

**ESTADO DEL ARTE DEL USO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN EN LA MOVILIDAD URBANA EN CIUDADES INTELIGENTES**

DIANA FERNANDA CHACÓN DÍAZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2016**

**ESTADO DEL ARTE DEL USO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN EN LA MOVILIDAD URBANA EN CUIDADES INTELIGENTES**

DIANA FERNANDA CHACÓN DÍAZ

Cód. 2071992

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar el título de
Ingeniera industrial**

Directora:

RUTH ZÁRATE RUEDA

TRABAJO SOCIAL

Especialista en teoría, métodos y técnicas de Investigación social

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERA INDUSTRIAL Y EMPRESARIALES
INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mama Elvita, mami Cecilia y Leo que son el motor de mi vida; gracias por su apoyo incondicional termino esta etapa de mi vida.

A la Profesora Ruth gracias por su amistad, orientación y paciencia termino este proyecto con éxito.

A Eida duran por ser mi amiga y compañera en momentos alegres y de estudio.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	15
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	19
1.4. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN.....	20
1.4.1 Metodología de análisis de contenido web.....	23
2. PLANEACIÓN DE LA REVISIÓN.....	25
2.1. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE UNA REVISIÓN.....	25
2.2. PREPARACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UNA REVISIÓN.....	25
2.3. PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3. EJECUCIÓN DE LA REVISIÓN.....	30
3.1. IDENTIFICACIÓN DE ESTUDIOS.....	30
3.2. SELECCIÓN DE ESTUDIOS.....	30
3.3. EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LOS ESTUDIOS.....	33
3.4. EXTRACCIÓN DE DATOS Y LA VIGILANCIA DE LOS PROGRESOS.....	34
3.5. SÍNTESIS DE LOS DATOS.....	38
4 REPORTE Y DISEMINACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	39
4.1. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO.....	39
4.2. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA MOVILIDAD URBANA EN EL ENTORNO COLOMBIANO.....	47

5. ANALISIS DE CONTENIDO WEB	50
5.1 ESTADO DEL ARTE.....	50
5.2 TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN T.I.C.....	52
5.3 CIUDADES INTELIGENTES.....	54
5.4 MOVILIDAD URBANA	57
6. METODOLOGÍAS APLICABLES AL USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN MOVILIDAD URBANA EN CIUDADES INTELIGENTES.....	60
6.1. REDES MANET Y VANET	62
6.2. REDES MÓVILES AD HOC MANET	63
6.3. REDES VEHICULARES AD HOC VANET	66
6.3.1. Arquitectura Vanet:	70
6.3.2. Seguridad del tráfico a través de comunicaciones de luz visibles tecnología vanet:.....	75
6.4. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS CON LA TECNOLOGÍA DE RED AD HOC VEHICULAR VANET: LOS CARROS DEL FUTURO.....	77
6.5. DETECCION DEL TRAFICO JAM	79
6.6. VISIÓN GENERAL DE LAS TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE ATASCOS DE TRÁFICO EN LAS CIUDADES INTELIGENTES.	83
7. TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS DEL USO DE LAS T.I.C. EN MOVILIDAD URBANA	86
7.1. COMUNICACIÓN INTRA – VEHICULAR IVC.....	86
7.2. SISTEMA DE CABINA MÓVIL (MCS) PARA LOS TELÉFONOS INTELIGENTES PARA LA BICICLETA ELÉCTRICA (EB):.....	89
7.2.1 Nito Bike Net.....	89
7.2.2. Arquitectura nito bikenet	89
7.2.2. v – Alert aplicación teléfonos móviles.....	92
7.3. USO DE TELÉFONOS MÓVILES PARA CREAR DATOS DE CÓDIGO EN EL SISTEMA DE BUS SEMI – INFORMAL.....	95
7.4. DETECCIÓN DEL TRÁFICO DESDE TWITTER TELÉFONOS MÓVILES	97

7.5 ESTACIONAMIENTO Y RESERVA A PARTIR DE LOS TELÉFONOS MÓVILES.....	99
7.6. TELÉFONOS MÓVILES EN TAXIS	103
8. CONCLUSIONES	107
BIBLIOGRAFIA.....	110

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Etapas en la elaboración de una revisión sistemática.	22
Figura 2. Proceso de selección de artículos para la revisión sistemática.	34
Figura 3. Aduna Clúster Map de las Palabras Clave sin agrupar.	36
Figura 4. Aduna Clúster Map de las Palabras Clave agrupadas.	37
Figura 5. Producción de artículos por año.....	40
Figura 6. Países líderes.....	42
Figura 7. Revistas líderes en publicación de artículos acerca del uso de T.I.C en movilidad urbana.....	46
Figura 8. Ejemplo de Red Inalámbrica Multi – Hop de Sensores WSN	61
Figura 9. Comunicación en una Red Ad Hoc MANET.....	65
Figura 10. Comunicación Multi – hop en una red MANET formada por cinco nodos.....	65
Figura 11. Distribución de muertes por categoría de usuarios y la estructura de los vehículos implicados en el año 2012.	67
Figura 12. El ciclo de vida de datos en el transporte inteligente.....	69
Figura 13. Ilustración de la emisión de mensajes VANET.....	72
Figura 14. Equipamiento para las comunicaciones vehiculares.	73
Figura 15. Vehículos de seguridad proceden de los vehículos dañados y transmiten la información en el barrio de esta zona.	76
Figura 16. Relación entre la tecnología VANET y modelos EV.	78
Figura 17. Concepto de proporcionar los recursos TIC en las ciudades inteligentes que utilizan vehículos móviles.....	87
Figura 18. Arquitectura BikeNet Nitos.	90
Figura 19. Descripción de la arquitectura del Sistema V – Alert.....	94
Figura 20. Ilustración de predicción, enrutamiento y cooperación del servicio de estacionamiento.....	102
Figura 21. Visualización de un ciclo de servicio de taxi completa.	106

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.Etapas de la implementación de análisis del contenido web	24
Tabla 2.Protocolo de búsqueda exploratoria.....	27
Tabla 3. Proceso para la elaboración de la Ecuación de Búsqueda.....	28
Tabla 4.Proceso de selección: criterios de exclusión	31
Tabla 5. Proceso de selección de artículos a partir de los criterios de inclusión. ..	32
Tabla 6. Producción de artículos a nivel mundial.	41
Tabla 7. Principales Autores	43
Tabla 8.Producciones de artículos por Instituciones	44
Tabla 9. Ventajas y desventajas de las T.I.C.	54
Tabla 10. Visión general de las técnicas de detección de atascos de tráfico en las ciudades inteligentes	83
Tabla 11. Número de frecuencias de términos en la plataforma de Twitter.	98

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Ecuación de Búsqueda.	29

RESUMEN

TÍTULO: ESTADO DEL ARTE DE EL USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN LA MOVILIDAD URBANA EN LAS CIUDADES INTELIGENTES.*

AUTOR: CHACÓN DÍAZ, Diana Fernanda.**

PALABRAS CLAVES: Estado del Arte, Ciudades Inteligentes, Tecnología de Información y Comunicación, Movilidad Urbana y Sistema Inteligente de Transporte.

DESCRIPCIÓN:

El presente proyecto contribuye a una revisión bibliográfica referente al uso de la Tecnologías de Información y Comunicación en movilidad urbana, teniendo en cuenta que las ciudades inteligentes se benefician del potencial de las T.I.C. pues el uso de estas estrategias de solución podrían cubrir la necesidad de movilidad, la congestión del tráfico, contribuir a salvar vidas, reducir el tiempo de viaje, mitigar los efectos negativos y su impacto en el medio ambiente. Esta investigación se desarrolla a partir de la metodología de una revisión sistemática para el establecimiento de un marco teórico de referencia presentando el conocimiento acumulado.

La literatura muestra que existe una amplia brecha entre las tendencias teóricas y metodológicas como teoría y su aplicación dentro de la problemática del tráfico, donde grandes países han demostrado su interés por investigar las causas y consecuencias en la movilidad urbana como fenómeno mundial.

También se identifican las principales metodologías como las redes de telefonía y redes vehiculares las cuales proponen un nuevo esquema para las ciudades inteligentes dado que pueden transmitir mensajes de advertencia y las estadísticas de tráfico; donde la persona puede tomar decisiones apropiadas de viaje y por lo tanto evitar carreteras congestionadas en tiempo real, la importancia de esta información en situaciones de emergencia como un accidente automovilístico es donde se requiere de la coordinación y la solidaridad entre los agentes implicados con la finalidad de tratar con urgencia a las personas heridas.

* Tesis de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Directora: Zárate Rueda Ruth.

ABSTRACT

TITLE: STATE OF THE ART OF THE USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN URBAN MOBILITY IN THE SMART CITIES.*

AUTHOR: CHACÓN DÍAZ, Diana Fernanda.**

KEYWORDS: State of the Art Smart Cities, Information and Communication Technology, Urban Mobility and Intelligent Transportation System.

DESCRIPTION:

This project contributes to a reference to the use of Information and Communication Technologies in urban mobility literature review, given that smart cities benefit from the potential of ICT since the use of these strategies solution could meet the need for mobility, traffic congestion, help save lives, reduce travel time, mitigate the negative effects and its impact on the environment. This research is developed from a systematic review methodology for the establishment of a theoretical framework presenting the accumulated knowledge.

The literature shows that there is a wide gap between the theoretical and methodological trends as theory and its application within the traffic problems where countries have shown great interest in researching the causes and consequences in urban mobility as a global phenomenon.

The principal methodologies such as telephone networks and vehicular networks which proposed a new scheme for smart cities are also identified as they can transmit warning and traffic statistics; where the person can make appropriate travel decisions and therefore avoid congested roads in real time, the importance of this information in emergencies like a car accident is where it requires coordination and solidarity among stakeholders in order to treat people badly injured.

* Degree Proyect.

** Physicomechanical Engineering's Faculty. School of Industrial Engineering and Business. Director: Orlando Enrique Contreras Pacheco

CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

OBJETIVO	CUMPLIMIENTO
Construir un análisis bibliométrico de las tendencias existentes en el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en movilidad urbana en Ciudades Inteligentes.	Capítulo 2,3 y 4
Realizar análisis de contenido web para la identificación de tendencias existentes en el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en movilidad urbana en Ciudades Inteligentes.	Capítulo 5
Establecer las metodologías aplicables al uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en movilidad urbana en Ciudades Inteligentes.	Capítulo 6
Definir las tendencias y perspectivas del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación al interior del tema de movilidad urbana mediante la metodología de revisión sistemática.	Capítulo 7
Elaborar un artículo de carácter publicable que enmarque los principales resultados sobre el tema a objeto de estudio.	Anexo A

INTRODUCCIÓN

En el último siglo se ha desarrollado una tendencia acerca de la construcción, desarrollo y evolución de ciudades a ciudades inteligentes para ofrecer a la población lugares donde vivir de forma sostenible desde el punto de vista ambiental, social, económico y político.

El presente proyecto de investigación intitulado: "Estado del arte del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en movilidad urbana en ciudades inteligentes" del grupo de investigación INNOTECH, perteneciente a la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, analiza las problemáticas de las ciudades no inteligentes o de tercer mundo en el contexto de movilidad urbana desde el punto de vista de la academia, pues desde la revisión de la literatura se evidencian soluciones de transporte y desplazamiento de la población; y cómo el uso de las T.I.C. aplicadas a la movilidad urbana son una alternativa viable dado que en la actualidad las redes de las telecomunicaciones son necesarias en la vida cotidiana de cualquier persona.

Las ciudades inteligentes se benefician del potencial de las T.I.C. pues el uso de estas estrategias de solución podrían cubrir la necesidad de movilidad, la congestión del tráfico, contribuir a salvar vidas, reducir el tiempo de viaje, y mitigar los efectos negativos y su impacto en el medio ambiente.

Para el desarrollo de esta investigación la metodología utilizada fue la revisión sistemática pues permite identificar, evaluar y sintetizar volúmenes significativos de información relacionados con el uso de las T.I.C. aplicadas al control del tráfico y de esta manera obtener su comprensión de forma estructurada, explícita y sistemática¹ además de reunir toda evidencia que corresponda, con los criterios

¹ TRANFIELD, David, DENYER, David. SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. En: British Journal of Management. Septiembre, 2003. Vol. 14, No 3, p. 207-222.

de elegibilidad establecidos previamente, con el fin de orientar la temática de investigación².

El presente compendio consta de siete capítulos, a partir de los cuales se presenta el estado del arte del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en movilidad urbana en ciudades inteligentes. El primer capítulo corresponde a las generalidades del proyecto, está integrado por el planteamiento del problema, los objetivos del proyecto, la justificación y la metodología de investigación implementada.

El segundo capítulo hace referencia a la planeación de la metodología de revisión sistemática, aquí se estructura la investigación propiamente dicha de la revisión sistemática desarrollada; el tercer capítulo corresponde a la ejecución de cada una de las fases realizadas. El cuarto capítulo presenta el reporte y diseminación de los resultados del estudio a través de un análisis bibliométrico desde la conceptualización de la problemática en el entorno colombiano.

El quinto capítulo contiene el análisis de contenido web y conceptos básicos; las metodologías y tendencias utilizadas para la movilidad urbana se encuentran en los capítulos sextos y séptimo respectivamente; luego en el octavo y último capítulo se presentan las conclusiones derivadas del estudio de las T.I.C. en relación a la movilidad urbana en ciudades inteligentes.

Posteriormente, se presenta la lista de referencias bibliográficas utilizadas para la construcción del documento y finaliza con el anexo en el cual se encuentra un artículo de carácter publicable en una revista científica, el cual muestra los resultados con base en la investigación realizada.

² Centro Cochrane Iberoamericano, traductores. Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones, versión 5.1.0 [actualizada en marzo de 2011] [Internet]. Barcelona: Centro Cochrane Iberoamericano; 2012. Disponible en: <http://www.cochrane.es/?q=es/node/269>

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“En los últimos decenios se han generado profundos cambios sociales, económicos y tecnológicos que han derivado en un nuevo modelo de movilidad urbana” Lizárraga³. Precisamente a partir de los avances tecnológicos y el incremento de la población que suscita la expansión y crecimiento de las zonas urbanas, siendo necesaria la construcción de nuevas infraestructuras, lo cual genera dificultades en cuanto a movilidad se refiere, pues las distancias que separan los lugares donde los ciudadanos realizan sus actividades sociales y laborales son distantes.

Por la anterior circunstancia, parte significativa del tiempo de las personas se dedica a los desplazamientos de sus residencias a los sitios de trabajo en horarios de alta congestión, lo cual conlleva a la congestión del tráfico por la expansión del uso de vehículos privados como único medio de desplazamiento debido a que no es suficiente el transporte público para satisfacer la necesidad de movilidad poblacional; fenómeno social y económico que afecta a la ciudadanía dado que se necesita de más tiempo y dinero para movilizarse a su destino.

Adicional al fenómeno de movilidad está el impacto ambiental a escala global debido a la emisión de gases que contaminan el entorno, generan el calentamiento y la destrucción de zonas naturales para la expansión de vías e infraestructura. Por esta situación, es pertinente proponer un sistema de transporte que posibilite y facilite la movilidad y el transporte desde un desarrollo sostenible en lo social, económico y ambiental.

³ LIZÁRRAGA, Carmen. Movilidad Urbana sostenible: Un reto para las ciudades del siglo XXI.2006.Artículo Científico publicado en: Revista Economía Sociedad y Territorio.Vol.6, No.22.

El contexto descrito está vigente no solo en Colombia sino a nivel mundial, por tanto surge la idea de realizar una investigación en la cual se planteen alternativas de solución en la movilidad urbana desde el marco de Ciudades Inteligentes, por consiguiente las Tecnologías de la Información y la Comunicación T.I.C., se utilizan para desarrollar nuevas aplicaciones inteligentes de transporte. Este concepto establece que todos los elementos del sistema de transporte son capaces de cooperar y comunicarse a través del intercambio de información en tiempo real, evitando accidentes y la mejora de la seguridad.⁴

Esto significa que la integración entre los vehículos y la infraestructura podría ser la clave para resolver los problemas de tráfico y movilidad en las ciudades, las Tecnologías de Información y Comunicación pueden reducir el costo, aumenta la eficiencia y por consiguiente mejorar el nivel de calidad de vida.

En consecuencia, el presente proyecto analiza la información existente hasta el momento con respecto al uso de Tecnologías de la Información y Comunicación T.I.C. en la movilidad urbana en Ciudades Inteligentes, con el propósito de determinar sus tendencias en crecimiento, publicaciones, identificando países e instituciones que profundizan su investigación acerca de la temática planteada. De ahí que se plantea como pregunta de investigación, el siguiente interrogante: ¿Cuál es el estado del arte del uso de las tecnologías de información y comunicación en movilidad urbana en ciudades inteligentes?

1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo general

Construir el estado del arte del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación T.I.C. en la movilidad urbana en ciudades inteligentes, para la identificación, evolución de tendencias y perspectivas teóricas y metodológicas.

⁴ LEÓN – COCA, Maria José, *et al.* Intelligent Transportation Systems and Wirless Access in Vehicular Environment Technology FOR Developing Smart Cities, 2014.En: Springer Link.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Construir un análisis bibliométrico de las tendencias existentes en el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en movilidad urbana en Ciudades Inteligentes.
2. Realizar análisis de contenido web para la identificación de tendencias existentes en el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en movilidad urbana en Ciudades Inteligentes.
3. Definir las tendencias y perspectivas del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación al interior del tema de movilidad urbana mediante la metodología de revisión sistemática.
4. Establecer las metodologías aplicables al uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en movilidad urbana en Ciudades Inteligentes.
5. Elaborar un artículo de carácter publicable que enmarque los principales resultados sobre el tema a objeto de estudio.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La presente propuesta se enmarca dentro del proyecto titulado: “Innovación por una cultura ciudadana participativa mediante la investigación del comportamiento social en Tecnologías de Información y Comunicación en el área metropolitana de Bucaramanga y Barrancabermeja” que se financia con recursos del Sistema General de Regalías, se ubica en el programa de Ciencia , Tecnología de Innovación de los departamentos, municipios y distritos; aprobado por el Órgano Colegiado de Administración y Decisión (OCAD) y por el Departamento Administrativo de Ciencia y Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS), en su condición de secretaría técnica (OCAD). Por lo tanto tiene registro en el Banco de

Programas y Proyectos del mismo sistema, según el acuerdo No. 29 del 3 de diciembre del 2014, también está inscrito en la Vicerrectoría de Investigación y Extensión, VIE de la Universidad Industrial de Santander con código 8573.

Dentro de los aspectos prioritarios del proyecto Smart City AMB, se encontró por parte del grupo de trabajo que era necesario la realización de propuestas en el contexto de movilidad urbana a investigar y obtener un entendimiento respecto a las causas y efectos sociales que influyen en los tiempos, incidentes e incumplimientos en las zonas dentro del alcance geográfico.

En este contexto, surge la propuesta en el marco de las Tecnologías de la Información y Comunicación frente a temas de transporte, en el tema específico de la movilidad en aquellas ciudades denominadas ciudades inteligentes la cual se constituye en insumo “para y de qué” manera desde la academia podrían proponerse alternativas de solución a problemas de movilidad de los denominados países de tercer mundo o ciudades que no han alcanzado en la actualidad la categoría de ciudades inteligentes.

Finalmente dada la relevancia social, el bienestar y la calidad de vida de los ciudadanos de acuerdo al crecimiento acelerado de la población se identifica el uso de las T.I.C. en la movilidad urbana, a través de un exhaustivo análisis sobre el impacto social en función de obtener resultados completos y eficaces para su posterior apoyo en futuros proyectos o trabajos de grado.

1.4. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

Con el objeto de darle marco y justificar la metodología para la realización la revisión y análisis documental para el estado del arte, el autor Winston⁵, menciona apartados donde se describe la situación del problema “El uso de T.I.C. en

⁵ WINSTON, Jorge.*et al.* Revisión y análisis documental para estado del arte: una propuesta metodológica desde el contexto de la sistematización de experiencias educativas. 2013. En: bibliotecológica. México. vol. 27, No. 61.

movilidad urbana en ciudades inteligentes” la cual demanda la construcción de un estado del arte y su proceso de sistematización de experiencias como estrategia particular de seguimiento y observación.

Construir una metodología de revisión y análisis documental para el estado del arte la sistematización de experiencias, es un proceso en el cual la fundamentación teórica soporta la investigación que se desarrollará dentro del contexto cualitativo, procesos de interpretación, crítica y argumentación; de esta manera la sistematización busca favorecer el desarrollo del protocolo de revisión de fuentes de información en el estado del arte, en particular la estrategia de extracción de datos lo que apoya a la filtración de información según el interés de la investigación.

Por tal motivo la revisión sistemática de acuerdo con el autor Pérez⁶ es una metodología científica que busca el espacio literario relevante de una o más preguntas de investigación precisas y específicas, a las cuales se les deja explícito todos los materiales y métodos empleados, para tener resultados, bases y hechos, garantizando reproducibilidad de los mismos y procurando aislar posiciones, modelos mentales e inclinaciones del investigador.

La revisión sistemática que se desarrollará en este trabajo de investigación se llevará a cabo de acuerdo a las buenas prácticas definidas por David Tranfield⁷, en el artículo publicado en el British Journal of Management, 2003; el desarrollo del proyecto se realizará en tres etapas; Planeación de la revisión, desarrollo de la revisión e interpretación y presentación de los resultados, las cuales se dividen a su vez en siete fases que son descritas a continuación:

a) Formulación de la pregunta de investigación.

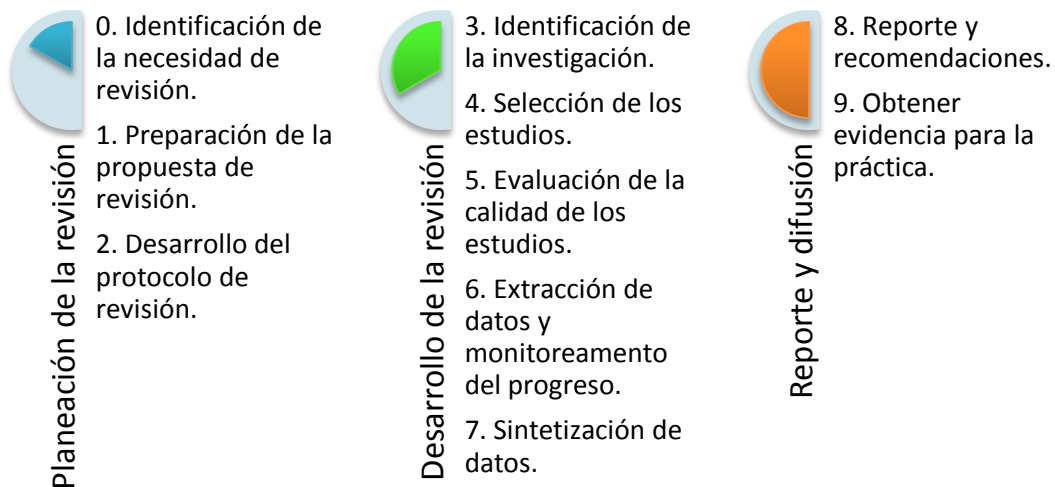
⁶ PÉREZ, Jorge I. Revisión sistemática de la literatura en ingeniería. Medellín (Colombia): Universidad de Antioquia, 2012. p. xvii.

⁷ TRANFIELD, David. *et al.* Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review *. En: British Journal of Management. Vol. 14 (2003). pag. 207-222.

- b) Planteamiento del protocolo de investigación
- c) Formulación del plan de búsqueda de la literatura.
- d) Obtención y evaluación de la calidad de los estudios.
- e) Recopilación de los datos.
- f) Análisis, presentación e interpretación de los resultados.
- g) Publicación de la revisión sistemática.

Conforme a la Figura 1, se presentan las etapas de elaboración de una revisión sistemática.

Figura 1. Etapas en la elaboración de una revisión sistemática.



Como paso preliminar para las tres etapas principales del proyecto descritas en el párrafo anterior, se llevó a cabo un análisis de contenido el cual se centró en la identificación, codificación y categorización de los modelos primarios que surgieron de datos principales; los cuales posteriormente fueron necesarios para elegir una serie de conceptos para su correspondiente análisis, cuantificación y estructuración para así dar inicio a la planeación de la revisión como tal.

1.4.1 Metodología de análisis de contenido web

Es una metodología que se orienta hacia el análisis de los contenidos de los medios de comunicación tales como libros, sitios web, pinturas y las leyes.⁸

En cada trabajo debe aclararse cuales datos se analizan, como se definen y de que población se extraen, los datos deben cumplir ciertos requisitos para servir de base a un análisis de contenido básicamente deben poder distinguirse y separarse en unidades, realizar sobre ellos un muestreo y finalmente registrar los resultados. De acuerdo con Mayer y Quellet⁹ existen seis tipos de análisis de contenido que se describirán a continuación:

1. análisis de exploración de contenido. Se trata de explorar un campo de posibilidades, de investigar las hipótesis, las orientaciones o aun de servirse de sus resultados para construir escenarios más adaptados.
2. análisis de verificación de contenido. Pretende verificar el realismo y la fundamentación de la hipótesis ya determinada.
3. el análisis de contenido cualitativo. Este tipo de análisis permite verificar la presencia de palabras, temas o de conceptos en un contenido.
4. análisis de contenido cuantitativo. Tiene como objetivo de cuantificar los datos, de establecer la frecuencia y las comparaciones de frecuencia de aparición de los elementos retenidos como unidad de información o de significancia.
5. el análisis de contenido directo. Se limita a tomar el sentido literal de lo que se va a estudiar, no se busca descubrir un eventual sentido latente de discurso, se permanece al nivel del sentido manifiesto.
6. análisis de contenido indirecto. En este caso el investigador busca extraer el contenido latente que se escondería detrás del contenido, manifiesto, recurrirá a una interpretación del sentido de los elementos de su frecuencia, de sus asociaciones, etc.

⁸ BABBIE, Earl. The practice of social research 10 th edition.2004

⁹ MAYER, Robert; QUELLET, Francise. Metodologie de recherché pour les interventants sociaux. 1991. Paris. En: Boucherville, Gaetan Morin Editeur. Pag. 473 – 502.

A partir del autor Lopez¹⁰ se puede identificar como etapas generales del análisis de contenido las siguientes:

1. Análisis previo o lectura de documentos. Se trata de leer atentamente y varias veces los documentos a estudiar es lo que se llama generalmente la lectura flotante usada para familiarizarse con los documentos de análisis por las lecturas sucesivas dejando nacer impresiones y orientaciones.
2. La preparación del material. Los documentos deben ser desglosados en unidades de significación.
3. La selección de unidad de análisis. La unidad de análisis refiere al espacio y el tiempo en los cuales se retendrá la recurrencia de los elementos de investigación.
4. La explotación de los resultados. Es una etapa de reorganización del material, análisis y conclusiones.

El análisis de contenido web se implementó siguiendo las etapas contempladas en la Tabla 1 a continuación:

Tabla 1.Etapas de la implementación de análisis del contenido web

Primera etapa	Se empleó un análisis de exploración de contenido, con el cual se logró la construcción adecuada del direccionamiento del proyecto para la realización del primer entregable (ficha).
Segunda etapa	Una vez trazadas las bases estructurales del estudio, se empleó un análisis de contenido cualitativo, el cual ayudó para la construcción del marco teórico, la extracción de nuevas ideas y enfoques, así como también determinar las palabras y conceptos que más se relacionaran con el tema a trabajar, para la construcción de la ecuación de búsqueda utilizada en la revisión sistemática.
Tercera fase	Se realizó un análisis de verificación de contenido, donde se comprobó el realismo y los fundamentos de la hipótesis planteada con anterioridad, como resultado de la revisión sistemática elaborada en primera instancia.

Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda.2015.

¹⁰LOPEZ, Eduardo. El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación. 1986. Compilacion de manuel garcia ferrando, jesus ibannez y franciso alvira.pag. 365 – 396.

2. PLANEACIÓN DE LA REVISIÓN

El desarrollo de esta investigación inicia desde la construcción de la ficha la cual sustenta el por qué realizar una investigación acerca de la temática previamente presentada, posteriormente se procede a la construcción del plan, permitiendo la reflexión y el plan de acción para su posterior ejecución.

2.1. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE UNA REVISIÓN

La congestión del tráfico que enfrenta las ciudades se ha convertido en un fenómeno mundial, lo cual ha despertado el interés por parte de la academia sobre las causas que lo propician y los efectos que ocasiona; es por esto que surge la propuesta de realizar una revisión en la literatura acerca del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación como una alternativa de solución, enfocándose en conocer las tendencias y metodologías a través de un exhaustivo análisis que genera el impacto social, la calidad de vida y el bienestar de la población con el objetivo de obtener resultados favorables que pueden ser aplicados por los ciudadanos.

2.2. PREPARACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UNA REVISIÓN

Con base en la investigación y análisis desarrollado durante la elaboración del plan de proyecto se determinó la estructura y el alcance a implementar, dando como resultado la construcción de un estado del arte, que permitiera recopilar toda la literatura científica acerca del uso de las T.I.C. en movilidad urbana en las ciudades inteligentes; Luego de establecer el objetivo de realización del estado del arte se conformó un equipo de revisión integrado por una experta en teoría, métodos y técnicas de investigación social, Ruth Zárate Rueda y la investigadora Diana Fernanda Chacón Díaz; a través de un proceso de análisis, valoración y aprobación se definió la siguiente pregunta de investigación : ¿Cuál es el estado

del arte del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en movilidad urbana en ciudades inteligentes?

El proceso de búsqueda, identificación, selección y análisis de la literatura implica partir de los objetivos planteados en el presente proyecto de investigación intitulada: “Estado del arte del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación T.I.C en la movilidad urbana en ciudades inteligentes”, para lo cual se hizo conveniente llevar a cabo cuatro etapas dentro de la revisión de la literatura:

En la primera etapa se realizó la búsqueda exploratoria la cual inicia con la exploración previa de términos o variables del estudio, que se introducen en diferentes bases de datos tales como: Web of Science, Scopus y Science Direct; ésta búsqueda se inicia de manera intencional por la autora del presente estudio.

Como segunda etapa se seleccionó la base de datos conveniente y acertada para desarrollar la revisión; la fuente principal de datos y búsqueda de artículos seleccionada es Scopus, por cuanto es la base de datos con mayor número de referencias bibliográficas de la literatura científica a nivel internacional aplicada a la temática de innovación tecnológica a través de patentes, fuentes de internet de contenido científico, revistas científicas, congresos y conferencias.

Posteriormente en la tercera fase se definieron las palabras clave, las cuales al combinarse entre ellas permitieron construir la ecuación de búsqueda, que al introducirse en la base de datos dio como resultado información relevante en una ventana de observación de seis (6) años desde el 2011 al 2016.

Una vez definido el cumulo de documentos y como tercera etapa se procedió a realizar la selección de los mismos dependiendo de su relevancia, temporalidad, cantidad de producciones y de los criterios de inclusión y exclusión que surgieron

durante el proceso investigativo y de esta manera se seleccionó la información precisa y acertada con relación al tema.

Por último, como cuarta etapa se realizó el análisis bibliométrico que consiste según la autora Escorcía¹¹, en clasificar y medir las producciones científicas en áreas de las ciencias, la cantidad de trabajos publicados, colaboración de autores, centros de investigación, países e instituciones; lo cual permite analizar el impacto que genera un trabajo de investigación y de la información proporcionada de los resultados en el proceso investigativo, con el propósito de brindar información de las tendencias de los documentos, referencias bibliográficas y su actualidad

2.3. PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

En la Tabla 2 se presentan las características y criterios de búsqueda durante la etapa de exploración de la información con la finalidad de definir las palabras relevantes, lo cual se constituyó en insumo para realizar la ecuación de búsqueda.

Tabla 2. Protocolo de búsqueda exploratoria.

Protocolo de Búsqueda de Fuentes de Información.	
Idioma	Español – Inglés
Ventana de Tiempo	2011 – 2016
Términos	Smart City, Mobility Urban, ICT, Information and Communication Technologies, Intelligent Transportation Systems, Ciudades Inteligentes, Tecnologías de Información y comunicación, Movilidad Urbana, Sustainable Mobility, Smart Mobility, Public Transport, Transportation, Smart Mobility.
Tipo de Documento	Artículo, Artículo de Conferencia, Journal,
Bases de Datos	Scopus, Web of Science, Science Direct
Campo de Búsqueda	Abstract, Título, Keywords
Criterios de Exclusión o Inclusión	<ul style="list-style-type: none"> • Publicaciones que no contengan como tema central el objeto de investigación. • El año de publicación, mencionados anteriormente. • Únicamente artículos que se encuentren en español e inglés.

Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda.2015.

¹¹ ESCORCIA, Tatiana. El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado. 2008. Bogotá, Colombia. En: Pontificia Universidad Javeriana.

- **Ecuación de Búsqueda**

De acuerdo con los términos clave definidos en la etapa anterior, se inició el proceso para la elaboración de la ecuación de búsqueda electrónica de artículos científicos, posteriormente se llevó a cabo la identificación y selección de información de acuerdo a la combinación de palabras claves que se precisan en la Tabla 3.

Tabla 3. Proceso para la elaboración de la Ecuación de Búsqueda

Idioma	Español – Ingles
Periodo de Tiempo	2011 – 2016
Bases de Datos	Scopus
Campo de Búsqueda	Abstract, Titulo, Keywords
Individuales*	Smart City, Mobility Urban, ICT, Information and Communication technologies, Intelligent Transportation Systems, Smart Mobility.
COMBINACIONES	No. Artículos
Smart cit* and Urban Mobility	24
Smart cit* and ICT or Information and Communication Technologies	179
Urban Mobility and ICT or Information and Communication Technologies.	19
Smart cit* and Intelligent Transportation Systems.	22
Smart cit* and Intelligent Transportation Systems and ICT or Information and Communication Technologies.	4
Smart Mobility and Smart Cit*.	20
ICT or Information and Communication Technologies and Smart Cit* and Smart Mobility.	3
ICT or Information and Communication Technologies and Smart Mobility.	9
Total Número de Artículos y sus Combinaciones	280

Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda.2015.

* Se indica la cantidad de documentos encontrados solo para las combinaciones de palabras, pues las individuales no arrojan información precisa conforme a los propósitos de la búsqueda.

Seguidamente, se construyó la ecuación de búsqueda a partir de las combinaciones mencionadas (Ver Tabla 2), en la base de datos Scopus, introduciendo cada una de las combinaciones con sus respectivos operadores booleanos como, AND y OR, pues estos permiten enfocar la búsqueda y definen la relación que existe entre las combinaciones. (Ver Cuadro 1)

Cuadro 1. Ecuación de Búsqueda.

((“SMART CIT*” AND “URBAN MOBILIT*”) OR (“SMART CIT*” AND “ICT”) OR (“SMART CIT” AND “INFOMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES”) OR (“URBAN MOBILIT*” AND “ICT*”) OR (“URBAN MOBILIT*” AND “INFOMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES”) OR (“SMART CIT*” AND “INTELLIGENT* TRANSPORT* SYSTEMS”) OR (“SMART CIT*” AND “INTELLIGENT* TRANSPORT* SYSTEMS” AND “ICT*”) OR (“SMART CIT*” AND “INTELLIGENT* TRANSPORT* SYSTEMS” AND “INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES”) OR (“SMART MOBILIT*” AND “SMART CIT*”) OR (“SMART MOBILIT*” AND “SMART CIT*” AND “ICT*”) OR (SMART MOBILIT* AND SMART CIT* AND INFOMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES) OR (“SMART MOBILIT*” AND “ICT*”) OR (“SMART MOBILIT*” AND “INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES”))
--

Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda.2015.

Como resultado de la ecuación de búsqueda determinada, se encontraron 1.276 documentos. Así mismo, la búsqueda arrojó múltiples áreas de estudio, año de publicaciones, tipo de documento e idioma. Por lo tanto, fue necesario hacer el proceso de selección de documentos con su respectivo criterio de exclusión o inclusión y criterios de calidad los cuales se describirán a continuación en el capítulo tres, para darle un enfoque y objetividad a la búsqueda y así abordar en el tema a desarrollar sus posibles tendencias.

3. EJECUCIÓN DE LA REVISIÓN

La ejecución de la revisión fue la etapa de identificación, selección y evaluación integral y objetiva de los documentos científicos pertinentes para la investigación en función del plan de acción desarrollado en la etapa de planeación, luego se procedió a la extracción y síntesis de datos que conforman referentes de la investigación.

3.1. IDENTIFICACIÓN DE ESTUDIOS

La identificación de los estudios estuvo dirigida por la ejecución de la estrategia de búsqueda que involucró el uso de la ecuación definida a partir de las palabras clave, identificadas por el grupo de revisión y la manipulación de la plataforma virtual Scopus.

3.2. SELECCIÓN DE ESTUDIOS

La selección de los documentos se inició a partir de la búsqueda de artículos en la plataforma de Scopus aplicando la ecuación y tomando como criterio, título, resumen y palabras clave; como resultado de la ecuación de búsqueda anteriormente mencionada, se encontraron 1.276 documentos.

Prosiguiendo se aplicó los criterios de selección (exclusión e inclusión) que se describen en la Tabla 3 junto con los criterios de calidad; primero se ejecutó el criterio de inclusión (2) que hace referencia a la ventana de tiempo comprendida entre los años 2011 – 2016 lo cual arrojó 1.234 artículos; luego se utilizó el criterio de exclusión (3) en el que se excluyen todas las producciones diferentes a los artículos de conferencias y artículos obteniéndose como resultado 1.109 producciones. Así mismo, se ejecutó el criterio de inclusión (5) dado que el

propósito de la búsqueda estuvo enfocado en las temáticas de ingeniería, ciencias sociales, ciencia ambiental, gerencia de negocios, economía y finanzas para un total de 573 artículos.

Finalmente, después de aplicar el criterio de inclusión (4) en el cual se incluyen dentro de la búsqueda aquellos documentos escritos en los idiomas inglés y español se redujo el número de artículos en la plataforma a 559. Precisamente este número de documentos fue objeto de lectura minuciosa a partir de los abstracts; una vez se aplicó el criterio de exclusión (1) y los criterios de calidad se depuró la cantidad a 79 producciones. (Ver Anexo B)

Tabla 4. Proceso de selección: criterios de exclusión

<p>Criterios de inclusión</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se incluyeron los documentos encontrados en la plataforma principal de <i>SCOPUS</i>. 2. Se incluyeron todos los documentos encontrados en la base de datos en el intervalo de tiempo comprendido entre 2011 y 2016. 3. Se incluyeron los tipos de documentos que son artículos y artículos de conferencias. 4. Se incluyeron solo artículos en inglés y español. 5. Se incluyeron los artículos relacionados con las temáticas en ingeniería, ciencias sociales, ciencia ambiental, gerencia de negocios, economía y finanzas.
<p>Criterios de exclusión</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se excluyeron todos los documentos que no estuvieran relacionados con la temática de la investigación 2. Se excluyeron los documentos que no se encontrarán dentro del período de tiempo establecido. 3. Se excluyeron los tipos de documentos tales como: editorial, corrección, resumen, cartas, noticias. 4. Se excluyeron los artículos que no son escritos en inglés y español. 5. Se excluyeron todos los artículos que no estén relacionados directamente con las temáticas en ingeniería, ciencias sociales, ciencia ambiental, gerencia de negocios, economía y finanzas.

Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda. 2015.

✓ **Criterios de calidad**

Según Tranfield, Denyer y Smart, la revisión sistemática comprende la utilización de un algoritmo explícito para realizar una evaluación de búsqueda de la literatura y es calificada como un proceso que mejora la calidad de la revisión y sus

resultados mediante el empleo de un proceso transparente y reproducible¹², para la evaluación de los criterios de calidad de los estudios se tuvieron en cuenta aquellos documentos que:

- Proporcione un aporte significativo de información acerca del uso de las T.I.C. en movilidad urbana en las ciudades inteligentes.
- Contribuya al marco teórico relacionado con la movilidad urbana en las ciudades.
- Identifique, sustente y describa las condiciones de la problemática en movilidad urbana que propicie o inhiba el desarrollo de las ciudades.
- Propicie información o establezca prácticas acerca del manejo de las T.I.C. como herramienta de solución a la problemática.
- Aporte a la relevancia de investigar acerca de la temática del proyecto.

De esta forma se visualiza en la Tabla 5, el proceso de selección de los documentos a partir de los criterios de inclusión o exclusión junto con los criterios de calidad descritos anteriormente.

Tabla 5. Proceso de selección de artículos a partir de los criterios de inclusión.

Criterios de Inclusión		Número de Artículos
Resultados a partir de la ecuación de búsqueda		1.276
Ventana de Tiempo	2011 – 2016	1.234
Tipo de Documento	Artículos Artículos de Conferencias	1.109
Tema	Ingeniería Ciencias Sociales Ciencia Ambiental Gerencia de Negocios Economía y Finanzas	573
Idioma	Español – Inglés	559
Lectura minuciosa		79
Total Artículos		79

Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda.2015.

¹² TRANFIELD, D., DENYER, D., & SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review *. En: British Journal of Management. Vol. 14 (2003). p. 207-222.

3.3. EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LOS ESTUDIOS

Para la siguiente fase de evaluación de calidad de los estudios varios autores han presentado una serie de criterios que podrían ser utilizados para valorar y evaluar los estudios cualitativos, ellos sugieren que una evaluación de la calidad debería incluir lo siguiente¹³:

- Un marcador primario: la investigación apunta a explorar los significados subjetivos que las personas dan a experiencias e intervenciones particulares.
- Sensible al contexto: la investigación ha sido diseñada de tal manera que le permita ser sensible/flexible a los cambios que ocurren durante el estudio.
- Estrategia de muestreo: se ha seleccionado la muestra de estudio teniendo en cuenta la teoría y / o en atención a los diversos contextos y significados que el estudio tiene como objetivo explorar.
- Calidad de los datos: son las diferentes fuentes de conocimiento.
- Adecuación teórica: los investigadores hacen explícito el proceso por el que utilizan con los datos y su interpretación.
- Generalización: si se generalizan afirmaciones estas provienen lógicamente y / o teóricamente a partir de la datos.

La Figura 2 resume el proceso de búsqueda y selección de los artículos científicos:

¹³ Ibid.

Figura 2. Proceso de selección de artículos para la revisión sistemática.



Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda.2015

3.4. EXTRACCIÓN DE DATOS Y LA VIGILANCIA DE LOS PROGRESOS

La extracción de datos se hizo de manera manual utilizando una hoja de Excel para la elaboración de una tabla que almacenó título, autor, país, revista y año de publicación de cada uno de los artículos seleccionados para la revisión; También se utilizó el software Vantage Point, el cual ofrece una manera de explorar la información en conjuntos o grupos y permite observar cómo se relacionan entre sí; para este caso se utilizó luego de la aplicación de los 79 artículos, por cuanto estos documentos fueron los que finalmente se revisaron dentro de este proyecto; su finalidad fue la de relacionar las palabras clave encontradas dentro del tema de investigación para visualizar e interactuar con los resultados de la búsqueda creando conjuntos asociados y clasificación de datos.

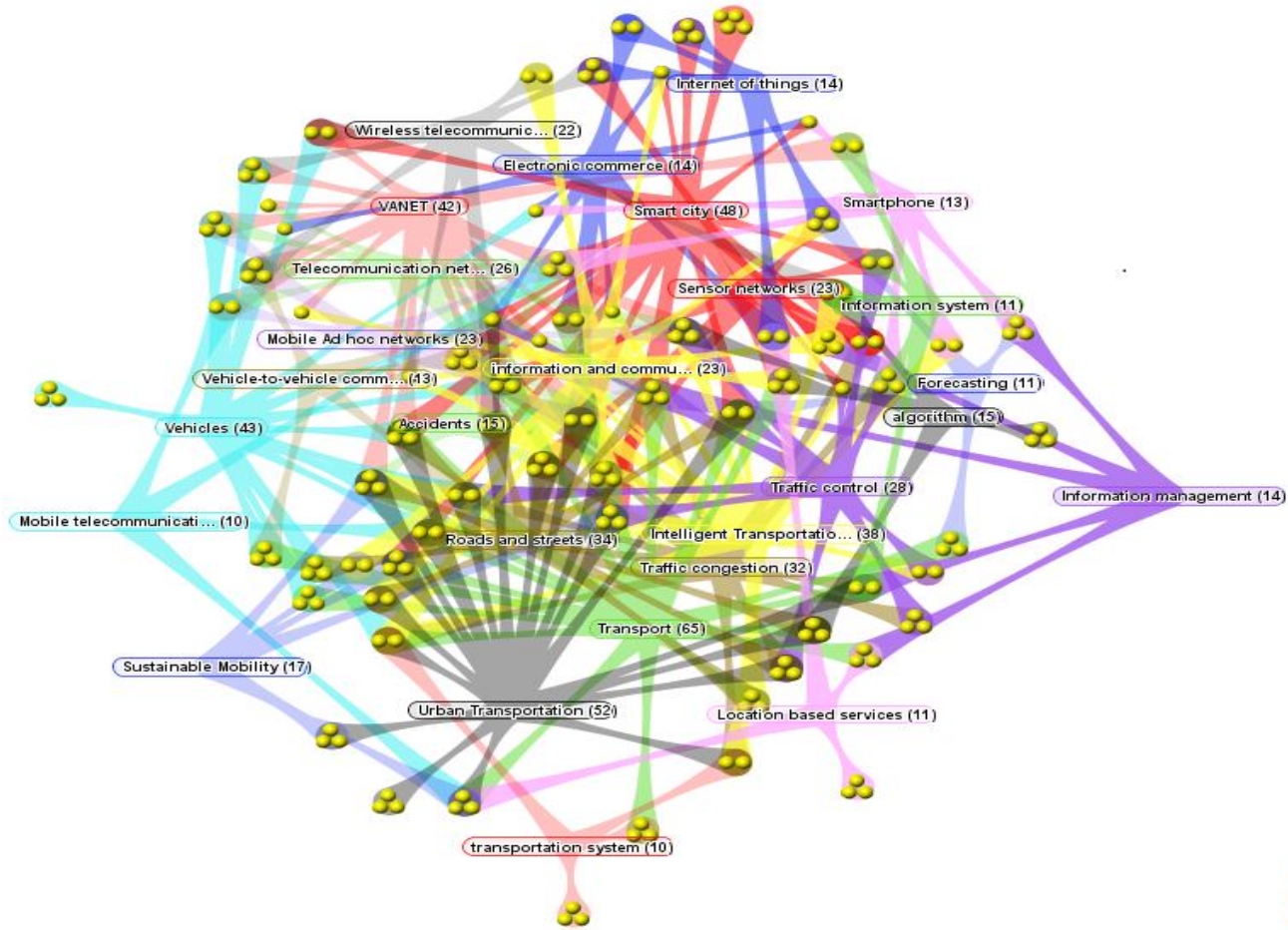
En este sentido, se presentan las Figura 3 y 4 de Aduna Clúster Map, las cuales ilustran las palabras clave; durante este proceso primero se realizó una exploración de los términos de la lista inicial sin agrupar las palabras, las palabras que se obtuvieron de este primer sondeo, aparecen mínimo 5 veces en el total de

artículos; por tal motivo para llegar a un mejor análisis de las palabras clave se optó por realizar un limpieza general en la lista de Keywords, en el cual, el software automáticamente genera agrupaciones y manualmente se complementó estas agrupaciones con el código de colores en donde se identificaban palabras sinónimas o repetidas. En la segunda exploración de la Aduna se utilizó la lista final con las palabras limpias y reagrupadas donde cada termino se repite mínimo 10 veces.

Como se ilustra en la Figura 3, las palabras que ocupan los primeros lugares en frecuencia de aparición dentro de los artículos son: Transport (65), Smart city (48), Intelligente Transport Systems (38), seguido de Roads and Streets (34) y Traffic control (28).

En la segunda exploración ilustrada en la Figura 4, se muestra claramente la relación entre las palabras claves, permanecen con mayor frecuencia los términos Traffic control, Roads and Streets y Intelligente Transport Systems; también se observa que palabras como Infomation and Communication Technologies (23), Mobile Ad Hoc Networks (23), Urban Trasnport (52) y Sensor Networks (23) tienen un rol importante en el desarrollo de la información de esta temática en el mundo.

Figura 4. Aduna Clúster Map de las Palabras Clave agrupadas.



Fuente: Chacon Díaz Diana Fernanda. 2015



3.5. SÍNTESIS DE LOS DATOS

La información recolectada en la investigación provino de la extracción de datos de los artículos previamente seleccionados, cumpliendo con los criterios propuestos al inicio de la elaboración de la revisión y se presentan en el capítulo cuarto.

4 REPORTE Y DISEMINACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos se conforman a partir de un análisis bibliométrico de los artículos proporcionados por la plataforma virtual Scopus a nivel mundial y un análisis de contenido web a partir de la revisión en internet, la identificación de las tendencias y metodologías de T.I.C. en movilidad urbana. Adicionalmente de manera general se precisan aproximaciones de la problemática de movilidad urbana en Colombia y la escritura de un artículo científico que se publicará en la revista INGENIERÍA de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas reconocida por Colciencias.

4.1. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

La revisión y análisis de publicaciones hacen parte del proceso de reconstrucción de la información en un estado del arte, con la finalidad de generar aportes teóricos, conceptuales, enfoques y tendencias que logren enriquecer la información acerca del uso de las T.I.C. en la movilidad urbana en ciudades inteligentes.

En este sentido, a continuación se presenta el seguimiento realizado a la literatura mediante el análisis bibliométrico, el cual permitió la identificación de la dinámica de producción de artículos científicos relacionados con la temática en el mundo, considerando los campos bibliográficos de países, autores y revistas en el período comprendido entre 2011 y 2016.

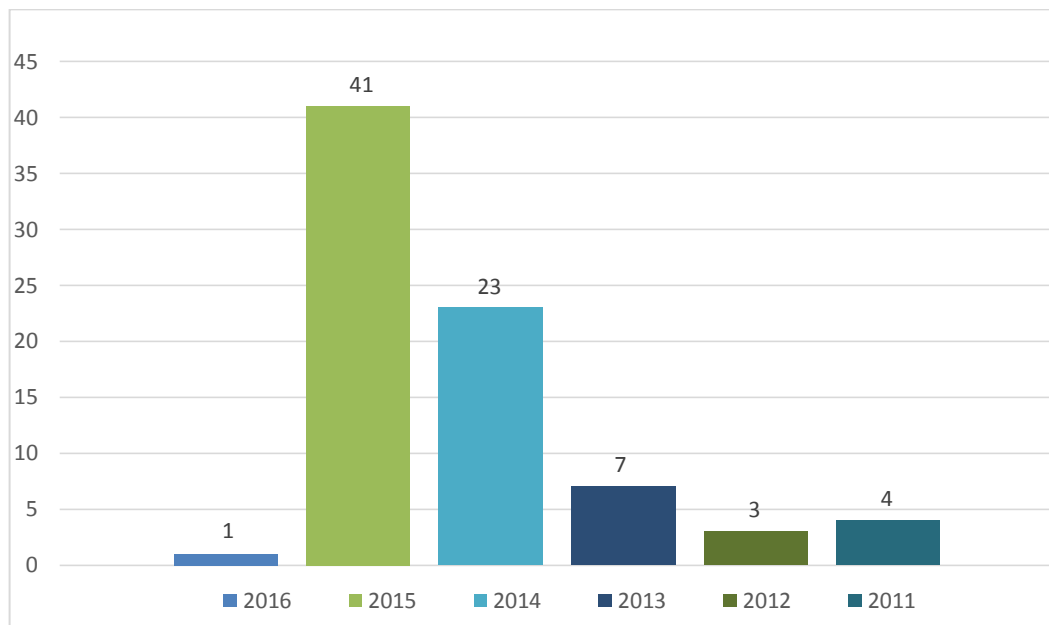
- Producción de artículos

De acuerdo con la Figura 5, las publicaciones de artículos a lo largo de la vigencia comprendida entre 2011 y 2016, es posible apreciar que desde el 2011, se presenta un crecimiento proporcionalmente ascendente en cuanto al número de

producciones de artículos relacionados con la temática del uso T.I.C. en movilidad urbana hasta el año 2013 con 4, 3 y 7 producciones los cuales corresponden respectivamente al 5%, 4% y 9%, dado que luego del 2014 el número publicaciones se incrementó a 18 producciones para el año 2015 alcanzando la mayor concentración de artículos este año con 41 documentos que equivalen al 52% en relación con el total de artículos.

Cabe resaltar que en el momento en que se realizó la búsqueda se encontró un artículo del 2016, lo cual indica que la tendencia de producciones de artículos relacionados con la temática en la presente investigación; para este año se ve descrita de forma creciente pues para la academia es de gran interés su exhaustivo estudio.

Figura 5. Producción de artículos por año.



Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda. 2015.

- Países líderes

A continuación en la Tabla 5, se encuentran los principales países en los cuales se ha investigado considerablemente la temática de la presente investigación, del

total de artículos analizados se observa que el primer puesto en la producción de documentos, lo ocupa los países de Italia y España con 8 documentos cada uno que equivale al 10,12% respectivamente; seguido se ubican los países de China con 6 producciones que corresponde al 7,6% y Estados Unidos con 5 artículos con el 6,3%; esto puede explicar el alto grado de desarrollo económico, tecnológico y social dado que se evidencia el interés de solucionar problemáticas como la congestión del tráfico y su movilidad.

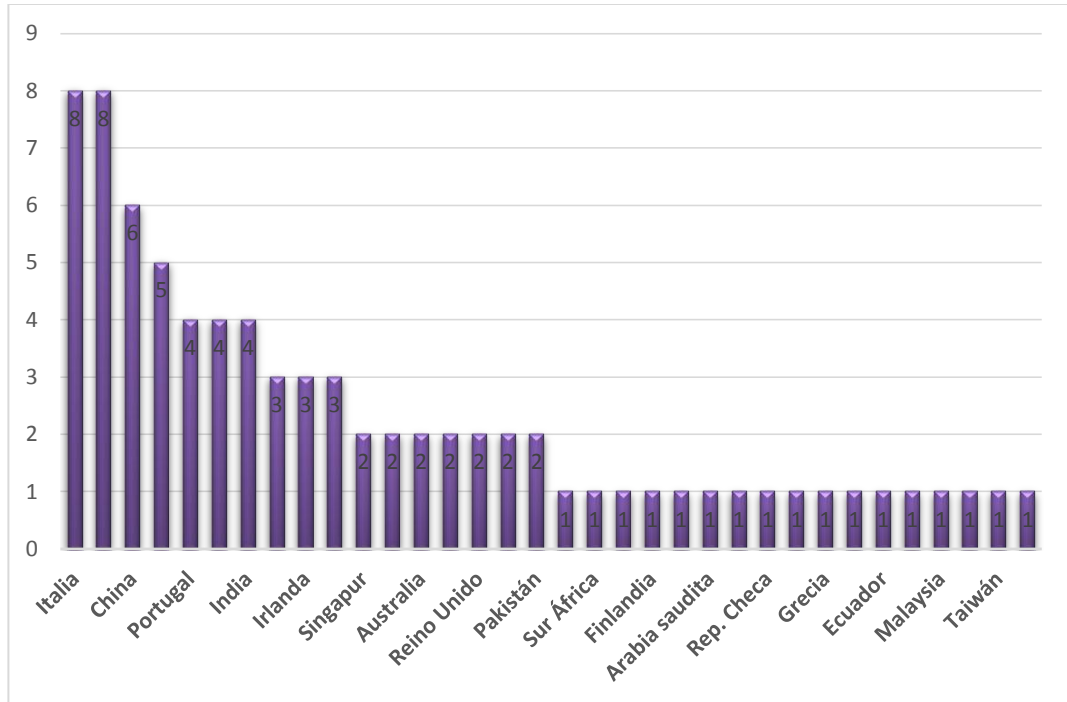
También se observa que estos resultados coinciden con la búsqueda previa que se realizó para el plan del proyecto pues Italia, China y España fueron los países con mayor número de producciones. Adicionalmente se evidencia que en muchas naciones como Sur África, Finlandia, Marruecos, Suiza...entre otros se ha despertado el interés de investigar esta problemática de transporte y movilidad, pues es un fenómeno que ocurre desde aquellos países cuyas ciudades pueden catalogarse como inteligentes hasta los países de tercer mundo o en vía de desarrollo.

Tabla 6. Producción de artículos a nivel mundial.

País	Publicaciones	País	Publicaciones
Italia	8	Noruega	1
España	8	Grecia	1
China	6	Brasil	1
Estados Unidos	5	Ecuador	1
Portugal	4	Hong Kong	1
Alemania	4	Malaysia	1
India	4	Rep. Chipre	1
Francia	3	Taiwán	1
Irlanda	3	Indonesia	1
Canadá	3	Arabia Saudita	1
Singapur	2	Grecia	1
Japón	2	Rep. Checa	1
Australia	2	Bélgica	1
Sur korea	2	Sur África	1
Reino Unido	2	Suiza	1
México	2	Finlandia	1
Pakistán	2	Marruecos	1

Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda. 2015.

Figura 6. Países líderes.



Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda. 2015

- Principales Autores

Respecto a los principales autores y el número de publicaciones sobre el asunto objeto de investigación, en la Tabla 6 se presenta el top 10 de productores con dos artículos cada uno; aunque la temática ha despertado interés en varios países, cabe resaltar que la frecuencia de los autores que lideran en la literatura es reducida; pues en el top 10 se encuentra el 25% de los artículos totales y el 75% restante encuentran los diferente autores en cada artículo.

El autor Cheng Wang pertenece a la Universidad de ciencia y tecnología en Beijing es especialista en las áreas de ingeniería y ciencias de los materiales, ha producido tres documentos los cuales dos de ellos ha citado; Sarah Williams de Estados Unidos hace parte de la Universidad de Carolina del Este su número de citas es de 4 documentos en 15 artículos y las área de interés son las Ciencias Sociales y las Ciencias Computacionales; Orazio Briante está vinculado a

la Universidad degli Studi de Reggio Calabria en Italia las temáticas que aborda son la Ingeniería, Ciencias de Computación y las Ciencias Sociales; el investigador Ángel García Collado de España está asociado en la Universidad Católica de San Antonio y pertenece al grupo de Investigación en Telecomunicaciones aplicadas ha publicado 9 artículos lo cuales 10 veces ha sido citado en diferentes documentos la temática de interés son ingeniería, física y Ciencias de la Computación.

El autor Khekare Ganesh hace parte del Departamento de Tecnología de la Información en la Facultad de ingeniería en Nagpur, India, obtuvo 5 citas por 5 documentos y las áreas de interés son las Ciencias de la Computación e ingeniería; El investigador Albasir Abdurhman es de la Universidad de Waterloo en el Departamento de Eléctrica y de Ingeniería en Computación ha sido citado en 15 ocasiones por 15 artículos; Antintas Onur está en el Centro de Información y Tecnología de TOYOTA en Alemania, ha publicado 61 documentos entre los años de 2006 y 2016 y ha sido citado por 400 documentos en temas relacionados con las Ciencias de Computación, Ingeniería, Matemáticas, Ciencias Sociales y las Ciencias Ambientales y por último Manuel Santos de Portugal hace parte de la Universidad de Minho del Departamento de Sistemas de Información el número de citas totales es de 388 por 197 documentos y el área de interés son las Ciencias de Computación e ingeniería.

Tabla 7. Principales Autores

Autor	País	No. artículos
Cheng Wang	China	2
Cheng – Jun	China	2
Williams Sarah	Estados Unidos	2
Briante Orazio	Italia	2
Garcia Collado Angel	España	2
Khekare Ganesh	India	2
Uppoor Sandesh	Francia	2
Albasir Abdurhman	Canadá	2
Altintas Onur	Alemania	2
Santos Manuel Filipe	Portugal	2

Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda. 2015.

- Instituciones con mayor número de publicaciones.

Según la Tabla 7, las universidades que han publicado mayor número de documentos acerca del uso de T.I.C. en movilidad urbana, se aglomeran en España como el Departamento de Ingeniería de redes en la Universidad Politécnica de Catalunya con 3 publicaciones y el Departamento de Ingeniería de Sistemas en la Universidad Zaragoza, con 2 artículos, lo cual tiene concordancia ya que es el país con el mayor número de documentos; En segundo lugar se encuentra Italia el Departamento de Ingeniería e ICT de la Universidad de Bologna, con dos producciones y la Universidad Mediterránea de Reggio Calabria con el mismo número de artículos.

Es de resaltar que las restantes instituciones destacadas, que lideran el número de publicaciones y citas aglutinan igual número de documentos; por lo tanto se infiere que la diferencia entre el número de producciones es mínima.

Tabla 8. Producciones de artículos por Instituciones

Institución	País	No de Publicaciones
Universidad Politécnica de Catalunya, Departamento de Ingeniería de redes	España	3
Universidad Zaragoza, Departamento de Ingeniería de Sistemas	España	2
Universidad de Bologna, Departamento de Ingeniería e ICT.	Italia	2
Universidad Mediterránea de Reggio Calabria	Italia	2
Universidad de Xiamen	China	2
Universidad de Wuhan, Escuela de Ciencias Computacionales	China	2
Universidad de Virginia, Departamento de Estudios urbanos.	Estados Unidos	2
Universidad de Minho	Portugal	2
Escuela de Ingeniería, Departamento de ciencias computacionales	India	2
Universidad escuela de Dublín, Escuela de ingeniería de telecomunicaciones	Irlanda	2

Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda. 2015.

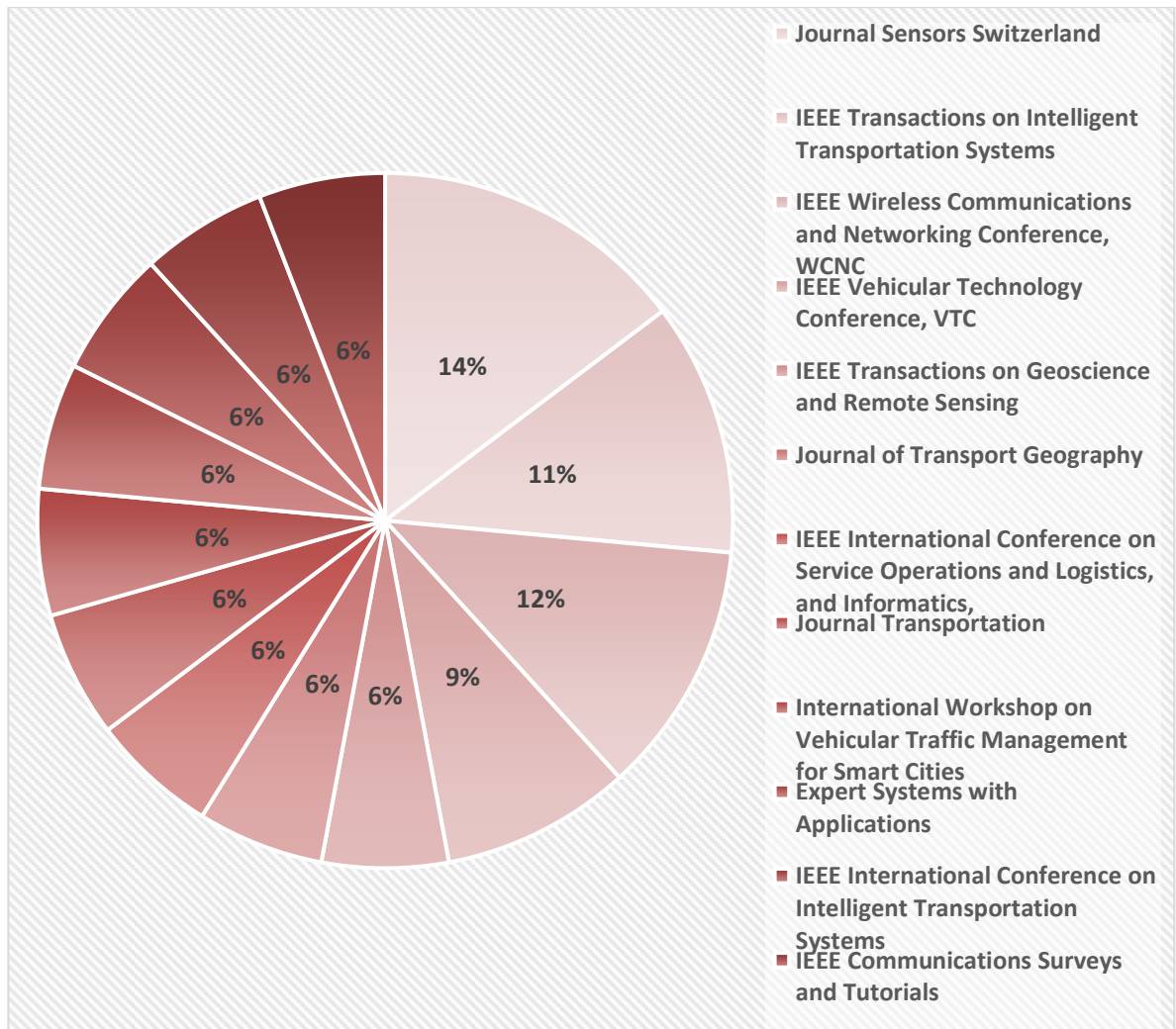
- Producción de artículos por revista

De acuerdo con los datos obtenidos en la Figura 7, se evidencia que la revista Sensors de Suiza publicó 5 documentos relacionados con las T.I.C en movilidad

urbana que equivalen al 14 % del total de artículos que se encontraron dentro de este estudio; cabe resaltar la gran participación de IEEE en todas las revistas, el Instituto de ingeniería Eléctrica y Electrónica; es una organización a nivel mundial sin ánimo de lucro la cual está formada por profesionales de las nuevas tecnologías ingenieros eléctricos, ingenieros en electrónica, científicos de la computación, ingenieros en computación, matemáticos aplicados, ingenieros en biomedicina, ingenieros en telecomunicación, ingenieros en mecatrónica, etc.

Sus actividades de publicación técnica, conferencias y demás estándares basados en consenso, el IEEE produce más del 30% de la literatura publicada en el mundo sobre ingeniería eléctrica de potencia, electrónica, en computación, telecomunicaciones, telemática, mecatrónica y tecnología de control y robótica, biomédica y biónica, procesamiento digital de señales, sistemas energéticos, entre otras ramas derivadas correspondientes a la Ingeniería Eléctrica y organiza más de 1000 conferencias al año en todo el mundo.

Figura 7. Revistas líderes en publicación de artículos acerca del uso de T.I.C en movilidad urbana



Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda. 2015.

El análisis bibliométrico realizado anteriormente se evidencia la tendencia creciente que existe en el mundo por el desarrollo y producción de artículos que amplíen las ideas, conceptos y aplicaciones de las T.I.C. en movilidad urbana.

A continuación se presenta una aproximación acerca de la congestión del tráfico y movilidad urbana en el territorio Colombiano, dado que es necesario contextualizar

esta problemática analizando sus causas, consecuencias y posibles alternativas de solución.

4.2. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA MOVILIDAD URBANA EN EL ENTORNO COLOMBIANO.

Robles¹⁴, en su documento “Control y Simulación de Tráfico Urbano en Colombia: Estado del Arte” analiza las condiciones actuales de la movilidad en el país donde resalta que el control de tráfico en las redes urbanas se hace principalmente a través del manejo de semáforos y que en Colombia no cuentan con sistemas de autopistas apropiadas para el transporte masivo; por esta razón es relevante desarrollar modelos y estrategias de control que sean un camino viable a la solución del sistema de transporte masivo.

La mayoría de iniciativas nacionales en el área de proyectos de movilidad para darle solución a problemas de tráfico urbano y baja disponibilidad de alternativas de transporte, indican que pocas propuestas respecto a los avances en este campo en comparación a nivel internacional no se han llevado a cabo. El gobierno en Colombia puede acoplar estrategias de control de bajo costo ya que se cuenta con la planeación, simulación y observación de los sistemas de tráfico actualmente en comparación con otros países en Latinoamérica, para que estas herramientas sean aprovechadas en todo su potencial se debe realizar una inversión respecto a la infraestructura y capacitar al personal para el manejo de estas herramientas.

De acuerdo al autor Dávila¹⁵, en su libro Movilidad Urbana y Pobreza relata la situación para un habitante urbano en la ciudad de Medellín y la capacidad de

¹⁴ ROBLES, Daniel, *et al.* Control y Simulación de Tráfico Urbano en Colombia: Estado del Arte. Marzo, 2009. En: Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá. Colombia. p, 59 – 67.

¹⁵ DÁVILA, Julio. *Et al.* Movilidad Urbana y Pobreza: Aprendizajes de Medellín y Soacha, Colombia. 2012. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

desplazarse cotidianamente u ocasionalmente sujeto a condiciones y factores como la facilidad de acceso a un modo de transporte, la frecuencia de ese modo de transporte y el costo del desplazamiento, para cubrir la tarifa de transporte dependerá de sus recursos, si estos recursos son escasos como ocurre en los hogares más pobres, la capacidad de transportarse para estas familias será una estrategia en el hogar y darle la propiedad a uno o dos de los individuos para desplazarse; si es el caso de familias con mayores recursos, educación y esparcimiento esta dependerá por la capacidad de desplazarse en el desarrollo personal y social.

Partiendo de la desigualdad social y económica en la población de Colombia, el gobierno de la ciudad de Medellín busco reequilibrar estos desbalances sociales y espaciales implementando dentro de la ciudad el Metrocable, consiste en líneas de cable aéreo que conectan barrios empinados de alta densidad poblacional con el resto de la ciudad; Medellín es la primera ciudad del mundo en utilizar tecnología como medio de transporte masivo orientado solamente a la población de bajos recursos.

Este medio de transporte se inauguró en 2004 y conecta a las comunas nororientales que son barrios populares por su pobreza, violencia y narcotráfico, de esta manera el Metrocable no solo es una solución para el transporte pues además busca la integración urbanística de los barrios, el aumento de oportunidades laborales, proyectos de mejoramiento de vivienda, espacio público, infraestructura, programas de apoyo social y económico.

La congestión del tráfico en Bogotá no solo ocurre en esta ciudad pues es una problemática general en el país, el arquitecto Castro¹⁶ realiza una investigación acerca de esta temática en su documento “Transmilenio Vs Bogotá”, el cual infiere que por el afán de dar un paso avanzado en el sistema de transporte la Secretaría

¹⁶ CASTRO, Carlos. Transmilenio Vs Bogotá.2012.Bogota, Colombia. En: Universidad Nacional de Colombia.

Distrital de Planeación de Bogotá y la empresa Transmilenio S.A. han afectado el patrimonio público, a una ciudadanía sometida al caos diario y al desorden en el tránsito.

Dentro del documento el autor considera algunas soluciones viables, una de ellas es el ensanchamiento de algunas vías que posibilite el paso al tráfico mixto con el objetivo que los vehículos circulen sin compartir el espacio con el transporte público o buses articulados; para realizar dichas ampliaciones el distrito deberá realizar una prolongada y costosa gestión en el cual se demolerán los predios; pues el resultado de esta operación dejará un infraestructura adecuada para un tránsito fluido, de igual manera las aceras permitirán a los peatones moverse con mayor facilidad que antes.

Finalmente Dangond¹⁷, enmarca una realidad de las ciudades en Colombia y su movilidad: “Las ciudades están fragmentadas, es decir, han perdido la articulación social, económica y funcional, generando rupturas y discontinuidades que repercuten en el ciudadano y en la ciudad misma”.

A continuación se presenta el análisis de contenido web el cual corresponde al capítulo cinco, realizado a partir de los artículos seleccionados en la revisión sistemática y de los resultados obtenidos en internet.

¹⁷ DANGOND, Claudia, *et al.* Algunas Reflexiones sobre la Movilidad Urbana en Colombia desde la perspectiva del Desarrollo Humano. Febrero, 2011. En: Papel Político, Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia. Vol. 16. No.2, p. 485 – 514.

5. ANALISIS DE CONTENIDO WEB

5.1 ESTADO DEL ARTE

La investigadora social Lopera¹⁸, aduce que el estado del arte es un tipo de investigación documental de los últimos diez años, la cual se basa en recuperar y trascender el conocimiento acumulado sobre un tema de estudio que posteriormente lo contextúa desde distintas disciplinas, referentes teóricos y perspectivas metodológicas.

De acuerdo con Vargas¹⁹ el estado del arte es un estudio analítico del conocimiento acumulado que hace parte de la investigación documental la cual se basa en la recopilación y análisis de documentos escritos; su objetivo es inventariar y sistematizar la producción de documentos en un área del conocimiento pues permite hacer una reflexión profunda sobre las tendencias en un área de estudio específica.

La autora Souza²⁰, fundamenta “El estudio retrospectivo es el recorrido que se realiza través de una investigación de carácter bibliográfico con el objeto de conocer y sistematizar la producción científica en determinada área del conocimiento. Esta exploración documental trata de elaborar una lectura de los resultados alcanzados en los procesos sistemáticos de los conocimientos previos a ella.”

De acuerdo a lo anterior, la investigación documental debe abordar distintas metodologías que se mencionaron en investigaciones anteriores para convertirse

¹⁸ LOPERA CALLE, María. Cartilla de Investigación; Orientación para la formación de proyectos de grado, metodología estado del arte.2010.Colombia: ESCOLME: Instituto de Educación superior.p.4.

¹⁹ VARGAS, José y CALVO, Giraldo. Seis modelos alternativos de investigación documental para el desarrollo de la práctica universitaria en educación: el caso del proyecto de extensión REDUC – Colombia en la Universidad Pedagógica Nacional.1087. En: Revista Educación superior y desarrollo. No.5.p.9.

²⁰ SOUZA, María. Estado del Arte. 2010. En Seminario Proyecto de Grado. Universidad Nacional de la Plata. Argentina.

en un punto de partida a un nuevo recorrido en la elaboración de nuevos conocimientos científicos, tecnológicos, sociales y culturales.

En otras palabras Suarez²¹ indica que el estado del arte realiza un proceso de construcción de documentos con el fin de generar aportes teóricos, recreando y redefiniendo nuevos enfoques y criterios que posteriormente permitan profundizar la información ya existente.

En la construcción de un estado del arte se realizan las siguientes fases según el autor Winston²²:

La Fase Heurística: Es la búsqueda y compilación de las fuentes de información. En el cual se estructura un protocolo de cinco elementos para el desarrollo de la fase i) el idioma de las fuentes de información; ii) el periodo de tiempo; iii) la generación de los términos de búsqueda; iv) los recursos posibles de provisión de fuentes de información y v) la propuesta de estrategias particulares para la búsqueda de dichas fuentes. El segundo protocolo se estructuró en cuatro elementos: i) las normas particulares de revisión; ii) los criterios de exclusión; iii) los criterios de inclusión representados en los tópicos relevantes a la investigación y iv) la estrategia de extracción de datos.

La Fase Hermenéutica: Consiste en la lectura, análisis, interpretación, correlación y clasificación de la información, según el grado de interés y necesidad frente a la investigación. El análisis inicia con: i) ordenamiento y manipulación de la información en sus fuentes y resumen de datos; ii) escritura detallada de categorías y relaciones entre éstas; iii) refinamiento de la búsqueda de categorías centrales y iv) texto analítico final.

²¹ SUAREZ, Niria. La investigación documental: paso a paso. 1991. Venezuela: Universidad de los Andes.

²² WINSTON, Jorge. *et al.* Mayo, 2013. Revisión y análisis documental para estado del arte: una propuesta metodológica desde el contexto de la sistematización de experiencias educativas. En: Investigación Bibliotecológica. Vol. 27.No.61, p. 83 – 105.

Cuando se habla de un estado del arte para abordar una temática de estudio o un problema dentro de las Ciencias Sociales, surge la necesidad hermenéutica de hacer del texto un elemento válido para establecer marcos de referencia inicial del desarrollo de cualquier tipo de investigación; sus avances investigativos en el estado del arte representa también el primer paso hacia lo inédito pues se posibilita al investigador inspeccionar lo no transitado.

5.2 TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN T.I.C.

Según Huidobro²³, Ingeniero en Telecomunicaciones define las Tecnologías de Información y Comunicación como la integración de los computadores y las comunicaciones, que fueron implementadas en la sociedad desde los años 90, desarrollando una explosión sin precedentes en las múltiples maneras de comunicarse, desde entonces la Internet se convirtió en un uso importante para la vida cotidiana. También se definen como la informática integrada en la Internet, que da partida al desarrollo de innovaciones tecnológicas y herramientas que facilitan el funcionamiento en una sociedad. T.I.C. se caracterizan por tener una mayor influencia en el área educativa ya que facilita el aprendizaje por su carácter innovador y creativo, además se considera como tema de debate público y político ya que su uso brinda un futuro prometedor para las nuevas generaciones.

En la revista electrónica de tecnológica educativa, el autor Cabero²⁴, define que las nuevas tecnologías de comunicación contribuyen a la creación de nuevos entornos y nuevas formas de interacción y comunicación de los usuarios, desempeñando roles diferentes a el clásico receptor y transmisor. Gilbert²⁵ hace

²³ HUIDOBRO, José. Tecnologías de Información y Comunicación.2007. En: Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. Disponible en : <http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1H3108YC5-BYQQP-R83/Tecnologias%20de%20Informaci%C3%B3nyComunicacion.pdf>

²⁴ CABERO, Julio. Nuevas Tecnologías, Comunicación y Educación.1996.Sevilla, España. En: Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Vol 1.

²⁵ GILBERT.1992.

referencia al “conjunto de herramientas, soportes y canales para el tratamiento y acceso a la información”.

Las T.I.C. generan y procesan la información, donde facilitan el acceso a grandes masas de información en cortos periodos de tiempo, como Internet, acceso a bases de datos bibliográficos y video conferencias. Están asociadas a la Innovación ya que en la actualidad los usuarios desean recibir la información en las mejores condiciones y en el menor tiempo posible “instantáneo” independiente de la ubicación espacial, nacional o internacional el acceso a la información y la comunicación hoy se realiza por satélite. Adicionalmente se caracterizan por su actividad de interacción ya que el usuario puede elaborar mensajes, establecer el ritmo, la cantidad de información y profundización en la comunicación con libertad absoluta.

Para profundizar en el análisis de las Tecnologías de Información y Comunicación se debe tener en cuenta aspectos como posibilidades, capacidades y potencialidades para transmitir la información, Huidobro²⁶ expone que no solo se crean nuevas posibilidades de expresión sino que estos nuevos desarrollos modifican los medios de comunicación y extensión en entornos tradicionales generando un impacto significativos en la cultura ciudadana.

En resumen las nuevas tecnologías de la Información y Comunicación son aquellas herramientas computacionales e informáticas que procesan, almacenan, sintetizan, recuperan y presentan información representada de la más variada forma; la necesidad de comunicarse hace más notorio el carácter indispensable del conocimiento sobre las T.I.C. y la aplicación de éstas en distintos ámbitos de la vida humana, a su vez es de gran importancia reconocer las repercusiones que traerá consigo la utilización de estas nuevas tecnologías ya sean benéficas o

²⁶ GILBERT.1992.

perjudiciales. A continuación se mostrarán algunas de las ventajas y desventajas que origina el empleo de las T.I.C. en el desarrollo de las actividades humanas.²⁷

Tabla 9. Ventajas y desventajas de las T.I.C.

Ventajas	Desventajas
Brindar grandes beneficios y adelantos en salud y educación	Separa los países en desarrollo de la información, dividiendo los educandos de los analfabetos, los ricos de los pobres, los jóvenes de los viejos, los habitantes urbanos de los rurales.
Potenciar a las personas y actores sociales, ONG, etc., a través de redes de apoyo e intercambio y lista de discusión.	Falta de privacidad y Aislamiento
Permitir el aprendizaje interactivo y la educación a distancia.	Fraude en los derechos de autor debido a la facilidad de acceso a la información.
Impartir nuevos conocimientos para la empleabilidad que requieren muchas competencias (integración, trabajo en equipo, motivación, disciplina, etc.).	
Ofrecer nuevas formas de trabajo, como teletrabajo	
Dar acceso al flujo de conocimientos e información para mejorar las vidas de las personas.	

5.3 CIUDADES INTELIGENTES

Para dar una idea acerca de las ciudades inteligentes, sus inicios, identificación y evolución, el autor William²⁸, en su documento “Ciudades Inteligentes” realiza un análisis exhaustivo acerca del proceso evolutivo de las mismas, su historia se remonta antes de la Revolución Industrial donde las comunidades consistían en columnas, vigas, muros, suelos y tejados que sencillamente brindaban un refugio y protección, con ayuda de animales la comunidad se movilizaba y así comenzó el primer sistema como ciudad. Seguidamente de la Industrialización, las ciudades comenzaron a extenderse con redes de suministro de agua, suministro de energía y redes de transporte lo que trajo una dependencia entre los habitantes y las redes para poder sobrevivir en una ciudad.

²⁷ HUIDOBRO, José. Tecnologías de Información y Comunicación.2007.Universidad Politécnica de Madrid. En: <http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1H3108YC5-BYQQP-R83/Tecnologias%20de%20Informaci%C3%B3nyComunicacion.pdf>

²⁸ WILLIAM, Mitchel. Ciudades Inteligentes. 2007. En: UOC PAPERS Revista sobre la sociedad del conocimiento. Universidad Catalunya.Vol.4.

Al pasar los años en el siglo XIX con los primeros desarrollos en tecnología, los sistemas de comunicación como el telégrafo, el teléfono y la radio tomaron un fuerte impulso hasta la introducción de las telecomunicaciones digitales, tomando lugar la Internet y las redes de telefonía móvil de hoy en el siglo XXI. Donde se ve la gran influencia de las redes de telecomunicación digital en una “creciente telaraña de conexiones entre los sistemas mecánicos y eléctricos de los edificios, las maquinarias de producción, las plantas de procesamiento, los sistemas de transporte, las redes de suministro de energía y suministro de agua.” William.²⁹

Según el autor Arnal³⁰, el proceso de digitalización de las actividades económicas y sociales que se ha producido en las dos últimas décadas tiene ahora como escenario preferente el de las ciudades y la gestión urbana.

Dimitri³¹ señala que desde los primeros pasos de las llamadas “Ciudades Digitales” hasta las denominadas “Smart Cities”. El termino, Ciudades Digitales, fue utilizado originalmente para referirse a todo tipo de iniciativas digitales llevada a cabo por las ciudades, en especial las representaciones digitales de la ciudad y de los ciudadanos de conexión a Internet, proporcionando acceso.

Algunos ejemplos de estas primeras ciudades iniciativas digitales se podían encontrar en Amsterdam (Ciudad Digital de Amsterdam), Helsinki (Helsinki virtual) o Kyoto (Digital Ciudad de Kyoto). Las ciudades digitales a veces se caracterizan por los sistemas de información que recopilan la información digital correspondiente de las ciudades físicas reales y organizan este en un espacio virtual público donde los ciudadanos puedan consultar esta información, sino también interactuar con él y con los demás.

²⁹ Ibid.

³⁰ ARNAL, José Carlos. “Smart Cities: Oportunidad Económica y Desafío Urbano” *En*: Economía Aragonesa. Publicación Cuatrimestral de IberCaja Banco S.A.U. No. 48. Septiembre 2012.p.79 – 93.

³¹ SCHUURMAN, Dimitri. *et al.* Smart Ideas for Smart Cities: Investigating Crowdsourcing for Generating and Selecting Ideas for ICT Innovation in a city Context. Julio, 2012.*En*: Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research. Vol.7.p. 51.

Por Smart City (en castellano Ciudad Inteligente) aquella ciudad que usa las tecnologías de la información y las comunicaciones para hacer que tanto su infraestructura crítica, como sus componentes y servicios públicos ofrecidos sean más interactivos, eficientes y los ciudadanos puedan ser más conscientes de ellos. En una definición más amplia una ciudad se puede considerar como “inteligente”, cuando las inversiones en capital humano y social, y en infraestructura de comunicación, fomentan precisamente un desarrollo económico sostenible y una elevada calidad de vida, con una sabia gestión de los recursos naturales a través de un gobierno participativo.

William³² realiza un análisis sobre las ciudades inteligentes y el transporte inteligente de personas término que relaciona la movilidad urbana de esta investigación en desarrollo, el autor idealiza la movilidad de la siguiente manera, debe ser cómoda, barata y sostenible para los ciudadanos, por esta razón en el Media Laboratory del MIT, propone un automóvil urbano limpio, compacto y eficiente en el punto de vista energético con bajo costo y podrían solucionar la congestión en el sistema de transporte público.

Otra perspectiva sobre las Ciudades Inteligentes es dada por la autora Marsal³³, donde la Organización Internacional de Normalización (ISO) trabaja en el dominio de las Ciudades Inteligentes con el objetivo de elaborar normas de medición de desempeño en los tres principales pilares de una ciudad sostenible, económica, ambiental y social.

Por su parte las Tecnologías de Información y Comunicación están relacionadas con el desarrollo de las Ciudades Inteligentes, según Vivas³⁴, la Comisión de Ciudades Digitales de Asociación Española de Usuarios de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información “Una ciudad digital es el

³² WILLIAM, Mitchel. Op.Cit.

³³ MARSAL, Maria. Technologies for Smarter (Citizen-Centered) Governance of Cities. Agosto, 2015. En: departamento de arquitectura y planeación urbana, Universidad de Girona, España.

³⁴ VIVAS, Héctor, *et al.* Investigación en progreso: Estudio y Evaluación de Tecnologías de la Información y la Comunicación para el desarrollo de Ciudades Inteligentes. 2013. En: Universidad Nacional de Rio Negro. Viedma, Argentina.

espacio virtual de interacción entre todos los actores que participan en la vida de una ciudad (ciudadanos, empresas, administraciones, visitantes, etc.) utilizando como soporte los medios electrónicos y las Tecnologías de la Información y Comunicación T.I.C. ofreciendo a dichos actores acceso a un medio de relación y comunicación innovador, a través del canal que elijan, en cualquier momento y lugar. El objetivo principal es la mejora de la relación y los servicios entre los actores que interactúan en la ciudad, tanto en los servicios existentes como en los futuros, potenciando un desarrollo sostenible económico y social de la ciudad.”

5.4 MOVILIDAD URBANA

El siglo XX fue decisivo para la urbanización del mundo. Procesos económicos, sociales, culturales y políticos como la globalización, sumados al crecimiento demográfico, principalmente de los países en vía de desarrollo, ocasionaron el crecimiento y consolidación de las ciudades. Sin embargo, su rápido crecimiento contrastó con la lentitud que los estados intentaron responder a las nuevas demandas. Las ciudades, entonces, se transformaron, enfrentaron la sobrepoblación, las formaciones periféricas y la metropolización.³⁵

El modelo de Movilidad en el siglo XXI, se caracteriza por el aumento de las distancias recorridas ocasionando cambios que son distintos dependiendo de las características de la región, las instituciones, la economía, la cultura ciudadana y la tecnología.

Según Lizárraga³⁶, la distancia que separa los lugares donde se realizan las actividades económicas y sociales no ha parado de distanciarse entre ellas en los últimos años ya que son consecuencia del aumento de población, infraestructura, avances tecnológicos en las ciudades. En la relación velocidad - distancia la

³⁵ DANGON, Claudia., *et al.* Algunas Reflexiones sobre la Movilidad Urbana en Colombia desde la perspectiva del Desarrollo Urbano.2011.En: Papel Politico.Vol.16.No. 2., p. 485 – 514.

³⁶ LIZÁRRAGA, Carmen. Movilidad Urbana sostenible: Un reto para las ciudades del siglo XXI.2006.En: Revista Economía Sociedad y Territorio.Vol.6, No.22.

autora resalta que gran parte del tiempo ganado por la disminución de la jornada laboral se dedique a los desplazamientos diarios desde la residencia de los habitantes en horas pico, generando un enorme impacto en el aumento de los ingresos per cápita ya que el uso del vehículo privado ha sido el medio de transporte con mayor frecuencia en las áreas urbanas. Así mismo los motivos para desplazarse han incrementado, que va de la mano con la carencia de transporte público dando como resultado una necesidad socioeconómica ya que cada vez se necesita más tiempo y dinero para desplazarse en una ciudad.

Con el análisis anterior de la movilidad urbana actual, se puede llegar a una percepción de la necesidad de un sistema de transporte adecuado que facilite la movilidad poblacional y así contribuir con los problemas de sostenibilidad, ambiental, social y cultural.

En Movilidad Urbana un factor importante que ocasiona grandes impactos a en el mundo es la contaminación atmosférica y el calentamiento global, debido a la emisión de gases, además de la destrucción de las zonas naturales por la expansión de vías e infraestructura, los sistemas de transporte necesitan todo tipo de recursos naturales como combustibles fósiles, hormigón y acero para la construcción de autopistas y de metales ferrosos y no ferrosos para la construcciones de vehículos, incentivando aún más la problemática ambiental.

Debido a las múltiples problemáticas que se generan por la movilidad urbana, en la actualidad existen alternativas de solución para descongestionar el tráfico urbano en las ciudades. Una alternativa de transporte es estudiada por la autora Baptista³⁷, su investigación se basa en el uso de bicicletas eléctricas en las carreteras de Lisboa ya que su preocupación es el aumento de consumo de energía en el sector de transporte así como la emisión de gases en la ciudad.

³⁷ BAPTISTA, Patricia, *et al.* From on-road trial evaluation of electric and conventional bicycles to comparison with other urban transport modes. 2015. Portugal, Lisboa. En: *Conversión y Gestión de Energía*. Vol.92.p, 10-18.

Disminuir la demanda de transporte de alto costo y promover el transporte de bajo costo, menos ruidoso y más sostenible que van de la mano con un cambio en el sistema de transporte público donde los usuarios adopten la cultura de intercambiar el uso de autobuses, trenes, sistema de metro, vehículos por caminar y bicicletas eléctricas. Cabe resaltar que en países desarrollados se ha despertado un creciente interés acerca de la importancia del uso de la bicicleta en la vida cotidiana.

El objetivo de las ciudades inteligentes es llegar a una movilidad urbana sostenible en función de la existencia de un sistema y de unos patrones de transporte capaces de proporcionar los medios y oportunidades para cubrir las necesidades económicas, ambientales y sociales, eficiente y equitativamente, evitando los innecesarios impactos negativos y sus costes asociados.³⁸

Por consiguiente en los siguientes capítulos se desarrollan los resultados obtenidos de la lectura exhaustiva y análisis acerca del uso de las Tecnologías de Información y Comunicaciones T.I.C. en movilidad urbana para la construcción de una ciudad inteligente desde la academia.

³⁸ LIZARRAGA MOLLINEDO, Carmen. Movilidad Urbana Sostenible: Un Reto para las Ciudad del Siglo XXI. 2006. En: Economía, Sociedad y Territorio. Vol. 6, No 22., p. 283 – 321.

6. METODOLOGÍAS APLICABLES AL USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN MOVILIDAD URBANA EN CIUDADES INTELIGENTES

Hoy en día, los progresos en las denominadas tecnologías de la información, que abarcan los equipos, aplicaciones informáticas y las comunicaciones, están teniendo un gran efecto en el desarrollo de la sociedad actual. Esto se debe en gran parte a su método adaptable desarrollado para dichas tecnologías, el cual al ser de tipo multi-aplicativo permite la identificación de los grupos de interés que al tener acceso a las mismas; a través de las redes de comunicación logran una forma de interconectar no solo equipos y sensores sino también sistemas y servicios.

Por ende y a raíz del correspondiente análisis de la revisión de la literatura podemos entender que “Los sistemas de movilidad inteligentes tienen importantes similitudes con los sistemas de comunicación móviles donde sus principales actores son el contenido, las redes y el dispositivo del usuario.”³⁹

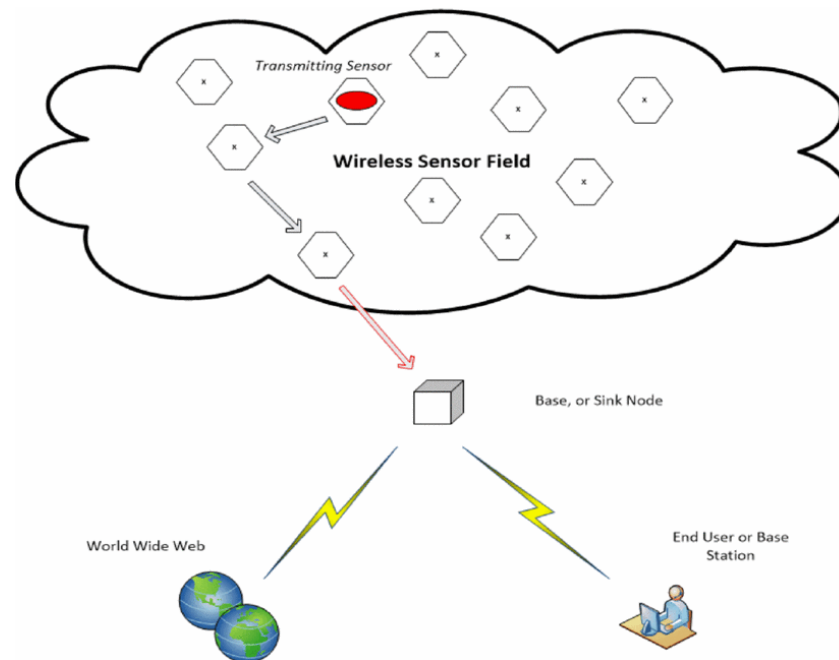
Según el autor Vehmas, el desarrollo de las comunicaciones por satélite-tierra y las redes basadas en paquetes de telefonía móvil, la radio, celular, Wi-Fi, Bluetooth, y una serie de otras tecnologías inalámbricas han aparecido como herramienta indispensable para el hombre, con el avance de sensores y dispositivos móviles se han convertido en tecnologías más baratas y de fácil acceso a una variedad de servicios basados en redes móviles sin estar limitado por tiempo o localización.

³⁹ VEHMAS, Ali. *Et al.* Examining Possible Value System Transitions: The Case of Smart Mobility Services. 2015. Hawái. En: Ciencias Del Sistema (HICSS), 48a Conferencia Internacional. pág. 4366 – 4375.

Las redes inalámbricas de sensores (WSN), redes Móviles Ad Hoc (MANET), y redes Vehiculares Ad Hoc (VANET) son ejemplos de los tipos de sistemas que se benefician desde el diseño autónomo.

En la Figura 8 se describe el funcionamiento de la red de sensores inalámbricos WSN, es una red distribuida de nodos de sensores la cual tiene poca infraestructura permanente, los nodos constituyen la estructura de la red; estos pueden enviar, recibir y almacenar datos; WSN se compone de una gran número de sensores lo cuales se utilizan para supervisar e intercambiar información con otros sensores sobre un área de interés seleccionada.⁴⁰

Figura 8. Ejemplo de Red Inalámbrica Multi – Hop de Sensores WSN



Fuente: MULCAHY, J. Autonomic computing and VANET. Abril, 2015. En: SoutheastCON. pag.1–7.

Los sensores inalámbricos (WSN) intercambian datos mediante sensores de radio de corto alcance su almacenamiento en la memoria es limitada y también el desarrollo de aplicaciones, lo cual ha sido un desafío para la ingeniería moderna

⁴⁰ MULCAHY, J. Autonomic computing and VANET. Abril, 2015. En: SoutheastCON. pag. 1 – 7

de llevar a una necesidad de una mejor distribución de datos a través de redes de sensores.

Por esta razón el desarrollo de una mejor tecnología con relación a las redes inalámbricas de sensores (WSN) son las redes Móviles Ad Hoc (MANET) y las redes Vehiculares Ad Hoc (VANET) que se describirán a continuación:

6.1. REDES MANET Y VANET

La red Móvil Ad Hoc (MANET) y redes vehiculares especiales (VANET) están diseñados para llevar a cabo el mismo tipo de tareas de comunicación sensorial y como (WSN), pero estos se componen de nodos móviles.

VANET son una clase especial de MANET, compuesta de nodos representados por los vehículos en lugar de personas, boyas flotantes u otras plataformas móviles o semi-móviles.

MANET y VANET deben adaptarse a una amplia variedad de topologías geográficas, y un conjunto cambiante de nodos móviles. En cualquier momento dado, un nodo en una MANET o VANET puede viajar dentro o fuera de la gama de otros nodos vecinos y de cualquier infraestructura de red fija cercana. En las redes MANET, el movimiento de los nodos es muy variable, y relativamente lento.

En un VANET los nodos son vehículos, y se mueven en patrones direccionales más predecibles, los vehículos automotores normalmente viajan a lo largo de los caminos bien definidos, pero a un ritmo mucho más alto de velocidad.⁴¹

El almacenamiento de datos es una preocupación menor en la aplicación de las redes Vehiculares VANET que otras redes de sensores inalámbricos. A diferencia

⁴¹ *Ibid.* MULCAHY., pag.5.

de los seres humanos que llevan dispositivos móviles que están necesariamente limitados en peso y tamaño, los vehículos automotores pueden apoyar a los dispositivos informáticos más pesados y más robustos con la memoria de mayor capacidad, potencia de cálculo, capacidad de comunicación y la capacidad de almacenamiento de energía.

6.2. REDES MÓVILES AD HOC MANET

El investigador Mezher hace referencia acerca de las tecnologías Mobile Ad Hoc Network (MANET) como un grupo de nodos inalámbricos móviles (WNS) capaces de comunicarse entre sí sin necesidad de cualquier infraestructura de red fija ni apoyo administrativo centralizado.⁴²

MANET ha llamado la atención de los investigadores en los último años y sus avances técnicos han aumentado, con sus redes multi – hop, los cuales permiten el acceso de aquellos servicios multimedia por los usuarios en sus dispositivos inalámbricos en cualquier lugar.

Estos servicios son prometedores en una ciudad inteligente pues involucran una gran célula de vehículos, conductores, ciudadanos e infraestructura; la aplicación de esta tecnología se podría utilizar en situaciones de emergencia como un accidente automovilístico en donde se requiere de la coordinación y la solidaridad entre los agentes implicados con la finalidad de tratar con urgencia a las personas heridas.

En el momento en que ocurre un accidente, los ciudadanos con teléfonos inteligentes o tabletas, los vehículos inteligentes, llamados sensores dinámicos podrían ejecutar un video clip del accidente, fotos o un mensaje y enviarlo a la red

⁴² MEZHER, M. *et al.* A Multi-User Game-Theoretical Multipath Routing Protocol to Send Video-Warning Messages over Mobile Ad Hoc Networks. Abril, 2015. En: *Sensores*. V. 15. No .4. pág. 9039 – 9077.

Ad Hoc MANET así otros ciudadanos y autoridades como ambulancias, centros de salud y la policía entre otros, están informados del incidente lo que potencialmente puede salvar vidas.

La prevención de accidentes es una de las metas más importantes de las ciudades inteligentes, y hoy en día las Tecnologías de Información y Comunicación T.I.C. y de los ciudadanos juegan un papel esencial en este campo.

El autor Rocabado⁴³ en su documento “Caso de estudio de comunicaciones segura sobre redes móviles Ad Hoc” determina el siguiente algoritmo de la comunicación en una red MANET:

1. El nodo de origen envía la señal a los nodos vecinos dentro de la zona de cobertura.
2. Los nodos vecinos se comunican con el nodo emisor.
3. Si el nodo de destino es vecino del emisor entonces recibe el mensaje; sino un nodo intermedio recibe el mensaje y reinicia el proceso a partir del paso1.

La Figura 9 muestra el proceso de comunicación en una red Ad Hoc MANET, donde el dispositivo A requiere enviar un mensaje al dispositivo C; como este se encuentra fuera de su alcance o cobertura envía el mensaje a otro dispositivo B, este último actúa como router o conector y reenvía el mensaje a C.

⁴³ ROCABADO, Sergio. Caso de estudio de comunicaciones seguras sobre redes móviles Ad Hoc. Diciembre, 2013. En: Universidad nacional de la plata.

Figura 9. Comunicación en una Red Ad Hoc MANET.

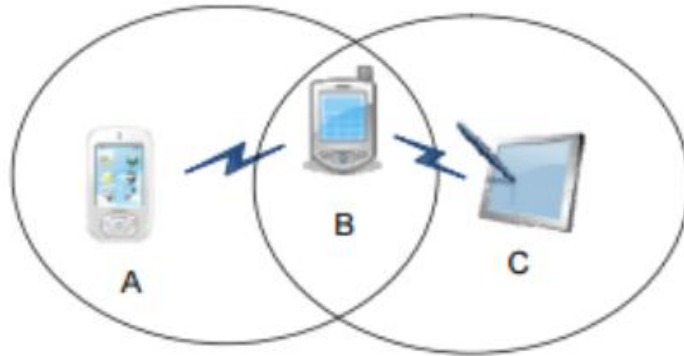


Figura 2-1: Comunicación en una MANET

Fuente: ROCABADO, Sergio. Caso de estudio de comunicaciones seguras sobre redes móviles Ad Hoc. Diciembre, 2013. En: Universidad nacional de la plata.

La anterior Figura 9 refleja la comunicación entre tres nodos; en el caso en que dos nodos no vecinos deben comunicarse lo hacen mediante de nodos intermedios quienes se encargan de reenviar los mensajes, este tipo de comunicación se denomina: comunicación multi – hop el cual se describe en la Figura 10.

Figura 10. Comunicación Multi – hop en una red MANET formada por cinco nodos.

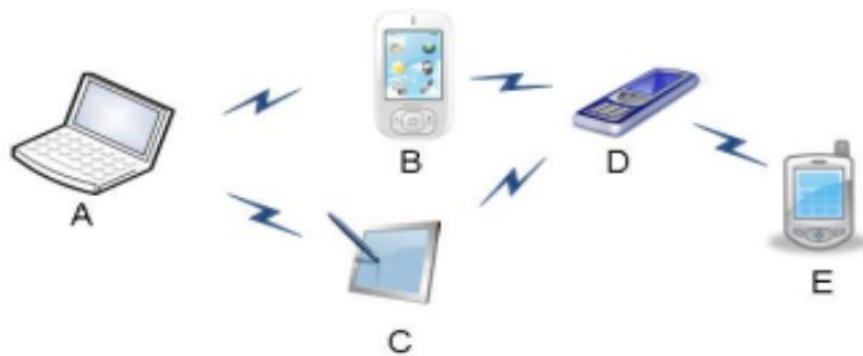


Figura 2-2: Comunicación Multi-salto en una MANET formada por 5 nodos

Fuente: ROCABADO, Sergio. Caso de estudio de comunicaciones seguras sobre redes móviles Ad Hoc. Diciembre, 2013. En: Universidad nacional de la plata.

6.3. REDES VEHICULARES AD HOC VANET

En los sistemas inteligentes de transporte Intelligent Transport System en inglés (ITS), la tecnología VANET es un factor clave en el desarrollo de la investigación en las redes de comunicación inalámbrica; VANET es considerado como una sub clase de las redes móviles Ad Hoc MANET donde los vehículos son simulados con nodos móviles los cuales se comunican entre sí con equipos móviles con equipos de carretera como teléfonos celulares o Smartphones.

Se han diseñado sensores para controlar los peatones, vehículos, infraestructuras y el medio ambiente dado que cada objeto en la ciudad está conectada formando una red de transporte basada en las Tecnologías de Información y Comunicación T.I.C.

La investigación desarrollada por Naja⁴⁴ identifica que el aumento de vehículos en todo el mundo indujo un incremento en el número de accidentes con más de 1,2 millones de víctimas al año en todo el mundo. Estadísticas relatan que los accidentes automovilísticos son la principal causa de muerte para los seres humanos de edad entre 1 y 34 en Europa y los Estados Unidos.

En Marruecos, por ejemplo, los vulnerables de la vía son usuarios como peatones y usuarios de vehículos de dos ruedas son las primeras víctimas de los accidentes de tráfico, que ocupan 52,96% de las muertes, seguido por los usuarios de automóviles que representan 36,36% del total de peatones muertos como se muestra continuación en la Figura 11.

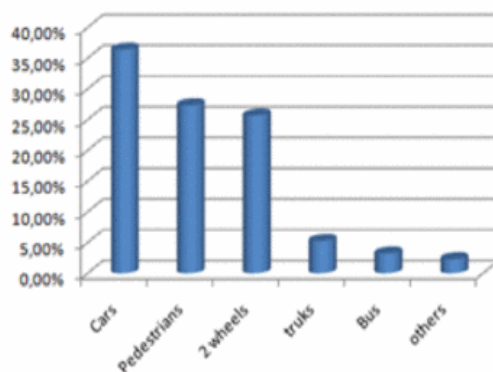
En comparación con 2011, los usuarios de vehículos de dos ruedas con motor, vehículos y usuarios de transporte de carga pública (camiones) mostraron una

⁴⁴ NAJA, A. *et al.* A new adaptive algorithm for data dissemination in Vehicular Ad hoc Networks. Marzo, 2015. En : Tecnologías de la Información y Electronica TIEPI. Pag. 36 – 42.

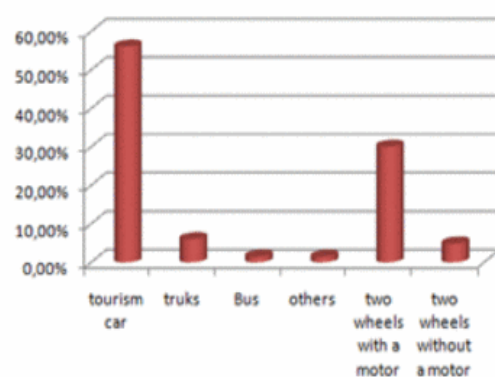
disminución significativa en el número de muertes, del orden de 0,26%, 10,83% y 14,51%, respectivamente, las restantes categorías de usuarios también han demostrado aumentos a partir de 2011 a 2012⁴⁵; por ejemplo, las personas que utilizan vehículos de transporte público como autobuses se observa un incremento del 70,51% del número total que pasó de 78 en 2011 a 133 en 2012; Asimismo, la tasa de los usuarios del vehículo privado de pasajeros aumentó un 0,46% pasando de 1.508 en 2011 a 1.515 en 2012.

Figura 11. Distribución de muertes por categoría de usuarios y la estructura de los vehículos implicados en el año 2012.

Distribution of deaths by category of users in 2012



Structure of the vehicles involved in 2012 by category



Fuente: NAJA, A. *et al.* A new adaptive algorithm for data dissemination in Vehicular Ad hoc Networks. Marzo, 2015. En: Tecnologías de la Información y Electronica TIEPI.

La tecnología VANET convierte en el móvil de redes Ad Hoc un gran impacto en la mejora de la seguridad vial, la eficiencia del tráfico, la comodidad de los usuarios y la gestión del transporte a través de varias e innovadoras aplicaciones desarrolladas para este contexto de movilidad urbana; las soluciones propuestas han sido efectivas en la disminución de accidentes, por lo tanto el propósito fundamental de las tecnologías VANET es garantizar la seguridad vial y disminuir la congestión del tráfico de vehículos⁴⁶.

⁴⁵ Ibid. Naja. Pag. 37.

⁴⁶ Ibid. Naja., pag.40

La falta de tecnologías inalámbricas era un barrera para la comunicación entre los vehículos lo cual garantizaría una mejor prevención de los accidentes ampliando la información y el conocimiento de los conductores a través de la implementación de un número de sensores para la infraestructura del coche y la carretera, los vehículos tienen diversos tipos de equipos y sensores VANET los cuales reciben y transmiten mensajes a través de redes inalámbricas en el momento en que los vehículos detectan alguna situación peligrosa, paradas rápidas, atasco del tráfico, estacionamientos, el combustible y la información del clima .

La mayoría de las ciudades sufren de la congestión del tráfico; existen dos tipos de congestión que se pueden distinguir: recurrente y no recurrente.

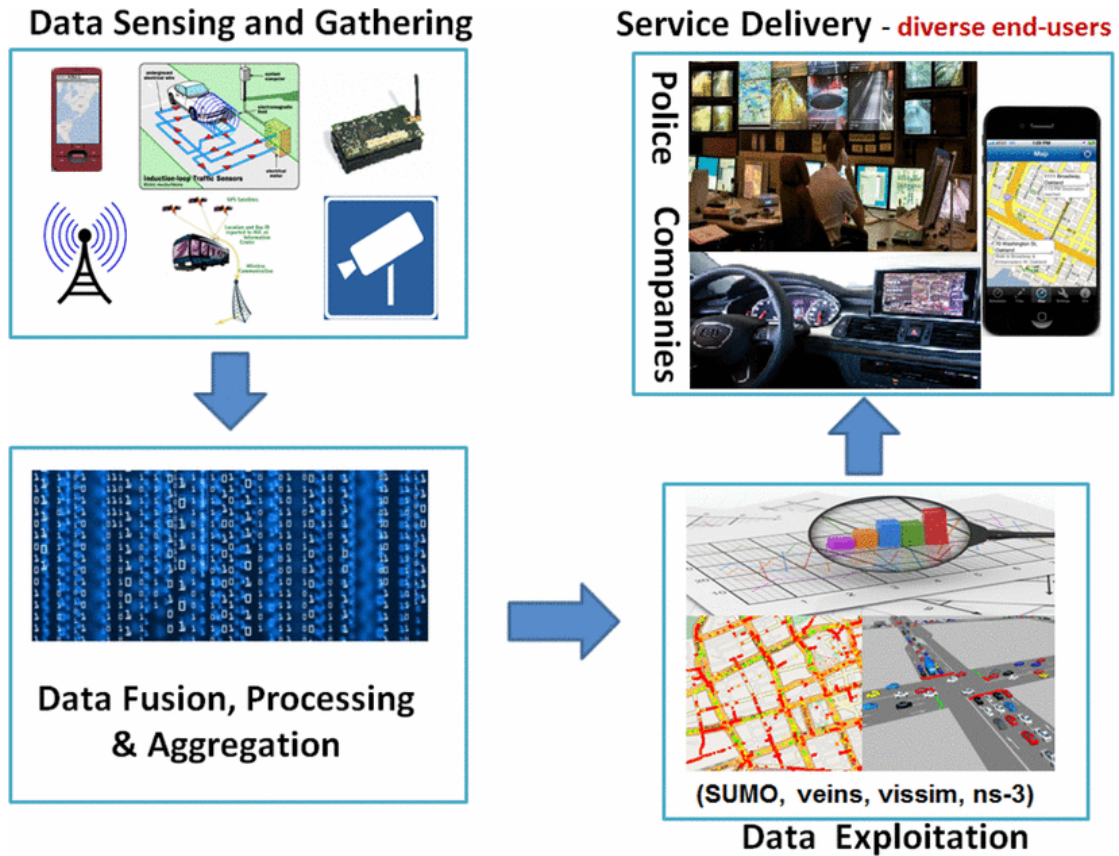
La congestión recurrente ocurre cuando un gran número de vehículos utilizan el espacio limitado de la red de carreteras por ejemplo, de lunes a viernes en las horas pico; la congestión no recurrente principalmente son eventos aleatorios por ejemplo, accidentes de tráfico, un vehículo detenido, arreglo de carreteras entre otros lo cual conlleva a pérdidas del 4.8 mil millones de horas y 1.9 millones de galones de combustible en año de 2010 en Europa.⁴⁷

Las soluciones empleadas por (TMS) Sistemas de Gestión del Tráfico son aquellas herramientas de monitoreo que pueden detectar incidentes aleatorios e informar sobre ellos a través de redes inalámbricas y redes de celular.

Un TMS ofrece capacidades que potencialmente pueden ser utilizados para reducir la congestión de tráfico, mejorar el tiempo de respuesta a incidentes, y asegurar una mejor experiencia de viaje para los viajeros. La TMS típica consiste en un conjunto de fases complementarias, como se muestra en la Figura 12:

⁴⁷ DJAHEL, S. *Et al.* A Communications-Oriented Perspective on Traffic Management Systems for Smart Cities: Challenges and Innovative Approaches. 2015. En: Encuestas y Tutoriales IEEE. pág. 125 – 151.

Figura 12. El ciclo de vida de datos en el transporte inteligente.



FUENTE: DJAHEL, S. *Et al.* A Communications-Oriented Perspective on Traffic Management Systems for Smart Cities: Challenges and Innovative Approaches. 2015. En: Encuestas y Tutoriales IEEE. pág. 125 – 151.

Cada uno de los actores anteriores desempeña un papel específico en garantizar la vigilancia y el control del flujo de tráfico en la ciudad eficiente.

La primera fase de un TMS es DSG Data Sensing and Gathering en el que los equipos de vigilancia de carreteras mide los parámetros de tráfico como el volumen de tráfico, la velocidad, la ocupación segmentos de carretera, entre otros. Periódicamente informan estas lecturas a una entidad central. Por ejemplo, estas herramientas de monitoreo pueden detectar incidentes aleatorios e inmediatamente informar sobre ellos a través de redes inalámbricas, redes celulares, o aplicaciones de detección móviles. Posteriormente, estos datos

alimentaciones se fusionan y agregados durante el DFPA Data Fusion, Processing and Aggregation fase para extraer información de tráfico útil.

La siguiente fase, DE, Data Exploitation utiliza este conocimiento adquirido de los datos procesados para calcular los siguientes: Rutas óptimas para los vehículos, las previsiones de tráfico a corto plazo, y varias otras estadísticas de tráfico. Finalmente, en la fase SD Service Delivery, el TMS ofrece este conocimiento a los usuarios finales como conductores, autoridades y empresas privadas utilizando una los dispositivos como teléfonos inteligentes. Un TMS adecuado para futuras ciudades inteligentes debe cumplir los siguientes requisitos⁴⁸:

- Asegurar una mayor precisión en la estimación de las condiciones del tráfico y una mayor eficiencia en el tratamiento de las situaciones de emergencia en las carreteras, en comparación con la existente TMS.
- Ser capaz de gestionar eficazmente el tráfico en la red de carreteras de tamaño y características variables.
- Proporcionar simulación en tiempo real del tráfico rodado y la visualización para ayudar a las autoridades a gestionar de manera más eficiente la infraestructura vial y mejorar la planificación de rutas para los viajeros.
- Garantizar la integración simplificada y sin problemas de los sistemas existentes y las nuevas tecnologías y gestionar la evolución de estos sistemas.

6.3.1. Arquitectura Vanet:

Poslad⁴⁹ en su documento sustenta que las ciudades inteligentes se identifican una amplia gama de sensores fijos y móviles implementados en V2I Vehículo a Infraestructura, V2V Vehículo a Vehículo y H2I Humano a Infraestructura y de

⁴⁸ Ibid. DJHAEL., pag.142.

⁴⁹ POSLAD, Stefan. *Et al.* Using a Smart City IoT to Incentivise and Target Shifts in Mobility Behaviour—Is It a Piece of Pie? Junio, 2015. En: Sensors. V. 15. Pag. 13069 – 13096.

redes inalámbricas, esta integración de tecnologías impulsa el desarrollo del Sistema de Transporte Inteligente STI hacia una ciudad denominada inteligente. Tales servicios incluyen navegación personalizada adaptada al vehículo, gestión y monitoreo del tráfico, detección de accidentes en la carretera, control de velocidad, mantenimiento de coches, estacionamiento y seguridad de conducción.

La Comunicación Inter Vehicular, Inter Vehicular Communications en inglés (IVC) es el principal componente de los sistemas de transporte inteligentes, lo que incluye agentes como (V2V) Y (V2I):

- **V2V:** Es cuando el vehículo se puede comunicar con otros vehículos directamente a través de un medio inalámbrico llamado WAVE. V2V se clasifica también en dos tipos de comunicaciones:

Un salto de comunicación: La comunicación directa entre vehículos.

Ad múltiple comunicación hop: Vehículos confía información a otros vehículos.

- **V2I:** Es la comunicación entre vehículos y equipos fijos situados a lo largo del camino.

En las tecnologías VANET la técnica de radiofusión de información es la más utilizada e importante, pues permite la transmisión de un mensaje de advertencia y asesoramiento sobre los eventos del tráfico a todos los otros conductores de las redes con una buena accesibilidad.

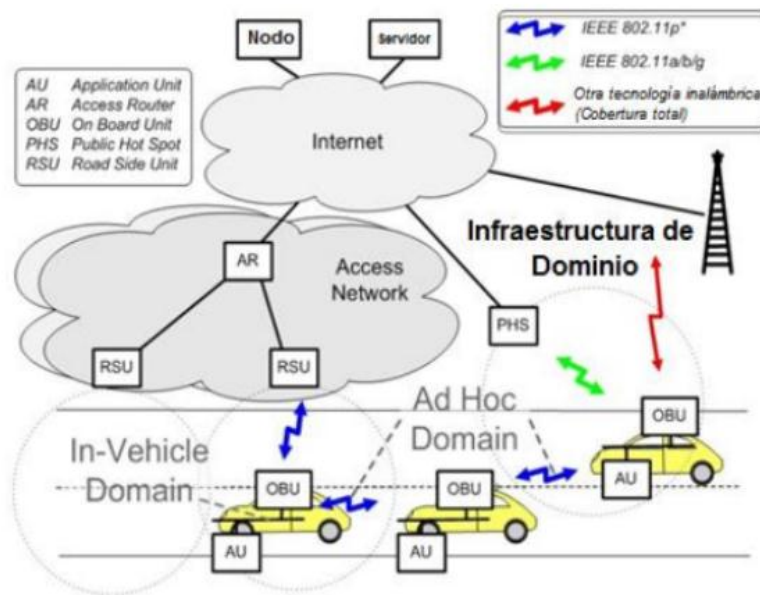
A continuación Poslad determina los enfoques de radiodifusión más importantes:

- Unicasting: Cuando un vehículo envía un mensaje a un solo vehículo.
- La multidifusión: Cuando un vehículo envía un mensaje a un conjunto de vehículos.

- Difusión: Cuando un vehículo envía una inundación de mensajes a todos los demás vehículos.
- Geocasting: Cuando un vehículo enviar un mensaje a todos los vehículos en un área geográfica específica.

En la Figura 13 se muestra el funcionamiento en tiempo real cuando se transmite un mensaje de tipo VANET, en donde se distinguen tres dominios de comunicación en las redes vehiculares: en el vehículo, en las redes Ad Hoc y en la infraestructura.

Figura 13. Ilustración de la emisión de mensajes VANET.

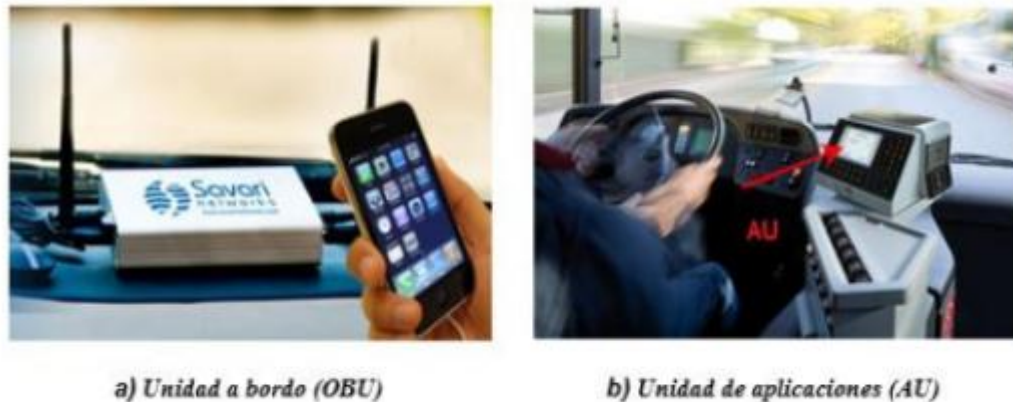


Fuente: NAJA, A. *et al.* A new adaptive algorithm for data dissemination in Vehicular Ad hoc Networks. Marzo, 2015. En: Tecnologías de la Información y Electrónica TIEPI.

En la Figura anterior se observa la interacción de agentes como el dominio en vehículo el cual hace referencia a la red local dentro de cada coche compuesto por dos tipos de unidades que se especifican a continuación y se observan en la Figura 14:

- ✓ la unidad a bordo, On Board Unit en inglés (OBU); el cual es un dispositivo que tiene capacidades de comunicación inalámbrica o cableada.
- ✓ La unidad de aplicaciones o Application Unit (AU) es un dispositivo que ejecuta múltiples aplicaciones mientras hace uso de las capacidades de comunicación de la OBU, estos dispositivos pueden ser computadores portátiles, PDAs y Smartphones.

Figura 14. Equipamiento para las comunicaciones vehiculares.



Fuente: TORRES, Mario. Estudio y simulación de redes Ad Hoc Vehiculares VANET. 2013 En: Universidad Católica de Pereira.

El investigador Mulcahy⁵⁰ sustenta que los nodos en una VANET tienen la tarea de optimizar la ruta adecuada para la transmisión de datos entre la infraestructura y vehículos, y entre vehículos. VANET debe tener características de autogestión para la red para ser útil a sus usuarios, y no debería necesitar a los humanos para configurar, operar o mantener la red. La auto-configuración, auto-organización, auto-sanación, atributos de autoprotección de un VANET.

⁵⁰ MULCAHY, J. Autonomic computing and VANET. Abril, 2015. En: SoutheastCON. pag. 1 – 7.

Las siguientes subsecciones son atributos de las Redes Vehiculares Ad Hoc VANET:

A. Un VANET es auto configurable:

Redes ad hoc vehiculares responden automáticamente a los cambios en su entorno operativo; el entorno operativo de un VANET consta de un conjunto de vehículos que forman los nodos de la red participante, más el conjunto de unidades de infraestructura de carretera que se comunican con ellos, estos automóviles pueden cambiar de dirección, cambiar de velocidad o aceleración, e incluso se pueden apagar o encender.

La auto-configuración VANET detecta cambios en la topología de red y hace los ajustes apropiados, como la modificación de las rutas de enrutamiento para reflejar los nuevos vehículos participantes o vehículos que salen.

B. Un VANET es Auto-Optimización:

Una red de auto-optimización transmite datos entre los vehículos participantes y la infraestructura tan eficientemente como sea posible, incluso cuando la topología cambia constantemente.

C. Un VANET es Self-Healing:

Los vehículos normalmente dejan la red VANET sin previo aviso, si un vehículo saliendo está en posesión de uno o más paquetes de datos que se destinan a otro vehículo, los paquetes se pierden.

La auto-sanación VANET reconoce que un paquete se ha perdido, actualiza su cursor o ruta de enrutamiento para excluir el nodo ahora desaparecido, y retransmite los datos de destino.

D. Un VANET es auto-protección:

Un auto-protección de sistema es capaz de anticipar la posibilidad de un fallo o fracaso antes de que ocurra, y es capaz de tomar automáticamente medidas para impedir o bloquear el problema.

Por ejemplo, un VANET puede ser diseñado para calcular la velocidad y la orientación de cada vehículo para que los datos lleguen a su destino sin interrupción; también VANET debe protegerse de la pérdida de datos de algunos ataques a la red pueden perturbar o corromper la comunicación de datos.

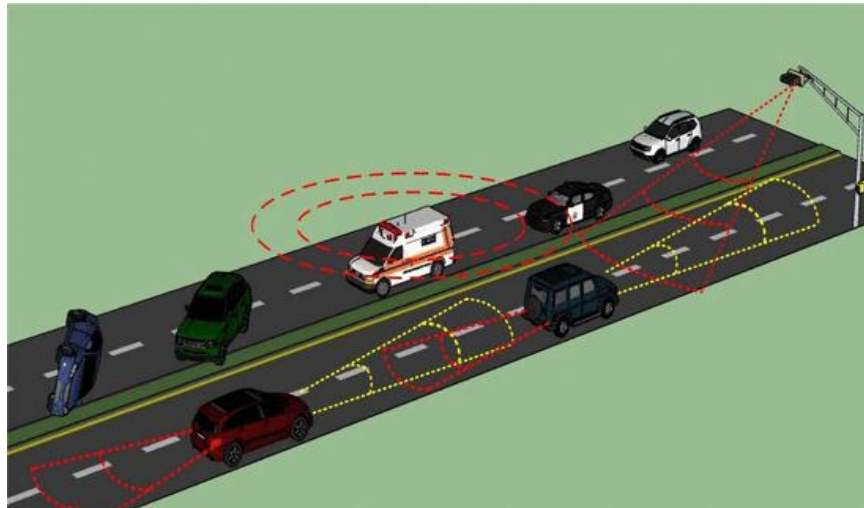
6.3.2. Seguridad del tráfico a través de comunicaciones de luz visibles tecnología vanet:

En la investigación presentada por el autor Caliean⁵¹ la industria de semi conductores ha despertado gran interés por los diodos emisores de luz (LED) los cuales permiten el desarrollo de sistemas Visible Light Comunicaciones (VLC); la aplicaciones esta tecnología (VLC) permiten la transmisión de datos entre vehículos como la información sobre el estado del vehículo como los frenos, la velocidad, el motor; o el tráfico por ejemplo el estado de los semáforos, accidentes y embotellamientos. Incluso con el desarrollo de los sistemas (VLC) existe la comunicación entre los vehículos y semáforos, adicionalmente se ha diseñado infraestructuras como AD Vehicular Redes Hoc ó tecnología VANET con semáforos inteligentes

Un ejemplo del uso de VLC se ilustra en la Figura 15 en donde los vehículos vecinos reciben los datos mediante el uso de sensores de luz y los envían a los próximos coches vecinos mediante el uso de sus faros traseros y de esta manera los datos se propagan a lo largo de la carretera.

⁵¹ CAILEAN, A. *et al.* Novel Receiver Sensor for Visible Light Communications in Automotive Applications. 2015. En: journal sensors IEEE.

Figura 15. Vehículos de seguridad proceden de los vehículos dañados y transmiten la información en el barrio de esta zona.



Fuente: CAILEAN, A. *et al.* Novel Receiver Sensor for Visible Light Communications in Automotive Applications. 2015. En: Journal Sensors IEEE.

Como se observa en la Figura 15 la infraestructura del tráfico también contribuye a la difusión de la información. Además, los vehículos también se pueden comunicar entre sí con respecto a su estado u otros problemas mecánicos necesarios para mejorar la seguridad del tráfico y la seguridad. Los automóviles de las nuevas generaciones están equipados con cámaras para los peatones y de detección del carril del tráfico, se facilita el uso de las cámaras incrustando los receptores (VLC); sin embargo la industria automotriz utiliza cámaras de bajo coste, se obtiene mejores resultados con cámaras de alta velocidad pero aún no están alcance de la distribución de la industria automotriz.

6.4. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS CON LA TECNOLOGÍA DE RED AD HOC VEHICULAR VANET: LOS CARROS DEL FUTURO

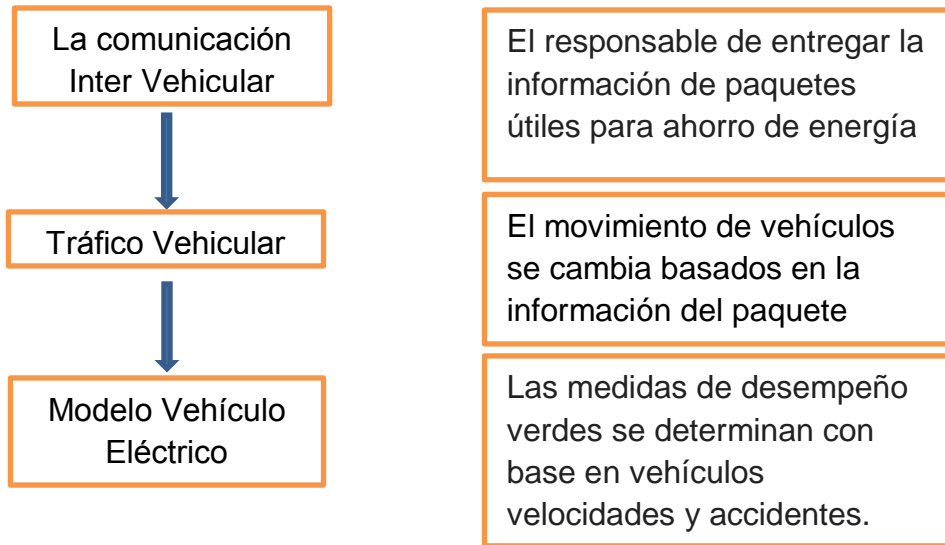
Las redes Vehiculares Ad Hoc Networks VANET pueden jugar un papel clave en la reducción de consumo de energía de los vehículos eléctricos EV pues permiten la comunicación entre los vehículos eléctricos en las carreteras. Alsabaan.

Para los vehículos que funcionan con combustibles fósiles se han realizado algunos esfuerzos utilizando VANET, para reducir el consumo de gasolina y emisiones de gases el enfoque que se desea realizar para un futuro son los vehículos eléctricos donde se demuestra la capacidad de integrar un modelo de consumo de energía para el vehículo para el beneficio del medio ambiente

Se tiene como objetivo el uso de nuevas tecnologías para vehículos eléctricos enfocado en la eficiencia energética, funcionalidad y facilidad de uso, VANET ofrece el potencial para reducir el consumo de energía de los vehículos eléctricos dado que guía a los conductores por la ruta óptima de acuerdo a su necesidad entre otras funciones como la ruta más corta, menos congestionada que ofrece esta tecnología; este sería un nuevo enfoque donde un vehículo verde o Green Wave puede hacer por medio de las comunicaciones VANET una red de vehículos verdes.

La integración de un modelo de consumo de energía EV con VANET se muestra en la Figura 16, un VANET es responsable de entregar la información de paquetes útiles para fines verde sobre la base de esa información.

Figura 16. Relación entre la tecnología VANET y modelos EV.



Fuente: Chacón Díaz Diana Fernanda. 2015.

De acuerdo con la Figura anterior la tecnología VANET es un apoyo para la construcción de un sistema de transporte ecológico o verde dado que es el responsable de entregar la información como la ruta más corta, congestión del tráfico, accidentes entre otros, lo cual contribuye al ahorro de energía; a partir de esta información la red de esta información hace parte de la toma de decisiones de los conductores y su destino. Para el modelo del vehículo eléctrico estas medidas determinan el desempeño de coche con sus características, ventajas y factores externos como accidentes.

Green Wave se utiliza en muchos países, como en Beijing y Guangzhou, el gobierno chino está experimentando con ella en las carreteras principales⁵². En Copenhague, Ámsterdam y San Francisco, La Ola Verde se adopta en los sistema inteligentes de transporte para los carriles para bicicletas y moto bicicletas puede funcionar a 15-18km / h sin parar.

⁵²ALSABAAN, M. *et al.* Greener electric vehicles with VANETs. Mayo, 2015. En: IEEE 28a Conferencia Canadiense sobre aparatos eléctricos e Ingeniería Informática. pág. 898 – 902.

Por otra parte, el Departamento del Reino Unido de Transporte ha advertido que una Ola Verde mal configurada puede tener efectos sobre el transporte de la ciudad. Dado que la capacidad de tráfico de las calles con Ola Verde se incrementa en varias ocasiones, los conductores tienden a estar en las calles con la onda verde. De esta manera la capacidad de las calles de la Ola verde puede ser excedido, causando congestión del tráfico y cancelando el efecto de la onda verde.

6.5. DETECCION DEL TRAFICO JAM

Existen diferentes técnicas para la detección de los atascos o los denominados trancones del tráfico en la cual hay varios enfoques que se analizarán a continuación:

- 1. El procesamiento de imágenes:** Es la técnica en la cual la imagen capturada por medio de la cámara o video y seguidamente procede a calcular y detectar la densidad de vehículos en el tráfico; dentro de esta técnica existen diferentes métodos de procesar las imágenes de detección de tráfico que se describirán a continuación⁵³:

Extracción de imágenes basado en antecedentes:

El vehículo en cada imagen se detecta mediante la aplicación de método de registro de antecedentes para el seguimiento de los coches, los parámetros importantes de tráfico son extraídos y analizados para detectar los eventos del tráfico; estos resultados muestran que el sistema de vigilancia del transporte en tiempo real es eficaz y eficiente dado que la extracción de imágenes mediante el análisis de fondo muestra características las cuales pueden ayudar a detectar el atasco del tráfico.

⁵³ DUBEY, P. *Et al.* Review on techniques for traffic jam detection and congestion avoidance. Febrero, 2015. En: 2a Conferencia Internacional sobre Sistemas de Comunicación ICECS y Electrónica. Coimbatore. Pag. 434 – 440.

Extracción de primer plano:

En una técnica que ha sido desarrollada para procesar los datos digitales, para estimar la densidad del tráfico directamente de las imágenes de vídeo en tiempo real. El algoritmo es capaz de detectar vehículos y calcular la densidad del tráfico, utilizando técnicas de procesamiento de imágenes; este método basado en la visión se enfrenta a problemas como la iluminación, sombras, nubes en movimiento y árboles.

Detección de vehículos a través de imágenes aéreas

El gran número de coches genera una fuerte presión sobre el transporte, las carreteras y las autoridades de control del tráfico, también se genera que la recopilación de información del tráfico sea parte de la vigilancia de vehículos, atasco del tráfico y prevención de la congestión, control de accidentes de tráfico, estadísticas del flujo de vehículos, planificación de la red de carreteras y la estimación de situaciones de estacionamiento.

Por esta razón el número de sensores terrestres como sensores de puentes, cámaras fijas y sensores de redes son la herramienta encargada de vigilar los vehículos y recopilar la información sobre el tráfico, sin embargo estas herramientas no proporcionan una visión completa de la situación generalizada del tráfico; lo cual métodos alternativos como imágenes de teledetección captadas por satélites o aviones son un apoyo viable pues su capacidad de proporcionar cobertura completa en un área específica.

Hoy día existen muchos satélites de observación de la tierra tales como IKONOS, GEOEYE, WORLDVIEW-2, WORLDVIEW-3 Y QUICKBIRD que brindan imágenes a disposición de los ciudadanos con alta resolución espacial y benefician el estudio de seguimiento de los vehículos⁵⁴.

⁵⁴ CHEN, Z. *et al.* Vehicle Detection in High-Resolution Aerial Images via Sparse Representation and Superpixels. Enero, 2016. En: IEEE Transactions sobre Geociencia y Teledeteccion. Pag. 103 – 116.

Las imágenes aéreas son preferidas a comparación con la imágenes que brinda los satélites pues es mayor su resolución y la adquisición de los dato es más fácil; por su alta resolución los vehículos más pequeños son claramente identificados en la imágenes aéreas. Lo cual es un atractivo para la vigilancia del tráfico utilizar este otro tipo de herramienta como lo son las imágenes aéreas.

Detectar manualmente los vehículos a partir de imágenes aéreas es mucho tiempo y mano de obra intensiva, lo cual es necesario desarrollar un método de detección automática de vehículos de alta resolución. Sin embargo detectar los vehículos a través de estas imágenes es un reto debido a que pueden provocar falsas alarmas en la identificación de vehículos por causa de la sombra de árboles, edificios y aires acondicionados entre otros.

La iluminación juega un papel importante en la búsqueda de vehículos y con el fin de obtener una alta precisión sobre los objetos se realizó un estudio de “muestras de entrenamiento” en el cual se desarrolla un conjunto de algoritmos y segmentación de súperpixel para mejorar la eficiencia en la detección y construcción de los vehículos en las imágenes aéreas.

El desarrollo de la imagen segmentación de superpixel aplica para muchos campos como el reconocimiento de rostros, clasificación de objetos, clasificación de imágenes, restauración de imágenes, comprensión de datos y objeto de seguimiento.

En la detección de vehículos se clasifica en dos tipos de modelos: lo modelos implícitos basados en apariencia y los modelos explícitos.

Apariencia basada en modelos implícitos:

El modelo implícito por la apariencia consiste de características de intensidad o de textura de la imagen usando una ventana o núcleos que rodean a un pixel

específico o un pequeño grupo de píxeles, el modelo del color y fondo para la separación de los coches aun no puede evitar el error o la detección falsa; otro problema en la identificación es el enfoque de los carros individuales en el momento que están estacionados cerca.

Modelos explícitos

En los modelos explícitos el vehículo se describe o se representa mediante un modelo morfológico, la detección de los coches se realiza comparando la imagen con una estrategia de “abajo hacia arriba” de esta manera la identificación mediante el tamaño se emplea para eliminar las falsas alarmas; también el vehículo se ha representado como una caja de 3 dimensiones (altura, longitud y anchura). Existen algunas desventajas al momento de utilizar el método explícito dado que los modelos de los automóviles están predefinidos de forma rígida.

2. Sensores: Técnicas de Detección

Son técnicas ampliamente utilizados en las carreteras para la detección del atasco del tráfico, existen múltiples sensores los cuales se clasifican en : el método no intrusivo que se basa en el procesamiento de imágenes de video, óptica, ultrasonido, radar laser y radar de microondas el cual se instala encima de las carreteras.

Los sensores de flujo de tráfico intrusivo existentes se clasifican como magnetómetro, bucle inductivo y tipos de interruptores de presión basada en el principio de detección utilizado. Estos sensores están integrados ya sea debajo de la superficie superior de la calzada o se colocan en la superficie de la carretera.⁵⁵

Sensores LOOP

Los Bucles de inducción se utilizan para contar los vehículos que pasan en cierto punto donde se estima la longitud, la velocidad y el peso de los coches y la

⁵⁵ DUBEY, P. *Et al.* Review on techniques for traffic jam detection and congestion avoidance. Febrero, 2015. En: 2a Conferencia Internacional sobre Sistemas de Comunicación ICECS y Electrónica. Coimbatore. Pag. 434 – 440.

distancia que ocupa entre ellos, los inconvenientes son como el mantenimiento y el error en la transmisión de información del tráfico.

Sensores Magnéticos

Estos sensores no se ven afectados por las condiciones climáticas obteniendo datos más estables en comparación con otras técnicas permitiendo una mejor transmisión de la información del flujo de tráfico en tiempo real, este sistema un buen desempeño específicamente en las áreas rurales.

Una vez vistas las alternativas de solución para la movilidad urbana en las ciudades inteligentes encontrados en este capítulo, a continuación se realizara una síntesis acerca de las Tecnologías de Información y Comunicación utilizadas para la detección, solución y control de la congestión del tráfico.

6.6. VISIÓN GENERAL DE LAS TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE ATASCOS DE TRÁFICO EN LAS CIUDADES INTELIGENTES.

Tabla 10. Visión general de las técnicas de detección de atascos de tráfico en las ciudades inteligentes

TECNICA	OBJETIVO	VENTAJAS	LIMITACIONES	FASE
Imagen Procesada	Desde una cámara o video se captura la imagen y se calcula la densidad del tráfico.	1. Extracción del fondo. 2. Extracción del primer plano. 3. Imágenes aéreas.	1. Sensibilidad cuando el entorno cambia a causa de la luminosidad. 2. Complejidad computacional.	Operación
Técnicas de Detección	Detectar los vehículos basados en sensores colocados a lo largo del camino.	1. Sensor de bucle (Loop) inductivo. 2. Sensores magnéticos.	1. El mantenimiento y la reparación requieren coste computacional significativo. 2. Los efectos en los sensores debido al cambio del clima. 3. Lesiones por el deterioro de pavimento.	Operación

Continuación tabla 9.

Sondear técnicas basadas en el vehículo	Indicar los registros temporales, espaciales y de velocidad dentro de cada segmento para clasificar el tráfico.	1. Basado en GPS 2. Basado en teléfonos móviles o Smartphones	1. La proliferación de receptores GPS en los vehículos es muy baja en algunos países.	Operación
Desvío del vehículo utilizando el algoritmo de predicción	Informar al conductor para cambiar la ruta de congestión de las zonas descongestiona da por la previsión de la densidad de tráfico.	1. método SRV variable de la ventana. 2. Modelo tráfico urbano de simulación AUTM. 3. Evitar la congestión utilizando algoritmo.	1. Algoritmo de predicción toma de datos histórica. 2. Requerir algoritmos que toman datos históricos y en tiempo real. 3. Exactitud en la predicción	Prototipo
Tecnología VANET	Compartir la información local actual de la situación de tráfico y usar esta información para optimizar sus rutas.	1. Comunicación Vehículo a Vehículo V2V. 2. Comunicación Infraestructura Vehículo V2I. 3. Comunicación Humano Vehículo H2V.	1. La transmisión de mensajes puede ser restringido por los altos edificios cercanos a la calle y se puede producir mucho más colisiones de paquetes. 2. No transmite la comunicación aérea.	Operación
Optimización de frecuencia de la señal	Un control inteligente de semáforos que puede aliviar la congestión durante las emergencias.	1. Multiagente tiempo real basado centralizado técnica de optimización evolutiva. 2. Método basado en la lógica difusa con un método basado en red neutral	1. Se requiere señal de adaptación algoritmo para optimizar tiempo. 2. No es adecuado para la evitación de la congestión en todas las situaciones	Prototipo

FUENTE: DUBEY, P. Et al. Review on techniques for traffic jam detection and congestion avoidance. Febrero, 2015. En: 2a Conferencia Internacional sobre Sistemas de Comunicación ICECS y Electrónica. Coimbatore. Pag. 434 – 440.

Para realizar un análisis interpretativo sobre los resultados acerca de las técnicas de detección de la congestión del tráfico se observa que la mayoría de estas metodologías son aplicadas hoy en día y que debido a la amplia gama de Tecnologías de Información y Comunicación facilita su acceso para cualquier

ciudadano que desee obtener información sobre la situación del tráfico en tiempo real.

A partir de dispositivos como los teléfonos inteligentes o Smartphones y los computadores las técnicas como imagen procesadas una foto o video contribuyen a calcular la densidad del tráfico, a extraer y analizar esta información para el seguimiento de los vehículos; adicionalmente estos dispositivos cuentan con la aplicación del sistema de posicionamiento global GPS datos como la posición del vehículo, localización y predicción de rutas hacen parte de la técnica de sondeo basados en vehículos. Por último la interacción y comunicación entre los vehículos, la infraestructura y las personas por medio de mensajes de tecnología VANET, evidencian la importancia de aprovechar estos dispositivos para obtener un mejor rendimiento y productividad en la vida cotidiana; estas ideas aunque se están desarrollando para mejorar el sistema de transporte no son lo suficientemente optimas debido a factores como la infraestructura de algunas ciudades, la cultura ciudadana, la economía y el desarrollo tecnológico para finalmente llegar a un transporte sostenible en una ciudad inteligente.

Otra de estas técnicas hacen parte de un prototipo, lo cual indica que está en estudio investigativo o laboratorio dentro de la academia y no se han implementado en el sistema de transporte urbano; En esta clasificación de prototipo se encuentra el método de algoritmos de predicción son parte de un modelo de transporte en el cual llevan registros históricos de la congestión del tráfico y sus simulaciones en los cambios de las zonas de rutas más transcurridas y congestionadas; además en la técnica de frecuencia de la señal se muestra el prototipo de control de semáforos como alternativa de solución en situaciones de emergencias como accidentes, esta técnica es un modelo de algoritmos y como aún se encuentra dentro del estudio académico no se ha implementado en una red de semáforos debido a su alto riesgo.

7. TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS DEL USO DE LAS T.I.C. EN MOVILIDAD URBANA

7.1. COMUNICACIÓN INTRA – VEHICULAR IVC

Hoy día se observa una tendencia importante hacia la fabricación de las ciudades inteligentes o incluso el diseño de nuevas mega ciudades del mañana a partir de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) que desempeñan un papel fundamental en la construcción de ciudades inteligentes.⁵⁶

Los vehículos jugaran un papel significativo de los sistemas de Tecnologías de Información y Comunicación y transporte para las ciudades Inteligentes, los avances en comunicación Inter - Vehicular IVC, hace de la conducción más segura y eficiente.

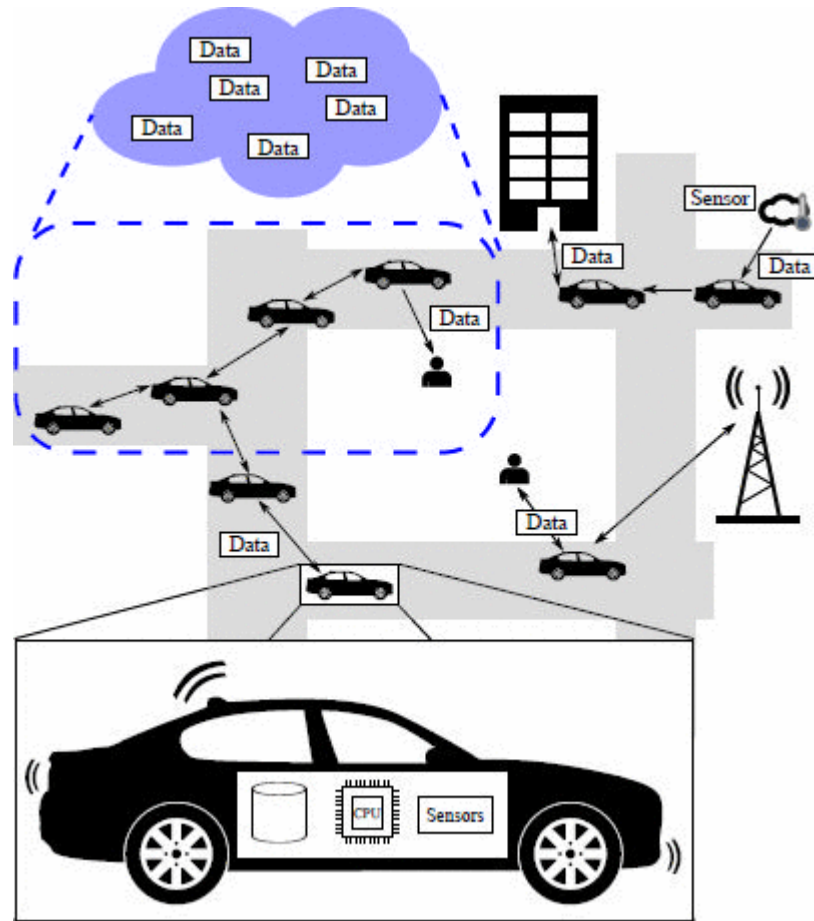
Ir un paso más allá de la prestación de servicios a los usuarios de coches "*Car4ICT, una arquitectura para la fabricación de automóviles siendo el principal recurso las TIC en las ciudades inteligentes.*"⁵⁷ ALTINTAS.

La arquitectura Car4ICT se describe en la Figura 17, donde se observa que los usuarios están estableciendo conexiones a través de los coches; en la parte superior derecha un usuario en casa es informado a través de un sensor de lectura el cual recibe información mediante otro sensor inteligente que se encuentra a lo largo de la carretera, mientras que en la esquina inferior derecha un usuario se conecta a Internet a través del vehículo.

⁵⁶ Caragliu A., C. Del Bo. *Et al.* Ciudades Inteligente en Europa.2011. En: Journal of Urban Technology, V. 18, no. 2, pág. 65-82.

⁵⁷ ALTINTAS, O. *Et al.* Making cars a main ICT resource in smart cities. Abril, 2015. Hong Kong. En: Conferencia IEEE sobre Equipo de Comunicaciones Talleres (INFOCOM WKSHPs). Pág. 582 – 587.

Figura 17. Concepto de proporcionar los recursos TIC en las ciudades inteligentes que utilizan vehículos móviles.



Fuente: ALTINTAS, O. *Et al.* Making cars a main ICT resource in smart cities. Abril, 2015. Hong Kong. En: Conferencia IEEE sobre Equipo de Comunicaciones Talleres (INFOCOM WKSHPs). Pág. 582 – 587.

En la parte izquierda de la Figura 17 muestra los datos almacenados en varios vehículos; también se puede observar que el coche inferior izquierda ofrece varios servicios como el almacenamiento, potencia de procesamiento y su propio sensor de radar. Por lo tanto, participa en la red como un miembro de transmisión de mensajes y al mismo tiempo como oferta de servicios. A continuación se resume el concepto de arquitectura Car4ICT:

La arquitectura básica consta de dos entidades que interactúan entre sí. El primer tipo de entidades son los coches que crean la red; ellos son los responsables de buscar los servicios y la propagación de mensajes a través de la red. Adicionalmente, cada vehículo puede actuar como puerta de entrada para la segunda categoría de entidades, los usuarios que se conectan a la red para ofrecer y solicitar servicios.

Un usuario podría por ejemplo, una persona cercana a un vehículo que hace uso de los servicios Car4ICT accediendo a la red mediante su smartphone. Si un usuario se conecta a la red de este tipo, lo más probable es que él hace uso de la comunicación por radio de corto alcance tales como WiFi o DSRC⁵⁸.

Otro tipo de usuario sería una máquina, por ejemplo un sensor en el propio coche que ofrece la temperatura, la humedad, y las lecturas de calidad del aire contaminación del medio ambiente por medio de lecturas del sensor en un área.

Del mismo modo, los sistemas automatizados pueden utilizar la arquitectura Car4ICT en (M2M) Máquina a Máquina. Un vehículo puede ser ambas entidades al mismo tiempo, por ejemplo ser miembro como se ha descrito antes y al mismo tiempo ser un usuario ofreciendo algunas de sus lecturas de los sensores.

Si un usuario solicita un servicio, un coche consulta su tabla local, si no se encuentra disponible, el coche puede reenviar la consulta a otros coches o automóviles podrían compartir sus tablas de servicios de forma proactiva para reducir la posibilidad de fallas.

⁵⁸ Ibid. ALTINTAS. Pag. 584.

7.2. SISTEMA DE CABINA MÓVIL (MCS) PARA LOS TELÉFONOS INTELIGENTES PARA LA BICICLETA ELÉCTRICA (EB):

Se ha despertado gran interés en los ciudadanos el uso de vehículos eléctricos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la gestión de energía y más recientemente la electrificación del transporte urbano; adicionalmente en nuevos vehículos ligeros eléctricos y bicicletas eléctricas (EBS). Los sistemas de información y comunicación entre los usuarios y estos vehículos son los principales actores dentro de la plena movilidad eléctrica para el desarrollo de las ciudades inteligentes y las redes inteligentes.

La primera experiencia del ciclista a través del uso de sensores de teléfonos inteligentes fue el sistema BIKENET le cual se basa en una bicicleta convencional en el ofrece la colección de datos de múltiples sensores como la velocidad y la posición que son compartidos a través de una portal web.

7.2.1 Nito Bike Net

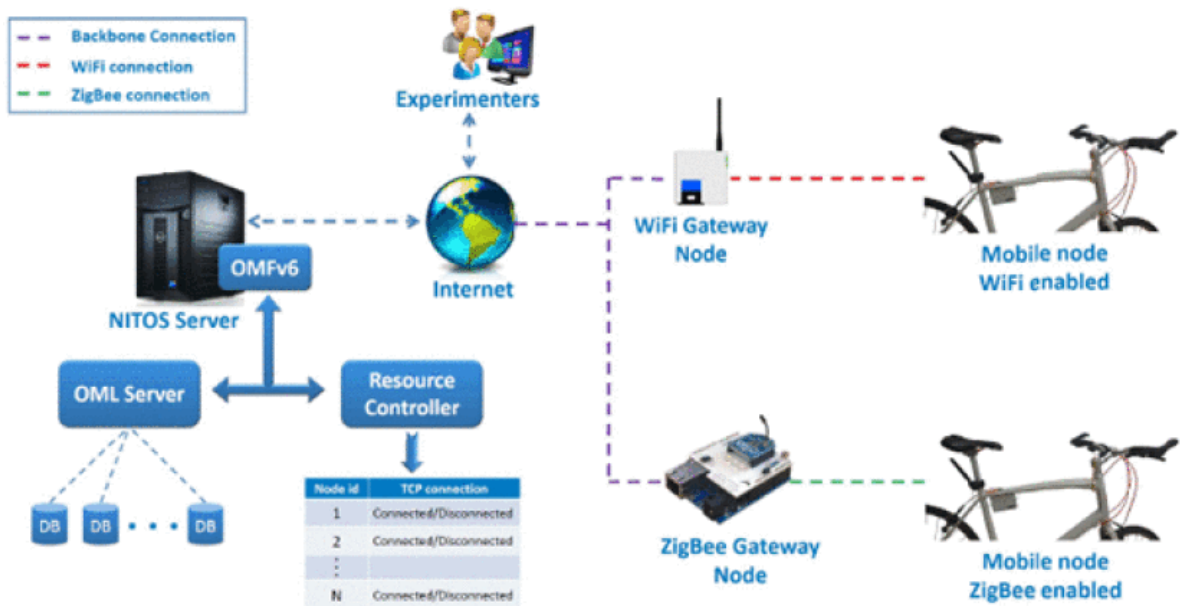
El objetivo es proporcionar una plataforma para facilitar la experimentación y la creación de prototipos con nodos de sensores móviles montados en bicicletas. En este caso, los ciclistas utilizan su teléfono móvil para grabar y compartir los caminos recorridos y estadísticas de paseo, que a su vez pueden utilizarse para inferir la dificultad y el ruido de las distintas vías.

7.2.2. Arquitectura nito bikenet

La plataforma Nitos BikesNet consta de tres entidades distintas físicas: el servidor, pasarelas y nodos de sensores móviles; Actualmente existen dos tipos de puerta de enlace: WiFi y ZigBee.

WiFi es un punto de acceso y está adaptado a numerosos lugares, mientras que ZigBee tiene menor consumo de energía y por lo tanto podría ser utilizado con batería.

Figura 18. Arquitectura BikeNet Nitos.



FUENTE: KAZDARIDIS,G. et al. NITOS BikesNet: Enabling Mobile Sensing Experiments through the OMF Framework in a City-Wide Environment. Julio, 2014. En: 15a IEEE Conferencia Internacional sobre Gestion de datos moviles MDM. Pag. 89 – 98.

Debido al aumento del uso de bicicletas en la Figura 18 se observa la integración del sistema de cabina móvil (MCS) proyecto el cual desarrolla diferentes áreas de ingeniería de la informática; las principales áreas tecnológicas son la detección de Smartphone, la navegación, el perfil del ciclista y la información del transporte público. Por otro lado la ingeniería electrónica está reflejada en el prototipo de la bicicleta eléctrica, el sistema de la carga de la batería y la comunicación por Bluetooth a los sensores que se utiliza para determinar el rendimiento del ciclista. En este contexto el (MCS) está dirigido a (EB) dado que su objetivo es ayudar a los ciclistas en el entorno de las ciudades inteligentes.

La oferta de transporte público insuficiente puede ser suplida por el sistema de bicicletas eléctricas, con rutas personalizadas y un pequeño esfuerzo por aparte del ciclista debido al motor eléctrico.

La aplicación móvil del sistema MCS App se puede utilizar para cualquier bicicleta y puede ofrecer una visión en tiempo real de las opciones de transporte disponibles en cuanto a la planificación de rutas, guías de conducción y seguridad.

Los sistemas de transporte, la energía y las TIC establecen vínculos con la finalidad de centralizar la información en una aplicación móvil ya que los ciudadanos necesitan más información y de mejor calidad en tiempo real; el MCS App jugará un papel importante pues existen 6.8 millones de suscripciones móviles en todo el mundo en el año 2013, el 96% de la población mundial.

A continuación se presenta el Menú Principal de la aplicación móvil MCS App⁵⁹:

1. La guía de ruta, estaciones y de destino, así como la información de carga de la distancia rango de representación y predicción o llegar a un destino definido.
2. Definir datos e intervalo de adquisición de los sensores disponibles.
3. Ver información sobre el perfil del ciclista.
4. Configurar el menú de la aplicación para obtener datos personalizados en base a las funciones disponibles.
5. Información sobre el transporte público, con la programación de las trayectorias de rutas y paradas de autobús.

La integración de los datos del transporte público y su disponibilidad en los dispositivos móviles pueden crear mejores condiciones e incentivos para los

⁵⁹ FERREIRA, J. *et al.* Mobile Cockpit System for enhanced electric bicycle use. Octubre, 2015. En: Informatica industrial, IEEE Transactions.

ciclistas por ejemplo las inadecuadas condiciones meteorológicas el ciclista puede utilizar el transporte público como alternativa.

7.2.2. v – Alert aplicación teléfonos móviles

En el contexto de tecnologías implementadas en bicicletas el autor Hernandez⁶⁰ en su texto “Description and Validation of a Vulnerable Road User Alert System in the Framework of a Smart City”, narra un tipo de aplicación a los teléfonos móviles con interacción aplicada a la estructura física de una bicicleta, a continuación se describirá una breve problemática que sufren los conductores de bicicletas y su alternativa de solución.

El ciclismo es un medio de transporte en el que los usuarios de carretera se consideran relativamente vulnerables (VRU), el número de ciclistas muertos aumento en un 6% en la unión europea de 2010 a 2012; con base en los estudios aquellos accidentes que involucran usuarios VRU ocurre en instalaciones diseñadas para los peatones y los ciclistas.

En el marco de ciudades inteligentes proporcionar tecnologías de información y comunicación T.I.C. para mejorar la calidad de vida mediante la mejora de seguridad y bienestar orientada a la solución de movilidad, la localización de vehículos y usuarios combinan dispositivos, sensores e infraestructura con los sistemas de información digital a través de herramientas de software en la web.

Los sistemas de transporte inteligentes (ITS) surgen como una respuesta tecnológica para un mejor seguimiento y control del tráfico que requieren del uso de cámaras, paneles de señalización o dispositivos de sensores que envíen información.

⁶⁰ HERNANDEZ – JAYO, U. *et al.* V-Alert: Description and Validation of a Vulnerable Road User Alert System in the Framework of a Smart City. 2015. Pag. 18480-18505

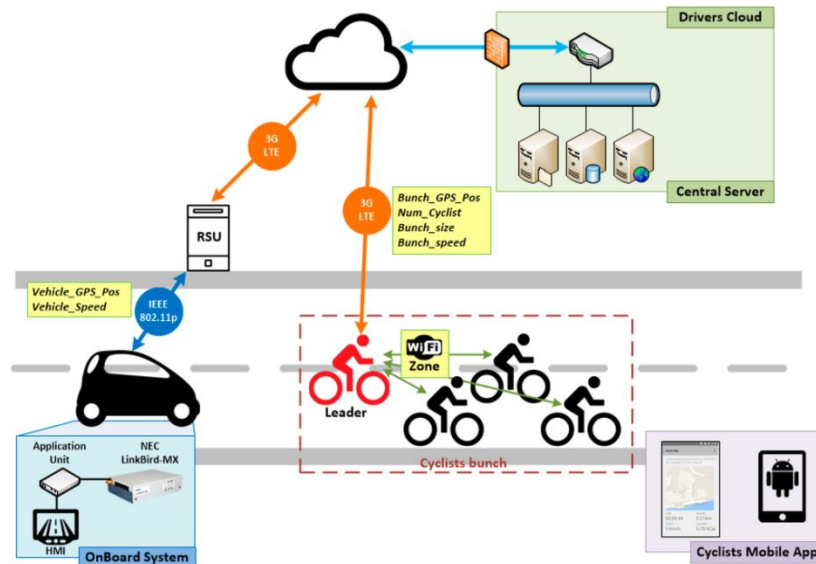
Hoy en día sistemas de Floating Car Data (FCD) el cual se basa en la recolección de una información de los sistemas de ubicación global de vehículos a través de terminales móviles y el de plataformas web como WAZE permiten a los conductores obtener dato útiles acerca del transporte

El V – Alert⁶¹ es un sistema en el marco de ciudades inteligentes que permite el uso de vehículos como sensores móviles los cuales comparten sus posiciones, velocidad y dirección, esta tecnología solamente aplica para los ciclistas con el fin de advertir accidentes o colisiones. El sistema V – Alert funciona con comunicaciones inalámbricas de vehículos, comunicaciones móviles y un software de computaciones en la web donde se gestiona una comunicación entre conductores y ciclistas; esta aplicación ha sido diseñada utilizando característica y propiedades de los dispositivos comunes como teléfonos inteligentes y lo servidores no sofisticados.

En la Figura 19, se muestra donde la red de comunicación entre los agentes en la plataforma V – Alert donde se encuentra los ciclistas que son los usuarios vulnerables a accidentes, los vehículos y el servidor central como la Nube Drivers. El objetivo es advertir a los ciclistas y a los conductores sobre su presencia cuando están cerca.

⁶¹ Ibid. HERNANDEZ. pag. 18492.

Figura 19. Descripción de la arquitectura del Sistema V – Alert.



Fuente: HERNANDEZ – JAYO, U. *et al.* V-Alert: Description and Validation of a Vulnerable Road User Alert System in the Framework of a Smart City. 2015.

En la representación anterior sobre la arquitectura V - Alert se identifica el ciclo de comunicación entre los siguientes actores: en primera instancia el vehículo con su dispositivo a bordo y la aplicación del GPS informa a la nube su localización y velocidad con el objetivo de anunciar su aproximación en la carretera; a su vez la aplicación de los ciclistas móviles en inglés Cyclists Mobile App advierte al conductor líder sobre el automóvil, esta información recibida por el ciclista líder deberá ser comunicada al resto de participantes o usuarios de bicicletas que se encuentren en la vía mediante el uso de la red WIFI. Por medio de este ciclo y la interacción de los agentes dispositivos, automóviles y conductores de bicicletas buscan disminuir el riesgo de accidentes a los usuarios vulnerables o ciclistas.

7.3. USO DE TELÉFONOS MÓVILES PARA CREAR DATOS DE CÓDIGO EN EL SISTEMA DE BUS SEMI – INFORMAL

Según la investigación realizada por la autora Sarah Williams el transporte en las ciudades en desarrollo se limita a dos sistemas semi informales como son los autobuses y minibuses que son operados por numerosas personas que se desempeñan como los operadores de estos, estos sistemas se han constituido para la gran mayoría de la población en las ciudades de rápido crecimiento de América latina, Asia y África como la columna vertebral del transporte.

La falta de información precisa y clara como mapas donde se observa la ubicación de estaciones, sistema de recorridos, costos y horarios no están disponibles al público en general, lo que hace que la utilización de estos sistemas se haga bastante difícil para los usuarios como para los funcionarios que programan y planifican el tránsito.

Esto hace un marcado contraste con las ciudades donde existen sistemas de transporte formales, donde la información de los operadores y la integración con las nuevas tecnologías permitan la toma oportuna y óptima de decisiones de planificación. Estas redes semi informales son compuestas por actores privados que tienen como objetivo es la operatividad lucrativa y son operados por los propietarios o empresas.

El tamaño del vehículo como su capacidad puede ser diversa desde muy pequeños hasta autobuses de tamaños mayores, los taxis regulares a diferencia de los sistemas de buses de transporte informal tienen rutas fijas con sus paradas designadas semejante a los sistemas de transporte formales que ofrecen una infraestructura de transporte esencial para ciudades en vías de desarrollo al ofrecer la movilidad a los ciudadanos especialmente a la población de bajos recursos de clase media baja del área urbana, que generalmente no pueden

utilizar otros medios de transporte.

Aunque este sistema informal de transporte ayuda a solucionar el problema de falta de transporte, este lleva consigo algunos inconvenientes como son congestión de tráfico, accidentes y la contaminación ambiental, como también la inseguridad y la desconfianza.

A esta situación llega una posible solución que es la aplicación de nuevas tecnologías que llegan a través de los teléfonos móviles que nos traen la capacidad y mejoras en las T.I.C. geo locativas, surgen nuevas posibilidades para recopilar datos para tránsito por individuos a un costo bastante bajo.

Las capacidades de la tecnología geo locativa móvil “geo – móvil” que se podrían utilizar para recoger un conjunto de datos acerca del sistema semi – informal de tránsito, de esta manera esta información podría ser traducido al estándar de datos (GTFS) Transito General de Alimentación Especificación⁶² para ser utilizado por el gobierno y el tránsito y así mismo desarrollar planes de transporte para la ciudad.

Los teléfonos celulares ayudan a modelar los flujos del tránsito mediante la recopilación de información mediante el uso del sistema de posicionamiento global (GPS) en países desarrollados como en vía de desarrollo. GTFS fue desarrollado en el 200 para la agencia de transporte Indicaciones para ir de Portland junto con la ayuda de los Softwares Google Maps y Open Trip Planner.

⁶² WILLIAMS, Sarah. *et al.* The digital matatu project: Using cell phones to create an open source data for Nairobi's semi-formal bus system. 2015. En: Journal Transport Geography. V. 49, pag.39 – 51.

7.4. DETECCIÓN DEL TRÁFICO DESDE TWITTER TELÉFONOS MÓVILES

Servicios en redes sociales como Twitter, Facebook y Google +, se han convertido en un canal de acceso fácil a la información en tiempo real; el mensajes entre los usuarios compartidos puede contener información como fecha, hora, coordenadas geográficas, nombre del usuario, además del texto; dado que si se analizan correctamente estos datos son fuente de información para la detección de eventos como la congestión del tráfico, accidentes, desastres naturales, entre otros.

De esta manera la integración de las T.I.C. junto con los eventos en las redes sociales, las redes de transporte, vehículos y usuarios son insumo para los Sistema Inteligentes de Transporte (SIT).

En la extracción de datos y con la finalidad de que la información que se publica en estas redes sociales sea verídica, se emplea métodos de los campos de minería de datos, aprendizaje automático, estadística y el Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN) para obtener información de calidad y sin sesgo.

Durante el proceso de minería de texto, varias operaciones se pueden realizar en función del objetivo específico, como por ejemplo⁶³:

1. Análisis lingüístico a través de la aplicación de técnicas de PNL, indexación y técnicas estadísticas.
2. Filtrado de texto por medio de palabras clave específicas.
3. Extracción de características, es decir, la conversión de características textuales (por ejemplo, palabras) en las características numéricas (por ejemplo, los pesos), que un algoritmo de aprendizaje máquina es capaz de procesar.
4. La selección de características, es decir, la reducción del número de características en Para tener en cuenta sólo los más relevantes.

⁶³ D' ANDREA, E. *et al.* Real-Time Detection of Traffic From Twitter Stream Analysis. 2015.

Twitter cuenta con más 600 millones de usuarios activos los cuales comparten 400 millones de mensajes al día, quiere decir que esta red social tiene varias ventajas sobre sus similares de servicio micro - blogging en transmitir una información en tiempo real, estos mensajes son públicos lo que indica que están directamente disponibles sin limitación de privacidad.

Los métodos de extraer información de contenido transporte generando así medidas cuantitativas que pueden ser explorados, para este caso el tema relevante es experiencia de transporte y movilidad⁶⁴; la Tabla 9 enumera una serie de términos y el número de frecuencia o repeticiones.

Tabla 11. Número de frecuencias de términos en la plataforma de Twitter.

Términos y variaciones	No	Porcentaje de todas las opiniones (%)
Aparcamiento, estacionado	9876	4.3
Manejar manejó	8403	3.7
Automóvil	5367	2.3
Tráfico	1048	0.5
Caminar, caminar	14441	6.3
Bike, en bicicleta, bicicleta	1215	0.5
Carril	1029	0.4
Autobús	687	0.3
Tránsito	71	0.0
Todos los términos de automóviles	21713	9.4
Todos los términos de transporte	35482	15.4

Fuente: MONDSCHNEIN, A. Five-star transportation: using online activity reviews to examine mode choice to non-work destinations.2015. En: Transportation. V.42. No, 4. Pág 707 – 722.

⁶⁴ MONDSCHNEIN, A. Five-star transportation: using online activity reviews to examine mode choice to non-work destinations.2015. En: Transportation. V.42. No, 4. Pág 707 – 722.

La investigación que se realizó en Estado Unidos en el año de 2015 en la plataforma de twitter acerca del número de repeticiones y frecuencias sobre los términos relacionados con la movilidad urbana se describen en la Tabla 10; Este estudio abarco una muestra del número de mensajes “Twits” a nivel mundial. En la cual se deduce que los términos como caminar y estacionamiento obtuvieron el mayor número de repeticiones en todo el mundo y que palabras como tránsito, autobús, carril y tráfico no tuvieron significancia dentro del estudio dado que sus resultados no era equivalentes respecto a los términos semejantes en movilidad urbana.

Dentro de la plataforma de Twitter se encuentra todo tipo de temas y opiniones existentes en el mundo, el 15,4 % incluye algún contenido relacionado con el transporte, por lo que se deduce que esta problemática es un fenómeno a nivel mundial y que muchas herramientas dentro de los Sistemas Información y Comunicación como lo es el uso de la plataforma de Twitter una tendencia para obtener información respecto al tráfico de acuerdo a un lugar específico en tiempo real.

7.5 ESTACIONAMIENTO Y RESERVA A PARTIR DE LOS TELÉFONOS MÓVILES.

El estacionamiento inteligente hace parte de los componentes que estructuran una ciudad inteligente, en la vida cotidiana para poder proporcionar diferentes servicios a los usuarios un conductor puede acceder a una aplicación a través de un dispositivo móvil o internet con el objetivo de localizar y reservar un estacionamiento usando su tarjeta de crédito o débito; así mismo un ciudadano puede usar su dispositivo móvil una tableta o internet, encontrar un estacionamiento gratuito en el centro de la ciudad, este usuario es advertido de las probabilidades de localizar un estacionamiento disponible a su llegada en el centro de la ciudad y finalmente decidir sobre la reserva.

Cuando se implementa el sistema de aparcamiento inteligente en un estacionamiento se proporciona la gestión de parqueadero del coche de la siguiente manera⁶⁵:

1. Localización y disponibilidad de reserva en el estacionamiento.
2. Recuperación del vehículo rápido.
3. Regulación del estacionamiento mediante el control de estadísticas.
4. Seguridad del coche.
5. Pago de la reserva mediante tarjetas crédito o débito.

La gestión de parqueadero de coches se ha abordado mediante dos modelos: el aparcamiento de monitoreo de puerta y monitoreo de estacionamiento. Basándose en un seguimiento de las entradas y salidas desde el estacionamiento, la gestión del aparcamiento inteligente basado en la supervisión de puertas puede proporcionar servicios importantes para los conductores, tales como la capacidad de verificar la disponibilidad de un sitio libre, reserva a través de Internet, etc.

En la gestión del aparcamiento inteligente basado en el monitoreo del estacionamiento, cada lugar de estacionamiento está equipado con un sensor (cámara o sensor de tecnología RFID) para detectar la presencia y la ausencia de los vehículos con el objetivo de construir un mapa de la disponibilidad que se puede utilizar para la orientación de estacionamiento, reserva y otros servicios anteriormente descritos cuando se combina los dispositivos móviles y la Red de Sensores Inteligentes RFID⁶⁶.

La tecnología RFID supera algunas de las desventajas del GPS pues no requiere demasiada cooperación del usuario y reduce los costos de energía; sin embargo su uso para el seguimiento y ubicación no es ideal dado que no proporciona

⁶⁵ BAGULA, Antoine. On the Design of Smart Parking Networks in the Smart Cities: An Optimal Sensor Placement Model. Junio, 2015.

⁶⁶ Ibid. BAGULA.

ubicaciones geográficas exactas; adicionalmente el alcance de esta tecnología no es comparable con la cobertura que ofrece el GPS.

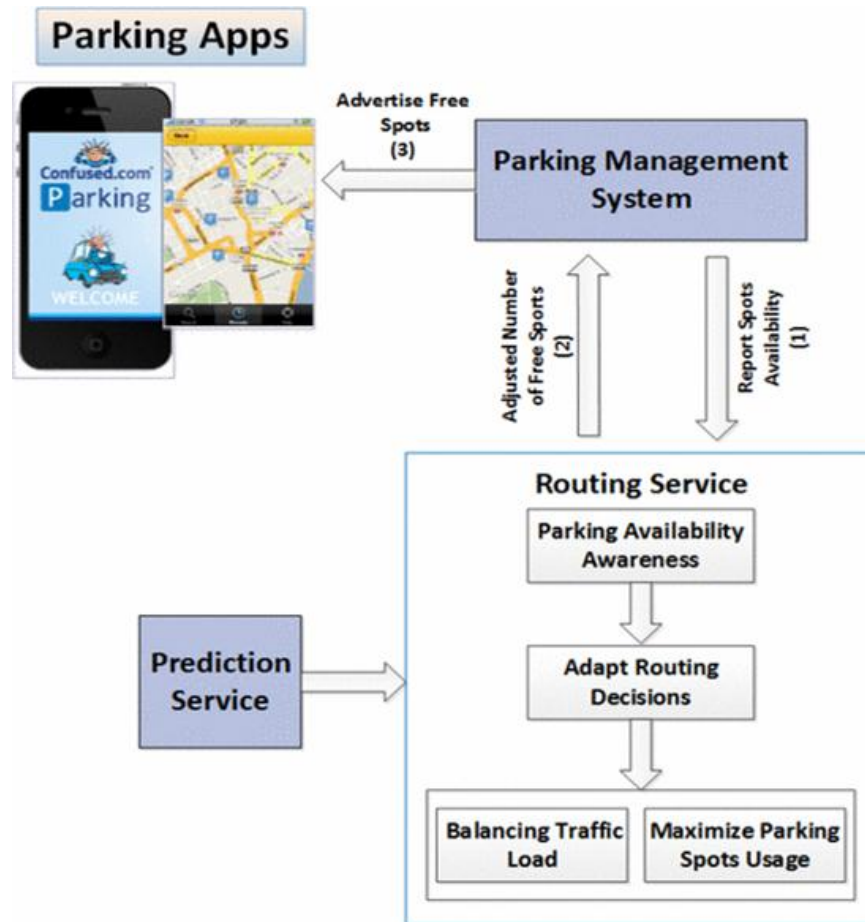
El Sistema de Posicionamiento Global es el más adecuado y que proporciona mejores resultados debido a su precisión y exactitud, sin embargo, esto implica la necesaria participación de los ciudadanos de las actividades de seguimiento y localización. El ciudadano debe tener un dispositivo con capacidad de cómputo y comunicación que le permite ofrecer la información, por lo general un teléfono móvil en el que una aplicación se ha instalado y configurado previamente.⁶⁷

Por lo general, la mejor ruta depende de las preferencias del conductor, que pueden incluir un criterio o una combinación de varios criterios. El tiempo de viaje es el criterio preferido para la mayoría de los conductores debido a las consecuencias fundamentales de la demora.

Por ejemplo, las personas pueden perder su trabajo por llegar tarde recurrente en el trabajo, las empresas pueden perder dinero por retraso en la entrega de productos a sus clientes, y los heridos pueden perder sus vidas debido a la demora de los servicios de emergencia. Por lo tanto, se requiere un algoritmo que encuentra la ruta más rápida y más confiable con menos complejidad de cálculo. La fiabilidad de la ruta en este contexto se refiere a la probabilidad de que no hay retraso anormal se produce en cualquier enlace de la construcción de la ruta más rápida durante el viaje del vehículo.

⁶⁷ MORA – MORA, H. A Computational Architecture Based on RFID Sensors for Traceability in Smart Cities. Junio, 2015. En: Sensors. V. 15. Pag. 13591 – 13626.

Figura 20. Ilustración de predicción, enrutamiento y cooperación del servicio de estacionamiento.



Fuente: DJAHEL, S. Et al. A Communications-Oriented Perspective on Traffic Management Systems for Smart Cities: Challenges and Innovative Approaches. 2015. En: Encuestas y Tutoriales IEEE Communications. Pág. 125 – 15

En la Figura 20 se observa el escenario en el que el sistema de gestión del aparcamiento informa periódicamente los lugares de estacionamiento disponibles, entonces esta información se combina con los pronósticos del tráfico y adapta las decisiones del usuario, con el fin de maximizar el uso de los espacios del estacionamiento disponibles.

7.6. TELÉFONOS MÓVILES EN TAXIS

En muchas ciudades, los taxis están equipados con dispositivos GPS, que informan periódicamente a un servidor central de la información en tiempo real sobre el vehículo, incluyendo lugares de taxi y si está ocupado por un pasajero.

Las estrategias de buen servicio no solo indican el alto ingreso operativo sino además mejorar la eficiencia del sistema de transporte de taxis y darles un mejor servicio a los ciudadanos.

Existen varios factores que afectan a las estrategias de los servicios de taxis como la demanda de pasajeros, el tiempo de espera, las condiciones del tráfico, la competencia entre taxis y el costo del combustible; mejorar el rendimiento de este servicio es la meta por esta razón con base en los registros de taxi GPS se centra en la extracción de puntos de recogida de pasajeros y los patrones de movilidad urbana con el objetivo de ayudar a aquellos taxis que están vacíos en la búsqueda de los próximos pasajeros.⁶⁸

Teniendo en cuenta que la finalidad de los taxistas es lograr altos ingresos en sus operaciones, la relación que surge entre cada de servicio y los ingresos y aprovechando el sistema de GPS a continuación se clasifican las estrategias para los servicios de taxis:

1. Buscar pasajeros: Estas estrategias consideran los factores prácticos que afectan a la toma de decisiones de un taxista en la búsqueda de nuevos pasajeros. El taxista puede preferir esperar en un lugar popular cerca (por ejemplo, los grandes hoteles y estaciones de ferrocarril) o ir a una zona conocida lejos para buscar nuevos pasajeros.

⁶⁸ HWANG, R. et al. An effective taxi recommender system based on a spatio-temporal factor analysis model. Septiembre, 2015. En: Ciencias de Información. V. 314. pág. 28 – 40.

2. Pasajeros a la entrega: Estas estrategias caracterizan la inteligencia de los taxistas en la entrega de los pasajeros. Un conductor puede elegir una ruta entre las varias posibles para entregar los pasajeros, teniendo en cuenta factores tales como las condiciones del tráfico, y tarifas de viaje.
3. Preferencia de zona de servicio: En un período de tiempo particular del día, los taxistas prefieren servir en ciertas regiones en una ciudad, considerando el tráfico, las demandas de pasajeros, y su familiaridad con las regiones.⁶⁹

En la minería de rastros de taxi GPS ha recibido una creciente atención por parte de la minería de datos en la academia, el sistema de transporte inteligente, las diferentes bases de datos y la Tecnologías de Información y Comunicación; gran variedad de investigaciones han abordado el tema de aprovechamiento de los rastros GPS así como la movilidad urbana y el transporte en las ciudades su planificación, predicción del tráfico, análisis de trayectorias, la búsqueda de taxis o de pasajeros.

En la primera categoría se centra en identificar y recomendar las zonas de recogida de pasajeros populares, la información de una gran flota de taxis refleja la demanda de estos en la ciudad; al agrupar las ubicaciones de GPS de estos eventos de recogida en diferentes momentos del día y en diferentes días de la semana; se reunieron la solicitudes de demanda según la hora, lugar y se recomendó a los taxis vacíos aquellos lugares de alta clasificación.

En la segunda categoría otros factores que influyen como los patrones humanos de movilidad, la posibilidad de pasajeros de búsqueda y las rutas optimas, midieron la rentabilidad de cada zona en términos de ganancias de tarifas de todos los viajes ocupados, el número de viajes y el costo de la ubicación actual en

⁶⁹ *Ibid.* ZHANG.

esa zona utiliza la probabilidad histórica de buscar un pasajero a lo largo de una ruta que facilita a los conductores sugerencias como el lugar y la ruta.

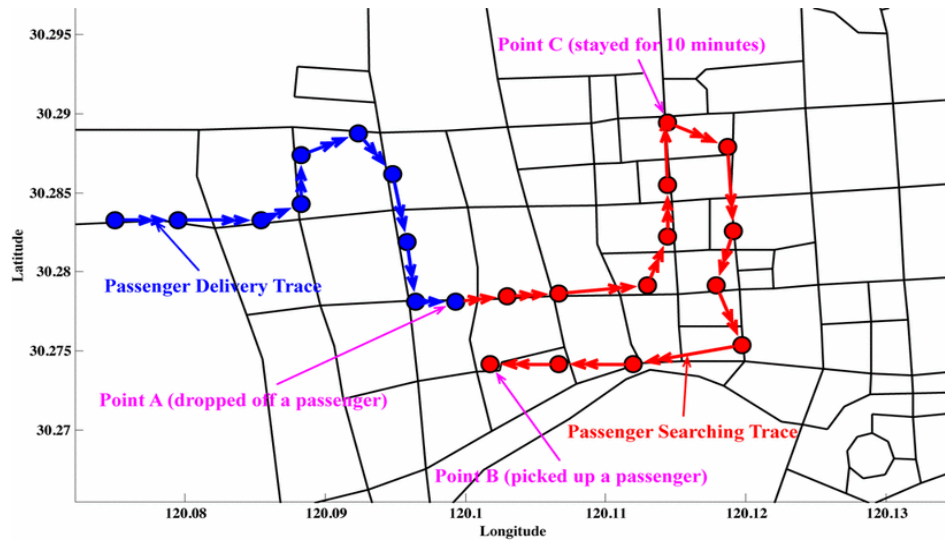
En la última categoría, extraer las pautas eficaces de servicios como los patrones de pasaje de ejecución y los procesos de pasajeros de búsqueda son una buena estrategia en las zonas urbanas; también mediante el análisis de huellas de taxi GPS se descubrió que los conductores de altos ingresos tenían buenas habilidades en la elección de las áreas adecuadas para realizar su servicio en diferentes momentos del día, así como la selección de rutas de con la menor congestión de tráfico.

En este estudio la tercera categoría proporciona directrices de servicios estratégicos en áreas concretas y rutas óptimas a los taxistas además de aprovechar Taxis GPS se utiliza la información de la encuesta de los taxistas para recomendar lugares de espera de pasajeros.

En la introducción de las huella de Taxi GPS se adquirió el sistema en 7.600 vehículos disponibles para el servicio de taxi en la ciudad de Hangzhou (China) en el periodo de abril del 2009 hasta marzo del 2010 donde cada taxi está equipado con un dispositivo GPS que adquiere la información en tiempo real, incluyendo su longitud y latitud, la marca de tiempo, el estado de pasajeros (es decir, "ocupado" o "vacante"), la velocidad de conducción, y la orientación⁷⁰.

⁷⁰ Op. Cit. HWANG. Pag. 34.

Figura 21. Visualización de un ciclo de servicio de taxi completa.



Fuente: ZHANG, *D. et al.* Understanding Taxi Service Strategies from Taxi GPS Traces. Febrero, 2015. En: *Sistemas Inteligentes de Transporte*. IEEE Transactions.

En la Figura 21, muestra la trayectoria de un solo taxi para un ciclo completo de pasaje de búsqueda y el pasajero entrega, donde las líneas rojas y azules corresponden a los estados de vacantes y ocupadas del taxi, respectivamente. Cuando está ocupado el taxi, se dice que está en la etapa de pasaje de la entrega; mientras que el taxi está vacante, por lo general es en la etapa de pasaje de búsqueda. El cambio de rojo a azul corresponde a un evento de recogida de pasajeros, y el cambio de azul a rojo indica un evento de entrega.

8. CONCLUSIONES

El estado del arte es una investigación documental que busca alcanzar un conocimiento acerca del fenómeno sobre movilidad urbana con el fin de presentar alternativas de solución a partir de la fundamentación teórica; además el estado del arte se considera como la primera actividad que debe desarrollarse en toda investigación y su objetivo es dar una crítica o postura sobre un tema específico.

En la construcción del estado del arte se propuso la metodología de revisión sistemática la cual sintetiza la información científica de acuerdo a un protocolo el cual permitió definir las pautas y estrategias para la búsqueda de los estudios realizados en el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en movilidad urbana; además, identificó las potenciales bases de datos a utilizar, facilitó el diseño de la ecuación de búsqueda, la definición de los criterios de selección y los criterios de calidad para especificar la inclusión o exclusión de estudios; así mismo, el alcance para evaluar la pertinencia y el tamaño de la literatura.

Dentro de la revisión sistemática se ubica la fase de reporte de resultados que se compone de dos aspectos: primero el análisis bibliométrico y el análisis de contenido web; segundo aspecto consta de la información que se obtuvo de acuerdo a los artículos derivados de la búsqueda en el cual se identificaron las metodologías y tendencias.

En base al análisis bibliométrico sobre la producción científica realizada en el periodo 2011 – 2016, muestra que existe un número significativo de artículos disponibles sobre la temática. Se evidencia el crecimiento gradual en los últimos años en la producción científica de acuerdo a los indicadores de producción de artículo por año; adicionalmente se muestra que la producción de documentos con

respecto al idioma prevalece como lengua dominante el inglés. Respecto a los países con mayor productividad investigativa se encuentran en el continente europeo con 66 artículos, en donde se encuentra la gran participación de países como Italia, España, Alemania y Portugal.

Respecto a los países que se encuentran en el continente Latinoamericano se identificaron publicaciones de Brasil, Ecuador y México. También dentro del análisis bibliométrico se encontró solamente publicaciones en universidades alrededor del mundo y en la principales revistas se evidenció la gran participación de la organización de IEEE, Instituto de ingeniería Eléctrica y Electrónica; pues produce más del 30% de la literatura publicada en el mundo sobre ingeniería eléctrica de potencia, electrónica, en computación, telecomunicaciones, telemática, mecatrónica y tecnología de control y robótica, biomédica y biónica, procesamiento digital de señales, sistemas energéticos, entre otras ramas derivadas correspondientes a la Ingeniería Eléctrica y organiza más de 1000 conferencias al año en todo el mundo.

El análisis de contenido web se usó para generar un punto de partida y así tener un parámetro de información inicial que luego del análisis de los resultados obtenidos se direccionó de acuerdo con las intenciones de la autora para lograr un contenido valioso dentro de este proyecto.

Los servicios que ofrece las redes móviles Ad Hoc MANET son una alternativa de solución para acceder fácilmente a la información desde sus teléfonos inteligentes con respecto al transporte, dado que esta tecnología se podría utilizar en cualquier momento para comunicar y educar a los conductores y en situaciones de emergencia como un accidente automovilístico en donde se requiere la atención y solidaridad de todos los agentes que integran una sociedad.

El desarrollo de tecnologías aplicadas a los automóviles se denomina redes vehiculares Ad Hoc VANET el cual garantiza la prevención y control de accidentes y congestión del tráfico que son las principales problemáticas, ampliando la información y la comunicación por medio de equipos de sensores a la infraestructura, las personas y los vehículos.

En los resultados de las técnicas de detección de la congestión del tráfico se observa que la mayoría de estas metodologías son aplicadas hoy en día y que debido a la amplia gama de Tecnologías de Información y Comunicación facilita su acceso para cualquier ciudadano que desee obtener información sobre la situación del tráfico en tiempo real.

Dentro de las tendencias encontradas en esta búsqueda acerca del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en movilidad urbana se encontró la comunicación intra – vehicular, los sistemas de cabinas móviles para la aplicación en las bicicletas eléctricas, el código de sistema de buses semi informal, la detección del tráfico desde la plataforma de Twitter, la aplicación V- Alert, el estacionamiento de vehículos partir de los teléfonos móviles y la implementación de los dispositivos como Smartphones en el servicio de taxis.

La mayoría de los países desarrollados están haciendo inversiones a gran escala hacia los sistemas de transporte inteligentes, como un esfuerzo para reducir la congestión del tráfico y también mejorar el sistema general de transporte.

En el Sistema de Tránsito Inteligente (ITS) se propone un nuevo esquema para las ciudades inteligentes con la tecnología VANET y de Semáforos Inteligentes (ITLS) pueden transmitir mensajes de advertencia y las estadísticas de tráfico; donde la persona puede tomar decisiones apropiadas de viaje y por lo tanto evitar carreteras congestionadas, lo que resulta en la reducción de la contaminación y el viaje en el tiempo, así y sin duda enriquecer la calidad de vida de los conductores.

BIBLIOGRAFIA

ALSABAAN, M. et al. Greener electric vehicles with VANETs. Mayo, 2015. En: IEEE 28a Conferencia Canadiense sobre aparatos eléctricos e Ingeniería Informática. pág. 898 – 902.

ALTINTAS, O. Et al. Making cars a main ICT resource in smart cities. Abril, 2015. Hong Kong. En: Conferencia IEEE sobre Equipo de Comunicaciones Talleres (INFOCOM WKSHPs). Pág. 582 – 587.

ARNAL, José Carlos. “Smart Cities: Oportunidad Económica y Desafío Urbano” En: Economía Aragonesa. Publicación Cuatrimestral de IberCaja Banco S.A.U. No. 48. Septiembre 2012.p.79 – 93.

BAGULA, Antoine. On the Design of Smart Parking Networks in the Smart Cities: An Optimal Sensor Placement Model. Junio, 2015.

BAPTISTA, Patricia, *et al.* From on-road trial evaluation of electric and conventional bicycles to comparison with other urban transport modes. 2015. Portugal, Lisboa. En: Conversión y Gestión de Energía. Vol.92.p, 10-18.

CABERO, Julio. Nuevas Tecnologías, Comunicación y Educación.1996.Sevilla, España. En: Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Vol 1.

CAILEAN, A. et al. Novel Receiver Sensor for Visible Light Communications in Automotive Applications. 2015. En: journal sensors IEEE.

CARAGLIU A., C. Del Bo. Et al. Ciudades Inteligente en Europa.2011. En: Journal of Urban Technology, V. 18, no. 2, pág. 65-82.

CASTRO, Carlos. Transmilenio Vs Bogotá.2012.Bogota, Colombia. En: Universidad Nacional de Colombia.

Centro Cochrane Iberoamericano, traductores. Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones, versión 5.1.0 [actualizada en marzo de 2011] [Internet]. Barcelona: Centro Cochrane Iberoamericano; 2012. Disponible en: <http://www.cochrane.es/?q=es/node/269>.

CHEN, Z. et al. Vehicle Detection in High-Resolution Aerial Images via Sparse Representation and Superpixels. Enero, 2016. En: IEEE Transactions sobre Geociencia y Teledeteccion. Pag. 103 – 116.

D' ANDREA, E. et al. Real-Time Detection of Traffic From Twitter Stream Analysis. 2015.

DANGOND, Claudia, *et al.* Algunas Reflexiones sobre la Movilidad Urbana en Colombia desde la perspectiva del Desarrollo Humano. Febrero, 2011.En: Papel Político, Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia. Vol. 16. No.2, p. 485 – 514.

DÁVILA, Julio. *Et al.* Movilidad Urbana y Pobreza: Aprendizajes de Medellín y Soacha, Colombia. 2012. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

DJAHEL, S. Et al. A Communications-Oriented Perspective on Traffic Management Systems for Smart Cities: Challenges and Innovative Approaches. 2015. En: Encuestas y Tutoriales IEEE. pág. 125 – 151.

DUBEY, P. Et al. Review on techniques for traffic jam detection and congestion avoidance. Febrero, 2015. En: 2a Conferencia Internacional sobre Sistemas de Comunicación ICECS y Electrónica. Coimbatore. Pag. 434 – 440.

ESCORCIA, Tatiana. El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado.2008.Bogota, Colombia. En: Pontificia Universidad Javeriana.

FERREIRA, J. et al. Mobile Cockpit System for enhanced electric bicycle use. Octubre, 2015.En : Informatica industrial, IEEE Transactions.

HERNANDEZ – JAYO, U. et al. V-Alert: Description and Validation of a Vulnerable Road User Alert System in the Framework of a Smart City. 2015.

HUIDOBRO, José. Tecnologías de Información y Comunicación.2007. En: Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. Disponible en: <http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1H3108YC5-BYQQP-R83/Tecnologias%20de%20Informaci%C3%B3nyComunicacion.pdf>

HWANG, R. et al. An effective taxi recommender system based on a spatio-temporal factor analysis model. Septiembre, 2015. En: Ciencias de Información. V. 314. pág. 28 – 40.

LEÓN – COCA, Maria José, et al. Intelligent Transportation Systems and Wireless Access in Vehicular Environment Technology FOR Developing Smart Cities, 2014.En: Springer Link.

LIZARRAGA MOLLINEDO, Carmen. Movilidad Urbana Sostenible: Un Reto para las Ciudad del Siglo XXI. 2006. En: Economía, Sociedad y Territorio. Vol. 6, No 22., p. 283 – 321.

LIZÁRRAGA, Carmen. Movilidad Urbana sostenible: Un reto para las ciudades del siglo XXI.2006.Artículo Científico publicado en: Revista Economía Sociedad y Territorio.Vol.6, No.22.

LOPERA CALLE, María. Cartilla de Investigación; Orientación para la formación de proyectos de grado, metodología estado del arte.2010.Colombia: ESCOLME: Instituto de Educación superior.p.4.

MARSAL, Maria. Technologies for Smarter (Citizen-Centered) Governance of Cities. Agosto, 2015. En: departamento de arquitectura y planeación urbana, Universidad de Girona, España.

MEZHER, M. et al. A Multi-User Game-Theoretical Multipath Routing Protocol to Send Video-Warning Messages over Mobile Ad Hoc Networks. Abril, 2015. En: Sensores. V. 15. No .4. pag. 9039 – 9077.

MONDSCHHEIN, A. Five-star transportation: using online activity reviews to examine mode choice to non-work destinations.2015. En: Transportation. V.42. No, 4. Pág 707 – 722.

MORA – MORA, H. A Computational Architecture Based on RFID Sensors for Traceability in Smart Cities. Junio, 2015. En: Sensors. V. 15. Pag. 13591 – 13626.

MULCAHY, J. Autonomic computing and VANET. Abril, 2015. En: SoutheastCON. pag. 1 – 7.

NAJA, A. et al. A new adaptive algorithm for data dissemination in Vehicular Ad hoc Networks. Marzo, 2015. En : Tecnologías de la Información y Electronica TIEPI.

PÉREZ, Jorge I. Revisión sistemática de la literatura en ingeniería. Medellín (Colombia): Universidad de Antioquia, 2012. pag. xvii.

POSLAD, Stefan. Et al. Using a Smart City IoT to Incentivise and Target Shifts in Mobility Behaviour—Is It a Piece of Pie? Junio, 2015. En: Sensors. V. 15. Pag. 13069 – 13096.

ROBLES, Daniel, *et al.* Control y Simulación de Tráfico Urbano en Colombia: Estado del Arte. Marzo, 2009. En: Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá. Colombia. p, 59 – 67.

SCHUURMAN, Dimitri.*et al.* Smart Ideas for Smart Cities: Investigating Crowdsourcing for Generating and Selecting Ideas for ICT Innovation in a city Context. Julio, 2012.En: Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research. Vol.7.p. 51.

SOUZA, María. Estado del Arte. 2010. En Seminario Proyecto de Grado. Universidad Nacional de la Plata. Argentina.

SUAREZ, Niria. La investigación documental: paso a paso. 1991. Venezuela: Universidad de los Andes.

TRANFIELD, David, DENYER, David. SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. En: British Journal of Management. Septiembre, 2003. Vol. 14, No 3, p. 207–222.

TRANFIELD, David. et all. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review *. En: British Journal of Management. Vol. 14 (2003). p. 207-222.

VARGAS, José y CALVO, Giraldo. Seis modelos alternativos de investigación documental para el desarrollo de la práctica universitaria en educación: el caso del

proyecto de extensión REDUC – Colombia en la Universidad Pedagógica Nacional.1087. En: Revista Educación superior y desarrollo. No.5.p.9.

VEHMAS, Ali. Et al. Examining Possible Value System Transitions: The Case of Smart Mobility Services. 2015. Hawái. En: Ciencias Del Sistema (HICSS), 48a Conferencia Internacional. pág. 4366 – 4375.

VIVAS, Héctor, *et al.* Investigación en progreso: Estudio y Evaluación de Tecnologías de la Información y la Comunicación para el desarrollo de Ciudades Inteligentes. 2013. En: Universidad Nacional de Rio Negro. Viedma, Argentina.

WILLIAM, Mitchel. Ciudades Inteligentes. 2007. En: UOC PAPERS Revista sobre la sociedad del conocimiento. Universidad Catalunya.Vol.4.

WILLIAMS, Sarah.et al. The digital matatu project: Using cell phones to create an open source data for Nairobi's semi-formal bus system.2015.En: Journal Transport Geography. V. 49.pag.39 – 51.

WINSTON, Jorge.et al. Mayo, 2013. Revisión y análisis documental para estado del arte: una propuesta metodológica desde el contexto de la sistematización de experiencias educativas. En: Investigación Bibliotecológica.Vol, 27.No.61, p. 83 – 105.

WINSTON, Jorge.et al. Revisión y análisis documental para estado del arte: una propuesta metodológica desde el contexto de la sistematización de experiencias educativas. 2013. En: bibliotecológica. México. V. 27, No. 61.

ZHANG, D. et al. Understanding Taxi Service Strategies From Taxi GPS Traces. Febrero, 2015. En: Sistemas Inteligentes de Transporte. IEEE Transactions.