



Modalidad Abierta y a Distancia

Modelado de Tráfico

Guía didáctica



Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Civil

Modelado de Tráfico

Guía didáctica

Carrera	PAO Nivel
▪ Logística y Transporte	VIII

Autor:

Díaz Muñoz Fabián Patricio



S I S T _ 4 0 1 0

Asesoría virtual
www.utpl.edu.ec

Universidad Técnica Particular de Loja

Modelado de Tráfico

Guía didáctica

Díaz Muñoz Fabián Patricio

Diagramación y diseño digital:

Ediloja Cía. Ltda.

Telefax: 593-7-2611418.

San Cayetano Alto s/n.

www.ediloja.com.ec

edilojacialtda@ediloja.com.ec

Loja-Ecuador

ISBN digital - 978-9942-39-797-3



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual
4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Usted acepta y acuerda estar obligado por los términos y condiciones de esta Licencia, por lo que, si existe el incumplimiento de algunas de estas condiciones, no se autoriza el uso de ningún contenido.

Los contenidos de este trabajo están sujetos a una licencia internacional Creative Commons – **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0** (CC BY-NC-SA 4.0). Usted es libre de **Compartir** – copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. **Adaptar** – remezclar, transformar y construir a partir del material citando la fuente, bajo los siguientes términos: **Reconocimiento**– debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciatante. **No Comercial**-no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. **Compartir igual-Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original**. No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Índice

1. Datos de información.....	8
1.1. Presentación de la asignatura	8
1.2. Competencias genéricas de la UTPL	8
1.3. Competencias específicas de la carrera	8
1.4. Problemática que aborda la asignatura.....	9
2. Metodología de aprendizaje.....	10
3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje.....	11
Primer bimestre	11
Resultado de aprendizaje 1.....	11
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje	11
Semana 1	11
Unidad 1. Introducción al modelado de tráfico vehicular	11
1.1. Concepto de tráfico vehicular.....	12
1.2. Objetivos del modelado de tráfico	12
1.3. Beneficios del modelado de tráfico	14
Actividad de aprendizaje recomendada	15
Semana 2	16
1.4. Modelos de tráfico vehicular	16
1.4.1. Microscópico	16
1.4.2. Macroscópico.....	18
1.4.3. Mesoscópico	19
Actividades de aprendizaje recomendadas	21
Autoevaluación 1.....	23
Semana 3	25
Unidad 2. Simulación y modelado	25
2.1. Función de los modelos.....	26
2.2. Simulación de escenarios viales	26
2.2.1. Vehículos y conductores.....	28
2.2.2. Peatones.....	28
2.2.3. Entorno	29

Actividad de aprendizaje recomendada	30
Semana 4	30
2.3. Flujo vehicular.....	30
2.3.1. Lógica de velocidad y cambio de carril.....	31
2.3.2. Límite de velocidad	32
2.3.3. Incorporación de vehículos a la red	32
2.3.4. Semaforización	32
2.3.5. Análisis estadístico	34
Actividad de aprendizaje recomendada	34
Semana 5	35
2.4. Fases del modelado de tráfico	35
2.4.1. Formulación problema.....	36
2.4.2. Sistema definido	36
2.4.3. Formulación modelo	36
2.4.4. Recolección de datos.....	37
2.4.5. Implementación modelo.....	37
2.4.6. Verificación.....	38
2.4.7. Validación	38
2.4.8. Experimentación.....	38
2.4.9. Interpretación	38
2.4.10. Implementación.....	38
Actividad de aprendizaje recomendada	39
Semana 6	40
2.5. Teoría de colas	40
2.5.1. Características del sistema de colas.....	41
2.5.2. Patrones de llegada a clientes	41
2.5.3. Patrones de servidores	42
2.5.4. Número de canales de servicio	42
Actividad de aprendizaje recomendada	43
Semana 7	44
2.5.5. Capacidad en el sistema.....	44
2.5.6. Disciplina de cola	44
2.5.7. Etapas de servicio	45
Actividades de aprendizaje recomendadas	47
Autoevaluación 2.....	48

Semana 8	52
Actividades finales del bimestre	52
Segundo bimestre	53
Resultado de aprendizaje 1.....	53
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje	53
Semana 9	53
Unidad 3. Modelos generación de viajes y capacidad vial	53
3.1. Modelos de generación de viajes.....	53
3.1.1. Modelo de generación de viajes basado en zonas	54
3.1.2. Modelo de generación de viajes basado en la actividad.....	55
3.1.3. Modelo de generación de viajes discreto	56
3.1.4. Modelo de generación de viajes estocástico	57
Actividad de aprendizaje recomendada	58
Semana 10	58
3.2. Capacidad Vial.....	59
3.2.1. Análisis y niveles de servicios	59
3.2.2. Segmentos básicos de una vía.....	60
3.2.3. Vías de carriles múltiples.....	60
3.2.4. Vías de dos carriles	61
3.2.5. Intersecciones semaforizadas	62
3.2.6. Software para modelado de tráfico	64
Actividades de aprendizaje recomendadas	64
Autoevaluación 3.....	66
Semana 11	68
Unidad 4. Consideraciones para transporte público	68
4.1. Tipos de transporte público.....	69
4.2. Unificación en un todo de los sistemas de transporte	70
4.3. Eficiencia del transporte público	71
4.4. Ventajas y desventajas de transporte público	73
4.5. Economía del transporte público	73
Actividades de aprendizaje recomendadas	74
Autoevaluación 4.....	75

Semana 12	77
 Unidad 5. Software para modelado de tráfico.....	77
5.1. Vissim para modelado de tráfico	77
5.2. TRANSYT para modelado de tráfico	80
Actividades de aprendizaje recomendadas	83
Semana 13	83
5.3. PARAMICS para modelado de tráfico	83
5.4. TransModeler para modelado de tráfico	86
Actividades de aprendizaje recomendadas	89
Autoevaluación 5.....	91
Semana 14	93
 Unidad 6. Beneficios y previsión de impactos de la modelación de tráfico ..	93
6.1. Beneficios de la implementación del modelado de tráfico	93
6.2. Previsión de impactos con la modelación de tráfico.....	94
Actividad de aprendizaje recomendada	96
Semana 15	96
6.3. Realidad el modelado de tráfico dentro del Ecuador	97
Actividades de aprendizaje recomendadas	98
Autoevaluación 6.....	99
Semana 16	101
Actividades finales del bimestre	101
4. Solucionario	102
5. Referencias bibliográficas	112



1. Datos de información

1.1. Presentación de la asignatura



1.2. Competencias genéricas de la UTPL

- Comunicación verbal y escrita.
- Pensamiento crítico y reflexivo.
- Compromiso e implicación social.
- Organización y planificación del tiempo.

1.3. Competencias específicas de la carrera

- Identifica problemas de logística y transporte.
- Resuelve problemas de ingeniería en logística y transporte.
- Asume pensamiento crítico y reflexivo.
- Asume trabajo en equipo.

1.4. Problemática que aborda la asignatura

Garantizar la movilidad y el transporte, promoviendo el uso y disfrute de un hábitat seguro que permita un acceso equitativo a los espacios públicos con un enfoque inclusivo.

La demanda de movilidad en las ciudades está en aumento debido al crecimiento poblacional y al incremento de los parques automotores. La necesidad de desplazamiento de personas y mercancías es cada vez mayor, lo que ocasiona complejos problemas en las saturadas infraestructuras viales. Es ahí cuando el modelado del tráfico juega un rol indispensable para tratar de mitigar los problemas derivados de la saturación de las infraestructuras viales.



2. Metodología de aprendizaje

Las metodologías de aprendizaje seleccionadas para lograr un correcto aprendizaje en la asignatura de Modelado de Tráfico son las siguientes:

El aprendizaje basado en la investigación implica que el estudiante realice una exploración exhaustiva de diversas fuentes bibliográficas relacionadas con la asignatura de Modelado de Tráfico. En este enfoque, el estudiante juega un papel activo y es el protagonista de su propio proceso de formación. El objetivo es que adquiera conocimientos, desarrolle destrezas y capacidad para resolver problemas relacionados con la asignatura.

Otra de las metodologías que se aplicarán en la presente asignatura es el aprendizaje autónomo. Mediante esta metodología, el docente proporciona recursos y orientación al estudiante, quien asume la responsabilidad de su propio aprendizaje, realizando las actividades planificadas en la guía didáctica y ajustándose a sus propios horarios y disponibilidad de tiempo.



3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje



Primer bimestre

Resultado de aprendizaje 1

- Describe, analiza y diseña modelos de tráfico para redes urbanas y nacionales.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje

El modelado de tráfico vehicular se enfoca en la simulación y análisis del comportamiento del tráfico en las infraestructuras viales. Para ello, se utilizan modelos matemáticos y de simulación que permiten evaluar la capacidad de las infraestructuras existentes y prever el impacto de posibles cambios en el diseño de intersecciones u otras medidas de mitigación que puedan emplearse para mejorar la circulación vehicular y la seguridad vial.

La presente guía didáctica ha sido diseñada para acompañar al estudiante durante su proceso de aprendizaje en este tema específico. El objetivo principal de la guía es que el estudiante obtenga conocimientos a través de una serie de actividades planificadas a lo largo de las 16 semanas del periodo académico ordinario.

¡Le deseo éxito durante su proceso de aprendizaje!



Semana 1

Unidad 1. Introducción al modelado de tráfico vehicular

Durante esta semana, se iniciará el estudio del modelado de tráfico vehicular. En esta sección se revisarán los conceptos básicos, objetivos

y beneficios de la aplicación del modelado de tráfico, con el fin de que el estudiante pueda familiarizarse con los temas relacionados con la asignatura.

1.1. Concepto de tráfico vehicular

El tráfico, también conocido como tránsito vehicular, se refiere a la circulación de vehículos por las distintas infraestructuras viales diseñadas para tal fin, como vías, calles o autopistas. Esta circulación puede generar congestión vehicular en ciertas situaciones, especialmente en ciudades con una alta densidad de población y una gran cantidad de vehículos en circulación. Sin embargo, se pueden tomar medidas para atenuar estos efectos, tales como la implementación de semáforos, el diseño adecuado de intersecciones y la aplicación de medidas de mitigación del tráfico (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007).

Una de las complicaciones derivadas del tráfico vehicular, según Díaz (2022), es la congestión, que afecta la calidad de vida y la economía de los centros urbanos. Nuestro país no es la excepción, ya que actualmente, los centros urbanos de nuestras ciudades más pobladas enfrentan graves problemas de congestión. Por esta razón, se busca implementar el modelado de tráfico como una alternativa para mejorar el tráfico vehicular.

1.2. Objetivos del modelado de tráfico

El objetivo principal del modelado de tráfico es proporcionar una herramienta para el diseño, planificación y gestión adecuada del sistema de transporte. El modelado de tráfico se utiliza para analizar y predecir el comportamiento del tráfico en un área determinada, lo que ayuda a los ingenieros de tráfico a tomar decisiones informadas sobre el diseño de carreteras, la asignación de recursos de transporte y la implementación de políticas de transporte (Wolshon & Pande, 2016).

El modelado de tráfico se basa en el uso de modelos matemáticos y de simulación para representar el comportamiento del tráfico en diferentes condiciones, como el flujo de tráfico, la velocidad y la congestión. Estos modelos se emplean para simular diferentes escenarios de tráfico y evaluar los efectos de cambios propuestos en la infraestructura de transporte o en las políticas de transporte (Wolshon & Pande, 2016).

Dentro de la figura 1, se puede observar la capacidad normal de una red vial frente al tráfico ofrecido. Es evidente que la capacidad de las redes viales es limitada y que el tráfico se comporta de manera diferente según las condiciones.

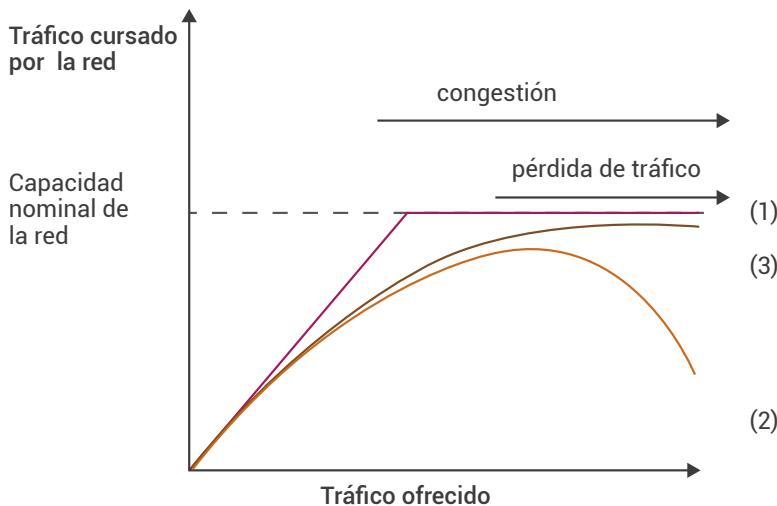
En particular, en la curva 2 se representa la situación en la que la red está congestionada y el tráfico disminuye, lo que causa una degradación en la calidad del servicio.

Por otro lado, la curva 3 muestra el comportamiento de la red cuando se implementa un control adecuado de la congestión vehicular. En este caso, la red se acerca a un comportamiento ideal, lo que significa que la calidad del servicio mejora considerablemente.

En resumen, la figura 1, ilustra claramente la relación entre la capacidad de una red vial y el tráfico ofrecido, y demuestra la importancia de un control adecuado de la congestión vehicular para mejorar la eficiencia del transporte y garantizar una mejor calidad de servicio.

Figura 1.

Relación entre la capacidad de una red vial y el tráfico ofrecido



Nota. Tomado de *Vista de Modelado de Tráfico: Una estrategia inteligente contra la congestión de una red* (p. 14), por Bouche, D., 2012, Prisma Tecnológico.

Además, de ser una herramienta para diseñar sistemas de transporte óptimos, el modelado de tráfico también se utiliza para mejorar la seguridad vial, reducir el impacto ambiental del transporte y mejorar la calidad de vida.

Esto se logra permitiendo que los expertos en tráfico evalúen y optimicen el rendimiento del sistema de transporte.

1.3. Beneficios del modelado de tráfico

El modelado de tráfico y su aplicación conllevan una serie de beneficios que se mencionan a continuación:

- **Comprender el tráfico:** permite entender cómo los vehículos interactúan entre sí y con la infraestructura vial. A través de la simulación de diferentes escenarios de tráfico, se pueden identificar patrones y tendencias en la circulación vehicular, así como las causas de la congestión y los cuellos de botella en la red vial. Al entender mejor el comportamiento del tráfico, se pueden tomar medidas para mejorar la seguridad y la eficiencia de la circulación vehicular, como la implementación de señales de tráfico, semáforos, pasos peatonales y otros elementos de infraestructura vial.
- **Contribuir a la planificación y diseño de infraestructura vial:** el modelado de tráfico permite simular diferentes escenarios de circulación vehicular y evaluar el impacto de diferentes diseños de infraestructura vial. Esto puede ayudar a planificar y diseñar de manera más eficiente y efectiva las carreteras, autopistas y otros tipos de vías. Por ejemplo, el modelado de tráfico puede utilizarse para determinar la cantidad de carriles necesarios en una carretera en función del volumen de tráfico esperado o para evaluar el impacto de una nueva intersección en la fluidez del tráfico.
- **Evaluación de políticas de transporte:** el modelado de tráfico también puede utilizarse para evaluar el impacto de políticas de transporte, como la implementación de carriles exclusivos para autobuses o la creación de zonas peatonales. Esto puede ayudar a tomar decisiones informadas sobre las políticas de transporte y evaluar su efectividad en términos de la mejora de la calidad de vida de los habitantes de una ciudad. Además, el modelado de tráfico también puede ayudar a evaluar el impacto ambiental de las políticas de transporte, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora de la calidad del aire.

- **Mejora la eficiencia del transporte:** al entender mejor el comportamiento del tráfico, el modelado de tráfico puede emplearse para mejorar la eficiencia del transporte al reducir la congestión y el tiempo de viaje. Por ejemplo, el modelado de tráfico puede usarse para determinar la mejor ruta para un vehículo en función del tráfico en tiempo real o para mejorar la coordinación de los semáforos para reducir los tiempos de espera en las intersecciones. Además, el modelado de tráfico también puede usarse para mejorar la eficiencia del transporte público al optimizar las rutas de los autobuses y mejorar la coordinación entre diferentes modos de transporte, como el tren, el metro y los autobuses.

Dicho esto, el modelado de tráfico es de vital importancia dentro de las urbes modernas, ya que se busca mejorar la movilidad, aumentar la seguridad vial y aumentar la calidad de vida, si bien son muchos los beneficios, autores como Ni (2015), mencionan que modelar el tráfico es una tarea desafiante porque las interacciones y componentes del sistema son difíciles de expresar de manera correcta en forma matemática.



Actividad de aprendizaje recomendada

Una vez revisados los conceptos, objetivos del modelado de tráfico y sus beneficios le invito a realizar la siguiente actividad para asegurar su correcto aprendizaje.

Le invito a revisar el siguiente artículo sobre las [soluciones para la congestión vehicular en Ecuador](#). El artículo trata sobre la congestión vehicular y menciona cinco puntos clave para garantizar una adecuada movilidad. Después de verificar la información proporcionada, le animo a realizar un breve resumen con sus propias palabras acerca de qué medidas deben implementarse en el país para atenuar los problemas de congestión que se presentan en las ciudades ecuatorianas.

Nota. Conteste las actividades en un cuaderno de apuntes o en un documento word.



Semana 2

En la presente semana hablaremos acerca de los modelos de tráfico vehicular y describiremos cada uno de ellos sus características, fortalezas y debilidades.

1.4. Modelos de tráfico vehicular

El desplazamiento de vehículos a través de las infraestructuras viales, como carreteras o redes urbanas, puede modelarse de diversas maneras según la escala. Existen distintos enfoques de modelos de tráfico vehicular que se clasifican o diferencian por su función, nivel de detalle y complejidad. A continuación, describiremos algunos de los modelos más comunes.

Delgado et al. (2011), describe los siguientes enfoques para el modelado vehicular.

1.4.1. Microscópico

Es posible seguir la trayectoria de cada vehículo en una carretera gracias al modelo microscópico, que se encarga de analizar el movimiento de los vehículos individualmente y estudiar la dinámica de un grupo de automóviles, aplicando reglas específicas para su movimiento. A este enfoque se le conoce como el enfoque microscópico, y existen muchos modelos que utilizan esta metodología. En estos modelos se especifican las reglas de movimiento individual para crear una dinámica para el tráfico.

En la figura 2, se muestra una simulación microscópica. Como se puede observar, se simulan los vehículos individualmente. En este caso, se está realizando la simulación de una intersección.

Figura 2.

Enfoque microscópico de modelado de tráfico



Nota. Tomado de *Análisis modelado y simulación de tráfico vehicular mediante sistemas multiagente* (p. 48), por Plata, F. y Ramírez, C., 2018, Universidad Autónoma del Estado de México.

Las dificultades que se puede detectar al momento de aplicar un enfoque microscópico según Ramos (2017), son los siguientes:

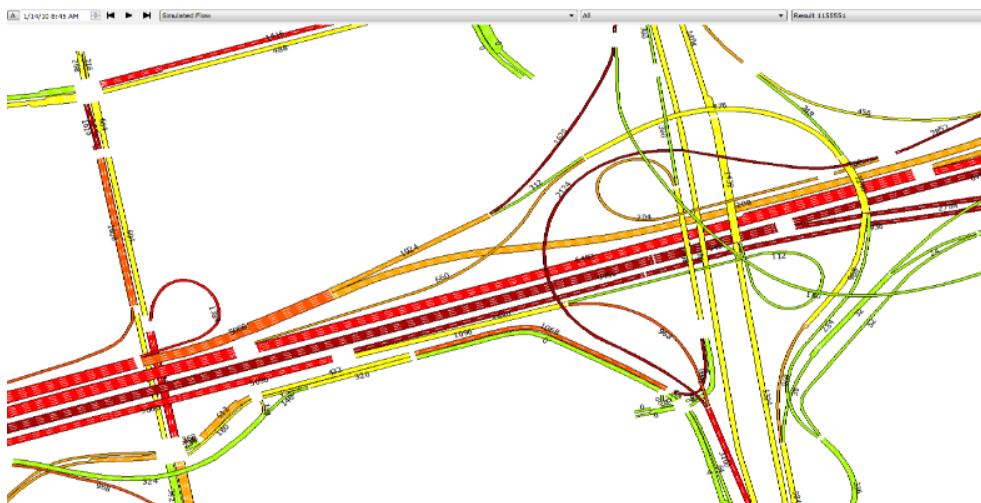
- Cada bloque de calles y cada intersección son considerados modelos individuales, lo que implica que encontrar un equilibrio adecuado entre las redes adyacentes puede ser un desafío y, en ocasiones, generar problemas difíciles de resolver.
- La dificultad para evaluar el rendimiento general de la red de manera significativa se debe al hecho de que el análisis se lleva a cabo para cada uno de sus componentes por separado, lo que hace complicado resumir los resultados de manera concisa.

1.4.2. Macroscópico

Los modelos macroscópicos se encargan de estudiar el flujo vehicular como si se tratara del comportamiento de un fluido en un régimen de flujo compresible. Estos modelos son aplicables a grandes áreas y sus resultados suelen ser más realistas. Las variables que se consideran dentro del enfoque macroscópico son la intensidad, densidad y velocidad.

En la figura 3, se muestra una simulación macroscópica. Como se puede observar, se simulan el flujo vehicular. En este caso, se está realizando la simulación de una red vial.

Figura 3.
Enfoque macroscópico de modelado de tráfico



Nota. Tomado de *Análisis modelado y simulación de tráfico vehicular mediante sistemas multiagente* (p. 50), por Plata, F. y Ramírez, C., 2018, Universidad Autónoma del Estado de México

Las ventajas del uso de estos son las siguientes:

- Los resultados obtenidos con este modelo suelen coincidir satisfactoriamente con el comportamiento empírico que se observa en el tránsito.
- Permiten avanzar significativamente en el análisis del tráfico mediante el uso de herramientas analíticas.

- Permiten incluir fácilmente el efecto de rampas de entrada y salida en el análisis del tráfico.
- Permiten considerar el flujo vehicular en varios carriles de circulación.
- En términos computacionales, los modelos macroscópicos resultan ser más eficientes que los modelos microscópicos para analizar el tráfico.

1.4.3. Mesoscópico

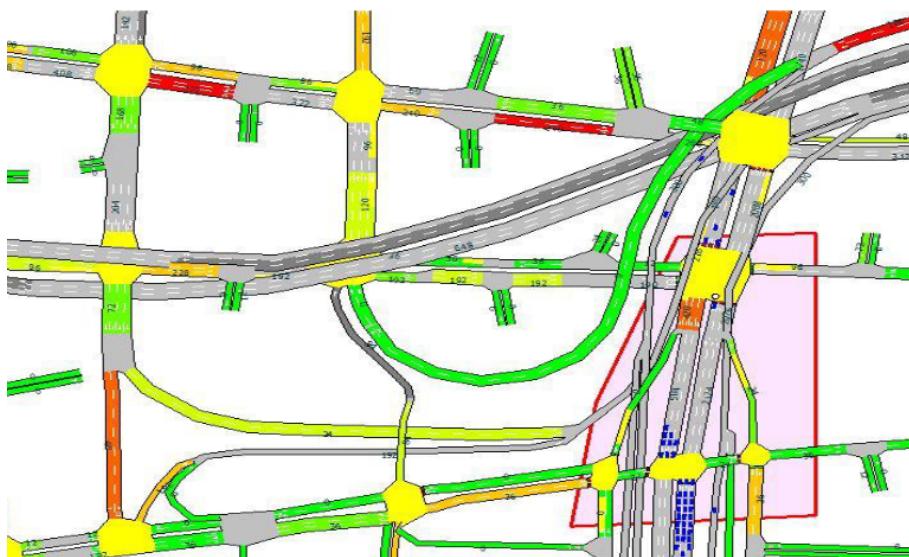
El enfoque mesoscópico, es una forma de estudiar el comportamiento de los vehículos en el tráfico, que combina características del enfoque macroscópico (que analiza el tráfico como un todo) y del enfoque microscópico (que analiza el comportamiento individual de los vehículos). En este enfoque, cada vehículo es considerado como un objeto individual, pero su comportamiento en el tráfico está influenciado por la probabilidad. Esto significa que se analiza la probabilidad de que un vehículo con cierta velocidad se encuentre en una posición determinada en un momento específico (Campoverde, 2017).

El enfoque mesoscópico se basa en la ecuación cinética de los gases, que describe cómo las partículas en un gas se mueven y se dispersan en el espacio. Al aplicar esta ecuación al tráfico, se puede entender cómo los vehículos se mueven y cómo interactúan unos con otros en el flujo del tráfico.

En la figura 4, se muestra una simulación mesoscópica. Como se puede observar, se simulan el flujo vehicular y también se modelan los vehículos por bloques de tráfico y de los peatones. En este caso, se está realizando la simulación de una red vial.

Figura 4.

Enfoque mesoscópico de modelado de tráfico



Nota. Tomado de *Análisis modelado y simulación de tráfico vehicular mediante sistemas multiagente* (p. 49), por Plata, F. y Ramírez, C., 2018, Universidad Autónoma del Estado de México.

Dentro de las ventajas que podemos obtener con el enfoque mesoscópico están las siguientes:

- **Mayor precisión en la predicción del flujo de tráfico:** el enfoque mesoscópico permite predecir con mayor precisión el flujo de tráfico, ya que analiza el comportamiento individual de cada vehículo en función de la probabilidad.
- **Mayor comprensión de las interacciones de los vehículos:** al considerar cada vehículo como un objeto individual, el enfoque mesoscópico brinda una mayor comprensión de las interacciones entre los vehículos, incluyendo los cambios de carril, las frenadas y aceleraciones, y las colisiones.
- **Identificación de cuellos de botella y puntos críticos:** el enfoque mesoscópico permite identificar cuellos de botella y puntos críticos en la carretera con mayor precisión, lo que puede ayudar a planificar estrategias de gestión del tráfico y mejorar la seguridad vial.

- **Mejora en la planificación del transporte:** al proporcionar una mayor comprensión del comportamiento del tráfico y de las condiciones de la carretera, el enfoque mesoscópico puede mejorar la planificación del transporte y la infraestructura vial para adaptarse a las necesidades del tráfico. Esto puede llevar a una mayor eficiencia y seguridad en el transporte.

Tabla 1.

Enfoques para modelado vehicular

Clase	Características
Microscópicos.	Ideales para la simulación fuera de línea (off-line), por ejemplo, para probar la geometría de las vías. No poseen una solución analítica cerrada.
Mesoscópicos.	Pueden describir comportamientos de vehículos en forma individual sin descubrir su comportamiento espacio-tiempo. Calibración y aplicación en tiempo real difíciles. Base ideal para obtener modelos macroscópicos. Pueden ser microscópicamente discretizados.
Macroscópicos para representar comportamientos globales.	Comparativamente calibración más sencilla. No describe correctamente detalles e impacto microscópico. Soluciones analíticas cerradas, ideales para estimación, predicción y control de flujo vehicular basados en modelos.

Nota. Adaptado de *Características de los modelos analíticos*, Gómez, E., 2009, Desarrollo de un Modelo de Simulación Vehicular para la Mejora en la Sincronización de Semáforos, p. 48 , [Inaoe](#)

Tras revisar esta información, podemos comprender los beneficios del modelado del tráfico, así como los diferentes enfoques que existen para abordar su modelización. Estos enfoques dependen del problema que se pretenda solucionar, así como del alcance y dificultad de la modelación. En definitiva, el modelado del tráfico puede aportar soluciones valiosas en la gestión del transporte, siempre y cuando se utilicen enfoques adecuados y precisos.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Una vez concluida la revisión de los contenidos de la presente semana, se invita a realizar la siguiente actividad recomendada.

1. Le invito a revisar el siguiente video que trata acerca de las **características macroscópicas del tráfico**. En el video se discute tanto el análisis microscópico como el análisis macroscópico vehicular, se define la ecuación fundamental del tráfico y se explica la relación entre las diferentes variables macroscópicas del tráfico. Una vez que haya observado el video, le invito a realizar un análisis crítico mediante un informe escrito. Este análisis debe identificar los puntos clave del análisis macroscópico vehicular y su aplicación.

Nota. Conteste las actividades en un cuaderno de apuntes o en un documento word.

2. Una vez concluida la presente unidad, lo invito a realizar la siguiente autoevaluación.



Autoevaluación 1

1. ¿Qué es el tráfico vehicular?
 - a. La circulación de vehículos en ciudades poco pobladas.
 - b. La circulación de vehículos por infraestructuras viales diseñadas para tal fin.
 - c. La congestión de vehículos en una red vial.
2. ¿Cuál es el objetivo principal del modelado de tráfico?
 - a. Ayudar a los ingenieros de tráfico a tomar decisiones informadas sobre la implementación de políticas de transporte.
 - b. Representar el comportamiento del tráfico en diferentes condiciones mediante el uso de modelos matemáticos y de simulación.
 - c. Proporcionar una herramienta para la gestión adecuada del sistema de transporte.
3. ¿Cuáles son los beneficios del modelado de tráfico?
 - a. Comprender el tráfico y contribuir a la planificación y diseño de infraestructura vial.
 - b. Mejorar la seguridad vial y reducir el impacto ambiental del transporte .
 - c. Todas las anteriores.
4. () El tráfico vehicular solo genera congestión en ciudades con alta densidad de población.
5. () El modelado de tráfico solo se utiliza para diseñar sistemas de transporte óptimos.
6. ¿Qué enfoque de modelo de tráfico vehicular estudia el flujo vehicular como si se tratara del comportamiento de un fluido en un régimen de flujo compresible?
 - a. Enfoque microscópico.
 - b. Enfoque macroscópico.
 - c. Enfoque mesoscópico.

7. ¿Cuál es una de las dificultades que se pueden encontrar al momento de aplicar un enfoque microscópico?
- Dificultad para considerar el flujo vehicular en varios carriles de circulación.
 - Resulta complicado realizar un análisis de la probabilidad de que un automóvil que se mueve a una velocidad específica se encuentre en una posición particular en un momento determinado.
 - Dificultad para encontrar un equilibrio adecuado entre las redes adyacentes y evaluar el rendimiento global de la misma de forma significativa.
8. ¿Qué ventaja tiene el enfoque mesoscópico en la predicción del flujo de tráfico?
- Permite considerar el flujo vehicular en varios carriles de circulación.
 - Permite predecir con mayor precisión el flujo de tráfico, ya que analiza el comportamiento individual de cada vehículo en función de la probabilidad.
 - Permite identificar cuellos de botella y puntos críticos en la carretera con mayor precisión, lo que puede ayudar a planificar estrategias de gestión del tráfico y mejorar la seguridad vial.
9. () El enfoque macroscópico de modelos de tráfico vehicular analiza el flujo vehicular como si se tratara del comportamiento de un fluido en un régimen de flujo compresible.
10. () El enfoque microscópico de modelos de tráfico vehicular permite evaluar el rendimiento global de una red de carreteras de forma significativa.

[Ir al solucionario](#)



Semana 3

Durante esta semana, se invita al estudiante a iniciar el estudio de la unidad 2, que trata sobre la simulación y el modelado de tráfico. En esta unidad se abordarán los fundamentos de la simulación y el modelado, así como los parámetros que deben considerarse para su aplicación efectiva.

Unidad 2. Simulación y modelado

La simulación es un proceso para crear un modelo de un sistema real, y se logra mediante experimentos con el fin de entender el comportamiento del sistema o evaluar diferentes estrategias para su operación, dentro de los límites establecidos por un conjunto de criterios. La simulación implica la construcción de un modelo para el uso analítico y para poder estudiar un problema en particular. En resumen, la simulación es un proceso que implica diseñar un modelo y utilizarlo para llevar a cabo experimentos y analizar el comportamiento del sistema (Gómez, 2009).

La simulación puede o no involucrar un modelo estocástico (modelo sometido al azar bajo análisis estadístico) y la experimentación de tipo Monte Carlo (modelo que analiza datos y predice resultados futuros en función de elección). Las entradas al modelo o las relaciones funcionales entre los componentes pueden no poseer un elemento aleatorio ligado a las reglas de las probabilidades. La simulación no se limita a los experimentos realizados en modelos computarizados, sino que también puede incluir la simulación a través de modelos a escala o mediante ecuaciones que logran representar como se va a comportar un fenómeno. (Gómez, 2009).

La simulación trata de describir como se comportan los sistemas, y plantea teorías o hipótesis que expliquen el comportamiento, y utilizar estas teorías para predecir el comportamiento futuro, los efectos que se producirán con la implementación de cambios en el sistema o cambiando el método de operación. En resumen, la simulación es una técnica que puede o no involucrar elementos aleatorios y se usa para describir, explicar y predecir el comportamiento de sistemas en diferentes contextos (Gómez, 2009).

2.1. Función de los modelos

Los modelos para la representación de los objetos, sistemas o ideas son difíciles de clasificar, pero se ha logrado identificar al menos cinco usos comunes y legítimos, que incluyen: ayudar en el pensamiento, facilitar la comunicación, ser una herramienta para el entretenimiento e instrucción, permitir la predicción de comportamientos y servir como ayuda en la experimentación.

Según Gómez (2009), los modelos son muy útiles para predecir el comportamiento de una entidad y hacer experimentos controlados en situaciones donde los experimentos directos son imprácticos o costosos. Por ejemplo, no sería rentable construir un jet supersónico para conocer sus características de vuelo, pero es posible predecir su comportamiento mediante simulaciones. Un modelo puede tener dos propósitos principales: ser descriptivo para explicar y entender una entidad o ser predictivo para duplicar su comportamiento. A menudo, lograr el segundo propósito implica que ya se logró el primero, pero no se produce, al contrario. Un modelo útil para el diseño siempre será descriptivo, pero los modelos descriptivos no suelen ser útiles para el diseño.

2.2. Simulación de escenarios viales

Hay muchas ciudades que enfrentan problemas graves de tráfico debido al aumento del número de vehículos en circulación. Hay un acuerdo general en cuanto al tema del tráfico vehicular, donde varios factores destacan, siendo los principales el desarrollo económico y social. En la actualidad, las grandes ciudades de América Latina enfrentan diversos desafíos, como la congestión vial, los altos costos de movilidad, la pérdida de tiempo en los traslados diarios, la invasión de espacios públicos, los accidentes, la contaminación y la inseguridad. Todo esto lleva a que muchas personas rechacen el uso del transporte público por ser lento y peligroso, lo que afecta especialmente a las personas de bajos ingresos y limita la accesibilidad para algunos. Al modelar y simular cualquier escenario vial, es importante tener en cuenta todos los actores y factores que intervienen (Plata & Ramírez, 2018).

En las figuras 5 y 6 se puede observar la simulación de escenarios viales, realizada dentro del software TransModeler. Este software permite llevar a

cabo simulaciones complejas y evaluar los impactos del tráfico futuro en diferentes escenarios propuestos.

Figura 5.
Simulación de escenarios viales TransModeler



Nota. Tomado de *TransModeler Introducción* [Ilustración], por TransModeler Traffic Simulation Software, 2020, caliper.com. CC BY 2.0

Figura 6.
Simulación de escenarios viales TransModeler



Nota. Tomado de *TransModeler Introducción* [Ilustración], por TransModeler Traffic Simulation Software, 2020, caliper.com. CC BY 2.0

Dentro de la simulación de los escenarios viales Plata & Ramírez (2018), manifiestan que se debe considerar los siguientes actores:

2.2.1. Vehículos y conductores

Los participantes en el tráfico vehicular incluyen diferentes vehículos, como vehículos particulares donde están inmersos como los carros y las camionetas de uso personal o también familiar, el transporte periférico que circula a los alrededores de las ciudades o los taxistas que ofrecen transporte público privado para pasajeros, colectivos (minibuses o autobuses que pueden transportar un mayor número de pasajeros que los vehículos particulares o los taxistas, vehículos escolares (autobuses, minibuses o camionetas que transportan estudiantes), vehículos de servicios de seguridad o de emergencias patrullas y las ambulancias, vehículos para el transporte de carga en donde se incluyen las camionetas y los camiones de gran capacidad, vehículos motorizados como las motocicletas comunes de dos ruedas o los triciclos que funcionan a motor y finalmente los ciclistas.

Se debe considerar que, para modelar los vehículos, no necesariamente se toma en cuenta el factor humano. Cuando se tiene en cuenta este factor, se obtiene un nivel de comportamiento superior, ya que se consideran factores como la toma de decisiones de los conductores y su nivel de educación vial, que determinan sus prácticas de conducción.

2.2.2. Peatones

Los peatones pueden ser clasificados en diferentes categorías según su ubicación geográfica. Los peatones rurales se desplazan por caminos o áreas peatonales en pueblos con poco tráfico vehicular. Los peatones urbanos se desplazan en las calles de las ciudades donde el tráfico de vehículos es denso, mientras que los peatones periféricos se desplazan en zonas aledañas a las ciudades con una vialidad deficiente. Para modelar el comportamiento de los peatones, es necesario tener en cuenta factores que influyen en su conducta según las normas de seguridad vial aplicables.

Dentro de la figura 7, se puede observar cómo se deben considerar a los peatones dentro de la simulación de escenarios viales. En este caso, se ha considerado la implementación de un paso de cebra aplicable a vías de dos carriles.

Figura 7.

Diseños para pasos peatonales



Nota. Tomado de *Ciudades más seguras mediante el diseño. Lineamientos y ejemplos para promover la seguridad vial mediante el diseño urbano y vial*, por Ben, W., Liu, Q., Wei, L., Adriazola, S., King, R., Sarmiento, C., y Obelheiro, M., 2016, [Instituto de Recursos Mundiales](#).

2.2.3. Entorno

El entorno vial comprende la mayoría de los factores relacionados con la infraestructura vial, y se consideran principalmente los siguientes aspectos: las características de las vialidades, como el número de carriles, capacidad máxima y longitud; los cruces, que pueden tener glorietas o restricciones de circulación de vehículos; los semáforos, que se diseñan para regular el flujo vehicular; las habilitaciones urbanas, como pasos a desnivel y túneles; los puentes y pasos peatonales que son diseñados y pensados para que los peatones puedan cruzar seguros, y los aspectos climáticos, como las lluvias y las inundaciones, que pueden afectar temporalmente el flujo vehicular. El mal estado de las vialidades puede causar congestionamientos en el tráfico vehicular.



Como podemos observar en este apartado, la simulación y modelado del tráfico implican muchos parámetros que deben ser considerados. Es importante tener en cuenta todos estos factores para lograr el éxito del modelo, el cual dependerá de las necesidades o problemas de modelación que queramos resolver.

Debemos considerar los diferentes tipos de modelado y todos los actores involucrados en el proceso de modelación del tráfico.



Actividad de aprendizaje recomendada

Una vez que haya revisado los contenidos correspondientes a esta semana, lo invito a leer nuevamente y realizar la actividad recomendada.

Le invito a revisar el artículo titulado: [¿Cómo y por qué usar simuladores de tráfico para optimizar la gestión del mismo?](#), dentro del mismo habla del por qué usar los simuladores de tráfico, una vez revisada la información le invito a dar contestación a las siguientes interrogantes:

- ¿Cómo pueden los modelos de simulación ayudar a los gestores de tráfico a mejorar la fluidez del tráfico en el día a día?
- ¿Por qué es importante verificar y validar los resultados de las simulaciones de tráfico y cuáles son algunos factores que pueden afectar la precisión de las simulaciones?

Nota. Conteste las actividades en un cuaderno de apuntes o en un documento word.



Semana 4

Durante la presente semana, se revisarán los contenidos correspondientes a la unidad 2 y se hablará acerca del flujo vehicular, así como de todo lo que está involucrado en él.

2.3. Flujo vehicular

Al analizar los componentes presentes en las vías de tránsito, se puede comprender el comportamiento del tráfico, lo que permite determinar los requisitos necesarios para la planificación de un proyecto eficiente y un tráfico fluido en las carreteras. Para evaluar la eficacia de un proyecto de planificación vial, es necesario examinar modelos establecidos y determinar si se pueden aplicar o si se necesita crear uno nuevo.

Los modelos microscópicos son los más utilizados, ya que involucran variables como la distancia entre calles, la densidad del tráfico, la velocidad de los vehículos. Los modelos se adaptan a distintos elementos viales. Las características principales del tráfico vehicular son: flujo, velocidad y densidad. Cuando estas variables se combinan se puede realizar análisis y predicción del flujo vehicular, también se puede obtener consecuencias y beneficios. La calidad del proyecto, la experiencia y la satisfacción de los usuarios de cualquier medio de transporte dependen en gran medida de estas variables (Plata & Ramírez, 2018).

Las variables mencionadas, también conocidas como volumen, espacio, distancia y tiempo, son elementos que se incluyen en los proyectos de flujo vehicular. En particular, las variables que se relacionan con el flujo van a incluir la tasa de flujo, volumen, intervalo simple para los vehículos consecutivos y los intervalos promedio para diversos vehículos.

A continuación, se describen estas variables según Plata & Ramírez (2018), la tasa del flujo (q) y el volumen (q), son importantes variables que se emplean para medir la frecuencia del tráfico en una sección de la carretera. La tasa de flujo vehicular se refiere a la cantidad de vehículos que pasan por un determinado lugar durante un periodo de tiempo específico, y se expresa en términos de vehículos por minuto o por segundo. El volumen horario se refiere al número total de vehículos que pasan en una hora completa. Además, otras variables considerables son el intervalo simple (h_i), que es el intervalo de tiempo entre el paso de dos vehículos consecutivos, medido en segundos, se conoce como tiempo de cabeza. Por otro lado, el intervalo promedio (h) se refiere al promedio de los intervalos simples entre varios vehículos en una carretera, y se mide en segundos por vehículo. Para calcularlo, es necesario dividir el número total de vehículos entre el número de intervalos y sumar todos los intervalos simples.

2.3.1. Lógica de velocidad y cambio de carril

La lógica de control de velocidad y cambio de carril en vehículos se basa en un grupo de parámetros que definen el comportamiento típico de los conductores en términos de velocidad y distancia con el vehículo de delante. Estas dependencias pueden ser una función de la velocidad y tienen dos correspondientes dependencias inversas. Además, estas funciones pueden variar según el tipo de vehículo. La distancia de alerta del parámetro del carril se utiliza para anticipar el cambio de carril necesario y notificar al conductor. También hay puntos de extensión donde se definen acciones

personalizadas para cuando un vehículo entra en la red o en una nueva carretera (Plata & Ramírez, 2018a).

2.3.2. Límite de velocidad

Las variables que afectan la velocidad de los vehículos en una red de carreteras son: el límite de velocidad por defecto es de 30 metros por segundo, pero este límite puede cambiar en curvas según la velocidad máxima permitida en cada curva. Estos valores predeterminados pueden ser anulados por un camino particular usando diversas funciones. Otras variables que influyen en la velocidad de los vehículos incluyen la velocidad máxima en las curvas, la distancia mínima deseada para el vehículo delante, la distancia máxima deseada para el vehículo delante, la velocidad mínima en función de la distancia con el vehículo de delante, la distancia de alerta para un cambio de carril y el tiempo que tarda un vehículo en cambiar de carril en segundos. Todos estos valores tienen valores predeterminados, pero pueden ser ajustados según las necesidades específicas (Plata & Ramírez, 2018).

2.3.3. Incorporación de vehículos a la red

Existen diversos códigos que se ejecutan cuando un vehículo entra en la red de carreteras. El código se encarga de establecer las variables locales, como el vehículo, la carretera en la que se encuentra y el índice del carril. También se incluyen códigos para elegir la siguiente carretera que tomará el vehículo, cuando no tiene una ruta preestablecida, y para ejecutar acciones cuando el vehículo entra o sale de una carretera. Estos códigos son necesarios para el correcto funcionamiento del modelo de la red de carreteras y para asegurar que los vehículos circulen de manera fluida y segura en la red (Plata & Ramírez, 2018a).

2.3.4. Semaforización

Los semáforos son dispositivos eléctricos que utiliza una secuencia de colores para controlar el tráfico vehicular y peatonal. El propósito principal de las señales de tránsito es establecer una comunicación visual que permita controlar el flujo de vehículos y peatones en las calles y vías principales, con el fin de regular la velocidad de los vehículos y prevenir accidentes de tráfico. El semáforo inteligente puede detectar la cantidad de autos que circulan y modificar el tiempo de paso o espera. Una buena programación de los semáforos que permiten lograr conseguir circulaciones

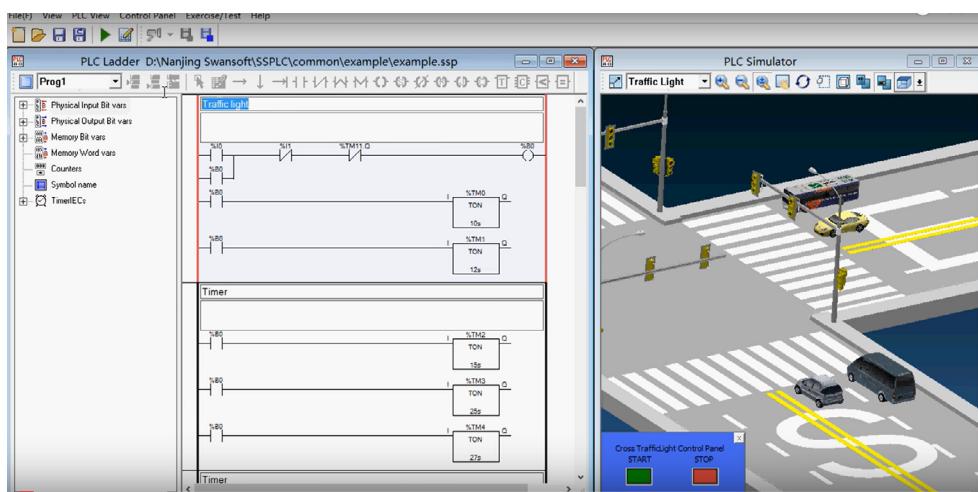
fluidas dentro de tiempos de espera aceptables para los usuarios o conductores. Los semáforos tienen características importantes como el controlador, ciclo, fase, intervalo, desplazamiento, intervalo de cambio y despeje, e intervalo de luz roja. Todos estos aspectos son cruciales para una buena programación de los semáforos y asegurar una circulación segura y fluida (Plata & Ramírez, 2018).



Los semáforos son una parte fundamental del control del tráfico y la descongestión vehicular. Es esencial tenerlos en cuenta durante los procesos de modelación del tráfico, ya que se pueden incluir en la modelación sistemas de semáforos en las intersecciones, relacionándolos con el tráfico y midiendo los impactos o resultados que tendría la aplicación de estos dentro del modelo.

En la figura 8, se puede observar cómo se realiza la simulación de un sistema de semáforos basado en el sistema de colas. Estas simulaciones son bastante útiles en el modelado del tráfico.

Figura 8.
Simuladores PLC semáforos



Nota. [rgaonline] (2016, Enero, 27). Simulador De PLC - Semáforo [Video]. YouTube. URL.

2.3.5. Análisis estadístico

En la vida real, el tráfico vehicular tiende a ser muy disperso, lo que produce un flujo de vehículos que se asemeja a un proceso aleatorio de llegadas. Debido a que este flujo conserva algunas características discretas, su análisis cae en el ámbito de la probabilidad. Para seleccionar una descripción probabilística que represente de manera precisa un flujo vehicular específico, se deben cumplir tres condiciones. En primer lugar, cada conductor debe ubicar su vehículo de forma independiente de los demás, a menos que el espacio entre ellos sea muy reducido. En segundo lugar, para cualquier flujo vehicular, el número de vehículos que pasan por un punto en un intervalo de tiempo dado es independiente del número de vehículos que pasan por otro punto en el mismo intervalo de tiempo. Por último, el número de vehículos que pasan por un punto en un intervalo de tiempo dado es independiente del número de vehículos que pasan por ese mismo punto en otro intervalo de tiempo (Atiencia & Ramírez, 2013).

Ahora, para fortalecer sus conocimientos le invito a revisar la siguiente infografía.

[Variables a considerar para el Flujo Vehicular](#)



Actividad de aprendizaje recomendada

Revisados los contenidos correspondientes a la semana cuatro le invito a realizar la siguiente actividad recomendada.

Durante las últimas dos semanas, se ha llevado a cabo una revisión exhaustiva de la simulación y el modelado de tráfico. A continuación, le invito a elaborar un mapa conceptual en el que resuma los puntos más relevantes a tener en cuenta en el proceso de modelado de tráfico.

Nota. Conteste las actividades en un cuaderno de apuntes o en un documento word.



Semana 5

Durante esta semana, se invita a revisar los contenidos relacionados con las fases del modelado de tráfico, desde la formulación del problema hasta la implementación del modelo. Se sugiere que se dedique un tiempo para revisar cuidadosamente cada una de estas etapas, ya que cada una es fundamental para lograr resultados precisos y eficientes. Al revisar los contenidos, se podrán comprender las técnicas y herramientas necesarias para llevar a cabo un modelado de tráfico efectivo.

2.4. Fases del modelado de tráfico

Para crear un modelo de simulación, según Plata & Ramírez (2018), es necesario seguir una serie de pasos que aseguren la precisión y fiabilidad del modelo. Estos pasos incluyen:

- **Identificación:** en esta etapa se determinan los componentes y relaciones del sistema que se desea modelar. Luego, se formalizan matemáticamente en el modelo.
- **Calibración:** se establecen los valores de los parámetros del modelo. Estos valores se pueden obtener mediante mediciones de campo o mediante el uso de modelos empíricos para su estimación.
- **Validación:** se compara el comportamiento del modelo con datos reales del pasado, con el fin de evaluar la precisión del modelo y determinar si es aceptable o no.
- **Simulación:** se realizan simulaciones con el modelo para lograr obtener variables de estado y de salida en un tiempo determinado para el futuro, utilizando diversas variables de entrada.
- **Análisis de sensibilidad:** se alteran los valores de los parámetros para determinar su efecto en los resultados de la simulación.

Siguiendo estos pasos, se puede asegurar que el modelo de simulación es preciso y confiable, lo que permite efectuar predicciones precisas y tomar decisiones informadas basadas en los resultados de la simulación.

Según Tarifa (2001), citado por (Plata & Ramírez, 2018) establece las siguientes etapas para el correcto modelado.

2.4.1. Formulación problema

Antes de llevar a cabo una simulación, es esencial establecer claramente el objetivo de la misma y detallar los siguientes factores:

- Los resultados esperados.
- Un plan de experimentación detallado.
- Una delimitación temporal.
- La identificación de variables relevantes.
- El tipo de perturbaciones a estudiar.
- La decisión de realizar un tratamiento estadístico de los resultados.
- La consideración de la complejidad de la interfaz del simulador.

Si la simulación implica una interacción con el sistema, será operada por un usuario. De lo contrario, el usuario simplemente recibirá los resultados generados.

Es fundamental que el usuario especifique el tipo de trabajo que necesita, ya sea una simulación o una optimización. Además, es importante establecer un plan detallado de experimentación, limitando el tiempo disponible y considerando todas las variables de interés, para asegurar resultados precisos y confiables.

2.4.2. Sistema definido

En este punto, es fundamental definir el sistema a simular de manera detallada y clara. También es importante limitar el alcance del sistema que se va a estudiar. Se debe especificar los tipos de interacciones que se podrían producir dentro del entorno o de su ambiente.

2.4.3. Formulación modelo

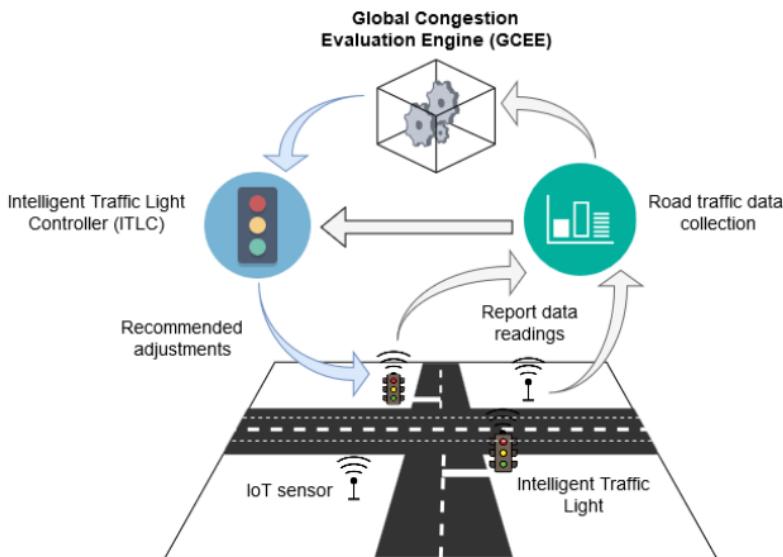
La fase inicial comienza con la creación de un modelo simple, pero completo, que refleje todos los aspectos relevantes del sistema real. Los aspectos valiosos del sistema real dependerán de la formulación o planteamiento del problema. El modelo inicial se irá mejorando a través de varias iteraciones de refinamiento posterior.

2.4.4. Recolección de datos

Después de definir el problema y el modelo, es posible estimar la cantidad y origen de datos necesarios. Estos datos pueden ser recopilados a través de registros históricos, experimentos de laboratorio o mediciones en el sistema real. Una vez obtenidos, se deben procesar adecuadamente para cumplir con el formato requerido por el modelo.

Dentro de la figura 9, se puede observar un sistema de recolección de datos de tráfico muy eficiente, conectado a una red de semáforos. Este sistema controla una intersección de tráfico y, al mismo tiempo, recolecta información referente al número de vehículos que transitan por la intersección y el sentido en el que circulan.

Figura 9.
Recopilación de datos de tráfico



Nota. Tomado de *Traffic management system: from traffic data collection to congestion* (p. 3), por Djahel, S., & Hadjadj, Y., 2020.

2.4.5. Implementación modelo

Los modelos se implementan mediante la generación de un sistema computacional que utiliza un lenguaje de programación, un entorno de desarrollo, una plataforma de modelado y la simulación virtual 2D/3D.

Además, se puede emplear herramientas de software especializadas para la implementación del modelo.

2.4.6. Verificación

Es fundamental detectar y corregir cualquier error que pueda surgir en las etapas iniciales o de prueba del proceso de simulación. Es especialmente crucial identificar y solucionar los errores que podrían haberse producido durante la implementación del modelo. En tales casos, la herramienta de depuración disponible en el entorno de desarrollo y en la plataforma de simulación suele ser muy útil.

2.4.7. Validación

Es importante verificar que el modelo refleje con precisión al sistema real o la delimitación del mismo. Una estrategia efectiva, aunque en ocasiones costosa en términos de tiempo y recursos, es comparar las predicciones del modelo con mediciones realizadas dentro del sistema real que se está modelando, los datos históricos que se han recolectado y los datos de sistemas de las mismas características. Sin embargo, es común encontrarse con la necesidad de modificar el modelo y recopilar nuevos datos.

2.4.8. Experimentación

Se deben realizar las simulaciones basándose en un diseño previamente establecido. Los resultados obtenidos deben ser recolectados y procesados adecuadamente para que sean útiles y faciliten su análisis e interpretación en la medida de lo posible.

2.4.9. Interpretación

Lamentablemente, la incertidumbre puede considerarse una debilidad del modelo cuando se trata de los parámetros de entrada y los resultados que carecen de precisión. En estos casos, es necesario que se haga una recopilación de datos adicionales para mejorar la estimación de los diversos parámetros con el objetivo de lograr resultados mucho más precisos.

2.4.10. Implementación

Es importante considerar que muchos usuarios pueden no estar familiarizados con el sistema, por lo que se debe hacer un esfuerzo para que sea fácil de usar y permita una interpretación adecuada de los

resultados. Existen diversas definiciones y enumeraciones de las etapas de la simulación, como la que consta de nueve etapas: definición detallada del sistema, elección de un método de estudio, elección de las variables que se incluirán en el modelo, recopilación y correcto análisis de datos, definir la estructura o conformación del modelo, programación del modelo, validación del modelo, y, el correcto análisis y discusión de los resultados. Aunque existen similitudes entre estas enumeraciones, la elección de una depende del criterio y las necesidades específicas del usuario.

[Formulación de un problema aplicado al modelado de tráfico](#)

Durante esta semana, se revisó contenidos cruciales relacionados con las etapas necesarias para el correcto desarrollo de un modelo.



Es relevante considerar numerosos parámetros al momento de crear un modelo de tráfico y es fundamental tener mucho cuidado al delimitar el problema, definir el sistema, formular el modelo, llevar a cabo procesos de validación y experimentación, y finalmente implementar el modelo. Estas etapas garantizarán que el modelo sea efectivo y se aplique adecuadamente para el estudio realizado.



Actividad de aprendizaje recomendada

Una vez revisados los contenidos le invito a realizar la siguiente actividad de aprendizaje recomendada.

Le invito a hacer un cuadro sinóptico en el cual se incluya o destaque la información más relevante acerca de cada una de las etapas necesarias para el correcto modelado del tráfico. Para desarrollar esta actividad, es importante que revise los contenidos que se han expuesto en la presente semana para el correcto desarrollo de la actividad.

Nota. Conteste las actividades en un cuaderno de apuntes o en un documento word.



Semana 6

Durante la presente semana, se le invita a continuar con la revisión de los contenidos de la unidad 2: simulación y modelado. En esta ocasión, se revisarán temas relacionados con la teoría de colas.

2.5. Teoría de colas

Las teorías de cola son modelos matemáticos que se emplean para examinar cómo se comportan los vehículos en situaciones de tráfico intenso en carreteras y autopistas. Su uso es habitual en ingeniería de tráfico para analizar la dinámica de la circulación vehicular, lo que ayuda a diseñar y optimizar las infraestructuras viales.

Entre las diversas teorías de colas, la teoría de flujo de tráfico de Lighthill-Whitham-Richards (LWR), es una de las más populares. Esta teoría describe la relación entre la densidad del tráfico, la velocidad del flujo y la congestión vehicular. Cuando la densidad del tráfico supera un determinado umbral, se produce congestión en la carretera y el flujo de vehículos se reduce significativamente. Esto genera ondas de choque que se propagan a lo largo de la carretera y pueden provocar un embotellamiento prolongado.



En resumen, las teorías de colas son herramientas muy útiles para entender cómo se desenvuelve el tráfico vehicular en situaciones de congestión, lo que permite a los ingenieros de tráfico diseñar infraestructuras más eficientes y mejorar la seguridad en las carreteras.

Según Gómez (2009), un sistema de colas se caracteriza por atender a individuos o entidades que buscan un servicio y que, en caso de no recibir una atención inmediata, deben esperar hasta ser atendidos o retirarse del sistema si se cansan de esperar. El término “cliente”, se utiliza de manera amplia e inclusiva, no solo se refiere a personas, sino también a objetos como piezas esperando procesamiento o trabajos en una lista de impresión en una red.

La figura 10, muestra la estructura de la teoría de colas, en la cual se observa en la parte izquierda el número de clientes que llegan y aquellos que abandonan durante la espera. Estos clientes se dirigen hacia un servidor, en el cual se determina cuáles han sido atendidos.

Figura 10.

Estructura de la teoría de colas



Nota Tomado de *Desarrollo de un Modelo de Simulación Vehicular para la Mejora en la Sincronización de Semáforos* (p. 40), por Gómez, E., 2009.

2.5.1. Características del sistema de colas

Existen seis características fundamentales que deben tenerse en cuenta al evaluar apropiadamente un sistema de colas: el patrón de llegada de los clientes (A), el patrón de servicio de los servidores (B), el número de canales de servicio (X), la capacidad del sistema (Y), la disciplina de la cola (Z) y el número de etapas de servicio. Se desarrolló una notación que utiliza símbolos para denotar estas características al representar los problemas de colas. Por ejemplo, la notación M/D/3 se usa para describir un sistema que tiene un patrón de llegada de clientes M (distribución de Poisson), un patrón de servicio de servidores D (distribución determinística) y tres canales de servicio. Además, la notación también indica la capacidad del sistema (infinita en este caso) y la disciplina de la cola (FIFO en este caso, lo que significa que los clientes son atendidos en orden de llegada). Esto implica que los clientes entran al sistema y son atendidos en el mismo orden en que llegan (Gómez, 2009).

2.5.2. Patrones de llegada a clientes

En una situación de espera en fila, la llegada de clientes es impredecible y depende de ciertos factores. Además, es posible que los clientes sean impacientes y decidan abandonar la fila. El patrón de llegada de los clientes puede variar con el tiempo, especialmente con relación a las horas del día. En cuanto a los servidores, su tiempo de servicio puede ser incierto y seguir una función de probabilidad, lo que puede ocasionar un servicio más rápido o más lento, siendo este último conocido como servicio transcurrido. Si la

fila es demasiado larga, los clientes pueden optar por abandonar después de esperar durante mucho tiempo. Si el patrón de llegada se mantiene constante, se dice que es estacionario, mientras que, si varía con el tiempo, se considera no estacionario (Gómez, 2009).

2.5.3. Patrones de servidores

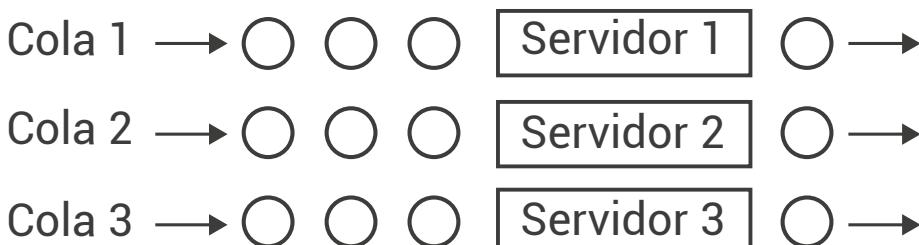
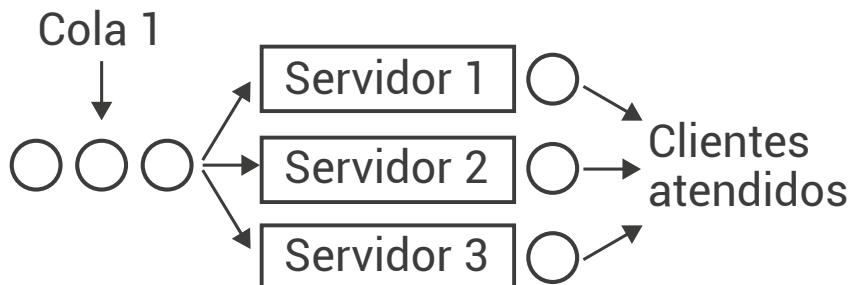
Los servidores pueden tener un tiempo de servicio que varía y que se rige por una función de probabilidad. Además, el servicio puede ser más rápido o más lento, dependiendo del tiempo que ha transcurrido. Cuando el tiempo de espera del cliente en la cola es constante, se conoce como estacionario, pero cuando cambia a lo largo del día se considera no-estacionario. También existen diferentes patrones de servicio, que pueden ser asociados a lotes o clientes individuales, y que pueden cambiar según el número de clientes en la cola, lo que se conoce como patrones de servicio dependientes. Así como el patrón de llegadas, el patrón de servicio también puede variar con el tiempo transcurrido y ser no-estacionario.

2.5.4. Número de canales de servicio

Cuando se hace referencia a canales de servicio paralelos, se está hablando de una sola cola que es atendida por varios servidores simultáneamente. Por otro lado, el caso de colas independientes se asemeja a múltiples sistemas que tienen un solo servidor disponible para su atención.

En la figura 11, se pueden observar las variables de los sistemas multicanal. En el caso de la izquierda, se aprecian varios servidores atendiendo una sola cola, mientras que en el caso de la derecha se muestra una cola para cada uno de los servidores.

Figura 11.
Sistemas de cola multicanal



Nota. Tomado de *Desarrollo de un Modelo de Simulación Vehicular para la Mejora en la Sincronización de Semáforos* (p. 42), por Gómez, E., 2009.



Actividad de aprendizaje recomendada

Una vez revisada la información correspondiente a la presente semana, lo invito a realizar la siguiente actividad recomendada para reforzar los conocimientos adquiridos.

Le invito a revisar el siguiente [video titulado: Clasificación de los sistemas de colas según Kendall Lee](#), en el cual se hace una descripción en general de los sistemas de colas, la clasificación y se explica la lógica del sistema. Revisado el enlace le invito a responder las siguientes interrogantes.

- ¿Cuáles son las 6 dimensiones de Kendall Lee?
- ¿Describa que es N (Número de potenciales clientes) dentro de las 6 dimensiones de Kendall Lee?
- ¿A qué se refiere la disciplina de cola?

Nota. Conteste las actividades en un cuaderno de apuntes o en un documento word.



Semana 7

Durante la presente semana, terminaremos con la revisión de los contenidos referentes a la teoría de colas y daremos por concluida la unidad 2, simulación y modelado.

2.5.5. Capacidad en el sistema

En determinados sistemas, existe una restricción en cuanto al número de clientes que pueden aguardar en la cola, lo que se conoce como situaciones de cola finita. Esta restricción puede considerarse como una forma de simplificar la representación de la impaciencia de los clientes en el modelo (Gómez, 2009).

La capacidad del sistema es un factor importante en la teoría de colas, ya que tiene un impacto directo en el rendimiento del sistema. Si la capacidad del sistema no es suficiente para satisfacer la demanda, entonces se producirá una acumulación de clientes en la cola, lo que puede generar una espera prolongada y una disminución en la satisfacción del cliente. Por otro lado, si la capacidad del sistema es demasiado alta, puede generar un desperdicio de recursos y un aumento en los costos.

Es crucial tener en cuenta que la capacidad del sistema puede ser afectada por varios factores, como la tasa de llegada de clientes, el tiempo de servicio y el número de servidores disponibles. Por lo tanto, es esencial considerar estos factores al diseñar y gestionar sistemas de colas para garantizar una capacidad adecuada y un rendimiento óptimo.

2.5.6. Disciplina de cola

La disciplina de cola se refiere al método de ordenar a los clientes en la cola en el momento en que son atendidos. Aunque la disciplina de cola estándar es FIFO (atender primero al cliente que llegó primero), en la práctica se utiliza con frecuencia la disciplina LIFO (atender primero al último en llegar) en muchas colas. También es posible aplicar reglas de secuenciación con prioridades, como priorizar las tareas de menor duración o según el tipo de cliente asociado a ellas (Gómez, 2009).

La disciplina de cola más usada en los sistemas de colas es la FIFO (first in, first out), que significa que los clientes se atienden en el orden en que

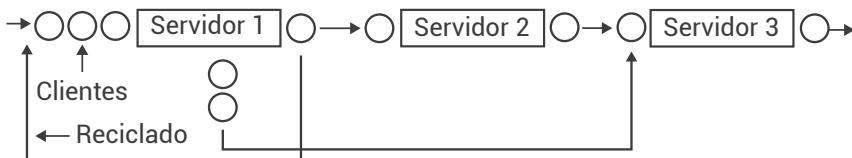
llegan a la cola. Aunque es fácil de entender y justa para los clientes, puede haber situaciones en las que un cliente que necesita un servicio rápido tenga que esperar detrás de otros clientes que requieren más tiempo de servicio. La disciplina de cola LIFO (last in, first out), en la que se atiende primero al último cliente que llegó a la cola, puede ser beneficiosa en situaciones en las que los clientes tienen un tiempo de espera limitado y los servicios son rápidos. Sin embargo, esto puede resultar injusto para los clientes que llevan más tiempo esperando en la cola. Además de FIFO y LIFO, existen otras disciplinas de cola, como SJF y SPT, que priorizan las tareas más cortas o con menor tiempo de procesamiento. Es importante elegir la disciplina de cola adecuada según las necesidades del sistema para mejorar la eficiencia y la satisfacción del cliente.

2.5.7. Etapas de servicio

Se puede distinguir entre sistemas de colas uni etapa y multietapa. Los sistemas multietapa implican que los clientes deben pasar por más de una etapa en el proceso de servicio. Por ejemplo, en una peluquería típicamente se brinda un solo servicio, pero si diferentes servicios son prestados por diferentes peluqueros, entonces se convierte en un sistema multietapa. En algunos sistemas multietapa, se permite el reciclaje o la vuelta atrás, especialmente en sistemas productivos como controles de calidad y retrocesos (Gómez, 2009).

Dentro de la figura 12, se muestra el funcionamiento de un sistema de colas multietapa de izquierda a derecha. Se pueden observar varios servidores y cómo la cola avanza en función de los servicios que se requieren. Además, este sistema cuenta con la función de reciclaje o vuelta atrás.

Figura 12.
Sistemas de cola multietapa



Nota. Tomado de *Desarrollo de un Modelo de Simulación Vehicular para la Mejora en la Sincronización de Semáforos* (p. 43), por Gómez, E., 2009.

La teoría de colas es esencial en el modelado vehicular, ya que se enfoca en el estudio de sistemas de espera, como las colas de vehículos en un cruce o semáforo. Al aplicar esta teoría al modelado vehicular, se pueden determinar diferentes parámetros que influyen en el flujo vehicular, como la cantidad de vehículos que llegan a una intersección, el tiempo de espera en la cola y el tiempo de servicio en la intersección.

Con la teoría de colas, es posible modelar diversas configuraciones de semáforos y evaluar su impacto en el tráfico vehicular. Por ejemplo, se puede utilizar para calcular los tiempos óptimos de cambio de semáforo en una intersección y así reducir los tiempos de espera de los conductores y mejorar el flujo de tráfico.

Además, esta teoría es útil para modelar situaciones de congestión vehicular y prever los efectos de diversas estrategias de gestión del tráfico. Por ejemplo, se pueden evaluar los efectos de la implementación de carriles exclusivos para transporte público, peatones y bicicletas en una intersección, para determinar si dicha estrategia mejorar el flujo vehicular y reducir los tiempos de espera de los conductores.



En resumen, la teoría de colas y la simulación son fundamentales para el desarrollo de modelos de simulación de flujo vehicular. En particular, la sección sobre las bases del modelo de sincronización de semáforos es crucial para comprender matemáticamente el funcionamiento del modelo.

En la guía didáctica, se explica el comportamiento del flujo vehicular, se describe cómo debe ser un simulador y se establecen las reglas para su correcto funcionamiento.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Revisados los contenidos de la presente semana le invito a realizar la siguiente actividad recomendada.

1. Le invito a realizar en una hoja de Excel el ejercicio de simulación de la teoría de colas que se explica en el enlace "[simulación de teoría de colas en Excel](#)". Para el desarrollo del ejercicio, le recomiendo seguir paso a paso la orientación que se brinda en el video. Este ejercicio es muy práctico y aplica toda la metodología y los parámetros explicados a lo largo de las semanas 6 y 7 referentes a la teoría de colas.

Hemos completado los contenidos referentes a la teoría de colas y, por lo tanto, damos por concluida la unidad 2. En esta unidad hemos revisado los componentes y los puntos a considerar para la simulación y el modelado de tráfico.

2. A continuación, le invito a realizar la autoevaluación correspondiente, con el objetivo de poner a prueba los conocimientos adquiridos."



Autoevaluación 2

1. ¿Qué es la simulación?
 - a. La construcción de modelos a escala.
 - b. El proceso de experimentación en sistemas reales.
 - c. La creación de modelos de sistemas reales y su uso para experimentar y analizar su comportamiento.
 - d. La predicción de comportamientos futuros de sistemas.
2. ¿Cuál es uno de los usos comunes de los modelos?
 - a. Ayudar en el pensamiento.
 - b. Ser predictivo para duplicar el comportamiento de una entidad.
 - c. Ser descriptivo para explicar y entender una entidad.
 - d. Todas las anteriores.
3. ¿Cuáles son algunos de los problemas de tráfico que enfrentan las ciudades de América Latina?
 - a. Altos costos de movilidad.
 - b. Invasión de espacios públicos.
 - c. Pérdida de tiempo en los traslados diarios.
 - d. Todas las anteriores.
4. ¿Cuáles son las tres principales características del tráfico vehicular que se utilizan para realizar un análisis y predicción del flujo vehicular?
 - a. Distancia, velocidad y tiempo.
 - b. Flujo, velocidad y densidad.
 - c. Volumen, espacio y tiempo.
 - d. Tasa de flujo, volumen y espacio.

5. ¿Qué variables son importantes para medir la frecuencia del tráfico en una sección de la carretera?
 - a. Tasa de flujo y volumen horario.
 - b. Intervalo simple y volumen horario.
 - c. Intervalo promedio y volumen horario.
 - d. Tasa de flujo y espacio horario.
6. ¿Qué variables influyen en la velocidad de los vehículos en una red de carreteras?
 - a. La distancia entre calles, la densidad del tráfico y la velocidad de los vehículos.
 - b. La distancia mínima y máxima deseada para el vehículo delante, la velocidad máxima en las curvas y la distancia de alerta para un cambio de carril.
 - c. La tasa de flujo entre vehículos.
 - d. El tiempo que tarda un vehículo en cambiar de carril en segundos, el intervalo promedio entre varios vehículos y la tasa del flujo.
7. ¿Qué se debe hacer en la fase de validación del modelado de tráfico?
 - a. Establecer los valores de los parámetros del modelo.
 - b. Realizar simulaciones con el modelo para obtener las variables de estado y de salida.
 - c. Comparar el comportamiento del modelo con datos reales del pasado.
 - d. Alterar los valores de los parámetros para determinar su efecto en los resultados de la simulación.
8. ¿Qué se debe hacer después de definir el problema y el modelo en el proceso de modelado de tráfico?
 - a. Recolectar datos a través de registros históricos, experimentos de laboratorio o mediciones en el sistema real.
 - b. Implementar el modelo a través de la generación de un sistema computacional.
 - c. Establecer los valores de los parámetros del modelo.
 - d. Especificar el tipo de trabajo que se necesita.

9. ¿Cuál es el objetivo de la fase de verificación en el proceso de modelado de tráfico?
- a. Establecer los valores de los parámetros del modelo.
 - b. Detectar y corregir cualquier error que pueda surgir en las etapas iniciales o de prueba del proceso de simulación.
 - c. Realizar simulaciones con el modelo para obtener las variables de estado y de salida.
 - d. Alterar los valores de los parámetros para determinar su efecto en los resultados de la simulación.
10. ¿Para qué se utilizan las teorías de colas?
- a. Para analizar la dinámica de la circulación vehicular.
 - b. Para diseñar infraestructuras más eficientes.
 - c. Para mejorar la seguridad en las carreteras.
 - d. Todas las anteriores.
11. ¿Qué información se puede obtener al evaluar un sistema de colas?
- a. El patrón de llegada de los clientes.
 - b. El patrón de servicio de los servidores.
 - c. El número de canales de servicio.
 - d. Todas las anteriores.
12. ¿Qué significa la notación M/D/3 utilizada para describir un sistema de colas?
- a. El patrón de llegada de los clientes es determinístico, el patrón de servicio de los servidores sigue una distribución exponencial y hay tres canales de servicio.
 - b. El patrón de llegada de los clientes sigue una distribución de Poisson, el patrón de servicio de los servidores es determinístico y hay tres canales de servicio.
 - c. El patrón de llegada de los clientes sigue una distribución de Poisson, el patrón de servicio de los servidores sigue una distribución exponencial y hay tres canales de servicio.
 - d. El patrón de llegada de los clientes es determinístico, el patrón de servicio de los servidores es determinístico y hay tres canales de servicio.

13. ¿Qué es la disciplina de cola en la teoría de colas?
- a. El número de clientes que pueden aguardar en la cola.
 - b. El método de ordenar a los clientes en la cola en el momento en que son atendidos.
 - c. El proceso de servicio que se brinda a los clientes en una cola.
14. ¿Qué impacto tiene la capacidad del sistema en la teoría de colas?
- a. Tiene un impacto directo en el rendimiento del sistema.
 - b. Tiene un impacto indirecto en el rendimiento del sistema.
 - c. No tiene impacto en el rendimiento del sistema.
15. ¿Para qué se utiliza la teoría de colas en el modelado vehicular?
- a. Para calcular los tiempos óptimos de cambio de semáforo en una intersección.
 - b. Para determinar la cantidad de vehículos que llegan a una intersección.
 - c. Para evaluar el impacto de la capacidad del sistema en la satisfacción del cliente.

[Ir al solucionario](#)



Semana 8



Actividades finales del bimestre

Llegamos al final del primer bimestre de la guía didáctica y espero que todas las actividades y contenido de estas ocho semanas hayan sido beneficiosos para su formación como ingeniero en Logística y Transporte.

En los próximos días, se realizará la prueba bimestral y se recomienda revisar las dos unidades estudiadas en el primer bimestre: unidad 1, “Introducción al modelado de tráfico vehicular” y unidad 2, “Simulación y modelado”. Además, sugiero repasar las autoevaluaciones y las actividades recomendadas de cada semana.



Les deseamos éxito en su evaluación presencial. ¡Adelante!



Segundo bimestre

Resultado de aprendizaje 1

- Describe, analiza y diseña modelos de tráfico para redes urbanas y nacionales.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje



Semana 9

Unidad 3. Modelos generación de viajes y capacidad vial

Durante esta semana, comenzaremos a estudiar la unidad 3, en la que se revisarán los contenidos relacionados con los modelos de generación de viajes. Se explorará su importancia en la modelación del tráfico y la capacidad vial, así como sus limitaciones al generar modelos de tráfico.

3.1. Modelos de generación de viajes

Los modelos de generación de viajes son una herramienta crucial en el ámbito del modelado de tráfico, empleados para calcular la cantidad de viajes que se inician y finalizan en distintas zonas geográficas, formando parte fundamental del proceso de modelado de la demanda de transporte.

El concepto de generación de viajes hace referencia al número de viajes que se llevan a cabo en un área geográfica específica, siendo un aspecto esencial en la modelación del tráfico. Estos modelos se basan en diversas premisas y suposiciones para estimar la cantidad de viajes que se generan en diferentes zonas, las cuales pueden variar dependiendo del contexto y la información disponible.

Dentro de los modelos de generación de viajes más comunes se encuentran aquellos basados en zonas, actividad, discreto y estocástico, cada uno con sus propias suposiciones y limitaciones. Una vez que se ha obtenido una estimación de la cantidad de viajes generados en cada zona, se

pueden aplicar otros modelos para simular el flujo de tráfico en la red vial, permitiendo analizar diversos escenarios y alternativas de planificación.



En conclusión, los modelos de generación de viajes son una herramienta vital en el modelado de tráfico, ya que facilitan el cálculo de la cantidad de viajes que se llevan a cabo en distintas zonas geográficas, convirtiéndose en un factor determinante en el diseño de políticas y proyectos de transporte.

A continuación, se describen alguno de los modelos de generación de tráfico que son más usados.

3.1.1. Modelo de generación de viajes basado en zonas

El modelo de generación de viajes basado en zonas, es uno de los modelos más utilizados para calcular la cantidad de viajes que se originan y terminan en distintas zonas geográficas. Este modelo divide el área de estudio en zonas y asume que la demanda de viajes se distribuye uniformemente dentro de cada zona. Para aplicar este modelo, es necesario tener información sobre las características de cada zona, como el número de viviendas, el número de empleos y la población, entre otros factores, para poder estimar la cantidad de viajes que se generan en cada zona.

Una vez que se ha estimado la cantidad de viajes generados en cada zona, se pueden emplear otros modelos para simular el flujo de tráfico en la red vial. Es importante destacar que el modelo de generación de viajes basado en zonas es solo el primer paso en el modelado del tráfico, y que se necesitan otros modelos para estimar el flujo de tráfico en la red vial.

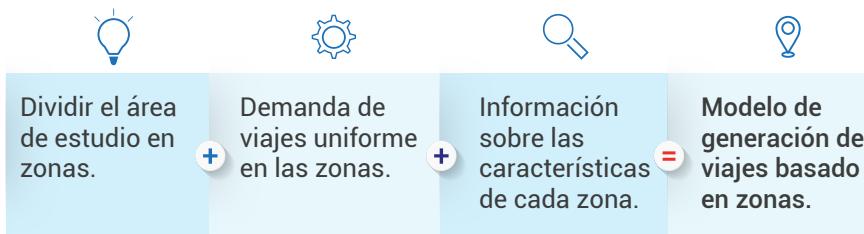
Entre las ventajas del modelo de generación de viajes basado en zonas, se encuentran su facilidad de aplicación y la disponibilidad de datos relativamente sencillos de obtener. Sin embargo, también presenta algunas limitaciones, como la suposición de que la demanda de viajes se distribuye uniformemente dentro de cada zona, lo que puede no ser del todo cierto en la realidad. Además, este modelo no considera factores importantes como la congestión del tráfico y la calidad de las vías, que pueden afectar la cantidad de viajes que se generan en una zona.

En conclusión, el modelo de generación de viajes basado en zonas es una herramienta valiosa para estimar la cantidad de viajes que se originan y terminan en distintas zonas geográficas. Sin embargo, es fundamental tener

en cuenta sus limitaciones y combinarlo con otros modelos para poder modelar adecuadamente el flujo de tráfico en la red vial.

Figura 13.

Modelo de generación de viajes basado en zonas



Nota. Díaz, F., 2023.

3.1.2. Modelo de generación de viajes basado en la actividad

El modelo de generación de viajes basado en la actividad, es otro de los enfoques más populares para estimar la cantidad de viajes realizados en una determinada área geográfica. A diferencia del modelo de zonas, este modelo se basa en la premisa de que los viajes se originan como consecuencia de actividades específicas que se llevan a cabo en distintos lugares, tales como ir al trabajo, comprar o asistir a la escuela.

Para aplicar este modelo, es necesario contar con información detallada sobre las actividades efectuadas en cada sitio, así como la cantidad de personas que las realizan. Se emplean diversos factores para estimar la cantidad de viajes, como la distancia entre el origen y el destino, el tiempo que lleva el viaje y la accesibilidad al transporte público.

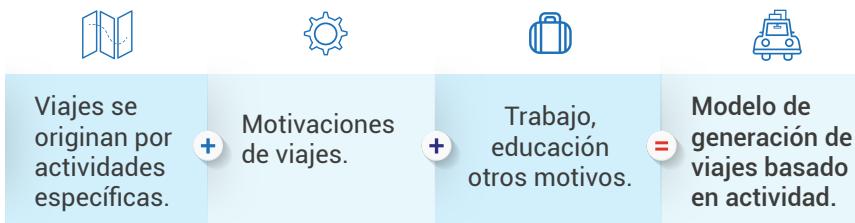
Este modelo ofrece varias ventajas, como la posibilidad de estimar la cantidad de viajes en función de actividades específicas, lo que puede ser de gran utilidad en la planificación del transporte y la toma de decisiones. Además, este modelo puede combinarse con otros enfoques para mejorar la precisión de las estimaciones.

Sin embargo, el modelo de generación de viajes basado en la actividad también presenta ciertas limitaciones. Por ejemplo, la calidad de los datos requeridos para su aplicación puede ser limitada, ya que se necesita información detallada sobre las actividades efectuadas en cada lugar.

Además, este modelo puede ser más complejo de aplicar que el modelo de zonas, porque requiere una mayor cantidad de información y análisis.

Figura 14.

Modelo de generación de viajes basado en la actividad



Nota. Díaz, F., 2023.

3.1.3. Modelo de generación de viajes discreto

El modelo de generación de viajes discreto es otra técnica que se utiliza para estimar la cantidad de viajes que se realizan en una zona geográfica. A diferencia de otros modelos, este se basa en la suposición de que cada persona toma decisiones discretas acerca de los viajes que realiza, lo que significa que deciden si viajan o no, el destino y el modo de transporte que utilizarán.

Para aplicar este modelo, se requiere información sobre las características individuales de los viajeros, como su edad, género, ingresos y ocupación, así como información sobre el acceso al transporte y la disponibilidad de opciones de transporte. También se usan técnicas matemáticas para simular la toma de decisiones de los individuos.

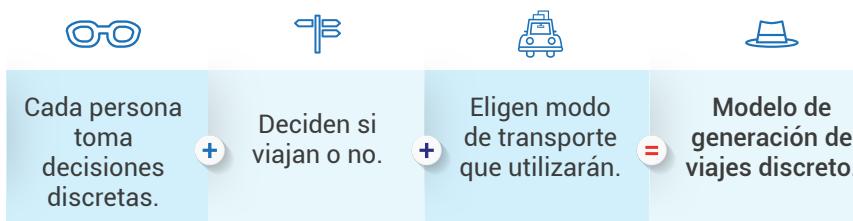
Las ventajas de este modelo incluyen la capacidad de simular la toma de decisiones de las personas y estimar la cantidad de viajes realizados en función de las características individuales y las opciones de transporte disponibles. Además, este modelo puede emplearse para evaluar el impacto de diferentes políticas y proyectos de transporte en la cantidad de viajes efectuados.

No obstante, el modelo de generación de viajes discreto también tiene algunas limitaciones, como la necesidad de obtener información detallada sobre las características de los viajeros y las opciones de transporte

disponibles, lo que puede hacer que su aplicación sea más compleja y costosa que otros modelos.

Figura 15.

Modelo de generación de viajes discreto



Nota. Díaz, F., 2023.

3.1.4. Modelo de generación de viajes estocástico

El modelo de generación de viajes estocástico es otra técnica utilizada para estimar la cantidad de viajes que se realizan en un área geográfica. A diferencia de los modelos anteriores, este modelo tiene en cuenta la incertidumbre en la toma de decisiones de los viajeros y emplea técnicas de modelado estocástico para estimar la cantidad de viajes que se hacen.

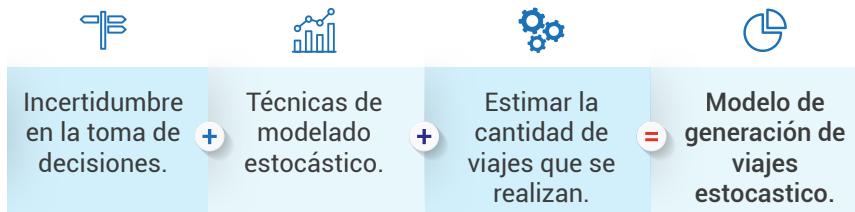
Para aplicar este modelo, se usan datos sobre las características individuales de los viajeros, así como información sobre el acceso al transporte y la disponibilidad de opciones de transporte. Además, se emplea la teoría de la probabilidad para simular la toma de decisiones de los individuos, considerando la incertidumbre en la elección del modo de transporte y la ruta a seguir.

Entre las ventajas de este modelo, se encuentra que permite simular la incertidumbre en la toma de decisiones de los individuos y proporcionar estimaciones más realistas de la cantidad de viajes que se realizan. Además, este modelo puede ser utilizado para evaluar el impacto de diferentes políticas y proyectos de transporte en la cantidad de viajes realizados, teniendo en cuenta la incertidumbre en la toma de decisiones de los viajeros.

Sin embargo, el modelo de generación de viajes estocástico también presenta algunas limitaciones. Por ejemplo, puede ser más complejo de aplicar que otros modelos, ya que requiere de una mayor cantidad de información y análisis. Además, la implementación de este modelo puede

ser más costosa debido a la necesidad de recopilar información detallada sobre los viajeros y las opciones de transporte disponibles, así como para desarrollar modelos estocásticos precisos.

Figura 16.
Modelo de generación de viajes estocástico



Nota. Díaz, F., 2023.

Una vez concluidos los contenidos que se deben revisar en la presente semana, lo invito a efectuar la siguiente actividad recomendada para reforzar lo aprendido durante la misma.



Actividad de aprendizaje recomendada

Le invito a realizar un mapa conceptual en el que se incluya o destaque la información más relevante acerca de los diferentes modelos de generación de viajes. Es importante que verifique los contenidos que se han expuesto en la presente semana para el correcto desarrollo de la actividad.

Nota. Conteste las actividades en un cuaderno de apuntes o en un documento word.



Semana 10

Dentro de la presente semana continuaremos con la revisión de los contenidos de la unidad 3, en la misma se hablará acerca de la capacidad vial y cómo esta interviene dentro del modelado de tráfico.

3.2. Capacidad Vial

La capacidad vial se refiere a la cantidad máxima de vehículos que pueden circular por una sección vial en un período determinado de tiempo sin generar congestión o disminución de la velocidad de los vehículos. Esta definición implica que la capacidad vial depende de las condiciones específicas de operación, como la anchura de la carretera, el tipo de vehículos que transitan, la presencia de semáforos, entre otros factores. La capacidad vial es crucial en la planificación y diseño de carreteras, ya que permite estimar la cantidad máxima de vehículos que pueden transitar por una vía de manera eficiente y segura, sin comprometer la calidad del servicio vial. En resumen, la capacidad vial es un factor clave para asegurar la movilidad y seguridad de los usuarios de las carreteras (Calderón Mayor & Cárdenas, 2018a).

Existen algunos criterios que debemos considerar al momento de hablar de la capacidad vial, entre las más destacadas Calderón Mayor & Cárdenas (2018), mencionan las siguientes:

3.2.1. Análisis y niveles de servicios

La evaluación de la capacidad vial se fundamenta en la evaluación de tres factores clave: el volumen de tráfico, la velocidad y la densidad vehicular. Estos elementos permiten identificar el nivel de servicio de una vía, así como la cantidad de vehículos que pueden circular sin disminuir la calidad del tráfico.

El nivel de servicio se define como la medida de la calidad del servicio ofrecido a los usuarios de una vía en términos de velocidad y demoras, y se clasifica en seis niveles, que van desde el nivel A (excelente) hasta el nivel F (condiciones de congestión extrema). Para determinar el nivel de servicio, se emplean criterios como la velocidad promedio, la densidad de vehículos y el tiempo de espera en los semáforos, entre otros.

Para analizar la capacidad vial, tales como el método de las ecuaciones de flujo, el método de la capacidad del carril y el método del análisis del choque. Estas herramientas permiten evaluar la capacidad de una vía en función de su geometría, la presencia de intersecciones y la disponibilidad de carriles exclusivos para el transporte público y vehículos de alta ocupación.

En conclusión, la capacidad vial se refiere a la cantidad de vehículos que pueden circular en una vía sin afectar la calidad del tráfico, y su evaluación se basa en la consideración del volumen de tráfico, la velocidad y la densidad vehicular. La determinación del nivel de servicio y el uso de diversas técnicas de análisis son esenciales para planificar y diseñar vías seguras y eficientes.

3.2.2. Segmentos básicos de una vía

Los segmentos básicos de una autopista son fundamentales para su análisis y diseño. Estos se clasifican en tres categorías principales: rectos, curvos y en rampa. Los segmentos rectos no presentan curvas y tienen una pendiente uniforme, lo que resulta importante para evaluar la capacidad vial y velocidad de operación, así como para diseñar carriles adicionales y zonas de intercambio. En cambio, los segmentos curvos presentan curvas y son valiosos para analizar la capacidad vial, velocidad de operación, seguridad y comodidad de los usuarios. Dichos segmentos requieren de diseños especiales para permitir el tránsito seguro y eficiente de los vehículos a través de las curvas. Los segmentos en rampa, por otro lado, tienen una pendiente significativa y son relevantes para el análisis de la capacidad vial y la seguridad. Estos también necesitan de diseños especiales para que los vehículos puedan ingresar y salir de la autopista de manera segura y eficiente. En definitiva, los segmentos básicos de las autopistas se consideran como unidades básicas que permiten el diseño de una autopista eficiente y segura, donde cada uno se analiza individualmente para determinar su capacidad vial, velocidad de operación y seguridad.

3.2.3. Vías de carriles múltiples

Las carreteras de carriles múltiples, también conocidas como autopistas, son vías diseñadas específicamente para permitir el tránsito de grandes volúmenes de vehículos a altas velocidades. La capacidad vial de estas carreteras se logra mediante la utilización de varios carriles, lo que permite que más vehículos circulen simultáneamente.

Por lo general, las carreteras de carriles múltiples se dividen en dos secciones principales: la sección principal y la sección de acceso. La sección principal es donde se encuentran los carriles principales, que se utilizan para el tráfico de larga distancia. La sección de acceso se compone de rampas de entrada y salida que conectan la carretera principal con las calles y carreteras adyacentes.

El diseño de las carreteras de carriles múltiples debe tener en cuenta diversos factores, como el volumen de tráfico, la velocidad de operación y la seguridad vial. Para garantizar la seguridad de los usuarios de la vía, se deben incluir medidas de seguridad como barreras medianas y laterales, iluminación y señalización adecuada.

En la figura 17, se puede apreciar la estructura de una vía de múltiples carriles. En este caso, la infraestructura vial cuenta con seis carriles en cada sentido, lo que indica que está diseñada para soportar un alto flujo vehicular. Las vías con estas características son ideales para áreas urbanas con un tráfico intenso y una alta demanda de movilidad.

Figura 17.

Vía de múltiples carriles



Nota. Tomado de *Conducir en Carreteras de Múltiples Carriles con Tráfico Pesado: Tácticas de Manejo Seguro*, por [ePermitTest.](#), 2023.

En resumen, las carreteras de carriles múltiples son esenciales para la capacidad vial y la eficiencia del transporte a larga distancia. Un diseño adecuado y la inclusión de medidas de seguridad son cruciales para garantizar la seguridad de los usuarios de la vía y la eficiencia del tráfico.

3.2.4. Vías de dos carriles

Las carreteras de dos carriles son vías comunes en todo el mundo y se caracterizan por tener un carril en cada dirección, aunque tienen una

capacidad vial menor que las carreteras de carriles múltiples. Estas carreteras son especialmente importantes en áreas rurales y suburbanas. El diseño de las carreteras de dos carriles se enfoca en asegurar una velocidad adecuada y segura para el tráfico y en minimizar los conflictos de tráfico. Es esencial considerar factores como el volumen de tráfico, la velocidad de operación y la seguridad vial al diseñar estas carreteras. Para mejorar la capacidad de las carreteras de dos carriles, se pueden implementar medidas como la construcción de carriles adicionales y la mejora de la señalización.

Debido a la presencia de tráfico en ambos sentidos, las carreteras de dos carriles pueden ser peligrosas y se deben incorporar medidas de seguridad como barreras medianas, iluminación y señalización adecuada para garantizar la seguridad de los usuarios de la vía. En resumen, las carreteras de dos carriles son una parte crucial de la red vial y se enfocan en garantizar una velocidad segura y minimizar los conflictos de tráfico. El diseño adecuado y la implementación de medidas de seguridad son fundamentales para garantizar la seguridad de los usuarios de la vía y mejorar la capacidad de estas carreteras.

3.2.5. Intersecciones semaforizadas

Las intersecciones con semáforos son una técnica popular y eficaz para controlar el tráfico en las áreas urbanas. Los semáforos se utilizan para regular tanto la circulación de los vehículos como la de los peatones en las intersecciones, estableciendo tiempos para el verde, amarillo y rojo.

En la figura 18, se puede observar la configuración de una intersección con semáforos en la cual confluyen dos vías, cada una con cuatro carriles.

Figura 18.

Vía intersección semaforizada



Nota. Tomado de *Diseño de un sistema de semaforización inteligente para controlar flujo vehicular a partir de procesamiento de imágenes*. (p. 17), por Monterrey, A., Sosa, C., 2009, [Universidad Piloto de Colombia](#).

Con respecto a la capacidad vial, las intersecciones con semáforos pueden mejorar la capacidad de las intersecciones al minimizar los conflictos entre los vehículos y los peatones, al mismo tiempo que mejoran la seguridad vial. Además, los semáforos pueden ser programados para adaptarse a diferentes niveles de tráfico y horarios del día, aumentando la eficiencia del tráfico en la intersección. No obstante, durante las horas pico de tráfico, las intersecciones con semáforos pueden tener algunas limitaciones en términos de capacidad vial.

Para mejorar la capacidad vial de estas intersecciones, se pueden aplicar medidas como la construcción de carriles adicionales, la sincronización de semáforos y la implementación de sistemas de gestión de tráfico inteligentes. En resumen, las intersecciones con semáforos son una técnica efectiva para controlar el tráfico y aumentar la capacidad vial en las áreas urbanas, y existen diversas soluciones para mejorar aún más su capacidad vial.

3.2.6. Software para modelado de tráfico

Los procedimientos computarizados son una herramienta esencial para mejorar la capacidad vial de las carreteras. Estos procedimientos, también conocidos como modelos de simulación de tráfico, permiten a los ingenieros de tránsito analizar el rendimiento de una carretera y prever cómo los cambios en el diseño y flujo de tráfico pueden afectar el tráfico.

Estos modelos pueden ser utilizados para evaluar la capacidad vial de una carretera, detectar cuellos de botella y diseñar mejoras que mejoren el flujo de tráfico. Además, estos modelos también son capaces de prever el impacto del tráfico en el medioambiente y evaluar el efecto que los proyectos de infraestructura pueden tener en el tráfico y la capacidad vial.

La precisión de los modelos de simulación de tráfico depende de la calidad de los datos que se usan como entrada, y de la experiencia del usuario que realiza la simulación. Por lo tanto, es crucial que los ingenieros de tránsito estén capacitados adecuadamente y tengan acceso a datos precisos para obtener resultados fiables de los modelos de simulación de tráfico.

Una vez revisados los contenidos referentes a la capacidad vial, le invito a efectuar las siguientes actividades recomendadas para reforzar los conceptos presentados en la presente semana.



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Le invito a revisar el siguiente documento titulado: [**Análisis de la capacidad vial por efecto de paraderos en acera de los autobuses del sistema integrado de transporte público de Bogotá**](#) en la misma se realiza un pequeño estado del arte en dónde se indican conceptos de capacidad vial. Le invito a revisar las pp. 43–50, una vez realizada la lectura le invito a responder las siguientes interrogantes:
 - ¿Cómo se define la capacidad de un corredor vial según HCM, 2016?
 - ¿Qué factores influyen en la capacidad de una calzada?
 - ¿Para qué sirve el análisis de sensibilidad en el aumento del volumen de tráfico en una intersección semaforizada?

Nota. Conteste las preguntas en un cuaderno de apuntes o en un documento word.

2. Una vez finalizada la revisión de contenidos de la unidad 3, en la cual hemos abordado los modelos de generación de viajes y la capacidad de las infraestructuras viales, le invito a efectuar una autoevaluación. Esta le permitirá evaluar los conocimientos adquiridos a lo largo de esta unidad.



Autoevaluación 3

1. ¿Qué son los modelos de generación de viajes y por qué son importantes en el modelado del tráfico?
 - a. Herramientas que permiten calcular la cantidad de viajes que se inician y finalizan en distintas zonas geográficas, y son fundamentales en el proceso de modelado de la demanda de transporte.
 - b. Una herramienta para calcular la distancia entre dos puntos.
 - c. Un método para medir el tiempo de viaje en una red vial.
2. ¿Cuál es una de las limitaciones del modelo de generación de viajes basado en zonas?
 - a. Es un modelo complejo que requiere de muchos datos para ser aplicado.
 - b. La suposición de que la demanda de viajes se distribuye uniformemente dentro de cada zona, lo que puede no ser del todo cierto en la realidad.
 - c. No es necesario tener información sobre las características de cada zona para poder estimar la cantidad de viajes que se generan en cada zona.
3. ¿Cuál es la premisa en la que se basa el modelo de generación de viajes basado en la actividad?
 - a. Los viajes se originan como consecuencia de actividades específicas que se llevan a cabo en distintos lugares, tales como ir al trabajo, comprar o asistir a la escuela.
 - b. Los viajes se originan de manera aleatoria en distintas zonas geográficas.
 - c. La cantidad de viajes generados en una zona se distribuye uniformemente dentro de la zona.
4. () El modelo de generación de viajes basado en zonas, considera la congestión del tráfico y la calidad de las vías.

5. () Una vez que se ha estimado la cantidad de viajes generados en cada zona, ya no es necesario utilizar otros modelos para simular el flujo de tráfico en la red vial.
6. ¿Qué factores se emplean para evaluar el nivel de servicio de una vía?
- El volumen de tráfico, la velocidad y la densidad vehicular.
 - La anchura de la carretera, el tipo de vehículos que transitan y la presencia de semáforos.
 - El tipo de carretera, el clima y la hora del día.
7. ¿Qué son los segmentos básicos de una autopista?
- Rectos, curvos y con pendiente.
 - Rectos, curvos y con señalización especial.
 - Rectos, con señalización especial y con intersecciones.
8. ¿Cuál es la sección de una carretera de carriles múltiples donde se encuentran los carriles principales?
- La sección principal.
 - La sección de acceso.
 - La sección de salida.
9. () La capacidad vial se refiere a la cantidad máxima de vehículos que pueden circular por una sección vial sin generar congestión o disminución de la velocidad de los vehículos.
10. () El nivel de servicio de una vía se clasifica en cinco niveles.

[Ir al solucionario](#)



Durante la presente semana, iniciaremos la revisión de la unidad cuatro en la que hablaremos acerca del transporte público y cómo se realiza su modelación, así como los parámetros y de datos utilizados para ello.

Unidad 4. Consideraciones para transporte público

Dentro del contexto de la movilidad urbana sostenible, la planificación y gestión del transporte público, es un tema de gran relevancia. La oferta de diferentes modos de transporte público, como autobuses, trenes, tranvías y sistemas de metro, puede ser una solución efectiva para reducir la congestión del tráfico al disminuir el número de vehículos particulares en las carreteras. La densidad de población, la disponibilidad de estacionamiento y los costos de los viajes en transporte privado son factores que influyen en la demanda del transporte público.

La planificación de rutas y la programación de horarios son aspectos cruciales para la eficiencia y eficacia del servicio de transporte público. Además, se debe evaluar continuamente el desempeño y la calidad del servicio del transporte público para garantizar la satisfacción de los usuarios.



Es importante destacar que la implementación de sistemas de transporte público eficientes y efectivos, requiere de una planificación cuidadosa y una colaboración estrecha entre diferentes actores, como las autoridades de transporte y los operadores del servicio. La visión integral y coordinada es clave para el éxito de estos sistemas. En este sentido, contar con una guía práctica y útil para la planificación y gestión de sistemas de transporte público es fundamental.

Existen algunos parámetros que se deben considerar o tomar en cuenta al momento de aplicar la modelación de tráfico dentro del transporte público, según Calderón Mayor & Cárdenas (2018), podemos considerar los siguientes aspectos al hablar del transporte público.

4.1. Tipos de transporte público

Es crucial seleccionar y evaluar el modo de transporte público adecuado para cada situación, teniendo en cuenta factores como la demanda de viajes, la densidad de población, la infraestructura existente y las condiciones geográficas y topográficas.

Cada modalidad de transporte público tiene sus propias limitaciones y desafíos. Por ejemplo, el transporte en autobús es un modo muy accesible y flexible, pero puede ser vulnerable a la congestión del tráfico y a las interrupciones en la programación de rutas y horarios.

Por otro lado, los sistemas de metro y trenes son muy rápidos y eficientes, pero requieren una inversión significativa en infraestructura y pueden tener limitaciones en términos de capacidad y flexibilidad. Es fundamental fomentar la intermodalidad y complementariedad entre los diferentes modos de transporte público, así como, actualizar y adaptar constantemente los sistemas de transporte público para satisfacer las cambiantes necesidades de los usuarios y las comunidades.

En la figura 19, se pueden apreciar los diversos medios de transporte disponibles en las áreas urbanas, tales como el metro, el tranvía, los autobuses, los colectivos y los articulados, además de varios tipos de taxis. También se pueden considerar otros medios de transporte como Cabify, bicicletas a tracción o eléctricas, y scooters, entre otros.

Figura 19.

Diversos medios de transporte público



Nota. Tomado de *Diferentes Tipos De Transporte Público De La Ciudad 3d Iconos Conjunto Vista Isométrica Vector Ilustraciones Svg, Vectoriales, Clip Art Vectorizado Libre De Derechos. Image 98120023*, por [123RF](#), 2023.

4.2. Unificación en un todo de los sistemas de transporte

El funcionamiento del transporte debe ser considerado como un todo. Es decir, es necesario analizar los diferentes modos de transporte existentes, sus ventajas y desventajas, y cómo se relacionan entre sí para conformar el sistema de transporte de una ciudad o región. El transporte debe ser concebido como un sistema integrado, en el que los diferentes modos de transporte se complementan y deben estar interconectados para ofrecer una alternativa eficiente y sostenible a la movilidad de las personas.

Para planificar un sistema de transporte público urbano eficiente, es necesario considerar la eficiencia del mismo para permitir que los usuarios tomen la menor cantidad de rutas o la distancia más corta posible. Además, el sistema debe ser económicamente viable para los usuarios y los proveedores de servicios. En este sentido, las redes integrales y los sistemas de pago integrados son importantes, ya que la operación

coordinada de servicios complementarios entre sí, como líneas troncales y alimentadoras, puede reducir los tiempos de trayecto y generar ahorros significativos para los usuarios y los prestadores del servicio.

En las áreas urbanas, los esquemas de cobertura del transporte deben ser compatibles con dos tipos de regiones: las zonas urbanas consolidadas con pocos cambios en los patrones diarios de movimiento, y las regiones en las que aún persiste su evolución demográfica y son frecuentes las modificaciones de los patrones de demanda. Por lo tanto, las estrategias de transporte deben comprender dos tipos de redes de transporte, cada una de ellas adaptada a las características de una de las dos regiones. Una red puede ser estable en sus trazados a mediano plazo, mientras que la otra debe permitir ramificaciones y modificaciones de los trazados de acuerdo con los cambios de la demanda.

Sin importar si las redes son rígidas o flexibles, las rutas que las conforman estarán sujetas a importantes variaciones en la demanda. Debido a que estas redes son redundantes, aumentan la complejidad de las variaciones y requieren mucho esfuerzo de las áreas de diseño operativo de las empresas de transporte. Es necesario buscar soluciones operativas diferentes para dos sistemas interconectados de distinta índole geométrica. En otras palabras, las frecuencias de operación de las rutas de estas redes deben proyectarse teniendo en cuenta que la red fija deberá facilitar los movimientos y los intercambios de la zona densa y permitir ajustes en las frecuencias en caso de cambios de la demanda, mientras que la red cambiante debe permitir ajustes tanto de frecuencia como de derroteros y operar como un sistema colector o de alimentación y distribución.

4.3. Eficiencia del transporte público

El transporte público es un elemento fundamental para la eficiencia de una ciudad y su influencia en la calidad de vida de los residentes. Para asegurar un transporte público eficaz, es importante tomar en cuenta factores como la conciencia, la planificación, la gestión, la legislación y la educación/capacitación. Para medir la calidad del transporte público, es necesario considerar factores como la accesibilidad, el tiempo de viaje, la confiabilidad, la frecuencia de paso y el índice de ocupación.

La evaluación de la calidad del servicio de transporte puede variar en función de la situación social y económica, edad, género, motivo, horario

y día del viaje del usuario. En general, un mejor servicio de transporte implica un mayor costo o un mayor subsidio. Los factores que definen la calidad del transporte público incluyen la accesibilidad, el tiempo de viaje, la confiabilidad, la frecuencia o intervalo de paso y el índice de ocupación.

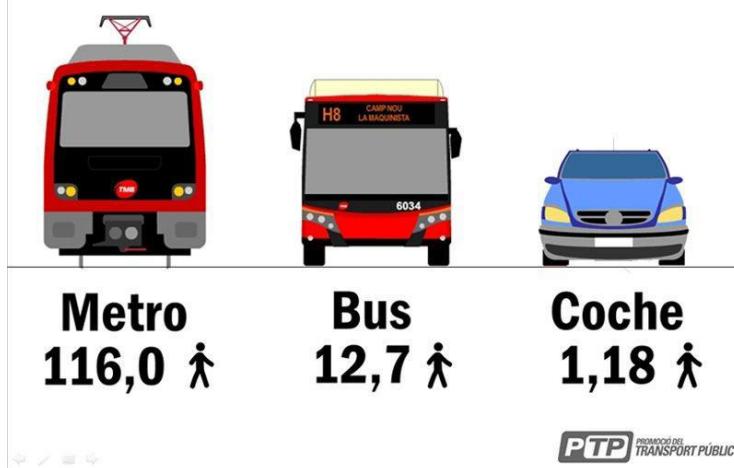
Además, la calidad y eficiencia del transporte público están relacionadas con las características de los vehículos, la facilidad de uso por parte de los usuarios, la rapidez y la satisfacción de los usuarios. Para lograr una experiencia óptima para los usuarios, es importante contar con señalamientos y protecciones ambientales en las paradas, mapas de rutas y horarios, información para el usuario por medio telefónico o en *internet*, entre otros. La rapidez también es fundamental, y se refiere a la facilidad de desplazarse de un lugar a otro sin necesidad de hacer transbordos. La satisfacción de los usuarios también puede variar en función del tamaño de la ciudad, siendo mayor la disposición de los usuarios a caminar en ciudades grandes.

Dentro de la figura 20, podemos observar algunos datos promedio de los diferentes medios de transporte y la capacidad que estos tienen para transportar personas a través de las infraestructuras viales urbanas de las ciudades.

Figura 20. .

Promedio de la capacidad de vehículos

De media, ¿cuántas personas viajan en cada vehículo?



Nota. Tomado de *¿Cómo calculamos la ocupación del transporte público?*, por Riol, R., & [ecomovilidad.net.](http://ecomovilidad.net), 20 de agosto 2016.

4.4. Ventajas y desventajas de transporte público

A excepción del avión, que es el medio de transporte más contaminante por pasajero, los transportes públicos son más eficientes que los transportes individuales en términos de contaminación y consumo de energía. Sin embargo, esto depende del tipo de uso promedio, como en el caso de los desplazamientos entre el hogar y el trabajo, que son estructuralmente pobres y crean dos períodos de sobreactividad al principio y al final del día. Los transportes públicos tienen dos picos de demanda correspondientes a las horas punta y una depresión en el centro, llamado “camello” en algunos países. Además, los transportes públicos facilitan la circulación vehicular y no requieren espacio de estacionamiento, pero requieren inversiones importantes y limitan la portación de equipaje y el cumplimiento de horarios por parte del usuario.

En algunos casos, los transportes públicos pueden ser más rápidos que los transportes individuales si las redes son suficientemente densas y los servicios son frecuentes. Sin embargo, esto no es común en desplazamientos de suburbio a suburbio o en áreas rurales. En comparación, en ciertos casos, la bicicleta puede ser un medio de transporte más eficiente que los transportes públicos en términos de rapidez, flexibilidad, contaminación y consumo de energía, aunque puede no ser tan cómoda en casos de rutas sinuosas o condiciones climáticas adversas.

4.5. Economía del transporte público

Las empresas que gestionan el transporte público en áreas urbanas rara vez pueden financiarse por sí mismas, ya que los ingresos generados por las tarifas y la publicidad son insuficientes para cubrir todos los gastos, incluyendo la inversión, los salarios, los insumos y el mantenimiento. Como resultado, estas empresas necesitan recibir subsidios del municipio o del gobierno central para financiar su infraestructura, lo que puede ser costoso para las arcas públicas. El costo de las tarifas es un tema polémico y político, y algunas empresas pueden cubrir sus gastos con ellas, mientras que otras dependen de subsidios gubernamentales.

En América del Norte, se dice que Toronto Transit Commission, de Toronto, Canadá, es la empresa más eficiente económicamente, ya que solo puede generar hasta un 71 % de los ingresos necesarios para ser autosuficiente.

En América Latina, la actualización de las tarifas es a menudo una decisión política en lugar de técnica, lo que puede llevar a largos períodos sin actualización, lo que ocasiona un deterioro en la calidad del servicio y una alta incertidumbre en la recuperación de las inversiones. En cuanto al transporte público urbano de pasajeros, los costos deben incluir variables como combustibles, mantenimiento, personal, impuestos y seguros, así como costos financieros y remuneración a las inversiones.

Una vez concluida la revisión de los contenidos referentes a la semana 11, le invito a realizar las siguientes actividades recomendadas.



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Le invito a crear un mapa conceptual en el cual se destaque los puntos importantes que se deben considerar al momento de simular el transporte público.

Nota. Conteste la actividad en un cuaderno de apuntes o en un documento word.

2. Finalizada la revisión de contenidos de la unidad 4, en la cual abordamos las consideraciones para el transporte público le invito a realizar la siguiente autoevaluación para que mida los conocimientos obtenidos.



Autoevaluación 4

1. ¿Qué aspectos son cruciales para la eficiencia y eficacia del servicio de transporte público?
 - a. Planificación de rutas y programación de horarios.
 - b. La densidad de población.
 - c. Los costos de los viajes en transporte privado.
 - d. Todas las anteriores.
2. ¿Qué parámetros se deben considerar al momento de aplicar la modelación de tráfico dentro del transporte público?
 - a. La demanda de viajes y la infraestructura existente.
 - b. La densidad de población y las condiciones geográficas y topográficas.
 - c. Las limitaciones y desafíos de cada modalidad de transporte público.
 - d. Todas las anteriores.
3. () El transporte público puede ser una solución efectiva para reducir la congestión del tráfico al disminuir el número de vehículos particulares en las carreteras.
4. () La implementación de sistemas de transporte público eficientes y efectivos no requiere de una planificación cuidadosa y una colaboración estrecha entre diferentes actores.
5. ¿Qué factores influyen en la demanda del transporte público?
 - a. La densidad de población, la disponibilidad de estacionamiento y los costos de los viajes en transporte privado.
 - b. La calidad del servicio del transporte público y la infraestructura existente.
 - c. Los desafíos y limitaciones de cada modalidad de transporte público.

6. ¿Cuál es uno de los aspectos cruciales para la eficiencia y eficacia del servicio de transporte público?
- a. La evaluación continua del desempeño y la calidad del servicio del transporte público.
 - b. La selección y evaluación del modo de transporte público adecuado para cada situación.
 - c. La planificación de rutas y la programación de horarios.
7. () La implementación de sistemas de transporte público eficientes y efectivos requiere de una planificación cuidadosa y una colaboración estrecha entre diferentes actores.
8. () El transporte en autobús es un modo muy accesible y flexible, pero no es vulnerable a la congestión del tráfico y a las interrupciones en la programación de rutas y horarios.
9. () Es fundamental fomentar la intermodalidad y complementariedad entre los diferentes modos de transporte público, así como actualizar y adaptar constantemente los sistemas de transporte público para satisfacer las cambiantes necesidades de los usuarios y las comunidades.
10. () En las áreas urbanas, los esquemas de cobertura del transporte deben ser compatibles con una sola red de transporte adaptada a las características de la región.

[Ir al solucionario](#)



Durante la presente semana comenzaremos con la revisión de los contenidos de la unidad 5, en los cuales trataremos algunos software que son utilizados comúnmente para la modelación de tráfico vehicular.

Unidad 5. Software para modelado de tráfico

En la actualidad, existen numerosos programas informáticos que se encargan de realizar simulaciones de tráfico. Dentro de esta guía didáctica se revisarán algunos de ellos con el fin de que el estudiante se familiarice y adquiera conocimiento acerca de qué son, cómo funcionan, cuáles son sus capacidades y alcance de simulación que poseen.

A continuación, se procederá con la revisión de algunos programas informáticos dedicados a la modelación de tráfico.

5.1. Vissim para modelado de tráfico

PTV Vissim es un programa informático avanzado que se especializa en la simulación del tráfico y en el modelado del comportamiento de diversos usuarios de la vía, como vehículos, bicicletas y peatones, tanto en áreas urbanas como en carreteras.

Este software se utiliza ampliamente en la planificación y diseño de infraestructuras viales, así como en la evaluación de la capacidad de carreteras existentes, la seguridad vial y la eficiencia del tráfico. Además, PTV Vissim también se aplica en la toma de decisiones de política pública relacionada con el tráfico y el transporte, por ejemplo, para la implementación de nuevas medidas de movilidad urbana, la planificación de eventos y la gestión del tráfico en situaciones de emergencia.

Según PTV Group (2023), dentro de las características que se destacan del software tenemos las siguientes:

- Simulación detallada.

El programa ofrece a los usuarios una visión realista y detallada del comportamiento del flujo vehicular, así como de los impactos que este genera. Además, permite simular una serie de escenarios hipotéticos y modelar diferentes situaciones, desde intersecciones simples hasta las más complejas.

- Configuración amigable con el usuario:

El software es fácil de usar y no requiere conocimientos de programación para simular el tráfico a nivel microscópico, mesoscópico o una combinación de ambos. De esta manera, se pueden modelar diferentes escenarios sin necesidad de tener habilidades en programación.

- Red confiable y soporte continuo:

Tiene más de 16,500 usuarios con una comunidad en crecimiento continuo y con 40 años de experiencia en la planificación del transporte y en las simulaciones de tráfico, así como asistencia 24/7.

Este software de modelado de tráfico cuenta con una versión de prueba completa y gratuita disponible en su página web. Es una herramienta sumamente útil en el modelado del tráfico, como lo demuestran diversos artículos científicos y consultorías que han sido realizadas con su uso.

Alcalá (2016), utilizó Vissim para simular el tráfico de una intersección y evaluó las condiciones de los usuarios a través de un modelo microscópico, además de proponer mejoras para dicha intersección. En la figura 21, se muestra la interfaz del software Vissim para la simulación de una intersección.

Figura 21.

Simulación intersección Vissim



Nota. Tomado de *Micro simulación del tráfico de la intersección de las avenidas bolívar, córdoba y calle andalucía empleando el software* [pontificia universidad católica del perú]. (p. 6), por Alcalá, M., 2016, [PUCP](#).

Entre las investigaciones destacadas efectuadas en Vissim, se encuentra la de Manjunatha et al. (2013), en la que se destaca la producción de resultados confiables y la flexibilidad para definir diferentes elementos de una red que se implementará en escenarios complejos con maniobras comunes que realizan los conductores en el tráfico.

En Ecuador, también se ha usado el software Vissim para la simulación de tráfico a nivel académico. Por ejemplo, Espinel & Jaramillo (2022), lo utilizaron para analizar el tráfico en una intersección de un sector residencial de la ciudad de Quito y proponer soluciones para mitigar la congestión vehicular en el lugar.

Después de lo expuesto, podemos observar que Vissim, es uno de los software más útiles para modelar y simular el tráfico en diferentes escenarios, en los cuales se requieren particularidades distintas para cada ejemplo o situación a modelar, con el fin de optimizar los sistemas de transporte, mitigar la congestión y mejorar la seguridad de los peatones en nuestras infraestructuras viales.

5.2. TRANSYT para modelado de tráfico

TRANSYT es un software que ofrece diversas herramientas para el diseño, evaluación y modelado de intersecciones de carreteras y grandes redes de tráfico controladas por señales y prioridades. Este producto completo cuenta con un modelo de tráfico macroscópico, un optimizador de señales y un modelo de simulación. Es muy útil para planificar y diseñar el tráfico en diferentes contextos y permite evaluar diferentes escenarios y optimizar el tiempo de los semáforos para mejorar la fluidez del tráfico y la seguridad vial.

Este software ha sido desarrollado tras años de investigación, y se utiliza en todo el mundo para optimizar las señales de tráfico en intersecciones individuales y grandes redes de tráfico mixtas. Se ha diseñado con el propósito de ofrecer soluciones rápidas con una entrada mínima del usuario, pero también puede proporcionar soluciones más detalladas si se requiere. La modelización de TRANSYT se emplea en la creación de planes de señales para señales de tiempo fijo y para predecir el rendimiento de las señales modeladas. Además, se tienen en cuenta los tiempos de señalización en las intersecciones de carreteras, ya que tienen un efecto importante en la congestión del tráfico, tanto en la propia intersección como en las intersecciones cercanas controladas por señales o prioridades.

TRANSYT, es una herramienta ampliamente empleada en todo el planeta por diversos profesionales, entre ellos ingenieros de tráfico, diseñadores de intersecciones y modeladores de tráfico, así como por estudiantes y docentes. Está en uso tanto en organismos gubernamentales locales, municipales, estatales y regionales como en empresas de consultoría, desde grandes multinacionales hasta pequeñas empresas. Asimismo, es utilizada en instituciones educativas como universidades y otras instituciones de enseñanza.

Según TRL Software (2023), la página oficial de TRANSYT menciona algunas de las funciones claves para el modelado que incorpora el software a continuación se las menciona:

- Realizar una evaluación del rendimiento de los diseños existentes y los tiempos de las señales, así como explorar escenarios futuros.

- Busca producir tiempos específicos para priorizar el tráfico de ciertos tipos de vehículos, como autobuses o tranvías.
- Modelar múltiples escenarios de flujos de tráfico y estrategias de señales asociadas en un archivo.
- Modelo de rotundas que podrá ser señalizado, parcialmente señalizado o prioritario dentro de un archivo.
- Dispone de un amplio control del proceso de asignación de flujo y equilibrio de usuarios.
- Emplear una optimización basada en etapas y fases, con la elección de diferentes optimizadores para establecer “ondas verdes” multidireccionales.
- Opciones para controlar el proceso de optimización y maximizar el rendimiento de los corredores.
- Modelo de simulación que permitirá evaluar el desempeño de una amplia variedad de escenarios, incluyendo aquellos que dependen de la demanda, el modelado explícito de problemas de bloqueo previos, enfoques señalados complejos, uso desigual del carril, flujos de controladores que se ejecutan en diferentes ciclos, entre otros.
- Modelo único para el comportamiento de peatones que caminan.

Existen varios artículos que mencionan el uso del software TRANSYT en diferentes estudios. Un ejemplo es el trabajo de Fernández et al. (2000), quienes utilizaron TRANSYT para sintetizar la relación entre la demanda de paradas y las demoras o colas. En su estudio, emplearon nodos para representar las paradas, a fin de diferenciarlas de otros elementos como las señales de tráfico y las prioridades de tráfico integradas en el modelo. Como resultado de su investigación, concluyeron que el software ofreció valores precisos de demora de llegada de los autobuses a las paradas, con un rango de error del 10 % o menos.

Otro estudio destacable es el realizado por Cabrera (2022), quien empleó una metodología para calibrar el software TRANSYT y optimizar los semáforos en áreas urbanas. En su investigación, se destaca la importancia de los software de modelado de tráfico, aunque se menciona que es

fundamental que el modelador tenga un conocimiento claro y preciso de los conceptos del modelado para obtener buenos resultados.

La figura 22, ilustra la animación generada por el modelo de simulación TRANSYT para una rotonda señalizada, en la que se representan los vehículos de manera individual. Cada bloque de color corresponde a un vehículo y su color indica el destino del mismo, el cual se encuentra señalizado con colores en los bordes de la red. La animación permite visualizar tanto los vehículos en espera en las líneas de detención, como también aquellos que se mueven a velocidad constante a lo largo de los enlaces y conectores.

Figura 22.
Modelo de simulación en TRANSYT



Nota. Tomado de *TRANSYT 16 Simulation Model - TRL Software.*, por TRL Software, 2021, [TRL Software](#).

Según lo mencionado y la revisión de varios autores que han utilizado TRANSYT para el modelado del tráfico, se puede afirmar que es una herramienta muy útil y un gran apoyo para mejorar diferentes aspectos del tráfico, como la congestión, la seguridad y la planificación de modelos de transporte.

Después de revisar los contenidos de esta semana, que tratan sobre la descripción, uso y funciones de los software para modelado de tráfico Vissim y TRANSYT, me complace invitarle a realizar las siguientes actividades recomendadas.



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Le invito a revisar el siguiente video: "[Construir una intersección en Vissim](#)". Dentro del mismo, se hace una explicación detallada de cómo realizar una intersección dentro del software Vissim. Esta actividad le ayudará a comprender cómo funciona este software y qué se debe considerar para el modelado. Una vez revisado el video, le invito a efectuar un listado del procedimiento que se realiza para crear una intersección.
2. Le invito a revisar el siguiente enlace: "[Explicación de TRANSYT](#)". Dentro del mismo, se hace una explicación de qué hace TRANSYT. Esta actividad le ayudará a comprender cómo funciona este software y qué se debe considerar para el modelado. Una vez revisado el video, le invito a efectuar un listado de las actividades que se pueden hacer en el TRANSYT.

Nota. Conteste las actividades en un cuaderno de apuntes o en un documento word.



Semana 13

Durante la presente semana continuaremos con la revisión de los contenidos de la unidad 5, en los cuales venimos tratando y explicando el funcionamiento de algunos softwares que son utilizados para la modelación de tráfico vehicular.

5.3. PARAMICS para modelado de tráfico

PARAMICS, es una herramienta de software de simulación de tráfico que se enfoca en modelar el comportamiento de conductores y peatones de manera individual, a diferencia de analizar el tráfico como un flujo continuo.

Este enfoque permite que la herramienta pueda modelar situaciones más complejas, como la interacción entre vehículos, peatones y bicicletas, y evaluar el impacto de diferentes políticas y eventos en el tráfico urbano.

El software PARAMICS usa modelos de simulación de eventos discretos para simular la dinámica del tráfico. Cada agente, ya sea conductor o peatón, tiene un comportamiento que se modela como un conjunto de eventos discretos que ocurren en momentos específicos. Por ejemplo, un conductor podría decidir cambiar de carril en un momento determinado, mientras que un peatón podría cruzar la calle en un momento específico. Todos estos eventos se modelan de manera individual y se combinan para formar la simulación completa del tráfico.

Además de modelar el comportamiento de conductores y peatones, PARAMICS también puede modelar el impacto de diferentes infraestructuras y políticas de transporte. Por ejemplo, la herramienta puede simular cómo afectaría la construcción de nuevos carriles, la implementación de carriles exclusivos para bicicletas o la introducción de peajes de congestión en el tráfico urbano. De esta manera, los planificadores y analistas de transporte pueden evaluar el impacto de diferentes medidas antes de implementarlas en la realidad.

Según Paramics Microsimulation (2023), en su página oficial software PARAMICS realiza las siguientes actividades:

- **Crear:** se puede crear una red de carreteras de manera rápida y sencilla. El software tiene la capacidad de permitir la creación de redes de carreteras de forma eficiente y sin complicaciones.
- **Asignar:** tráfico y visualizar la operación en una simulación 3D. El software tiene la capacidad de asignar tráfico a las carreteras creadas anteriormente y de mostrar visualmente el funcionamiento de la simulación en una representación en 3D.
- **Calibrar:** los modelos utilizando datos observados para asegurarse de que representa el mundo real. El software tiene la capacidad para permitir la calibración del modelo de simulación con datos observados, para garantizar que la simulación refleje la realidad y pueda ser usada como una herramienta precisa para la toma de decisiones.

- **Probar:** una amplia gama de diseños y escenarios para comprender verdaderamente su impacto. Este punto se refiere a la capacidad del software para permitir al usuario realizar diferentes pruebas y experimentos con el modelo de simulación, empleando diferentes escenarios y diseños, para comprender mejor el impacto que tendrían en el mundo real. Esto ayuda a los usuarios a tomar decisiones más informadas y a evitar posibles problemas o errores en la implementación real.
- **Presentar:** los hallazgos con una simulación 3D y resultados que cualquiera puede entender. El software tiene la capacidad para presentar los resultados de la simulación de una manera clara y fácil de entender, utilizando una representación visual en 3D y proporcionando resultados fácilmente interpretables. Esto permite que los hallazgos sean fácilmente compartidos con otras partes interesadas y ayuda a garantizar que la toma de decisiones se base en una comprensión sólida y precisa de los resultados de la simulación.

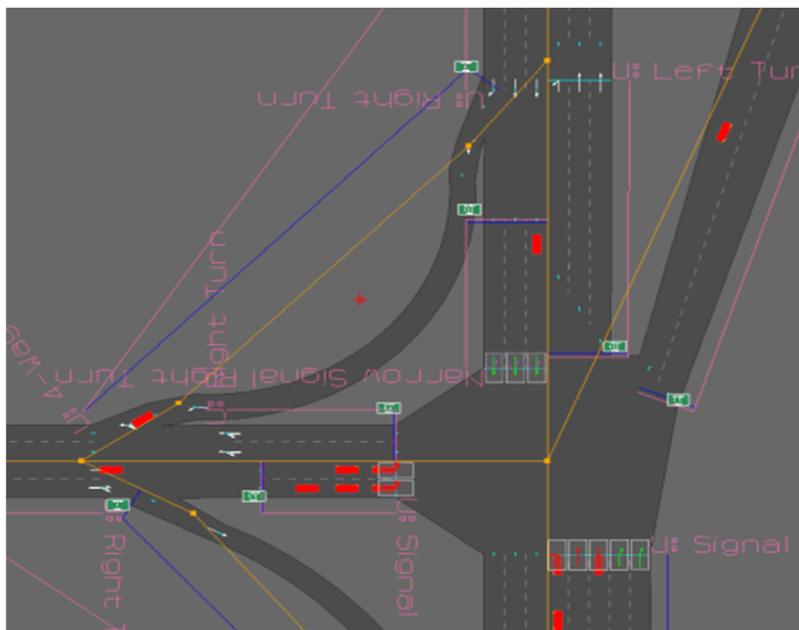
Existen algunos trabajos de investigación o artículos en los cuales se usa PARAMICS para la modelación de tráfico. Uno de estos casos es el de Didier et al. (2010), quienes emplearon PARAMICS para simular con precisión un corredor segregado de transporte público y estudiar su operación, desde la calibración y los diversos parámetros de tráfico, hasta la modelación de diversas acciones de gestión en dicha infraestructura vial. Concluyeron que PARAMICS es un microsimulador comercial que profundiza más en las operaciones de transporte público, aunque tiene ciertas limitaciones para representar el comportamiento de los usuarios. Para superar esta falencia, se recomienda utilizar software complementario.

Otra investigación que usa PARAMICS es la realizada por Romero (2008), en ella, se emplea el microsimulador de PARAMICS para evaluar diversas estrategias de bucles en corredores de autobuses mediante la microsimulación de varios escenarios. El objetivo de esta investigación era establecer frecuencias para los corredores de autobuses que satisfacieran las necesidades de transporte urbano en las zonas con mayor demanda.

En la figura 23, se puede observar la interfaz del software PARAMICS mientras se usa para simular una intersección. En este caso, se emplean cuatro fases de modelado para establecer hacia dónde y cuándo deben dirigirse los vehículos según las características del flujo de tráfico que ocurre en la intersección en una hora determinada.

Figura 23.

Modelo de simulación en PARAMICS



Nota. Tomado de *Simulation with PARAMICS The phase scheme of the intersection adopts.*, por ResearchGate., 2021, [ResearchGate](#).

En resumen, PARAMICS es un *software* de simulación de tráfico que permite modelar el comportamiento del tráfico vehicular y peatonal en redes de transporte. Su principal objetivo es evaluar el rendimiento de las redes de transporte en diferentes escenarios. Para lograrlo, se crea un modelo de la red de transporte y se especifica el comportamiento de los conductores y la cantidad de vehículos que circularán en la red. Posteriormente, se ejecuta la simulación para analizar el impacto del flujo de tráfico en la capacidad de la red, la efectividad de los semáforos, la eficiencia de las rutas y la seguridad vial, entre otros aspectos. Los resultados se presentan en informes y gráficos que permiten identificar los problemas de tráfico y áreas de congestión, así como oportunidades para mejorar la red de transporte.

5.4. TransModeler para modelado de tráfico

TransModeler es un *software* de simulación de tráfico que fue desarrollado por Caliper Corporation. Este *software* tiene como finalidad modelar y simular el comportamiento del tráfico en diferentes escenarios, y permite a sus usuarios analizar y optimizar la operación de sistemas de transporte

complejos, incluyendo redes de carreteras, sistemas de transporte público, aeropuertos y puertos marítimos.

La principal característica de TransModeler es su enfoque de microsimulación, el cual permite modelar el comportamiento individual de cada vehículo, así como de los peatones y otros modos de transporte. Además, los usuarios pueden definir diferentes tipos de vehículos, sus rutas y horarios, así como simular eventos como accidentes y congestiones de tráfico.

El software cuenta con una interfaz gráfica fácil de usar y también tiene herramientas de análisis avanzado, como la capacidad de realizar simulaciones de múltiples días y la capacidad de analizar la calidad del servicio en redes de transporte público. Además, TransModeler permite la importación de datos de diferentes fuentes, incluyendo mapas geográficos y datos de GPS.

En general, TransModeler es una herramienta potente y completa que es ampliamente utilizada por ingenieros de transporte, planificadores urbanos y autoridades de transporte en todo el mundo debido a su capacidad para modelar y simular el comportamiento del tráfico en diferentes escenarios.

Según Caliper (2023), que es la página oficial del Software TransModeler, es un simulador de tráfico muy versátil que incluye una amplia gama de características avanzadas, como el soporte para sistemas de transporte inteligente. Puede modelar diferentes tipos de redes de transporte, incluyendo redes urbanas y autopistas, y es fácilmente adaptable para modelar áreas geográficas específicas, como centros urbanos, corredores de autopistas y carreteras de circunvalación.

Entre las características más destacadas de TransModeler se incluyen la capacidad de modelar autopistas y vías urbanas en una misma red, con modelos de comportamiento del conductor que capturan las interacciones complejas entre vehículos en áreas de convergencia de tráfico e intersecciones. También puede modelar glorietas, carriles para vehículos de alta ocupación, carriles de buses e instalaciones de peaje para entender mejor sus efectos en la dinámica del sistema de tráfico.

Además, TransModeler puede modelar planes de evacuación y escenarios para responder a desastres naturales y otros tipos de emergencias, así como zonas de trabajo para gestionar el tráfico durante la construcción

o el mantenimiento de las carreteras. Con todas estas características, TransModeler es una herramienta muy útil y completa para modelar y simular el comportamiento del tráfico en diferentes situaciones, y es ampliamente utilizado por ingenieros de transporte y planificadores urbanos en todo el mundo. Ahora, le animo a revisar la siguiente infografía donde se describen algunas actividades que se pueden realizar con este software.

Actividades dentro del software TransModeler

Existen algunos trabajos de investigación en los que se ha usado el software TransModeler. Un ejemplo de ello es el estudio realizado por García (2017), quien empleó este software para realizar una simulación a escala microscópica en una localidad de Sevilla, con el objetivo de estimar el tráfico que se presentaría en una zona de estudio. Dentro de las conclusiones de este trabajo de investigación se manifiesta que se debe considerar el número de carriles de las infraestructuras viales, el ancho de las vías y el sentido de circulación del flujo vehicular. Además, se debe colocar cada una de las diversas señales de tránsito, como semáforos y señales de giro a la izquierda o derecha, en el sentido adecuado en cada una de las intersecciones.

En otro trabajo de investigación que emplea el software TransModeler, De La Torre & Henriquez (2019), realizaron una evaluación de diversas medidas de gestión del tráfico en un corredor urbano de Barranquilla. Utilizaron TransModeler para simular el tráfico y evaluar posibles soluciones, proyectando los resultados para 5, 10 y 20 años y considerando el nivel de servicio para evaluar la efectividad de las propuestas. En el estudio se concluyó que la ampliación de la infraestructura vial sería una solución a corto plazo, pero que también se debería mejorar el servicio del transporte urbano para fomentar su uso y lograr una distribución modal más equilibrada.

Dentro de la figura 24, se puede observar la interfaz de una simulación hecha con el software TransModeler. En ella, se puede visualizar una simulación de una intersección y cómo fluye el tráfico vehicular, respetando diversas restricciones y señales de tránsito.

Figura 24.

Modelo de simulación en TransModeler



Nota. Tomado de *TransModeler: Software de Simulación.*, por Caliper, 2023, [Caliper](#).

Después de revisar esta información, podemos concluir que el *software* Transmodeler es muy útil para el modelado de tráfico, ya que se utiliza para realizar microsimulación, así como también mesoscópica y macroscópica, y para llegar incluso a la simulación híbrida, lo que permite evaluar diversos escenarios de tráfico.

Luego de revisar los contenidos de esta semana, en los que se ha hablado ampliamente sobre los simuladores de tráfico PARAMICS y Transmodeler, lo invito a efectuar las siguientes actividades recomendadas.



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Lo invito a revisar el siguiente video: "[paramics quadstone - microsimulación transporte](#)". En él encontrará una explicación detallada acerca de qué es PARAMICS, sus módulos y usos. Esta actividad le ayudará a comprender cómo funciona el *software* y qué se debe considerar para el modelado. Después de revisar el video, le sugiero que haga una lista de los puntos clave a tener en cuenta al momento de realizar un modelado en el *software*.

2. Le invito a revisar el siguiente video: "[Introducción a TransModeler Parte 2: Edición de carreteras](#)". En él, se explica paso a paso cómo crear un proyecto de simulación en TransModeler. Como el video está en inglés, en caso de que no lo entienda completamente, le recomendamos activar los subtítulos en español dentro de la configuración de YouTube. Esta actividad le ayudará a comprender cómo funciona el software y qué consideraciones deben tenerse en cuenta para el modelado. Una vez revisado el video, le invitamos a efectuar una lista del procedimiento para crear un proyecto de simulación en el software.

Nota. Conteste las actividades en un cuaderno de apuntes o en un documento word.

3. Concluida la presente unidad 5, lo invito a realizar la siguiente autoevaluación para evaluar los contenidos adquiridos a lo largo de estas semanas.



Autoevaluación 5

1. ¿Cuál es la función principal de PTV Vissim?
 - a. Simulación de tráfico y modelado del comportamiento de usuarios de la vía.
 - b. Evaluación de la calidad del aire en zonas urbanas.
 - c. Diseño de edificaciones y estructuras viales.
2. ¿Qué ventaja ofrece el software Vissim en cuanto a su configuración?
 - a. Requiere conocimientos avanzados de programación.
 - b. Es difícil de usar y no ofrece soporte al usuario.
 - c. Es fácil de emplear y no requiere conocimientos de programación para simular el tráfico a nivel microscópico, mesoscópico o una combinación de ambos.
3. ¿Qué herramientas ofrece TRANSYT para el diseño, evaluación y modelado de intersecciones y redes de tráfico?
 - a. Modelo de tráfico microscópico y simulador.
 - b. Modelo de tráfico macroscópico, optimizador de señales y modelo de simulación.
 - c. Modelo de tráfico mesoscópico y herramientas de diseño de edificaciones.
4. () El software PTV Vissim es utilizado únicamente en la evaluación de la capacidad de carreteras existentes.
5. () El software TRANSYT solo se utiliza para el modelado de intersecciones de carreteras.

6. ¿Qué es PARAMICS y en qué se enfoca?
 - a. PARAMICS es una herramienta de software de simulación de tráfico que se enfoca en modelar el comportamiento de conductores y peatones de manera individual.
 - b. PARAMICS es una herramienta de software de edición de videos que se enfoca en la creación de contenido multimedia.
 - c. PARAMICS es una herramienta de software de análisis financiero que se enfoca en la gestión de inversiones.
7. ¿Cómo se modela el comportamiento de conductores y peatones en PARAMICS?
 - a. Se modela como un flujo continuo de tráfico.
 - b. Se modela como un conjunto de eventos discretos que ocurren en momentos específicos.
 - c. No se modela el comportamiento de conductores y peatones en PARAMICS.
8. ¿Qué actividades puede realizar el software PARAMICS según su página oficial?
 - a. Crear, asignar tráfico y visualizar la operación en una simulación 2D.
 - b. Crear, asignar tráfico y visualizar la operación en una simulación 3D.
 - c. Crear, asignar tráfico y visualizar la operación en una simulación 4D.
9. () PARAMICS puede modelar el impacto de diferentes infraestructuras y políticas de transporte.
10. () PARAMICS solo puede modelar el comportamiento de conductores y peatones, pero no puede modelar el impacto de diferentes infraestructuras y políticas de transporte.

[Ir al solucionario](#)



Durante esta semana, iniciaremos la revisión de los contenidos de la última unidad de la guía didáctica: la unidad 6. En ella, se abordarán temas relacionados con los beneficios y la previsión de impactos producidos por la modelación del tráfico dentro de las infraestructuras viales.

Unidad 6. Beneficios y previsión de impactos de la modelación de tráfico

La unidad 6 se centrará específicamente en los beneficios que pueden obtenerse al utilizar herramientas de modelación de tráfico en la planificación de infraestructuras viales. Además, se revisará cómo la simulación de escenarios de tráfico ayuda a prever los posibles impactos y a tomar decisiones informadas en cuanto a diseño y construcción.

6.1. Beneficios de la implementación del modelado de tráfico

La modelación de tráfico es una técnica de simulación que se usa para analizar y predecir el comportamiento del tráfico en una determinada área geográfica. Esta técnica ha sido ampliamente empleada por los ingenieros y planificadores de transporte para diseñar, evaluar y mejorar las infraestructuras viales y el transporte público.

Uno de los principales beneficios es que permite a los planificadores y analistas de transporte predecir el comportamiento del tráfico en diferentes situaciones, lo que les permite tomar decisiones informadas sobre el diseño de la infraestructura vial. Por ejemplo, pueden determinar la cantidad adecuada de carriles de tráfico y el diseño de intersecciones para mejorar la fluidez del tráfico y reducir la congestión.

Además, el modelado de tráfico también permite la evaluación de diferentes alternativas de diseño, lo que permite a los planificadores tomar decisiones informadas sobre la mejor opción para una determinada área geográfica. Por ejemplo, se pueden evaluar diferentes opciones de transporte público, como líneas de autobuses o sistemas de trenes ligeros, para determinar cuál es la mejor opción para reducir la congestión de tráfico y mejorar la movilidad.

Otro beneficio importante del modelado de tráfico es que ayuda a los planificadores y analistas de transporte a evaluar los impactos de los cambios en la infraestructura vial, como la construcción de nuevas carreteras o la implementación de carriles exclusivos para bicicletas. Esto les permite tomar decisiones informadas sobre cómo mejorar la infraestructura vial existente y hacerla más segura para los conductores, peatones y ciclistas.

El modelado de tráfico también se utiliza para evaluar los efectos de eventos específicos en el tráfico, como accidentes de tráfico, obras viales y eventos especiales como conciertos o eventos deportivos. Al predecir el impacto de estos eventos en el tráfico, los planificadores pueden tomar medidas preventivas para minimizar el impacto en la movilidad de la ciudad.

En resumen, los beneficios del modelado de tráfico en la planificación y diseño de infraestructuras viales eficientes y seguras. La modelación de tráfico permite a los planificadores y analistas de transporte predecir el comportamiento del tráfico en diferentes situaciones, evaluar diferentes alternativas de diseño y evaluar los impactos de los cambios en la infraestructura vial. Es una herramienta importante para mejorar la movilidad en las ciudades y reducir la congestión del tráfico.

A continuación, le presento una algunos de los beneficios de la implementación del modelado:

[Beneficios de la implementación del modelado de tráfico.](#)

6.2. Previsión de impactos con la modelación de tráfico

Según PIARC Asociación Mundial de Carreteras (2022), Los modelos de transporte son utilizados para estimar los beneficios que se pueden obtener a partir de cambios en la capacidad de las carreteras, como incrementos en la velocidad y la fiabilidad del transporte. Asimismo, estos modelos también permiten prever los impactos de las políticas que buscan reducir la demanda de transporte a través de medidas como precios o restricciones en el uso de la red de carreteras.

Al usar un modelo de tráfico, es posible evaluar cómo los costos generalizados, incluyendo el tiempo de viaje, cambian en relación con la demanda de tráfico al integrar la capacidad de la carretera disponible y

las necesidades de los usuarios. Este modelo puede también identificar el punto de equilibrio entre la capacidad de la carretera y la demanda de tráfico. Además, permite predecir cómo los usuarios de la carretera reaccionarán ante mejoras en la gestión del tráfico o en la inversión en mejoras de la capacidad vial. Por lo general, se espera que los conductores elijan la ruta que minimice sus costos generalizados de viaje o, en algunos casos, el tiempo de viaje. En redes congestionadas, aumentar la capacidad de la carretera suele disminuir los costos de viaje para los usuarios, pero esta reducción puede provocar que más tráfico se dirija a la ruta o red mejorada, disminuyendo las ventajas iniciales en términos de costos (PIARC (Asociación Mundial de Carreteras), 2022).

La previsión de impactos de la modelación de tráfico es un tema importante en la planificación y gestión del transporte, especialmente en el diseño y construcción de infraestructuras viales. La modelación de tráfico se utiliza para simular cómo se comporta el tráfico en una determinada red vial, lo que permite a los planificadores y diseñadores evaluar diferentes opciones de diseño y prever cómo estas opciones afectarán al tráfico existente y futuro.

Uno de los principales beneficios de la modelación de tráfico es que permite a los planificadores y diseñadores tomar decisiones informadas en la planificación de la infraestructura vial. Al simular diferentes opciones de diseño, se pueden identificar y evaluar las opciones que son más eficientes y efectivas para satisfacer las necesidades de los usuarios y mejorar el rendimiento de la infraestructura vial. La modelación también puede ayudar a identificar posibles problemas o impactos negativos que puedan surgir de un diseño específico, permitiendo a los planificadores y diseñadores abordar estos problemas antes de la construcción.

Además de evaluar diferentes opciones de diseño, la previsión de impactos de la modelación de tráfico también se usa para evaluar el impacto de los cambios en el uso de la infraestructura vial. Esto incluye cambios en los patrones de tráfico existentes, la introducción de nuevos desarrollos o actividades que generen tráfico, o cambios en la política de transporte. Al modelar estos cambios, los planificadores y diseñadores pueden evaluar cómo estos cambios afectarán el tráfico y la infraestructura vial existente, y planificar soluciones para mitigar cualquier impacto negativo.

Otro beneficio importante de la modelación de tráfico es que puede ayudar a reducir los costos de construcción y operación de la infraestructura vial. Al identificar y evaluar las opciones de diseño más eficientes y efectivas, los

planificadores y diseñadores pueden reducir los costos de construcción y operación de la infraestructura vial, y garantizar que se utilicen los recursos de manera efectiva.



En resumen, la previsión de impactos de la modelación de tráfico es una herramienta fundamental para los planificadores y diseñadores de infraestructura vial. Permite tomar decisiones informadas y evaluar diferentes opciones de diseño, identificar posibles problemas o impactos negativos, evaluar el impacto de los cambios en el uso de la infraestructura vial y reducir los costos de construcción y operación. Como resultado, la modelación de tráfico puede ayudar a mejorar el rendimiento de la infraestructura vial, satisfacer las necesidades de los usuarios y mejorar la calidad de vida en las comunidades locales.

Una vez concluida la revisión de los temas de la presente semana, le invito a realizar la siguiente actividad recomendada.



Actividad de aprendizaje recomendada

Lo invito a revisar el siguiente documento: "[modelo de control de tráfico vehicular](#)".

Este documento presenta un modelo de tráfico vehicular evaluado macroscópicamente. Una vez que lo revise, le invito a comentar cuáles son los beneficios sociales que se lograron con la implementación de este modelo.



Semana 15

En la presente semana concluiremos la revisión de los contenidos de la unidad 6 y finalizaremos la planificación de los contenidos totales propuestos para la presente guía didáctica.

6.3. Realidad el modelado de tráfico dentro del Ecuador

En Ecuador, el modelado de tráfico es una herramienta importante para la planificación y gestión del transporte en las ciudades y carreteras del país. Existen diferentes iniciativas que han sido implementadas en las últimas décadas con el fin de mejorar la eficiencia y seguridad del transporte en las ciudades.

Una de las instituciones que ha liderado la implementación de modelos de tráfico en Ecuador es la Agencia Nacional de Tránsito (ANT). La ANT ha desarrollado un sistema integrado de información de transporte que incluye un modelo de simulación de tráfico para el área metropolitana de Quito. Este modelo es utilizado para el análisis de la demanda y oferta de transporte, la identificación de problemas de congestión, la evaluación de alternativas de intervención, entre otros.

En Guayaquil, la principal ciudad portuaria de Ecuador, se ha desarrollado un modelo de simulación de tráfico para la gestión de la movilidad en la ciudad. El modelo ha sido empleado para el análisis de la capacidad de las vías y su demanda, la identificación de problemas de congestión, la evaluación de alternativas de intervención, entre otros.

Además, otras ciudades como Cuenca, Ambato y Loja, han desarrollado modelos de tráfico para la gestión del transporte urbano y rural. En el caso de Cuenca, por ejemplo, se ha desarrollado un modelo de tráfico para el análisis de la movilidad en el centro histórico de la ciudad.

Es importante mencionar que, a pesar de los avances en el modelado de tráfico en Ecuador, aún existen desafíos importantes en la gestión del transporte en el país. Uno de ellos es la falta de integración de los diferentes sistemas de transporte en las ciudades, lo que dificulta el acceso a información precisa para el desarrollo de modelos de tráfico más precisos. Además, la falta de inversión en infraestructura de transporte y la falta de regulación en el sector de transporte son desafíos relevantes que deben ser abordados para mejorar la eficiencia y seguridad del transporte en Ecuador.

Otro aspecto valioso a considerar en nuestro país es la formación académica de tercer y cuarto nivel, en la cual se han llevado a cabo numerosos trabajos que incluyen la implementación de modelos de simulación de tráfico para obtener títulos de ingeniería y posgrado. Estos trabajos son valiosos porque capacitan a los nuevos profesionales para

realizar modelados similares y aplicarlos en su vida profesional, mejorando así las condiciones de tráfico en todas las ciudades del país.

Después de haber concluido y revisado los contenidos correspondientes a la presente semana, le invito a efectuar las siguientes actividades recomendadas para reforzar el tema del modelado de tráfico dentro de nuestro país.



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Por favor, acceda a Google académico y busque información sobre los modelos de tráfico implementados en las ciudades de nuestro país. Le recomiendo revisar de manera breve los diferentes trabajos efectuados sobre este tema en Ecuador, y elaborar una bibliografía siguiendo la norma APA séptima edición con los resultados encontrados.

Nota. Conteste la actividad en un cuaderno de apuntes o en un documento word.

2. Concluida la unidad 6, le invito a realizar la siguiente autoevaluación.



Autoevaluación 6

1. ¿Para qué se utiliza la modelación de tráfico en la planificación de infraestructuras viales?
 - a. Para analizar y predecir el comportamiento del tráfico en una determinada área geográfica.
 - b. Para diseñar, evaluar y mejorar las infraestructuras viales y el transporte público.
 - c. Para evaluar diferentes alternativas de diseño y evaluar los impactos de los cambios en la infraestructura vial.
 - d. Todas las anteriores.
2. ¿Cuál es uno de los beneficios más importantes del modelado de tráfico?
 - a. Permite predecir el comportamiento del tráfico en diferentes situaciones.
 - b. Permite la evaluación de diferentes alternativas de diseño.
 - c. Ayuda a evaluar los impactos de los cambios en la infraestructura vial.
 - d. Todas las anteriores.
3. ¿Qué permite prever la simulación de escenarios de tráfico en la planificación de infraestructuras viales?
 - a. Los posibles errores en el diseño de la infraestructura vial.
 - b. Los posibles impactos producidos por la modelación del tráfico.
 - c. Las diferentes alternativas de diseño para el urbanismo de un área geográfica.
 - d. Ninguna de las anteriores.
4. () La modelación de tráfico solo se utiliza para evaluar los impactos de los cambios en la infraestructura vial.
5. () La capacidad de la carretera disponible y las necesidades de los usuarios son importantes para evaluar cómo cambian los costos generalizados al emplear un modelo de tráfico.

6. ¿Cuál es una de las instituciones que ha liderado la implementación de modelos de tráfico en Ecuador?
- a. El Ministerio de Transporte.
 - b. La Agencia Nacional de Tránsito (ANT).
 - c. El Instituto Nacional de Tránsito y Seguridad Vial (INTRAS).
 - d. La Dirección Nacional de Tránsito.
7. ¿Cuál es uno de los desafíos importantes en la gestión del transporte en Ecuador?
- a. La falta de inversión en infraestructura de transporte.
 - b. La falta de regulación en el sector de transporte.
 - c. La falta de integración de los diferentes sistemas de transporte en las ciudades.
 - d. Todas las anteriores.
8. ¿Qué ciudades en Ecuador han desarrollado modelos de tráfico para la gestión del transporte?
- a. Quito y Guayaquil.
 - b. Cuenca y Loja.
 - c. Ambato y Quito.
 - d. Todas las anteriores.
9. () La Agencia Nacional de Tránsito (ANT), ha desarrollado un sistema integrado de información de transporte que incluye un modelo de simulación de tráfico para el área metropolitana de Quito.
10. () La falta de inversión en infraestructura de transporte y la falta de regulación en el sector de transporte no son desafíos relevantes en la gestión del transporte en Ecuador.

[Ir al solucionario](#)



Actividades finales del bimestre

En esta última semana, hemos llegado al final de un ciclo de 16 semanas, en el que hemos compartido diversos contenidos y actividades enfocados en la modelación del tráfico, un tema de gran importancia para su correcta formación como ingeniero en logística y transporte. Esperamos que este periodo haya sido productivo y enriquecedor, y haya contribuido significativamente a su conocimiento y formación en esta área.

Le recomendamos que revise detalladamente todo el material desarrollado durante el segundo bimestre, incluyendo las actividades recomendadas, autoevaluaciones y actividades calificadas, para que pueda obtener los mejores resultados al momento de realizar su evaluación. Este es el momento de aplicar todo lo aprendido y demostrar su comprensión del tema.



¡Le deseo el mayor de los éxitos en su examen bimestral!



4. Solucionario

Autoevaluación 1		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	b	el tráfico vehicular se refiere a la circulación de vehículos por las distintas infraestructuras viales diseñadas para tal fin, como vías, calles o autopistas.
2	c	el objetivo principal del modelado de tráfico es proporcionar una herramienta para la gestión adecuada del sistema de transporte, incluyendo el diseño, la planificación y la gestión de la infraestructura vial.
3	c	el modelado de tráfico tiene varios beneficios, entre ellos, comprender el tráfico, contribuir a la planificación y diseño de infraestructura vial, mejorar la seguridad vial y reducir el impacto ambiental del transporte.
4	F	el tráfico vehicular puede generar congestión en cualquier lugar, no solo en ciudades con alta densidad de población.
5	F	los modelos macroscópicos se encargan de estudiar el flujo vehicular como si se tratara del comportamiento de un fluido en un régimen de flujo compresible.
6	b	el transporte es una parte fundamental de la cadena de suministro y representa uno de los mayores costos logísticos a incurrir dentro de las empresas.
7	c	una de las dificultades que se puede detectar al momento de aplicar un enfoque microscópico es que cada bloque de calles y cada intersección son considerados modelos individuales, lo que implica que encontrar un equilibrio adecuado entre las redes adyacentes puede ser un desafío y, en ocasiones, generar problemas difíciles de resolver.
8	b	una de las ventajas que podemos obtener con el enfoque mesoscópico es una mayor precisión en la predicción del flujo de tráfico, ya que permite predecir con mayor precisión el flujo de tráfico, analizando el comportamiento individual de cada vehículo en función de la probabilidad.
9	V	los modelos macroscópicos se encargan de estudiar el flujo vehicular como si se tratara del comportamiento de un fluido en un régimen de flujo compresible

Autoevaluación 1

Pregunta | Respuesta | Retroalimentación

- 10 F una de las dificultades del enfoque microscópico es que “resulta complicado resumir los resultados de manera que se puedan evaluar el rendimiento global de la misma de forma significativa

Ir a la
autoevaluación

Autoevaluación 2		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	c	La simulación es el proceso de crear modelos de sistemas reales y realizar experimentos para entender su comportamiento o evaluar diferentes estrategias para su operación.
2	d	Los modelos pueden ser utilizados para ayudar en el pensamiento, facilitar la comunicación, ser una herramienta para el entretenimiento e instrucción, permitir la predicción de comportamientos y servir como ayuda en la experimentación.
3	c	Las ciudades de América Latina enfrentan diversos desafíos en cuanto al tráfico, como la congestión vial, los altos costos de movilidad, la pérdida de tiempo en los traslados diarios, la invasión de espacios públicos, los accidentes, la contaminación y la inseguridad.
4	b	Las tres principales características del tráfico vehicular que se utilizan para realizar un análisis y predicción del flujo vehicular son flujo, velocidad y densidad.
5	a	Las variables importantes para medir la frecuencia del tráfico en una sección de la carretera son la tasa de flujo y el volumen horario.
6	b	Las variables que influyen en la velocidad de los vehículos en una red de carreteras son la distancia mínima y máxima deseada para el vehículo delante, la velocidad máxima en las curvas y la distancia de alerta para un cambio de carril.
7	c	Comparar el comportamiento del modelo con datos reales del pasado. En la fase de validación del modelado de tráfico, se compara el comportamiento del modelo con datos reales del pasado, con el fin de evaluar la precisión del modelo y determinar si es aceptable o no.
8	a	Recolectar datos a través de registros históricos, experimentos de laboratorio o mediciones en el sistema real. Después de definir el problema y el modelo en el proceso de modelado de tráfico, se deben recopilar los datos necesarios a través de registros históricos, experimentos de laboratorio o mediciones en el sistema real. Estos datos se deben procesar adecuadamente para cumplir con el formato requerido por el modelo.
9	b	Detectar y corregir cualquier error que pueda surgir en las etapas iniciales o de prueba del proceso de simulación. El objetivo de la fase de verificación en el proceso de modelado de tráfico es detectar y corregir cualquier error que pueda surgir en las etapas iniciales o de prueba del proceso de simulación. Es especialmente crucial identificar y solucionar los errores que podrían haberse producido durante la implementación.

Autoevaluación 2

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
10	d	Las teorías de colas se utilizan para examinar cómo se comportan los vehículos en situaciones de tráfico intenso, lo que ayuda a diseñar y optimizar las infraestructuras viales, así como para mejorar la seguridad en las carreteras.
11	d	Existen seis características fundamentales que deben tenerse en cuenta al evaluar apropiadamente un sistema de colas, las cuales incluyen el patrón de llegada de los clientes, el patrón de servicio de los servidores, el número de canales de servicio, la capacidad del sistema, la disciplina de la cola y el número de etapas de servicio.
12	c	La notación M/D/3 se utiliza para describir un sistema que tiene un patrón de llegada de clientes M (distribución de Poisson), un patrón de servicio de servidores D (distribución determinística) y tres canales de servicio.
13	b	La disciplina de cola se refiere al método de ordenar a los clientes en la cola en el momento en que son atendidos. Se pueden aplicar diferentes reglas de secuenciación, como FIFO, LIFO, SJF y SPT, para mejorar la eficiencia y la satisfacción del cliente.
14	a	La capacidad del sistema es un factor importante en la teoría de colas, ya que tiene un impacto directo en el rendimiento del sistema. Si la capacidad del sistema no es suficiente para satisfacer la demanda, entonces se producirá una acumulación de clientes en la cola, lo que puede generar una espera prolongada y una disminución en la satisfacción del cliente.
15	a	La teoría de colas es esencial en el modelado vehicular, ya que se enfoca en el estudio de sistemas de espera, como las colas de vehículos en un cruce o semáforo. Al aplicar esta teoría al modelado vehicular, se pueden determinar diferentes parámetros que influyen en el flujo vehicular, como la cantidad de vehículos que llegan a una intersección, el tiempo de espera en la cola y el tiempo de servicio en la intersección. Con la teoría de colas, es posible modelar diversas configuraciones de semáforos y evaluar su impacto en el tráfico vehicular.

**Ir a la
autoevaluación**

Autoevaluación 3

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	a	Los modelos de generación de viajes son herramientas fundamentales en el proceso de modelado de la demanda de transporte ya que permiten estimar la cantidad de viajes que se inician y finalizan en distintas zonas geográficas, lo que es esencial para el análisis y diseño de políticas y proyectos de transporte.
2	b	El modelo de generación de viajes basado en zonas asume que la demanda de viajes se distribuye uniformemente dentro de cada zona, lo que puede no ser del todo cierto en la realidad, ya que factores como la congestión del tráfico y la calidad de las vías pueden afectar la cantidad de viajes que se generan en una zona.
3	a	El modelo de generación de viajes basado en la actividad se basa en la premisa de que los viajes se originan como consecuencia de actividades específicas que se llevan a cabo en distintos lugares, tales como ir al trabajo, comprar o asistir a la escuela.
4	F	El modelo de generación de viajes basado en zonas no considera factores importantes como la congestión del tráfico y la calidad de las vías, que pueden afectar la cantidad de viajes que se generan en una zona.
5	F	Una vez que se ha estimado la cantidad de viajes generados en cada zona, se pueden utilizar otros modelos para simular el flujo de tráfico en la red vial, ya que el modelo de generación de viajes basado en zonas es solo el primer paso en el modelado del tráfico.
6	a	Para evaluar el nivel de servicio de una vía se fundamenta en la evaluación de tres factores clave: el volumen de tráfico, la velocidad y la densidad vehicular.
7	a	Los segmentos básicos de una autopista se clasifican en tres categorías principales: rectos, curvos y en rampa.
8	a	Las carreteras de carriles múltiples se dividen en dos secciones principales: la sección principal y la sección de acceso. La sección principal es donde se encuentran los carriles.
9	V	La capacidad vial se refiere a la cantidad máxima de vehículos que pueden circular por una sección vial en un período determinado de tiempo sin generar congestión o disminución de la velocidad de los vehículos.
10	F	El nivel de servicio se clasifica en seis niveles, que van desde el nivel A (excelente) hasta el nivel F (condiciones de congestión extrema).

Ir a la
autoevaluación

Autoevaluación 4		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	d	Para la eficiencia y eficacia del servicio de transporte público, son cruciales la planificación de rutas y la programación de horarios, así como la densidad de población y los costos de los viajes en transporte privado.
2	d	Al momento de aplicar la modelación de tráfico dentro del transporte público, se deben considerar varios parámetros, como la demanda de viajes, la infraestructura existente, la densidad de población, las condiciones geográficas y topográficas, y las limitaciones y desafíos de cada modalidad de transporte público.
3	V	La oferta de diferentes modos de transporte público puede ser una solución efectiva para reducir la congestión del tráfico al disminuir el número de vehículos particulares en las carreteras.
4	F	La implementación de sistemas de transporte público eficientes y efectivos requiere de una planificación cuidadosa y una colaboración estrecha entre diferentes actores, como las autoridades de transporte y los operadores del servicio. La visión integral y coordinada es clave para el éxito de estos sistemas.
5	a	Los factores que influyen en la demanda del transporte son la densidad de población, la disponibilidad de estacionamiento y los costos de los viajes de transporte privado.
6	c	Uno de los factores cruciales para la eficiencia y eficacia del servicio de transporte público es la planificación de rutas y programación de horarios
7	V	Esta afirmación es cierta, ya que para la implementación de sistemas de transporte público eficientes y efectivos es fundamental contar con una planificación cuidadosa y una colaboración estrecha entre diferentes actores, como las autoridades de transporte y los operadores del servicio.
8	F	Esta afirmación es falsa, ya que el transporte en autobús es vulnerable a la congestión del tráfico y a las interrupciones en la programación de rutas y horarios.
9	V	Esta afirmación es cierta, ya que es fundamental fomentar la intermodalidad y complementariedad entre los diferentes modos de transporte público, así como actualizar y adaptar constantemente los sistemas de transporte público para satisfacer las cambiantes necesidades de los usuarios y las comunidades.

Autoevaluación 4

Pregunta | Respuesta | Retroalimentación

10

F

Esta afirmación es falsa, ya que en las áreas urbanas, las estrategias de transporte deben comprender dos tipos de redes de transporte, cada una de ellas adaptada a las características de una de las dos regiones: las zonas urbanas consolidadas con pocos cambios en los patrones diarios de movimiento y las regiones en las que aún persiste su evolución demográfica y son frecuentes las modificaciones de los patrones de demanda.

Ir a la
autoevaluación

Autoevaluación 5		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	a	El funcionamiento principal de Vissim es la simulación de tráfico y modelado del comportamiento de usuarios en la vía.
2	c	La ventaja que ofrece el software Vissim en cuanto a su configuración es que es fácil de usar y no requiere conocimientos de programación para modelar el tráfico a nivel microscópico, mesoscópico o la combinación de estos
3	b	Las herramientas que ofrece el TRANSYT para el diseño evaluación y modelado de intersecciones de redes de tráfico son Modelo de tráfico macroscópico, optimizador de señales y modelo de simulación
4	F	El software PTV Vissim se utiliza ampliamente en la planificación y diseño de infraestructuras viales, así como en la evaluación de la capacidad de carreteras existentes, la seguridad vial y la eficiencia del tráfico. Además, también se aplica en la toma de decisiones de política pública relacionada con el tráfico y el transporte.
5	F	TRANSYT es un software que ofrece diversas herramientas para el diseño, evaluación y modelado de intersecciones de carreteras y grandes redes de tráfico controladas por señales y prioridades. Este producto completo cuenta con un modelo de tráfico macroscópico, un optimizador de señales y un modelo de simulación. Es muy útil para planificar y diseñar el tráfico en diferentes contextos y permite evaluar diferentes escenarios y optimizar el tiempo de los semáforos, entre otras cosas.
6	a	PARAMICS es una herramienta de software de simulación de tráfico que se enfoca en modelar el comportamiento de conductores y peatones de manera individual, permitiendo que la herramienta pueda modelar situaciones más complejas y evaluar el impacto de diferentes políticas y eventos en el tráfico urbano.
7	b	PARAMICS cada agente, ya sea conductor o peatón, tiene un comportamiento que se modela como un conjunto de eventos discretos que ocurren en momentos específicos. Esto permite una modelación más detallada y precisa del tráfico.
8	b	Paramics Microsimulation, el software puede realizar actividades como crear una red de carreteras de manera rápida y sencilla, asignar tráfico y visualizar la operación en una simulación 3D, calibrar los modelos utilizando datos observados, probar una amplia gama de diseños y escenarios para comprender verdaderamente su impacto, y presentar los hallazgos con una simulación 3D y resultados que cualquiera puede entender.
9	V	PARAMICS puede modelar el impacto de diferentes infraestructuras y políticas de transporte, como la construcción de nuevos carriles.

Autoevaluación 5

Pregunta | Respuesta | Retroalimentación

- 10 F Además de modelar el comportamiento de conductores y peatones, PARAMICS también puede modelar el impacto de diferentes infraestructuras y políticas de transporte.

[Ir a la
autoevaluación](#)

Autoevaluación 6		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	d	La modelación de tráfico se utiliza para analizar y predecir el comportamiento del tráfico diseñar y evaluar mejoras a las infraestructuras viales y de transporte público y evaluar diferentes alternativas de diseño y evaluar los impactos que tienen estos cambios dentro de las infraestructuras viales.
2	d	Los beneficios más importantes de la modelación de tráfico zoom que permite predecir el comportamiento del tráfico en diferentes situaciones la evaluación de diferentes alternativas de diseño y ayuda a evaluar los impactos dentro de los cambios producidos en las infraestructuras viales.
3	b	La simulación de escenarios de tráfico en la planificación de infraestructuras viales permite evaluar los posibles impactos producidos por la modelación de tráfico.
4	F	La modelación de tráfico se utiliza para analizar y predecir el comportamiento del tráfico en una determinada área geográfica, diseñar, evaluar y mejorar las infraestructuras viales y el transporte público, evaluar diferentes alternativas de diseño y evaluar los impactos de los cambios en la infraestructura vial, entre otros beneficios.
5	V	Al utilizar un modelo de tráfico, es posible evaluar cómo los costos generalizados, incluyendo el tiempo de viaje, cambian en relación con la demanda de tráfico al integrar la capacidad de la carretera disponible y las necesidades de los usuarios.
6	b	La institución que ha liderado la implementación de modelos de tráfico dentro del Ecuador es la agencia nacional de tránsito.
7	d	Uno de los desafíos más importantes en la gestión del tráfico dentro del Ecuador es la falta de inversión en la infraestructura de transporte, la mala regulación del sector del transporte y que no existen integración de los diferentes sistemas de transporte en las ciudades.
8	d	Las ciudades de nuestro país que han desarrollado algunos modelos de tráfico son Quito Guayaquil Ambato cuenca y Loja.
9	V	La respuesta es verdadera la agencia nacional de tránsito ha desarrollado un sistema integrado de información de transporte que incluye un modelo de simulación de tráfico para el área metropolitana de Quito.
10	F	La respuesta es falsa la falta de inversión en infraestructura de transporte y la falta de regulación del sector del transporte son los desafíos más importantes que tiene nuestro país.

Ir a la
autoevaluación



5. Referencias bibliográficas

- Atiencia, N., & Ramírez, V. (2013). Control de tráfico vehicular usando un sistema Neuro - difuso tipo ANFIS [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6340/1/CD-4864.pdf>.
- Ben, W., Liu, Q., Wei, L., Adriazola, S. C., King, R., Sarmiento, C., & Obelheiro, M. (2016). Ciudades más seguras mediante el diseño. Lineamientos y ejemplos para promover la seguridad vial mediante el diseño urbano y vial. Instituto de Recursos Mundiales (WRI), 1–144. <https://publications.wri.org/citiessafer/es/#fore>.
- Bouche, D. (2012). Vista de Modelado de Tráfico: una estrategia inteligente contra la congestión de una red | Prisma Tecnológico. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/539/html>.
- Cal y Mayor, Rafael., & Cárdenas, James. (2007). Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones. Alfaomega.
- Campoverde, I. (2017). Modelado de tráfico vehicular en avenidas a partir de datos estadísticos. Universidad Politécnica Salesiana.
- Delgado, J., Saavedra, P., & Velasco, R. M. (2011). Modelación de problemas de flujo vehicular.
- Díaz, F. (2022). Itinerarios 1C Tecnologías para la Movilidad y Tráfico: Modelados para Movilidad y Tráfico (Ediloja Cía. Ltda., Ed.). www.utpl.edu.ec
- Djahel, S., & Hadjadj, Y. (2020, May). Traffic management system: from traffic data collection to congestion. https://www.researchgate.net/figure/Traffic-management-system-from-traffic-data-collection-to-congestion-mitigation_fig1_341311809.
- Gómez, E. (2009). Desarrollo de un Modelo de Simulación Vehicular para la Mejora en la Sincronización de Semáforos. <https://inaoe>.

repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/379/1/GomezHE.pdf.

Ni, D. (2015). Traffic Flow Theory: Characteristics, Experimental Methods, and Numerical Techniques (Butterworth-Heinemann, Ed.; 1st edition).

Plata, F., & Ramírez, C. (2018a). Análisis Modelado Y Simulación De Tráfico Vehicular Mediante Sistemas Multiagente [Universidad Autónoma de México]. http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/98866/Analisis_Modelado_Y_Simulacion_De_Trafico_Vehicular_Mediante_Sistemas_Multiagente.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Plata, F., & Ramírez, C. (2018b). Análisis Modelado Y Simulación De Tráfico Vehicular Mediante Sistemas Multiagente [Universidad Autónoma del Estado de México]. http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/98866/Analisis_Modelado_Y_Simulacion_De_Trafico_Vehicular_Mediante_Sistemas_Multiagente.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

PTV Group. (2023). Software de tecnología alemana para simulación de tráfico | PTV Group. https://www.ptvgroup.com/es/soluciones/productos/ptv-vissim-nuevo/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=es_vissim_ads-branding&utm_content=vissim&gclid=CjwKCAiAmJGgBhAZEiwA1JZolj4k8nE-KPAR11NJYxL105tW3mLE0RIY8IfCSCuqiptVanCKOzHPYRoC2-0QAvD_BwE.

Ramos, C. (2017). Simulación de un modelo microscópico de seguimiento de vehículos [Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/45868/1/TFG_CARLOS_RAMOS_FERRER_a.pdf.

Raonline. (2016). Simulador De PLC - Semáforo - YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=669qa0lYetI>.

Tarifa, E. E. (2001). Teoría de Modelos y Simulación Introducción a la Simulación.

TransModeler Traffic Simulation Software. (2020). TransModeler: Software de Simulación. <https://www.caliper.com/transmodeler/descripcion.htm>.

- Wolshon, B., & Pande, A. (2016). Traffic Engineering Handbook: Vol. 7th Edition (Kindle Edition, Ed.).
- 123RF. (2023). *Diferentes Tipos De Transporte Público De La Ciudad 3d Iconos Conjunto Vista Isométrica Vector Ilustraciones Svg, Vectoriales, Clip Art Vectorizado Libre De Derechos. Image 98120023.* https://es.123rf.com/photo_98120023_diferentes-tipos-de-transporte-p%C3%BAblico-de-la-ciudad-3d-iconos-conjunto-vista-isom%C3%A9trica-vector.html.
- Alcalá, M. (2016). *Microsimulación del tráfico de la intersección de las avenidas Bolívar, Córdova y calle Andalucía empleando el software* [Pontífica Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6685>.
- Atiencia, N., & Ramírez, V. (2013). *Control de tráfico vehicular usando un sistema neuro difuso tipo ANFIS* [Escuela Politécnica Nacional L]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6340/1/CD-4864.pdf>.
- Ben, W., Liu, Q., Wei, L., Adriazola, S. C., King, R., Sarmiento, C., & Obelheiro, M. (2016). Ciudades más seguras mediante el diseño. Lineamientos y ejemplos para promover la seguridad vial mediante el diseño urbano y vial. *Instituto de Recursos Mundiales (WRI)*, pp. 1–144. <https://publications.wri.org/citiessafer/es/#fore>.
- Bouche, D. (2012). *Vista de Modelado de Tráfico: Una estrategia inteligente contra la congestión de una red | Prisma Tecnológico*. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/539/html>.
- Cabrera, G. (2022). *Metodología para la calibración del programa TRANSYT-7F para optimización de semáforos en áreas urbanas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Calderón Mayor, R., & Cárdenas, J. (2018a). *Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones* (Alfaomega, Ed.; 9a. edición).
- Caliper. (2023a). *TransModeler: Software de Simulación*. <https://www.caliper.com/transmodeler/descripcion.htm>.
- Cal y Mayor, Rafael., & Cárdenas, James. (2007). *Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones*. Alfaomega.

- Campoverde, I. (2017). *Modelado de tráfico vehicular en avenidas a partir de datos estadísticos*. Universidad Politécnica Salesiana.
- De La Torre, B., & Henríquez, J. (2019). *Evaluación de medidas de gestión de tránsito a través de modelos de simulación vehicular : caso aplicado sobre el corredor urbano de la calle 72 Barranquilla* [Universidad de la CostaCUC]. <https://core.ac.uk/download/pdf/187495532.pdf>.
- Delgado, J., Saavedra, P., & Velasco, R. M. (2011). *Modelación de problemas de flujo vehicular*.
- Díaz, F. (2022). *Itinerarios 1C Tecnologías para la Movilidad y Tráfico: Modelados para Movilidad y Tráfico* (Ediloja Cía. Ltda., Ed.). www.utpl.edu.ec.
- Didier, A., Muñoz, J. C., & Giesen, R. (2010). *Calibración y Simulación de un Corredor de Transporte Público en Microsimulador de Tráfico Paramics*. 14, pp. 5–10. <https://estudiosdetransporte.org/sochitran/article/view/103>.
- Djahel, S., & Hadjadj, Y. (2020, May). *Traffic management system: from traffic data collection to congestion*. https://www.researchgate.net/figure/Traffic-management-system-from-traffic-data-collection-to-congestion-mitigation_fig1_341311809.
- ePermitTest. (2023). *Conducir en Carreteras de Múltiples Carriles con Tráfico Pesado: Tácticas de Manejo Seguro*. <https://www.epermittest.com/educacion-de-manejo/trafico-pesado-carreteras-multiples-carriles>.
- Espinel, Á., & Jaramillo, J. (2022). *Análisis de tráfico y alternativas de solución para el congestionamiento vehicular en la intersección de la Avenida Mariscal Sucre y San Francisco de Rumihurco en la ciudad de Quito a través del software PTV VISSIM* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/20199/TESIS%20DE%20GRADO%20JOSE%20JARAMILLO%20-%20ANGEL%20ESPINEL%20-%202022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Fernández, R., Valenzuela, E., & Gálvez, T. (2000). *INCORPORACIÓN DE LA CAPACIDAD Y RENDIMIENTO DE PARADEROS EN EL PROGRAMA TRANSYT*.

- García, A. (2017). *Microsimulación de tráfico en zona urbana* [Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/handle/11441/65372>.
- Gómez, E. (2009). *Desarrollo de un Modelo de Simulación Vehicular para la Mejora en la Sincronización de Semáforos*. <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/379/1/GomezHE.pdf>.
- Manjunatha, P., Vortisch, P., & Mathew, T. V. (2013). *Methodology for the Calibration of VISSIM in Mixed Traffic*.
- Monterrey, A., & Sosa, C. (2020). *Diseño de un sistema de semaforización inteligente para controlar flujo vehicular a partir de procesamiento de imágenes*. Universidad Piloto de Colombia.
- Ni, D. (2015). *Traffic Flow Theory: Characteristics, Experimental Methods, and Numerical Techniques* (Butterworth-Heinemann, Ed.; 1st edition).
- Paramics Microsimulation. (2023). *Paramics 3D Traffic Microsimulation & Modelling Software for Transport - SYSTRA*. <https://www.paramics.co.uk/en/>.
- PIARC (Asociación Mundial de Carreteras). (2022, May). *Modelos de Tránsito*. <https://rno-its.piarc.org/es/planificacion-e-implementacion-valuacion-de-proyectos-evaluacion-de-proyectos-its/modelos-de-tránsito>.
- Plata, F., & Ramírez, C. (2018a). *Análisis Modelado Y Simulación De Tráfico Vehicular Mediante Sistemas Multiagente* [Universidad Autónoma del Estado]. http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/98866/Analisis_Modelado_Y_Simulacion_De_Trafico_Vehicular_Mediente_Sistemas_Multiagente.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- PTV Group. (2023). *Software de tecnología alemana para simulación de tráfico | PTV Group*. https://www.ptvgroup.com/es/soluciones/productos/ptv-vissim-nuevo/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=es_vissim_ads-branding&utm_content=vissim&gclid=CjwKCAiAmJGgBhAZEiwA1JZolj4k8nE-KPAR11NJYxL105tW3mLE0RIY8IfCSCuqiptVanCKOzHPYRoC2-0QAvD_BwE.
- Ramos, C. (2017). *Simulación de un modelo microscópico de seguimiento de vehículos* [Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/45868/1/TFG_CARLOS_RAMOS_FERRER_a.pdf.

ResearchGate. (2021). *Simulation with PARAMICS The phase scheme of the intersection adopts... / Download Scientific Diagram*. https://www.researchgate.net/figure/Simulation-with-PARAMICS-The-phase-scheme-of-the-intersectionadopts-four-phases-Phase1_fig1_337799153.

raonline. (2016). *Simulador De PLC - Semáforo - YouTube*. <https://www.youtube.com/watch?v=669qa0lYetI>.

Riol, R., & ecomovilidad.net. (2016, August 30). ¿Cómo calculamos la ocupación del transporte público? <https://ecomovilidad.net/global/calculamos-la-ocupacion-del-transporte-publico/>.

Romero, C. (2008). *Microsimulación de Estrategias Planificadas de Operación para un Corredor de Transporte Público* [Universidad de Chile]. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103112/romero_cv.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

Tarifa, E. E. (2001). *Teoría de Modelos y Simulación Introducción a la Simulación*.

TransModeler Traffic Simulation Software. (2020). *TransModeler: Software de Simulación*. <https://www.caliper.com/transmodeler/descripcion.htm>.

TRL Software. (2021). *TRANSYT 16 Simulation Model - TRL Software*. <https://trlsoftware.com/support/knowledgebase/transyt-16-simulation-model/>.

TRL Software. (2023). *TRANSYT - TRL Software*. <https://trlsoftware.com/products/junction-signal-design/transyt/#key-modelling-features>.

Wolshon, B., & Pande, A. (2016). *Traffic Engineering Handbook: Vol. 7th Edition* (Kindle Edition, Ed.).