicios ITS para la recolección de información, a partir de esto se realizó la tabulación de los resultados obtenidos.

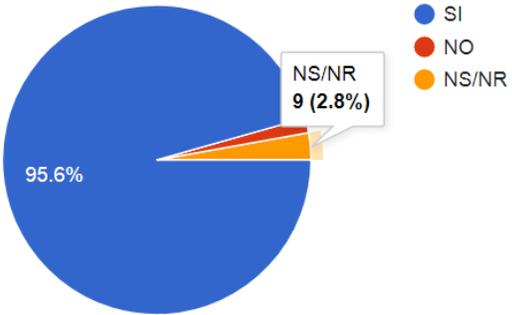
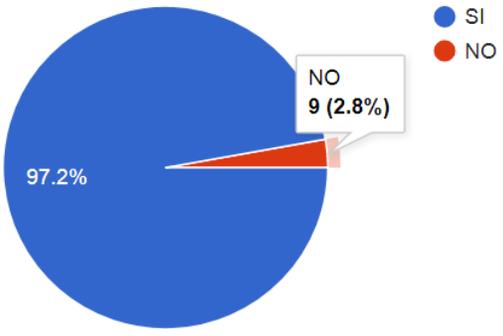
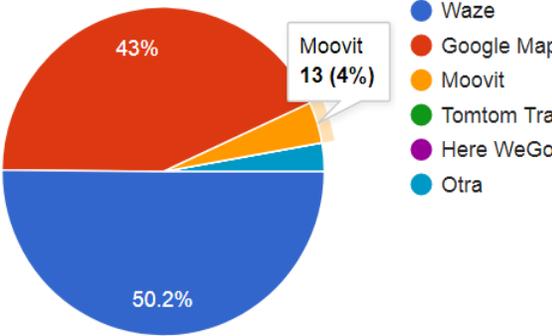
De esta manera, al indagar sobre los beneficios que representa la utilización de sistemas de navegación en tiempo real, se identifican distintos temas que permiten comprender con mayor detalle los hallazgos de las mediciones enfocadas a la eficiencia de las aplicaciones y la respuesta que estas generan a los usuarios para cumplir sus compromisos cotidianos.

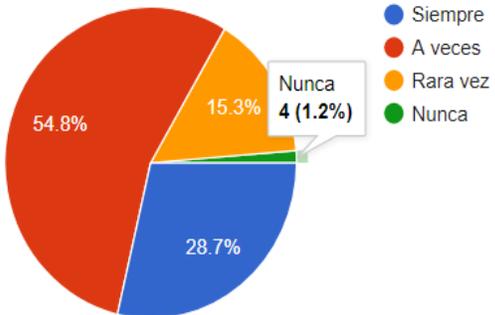
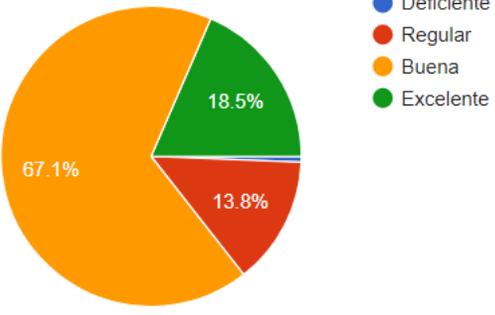
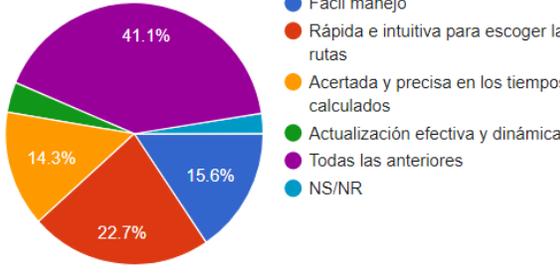
Por lo tanto, se contemplan mediciones que permiten realizar ajustes y analizar nuevas tendencias sobre el manejo de los sistemas GPS. Es así que en la Tabla 21 se presentan los principales resultados en fase cualitativa del estudio, cuyo objetivo fue levantar inputs que permitan identificar posibles ajustes a los sistemas de navegación de acuerdo a las tendencias encontradas.

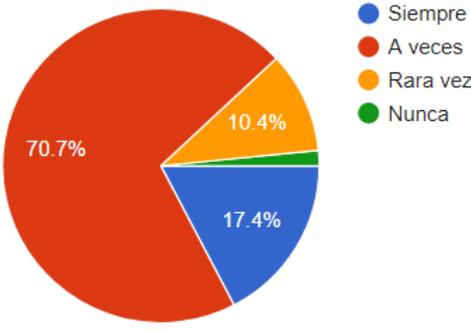
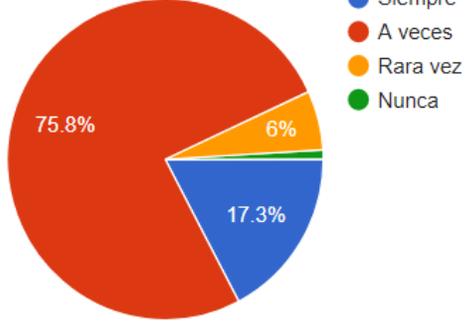
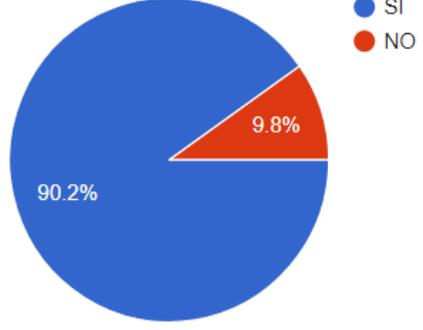
Tabla 21 Respuestas obtenidas de la encuesta de percepción

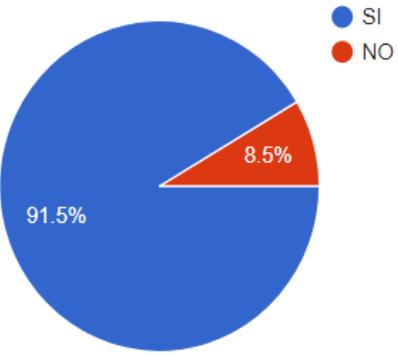
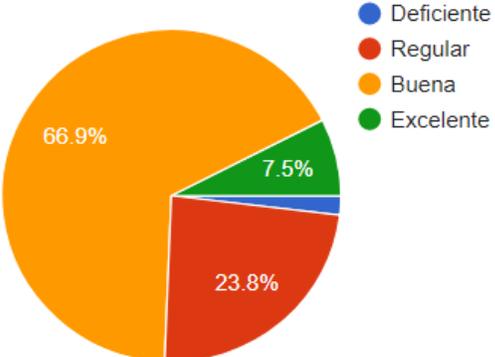
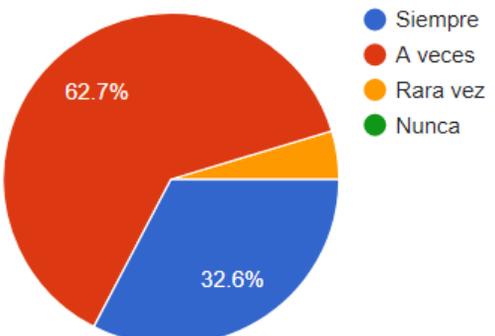
Datos tabulados por pregunta	Descripción
<p>1. ¿Ha escuchado sobre las Ciudades Inteligentes o Smart Cities?</p>  <p>A pie chart with two segments: a large blue segment representing 'SI' at 72.7% and a smaller red segment representing 'NO' at 27.3%. A legend to the right shows a blue circle for 'SI' and a red circle for 'NO'.</p>	<p>De acuerdo al resultado, se puede apreciar en la distribución que un alto porcentaje de personas han escuchado o conocen sobre temas relacionados con las Smart Cities, este valor es importante para el estudio, ya que muestra el grado de conocimiento sobre la adopción de iniciativas tecnológicas en ciudades el mundo.</p>
<p>2. ¿Ha escuchado sobre los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)?</p>  <p>A pie chart with two segments: a large blue segment representing 'SI' at 68.8% and a smaller red segment representing 'NO' at 31.3%. A legend to the right shows a blue circle for 'SI' and a red circle for 'NO'.</p>	<p>Este punto es interesante dentro del desarrollo del trabajo, dado que la distribución presenta un porcentaje considerable de personas que afirman conocer el concepto de ITS. En general manifiestan entender por lo menos el conjunto de aplicaciones y sistemas tecnológicos utilizados para mejorar la seguridad y eficiencia en el transporte.</p>
<p>3. Tiene algún conocimiento sobre el avance en el proceso de implementación de los ITS en la ciudad de Bogotá, hacia el desarrollo de una Ciudad Inteligente (Smart City)?</p>  <p>A pie chart with three segments: a large red segment representing 'NO' at 69.8%, a blue segment representing 'SI' at 21.5%, and a small yellow segment representing 'NS/NR' at 8.7%. A legend to the right shows a blue circle for 'SI', a red circle for 'NO', and a yellow circle for 'NS/NR'.</p>	<p>Aun cuando en Bogotá se vienen adoptando estrategias e iniciativas ITS para lograr de manera eficiente la operación del tránsito y transporte, un 70% de las personas encuestadas, afirman no conocer el avance de los ITS en la ciudad. Este resultado muestra algunas debilidades en cuando a la adopción del concepto de ITS. Por lo tanto por es importante entender que este tema comprende diferentes áreas, tal como se menciona en el documento.</p>

Datos tabulados por pregunta	Descripción
<p data-bbox="203 247 1356 279">4. Ha escuchado sobre el manejo de grandes volúmenes de datos como Big Data y Data Science?</p>  <p data-bbox="625 325 698 388">● SI ● NO</p>	<p data-bbox="787 325 1412 619">Como se puede apreciar, algo más del 68% de las personas alguna vez ha escuchado hablar de Big Data y Data Science, esta cifra es importante teniendo en cuenta que, aun cuando estos temas son extensos, el solo conocimiento de estas estrategias para el manejo de grandes bases de datos, actualmente es esencial para la búsqueda de soluciones y procesos de manera más eficiente.</p>
<p data-bbox="203 688 1380 783">5. Si tiene claro el concepto del uso de Big Data, ¿Cree usted que la información arrojada por estos sistemas de navegación en tiempo real, pueden ser un insumo importante para la Gestión de la Movilidad en la Ciudad?</p>  <p data-bbox="625 829 698 892">● SI ● NO</p>	<p data-bbox="787 829 1412 1165">De acuerdo con los resultados, un elevado porcentaje de personas encuestadas (77%) consideran que pueden generarse estrategias, que garanticen la eficiencia de los sistemas de transporte en la ciudad de Bogotá, mediante la utilización de información en tiempo real y uso de Big Data para los procesos de manejo de información. Evidenciando la necesidad de mejorar las estrategias actuales para la gestión de la movilidad en tiempo real.</p>
<p data-bbox="203 1213 1412 1276">6. Tiene algún conocimiento sobre los aportes y beneficios que pueden representar la implementación Sistemas Inteligentes de Transporte para la ciudad de Bogotá?</p>  <p data-bbox="625 1365 738 1470">● SI ● NO ● NS/NR</p>	<p data-bbox="787 1312 1404 1774">En relación a la implementación de ITS en la ciudad de Bogotá y tal como se mencionó en la respuesta 3, al no tener conocimiento del avance en la adopción de estrategias ITS en la ciudad, esta distribución representa una baja claridad conceptual sobre los ITS, por tanto, aun cuando un 56% de las personas manifestaron conocer los aportes que estos pueden generar, la mitad de las personas encuestadas manifiestan desconocer el tema. Lo cual indica en términos generales que los usuarios no tienen claro los beneficios que estos recursos tecnológicos le pueden generar a la ciudad.</p>

Datos tabulados por pregunta	Descripción										
<p data-bbox="203 262 755 357">7. Considera que la creación de nuevos sistemas de navegación o aplicaciones con servicios GPS para planificación de viajes, son un buen recurso tecnológico para ser analizado dentro de los Sistemas Inteligentes de Transporte?</p>  <table border="1" data-bbox="235 409 747 724"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SI</td> <td>95.6%</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td>1.6%</td> </tr> <tr> <td>NS/NR</td> <td>2.8%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	SI	95.6%	NO	1.6%	NS/NR	2.8%	<p data-bbox="787 378 1404 714">Estos resultados indican en general, que aun cuando los conceptos sobre la implementación y adopción de iniciativas ITS para la ciudad Bogotá no son claros, un alto porcentaje de personas consideran que los sistemas de navegación, pueden contribuir en los análisis de sistemas de tránsito y transporte, considerando que la información asociada a estas tecnologías pueden ser un insumo importante para el análisis mediante herramientas Big Data.</p>		
Respuesta	Porcentaje										
SI	95.6%										
NO	1.6%										
NS/NR	2.8%										
<p data-bbox="203 756 755 829">8. Ha utilizado sistemas de navegación para planificar de sus viajes y cumplir con los horarios de llegada a sus compromisos cotidianos?</p>  <table border="1" data-bbox="227 850 730 1186"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SI</td> <td>97.2%</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td>2.8%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	SI	97.2%	NO	2.8%	<p data-bbox="787 829 1404 1165">Se evidencia que un gran porcentaje de personas encuestadas utilizan sistemas de navegación para planificar sus viajes cotidianos, este porcentaje presenta un valor agregado al trabajo, teniendo en cuenta que la importancia en la utilización de este tipo de recursos tecnológicos y la información que esta genera cada minuto, es importante para la toma de decisiones en tiempo real y análisis de los patrones de actividad de las personas.</p>				
Respuesta	Porcentaje										
SI	97.2%										
NO	2.8%										
<p data-bbox="203 1228 755 1260">9.Cuál de los siguientes sistemas de navegación utiliza o ha utilizado para planificar sus viajes?</p>  <table border="1" data-bbox="211 1417 763 1753"> <thead> <tr> <th>Sistema</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Waze</td> <td>50.2%</td> </tr> <tr> <td>Google Maps</td> <td>43%</td> </tr> <tr> <td>Moovit</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>Otra</td> <td>2.8%</td> </tr> </tbody> </table>	Sistema	Porcentaje	Waze	50.2%	Google Maps	43%	Moovit	4%	Otra	2.8%	<p data-bbox="787 1281 1404 1848">Esta distribución responde al grado de aceptabilidad de las personas encuestadas hacia el manejo o utilización de las aplicaciones más importantes del mercado actual. Por lo tanto, se puede observar que la respuesta más frecuente fue “Waze”, correspondiente al 50% del total de las respuestas, no obstante, aun cuando un alto porcentaje de las personas se inclinan por utilizar esta aplicación, el porcentaje de aceptación respecto a Google Maps no es nada alejado, seguramente por las similitudes entre ambas aplicaciones, ya que el servicio tanto de Maps como Waze ofrecen navegación paso a paso con reportes de tráfico vehicular, e incluso son capaces de calcular tiempos estimados de llegada, entre otras.</p>
Sistema	Porcentaje										
Waze	50.2%										
Google Maps	43%										
Moovit	4%										
Otra	2.8%										

Datos tabulados por pregunta	Descripción														
<p>10. Con qué frecuencia en la semana hace uso del sistema de navegación para planificar sus viajes?</p>  <table border="1"> <caption>Data for Question 10</caption> <thead> <tr> <th>Frecuencia</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siempre</td> <td>28.7%</td> </tr> <tr> <td>A veces</td> <td>54.8%</td> </tr> <tr> <td>Rara vez</td> <td>15.3%</td> </tr> <tr> <td>Nunca</td> <td>4 (1.2%)</td> </tr> </tbody> </table>	Frecuencia	Porcentaje	Siempre	28.7%	A veces	54.8%	Rara vez	15.3%	Nunca	4 (1.2%)	<p>Estos indicadores representan un valor agregado importante, ya que algo más del 80% de las personas hacen uso constante de estas aplicaciones, por tanto, generan datos que se traducen en información valiosa día a día, independiente a la aplicación utilizada, ya que conocer la frecuencia de uso de esta tecnología, ayuda a comprender el comportamiento habitual del tráfico en una ciudad.</p>				
Frecuencia	Porcentaje														
Siempre	28.7%														
A veces	54.8%														
Rara vez	15.3%														
Nunca	4 (1.2%)														
<p>11. Cómo califica la practicidad de este tipo de aplicativos por cuanto le ayudan a cumplir con los horarios de llegada a sus compromisos?</p>  <table border="1"> <caption>Data for Question 11</caption> <thead> <tr> <th>Calificación</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Deficiente</td> <td>67.1%</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>13.8%</td> </tr> <tr> <td>Buena</td> <td>18.5%</td> </tr> <tr> <td>Excelente</td> <td>2.6%</td> </tr> </tbody> </table>	Calificación	Porcentaje	Deficiente	67.1%	Regular	13.8%	Buena	18.5%	Excelente	2.6%	<p>Respecto a lo práctico de la aplicación, se observa que un alto porcentaje de personas encuestadas (68%), señalan que el sistema utilizado para planificar los viajes es bueno dado que las estimaciones de llegada cumplen con sus expectativas, de igual manera un 20% de las personas afirman que el servicio es excelente seguramente asociado a que los reportes ofrecidos por la aplicación son más precisos. Indicando en términos generales un nivel alto de satisfacción y aceptación por parte de los usuarios.</p>				
Calificación	Porcentaje														
Deficiente	67.1%														
Regular	13.8%														
Buena	18.5%														
Excelente	2.6%														
<p>12.Cuál es el principal beneficio que le encuentra al uso de esta herramienta?</p>  <table border="1"> <caption>Data for Question 12</caption> <thead> <tr> <th>Beneficio</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fácil manejo</td> <td>15.6%</td> </tr> <tr> <td>Rápida e intuitiva para escoger las rutas</td> <td>22.7%</td> </tr> <tr> <td>Acertada y precisa en los tiempos calculados</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>Actualización efectiva y dinámica.</td> <td>41.1%</td> </tr> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>1.3%</td> </tr> <tr> <td>NS/NR</td> <td>4.6%</td> </tr> </tbody> </table>	Beneficio	Porcentaje	Fácil manejo	15.6%	Rápida e intuitiva para escoger las rutas	22.7%	Acertada y precisa en los tiempos calculados	14.3%	Actualización efectiva y dinámica.	41.1%	Todas las anteriores	1.3%	NS/NR	4.6%	<p>Sin duda el manejo de este tipo de tecnologías que se adaptan en tiempo real a las condiciones actuales del tráfico, son una muestra de herramientas de planificación eficientes de viajes, estas muestran un alto porcentaje de aceptación por parte de los usuarios en cuanto a su aplicabilidad, dada la amplia variedad de funciones útiles que presentan, basados en actualizaciones intuitivas, con datos recientes y precisos, permitiendo comprender cómo se comporta el tráfico en una ciudad en tiempo real.</p>
Beneficio	Porcentaje														
Fácil manejo	15.6%														
Rápida e intuitiva para escoger las rutas	22.7%														
Acertada y precisa en los tiempos calculados	14.3%														
Actualización efectiva y dinámica.	41.1%														
Todas las anteriores	1.3%														
NS/NR	4.6%														

Datos tabulados por pregunta	Descripción										
<p data-bbox="203 247 763 310">13. Considera que las rutas proporcionadas se anticipan de forma rápida y adecuada al comportamiento dinámico y cambiante del tráfico?</p>  <table border="1" data-bbox="600 394 722 525"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siempre</td> <td>17.4%</td> </tr> <tr> <td>A veces</td> <td>70.7%</td> </tr> <tr> <td>Rara vez</td> <td>10.4%</td> </tr> <tr> <td>Nunca</td> <td>1.5%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Siempre	17.4%	A veces	70.7%	Rara vez	10.4%	Nunca	1.5%	<p data-bbox="787 310 1404 808">Aunque las respuestas hasta aquí han marcado un precedente en cuanto a la aplicabilidad de los sistemas de navegación, estas son más o menos intuitivas de acuerdo a la percepción del usuario, ya que no siempre responden a lo deseado. Es así que algo más del 70% de las personas encuestadas, consideran que a veces el sistema responde de manera rápida a la dinámica del tráfico. Indicando en términos generales que las aplicaciones no presentan un nivel de aceptación completo ya que no cumplen en su totalidad con las necesidades esperadas por los usuarios, posiblemente por factores externos o codificación de la aplicación, más o menos intuitiva.</p>
Respuesta	Porcentaje										
Siempre	17.4%										
A veces	70.7%										
Rara vez	10.4%										
Nunca	1.5%										
<p data-bbox="203 819 763 882">14. Considerando que usted es viajero frecuente y conoce los posibles trayectos de menor congestión vehicular ¿La ruta recomendada por esta plataforma coincide o responde a su percepción?</p>  <table border="1" data-bbox="600 997 722 1127"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siempre</td> <td>17.3%</td> </tr> <tr> <td>A veces</td> <td>75.8%</td> </tr> <tr> <td>Rara vez</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>Nunca</td> <td>0.9%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Siempre	17.3%	A veces	75.8%	Rara vez	6%	Nunca	0.9%	<p data-bbox="787 919 1404 1417">Solo el 17% de las personas encuestadas, consideran que la plataforma o aplicación utilizada coincide con las rutas planeadas o percibidas por el usuario, asociado al conocimiento previo del sector. No obstante, un alto porcentaje de personas (76%) afirman no estar de acuerdo, por cuanto las aplicaciones a veces no son lo suficientemente intuitivas, arrojando rutas no contempladas y eficientes. Este punto es crucial teniendo en cuenta que según la aplicación, se presentan funciones diferentes para adaptarse en tiempo real, ya sea de manera colaborativa por los usuarios o basados en históricos.</p>
Respuesta	Porcentaje										
Siempre	17.3%										
A veces	75.8%										
Rara vez	6%										
Nunca	0.9%										
<p data-bbox="203 1428 763 1491">15. Ha cambiado el trayecto de alguna ruta habitual o cotidiana a partir de la recomendación de la aplicación?</p>  <table border="1" data-bbox="609 1522 690 1585"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SI</td> <td>90.2%</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td>9.8%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	SI	90.2%	NO	9.8%	<p data-bbox="787 1491 1404 1837">Un 90% de las personas encuestadas manifiestan que han cambiado su ruta habitual, gracias a la recomendación arrojada por las aplicaciones. Estas consideraciones son importantes y es clara evidencia que se presenta un cambio sustancial en las decisiones diarias, obteniendo opciones de ruta adicionales más eficientes y rápidas. No obstante, esta respuesta se encuentra en función del sistema de aprendizaje de la aplicación.</p>				
Respuesta	Porcentaje										
SI	90.2%										
NO	9.8%										

Datos tabulados por pregunta	Descripción										
<p data-bbox="203 247 1412 310">16. Considera que existe una disminución del tiempo de viaje, debido a la ruta recomendada o escogida por estas plataformas?</p>  <table border="1" data-bbox="284 346 682 703"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SI</td> <td>91.5%</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td>8.5%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	SI	91.5%	NO	8.5%	<p data-bbox="787 346 1412 535">Más del 90% de las personas encuestadas, coinciden en que el uso de estas aplicaciones para planificar sus viajes, garantizan una disminución del tiempo de viaje para cumplir con los horarios de llegada a sus compromisos.</p> <p data-bbox="787 541 1412 693">Sin embargo, un porcentaje bajo afirma no estar de acuerdo con los tiempos de viaje que arrojan las plataformas, posiblemente asociado a situaciones externas que no contemplan algunas aplicaciones.</p>				
Respuesta	Porcentaje										
SI	91.5%										
NO	8.5%										
<p data-bbox="203 741 1412 804">17. Considera que la precisión de los tiempos calculados por la aplicación respecto de los que finalmente se logra, son:</p>  <table border="1" data-bbox="235 892 730 1249"> <thead> <tr> <th>Calificación</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Deficiente</td> <td>~1.8%</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>23.8%</td> </tr> <tr> <td>Buena</td> <td>66.9%</td> </tr> <tr> <td>Excelente</td> <td>7.5%</td> </tr> </tbody> </table>	Calificación	Porcentaje	Deficiente	~1.8%	Regular	23.8%	Buena	66.9%	Excelente	7.5%	<p data-bbox="787 808 1412 1291">Se puede observar en los resultados, que los desarrollos de sistemas de navegación presentan alto grado de precisión según la percepción del usuario, ya que más del 75% de las personas está de acuerdo con los tiempos calculados y ofrecidos por las aplicaciones, acomodándose de manera eficiente a los cambios dinámicos del tránsito. Por otra parte, algo más del 20% de las personas consideran que las aplicaciones no generan las actualizaciones de la mejor manera e intuitiva para lograr los tiempos deseados por el usuario. En términos generales se demuestra que estos servicios son de gran utilidad y satisfacen las necesidades de los usuarios.</p>
Calificación	Porcentaje										
Deficiente	~1.8%										
Regular	23.8%										
Buena	66.9%										
Excelente	7.5%										
<p data-bbox="203 1365 1412 1428">18. Con qué frecuencia considera que la recomendación que brinda la aplicación le ha sido de utilidad en su tiempo de viaje:</p>  <table border="1" data-bbox="235 1480 730 1816"> <thead> <tr> <th>Frecuencia</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siempre</td> <td>32.6%</td> </tr> <tr> <td>A veces</td> <td>62.7%</td> </tr> <tr> <td>Rara vez</td> <td>~3.0%</td> </tr> <tr> <td>Nunca</td> <td>~1.7%</td> </tr> </tbody> </table>	Frecuencia	Porcentaje	Siempre	32.6%	A veces	62.7%	Rara vez	~3.0%	Nunca	~1.7%	<p data-bbox="787 1491 1412 1827">Esta distribución deja clara evidencia que la recomendación de ruta arrojada por la plataforma es útil usualmente, reflejando la efectividad de las aplicaciones. Es así que más del 90% de los encuestados consideran que se genera un beneficio por su utilización, garantizando mejoras en tiempo de viaje. No obstante, de ese porcentaje un alto número de personas consideran que no siempre brindan las respuestas esperadas.</p>
Frecuencia	Porcentaje										
Siempre	32.6%										
A veces	62.7%										
Rara vez	~3.0%										
Nunca	~1.7%										

Datos tabulados por pregunta	Descripción												
<p data-bbox="201 247 1127 275">19. Cómo calificaría el servicio de navegación con el cual planifica sus viajes?</p> <table border="1" data-bbox="228 304 730 661"> <caption>Datos del gráfico de sectores</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Excelente</td> <td>18.4%</td> </tr> <tr> <td>Buena</td> <td>70.6%</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>10.9%</td> </tr> <tr> <td>Mala</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Innecesaria</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Excelente	18.4%	Buena	70.6%	Regular	10.9%	Mala	0%	Innecesaria	0%	<p data-bbox="784 296 1409 749">Sin duda la mayoría de los usuarios consideran que estos servicios de navegación generan beneficios considerables, teniendo en cuenta que sin importar la aplicación o con cual estés más o menos familiarizados, estas atienden de manera eficiente las necesidades que requieren en términos de velocidad, tiempo y espacio. Más sin embargo, a aunque existe un porcentaje mínimo calificado el servicio como regular, en general su aplicabilidad generalmente responde a situaciones externas que no contemplan las aplicaciones, posiblemente por temas de codificación, red, etc.</p>
Categoría	Porcentaje												
Excelente	18.4%												
Buena	70.6%												
Regular	10.9%												
Mala	0%												
Innecesaria	0%												

Fuente: El autor, desarrollado con Google Forms

Teniendo en cuenta las respuestas obtenidas en la encuesta de percepción, en general se observa que existe una tendencia a la utilización de las plataformas más intuitivas y reconocidas del mercado, como son Waze y Google Traffic, aun cuando estas aplicaciones hacen cosas similares, por temas de codificación y aprendizaje dan como resultado distintas posibilidades de ruta, unas más intuitivas que otras, capaces de aprender de los hábitos de conducción de los usuarios.

Pese a que las respuestas en general muestran diferentes consideraciones por parte de los usuarios, estas presentan una alta tendencia a la aceptabilidad en cuanto a los resultados obtenidos por estas aplicaciones, es decir que, indiferentemente de la aplicación, estas responden a las necesidades de los usuarios.

Estos resultados, son de gran importancia, ya que dan una idea más clara acerca del grado de utilización de estos sistemas de navegación por parte de las personas y su difusión en las ciudad, teniendo en cuenta que, al ser aplicaciones gratuitas debido al alto número de personas que hoy día manejan celulares inteligentes, estas aplicaciones forman parte del día-día de la sociedad, donde una parte importante de las actividades cotidianas depende de la eficiencia del transporte.

Por otro lado, se detectó según la percepción de los usuarios que existe un aporte significativo en cuanto a la reducción de tiempos de viaje, la precisión de los tiempos calculados, en las rutas escogidas por la aplicación, así como en la utilidad del servicio, ya que sin duda, aun cuando estos sistemas sean diferentes de acuerdo a su codificación y aprendizaje en tiempo real, los

resultados obtenidos demuestran que se mantuvo una alta proporción de personas las cuales consideran que la utilización de estos sistemas garantizan de manera eficiente el transportarse en la ciudad, evadiendo algunas de las externalidades que genera el transporte y acomodándose de forma rápida y adecuada al comportamiento dinámico y cambiante del tráfico.

Por su parte, al utilizar estas plataformas según los resultados obtenidos, la mayor parte de los usuarios han cambiado de alguna manera u otra sus trayectos habituales gracias a las rutas suministradas por estas aplicaciones, esto obedece en gran parte a condiciones relacionadas con la funcionalidad y respuesta dinámica de las aplicaciones, considerando que las opciones dinámicas que arrojan estas aplicaciones son más atractivas en aquellas que se alimentan en tiempo real, en comparación con aquellas que desarrollan su análisis basados en históricos, que sin duda, aunque esta estrategia la manejan la mayoría de las aplicaciones más intuitivas, no garantizan los viajes dinámicos de manera más eficiente en las vías de la ciudad.

De igual manera, a pesar de que la tendencia muestra mejores resultados en cuanto a la aplicabilidad de los sistemas de navegación, sigue siendo alto el porcentaje de usuarios que no siempre están de acuerdo con la respuesta y recomendación que les brinda las aplicaciones, lo que a su vez se ve reflejado en que este sea uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, ya que coincide con las demás respuestas de la encuesta, donde según la percepción de las personas estas no siempre brindan las respuestas esperadas.

Finalmente, en cuanto al grado de conocimiento del tema desarrollado en el presente trabajo, se mantiene la tendencia a que la mayor proporción de las personas afirme que conocen o han escuchado sobre los sistemas de manejo de grandes bases de datos y temas relacionados con ITS, no obstante, aunque se afirme tener algún conocimiento sobre estos temas, no se tiene claro los avances en la implementación y adopción de estrategias ITS y los beneficios que estos servicios pueden generar para la ciudad de Bogotá.

4. Propuestas y análisis de soluciones ITS para la explotación de datos en tiempo real

Considerando que las capitales del mundo han crecido en los últimos años, a un ritmo que demanda el desarrollo de soluciones innovadoras que permitan la sostenibilidad de las ciudades en temas como movilidad (Portafolio, 2016), bajo esta afirmación, es necesario establecer estrategias e iniciativas que sean sencillas, asequibles y enfocadas al aprovechamiento de la

infraestructura inteligente existente en la ciudad de Bogotá, como instrumentos impulsador de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Según el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Cintel, 2010), Colombia no cuenta con una industria reconocida en el campo de ITS y por lo tanto sus desarrollos locales se basan en tecnologías existentes. Por esta razón, es importante una adecuada planeación considerando todos los parámetros necesarios para la implementación de servicios ITS, de acuerdo con las necesidades específicas de los sistemas de transporte en la ciudad, ya que a pesar de tratarse de la misma tecnología las condiciones varían de un país a otro, debido factores como la infraestructura vial existente, la legislación del tránsito e incluso la misma cultura ciudadana.

En base a lo anterior, se presenta a continuación algunos planteamientos, iniciativas y programas de acción teniendo en cuenta la infraestructura y servicios ITS existentes en la ciudad de Bogotá, enfocadas al aprovechamiento de la información de los sistemas dinámicos de georreferenciación.

Para el desarrollo y planteamiento de estas iniciativas, se tomó como base la consulta realizada de aquellas ciudades que adoptaron iniciativas y programas para la incorporación de ITS en ciudades del mundo, en ellas se plantea una serie de necesidades para la planificación del tránsito y transporte, que pueden ser aplicadas en la ciudad de Bogotá, enfocados a la utilización de servicios ITS en cada área del transporte.

4.1 Iniciativas para la utilización de plataformas y manejo de la información en tiempo real

Con las propuestas presentadas para este trabajo, es posible encontrar investigaciones con múltiples propósitos, como análisis de demanda, comportamiento de viajes a nivel desagregado y mediciones de desempeño de los recursos tecnológicos utilizados para la explotación de la información recolectada en tiempo real en los sistemas de planificación de tránsito y transporte en la ciudad.

Para llevar a cabo estos planteamientos, se parte de la base del potencial que tienen datos para construir indicadores de calidad de servicio y herramientas de planificación de tránsito y transporte, encaminados al uso de información recolecta en procesos de pago (validaciones), sistemas embarcados en vehículos, aso como la tecnología para el monitoreo y captación de

información ubicada en la red vial de la ciudad. Es así que el aprovechamiento de recursos ITS desplegados en la ciudad de Bogotá es el punto de partida para los planteamientos, teniendo en cuenta los sensores para reconocimiento de señal wifi y bluetooth, sensores de conteo de bicicletas y estaciones que proporcionan volúmenes vehiculares, iniciativas y programas para la incorporación de tecnologías por reglamentación o desarrollo de leyes para regular la esfera de las TIC en cada área del transporte, los cuales se presentan a continuación:

✓ Identificación de señal Wifi y Bluetooth para captar información puntual de vehículos y personas:

Actualmente la ciudad dispone del sistema Bitcarrier, que utiliza datos anónimos de las señales capturadas (wifi y bluetooth) para proporcionar información relacionada al flujo de tráfico en varios entornos, no obstante, este sistema de sensores presenta limitaciones geográficas, pues no cuenta con localización de sensores en toda la ciudad (65 en estaciones Transmilenio y 285 en postes semafóricos), lo que restringe la cobertura.

Considerando que la información recolectada es importante para los planificadores de transporte, se requiere de información fiable de flujos vehiculares, peatonales y biciusuarios, a fin de revelar los patrones de actividad de las personas. De igual manera, la estimación precisa de la demanda de pasajeros en los sistemas de transporte público y particular es de suma importancia, y la obtención de matrices de Origen Destino (O/D) que caractericen los viajes de los usuarios es una necesidad en todos los casos para un completo análisis.

Esta información surge actualmente por la utilización de tecnologías de georreferenciación en tiempo real e información provista por celulares inteligentes o elementos embarcados en los vehículos. El sistema actualmente capta información con una cobertura aproximada de 45 metros (Figura 82), en troncales de Transmilenio y carriles mixtos de la red vial de la ciudad.

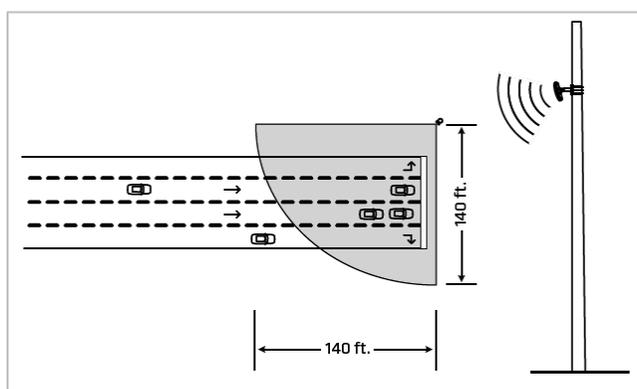


Figura 82 Sistema Bitcarrier para captar señal Wifi y Bluetooth

Fuente: Adaptado de Fortrantraffic, s.f.

Considerando que el sistema proporciona velocidades promedio de los corredores y que la distancia de cobertura en la mayoría de los corredores abarca la totalidad de la sección transversal de la vía, se detecta que las variaciones respecto a los resultados obtenidos tienden a ser equivocadas, teniendo en cuenta que se está captando información de carriles mixtos y troncales Transmilenio (ver Figura 83), los cuales presentan velocidades de operación diferentes debido al comportamiento del tráfico.



Figura 83 Sección transversal sistema Bitcarrier para captar señal Wifi y Bluetooth
Fuente: El autor adaptado de Fortrantraffic, s.f. y GMV, s.f.

Por lo anterior, ingenieros encargados del tratamiento de la información en la SDM, informaron recientemente que el sistema aun cuando las velocidades no son las esperadas, se está trabajando en la parametrización de los elementos en la vía de tal manera que se capture información desagregada, así como en temas de codificación y calibración de los parámetros a nivel de software.

Ahora, el planteamiento establece la posibilidad de recolectar y desagregar la información de manera más eficiente, mediante dispositivos embarcados en los vehículos que identifiquen las señales presentes por vehículo, arrojando un indicador de capacidad vehicular e identificando cada vehículo de manera exclusiva, de la siguiente manera:

1. Sistema de conteo de tráfico sobre una arquitectura estandarizada por tipo de vehículo (ver Figura 84), para esta iniciativa se requiere de incorporación de nuevas tecnologías (codificadas) o equipos embarcados en vehículos, por reglamentación o desarrollo de leyes para regular las TIC del transporte, relacionada con la entrada de nuevos vehículos a la red y adaptación tecnológica en vehículos ya existentes (Autos, Buses, Camiones, Motos, Biciusuarios).

La Agencia encargada, determinara un costo o trazar las directrices hacia una política pública nacional ligada a una normatividad que obligue a los propietarios a implementar, un sistema

tecnológico embarcado en el vehículo, el cual identifica el vehículo y que esté obligado a sostener, mantener y garantizar su operación en la revisión técnico mecánica.



Figura 84 Tecnología con arquitectura estandarizada por tipo de vehículo
Fuente: Adoptado de NTechnologies, s.f.

Con esta iniciativa se pretende aprovechar los sensores que captan señal Wifi y Bluetooth, de tal manera que puedan identificar la clasificación de los vehículos y realizar conteos vehiculares sobre los corredores, además de estimar la demanda vehicular y obtener matrices de Origen Destino (O/D), de manera más precisa y analizar las variables del flujo vehicular.

Esta iniciativa puede ser adaptada con un sistema identificador de vehículos, por medio del chip incorporado en las llaves de cada vehículo asociado al chip interno de los vehículos, contemplando información codificada con la información del usuario e integrando la información con el escáner de las empresas proveedora de vehículos a una base única.

2. Sistema identificador de capacidad vehicular sobre tecnología de arquitectura estandarizada por tipo de vehículo y mecanismos adaptados en cinturones de seguridad (ver Figura 85). Esta propuesta contempla la tecnología embarcada mencionada en el punto anterior, de tal manera que identifique mediante un dispositivo las señales presentes dentro del vehículo enviando información a los sensores, sobre la capacidad aproximada que lleva el vehículo durante el paso en la zona de conteo. Esta iniciativa requiere de codificación y calibración del software y hardware de los sensores.

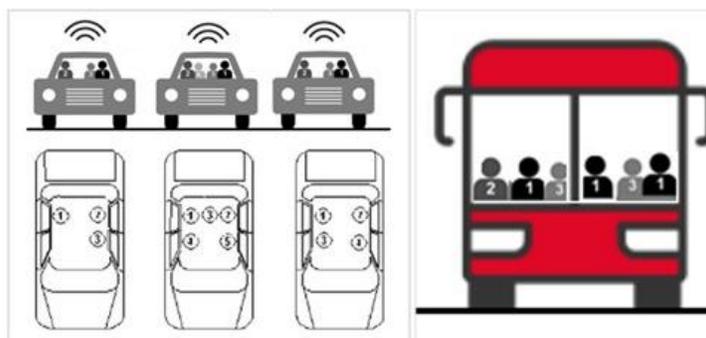


Figura 85 Sistema identificador de capacidad vehicular
Fuente: El autor adaptado de GMV, s.f.

Con esta propuesta se pretende tomar información de la capacidad tanto en la red de transporte público (troncal, zonal, alimentador) y vehículos particulares en corredores mixto, obteniendo patrones de actividad de las personas y las caracterización los viajes de los usuarios, para general matrices Origen Destino (od) de manera más fiable, todo el proceso sobre la definición de un marco institucional que vele por un adecuado desarrollo e implantación de ITS, que permita proteger la información de carácter confidencial.

3. Identificación y clasificación de vehículos, mediante sistemas de proximidad con chip o etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés), código de barras en los vehículos y tarjetas de propiedad (ver Figura 86), instaladas en los vehículos e identificación mediante ondas de radio y laser ubicados en las vías. Esta alternativa garantiza la lectura automática y sin contacto del sticker instalado en el vehículo, presentando gran importancia por su implantación tanto en medios de transporte, sistemas de micro pago, transferencia de archivos y su uso en el campo del marketing, etc.

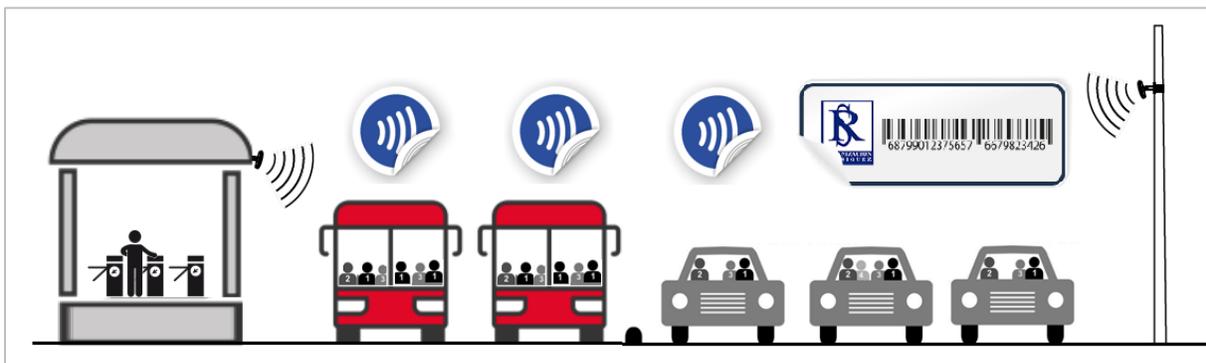


Figura 86 Sistema de detección vehicular con etiquetas RFID
Fuente: El autor adaptado de GMV, s.f.

Con esta propuesta se pretende tomar información de volúmenes vehiculares y su clasificación, considerando que en esta tecnología es posible añadir datos como características del vehículo, tipo de vehículo, placa, entre otros, e incorporar servicios de geolocalización en tiempo real. Adicionalmente se pueden configurar para que se active el Bluetooth al detectar la etiqueta y así tener la mayor cantidad de señales para conteo, en caso de contar con la tecnología para reconocimiento de chip o etiquetas (Idbiker, 2018).

Las etiquetas pueden ser detectadas por sensores ubicados en sitios estratégicos de la ciudad, ya sean postes, estaciones Transmilenio, semáforos, mediante la tecnología de identificación por radiofrecuencia. No obstante, para la implementación de esta iniciativa se requiere de

codificación y calibración del software y hardware de los sensores, además de la definición de un marco institucional para su adecuado desarrollo e implantación.

Esta información recolectada y almacenada en los servidores y en base de datos podrá cruzarse con la base de datos del Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) lo que permitirá tener una medida más detallada y precisa de las categorías vehiculares relacionadas con cada una de las placas registradas. Esta alternativa puede desarrollarse mediante un sistema integrado con las partes involucradas, para lograr en tiempo real la clasificación de los vehículos y generar de manera más eficiente los registros en bases de datos o plataformas de análisis.

Se espera que el sistema de reconocimiento mediante dispositivo de proximidad con chip o etiqueta, pueda realizar un proceso de aforo desagregado del flujo vehicular, peatonal y biciusuarios, de tal manera que los peatones y biciusuarios adopten esta tecnología en cascos, bicicletas, manillas, relojes, tarjetas débito y crédito, tecnología, que ya se encuentra disponible actualmente.

✓ Integración de tarjetas mediante sistemas de proximidad con chip NFC o etiquetas RFID para validaciones sin contacto en el sistema de transporte público:

La estimación precisa de la demanda de pasajeros en los sistemas de transporte público y la obtención de matrices de Origen Destino (od) que caractericen esos viajes e identifiquen las actividades de los usuarios, es de gran importancia para realizar análisis de planificación del transporte (ver Figura 87).

Teniendo en cuenta que obtener una matriz O/D de buena calidad no es fácil y mucho menos económico, se plantea una propuesta que maneja los registros de validación de las tarjetas de pago que se obtienen cada vez que el usuario realiza una transacción para ingresar al sistema, apoyado de la integración son sistemas de proximidad como chip NFC o etiquetas RFID, ya que gracias a la tecnología actual, es posible identificar la hora de validación, la ubicación, etc., aprovechando las nuevas tecnologías vinculadas al transporte y las diversas fuentes de información, esencial para planificadores de tráfico, de transporte público e infraestructura, para autoridades y analistas de transporte.

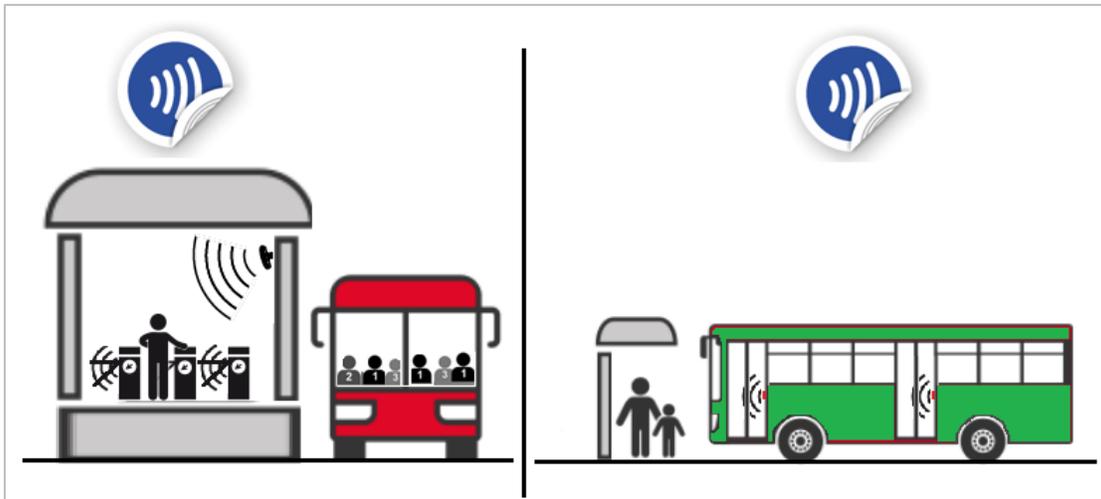


Figura 87 Identificador de demanda peatonal con tarjetas inteligentes, NFC y RFID

Fuente: El autor adaptado de GMV, s.f.

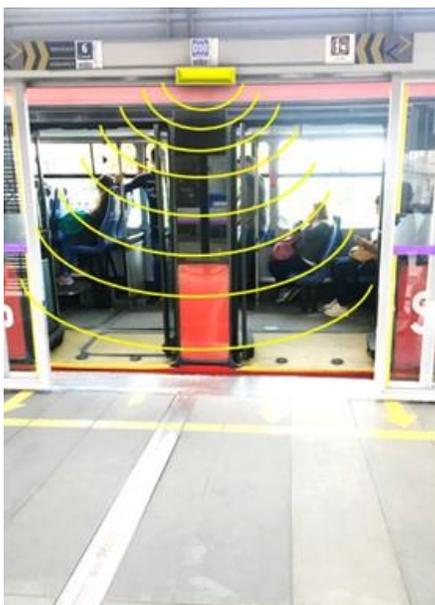


Figura 88 Identificador de demanda peatonal con sistemas NFC y RFID en estaciones

Fuente: El autor



Figura 89 Identificador de demanda peatonal con sistemas NFC y RFID embarcado en buses

Fuente: El autor

Con esta iniciativa, se busca incorporar la tecnología NFC y RFID en tarjetas de pago (Figura 90 y Figura 91), ayudada de sistemas de identificación por aproximación en los torniquetes y puertas de los buses del componente zonal y alimentador. Se pretende conocer el lugar de destino de las personas que utilizan el sistema de transporte público, ya que normalmente la metodología enfrenta la dificultad de que en muchos de los casos solo se tiene registro del abordaje de los pasajeros a los vehículos del sistema (origen), estaciones y buses, mas no del descenso de los

mismos (destino), solamente se pueden realizar estimaciones considerando el número de transacciones diarias.



Figura 90 Sistema con tarjetas inteligentes, chip NFC o etiquetas RFID
Fuente: El autor adaptado de Transmilenio (2018), NFC y etiquetas RFID

La implementación de estos sistemas de identificación, aunque es una idea sencilla no brindan la misma información demográfica y contextual detallada sobre las actividades de los individuos o viajes obtenidos por las encuestas tradicionales, se espera que con la iniciativa se logre obtener una aproximación, de las variables necesarias para los estudios ya que son un factor importante para implementar políticas relacionadas con transporte y desarrollo urbano, mejora de la experiencia de usuario.



Figura 91 Sistema de pago e identificación de chip NFC o etiquetas RFID
Fuente: El autor adaptado de GrupoEFE, s.f.

Una de las ventajas por la implementación de esta iniciativa, es proporcionar un identificador único para cada punto de acceso al transporte público, además que el sistema permitirá identificar a cada usuario, en estaciones y paradas de buses zonales y alimentadores, sin generar contratiempos que pueden presentarse si se valida la tarjeta al terminar el viaje, en estaciones de Transmilenio por

temas de capacidad en la infraestructura existente y en los buses zonales y alimentadores en carriles mixtos, por incomodidad de los usuarios.

Otras alternativas, se encuentran en el aprovechamiento de la señal Wifi de las estaciones de Transmilenio, la incorporación de sensores para captura de señal Wifi y Bluetooth dentro de las estaciones, captando la señal de los dispositivos móviles e identificando el origen y destino del recorrido de los usuarios. Por otra parte, la utilización de sensores térmicos en estaciones, paradas de bus y al interior de la flota, para detectar la capacidad y el número de personas que esperan el servicio, además de procesar los datos de disponibilidad de asientos en vivo e indicar a los pasajeros que esperan en las plataformas de las estaciones cuáles vehículos tienen la mayor cantidad de asientos disponibles.

Considerando lo mencionado por Bouskela, et al., (2016), donde establece que la inversión en un plan inteligente, para tornar cada vez más eficiente la prestación de servicios públicos y aumentar la calidad e intensidad de la interacción con los ciudadanos, genera para la administración pública no solo un rendimiento financiero sobre la inversión, sino también una buena reputación política.

Por lo tanto, bajo esta afirmación y con el fin de realizar un acercamiento en relación a los costos aproximados por la implementación de estas iniciativas, teniendo en cuenta los estudios de un análisis realizado para el Departamento de Arizona de EE. UU (USDOT, 2008), el cual proporcionó una estimación del costo de un sistema de reconocimiento electrónico de vehículos (EVR), donde se usan etiquetas y lectores de identificación por radiofrecuencia (RFID).

Las etiquetas podrían colocarse en vehículos registrados, emitir una señal de radiofrecuencia y leerse mediante lectores de RFID, la siguiente ecuación define el costo de un sistema EVR:

$$(\$ 9 * RV) + [(\$ 3000 * 2 * S) * 1.2] = \text{Costo total de un sistema EVR}$$

Donde:

- ✓ \$ 9 (\$25.801 COP) = El costo por etiqueta RFID (según la codificación)
- ✓ RV = La cantidad de vehículos registrados (en Bogotá en 2015 había 2.148.541 vehículos Registrados) (Uniandes & Cámara de Comercio de Bogotá, 2015)
- ✓ 2 = La cantidad de lectores RFID necesarios por sitio (para un total de 110 lectores, ejemplo)
- ✓ S = La cantidad de sitios RFID
- ✓ \$ 3000 (\$ 8.600.155 COP) = el costo por lector de RFID

- ✓ 1.2 = el 20% de los costos estimados como la instalación y la fibra óptica
- ✓ Reemplazo de etiqueta \$ 9

El costo total de un sistema EVR con 55 sitios a modo de ejemplo, con dos (2) lectores de RFID por sitio es de:

$$(\$ 9 * 2.148.541) + [(\$ 8.600.155 * 2 * 55) * 1.2] = \$ 1.154.557.329 \text{ Aprox.}$$

De lo anterior se infiere, que aun cuando las inversiones iniciales pueden ser representativas para las propuestas presentadas, este tipo de iniciativas generan un cambio de paradigma y su aplicación permite obtener diversos indicadores de eficiencia del sistema de transporte, como niveles de ocupación y pasajeros-kilómetro, de calidad del servicio de la oferta como frecuencia, regularidad y velocidad de vehículos y de la demanda como tiempo de viaje, número y tiempo de trasbordo, aprovechando el potencial de los datos para construir indicadores de calidad de servicio y herramientas de planificación del transporte en la ciudad de Bogotá. (UniAndes, 2017)

Conclusiones

El desarrollo del trabajo de grado “*Diagnóstico del aporte de nuevos Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en georreferenciación dinámica para la planificación del tránsito y transporte para la ciudad de Bogotá D.C.*”, genera beneficios importantes para la ciudad de Bogotá y las Entidades del sector transporte, como se describe a continuación:

- ✓ Tras la lectura de este documento, se puede llegar a la conclusión de que el manejo de información en tiempo real aplicada a la ingeniería del transporte, especialmente a la obtención de datos mediante procesos de recolección de información con recursos ITS de manera dinámica, se encuentra en una época de alto potencial y está acompañada de un importante número de investigaciones tecnológicas.

- ✓ Actualmente, en la ciudad de Bogotá no se observan grandes desarrollos en el área de servicios ITS, relacionado con los procesos de georreferenciación dinámica en tiempo real para la planificación del transporte, sólo se cuenta con un grupo reducido de iniciativas, ideas y proyectos puntuales desarrollados por la SDM y el Sistema Integrado de Transporte Público, los cuales carecen de una coordinación que aporte sinergias y beneficios al mismo sistema.

Este trabajo es el punto de partida para análisis e implementación de iniciativas con recursos y servicios ITS, considerando que, de acuerdo a la identificación de los casos de éxito y lecciones aprendidas a nivel mundial, el documento brinda un instrumento que le permite medir el nivel de eficiencia de los sistemas de recolección de información en tiempo real para la planificación del tránsito y transporte, contribuyendo con la identificación de fortalezas y debilidades para una adecuada gestión de los recursos técnicos y económicos en la ciudad de Bogotá.

- ✓ En relación al detalle y la guía de recursos ITS resultado de la exhaustiva revisión bibliográfica, se evidenció la necesidad de generar un listado de iniciativas relacionadas con la implementación de recursos tecnológicos para la toma de información en tiempo real, como referente para futuras implementaciones en la ciudad de Bogotá e investigaciones futuras por parte de la Universidad.

Debiéndose este interés a varios factores, el crecimiento del parque automotor, el interés de gestores de infraestructura (público y privados), la entrada de nuevas tecnologías y afianzamiento de diversas clases de sensores para la toma de datos en tiempo real, facilitando con ello obtener beneficios técnicos y económicos, disponiendo de datos más fiables y precisos.

✓ La creación de la matriz de información detallada que disponen los concesionarios del SITP, se presenta como una herramienta imprescindible para la planificación del transporte, considerando que este listado de información de detalle, genera grandes aplicaciones y beneficios para el análisis de transporte público en la ciudad, ya sea para conocer su distribución actual en los periodos de mayor congestión a largo de todo el día, o bien para pronosticar su variación en situaciones hipotéticas, como pueden ser simulación de externalidades asociadas al transporte.

✓ En referencia a la implementación de proyectos ITS asociados a los procesos de toma de información en tiempo real, sin duda generan beneficios notables para la ciudad, desde la parte técnica y lo económico, reduciendo los costos de una toma de información tradicional en un 40% y 70% aproximadamente, de acuerdo al sistema tecnológico utilizado.

✓ Utilizar tecnologías ITS, generan según estudios realizados un incremento hasta del 60% en la rapidez en la obtención de datos de tráfico, adicionalmente se obtiene un grado mínimo de error de un 3% considerando los casos de éxito, comparado con el porcentaje de error de un aforo tradicional. No obstante, aun cuando la inversión inicial para cualquiera de los escenarios de análisis presentados es alta, sus costos varían según el tamaño del sistema y las funciones proporcionadas.

✓ La aplicación de procesos dinámicos de recolección de datos a un caso real demuestra, además, que al recuperar la inversión inicial en términos de ahorro por la incorporación de recursos ITS para tomas de información en tiempo real y obtener un punto de equilibrio, considerando el total de aforos desarrollados e inversión realizada, se puede concluir que al final del primer año, los beneficios podrían alcanzar hasta un 80% en ahorros.

✓ La aplicación de la encuesta de percepción demostró que, alrededor del 96% de las personas encuestadas afirman utilizar este tipo de aplicaciones, de los cuales el 30% lo hace de manera constante, el 51% de manera frecuente y el 15% rara vez la utilizan.

Estos indicadores representan un valor agregado importante, del cual se concluye que el fenómeno que se está presentando con la evolución e incorporación de nuevos recursos tecnológicos para planificar los viajes, generan beneficios notables y a futuro con una tendencia mayor, ya que la asignación de viajes y el cómo moverse en la ciudad tenderá a depender de los algoritmos de programación de estas aplicaciones.

✓ La percepción general sobre utilización de estas plataformas es positiva, ya que sin duda para la mayoría de los usuarios algo más del 80% estas generan beneficios notables, sin importar la aplicación o con cual estén más o menos familiarizados, ya que atienden de manera eficiente las necesidades que requieren en términos de velocidad, tiempo y espacio.

✓ La percepción de los encuestados demostró que en términos de funcionalidad las aplicaciones son eficientes, ya que alrededor del 65% de las personas están de acuerdo y ven un beneficio notable dado los tiempos calculados y ofrecidos por estas aplicaciones, los cuales se acomodan de manera eficiente a los cambios dinámicos del tránsito, dada la amplia variedad de funciones útiles que presentan.

✓ En la medida que se desarrollen técnicas más avanzadas de análisis de datos y se mejore la eficiencia de los sistemas de recolección de datos en la ciudad de Bogotá, dados los cambios del comportamiento habitual del tránsito, se dispondrá de estrategias que garanticen altos beneficios en costos a nivel de ahorro. Para ello, las iniciativas propuestas en el documento generan un cambio de paradigma y su aplicación permite obtener diversos indicadores de eficiencia del sistema de transporte.

✓ Los planteamientos e iniciativas ITS mencionados en el documento, pretenden dar soluciones a los sistemas de gestión del transporte desde el punto de vista tecnológico, el uso y aplicación de estas propuestas tanto en las siguientes fases del SIT como en otros proyectos, generando sinergias importantes entre las partes interesadas del sector transporte, a fin de garantizar la operación de la gestión de tráfico y transporte de manera centralizada y eficiente.

✓ Una vez analizado el contexto general, si se dirige la atención al territorio nacional se puede afirmar que este documento es uno de los primeros relacionados con los sistemas de georreferenciación en tiempo real, ya que, a pesar de una ardua búsqueda de bibliografía nacional, no se ha encontrado ningún documento relativo al tema aquí tratado, siendo es el punto de partida para trabajos futuros entre la Universidad y la empresa privada.

Recomendaciones

✓ Un país como Colombia que se encuentra en vía de desarrollo, aflora la necesidad de crear un ente público-privado que normatice y estandarice las ITS para ciudades inteligentes. Para esto, es importante apuntarle a la mejora de la calidad de vida de las personas, con temas importantes como la forma de concebir los problemas del transporte, siendo necesario impulsar la ciudad de Bogotá como una ciudad dinámica, abierta y sensible al contexto inteligente de los servicios tecnológicos, situación descrita en el Capítulo 1.

✓ Se requiere adoptar y comprender mejor la integración de los servicios ITS con el entorno, para identificar las debilidades y fortalezas de la gestión del tránsito y transporte en la ciudad, para establecer planes de mejora mediante la gestión de la infraestructura existente de manera más estratégica, y catalogar la ciudad como un referente a nivel nacional y Evidenciada la necesidad por adoptar servicios ITS para la gestión eficiente del transporte en la ciudad de Bogotá.

✓ La ciudad debe ser capaz de reunir al gobierno, la sociedad y la tecnología para permitir una economía inteligente, movilidad inteligente, medio ambiente sostenible y gobernabilidad inteligente en general, con el fin de aprovechar la inteligencia colectiva de la ciudad, tomando como prioridad el poder avanzar hacia una optimización de múltiples actividades y procesos.

✓ En la sed por avanzar hacia un desarrollo económico orientado a fortalecer la competitividad de la ciudad de Bogotá, se ha trabajado de manera independiente con empresas desarrolladoras de tecnologías ITS, desaprovechando recursos, tecnologías e información, por tanto, es indispensable garantizar una integración de recursos ITS que enriquezca un sistema inteligente global para la ciudad.

✓ Es preciso identificar y promover estrategias ITS adecuadas que beneficien a todas las partes del sector transporte, ya que actualmente existe una cultura percibida que no ve viables que las Entidades o Empresas inviertan en el desarrollo de servicios abiertos, arquitecturas y plataformas innovadoras.

✓ Es necesario profundizar sobre el conocimiento de los servicios ITS implementados a nivel nacional y sus tendencias relacionadas con los procesos de manejo de información en tiempo real, para buscar una coordinación de las iniciativas entorno a estándares nacionales, que permitan un proceso de integración del transporte regional con arquitecturas abiertas para no

condicionar la incorporación posterior de nuevas aplicaciones, y conseguir una optimización en los procesos de implementación y necesidades de tecnologías ITS para la ciudad de Bogotá.

✓ Lograr que la normatividad este bien enmarcada y estandarizada por una Agencia única a nivel nacional, los recursos ITS no solo se van a notar en una ciudad sino en otras Agencias urbanas y rurales, por tanto es indispensable automatizar un sistema integrado de recursos tecnológicos de captura de información en tiempo real entre las Empresas privadas y Entidades del Distrito, primordial para generar inputs, output y puntos de control, encaminado a obtener un eficiente análisis de planificación del transporte.

✓ Es necesario comprender la fusión de diferentes conjuntos de datos dentro del sector del transporte, combinando esto con conjuntos de datos urbanos más amplios y la colaboración entre organizaciones públicas, privadas.

✓ A futuro se pueden desarrollar nuevas herramientas y aplicaciones asociadas al aprovechamiento de la información en tiempo real, teniendo en cuenta toda la información que es recolectada y explotada por el SIRCI y los recursos tecnológicos utilizados por la SDM, dándole valor a la información recolectada de una manera más eficiente para los procesos de planificación del tránsito y transporte.

✓ Es necesario fomentar la colaboración entre el gobierno, los operadores de transporte, los proveedores de infraestructura, las telecomunicaciones y la academia, ya que al aumentar la conciencia entre las organizaciones sobre las oportunidades de explotar los datos que se recopilan de forma rutinaria, se puede desbloquear el verdadero potencial de los datos en el sector del transporte y los beneficios que pueden aportar.

✓ Al estandarizar la forma en la cual se integren las herramientas tecnológicas de recolección de información en tiempo real, es posible utilizar servicios ITS para agregar funcionalidad e información de manera más eficiente.

✓ Resulta fundamental, generar iniciativas que permitan analizar e implementar nuevos servicios ITS que se ajusten a las necesidades de respuesta en tiempo real y que puedan ayudar a avanzar en la dirección adecuada a la implementación de estos recursos en la ciudad.

Bibliografía

- Abeijón, D. (2007). *Fusión de datos para obtención de tiempos de viaje en carretera*. Obtenido de Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona:
<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/4376>
- Acevedo, J. (2009). El transporte como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040. *Revista de Ingeniería*, 46(29), 156-162. Obtenido de Scielo:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121013257019>
- Acuerdo 308. (2008). *Por el cual se adopta el Plan de Desarrollo Económico, Social, Ambiental y de Obras Públicas para Bogotá, D. C., 2008 – 2012 "BOGOTÁ POSITIVA: PARA VIVIR MEJOR"*. Obtenido de Bogotá, Alcaldía Mayor:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30681>
- Airey, W. (2017). *The data-driven "green corridor" in Cali*. Obtenido de LUCA Data - Drive Desicions: <http://data-speaks.luca-d3.com/2017/12/data-driven-green-corridor-cali.html>
- Allwinkle, S., & Cruickshank, P. (2011). Creating Smart-er Cities: An Overview. *Journal of Urban Technology*, 2(18), 1-16. doi:10.1080/10630732.2011.601103
- Andrade, M. (2017). *Usos y Gestión de la Información de Transantiago*. Obtenido de Dirección de Servicios de Información y Bibliotecas (SISIB) - Universidad de Chile:
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146129>
- Arteaga, A. (2014). *Diez apps imperdibles para viajar en carretera*. Obtenido de Milenio:
http://www.milenio.com/tendencias/apps-imperdibles-viajes-carretera_0_279572222.html
- Banister, D. (2001). Transport Planning. En D. Banister, *Handbook of Transport Systems and Traffic Control* (Vol. 3, págs. 9-19). Obtenido de
<https://www.emeraldinsight.com/doi/book/10.1108/9781615832460>
- Bernal, M. (2017). El cerebro que mueve 4,5 millones de pasajeros en 8.500 buses. *EL TIEMPO*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/bogota/sistema-de-vigilancia-del-transmilenio-vigila-a-4-5-millones-de-pasajeros-al-dia-160038>
- BID. (2016). *The Road toward Smart Cities: Migrating from Traditional City Management to the Smart City*. Obtenido de IDB Improving live:
<https://publications.iadb.org/handle/11319/7743?locale-attribute=en>
- Bitcarrier. (2016). *Word Sensing Plataforma Mobility*. Bogotá: Secretaria Distrital de Movilidad.
- Bitcarrier. (s.f.). *Enabling cities and transport operators to collect real-time traffic information*. Obtenido de World Sensing: <http://www.worldsensing.com/product/bitcarrier/>

- Blanco, Á. (2015). *Plataforma de soporte a toma de decisiones frente a las situaciones de emergencias en Smart Cities*. Obtenido de Depósito de investigación universidad de Sevilla: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/39671>
- Bogotá, A. d. (2015). *Encuesta de Movilidad 2015*. Obtenido de Secretaría Distrital de Movilidad: <http://movilidadbogota.gov.co/web/node/1990>
- Bogotá, C. d. (2016). *Informe de Auditoría y Desempeño*. Obtenido de Contraloría de Bogotá: http://www.contraloriabogota.gov.co/sites/default/files/Contenido/Informes/Auditoria/Dir%20Sector%20Movilidad/PAD_2016/JL-DC/Desempe%C3%B1o/D_SDM_CODIGO119_Periodo%20III.pdf
- Bogotá, M. (2013). *Sigue enredada Tarjeta única de transporte*. Obtenido de Metro en Bogotá: <http://www.metroenbogota.com/movilidad-bogota/sitp/sigue-enredada-tarjeta-unica-de-transporte>
- Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C., & Facchina, M. (2016). *The Road toward Smart Cities: Migrating from Traditional City Management to the Smart City*. doi:10.18235/0000377
- Broderick, F. (2017). *What does Big Data tell us about the way people move around Brazil's favelas?* Obtenido de LUCA Data - Drive Decisions : <http://data-speaks.luca-d3.com/2017/01/what-does-big-data-tell-us-about-way.html>
- C&M-Idom. (2017). *Informe revisión de sistemas semafóricos del mundo*. Obtenido de Secretaría Distrital de Movilidad Bogotá: <http://www.movilidadbogota.gov.co/web/semaforizacion-inteligente>
- CAF. (2011). *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. Obtenido de Scioteca CAF: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/419>
- CaracolNoticias. (2017). *Cali, pionera en Colombia en incluir su sistema de transporte masivo a la 'app' de tránsito de Google*. Obtenido de Caraco Noticias: <https://noticias.caracoltv.com/cali/cali-pionera-en-colombia-en-incluir-su-sistema-de-transporte-masivo-la-app-de-transito-de-google>
- Caragliu, A., DelBo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart Cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65-82. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- CEPAL. (2004). *La planificación del transporte y su incidencia en la competitividad de la ciudades*. Obtenido de Repositorio Cepal: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36222/15/FAL_Boletin212_es.pdf
- Ching, T. Y. (2013). *Smart cities: concepts, perceptions and lessons for planners*. Obtenido de DSpace@MIT: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/81146>
- Chowdhury, M., & Sadek, A. (2003). *Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning*. (A. House, Ed.) Obtenido de Google Books:

<https://books.google.com.co/books?id=Zut3O7jViiUC&pg=PR16&lpg=PR15&ots=fetovR6vTs&focus=viewport&dq=Fundamentals+of+Intelligent+Transportation+Systems+Planning.+Boston+London:+Artech+House&lr=&hl=es#v=onepage&q&f=false>

- Cintel. (2010). *Estudio cualitativo: Intelligent Transportation Systems - en Colombia*. Obtenido de Cintel: https://cintel.co/wp-content/uploads/2013/05/09_Estudio_cualitativo_ITS_Intelligent_Transportation_Systems_Sistemas-inteligentes-de-transporte-ITS-en-Colombia-2010.pdf
- COTEC. (1998). *Documento COTEC sobre Oportunidades Tecnológicas*. Obtenido de Informe Cotec, apartado 12 La telemática y el sector transporte: http://informecotec.es/media/N12_Telemat_Transporte.pdf
- CSDN. (2017). *Aplicación de la tecnología RFID de Internet de las cosas en los sistemas inteligentes de transporte*. Obtenido de Red de Desarrolladores de Software China - CSDN : <https://blog.csdn.net/uuZC66688/article/details/77851433>
- Cuddy, M., Epstein, A., Maloney, C., Westrom, R., Hassol, J., Kim, A., . . . Bettisworth, C. (2014). *The Smart/Connected City and Its Implications for Connected Transportation*. Obtenido de United States Department of Transportation, National Transportation Library: <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/4360>
- Decreto 309. (2009). *Por el cual se adopta el Sistema Integrado de Transporte Público para Bogotá, D.C.* Obtenido de Bogotá Alcaldía Mayor: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36852>
- Decreto 319. (2006). *Por el cual se adopta el Plan Maestro de Movilidad para Bogotá Distrito Capital*. Obtenido de Bogotá Alcaldía Mayor: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21066>
- Deloitte, C. (2015). *Estudio y Guía metodológica sobre Ciudades Inteligentes*. Obtenido de Deloitte: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/public-sector/articles/guia-metodologica-sobre-ciudades-inteligentes-nota-prensa.html#>
- Dennis, E. P., Wallace, R., & Reed, B. (2015). *Transportation-Related Crowdsourcing Platforms*. Obtenido de Crowdsourcing transportation systems data: http://www.michigan.gov/documents/mdot/02-14-2015_Crowd_Sourced_Mobile_Applications_483062_7.pdf
- DeustoData. (2015). *¿Cuáles son las diferencias entre Big Data y Data Science?* Obtenido de PiperLab: <https://blogs.deusto.es/bigdata/por-que-hablamos-del-business-analytics-y-no-solo-de-business-intelligence/>
- Dirk Helbing, B. S. (2017). Will Democracy Survive Big Data and Artificial. *Scientific American*. Obtenido de <https://www.scientificamerican.com/article/will-democracy-survive-big-data-and-artificial-intelligence/>

- ESCAP. (2015). *Intelligent Transportation Systems for Sustainable Development in Asia and the Pacific*. Obtenido de Economic and Social Commission for Asia and the Pacific - ESCAP: <http://www.unescap.org/resources/intelligent-transportation-systems-sustainable-development-asia-and-pacific>
- Espectador. (2013). *Ultimátum para integración de tarjetas*. Obtenido de El espectador: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/ultimatum-integracion-de-tarjetas-articulo-457983>
- Espinoza, R. (s.f.). *Sistemas Inteligentes de Transporte - ITS*. Obtenido de Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones: http://www.proviasnac.gob.pe/Archivos/file/Documentos_de_Interes/ITS-UGOP2.pdf
- ETRA. (2017). *Información comercial ETRA desarrollador para SITP*. 8 Feria Andinatraffic + 1 Congreso ITS LATAM, Bogotá.
- ETSI. (s.f.). *Transportation Systems for people on the move*. Obtenido de ETSI Word Class Standards: <http://www.etsi.org/technologies-clusters/clusters/transportation>
- Externado, U. (2013). *Guía de territorios y ciudades inteligentes*. (cet.la, Ed.) Obtenido de Centro de Estudios de Telecomunicaciones de America Latina: <http://cet.la/estudios/cet-la/guia-de-territorios-y-ciudades-inteligentes/>
- Fernández, M. (2016). *La smart city como imaginario socio-tecnológico*. Obtenido de Ciudades a escala humana: <http://www.ciudadesaescalahumana.org/p/phd.html>
- Fernández, M. (2017). *Smart cities: escala humana y vida pública en las ciudades*. Obtenido de Ciudades a escala humana: <http://www.ciudadesaescalahumana.org/2017/07/smart-cities-escala-humana-y-vida.html>
- Figueiredo, L., Jesus, I., Machad, T., Ferreira, J. R., & Carvalho, M. d. (2001). *Towards the Development of Intelligent Transportation Systems*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/224073158_Towards_the_Development_of_Intelligent_Transportation_Systems
- FLIR. (s.f.). *Sistemas inteligentes de transporte*. Obtenido de FLIR TRAFFIC: <http://www.flir.com.mx/traffic/content/?id=66601>
- FLIR. (s.f.). *Traffic video detection and monitoring*. Obtenido de FLIR TRAFFIC: <http://www.flir.com.au/traffic/content/?id=66601>
- Flórez, D. (2016). *Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes: Medellín, Colombia*. Obtenido de BID : <https://publications.iadb.org/handle/11319/7717?locale-attribute=es&>
- Fortrantraffic. (s.f.). *SmartSensor*. Obtenido de Fortrantraffic: <http://www.fortrantraffic.com/wp-content/uploads/2016/08/Smart-Sensor-Matrix.pdf>

- Forum, W. E. (2015). *How is big data transforming transport in South Korea?* Obtenido de World Economic Forum: <https://www.weforum.org/agenda/2015/04/how-is-big-data-transforming-transport-in-south-korea/>
- Fredericks, R. (s.f). *Intelligent cities and human destiny*. Obtenido de Academia: https://www.academia.edu/10705484/Intelligent_Cities_and_Human_Destiny
- García, C., Quesada, A., Cristóbal, T., Padrón, G., & Alayón, F. (2016). Systematic Development of Intelligent Systems for Public Road Transport. *PMC Journals*, 16(7). Obtenido de 2016: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4970149/>
- GICI. (s.f). *Smart Cities, Documento de Visión a 2030*. Obtenido de Futured – Grupo Interplataformas de Ciudades Inteligentes: <http://www.futured.es/grupo-trabajo-ciudades-inteligentes/>
- GII. (2014). *Inteligencia Computacional*. Obtenido de Fondo Europeo de Desarrollo Regional, Grupo Integrado de Ingeniería: <http://www.gii.udc.es/investigacion/detalle/3>
- Glasmeyera, A., & Christophersonb, S. (2015). Thinking about smart cities. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1), 3-12. Obtenido de <https://dusp.mit.edu/sites/dusp.mit.edu/files/attachments/publications/Smart%20Cities%20CJRES%20021415.pdf>
- GMV. (s.f.). *Innovación para la Movilidad*. Obtenido de GMV Innovating Solutions: <https://www.gmv.com/es/Productos/sae/>
- Gómez, A. (2004). Transit planning in Curitiba and Bogotá : roles in interaction, risk, and change. *MIT Libraries*, 207. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1721.1/28791>
- Green, J. (2016). *The Smart City Playbook: smart, safe, sustainable*. Obtenido de Machina Research: <https://pages.nokia.com/2170.What.Are.Cities.Doing.to.Be.Smart.html>
- GrupoEFE. (s.f.). *Sistema de pago Rancagua Express*. Obtenido de Grupoefe: <http://www.efe.cl/sala-de-prensa/noticias/rancagua-express-efe-compromete-puesta-en-marcha-en-febrero-de-2017>
- Gurko, A. (2017). *Russian Connections*. Obtenido de Traffic Technology Today: <http://www.traffictechnologytoday.com/magazine.php>
- Hayashino, C. (2017). *LUCA Transit and Highways England*. Obtenido de LUCA Data - Drive Decisions : <http://data-speaks.luca-d3.com/2017/10/luca-transit-highways-england.html>
- Herederó, C., Bermejo, L., & Montes, J. (2012). The impact of operational support systems (OSS) on improving urban public transport services. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 15(1), 12-24. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1138575811000740>

- Hermida, C. (2018). *8 lecciones de movilidad para las ciudades del futuro*. Obtenido de YoungMarketing: <http://www.youngmarketing.co/8-lecciones-de-movilidad-para-las-ciudades-del-futuro/>
- Herrera, L. (2011). *Modelo de prestación de servicios ITS de valor agregado: aplicación a los sistemas de gestión de aparcamiento*. Obtenido de RUA Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/18417>
- Herrera, L., Pérez, F., Jorquera, D., & Iglesias, V. (2014). SOA-Based Model for Value-Added ITS Services Delivery. *Hindawi The Scientific World Journal*, 2014, 16. doi:<http://dx.doi.org/10.1155/2014/983109>
- Houghton, J., Reiners, J., & Lim, C. (2009). *Intelligent transport How cities can improve mobility*. Obtenido de IBM Offering Information: <https://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=GBE03232USEN>
- IBM. (2007). *Estocolmo implanta el mayor sistema de control de tráfico por radiofrecuencia de Europa*. Obtenido de IBM: <https://www-03.ibm.com/press/es/es/pressrelease/22785.wss#feeds>
- IBM. (2009). *IBM recomienda un sistema de transporte inteligente e integrado para absorber la creciente población urbana en todo el mundo*. Obtenido de IBM: <http://www-03.ibm.com/press/es/es/pressrelease/28474.wss>
- IBM. (2014). *IBM Smarter Cities Nuevos sistemas para la gestión*. Obtenido de IBM Redbooks: https://www-03.ibm.com/press/es/es/attachment/36427.wss?fileId=ATTACH_FILE1&fileName=smarter_cities2014_web.pdf.
- Idbiker. (2018). *Etiqueta NFC inteligente*. Obtenido de Idbiker: <https://idbiker.com/etiqueta-inteligente-para-cascos-moteros-y-ciclistas/>
- Indore, M. C. (s.f.). *Indore Smart City*. Obtenido de Smart Cities Mision, Ministry of Housing and Urban Affairs, Government of India: http://smartcities.gov.in/upload/uploadfiles/files/Indore_SmartCity.pdf
- INDOT. (s.f.). *Miovision Counting Equipment*. Obtenido de Indianampo: http://www.indianampo.com/assets/bussing_miovision-counting-equipment_2015-mpo-conference_compressed.pdf
- Indra. (2013). *Indra implanta su tecnología inteligente para la gestión del tráfico y el transporte público de Medellín*. Obtenido de Indra: <https://www.indracompany.com/pt-br/noticia/indra-implanta-tecnologia-inteligente-gestion-traffic-transporte-publico-medellin-9>
- Ingartek. (s.f.). *Auditoría de los datos del SAE*. Obtenido de Ingartek: <http://www.ingartek.com/proyectos/auditoria-sae-sistema-ayuda-explotacion/>

- ISO. (2007). *ISO 14813-1:2007, Intelligent transport systems, Reference model architecture(s) for the ITS sector, Part 1: ITS service domains, service groups and services*. Obtenido de International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/standard/43664.html>
- ISO. (2014). *ISO Online Browsing Platform (OBP)*. Obtenido de Sustainable development of communities, Indicators for city services and quality of life: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:37120:ed-1:v1:en>
- ISO. (2015). *ISO 14813-1:2015, Intelligent transport systems, Reference model architecture(s) for the ITS sector, Part 1: ITS service domains, service groups and services*. Obtenido de International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/standard/57393.html>
- ITSchile. (s.f.). *ITSchile*. Obtenido de ITSchile: <http://www.itschile.cl>
- Jakubauskas, G. (2006). Improvement of urban passenger transport. *Transport*, 21(4), 252-259. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/16484142.2006.9638075>
- Joglekar, P., & Kulkarni, V. (2017). Data oriented view of a Smart City A Big Data Approach. *IEEE Xplore Digital Library*, 51-55. doi:10.1109/ETIICT.2017.7977009
- Lande, J. (2013). *Using Big Data to build value for operators*. Obtenido de AsiaInfo: http://www.asiainfo.com/Portals/0/New_Branded_Collateral/White_Papers/AsiaInfo_AnalysisMason.pdf
- Lewis, B. (2017). *Smart city concept model published*. Obtenido de International Organization for Standardization - ISO: <https://www.iso.org/news/ref2197.html>
- Liu, L., Zhang, H., Li, J., Wang, R., Yu, L., Yu, J., & Li, P. (2009). Building a Community of Data Scientists: An Explorative Analysis. *Data Science Journal*, 8, 201-208. doi:<http://doi.org/10.2481/dsj.008-004>
- Lombardero, J. (2015). *Problemas y retos de gestión empresarial en la economía digital: estudio comparado y sistémico de competencias directivas*. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=44986>
- Maria, B., Fonzone, A., Dell'Olio, L., & Ibeas, A. (2014). Considerations about the analysis of ITS data of bicycle sharing systems. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 162, 340-349. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814063162>
- Marketing. (2011). *Qué es el Crowdsourcing?* Obtenido de marketing, Seo y Social Media: <https://solomarketing.es/que-es-el-crowdsourcing/>
- Martínez, M. (2010). Movilizando el transporte con tecnología. *RCT - Revista Colombiana de Telecomunicaciones*, 17(57), 6. Obtenido de https://cintel.org.co/wp-content/uploads/2013/05/RCT_57.pdf

- Martínez, M. (2016). Smart Cities, Articuladas e Integradas. *RTC*, 5-6. Obtenido de <https://cintel.co/publicaciones/revista-rct/>
- Meyer, M. (2017). Model for collaborative research among international transport researchers. *Case Studies on Transport Policy*, 5, 3-8. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X16300633>
- MinTic. (2011). *Plan Nacional de Desarrollo , 2010-2014, Artículo 84 de la Ley 1450 de 2011*. Obtenido de MinTic: http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3821_documento.pdf
- MINTIC. (2012). *Ministro TIC destacó aportes de la tecnología a la implementación del Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014*. Obtenido de MINTIC: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-674.html>
- MioVision. (2015). *MioVision Technologies*. Obtenido de Indiana department of transportation: <http://sp.scote.transportation.org/Documents/SCOTE%202016%20SURVEYS/Cameras%20for%20TMCs%20-%20AASHTO%20SCOTE%20Responses.pdf>
- Miovision. (s.f). *Miovision Rate Card*. Obtenido de trafficdataonline: <http://www.trafficdataonline.com/Misc/PlatformServicesAndFees.aspx#>
- Mirón, F., Pezuela, C., Lama, N. d., Trujillo, J. C., Sobreir, J. L., Mayer, M. A., . . . Poveda, J. (2017). *Análisis de la estrategia Big Data en España*. Obtenido de ITG - Instituto Tecnológico de Galicia: <http://www.itg.es/?p=16575>
- Monteria. (2018). *Montería tendrá nueva central semafórica*. Obtenido de Alcaldía Montería Amable: http://www.monteriaamable.gov.co/web/index.php?option=com_content&view=article&id=271:monteria-tendra-nueva-central-semaforica&catid=12:noticias&Itemid=166
- Morillas, A. (2017). *Muestreo en poblaciones finitas* . Obtenido de Universidad de Las Palmas de Gran Canaria: <http://www.dma.ulpgc.es/profesores/personal/asp/Docencia/MGC/pdf/trMUESTREO.pdf>
- Mosaic. (s.f.). *Transportation/Logistics*. Obtenido de Mosaic Data Science: <http://www.mosaicdatascience.com/logistics-transportation/>
- Nacional, U. (2017). *Bogotá y Medellín, las ciudades inteligentes de Colombia*. Obtenido de Instituto de Estudios Urbanos - IEU: <http://www.institutodeestudiosurbanos.info/ultimas-publicaciones/item/164-bogota-y-medellin-las-ciudades-inteligentes-de-colombia>
- Naphade, M., Banavar, G., Harrison, C., Paraszczak, J., & Morris, R. (2011). Smart Cities and Their Innovation Challenges. *IEEE Computer Society*, 44(6), 32-39. Obtenido de <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5875937&isnumber=5875921>
- NeuralLabs. (2017). *Información comercial Neurallabs para sistema de Analítica de Video*. 8 Feria Andinatraffic + 1 Congreso ITS LATAM, Bogotá.

- NTechnologies. (s.f.). *Ciclo de valor de Tarjeta Nectar de seguimiento*. Obtenido de NectarTechnologies: https://ticketcarpe.mundonectar.com/Services_Card.aspx
- Olson, P. (2014). *¿Por qué Waze ayuda a los gobiernos a monitorear a sus usuarios?* Obtenido de Forbes Mexico: <https://www.forbes.com.mx/por-que-waze-ayuda-los-gobiernos-monitorear-sus-usuarios/>
- Ortiz, J. (2017). *Zaragoza Demand Analysis*. Obtenido de LUCA Data -Drive Decisions: <https://www.luca-d3.com/case-studies/index.html>
- Pabón, G. (2016). *El 'cerebro tecnológico' de la SDM*. Obtenido de Bogotá Alcaldía Mayor: <https://www.civico.com/bogota/noticias/sistema-inteligente-de-transito-sit-el-cerebro-que-promete-arreglar-los-trancones-de-bogota>
- Palma, C. (2017). *Implementación de una matriz origen destino con información de tarjetas inteligentes en la ciudad de Bogotá*. Obtenido de Sociedad Chilena de Ingeniería de Transporte: <http://www.sochitran.cl/opinion-de-socios/>
- Parwez, S., Rawat, D., & Garuba, M. (2017). Big Data Analytics for User-Activity Analysis and User-Anomaly Detection in Mobile Wireless Network. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 13(4), 1-8. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7811244/>
- Pascual, P. (2017). *Cuáles son las diferencias entre Big Data y Data Science*. Obtenido de PiperLab: <https://piperlab.es/2017/12/05/diferencias-entre-big-data-data-science/>
- Paul Sanmartín Mendoza, K. Á. (2016). Internet of Things and Home-Centered Health. *Scielo, Salud Uninorte*, 32(2), 337-351. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522016000200014
- Pedroza, C. (2016). *Propuesta de un método para analizar datos de twitter considerados como big data para generar nueva información*. Obtenido de Repositorio Bibliográfico - Universidad Autónoma de Aguascalientes: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/123456789/878>
- Pérez, A. (2017). *Quito, la primera ciudad inteligente de América Latina*. Obtenido de LUCA Data - Drive Decisions: <http://data-speaks.luca-d3.com/2017/07/quito-primera-ciudad-inteligente-america-latina.html>
- Pérez, G. (2001). *Nuevas tecnologías de información y telecomunicaciones en el sector transporte*. (N. Unidas, Ed.) Obtenido de Boletín de CEPAL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36114/1/FAL_Bolet%C3%ADn177_es.pdf
- Perini, A. M. (2014). *La transformación silenciosa de Río de Janeiro: de Ciudad Maravillosa a Ciudad Inteligente*. Obtenido de United Explanations: <http://www.unitedexplanations.org/2014/06/12/rio-de-janeiro-de-ciudad-maravillosa-a-ciudad-inteligente/>

- Pesquera, M. (2003). Las nuevas tecnologías en el transporte, alternativa a la inversión en carreteras. *ResearchGate*(353), 47-50. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/28085812_Las_nuevas_tecnologias_en_el_transporte_alternativa_a_la_inversion_en_carreteras
- Portafolio. (2016). *Cinco soluciones modernas para mejorar la movilidad*. Obtenido de Portafolio: <http://www.portafolio.co/innovacion/cinco-soluciones-modernas-para-mejorar-la-movilidad-502060>
- PowerData. (2016). *Big Data vs técnicas de minería de datos*. Obtenido de PowerData: <https://blog.powerdata.es/el-valor-de-la-gestion-de-datos/big-data-vs-tecnicas-de-mineria-de-datos>
- Pticina, I., Nathanail, E., & Kibish, S. (2015). Software Solution for Planning and Conducting a Transport Survey. *Procedia Computer Science*, 77, 240-248. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915038910>
- Quintero, J., & Prieto, L. (2015). Sistemas inteligentes de transporte y nuevas tecnologías en el control y administración del transporte. *Puente Revista Científica*, 9(1), 1-10. Obtenido de <https://revistas.upb.edu.co/index.php/puente/article/view/7122/6513>
- Ramos, L. (2012). *Obtención automática de datos de tráfico a través de visión artificial*. Obtenido de Movetrans: <http://www.movetrans.org/ITSEspanaMiovision.pdf>
- Romero, L. (2017). *Alianza entre Distrito y Waze para mejorar la movilidad en Bogotá*. Obtenido de El Espectador: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/alianza-entre-distrito-y-waze-para-mejorar-la-movilidad-en-bogota-articulo-688042>
- RTC. (2010). ITS: Una oportunidad para el Sector Transporte en Colombia. *Movilizando el transporte con tecnología*, 17(57), 8-18. Obtenido de https://cintel.org.co/wp-content/uploads/2013/05/RCT_57.pdf
- RTC. (2016). *Ciudades Modernas Smart Cities, articuladas e integradas*. Obtenido de Cintel Proyectos Tic Innovadores Revista RTC: <https://cintel.co/publicaciones/revista-rct/>
- Rueda, C. (2017). *Solicitud información del SIRCI N° 2017EE21112, Documento público*. Transmilenio, Bogotá.
- Sayeg, P., & Charles, P. (2006). *Sistemas de transporte inteligentes*. Obtenido de SUPT Sustainable Urban transport Project: http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/A_Sourcebook/SB4_Vehicles-and-Fuels/GIZ_SUTP_SB4e_Intelligent-Transport-Systems_ES.pdf
- SDM. (2010). SIT Bogotá Fase I, Centro de Gestión. Bogotá.
- SDM. (2015). *Sistema inteligente de transporte, aporte de movilidad a la transformación de Bogotá en una Smart City*. Obtenido de Secretaria Dristital de Movilidad:

http://www.movilidadbogota.gov.co/web/sistema_inteligente_de_transporte_aporte_de_movilidad_a_la_transformacin_de_bogot_en_una_smart_city

- SDM. (2017). *Anexo Técnico IA*. Obtenido de SECOP:
<https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=17-1-176328>
- SDM. (2018). Costos asociados el contrato Interadministrativo 2016-214, contrato de mantenimiento eléctrico y contrato de fabricación, instalación y mantenimiento de postes semaforicos, para la ciudad de Bogotá D.C. Bogotá.
- Seguí, J., & Martínez, M. (2004). Los sistemas inteligentes de transporte y sus efectos en la movilidad urbana e interurbana. *Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona*, 6(170), 60. Obtenido de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-170-60.htm>
- Sheehan, R., & Tornig, W. (s.f.). *Mobility on Demand (MOD) “Transform the Way Society Moves”*. Obtenido de U.S. Department of Transportation:
<https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/MobilityonDemand.pdf>
- SICE. (s.f.). *Proyectos relevantes*. Obtenido de SICE: <http://www.sice.com/proyectos-relevantes>
- SIEMENES. (2011). *Sitraffic Smart Detection - Passgenaue Verkehrsdetektoren für Ihr Verkehrsmanagement*. Obtenido de SIEMENES:
<https://w1.siemens.ch/mobility/ch/de/nahverkehr/strassenverkehr/infrastruktur-und-staedtische-verkehrssteuerung/sitraffic-smartdetection/seiten/sitraffic-smartdetection.aspx>
- SIEMENS. (2014). *VIA gives the green light to San Antonio public transit riders with a new traffic signal priority solution*. Obtenido de SIEMENS:
<http://360mediadenver.com/leadingthewaytoseamlessmobility/>
- SIEMENS. (2016). *City of Ann Arbor Adaptive signal controls keeps traffic moving for residents, students, and thousands of visitors*. Obtenido de SIEMENS:
<http://360mediadenver.com/leadingthewaytoseamlessmobility/>
- SIEMENS. (2017). *The Magazine for Intelligent Traffic Systems*. Obtenido de SIEMENES:
<https://www.siemens.com/global/en/home/products/mobility/road-solutions/connected-mobility-solutions/sitraffic-sibike.html>
- SIEMENS. (s.f.). *Siemens leads the way to spectacular Saadiyat Island Cultural District* . Obtenido de SIEMENS: <http://w3.siemens.com/topics/global/en/industrial-networks/communication-industries/transportation-rugged/Pages/its-intelligent-transportation-systems.aspx>
- SIEMENS. (s.f.). *Sitraffic SiBike A smartphone app provides for green traffic lights*. Obtenido de SIEMENS: <https://www.siemens.com/global/en/home/products/mobility/road-solutions/connected-mobility-solutions/sitraffic-sibike.html>

- SIMUR. (s.f.). *Sistema Integrado de Información sobre Movilidad Urbano Regional*. Obtenido de SIMUR: <http://www.simur.gov.co/inicio>
- Singer, N. (2012). *IBM convierte a Río en una 'smartcity'*. Obtenido de EL PAIS - Tecnología: https://elpais.com/tecnologia/2012/03/16/actualidad/1331890089_208324.html
- Smith, M. (2017). *Michigan DOT knows the value of quality maintenance for effective ITS*. Obtenido de Traffic Technology Today: <http://www.traffictotechnologytoday.com/magazine.php>
- Social, C. E. (2016). *Ciudades e infraestructuras inteligentes*. Obtenido de Naciones Unidas: http://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ecn162016d2_es.pdf
- Sosa, A., Kogan, J., Azán, S., Miquilena, M., & Alcántara, E. (2010). *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. Obtenido de CAF Banco de Desarrollo de América Latina: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/420>
- Sosa, E., & Godoy, D. (2014). Future internet: challenges and issues. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 16(21), 40-46. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/recyt/n21/n21a07.pdf>
- Stefan, P., Athen, M., Zhenchen, W., & Haibo, M. (2015). *Using a Smart City IoT to Incentivise and Target Shifts in Mobility Behaviour—Is It a Piece of Pie?* Obtenido de US National Library of Medicine National Institutes of Health: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4507639/>
- Stevanovic, A. (2010). *Adaptive Traffic Control Systems: Domestic and Foreign State*. Obtenido de The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine: <http://www.trb.org/Publications/Blurbs/163323.aspx>
- TACT. (s.f.). *Data Science llegó para quedarse*. Obtenido de CollaberaTact: <https://www.collaberatact.com/data-science-stay/>
- Tecma, G. (2017). *Libro de Comunicaciones III Congreso Ciudades Inteligentes*. (G. Tecma, Ed.) Obtenido de Congreso Ciudades Inteligentes: <https://www.congreso-ciudades-inteligentes.es/3-congreso-ci-2017/>
- Telefónica, F. (2014). *La Sociedad de la Información en España 2013 siE/13*. Obtenido de Fundación Telefónica: https://www.fundaciontelefonica.com/arte_cultura/sociedad-de-la-informacion/sie2013/
- TMSA. (2013). *Sistema de Control TMSA*. Obtenido de Transmilenio: http://www.transmilenio.gov.co/Publicaciones/nuestro_sistema/Componentes/sistema_de_control
- TMSA. (2017). *Derecho de Petición Información del Sistema Integrado de Recaudo, Control e Información del Servicio al Usuario -SIRCI*. Bogotá.

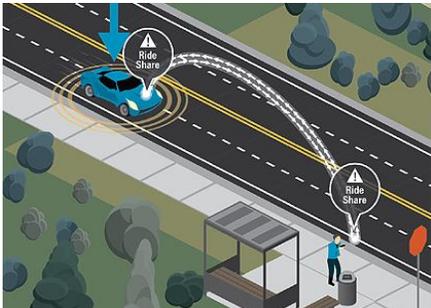
- Toole, J., Colak, S., Sturt, B., Alexander, L., Evsukoff, A., & González, M. (2015). The path most traveled: Travel demand estimation using big data resources. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 58(Part B), 162-177. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X15001631>
- Tovar, S., & Nemocòn, C. (2016). Big Data para el análisis de movilidad en Bogotá. *Secretaria de Movilidad Bogotá*, 1-5.
- Transmilenio. (2016). *Informe de trabajos de aseguramiento*. Obtenido de Transmilenio: <http://www.transmilenio.gov.co/loader.php?lServicio=Publicaciones&lTipo=WfaccionA&lFuncion=visualizar&id=14162&bd=m>
- Transmilenio. (2018). *Tarjeta Tullave*. Obtenido de Transmilenio: http://www.transmilenio.gov.co/Publicaciones/ZONALES/informacion_general_zonales/tarjeta_tullave
- Transportation, U. D. (s.f.). *City of San Francisco Meeting the Smart City Challenge*. Obtenido de U.S. Department of Transportation: <https://cms.dot.gov/sites/dot.gov/files/docs/San-Francisco-SCC-Technical-Application.pdf>
- Transportation, U. D. (s.f.). *Guide to Federal Intelligent Transportation System (ITS) Research*. Obtenido de United States Of Department of Transportation: https://www.its.dot.gov/communications/its_factsheets.htm
- TYSSA. (2008). *Detectores Elevados de Datos de Transito*. Obtenido de Tyssa Transito: http://www.tyssatransito.com/Archivos_pdf/T4_DETECTORES_DE_TRANSITOS_2007_PDF/T4_DETECTORES_DE_TRANSITO.pdf
- UAESP. (2014). *¿Qué es un proyecto de iniciativa pública?* Obtenido de Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, Asociaciones Público Privadas: http://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/images/SubdAsuntosLegales/capacitaciones2014/6_Presentacion_asociaciones_publicas.pdf
- Uber. (2017). *Travel Times Calculation Methodology*. Obtenido de Uber Movement: <https://data.world/rmiller107/travel-time-uber-movement>
- Uber. (s.f.). *Uber Movement*. Obtenido de Uber: https://help.uber.com/es/h/0efe5d9e-ecbe-457f-915c-ed59aab4b08e?state=IEAIZd9ucjDCITZx111jeVgdRUxTin0fzLf83eoGbgw%3D&_csid=Gb4RHz9IK4tRGV-vZ0KRqQ#_
- UniAndes. (2017). *Investigaciones y casos aplicados de transporte en Colombia: por una movilidad sostenible*. Obtenido de Congreso Colombiano de Transporte y Transito 2017: https://drive.google.com/file/d/1LY_iefQ1ni8xmZ7bg_vpgcXeWuefXqO8/view
- Uniandes, & Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Observatorio de Movilidad - Reporte Anual de Movilidad 2015*. Obtenido de Centro de Información Empresarial (CIEB): <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/18119>

- Universia. (2017). *Tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa*. Obtenido de Universia: <http://noticias.universia.cr/educacion/noticia/2017/09/04/1155475/tipos-investigacion-descriptiva-exploratoria-explicativa.html>
- UPM. (2015). Big Data: el futuro a través de los datos . *UPM - Universidad Politécnica de Madrid*, 2-3. Obtenido de https://www.etsisi.upm.es/sites/default/files/noticias_tic/BigData_RevistaUPM.pdf
- Urain, A. (2017). *Mobility and transport planning in Neuquén*. Obtenido de LUCA Data -Drive Decisions : <http://data-speaks.luca-d3.com/2017/11/mobility-planning-neuquen-bigdata.html>
- USDOT. (2008). *In Arizona, the estimated cost of a statewide Automatic License Plate Recognition (ALPR) system at 55 sites is \$9.98 million*. Obtenido de U.S. Department of Transportation (US DOT): <https://www.itscosts.its.dot.gov/ITS/benecost.nsf/ID/42C79633EE7892BC8525797C000A903B?OpenDocument&Query=CApp>
- USDOT. (2008). *In Arizona, the estimated cost of a statewide Electronic Vehicle Registration (EVR) system using radio frequency identification (RFID) technology is \$49.6 million*. Obtenido de U.S. Department of Transportation Arizona: <https://www.itscosts.its.dot.gov/ITS/benecost.nsf/0/C35056F44EBAD63B8525797C000D3742?OpenDocument&Query=Home>
- USDOT. (s.f.). *Estimated cost of a statewide Automatic License Plate Recognition (ALPR) system at 55 sites is \$9.98 million*. Obtenido de U.S. Department of transportation: <https://www.itscosts.its.dot.gov/ITS/benecost.nsf/ID/42C79633EE7892BC8525797C000A903B?OpenDocument&Query=CApp>
- USDOT. (s.f.). *ITS Infographs*. Obtenido de United State Department of Transportation: <https://www.its.dot.gov/infographs/index.htm>
- Valenti, P., Anta, R., & Bendersky, M. (2004). *Estrategias de gobierno electrónico: La definición de un modelo de análisis y estudio de casos*. Obtenido de BID Banco Interamericano de Desarrollo: <https://publications.iadb.org/handle/11319/5183?locale-attribute=en>
- Vanajakshi, L., Ramadurai, G., & Anand, A. (2010). *Intelligent Transportation Systems, Synthesis Report on ITS Including Issues and Challenges in India*. Obtenido de Centre of Excellence in Urban Transport: https://coeut.iitm.ac.in/ITS_synthesis.pdf
- Velásquez, A. (2010). Desafíos de los Sistemas Inteligentes de Transporte en Bogotá. *RTC Movilizando el transporte con tecnología*, 22-26. Obtenido de https://cintel.org.co/wp-content/uploads/2013/05/RCT_57.pdf
- Wang, X., Zhang, F., Li, B., & Gao, J. (2017). Developmental pattern and international cooperation on intelligent. *Case Studies on Transport Policy*, 5(1), 38-44. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X16300360>

- Waze. (s.f.). *Obtén la mejor ruta, todos los días, con ayuda en tiempo real de otros conductores*. Obtenido de Waze: <https://www.waze.com/es/>
- Wright, L., & Hook, W. (2007). *Guía de Planificación de Sistemas BRT*. Obtenido de Intitue for transportation & Development Policy: <https://www.itdp.org/guia-de-planificacion-de-sistemas-brt/>
- Wuping Xin, J. C. (2012). Midtown in motion”: a new active traffic management methodology and its implementation in newyork city. *The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*, 1-19. Obtenido de <https://trid.trb.org/view/1242412>
- Xiaojing, W., Zhang, F., Li, B., & Gao, J. (2017). Developmental pattern and international cooperation on intelligent transport system in China. *Case Studies on Transport Policy*, 5, 38-44. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X16300360>
- Yatskiv, I., Savrasovs, M., & Dagnija Udre, R. R. (2017). Review of intelligent transport solutions in Latvia. *Transportation Research Procedia*, 24, 33-40. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146517303459>
- Zhao, F., Cámara, F., Ball, R., Kim, Y., Han, Y., Zegras, C., & Ben-Akiva, M. (2015). Exploratory Analysis of a Smartphone-Based Travel Survey in Singapore. *MIT Urban planning / Transportation Research Record*, 31. Obtenido de https://dusp.mit.edu/sites/dusp.mit.edu/files/attachments/news/Smartphone-Based_Travel_Survey.pdf

Anexos

Anexo A Iniciativas ITS del US-DOT para vehículos conectados

Iniciativa	Descripción
 <p data-bbox="201 674 706 701">Figura 92 Movilidad - Transporte Compartido</p>	<p data-bbox="829 428 1409 638">El transporte compartido, es el uso compartido dinámico y automático del automóvil, donde todo el trabajo arduo en la coincidencia de los horarios de salida, los destinos y las autenticaciones de los usuarios se lleva a cabo sin problemas mediante un programa informático en el vehículo.</p>
 <p data-bbox="201 1026 706 1054">Figura 93 Movilidad - Protección de conexión</p>	<p data-bbox="829 716 1409 1066">Proporciona a los pasajeros información de tránsito en tiempo real para predecir con mayor precisión si harán su próxima conexión. Un pasajero puede usar su dispositivo móvil personal para iniciar una solicitud de conexión para esperar. Si varias personas en un vehículo de tránsito retrasado perderán su próxima conexión, los proveedores de transporte pueden ajustar las salidas para permitir que los pasajeros hagan su próxima conexión.</p>
 <p data-bbox="201 1421 781 1482">Figura 94 Movilidad - Gestión integrada del corredor (ICM) por VMS</p>	<p data-bbox="829 1129 1377 1339">Los viajeros reciben el mensaje sobre la congestión y las rutas alternativas de viaje a través de un letrero de mensaje dinámico. El mensaje también podría enviarse a través de la radio y/o un dispositivo de comunicación en el vehículo.</p>
 <p data-bbox="201 1820 781 1848">Figura 95 Movilidad - ICM por dispositivos móviles</p>	<p data-bbox="829 1381 1398 1591">Los viajeros también pueden acceder a la información a través de su teléfono inteligente o tableta, incluidas las alternativas de viaje, ubicación de instalaciones de tránsito cercanas, información de horarios en tiempo real y disponibilidad de estacionamiento.</p> <p data-bbox="829 1633 1398 1814">Al administrar el transporte individual como un sistema integrado, se mejora la confiabilidad del tiempo de viaje, administra la congestión y permite a los viajeros obtener mejor información y más opciones en el viaje.</p>

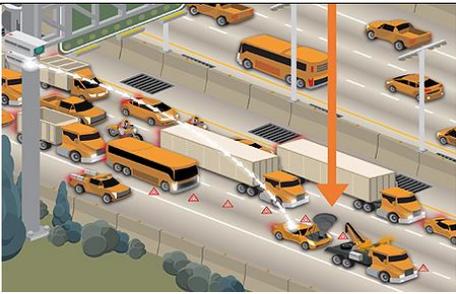
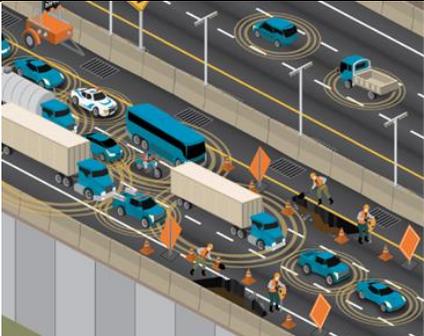
Iniciativa	Descripción
	<p>Las agencias en las áreas de ICM trabajan cooperativamente para compartir datos y coordinar las operaciones de transporte. En un corredor de ICM, los detectores en la vía monitorean las condiciones del tráfico y detecta la congestión debida a un vehículo varado.</p>
	<p>Los centros de gestión de tráfico reciben e intercambian datos sobre incidentes en vía, congestión, demoras y procesan esta información en un mensaje coordinado para los viajeros.</p> <p>Las agencias de tránsito también pueden cambiar el tiempo de la señal para acomodar el tráfico que se desplaza hacia las carreteras cercanas.</p>
	<p>Se advierte a los conductores de la congestión que se avecina, y brinda consejos sobre la velocidad de recorrido en la vía.</p>
	<p>Se recopilan datos de vehículos conectados, dispositivos móviles y la infraestructura para crear aplicaciones multimodales que proporcionan a los viajeros información en tiempo real, como el estado de los niveles de tráfico, disponibilidad de estacionamiento, horarios de tránsito, señales de tráfico y condiciones meteorológicas de la carretera.</p>

Figura 96 Movilidad - ICM Monitoreo por vehículo varado

Figura 97 Movilidad -ICM Centro de Gestión

Figura 98 Movilidad -Advertencia de cola y velocidad en la vía.

Figura 99 Movilidad - Captura y gestión de datos

Iniciativa
Descripción



Figura 100 Movilidad - Gestión uniforme para evacuación vehículo varado en vía.

Respuesta, administración uniforme y evacuación son la próxima generación de aplicaciones que transforman los procesos de respuesta, etapas de emergencia y comunicaciones. La administración uniforme y evacuación asociados con incidentes, le advierten a los conductores del cierre del carril y con el fin de reducir la velocidad al acercarse a zonas de incidentes.



Figura 101 Seguridad - Advertencia de infracción de luz roja

Emitir una advertencia a un conductor que está por encender una luz roja en el control semafórico.

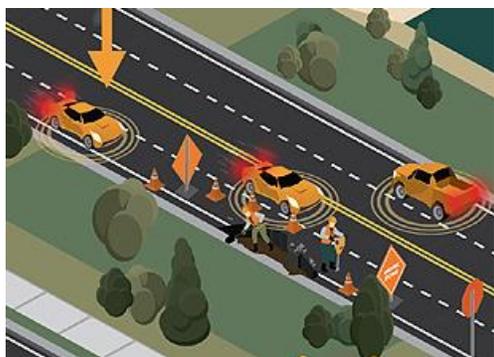


Figura 102 Seguridad - Advertencia de la zona de trabajo

Notificar a un conductor que tenga cuidado cuando viaje a través de una zona de trabajo.

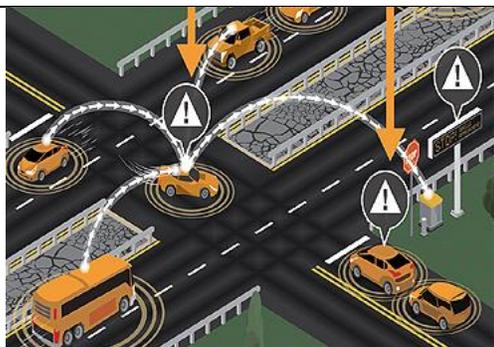


Figura 103 Seguridad - Ayuda de pausa de señal de parada

Alertar a un conductor cuando no es seguro ingresar a una intersección STOP controlada por señales.

Iniciativa
Descripción



Figura 104 Seguridad - Seguridad del vehículo conectado al ferrocarril

Advertir al conductor si hay un tren que se acerca a un cruce de nivel y proporcionar la cantidad de tiempo estimada hasta que el tren despeje la intersección.

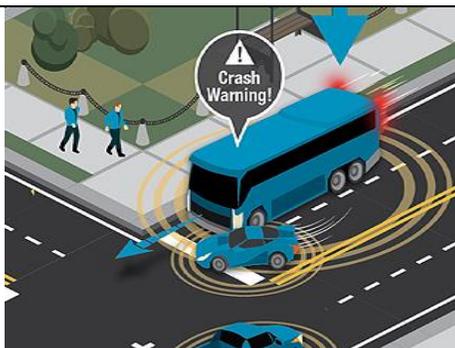


Figura 105 Seguridad – Giro vehicular de riesgo

Alertar a un conductor de autobús si un vehículo está tratando de girar a la derecha en frente del autobús, ya que el autobús se aleja de la parada de autobús.



Figura 106 Seguridad - Giro a la izquierda en el camino

Notificar al conductor del tráfico en sentido contrario, por lo que no es seguro girar a la izquierda.



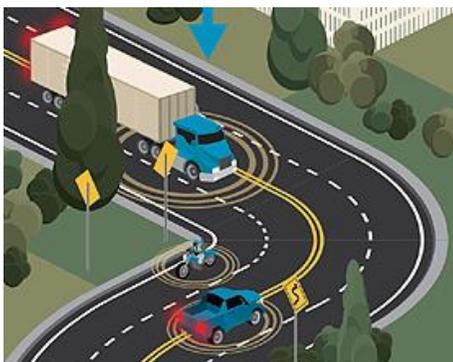
Figura 107 Seguridad - Advertencia de cambio de carril

Advertir a un conductor cuando un vehículo está en el punto ciego, por lo cual no es seguro cambiar de carril.

Iniciativa**Descripción**

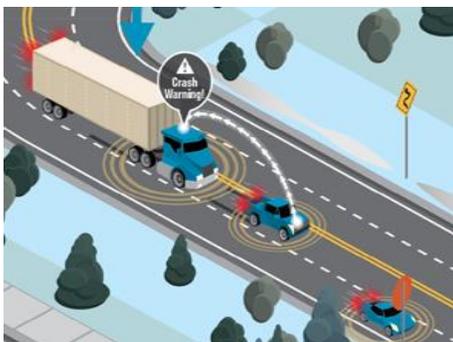
Advertir a un conductor, cuando se acerca a una intersección, si otro vehículo está pasando una luz roja o girando repentinamente.

Figura 108 Seguridad - Asistencia de movimiento de intersección



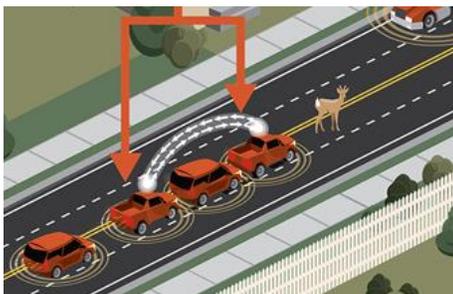
Advertir a un conductor de camión, si el camión está viajando demasiado rápido para una curva de aproximación.

Figura 109 Seguridad - Advertencia de velocidad de curva



Advertir al conductor de un camión si el vehículo que viene adelante se detiene o viaja más despacio y existe el riesgo potencial de colisión.

Figura 110 Seguridad - Advertencia de colisión frontal del camión



Notificar de repente al conductor del frenado de un vehículo, freno de emergencia.

Figura 111 Seguridad - Advertencia de luz de freno

Iniciativa
Descripción



Figura 112 Seguridad - Advertencia de peatones de la parada de autobús de tránsito

Usar sensores, ubicados en postes de luz, para advertir a los peatones si están en peligro de ser atropellados por un autobús que se acerca o sale de la parada de autobús, así como para advertir a los conductores de autobuses sobre la presencia de peatones.

También advierte a los peatones que bajan de un autobús de cualquier vehículo en las inmediaciones de la parada de autobús que puedan estar fuera de su vista, lo que ayuda a evitar posibles colisiones.



Figura 113 Seguridad - Peatón en paso de peatones señalizado

Avisar a un conductor de autobús si un peatón está cruzando por delante en una intersección no señalizada.



Figura 114 Seguridad - Peatón en riesgo

Avisar a un conductor si un peatón está cruzando por delante en una intersección no señalizada, con descuido por utilización del dispositivo móvil o con paso lento.

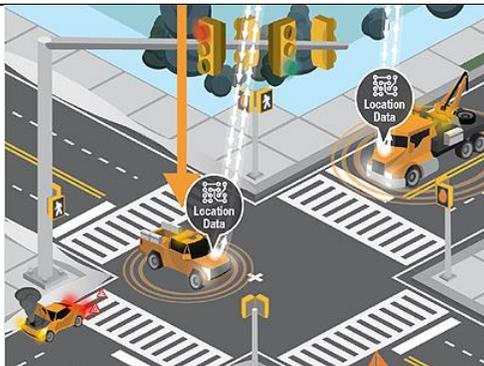
Iniciativa**Descripción**

Figura 115 Seguridad - Información para mantenimiento y sistemas de gestión de flotas

La conexión de los vehículos especializados para mantenimiento, brindan información en tiempo real, de su estado, ubicación y materiales a bordo, para ayudar a las agencias con el cronograma, el mantenimiento y el inventario.



Figura 116 Clima - Gestión del tráfico sensible al clima

Proporciona información sobre el clima de la carretera para ayudar a ajustar los intervalos de sincronización de la señal en la intersección señalizada y los límites de velocidad publicados cuando el mal tiempo afecta las condiciones de la carretera.



Figura 117 Clima - Información y enrutamiento para respondedores de emergencia.

Proporcionar información sobre el deterioro de la vía y las condiciones climáticas de los segmentos de la vía para responder a la emergencia, determinando y calculando las rutas y los tiempos de respuesta.

Iniciativa
Descripción



Figura 118 Clima - Información para operadores de carga

Proporcionar información sobre el deterioro de la carretera y las condiciones climáticas en segmentos específicos de carreteras para los conductores de camiones y sus despachadores para apoyar las decisiones de enrutamiento y programación.

Emitir alertas y avisos de condiciones meteorológicas inseguras en la carretera.

Los viajeros proporcionan datos meteorológicos a los sistemas de apoyo a las decisiones de las agencias para mejorar los planes de tratamiento y las recomendaciones para el control de la nieve y el hielo.



Figura 119 Clima - Advertencias de los conductores y viajeros

Emitir alertas y advertencias a los viajeros sobre el deterioro de la carretera y las condiciones climáticas en segmentos específicos de carreteras



Figura 120 Medio ambiente - Enfoque ecológico y salida en intersecciones señalizadas

Presentar información a los conductores sobre la temporización de la señal de tráfico, lo que permite a los conductores adaptar su velocidad para que pasen la señal en verde o reduzcan la velocidad hasta detenerse de la manera más ecológica posible.

Iniciativa
Descripción

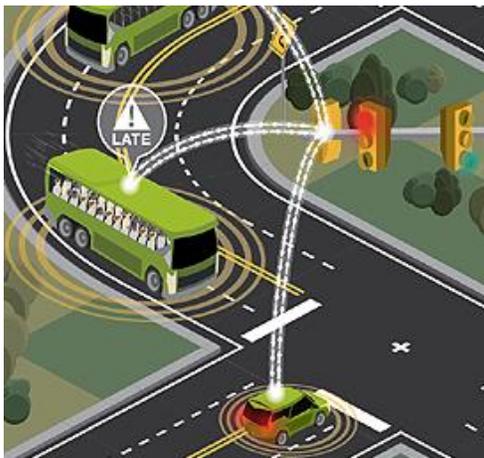


Figura 121 Medio ambiente - Prioridad de señal de eco-tráfico

Dar prioridad a la señal a los vehículos de tránsito que se acercan a una intersección señalizada, teniendo en cuenta la ubicación del vehículo, la velocidad, el tipo, el horario y la cantidad de pasajeros. Las decisiones prioritarias se basan en el tráfico en tiempo real y en los datos de emisiones para producir la menor cantidad de emisiones en las intersecciones señalizadas.



Figura 122 Medio ambiente - Prioridad Señal Eco-Freight

Dar prioridad a la señal a los vehículos de carga que se aproximan a una intersección señalizada. Las decisiones prioritarias se basan en el tráfico en tiempo real y en los datos de emisiones para producir la menor cantidad de emisiones en las intersecciones señalizadas.



Figura 123 Medio ambiente - Temporización de señal de eco-tráfico

Las señales de tráfico recogen datos como el tipo de vehículo, la ubicación, la velocidad y las emisiones del vehículo para optimizar el tiempo de la señal de tráfico.

Fuente: El autor basado en documentos ITS Infographs del United State Department of Transportation - USDOT, s.f.

Anexo B Matriz de información disponible y recolectada para la gestión del SITP.

Reporte	Actividad	Información	Datos tipo de acción	Descripción	
Informes diarios	Acciones de regulación	Por controlador		Muestra las acciones de regulación realizadas en el sistema	
	Actividad bus			Muestra los eventos de bus programados por cada vehículo	
	Actividad conductor	Actividad planificación conductor			Muestra los eventos de conductor y las asignaciones de vehículo
		Tiempo conductor logeado			
		Tiempo planificado del conductor	Hora teórica Hora real Exceso de horas		
	Excepciones				Muestra las excepciones realizadas en el sistema
	Fonias	Fonias por controlador	Hora de petición Hora de apertura Hora de cierre		Muestra las fonias realizadas en el sistema
	Horas conductor				Muestra las horas trabajadas por el conductor
	Horas trabajadas	En línea teórica	Tiempo planificado del bus en línea.		Tiempo de servicio de los buses
		En línea real	Tiempo real del bus en línea.		
		Regulación teórica	Tiempo de espera planificado en parada de un bus.		
		Regulación real	Tiempo de espera real en parada de un bus.		
	Interrupciones viajes	Operador , Código Bus	Último evento anterior registrado Primer evento posterior registrado Número de eventos no registrados Razón		Muestra las variaciones o interrupciones al servicio antes del destino final
Numero de buses	Operador	Fecha Servicio Bus Línea Ruta Vehículos		Muestra el número de vehículos asignados totales, por operador, fecha, servicio, línea y ruta	
Puntos de control	Fecha, Línea, Ruta, Servicio Bus, Id. Viaje, Coche.	Hora Teórica Hora Llegada Hora Salida		Muestra las paradas programadas del sistema	
Sesiones				Muestra la información de las sesiones de los usuarios del SAE	
Tiempos	Resumen Viaje Viaje Línea Servicio bus Vehículo	Duración de Viaje		Muestra los viajes de un servicio o de la línea, los tiempos de recorrido programados, los reales ejecutados y la desviación programado real	

Reporte	Actividad	Información	Datos tipo de acción	Descripción
	Velocidad	Velocidades por Línea y Vehículo operador	Línea Ruta Código Bus Velocidad Media km/h Velocidad Máxima km/h Velocidad Mínima km/h	Muestra la media de las velocidades por franja horaria, ruta y vehículo
	Viajes	Viajes con frecuencias no acordadas por Operador	Servicio Bus Línea Ruta Hora teórica, referencia y real Separación anterior y posterior: <ul style="list-style-type: none"> • Teórica • Referencia • Real • Código Bus 	
	Viajes	Viajes Desglosado	Sublínea Ruta Sentido <ul style="list-style-type: none"> • Planificado • Eliminado Estado Motivo Bus Tipo Bus Kilómetros <ul style="list-style-type: none"> • Teóricos • Adicionales Autorizados • Adicionales No Autorizados • Eliminados Autorizados • Eliminados No Autorizados • Teóricos No Realizados por Acciones o Desvíos Distancia <ul style="list-style-type: none"> • Suprimida por Acciones Justificadas o Desvíos • Añadida por Acciones Justificadas o Desvíos Porcentaje	Muestra los viajes programados por vehículo

Reporte	Actividad	Información	Datos tipo de acción	Descripción
			<ul style="list-style-type: none"> Kilometraje Realizado Puntualidad Cumplimiento <hr/> Motivo Adición <hr/> Eliminación o sustitución de viaje <ul style="list-style-type: none"> Descripción Motivo <hr/> Separación Anterior <ul style="list-style-type: none"> Teórica Referencia Real <hr/> Lista Acciones <hr/> Tipo Servicio de Línea <ul style="list-style-type: none"> Hora Inicio Hora Final <hr/> Duración, Límite inferior y Superior <ul style="list-style-type: none"> Teórica Referencia Real <hr/> Viajes por conductor Operador <ul style="list-style-type: none"> Teórica, Referencia, planificada o modificada Real Referencia, planificada o modificada <hr/> Viajes sin control SAE	
indicadores	Comunicación por vehículo	Operador	Código Bus Tiempo total (horas) Índice de Comunicación.	Muestra el tiempo de registro de comunicaciones y el tiempo de conexión
	Cumplimiento	Por línea y franja Operador	Franja Horaria Total Viajes Viajes Cumplidos Índice Cumplimiento	Muestra los viajes completados por línea y franja.
	Puntualidad	Por línea y franja Operador	Franja Horaria Total Viajes Viajes puntuales Índice puntualidad	Muestra el porcentaje de puntualidad de cada línea.

Reporte	Actividad	Información	Datos tipo de acción	Descripción
	Mantenimiento	Operador	Número de Alarmas Indicador de Mantenimiento	Indicador del mantenimiento realizado a vehículos.
Informes de gestión	Alarmas equipamiento	Operador	Código Bus Alarma Descripción Alarma Ultima Activación Total Fallo (Hora) Duración Alarma Numero de Alarmas	Muestras las alarmas que se han producido en el equipamiento de los vehículos.
	Consumo de datos 3G-ZONAL	Diario	Número de bytes enviados a los Vehículos	Muestra los eventos de bus programados por cada vehículo
		mensual	Número de bytes enviados a los Vehículos	
	Tiempo de apertura de puertas	Por línea	Hora salida, llegada <ul style="list-style-type: none"> • Teórica • Referencia Exceso tiempo en parada	
			Tiempo Total de Detención (segundos) Promedio (segundos) Tiempo Mínimo (segundos) Tiempo Máximo (segundos)	
Actividad Bus	Tiempo entre paradas operador	Línea Ruta Código Bus Posición <ul style="list-style-type: none"> • Desde Posición inicial • Hasta Posición final • Tipo Nodo • Nombre Nodo Origen • Nombre Nodo Destino Servicio Bus Hora origen, salida y llegada, Parada Siguiente <ul style="list-style-type: none"> • Teórico • Referencia • Real 		

Reporte	Actividad	Información	Datos tipo de acción	Descripción
	Excepciones	Operador	Exceso de detección Exceso de detección en parada Exceso de velocidad Numero de eventos Paradas no autorizadas Paradas no realizadas Tiempo de detección en vías	Muestra las excepciones creadas en un rango de fechas.
	Frecuencias	Operador	Por línea <ul style="list-style-type: none"> • Intervalo Medio (min) • Desviación Típica • Intervalo Máximo (min) • Intervalo Mínimo <hr/> Por operador <ul style="list-style-type: none"> • Número de Intervalos Reales • Intervalo Medio • Desviación Típica (minutos) • Intervalo Máximo (min) • Intervalo Mínimo <hr/> Programada y realizada (Vehículo) <ul style="list-style-type: none"> ○ Hora Inicio ○ Hora Fin ○ Viaje Línea ○ Frecuencia <ul style="list-style-type: none"> ▪ Teórica ▪ Referencia ▪ Real 	Muestra los intervalos de salidas medios por rangos horarios.
	Graficas	Operador	Gráfica Cumplimiento Gráfica Puntualidad Gráfica kilómetros Realizados Gráfica Velocidades	Permite generar gráficos del avance de las actividades por fecha, sistema y empresa
			<u>Afectados por Acción de Regulación</u> Kilómetros <ul style="list-style-type: none"> • Programados • Adicionales • Autorizados • Adicionales No Autorizados • Eliminados Autorizados • Eliminados No Autorizados 	Kilometraje de la flota
		Asignados a Vehículo		

Reporte	Actividad	Información	Datos tipo de acción	Descripción	
	Kilómetros		<ul style="list-style-type: none"> • Efectivamente realizados • Computables 		
			Planificados y Computables		
				Hora inicio, fin	
		Registrados de la Unidad Lógica		Kilómetros <ul style="list-style-type: none"> • En línea • De incorporación • De retirada • En vacío • No localizado • Total kilómetros 	
		Servicio Bus por Línea - Operador y Operador - Línea		Kilómetros <ul style="list-style-type: none"> • Programados • Adicionales • Eliminados • Realizados • Computables 	
		Sin Control SAE - Operador	Kilómetros <ul style="list-style-type: none"> • Viajes planificados no eliminados • No eliminados y no registrados • Viajes bajo código de referencia • Bajo código de referencia • Diferencia de Kilometraje 		
Paradas	Operador		Horas paradas realizadas Numero paradas realizadas	Muestra las horas de llegada y salida, planificadas y registradas.	
Registro de dispositivos ZONAL	Operador		Código Bus, Dispositivo	Muestra la información de los dispositivos registrados en cada vehículo	
Mensajes PIP Troncal	Operador		Mensajes Enviados por Fecha Número Mensajes por Tipo Número Mensajes por Tipo (Matriz)	Muestra información sobre los mensajes enviados a los PIP	
Servicios bus	Servicios por Línea		Servicio Bus Coche Lógico Etiqueta Línea	Muestran los servicios realizados por Operador	
	Servicios por Operador		Servicio Viajes		

Reporte	Actividad	Información	Datos tipo de acción	Descripción
			<ul style="list-style-type: none"> • Planificados • Cumplidos • Puntuales • Adicionales 	
			Servicios por Vehículo	
	Velocidad	Operador	Velocidad Mensual Velocidad de Operación Velocidad Tramo entre Paradas Velocidad Tramo por Fecha Velocidad Tramo por Línea	Muestra la media de las velocidades por franja horaria, ruta y vehículo
	Viajes		Fuera de Ruta No Autorizados	Última Hora con estado en línea Última Ubicación con estado en línea Última Ubicación con estado en línea Primera Ubicación con estado en línea
		Retrasos Ruta	Nombre Ruta Franja Viajes con Retraso Numero de Valores	
		Incompletos	Distancia Planificada Distancia NO Recorrida Porcentaje Recorrido	
		Viajes Planificados, Cumplidos, Puntuales, Adicionales.	Realizados por Fecha Realizados por Línea Realizados por Operador Realizados por Servicio Bus Realizados por Vehículo Registrados Unidad Lógica	
Informes sistemas	Estado equipamiento			Muestra el estado actual del sistema
			Acciones Viaje Comunicaciones Nodos Ruta	

Reporte	Actividad	Información	Datos tipo de acción	Descripción
Informe datos	Operador	Datos brutos y procesados	Servicios Velocidad Tramo Viajes Viajes Distancias Viajes Frecuencia Viajes Resumen Viajes Tiempos	Informes sobre tablas de la Base de Datos SAE Explotación Next
Informe planificación	Operador	Horario	Muestra la información horaria de un tipo de jornada.	La información se obtiene de la Base de Datos SAE BaseNext
		Horario Histórico	Muestra la información horaria histórica de un servicio de bus.	
		Matriz de Distancias	Muestra las acciones de los Usuarios en las diferentes aplicaciones	
		Nombramientos	Servicio del conductor	
		Planificación de Horario	Jornadas tipo	
		Tipos Día por Jornada	Muestra los diferentes tipos de día por Jornada	
Viajes Planificados por Línea	Muestra información de viajes planificados por línea			

Fuente: El autor basado en Rueda (2017) y entrevistas realizadas a los operadores del sistema.

Anexo C Resumen de sensores y fuentes de datos basados en su costo, fiabilidad y precisión.

Fuente de datos		Datos recolectados							
		Tiempo de Viaje				Volumen	Velocidad	Ocupación	Clasificación
		Exhaustividad		Inmediatez					
		Exh.	No exh.	Directo	Indirecto				
Espiras inductivas	Simples	√			√	√*	√	√	
	Dobles	√			√	√	√	√	
Vehículo flotante activo			√	√			√		
AVI			√	√		√***	√**		
Radar	Microondas	Doppler	√			√	√	√	√
		FMCW	√			√	√	√	√
	Infrarrojos	Activo	√			√	√		√
		Pasivo	√			√	√	√	√
	Sónico	Ultrasónico	√			√	√	√	√
		Acústico pasivo	√			√	√	√	√
VIP	Tipo espira	√			√	√	√	√	
	Lectura matriculas		√	√		√***	√**		
Sensores no específicos	GPS			√	√		√***	√**	
	Telefonía móvil			√	√		√***	√**	
	Peaje	Abierto		√	√		√***	√**	√***
		Cerrado	√		√		√	√**	√

Fuente: Fusión de datos para obtención de tiempos de viaje en carretera (Abejón, 2007)

Nota: La tabla muestra el resumen de los sensores y los datos recolectados.

- √* : Se pueden obtener indirectamente mediante la aplicación de algoritmos. √** : Se pueden obtener las velocidades medias espaciales.
 √*** : Se pueden obtener mediante teoría estadística.

Fuente de datos			Fiabilidad y precisión					
			Precisión			Fiabilidad		
			Tiempo de viaje	Volumen	Velocidad	Ocupación	Averías	Condiciones ambientales
Espiras inductivas	Simples		√√√	√	√√	√	√√√	
	Dobles		√√√	√√	√√	√	√√√	
Vehículo flotante activo			√√		√√		√√√	
AVI			√√		√√		√√√	
Radar	Microondas	Doppler		√√√	√√√	√	√√	√√√
		FMCW		√√√	√√	√√	√√	√√√
	Infrarrojos	Activo		√√√	√√	√√√	√√	√√
		Pasivo		√√	√	√	√√	√√√
	Sónico	Ultrasónico		√√√	√	√	√√	√√√
		Acústico pasivo		√√	√√√	√	√√	√
VIP	Tipo espira			√√√	√√	√	√√	√
	Lectura matriculas			√	√√		√√	√
Sensores no específicos	GPS		√√√		√√√		√√√	√√√
	Telefonía móvil		√		√		√√√	√√√
	Peaje	Abierto	√√		√√		√√√	√√√
		Cerrado	√√√	√√√	√√√		√√√	√√√

Fuente: Fusión de datos para obtención de tiempos de viaje en carretera (Abeijón, 2007)

Nota: La tabla muestra el resumen de los sensores, su fiabilidad y precisión.

√√√: Tienen una alta calidad en ese apartado

√√: Tienen una calidad media en ese apartado

√: Tienen una baja calidad en ese apartado

Fuente de datos			Coste y representatividad			
			Coste			Representatividad
			Coste unitario	Explotación	Medio en ciclo de vida	
Espiras inductivas	Simples		√√√	√	√√	√√
	Dobles		√√	√	√√	√√
Vehículo flotante activo			√	√√	√	√√√
AVI			√	√√	√	√√√
Radar	Microondas	Doppler	√√√	√√√	√√√	√√√
		FMCW	√√	√√√	√√√	√√√
	Infrarrojos	Activo	√√	√√	√	√√
		Pasivo	√√√	√√	√√	√√
	Sónico	Ultrasónico	√√√	√√	√√	√√
		Acústico pasivo	√	√√	√√	√
VIP	Tipo espira		√	√√√	√√	√
	Lectura matriculas		√	√√√	√√	√
Sensores no específicos	GPS		√√√	√√√	√√√	√√√
	Telefonía móvil		√√√	√√√	√√√	√
	Peaje	Abierto	√√√	√√√	√√√	√√√
		Cerrado	√√√	√√√	√√√	√√√

Fuente: Fusión de datos para obtención de tiempos de viaje en carretera (Abejón, 2007)

Nota: La tabla muestra el resumen de los sensores, su coste y representatividad (precisión más fiabilidad), alta calidad es análogo a bajo costo

√√√: Tienen una alta calidad en ese apartado √√: Tienen una calidad media en ese apartado √: Tienen una baja calidad en ese apartado

Anexo D Formato encuestas de preferencias relevadas en Google Forms

**MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL
ÉNFASIS EN TRÁNSITO Y TRANSPORTE**

Proyecto de la Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte desea conocer su percepción acerca de los Sistemas Inteligentes de Transporte y la utilidad que presentan las aplicaciones para seleccionar su ruta de viaje.

- Datos de entrada:

Nombre:

Correo electrónico o institucional:

- **Estructura de la encuesta**

1. ¿Ha escuchado sobre las Ciudades Inteligentes o Smart Cities?
SI NO
2. ¿Ha escuchado sobre los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)?
SI NO
3. ¿Tiene algún conocimiento sobre el avance en el proceso de implementación de los ITS en la ciudad de Bogotá, hacia el desarrollo de una Smart City?
SI NO NS/NR
4. ¿Ha escuchado sobre el manejo de grandes volúmenes de datos como Big Data y Data Science?
SI NO
5. Si tiene claro el concepto del uso de Big Data, ¿Cree usted que la información arrojada por estos sistemas de navegación en tiempo real, pueden ser un insumo importante para la Gestión de la Movilidad en la Ciudad?
SI NO
6. ¿Tiene algún conocimiento sobre los aportes y beneficios que pueden representar la implementación Sistemas Inteligentes de Transporte para la ciudad de Bogotá?
SI NO NS/NR
7. ¿Considera que la creación de nuevos sistemas de navegación u aplicaciones con servicios GPS para planificación de viajes, son un buen recurso tecnológico para ser analizado dentro de los Sistemas Inteligentes de Transporte?
SI NO NS/NR

8. ¿Ha utilizado sistemas de navegación para planificar de sus viajes y cumplir con los horarios de llegada a sus compromisos cotidianos?
- SI NO
9. ¿Cuál de los siguientes sistemas de navegación utiliza o ha utilizado para planificar sus viajes?
- Waze
 - Google Maps
 - Moovit
 - Tomtom Traffic
 - Here WeGo
 - Otra
10. ¿Con que frecuencia en la semana hace uso del sistema de navegación para planificar sus viajes?
- Siempre
 - A veces
 - Rara vez
 - Nunca
11. ¿Cómo califica la practicidad de este tipo de aplicativos por cuanto le ayudan a cumplir con los horarios de llegada a sus compromisos?
- Deficiente
 - Regular
 - Buena
 - Excelente
12. ¿Cuál es el principal beneficio que le encuentra al uso esta herramienta?
- Fácil manejo
 - Rápida e intuitiva para escoger las rutas
 - Acertada y precisa en los tiempos calculados
 - Actualización efectiva y dinámica.
 - Todas las anteriores
 - NS/NR
13. ¿Considera que las rutas proporcionadas se anticipan de forma rápida y adecuada al comportamiento dinámico y cambiante del tráfico?
- Siempre
 - A veces
 - Rara vez
 - Nunca

14. ¿Considerando que usted es viajero frecuente, los posibles trayectos de menor congestión vehicular, la ruta recomendada por esta plataforma coincide o responde a su percepción?
- Siempre
 - A veces
 - Rara vez
 - Nunca
15. ¿Ha cambiado el trayecto de alguna ruta habitual o cotidiana a partir de la recomendación de la aplicación?
- SI NO
16. ¿Considera que existe una disminución del tiempo de viaje, debido a la ruta recomendada o escogida por estas plataformas?
- SI NO
17. Considera que la precisión de los tiempos calculados por la aplicación respecto de los que finalmente se logra, son:
- Deficiente
 - Regular
 - Bueno
 - Excelente
18. Con qué frecuencia considera que la recomendación que brinda la aplicación le ha sido de utilidad en su tiempo de viaje:
- Siempre
 - A veces
 - Rara vez
 - Nunca
19. ¿Cómo calificaría el servicio de navegación con la cual planifica sus viajes?
- Excelente
 - Buena
 - Regular
 - Mala
 - Innecesaria