

Herramienta didáctica como apoyo de la materia de ingeniería del tránsito

Andrés Julián Carrillo Cardozo y Gabriela Rivera Monroy

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Sandra Milena Cote Vargas

MSc en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físico - mecánicas
Escuela de Ingeniería Civil
Bucaramanga

2021

Dedicatoria

Dedico este proyecto de grado a mis padres, por todo su apoyo, acompañamiento y motivación en el recorrido hacia este gran sueño, en reconocimiento a su arduo esfuerzo y dedicación por encaminarme a ser la persona en la que me he convertido, este logro es de ustedes.

Andrés Julián Carrillo Cardozo

Dedicado a mis padres, quienes me han dado su apoyo incondicional durante todos estos años para poder alcanzar mis sueños.

Gabriela Rivera Monroy

Agradecimientos

Agradezco a nuestra directora de proyecto que con su importante orientación y colaboración se consiguió desarrollar este trabajo. A los profesores del área de tránsito y transporte de la escuela de ingeniería civil por los aportes que condujeron a este guía. A la universidad industrial de Santander por habernos formado durante nuestra estancia en ella y por todas las herramientas para la vida que gracias a ella nos acompañaran a lo largo de nuestra vida profesional y personal.

Andrés Julián Carrillo Cardozo

Agradezco a mis papas por nunca haber dejado de creer en mí. A mi profesora Sandra por su apoyo y orientación en el desarrollo de este proyecto, y le doy gracias a todos mis amigos por su valiosa amistad durante todos estos años.

Gabriela Rivera Monroy

Tabla de Contenido

Introducción.....	11
1. Objetivos.....	13
1.1 Objetivo General.....	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Marco Teórico.....	14
2.1 La ingeniería del tránsito.....	14
2.1.1 Actores y elementos básicos del tránsito.....	16
2.1.2 Conceptos particulares sobre clasificación y parámetros de la ingeniería del tránsito.....	17
2.1.3 Cuantificación y medición del tránsito.....	18
2.1.3.1 Aforos.....	18
2.1.3.2 Volúmenes de tránsito absolutos.....	18
2.1.3.3 Volúmenes de tránsito promedio.....	18
2.1.3.4 Tránsito promedio diario (TPD).....	18
2.1.4 Variabilidad en el tránsito.....	19
2.1.5 Aplicación de los volúmenes de tránsito.....	20
2.1.6 Materia de la ingeniería del tránsito.....	20
3. Metodología.....	21
3.1 Revisión bibliográfica nacional e internacional acerca de los temas y conceptos generales que se deben tratar en la materia de la Ingeniería de tránsito.....	21
3.2 Consolidación de los temas a incluir en el desarrollo del documento teniendo en cuenta la bibliografía más relevante de la consulta.....	27
3.3 Elaboración de una herramienta didáctica para la materia de ingeniería del tránsito.....	28
4. Resultados.....	28
4.1 Contenido de la herramienta didáctica como apoyo de la materia de ingeniería del tránsito.....	28
4.1.1 Manual de la herramienta didáctica.....	29
4.1.1.1 Capítulo 1: Introducción a conceptos básicos de la ingeniería del tránsito.....	30

4.1.1.2 Capítulo 2: Introducción a conceptos básicos de la ingeniería del tránsito	31
4.1.1.3 Capítulo 3: Actores viales y entorno	32
4.1.1.4 Estudios de tránsito.....	34
4.1.1.5 Capítulo 5: Operación del tránsito.....	36
4.1.1.6 Capítulo 6: Análisis del flujo vehicular	38
4.1.2 Extensión audiovisual de la herramienta didáctica	39
5. Conclusiones	40
Referencias Bibliográficas.....	42

Lista de Tablas

Tabla 1. *Referencias bibliográficas más relevantes en la consulta sobre la ingeniería del tránsito*

.....26

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Evolución del índice de motorización en Latinoamérica desde el año 2005 al año 2015</i>	14
Figura 2. <i>Posiciones de las principales economías de América Latina en el IGC 2018-2019</i>	15
Figura 3. <i>Revisión bibliográfica según año y país de publicación</i>	27
Figura 4. <i>Portada del Manual de la herramienta didáctica</i>	29
Figura 5. <i>Capítulo 1. Introducción a conceptos básicos de la ingeniería del tránsito</i>	30
Figura 6. <i>Capítulo 2. Modos y medios de transporte</i>	31
Figura 7. <i>Capítulo 3. Actores viales y entorno</i>	32
Figura 8. <i>Capítulo 4. Estudios de tránsito</i>	34
Figura 9. <i>Capítulo 5. Operación del tránsito</i>	36
Figura 10. <i>Capítulo 6. Análisis del flujo vehicular</i>	38
Figura 11. <i>Extensión audiovisual de la herramienta didáctica. Primer video</i>	39
Figura 12. <i>Extensión audiovisual de la herramienta didáctica. Segundo video</i>	40
Figura 13. <i>Extensión audiovisual de la herramienta didáctica. Tercer video</i>	40

Lista de Apéndices

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS.

Apéndice A. Referencias bibliográficas más relevantes en la consulta sobre la ingeniería del tránsito.

Apéndice B. Manual de la herramienta didáctica como apoyo a la materia de ingeniería del tránsito.

Apéndice C. Extensión audiovisual de la herramienta didáctica como apoyo a la materia de ingeniería del tránsito.

Resumen

Título: Herramienta didáctica como apoyo de la materia de ingeniería del tránsito *

Autores: Andrés Julián Carrillo Cardozo, Gabriela Rivera Monroy **

Palabras Clave: Ingeniería del tránsito, Tránsito, Movilidad, Vehículo, Conductor.

Descripción: La ingeniería del tránsito surgió a partir de la necesidad del ser humano por moverse con el fin de desarrollar una amplia variedad de actividades beneficiosas para sí mismo o para la comunidad en general; en la actualidad, este campo de la ingeniería ha evolucionado hasta el punto de posibilitar el estudio de variables relacionadas al tránsito permitiendo la buena planeación y operación de las infraestructuras viales. Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de una guía didáctica que profundice los conceptos clave en la materia de ingeniería del tránsito; esta guía se compone de los fundamentos teóricos pertinentes para el estudio de la materia, ejercicios propuestos para el desarrollo práctico de los diferentes temas y una extensión audiovisual que permita afianzar de manera didáctica las temáticas abordadas en la guía. Para este fin se realizó una revisión bibliográfica acerca de los temas y conceptos que se manejan en esta materia tanto a nivel nacional como internacional.

Este documento contiene referencias nacionales e internacionales, objetivos (general y específicos), marco teórico sobre la relevancia de la ingeniería del tránsito y sus elementos principales, metodología de la investigación, resultados y finalmente, las conclusiones obtenidas del desarrollo de la herramienta didáctica como apoyo a la materia.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico - mecánicas. Escuela de Ingeniería civil. Director: Sandra Milena Cote Vargas. MSc en Ingeniería civil.

Abstract

Title: Didactic tool to support the subject of traffic engineering *

Authors: Andrés Julián Carrillo Cardozo, Gabriela Rivera Monroy **

Key Words: Traffic Engineering, Traffic, Mobility, Vehicle, Driver.

Description: Traffic engineering arose from the need of human beings to move around in order to accomplish a wide variety of beneficial activities for themselves or for the community in general; nowadays, this field of engineering has evolved to the point of enabling the study of variables related to traffic, allowing the good planning and operation of road infrastructures. The aim of this project is to develop a didactic guide that will provide an in-depth study of the topics addressed in the subject of traffic engineering; this guide is composed of the relevant theoretical foundations for the study of the subject, exercises proposed for the practical development of the different topics and an audiovisual extension that allows the topics addressed in the guide to be reinforced in a didactic way. To achieve this, a bibliographic review was carried out on the topics and concepts that are used in this subject both nationally and internationally.

This document contains national and international references, objectives (general and specific), theoretical framework on the relevance of traffic engineering and its main elements, research methodology, results and finally, the conclusions obtained from the development of the didactic tool to support the subject.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Physic-mechanical Engineering, School of Civil Engineering. Director: Sandra Milena Cote Vargas. MSc in Civil Engineering.

Introducción

La ingeniería civil se ha desarrollado desde el principio de la humanidad y su práctica es renovada continuamente con el fin de satisfacer las necesidades de la sociedad, mediante la planeación y ejecución de proyectos orientados a mejorar la comunicación entre ciudades, la organización de la vía pública, facilitar la movilidad y en general mejorar las condiciones de vida de las comunidades (CONAPA, 2018). Dentro de las responsabilidades del ingeniero civil está la planeación, diseño y construcción de proyectos de infraestructura que pueden estar condicionados o influenciados por los efectos del tránsito y transporte. En consecuencia, se hace fundamental la realización de estudios de tránsito para aplicar estrategias adecuadas en la elaboración y operación de una obra civil de este campo.

La ingeniería del tránsito permite el estudio de las variables concernientes al tráfico de una ciudad, análisis del comportamiento del mismo y el diseño de instalaciones para una operación más económica, segura y eficiente. Para lograr este cometido es necesario el diagnóstico de las características de todos los elementos que intervienen en el desarrollo de la actividad del transporte, como lo son: el conductor, el peatón, el vehículo, la vía, dispositivos de control de tráfico, señalización, estacionamientos; además se requiere el análisis de las variables como la velocidad, el volumen y la densidad vehicular o peatonal, frecuencia y más (Navarro, 2018).

El estudio de los componentes posibilita la toma de decisiones y generación de soluciones eficaces para tratar problemas asociados al tráfico: congestionamiento, accidentalidad, tiempos de viaje y niveles de servicio; lo anterior favorece a un óptimo desempeño en planeación, mantenimiento, gestión, evaluación económica, evaluación ambiental y administración de infraestructura vial (Quintero, 2017).

Este proyecto tiene como finalidad la elaboración de una herramienta didáctica y metodológica, que funcione de soporte y apoyo a la asignatura de Ingeniería del tránsito con énfasis en los temas más relevantes para la comprensión y estudio de esta rama de la ingeniería civil. Igualmente, se compone de secciones teóricas para proveer la información pertinente de los temas, ejercicios prácticos para el estudio didáctico de los mismos y contenido audiovisual que permita afianzar los fundamentos conceptuales expuestos.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Desarrollo de una guía didáctica, mediante la revisión de la bibliografía necesaria, que profundice sobre las temáticas abordadas en la materia de ingeniería del tránsito, en la que se provea la teoría requerida y ejercicios aplicados.

1.2 Objetivos Específicos

Revisión bibliográfica tanto nacional como internacional acerca de los temas y conceptos generales que se deben tratar en la materia de ingeniería de tránsito.

Consolidación de los temas a incluir en el desarrollo del documento teniendo en cuenta la bibliografía más relevante de la consulta.

Elaboración de una herramienta didáctica para la materia de ingeniería del tránsito.

2. Marco Teórico

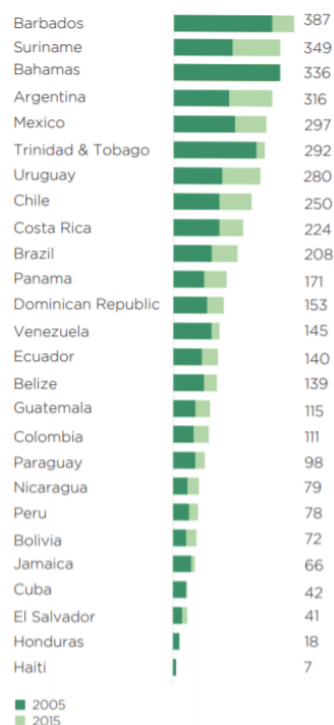
2.1 La ingeniería del tránsito

La ingeniería de tránsito se puede definir como “la fase de la Ingeniería de Transporte que se ocupa de la planificación, diseño geométrico, y las operaciones de tráfico en calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras colindantes, y las relaciones con otros modos de transporte” (ITE, 2009).

El acelerado crecimiento de la población urbana, junto a los avances tecnológicos de la industria automotriz y las necesidades de movilidad de las personas, presionan cada vez más por una mayor oferta vial y sistemas de control de tránsito más eficientes y efectivos, lo cual se ve reflejado en el incremento de la motorización como se ilustra en la Figura 1 (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007).

Figura 1

Evolución del índice de motorización en Latinoamérica desde el año 2005 al año 2015



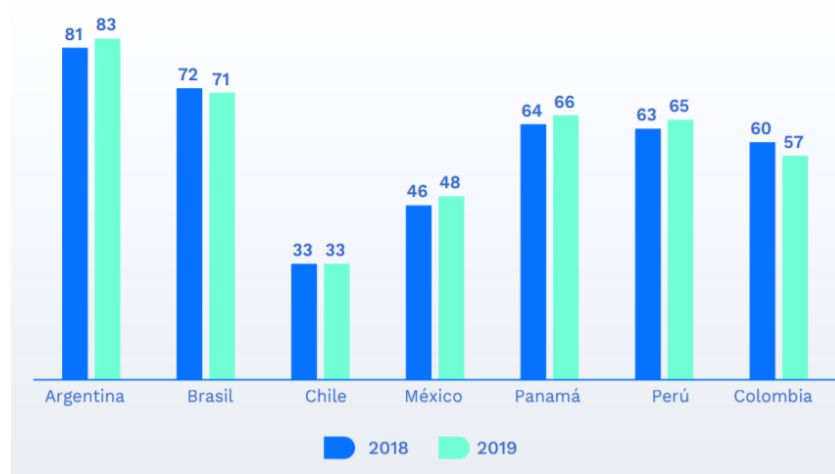
Nota: Adaptado de *Stylized Urban Transportation Facts in Latin America and the Caribbean*, 2019, IDB.

Es así que la ingeniería del tránsito toma un papel importante en este contexto al constituirse como una herramienta que contribuye al desarrollo urbano, con el fin de brindar una movilidad que acate seguridad, confort, economía, velocidad y armonía con el medio ambiente (PMT, 2019).

La gestión del tránsito, junto a la planeación y diseño de infraestructuras viales, son determinantes en el desarrollo económico y social de un país, influyendo directamente en su índice global de competitividad (IGC). Este índice mide la capacidad que tiene un país de generar oportunidades de desarrollo económico a todos los habitantes que viven en él, basándose en los factores que impulsan la productividad, el progreso social y el desarrollo sostenible (SNCI, 2020). En el año 2019 Colombia fue el quinto país con el IGC más alto en América Latina como se ilustra en la figura 2.

Figura 2

Posiciones de las principales economías de América Latina en el IGC 2018-2019



Nota: Adaptado de *Transporte en Cifras. Vigencia 2019*, 2019, por Ministerio de Transporte.

2.1.1 Actores y elementos básicos del tránsito

- **Accesibilidad:** “Característica que permite en cualquier espacio o ambiente exterior o interior, el fácil desplazamiento de la población en general y el uso en forma confiable y segura de los servicios instalados en dichos ambientes; incluye la eliminación de barreras físicas, actitudinales y de comunicación”. (Ministerio de transporte, 2015)
- **Camino:** “Vía de tránsito público en zonas no urbanas”. (Ministerio de transporte, 2015)
- **Carretera:** Infraestructura cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Constituida por una o varias calzadas, sentidos de circulación o carriles en cada sentido, según las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma. (INVIAS, 2008)
- **Carril:** “Parte de la calzada que define el espacio y sentido por el cual puede circular una sola fila de vehículos de cuatro o más ruedas”. (INVIAS, 2008)
- **Conductor:** “Persona habilitada y capacitada técnica y teóricamente para operar un vehículo”. (Ministerio de transporte, 2015)
- **Peatón:** Es la unidad básica de la movilidad y el transporte, es la persona que transita a pie por una vía, gracias a esa necesidad de desplazamiento ocasiona la incorporación de metodologías y elementos que permitan el desarrollo de esa actividad. (Ministerio de transporte, 2015)
- **Tráfico:** “Volumen de vehículos, peatones, o productos que pasan por un punto específico durante un periodo determinado”. (Ministerio de transporte, 2015)
- **Transporte:** Referente al traslado de personas, animales o cosas a través de zonas o puntos específicos de un medio físico. (Ministerio de transporte, 2015)

- **Tránsito:** Acción de movimiento realizado por personas, vehículos y animales por las vías. (Ministerio de transporte, 2015)
- **Vehículo:** Conjunto de artefactos mecánicos y electrónicos montado sobre ruedas cuya utilidad reside en su capacidad para transportar personas, animales o cosas. (Ministerio de transporte, 2015)
- **Vía:** Área de uso público o privado destinada al tránsito de vehículos, personas y/o animales. (Ministerio de transporte, 2015)

2.1.2 Conceptos particulares sobre clasificación y parámetros de la ingeniería del tránsito

- **Dispositivos de regulación del tránsito:** “Cualquier señal, demarcación, semáforo o cualquier otro dispositivo usado para regular, advertir, o guiar el tránsito, colocados en, encima o adyacente a una calle, carretera o autopista o vía peatonal, público o privado con autorización de la entidad a cargo de la vía”. (Ministerio de transporte, 2015)
- **Intersección:** “Área general donde dos o más vías se unen o cruzan, ya sea a nivel o desnivel lo que comprende toda la superficie necesaria para facilitar todos los movimientos de los vehículos que se cruzan por ellos”. (Ministerio de transporte, 2015)
- **Semáforo:** “Dispositivo electromagnético o electrónico para regular el tránsito de vehículos, peatones mediante el uso de señales luminosas”. (Ministerio de transporte, 2015)
- **Señalización:** “Conjunto de señales destinado a regular el tránsito”. (Ministerio de transporte, 2015)
- **Señal de tránsito:** “Dispositivo físico o marca vial que indica la forma correcta como deben transitar los usuarios de las vías; se instala a nivel de la vía para transmitir órdenes o instrucciones mediante palabras o símbolos”. (Ministerio de transporte, 2015)

2.1.3 Cuantificación y medición del tránsito

2.1.3.1 Aforos. Se realizan con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos y peatones sobre regiones específicas dentro del sistema vial, dichos datos se expresan en relación con el tiempo y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de metodologías que permiten estimar de manera razonable, la calidad del servicio que el sistema presta a los usuarios de las diferentes carreteras. (INVIAS, s.f.)

2.1.3.2 Volúmenes de tránsito absolutos. Es el número total de vehículos que pasan durante una unidad de tiempo determinada. Sirven para determinar patrones de viajes sobre áreas geográficas, estimar gastos de operación vehicular e indicar las variaciones y tendencias de los volúmenes de tránsito (INVIAS, s.f.). Según la unidad de tiempo se clasifican en:

- Volúmenes de tránsito anual (TA).
- Volúmenes de tránsito mensual (TM).
- Volúmenes de tránsito semanal (TS).
- Volúmenes de tránsito diario (TD).

2.1.3.3 Volúmenes de tránsito promedio. Utilizados para medir la demanda actual en las vías, evaluar flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial y estimar áreas donde se requiera de nuevas carreteras o mejoramiento de las existentes. (INVIAS, s.f.)

2.1.3.4 Tránsito promedio diario (TPD). Es el número total de vehículos que pasan durante un período dado en días completos igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período (INVIAS, s.f.). De acuerdo al número de días de este período, se presentan los siguientes volúmenes de tránsitos promedio diario, dado en vehículos por día:

- Tránsito promedio diario anual (TPDA): $TA/365$

- Tránsito promedio diario mensual (TPDM): TM/30
- Tránsito promedio diario semanal (TPDS): TS/7

2.1.4 Variabilidad en el tránsito

Crecimiento de tránsito: “El tránsito de una vía está relacionado con el desarrollo y crecimiento general de la zona. Es importante considerar por una parte los aspectos relacionados con la planificación de la movilidad y el transporte, y por otra los relacionados con el contexto político, económico y social”. (INVIAS, s.f.)

- **Tránsito normal:** “Consiste en el tránsito que existe en la vía bajo condiciones normales de operación, es decir, sin ningún agente externo que lo afecte. Su existencia está influenciada por el desarrollo histórico y las características socioeconómicas de la zona de estudio. (INVIAS, s.f.)
- **Tránsito atraído:** “Es considerado como el volumen de vehículos que se extrae de otras vías hacia una vía en estudio, este debe ser analizado con relación a los beneficios que se originen por la puesta en marcha de una vía”. (INVIAS, s.f.)
- **Tránsito generado:** “Es la componente del tránsito que se observa en una vía por el hecho de que exista como nueva o se mejore, induciendo la creación de viajes que anteriormente no se hacían, se realizaban a un destino diferente o por otro medio. Lo genera la propia vía y puede ser atribuido a cambios en el uso del suelo”. (INVIAS, s.f.)
- **Generación de viajes:** “Es la relación entre la atracción y producción de viajes con los usos del suelo y a ciertas variables socioeconómicas de las zonas que conforman la región estudiada”. (INVIAS, s.f.)

2.1.5 Aplicación de los volúmenes de tránsito

Los datos registrados en los estudios de volúmenes de tránsito, según el Invias, son muy útiles para (INVIAS, s.f.):

- En la planeación vial.
- Para realizar una clasificación sistemática de redes viales.
- Para estimar los cambios anuales en los volúmenes de tránsito.
- Modelos de asignación y distribución del tránsito.
- Desarrollo de programas de mantenimiento, mejoras y prioridades.
- Estimación del control del consumo de combustibles en proyectos viales.
- Aplicación a normas de proyectos geométricos.
- Requerimientos de nuevas carreteras.
- Diseños de pavimentos, Ingeniería de tránsito
- Análisis de capacidad y niveles de servicio.
- Caracterización de flujos vehiculares.

2.1.6 Materia de la ingeniería del tránsito

En la carrera de la ingeniería civil es importante que la asignatura de la ingeniería del tránsito profundice las temáticas relevantes y necesarias en este campo de la ingeniería, esto con el objetivo de que el estudiante pueda:

- Identificar los problemas que esta resuelve
- Describir los elementos principales que intervienen en el tránsito urbano
- Evaluar la capacidad y nivel de servicio de la red vial y su efecto en la estructura urbana
- Manejar las herramientas requeridas para el diseño de elementos del tránsito urbano

El análisis de estos componentes permite identificar si el estudiante comprende y maneja apropiadamente los conceptos que se ven en la asignatura (UNAM, 2013).

3. Metodología

El proceso para la elaboración de LA HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA MATERIA DE INGENIERÍA DEL TRÁNSITO se dividió en 3 etapas: Revisión bibliográfica nacional e internacional acerca de los temas y conceptos generales que se deben tratar en la materia de la Ingeniería de tránsito, consolidación de los temas a incluir en el desarrollo del documento teniendo en cuenta la bibliografía más relevante de la consulta y finalmente la elaboración de una herramienta didáctica para la materia de ingeniería del tránsito. La herramienta didáctica consiste en un manual que contiene la teoría más relevante sobre la materia de la ingeniería del tránsito, ejercicios prácticos para el estudio práctico de los mismos y una extensión audiovisual para afianzar los conceptos más importantes abordados en la guía.

3.1 Revisión bibliográfica nacional e internacional acerca de los temas y conceptos generales que se deben tratar en la materia de la Ingeniería de tránsito

Este proceso se llevó a cabo con la recopilación de información de las bases de datos consultadas a nivel nacional e internacional que abarcara el tema de Ingeniería del Tránsito. Asimismo, se realizó una consulta y documentación de la normatividad vigente establecida por el INVIAS y el ministerio de transporte; adicionalmente se investigó sobre el desarrollo de contenidos de la asignatura de ingeniería del tránsito y transporte en distintas universidades nacionales e internacionales. Se encontraron libros, guías y planes de estudio alrededor del mundo acerca la ingeniería del tránsito que dieron una idea clara de los tópicos comúnmente tratados en este campo de la ingeniería y que permitirán un enriquecimiento de la estructura

temática del documento. Entre estos, 13 documentos fueron muy relevantes para la redacción de la herramienta didáctica los cuales fueron analizados minuciosamente y presentados en el Apéndice A.

- **Manual para el diseño y construcción del espacio público de Bucaramanga, 2021.** La alcaldía de Bucaramanga, en este manual, establece los lineamientos a seguir en la planeación, diseño, construcción y aprovechamiento del espacio público en la ciudad de Bucaramanga. Este documento es muy informativo en cuanto a las especificaciones dadas para el aprovechamiento de zonas públicas, los estudios o el análisis de escenarios de interacción peatonal en zonas urbanas.
- **Programa de Gestión de la Velocidad. Documento base, 2019.** La alcaldía de Bogotá, en este documentó, define la secuencia programática para llevar a cabo una compilación integral y detallada acerca de la gestión de la velocidad en la ciudad de Bogotá. Para la redacción del documento de apoyo para la materia de ingeniería del tránsito de aquí se obtiene información concerniente a seguridad vial, datos de velocidades identificadas, bien sean críticas, frecuentes, seguras y específicas en función de zonas urbanas específicas, su impacto, causas y consecuencias.
- **Guide for the Development of Bicycle Facilities, 2012.** Este documento establece parámetros para el desarrollo de normatividad, implementación, control y mejoramiento de equipamiento urbano esencial para el componente ciclístico de la movilidad con aplicación en los Estados Unidos. A partir de esto se pudo encontrar información relevante acerca de la movilidad de los usuarios de la bicicleta junto con las consideraciones correspondientes.

- **Manual de buenas prácticas en seguridad vial, 2021.** La Agencia Nacional de Seguridad Vial establece aquí las recomendaciones y conductas adecuadas para el desplazamiento correcto y seguro por vialidades urbanas. Las estadísticas, normativas y regulaciones para el armonioso funcionamiento de los actores viales y una segura interacción entre estos son sumamente útiles en cuanto al enfoque de la ingeniería del tránsito.
- **Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones, 2007.** Este libro realiza una completa y profunda exposición y análisis de las temáticas más importantes que comprende la ingeniería del tránsito. La teoría de esta referencia fue fundamental como base de los capítulos 2 y 5 de la herramienta didáctica, además de ser una fuente idónea y confiable para el desarrollo de los temas aquí comprendidos.
- **Diseño geométrico de carreteras, 2013.** Esta literatura comprende una completa explicación de los temas claves relacionados con el diseño geométrico de carreteras con un enfoque específico al contexto de los lineamientos colombianos. La información correspondiente a especificaciones y normatividad para el diseño geométrico y los numerosos conceptos y complementos fueron pieza esencial para la construcción del capítulo 3 de la herramienta didáctica.
- **Lineamientos para la elaboración de Estudios de Tránsito en Proyectos Viales Interurbanos en Colombia, 2018.** Este documento establece los lineamientos para la correcta elaboración y puesta en práctica de estudios de tránsito en proyectos viales de carácter interurbano analizando en específico el contexto colombiano. El contenido de este es muy valioso para la redacción de la herramienta didáctica en cuanto a la información destacada sobre ejemplos, explicaciones, recomendaciones y buenas

prácticas en la preparación, toma y posterior tratamiento de información obtenida de estudios de tránsito, además del aprovechamiento de descripciones sobre las distintas tipologías de estudios posibles.

- **Manual de diseño geométrico de carreteras, 2008.** En este documento, el INVIAS establece integralmente las especificaciones para el adecuado desarrollo de actividades relacionadas al diseño geométrico de carreteras en el territorio colombiano. Los fundamentos legales y normativos que este texto fueron claves en la construcción del capítulo 3 y demás descripciones destacadas con relación al diseño geométrico vial.
- **Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles, 2020.** El INVIAS, en este manual, establece las especificaciones y lineamientos legales para el entendimiento y puesta en práctica de actividades relacionadas con las temáticas de capacidad y niveles de servicio de vialidades colombianas con dos carriles a disposición de su uso. Las descripciones, definiciones y lineamientos legales determinados para las temáticas de capacidad vial y el entendimiento y clasificación de los niveles de servicio en proyectos viales futuros o existentes con enfoque a carreteras de dos carriles fue información sustancial para la elaboración del capítulo sobre operación del tránsito de la herramienta didáctica.
- **Manual de capacidad y niveles de servicio para vías multicarril, 2020.** El INVIAS, en este manual, establece las especificaciones y lineamientos legales para el entendimiento y puesta en práctica de actividades relacionadas con las temáticas de capacidad y niveles de servicio de vialidades colombianas con múltiples carriles a disposición de su uso. Las descripciones, definiciones y lineamientos legales determinados para las temáticas de capacidad vial y el entendimiento y clasificación de los niveles de servicio en proyectos

viales futuros o existentes con enfoque a carreteras multicarril fue información sustancial para la elaboración del capítulo sobre operación del tránsito de la herramienta didáctica.

- **Una fisonomía de la ingeniería del tránsito, 1981.** Este documento es una guía con una extensa y completa sinterización de las temáticas más importantes y fundamentales en la enseñanza y aprendizaje de la ingeniería del tránsito. Los diversos conceptos y temáticas importantes complementarían de una manera entendible y bien estructurada la información consolidada en la herramienta didáctica, especialmente en el desarrollo de los capítulos 5 y 6.
- **Ingeniería de tránsito, 2018.** Este documento es una guía con una extensa y completa sinterización de las temáticas más importantes y fundamentales en la enseñanza y aprendizaje de la ingeniería del tránsito. Los diversos conceptos y temáticas importantes complementarían de una manera entendible y bien estructurada la información consolidada en la herramienta didáctica, especialmente empleado en el desarrollo de los capítulos 1 y 3 de la herramienta didáctica.
- **Modulo IV: Ingeniería de tránsito. Diplomado internacional del transporte.** Este documento es una guía con una extensa y completa sinterización de las temáticas más importantes y fundamentales en la enseñanza y aprendizaje de la ingeniería del tránsito. Los diversos conceptos y temáticas importantes complementarían de una manera entendible y bien estructurada la información consolidada en la herramienta didáctica, especialmente empleado en el desarrollo de los capítulos 3, 4 y 5 de la herramienta didáctica.

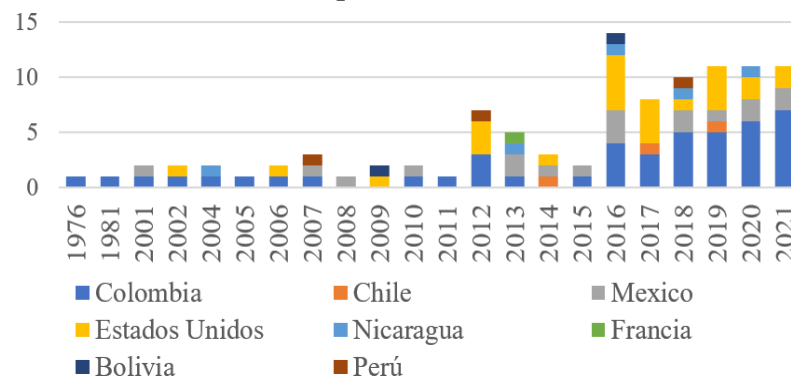
Tabla 1*Referencias bibliográficas más relevantes en la consulta sobre la ingeniería del tránsito*

Año de publicación	Cita (APA)
2021	Manual para el diseño y construcción del espacio público de Bucaramanga.
2019	Alcaldía Mayor de Bogotá. Programa de Gestión de la Velocidad.
2012	American Association of State Highway and Transportation Officials. Guide for the Development of Bicycle Facilities.
2021	ANSV. Manual de buenas prácticas en seguridad vial. Obtenido de Agencia Nacional de Seguridad Vial
2007	Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones.
2013	Cárdenas, J. Diseño geométrico de carreteras (2da ed.).
2018	González J. Lineamientos para la elaboración de Estudios de Tránsito en Proyectos Viales Interurbanos en Colombia. (Tesis de maestría).
2008	INVIAS. Manual de diseño geométrico de carreteras.
2020	INVIAS. Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles.
2020	INVIAS. Manual de capacidad y niveles de servicio para vías multicarril.
1981	Lazo L. & Sánchez G. Una fisonomía de la ingeniería del tránsito. Miguel Ángel Porrúa S.A.
2018	Navarro S. Ingeniería de tránsito. Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.
S.F.	Modulo IV: Ingeniería de tránsito. Diplomado internacional del transporte. México: Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de ingeniería.

Durante la revisión bibliográfica nacional e internacional se encontraron documentos valiosos en información procedentes de países como Estados Unidos, México, Chile y demás. En la siguiente gráfica se ilustra la comparación de los documentos encontrados con su respectivo país de origen y año de publicación.

Figura 3

Revisión bibliográfica según año y país de publicación



3.2 Consolidación de los temas a incluir en el desarrollo del documento teniendo en cuenta la bibliografía más relevante de la consulta

La intención de este trabajo es proporcionar la teoría y ejercicios prácticos sobre los conceptos más importantes de la ingeniería del tránsito. Para lograr esto se revisó, caracterizo y organizó toda la información recopilada de las bases de datos consultada; además, se consultó con los docentes encargados de la asignatura de ingeniería del tránsito de la Universidad Industrial de Santander para orientar el eje temático del proyecto en el espectro específico de estudio que maneja la universidad.

Luego se estudió y se revisó la posible composición y categorización de los temas que conformarían el documento. Para abordar los temas que harían parte del documento se definieron

estrategias pedagógicas y explicativas que se emplearían en este, además de la incorporación de técnicas de memorización para un aprendizaje rápido y efectivo en la extensión audiovisual del documento.

Posteriormente se establecieron los conceptos que conformarían definitivamente la herramienta junto al planteamiento de ejercicios tanto referenciados como propios y del contenido audiovisual que permitan complementar y reforzar los fundamentos expuestos de la ingeniería del tránsito.

3.3 Elaboración de una herramienta didáctica para la materia de ingeniería del tránsito

Completadas las dos primeras fases se procedió a elaborar la herramienta didáctica a partir de la información seleccionada y la contextualización necesaria de manera que esta sea útil como material de apoyo a los estudiantes de ingeniería civil.

4. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la revisión bibliográfica, consolidación de temas y la elaboración de la herramienta didáctica.

4.1 Contenido de la herramienta didáctica como apoyo de la materia de ingeniería del tránsito

Esta herramienta didáctica fue diseñada para que los estudiantes de la materia de ingeniería del tránsito de la Universidad Industrial de Santander puedan profundizar de manera teórica y práctica los conceptos relacionados a esta asignatura. La herramienta se compone de 2 elementos principales: Un manual y una extensión audiovisual.

4.1.1 Manual de la herramienta didáctica

Figura 4

Portada del Manual de la herramienta didáctica



Nota. Adaptado de *Evening rush-hour traffic over the Leonard P. Zakim Bunker Hill Memorial Bridge* [Fotografía], por David. L. Ryan, 2019.

El manual cuenta con 281 páginas y se divide en 6 capítulos principales. Este se presenta en el Apéndice B.

- Introducción a conceptos básicos de la ingeniería del tránsito.
- Modos y medios de transporte.
- Actores viales y entorno.
- Estudios de tránsito.
- Operación del tránsito.
- Análisis del flujo vehicular.

4.1.1.1 Capítulo 1: Introducción a conceptos básicos de la ingeniería del tránsito

Figura 5

Capítulo 1. Introducción a conceptos básicos de la ingeniería del tránsito



Nota. Adaptado de *Two open books* [Fotografía], por Aaron Burden, 2016.

En este primer capítulo se realizó una introducción al concepto de la ingeniería del tránsito y sus componentes principales. Para esto, este capítulo del manual se divide en tres temas: antecedentes históricos, conceptualización de la ingeniería del tránsito, y generalidades y elementos de la ingeniería del tránsito.

Antecedentes históricos: Este tema tiene el objetivo de presentar la evolución del tránsito desde el inicio de la humanidad hasta la actualidad. Haciendo énfasis en los aspectos que fueron contundentes en el desarrollo del tránsito como la invención de la rueda, la construcción de los primeros caminos, la aparición del vehículo automotor, entre otros.

Conceptualización de la ingeniería del tránsito: Este tema resalta la concepción de la ingeniería del tránsito como rama de la ingeniería civil, encargada del análisis de los factores que interactúan activa y pasivamente en la movilidad de las sociedades urbanas y rurales.

Generalidades y elementos de la ingeniería del tránsito: En este tema se presenta la importancia de la ingeniería del tránsito en la planificación del transporte y sus elementos que interactúan en la movilidad humana. Estos elementos son:

- El usuario
- El vehículo
- La vialidad
- Los dispositivos de control
- El medio ambiente

4.1.1.2 Capítulo 2: Introducción a conceptos básicos de la ingeniería del tránsito

Figura 6

Capítulo 2. Modos y medios de transporte



Nota. Adaptado de *Logistics and Transportation*. [Fotografía], Travel Mania. (s.f.)

Este segundo capítulo se enfoca en presentar la relevancia del transporte en la movilidad de personas y mercancías, y los diversos modos de transporte existentes en la actualidad. Esta sección del manual se divide en 2 temas: Funciones, efectos y subsectores del transporte; y contexto del transporte colombiano frente al internacional.

Funciones, efectos y subsectores del transporte: En este tema se resalta la influencia del transporte en la movilidad, y el desarrollo económico y social de un país. Además, se exponen los diversos modos de transporte: ferroviario, fluvial, marítimo, aéreo y carretero.

Contexto colombiano e internacional: En esta parte del capítulo se analizan y comparan las redes ferroviarias, la red fluvial navegable, la conectividad marítima y la infraestructura vial colombiana antigua y actual frente al contexto de los otros países.

4.1.1.3 Capítulo 3: Actores viales y entorno

Figura 7

Capítulo 3. Actores viales y entorno



Nota. Adaptado de *Pedestrians cross at Shibuya Crossing* [Fotografía], por Sean Pavone, 2012.

Este tercer capítulo hace énfasis en los actores viales y el papel que estos poseen en la ingeniería del tránsito; además, se abordan las características del entorno en el que se desarrolla el tránsito y su importancia en la seguridad y calidad de una vía. Esta sección del manual se divide en 4 temas: El usuario, características del entorno, normatividad vigente y ejercicios prácticos propuestos.

El usuario: En este tema se expone al usuario como el elemento fundamental del tránsito, asimismo se mencionan y explican en detalle los tipos de usuario y sus características, que son: el peatón, el conductor y el ciclista.

Características del entorno: En este tema se presenta la relevancia de las características operacionales del entorno, en particular en sistemas con fines de movilización. Entre estas características se destacan el diseño geométrico de los proyectos viales, la señalización del tránsito y los dispositivos de control de tráfico.

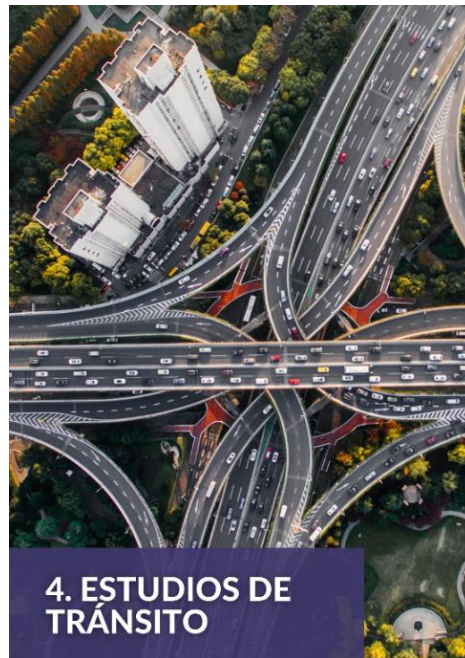
Normatividad vigente: Este tema tiene el objetivo de presentar las leyes y normativas que rigen la circulación de usuarios, agentes de tránsito, vehículos, etc.

Ejercicios propuestos: Para fomentar el ejercicio práctico de las temáticas abordadas en este capítulo, se plantearon ejercicios de cálculo de distancias de frenado e identificación de los diferentes tipos de señales y dispositivos de control de tránsito.

4.1.1.4 Estudios de tránsito

Figura 8

Capítulo 4. Estudios de tránsito



Nota. Adaptado de *Shanghai Interchange* [Fotografía], por Denys Nevozhai, 2016

Este cuarto capítulo tiene como propósito que los estudiantes comprendan y analicen las propiedades de la circulación de vehículos y los elementos primordiales para el desarrollo de los estudios de tránsito. Esta sección del manual se divide en 5 temas: Composición vehicular, volúmenes vehiculares, velocidad, aforos, encuestas y estudios de origen destino, y ejercicios propuestos.

Composición vehicular: En este tema se profundiza la importancia y variación de la composición vehicular que se presenta en los estudios de tránsito. Teniendo en cuenta los diferentes tipos de vehículos existentes y su efecto en las cargas de tránsito que recibe el pavimento.

Volumen vehicular: Esta parte tiene el objetivo de introducir el concepto del factor que define el número de vehículos que transitan por una vía en un determinado tiempo y el análisis de sus variaciones y correlaciones. Para esto se abordaron los tipos de volúmenes de tránsito, la variación del volumen de tránsito, los volúmenes de tránsito futuros, el ajuste de conteos periódicos y la predicción del tráfico vehicular.

Velocidad: En este tema se expone la velocidad como un parámetro inherente a toda acción de desplazamiento, convirtiéndose en un factor clave en el estudio del tráfico vehicular. Aquí se presentan las diferentes definiciones particulares de velocidad y los estudios de velocidad que suelen llevarse a cabo en los estudios de tránsito.

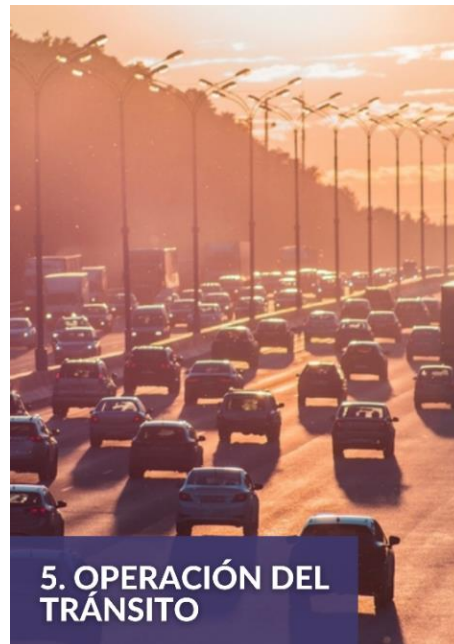
Aforos, encuestas y estudios origen-destino: En este tema se profundizan los diferentes aforos y estudios que se ejecutan para la obtención de datos de la circulación vehicular, teniendo en cuenta las clases de aforos de volumen vehicular (manuales y mecánicos), el método del vehículo en movimiento y las encuestas origen-destino.

Ejercicios propuestos: Para fomentar el ejercicio práctico de las temáticas abordadas en este capítulo, se plantearon ejercicios para determinar el nivel de tránsito de una zona de estudio, los tránsitos promedios y factores de expansión, el factor horario de máxima demanda y las diferentes velocidades.

4.1.1.5 Capítulo 5: Operación del tránsito

Figura 9

Capítulo 5. Operación del tránsito



Nota. Adaptado de *Traffic in Moscow, Russia* [Fotografía], por Alexander Popov ,2018.

Este quinto capítulo tiene como finalidad presentar a los estudiantes los atributos esenciales en la operación del tránsito de una calle, vía, carretera o autopista de estudio. Esta sección del manual se divide en 5 temas: Capacidad vial y calidad del servicio, congestión, accidentalidad, aprovechamiento de información de estudios de tránsito y ejercicios propuestos.

Capacidad vial y calidad del servicio: En esta parte se expone el análisis de la demanda y oferta vial, además de la importancia de la eficiencia en los sistemas viales que se traduce en capacidad y nivel de servicio de los mismos. Para esto se abordaron las definiciones y propiedades de la capacidad y los niveles de servicio en carreteras de dos carriles y multicarril, igualmente los factores que influyen en ellas.

Congestionamiento: En este tema se profundiza la problemática de saturación del sistema vial debido a la demanda de capacidad vehicular mayor a la oferta existente. Para esto se contemplaron los factores que inciden en la capacidad y nivel de servicio, y las consecuencias debidas al congestionamiento de una vía.

Accidentalidad: Este tema expone la relación directa entre el crecimiento de los volúmenes de tránsito y los siniestros viales, además de las repercusiones que esto produce y las medidas de seguridad vial que se recomiendan adoptar. Para ello se abordaron las generalidades, estudios, causas y estadísticas de la accidentalidad vial, adicionalmente, se analizó sobre el estado de la seguridad vial a nivel mundial.

Aprovechamiento de información obtenida de estudios de tránsito: Este tema tiene el objetivo de resaltar la importancia del uso de la información registrada en los estudios de tránsito en la planificación y análisis de proyectos de tránsito, teniendo en cuenta las herramientas a usar para este aprovechamiento de datos.

Ejercicios propuestos: Para fomentar el ejercicio práctico de las temáticas abordadas en este capítulo, se plantearon ejercicios para determinar la capacidad y nivel de servicio de una zona de estudio, además de los índices de accidentalidad, mortalidad, morbilidad y severidad.

4.1.1.6 Capítulo 6: Análisis del flujo vehicular

Figura 10

Capítulo 6. Análisis del flujo vehicular



Nota. Adaptado de *Highway* [Fotografía], por Pixabay.

Este sexto capítulo tiene como finalidad facilitar la comprensión de los elementos fundamentales del flujo vehicular y los modelos matemáticos aplicados a este. Esta sección del manual se divide en 5 temas: variables principales, variables asociadas, modelos de flujo vehicular, descripción probabilística del flujo vehicular y ejercicios propuestos.

Variables principales: En este tema se abordan los elementos principales que definen al flujo vehicular: el flujo, la velocidad y la densidad.

Variables asociadas: Este tema presenta las correlaciones entre las variables principales del flujo vehicular y como se expresan en términos de otras, como el volumen, el intervalo, el espaciamiento, la distancia y el tiempo.

Modelos de flujo vehicular: En este tema se exponen las clases de modelos matemáticos que se usan para un análisis más detallado del flujo de tránsito. Estos se dividen principalmente en modelos lineales y no lineales.

Descripción probabilística del flujo vehicular: Este tema expone la aplicación de distribuciones de probabilidad que representan acertadamente el comportamiento del flujo vehicular.

Ejercicios propuestos: Para fomentar el ejercicio práctico de las temáticas abordadas en este capítulo, se plantearon ejercicios para calcular la tasa de flujo, la velocidad, la densidad, el espaciamiento, la separación y la probabilidad de congestión de una zona de estudio específica.

4.1.2 Extensión audiovisual de la herramienta didáctica

La extensión audiovisual se compone de 3 videos donde se afianzan los fundamentos teóricos expuestos en los 6 capítulos que integran el manual. Esto con el objetivo de brindar un componente con imágenes y sonido que permita un aprendizaje didáctico de la ingeniería del tránsito. Esta se presenta en el Apéndice C. El primer video comprende el contenido de los capítulos 1 y 2, el segundo video los capítulos 3 y 4 y el tercer video los capítulos 5 y 6.

Figura 11

Extensión audiovisual de la herramienta didáctica. Primer video



Figura 12

Extensión audiovisual de la herramienta didáctica. Segundo video

**Figura 13**

Extensión audiovisual de la herramienta didáctica. Tercer video



5. Conclusiones

Dada la importancia de que los estudiantes de ingeniería civil comprendan íntegramente los fundamentos teóricos referentes a la ingeniería del tránsito, se llevó a cabo una revisión bibliográfica nacional e internacional teniendo como objetivo los conceptos generalmente abordados en la asignatura, procurando que la información incluida sea pertinente y lo más actualizada posible.

Una vez finalizada la revisión de la bibliografía disponible, se realizó una selección y consolidación de los temas más relevantes y adecuados que harían parte de la herramienta didáctica, con la intención de proveer en el documento la teoría más apropiada para el entendimiento del contenido de la materia.

Finalmente, se elaboró la herramienta didáctica, cuyo objetivo es ser un documento de apoyo para los estudiantes que cursan la materia de ingeniería del tránsito, es por esto que la herramienta didáctica se realizó integrando los fundamentos teóricos idóneos, ejercicios propuestos para el estudio práctico de los temas y un componente audiovisual para el aprendizaje didáctico de lo comprendido en el documento.

Referencias Bibliográficas

- Burden, A. (2016). *Two open books* [Fotografía]. https://unsplash.com/photos/QJDzYT_K8Xg
- Cal y Mayor, R. Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones, 8.ª ed.* Alfaomega.
- Compañía Nacional de Peritos Agrícolas (CONAPA). (2018). *El papel de la ingeniería civil en la sociedad actual*. <https://conapa.es/el-papel-de-la-ingenieria-civil-en-la-sociedad-actual/>
- Institute of Transportation Engineers (ITE). (2009). *Traffic engineering handbook, 6.ª ed.* Wiley.
- Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2008) Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/985-manual-de-diseno-geometrico>
- Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (s.f.) *Volúmenes de Tránsito*. <https://invias.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=be0c8d51ba4b4d9faa1f74925f000248>
- Inter-American Development Bank (IDB). (2019). *Stylized Urban Transportation Facts in Latin America and the Caribbean*. https://publications.iadb.org/publications/english/document/Stylized_Urban_Transportation_Facts_in_Latin_America_and_the_Caribbean_en_en.pdf
- Ministerio de Transporte. (2015). *Manual de Señalización Vial*. <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3825-manual-de-senalizacion-vial-2015>
- Ministerio de Transporte. (2019). *Transporte en Cifras. Vigencia 2019*. <https://www.mintransporte.gov.co/documentos/15/estadisticas/genPagDocs=1>

- Navarro, S. J. (2017). *Ingeniería de Tránsito*.
<https://www.scribd.com/document/389645327/Libro-Ingenieria-de-Transito-Sergio-Navarro>
- Nevozhai, D. (2016). *Shanghai Interchange*. [Fotografía].
<https://unsplash.com/photos/7nrsVjvALnA>
- Pavone, S. (2012). *Pedestrians cross at Shibuya Crossing*. [Fotografía].
<https://www.shutterstock.com/imagephoto/tokyo-japan-december-23-2012-pedestrians-257639824>
- Pixabay. (s.f.). *Highway*. [Fotografía]. <https://pixabay.com/photos/highway-freewaymotorway-road-city-919073/>
- PMT, Estudios de Tránsito y Transporte. (2019). *¿Qué es la ingeniería de tránsito?*
<https://www.pmtmedellin.co/l/ingenieria-detransito/>
- Popov, A. (2018). *Traffic in Moscow, Russia*. [Fotografía].
https://unsplash.com/photos/Xbh_OGLRfUM
- Quintero González, J. R. (2017) Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. *Ambiente y Desarrollo*, 21(40), 57-72. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd21-40.citm>
- Ryan, D. L. (2019). *Evening rush-hour traffic over the Leonard P. Zakim Bunker Hill Memorial Bridge*. [Fotografía]. <https://www.bostonglobe.com/metro/2019/12/03/solutions-for-traffic-crisis-globe-readers-have-plenty/Z7jBLHUqWv5tG0QuQGykqI/story.html>
- Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI). (2020). *Índice de Competitividad Global-ICG (Global Competitiveness Index)*.
<http://www.colombiacompetitiva.gov.co/snci/indicadores-internacionales/indice->

