

## PROGRAMA DE CURSO TEORÍA DE FLUJOS VEHICULARES

### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Civil (DIC)				
Nombre del curso	Teoría de flujos vehiculares	Código	CI4144	Créditos	6
Nombre del curso en inglés	<i>Traffic Flow Theory</i>				
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal 5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X	Electivo		
Requisitos	MA3403: Probabilidades y Estadística, CI3141: Análisis de Sistemas de Transporte				

### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes utilicen técnicas de modelamiento y optimización, procesos estocásticos y teoría de colas, para resolver problemas reales de circulación de vehículos, peatones y su interacción con la infraestructura vial, así como representar fenómenos de tráfico en escenarios reales.

Asimismo, elabora recomendaciones para la implementación de proyectos de gestión urbana, basándose en el análisis de propuestas de medidas de intervención a nivel de tráfico urbano, que debieran evaluarse con software específicos de modelamiento.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, formular y aplicar modelos para la resolución de problemas relacionados con obras y sistemas de ingeniería civil.

CE2: Interpretar y evaluar los métodos, herramientas y tecnologías utilizados y sus resultados, siendo estas computacionales, experimentales, numéricas o analíticas, en la resolución de problemas asociados a obras y sistemas de ingeniería civil.

CE4: Identificar e incorporar los elementos de incertidumbre inherentes a todo proyecto de ingeniería civil, en la concepción, diseño, ejecución y administración de los proyectos.

CET6: Modelar el comportamiento de viaje de las personas y el rendimiento de las redes de transporte.

CET7: Estimar el impacto que un proyecto de transporte puede tener en las elecciones de las personas, en términos de origen, destino, ruta, modo y hora de los viajes, así como sobre el uso de su tiempo.

CET9: Estimar el impacto de políticas de uso de suelo en el sistema de transporte, y el impacto de políticas de transporte en el sistema de actividades, en el uso del suelo y en el uso del tiempo.

CET10: Proponer y analizar distintas alternativas de sistemas de gestión de tránsito en contextos urbanos específicos.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG2: Comunicación en inglés

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.

CG3: Compromiso ético

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

CG5: Sustentabilidad

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

### C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1	RA1: Aplica técnicas de optimización, ecuaciones diferenciales, procesos estocásticos y teoría de colas en el desarrollo de modelos de tráfico para resolver problemas reales de circulación de vehículos, peatones y su interacción con la infraestructura vial.
CE2	RA2: Procesa y analiza los resultados de los modelos de tráfico, así como de su implementación por medio de software de simulación y/o optimización de dispositivos viales, con el fin de proponer medidas de gestión de tráfico, aplicables en un contexto de evaluación táctica y operacional de proyectos.
CE4	RA3: Aplica conceptos de modelamiento de sistemas con incertidumbre, asociadas a fenómenos estocásticos inherentes al tráfico urbano, así como técnicas de probabilidades, procesos estocásticos y simulación, para representar fenómenos de tráfico en escenarios reales.
CET6	RA4: Utiliza conceptos y modelos de comportamiento de usuarios en elección de ruta, cambio de pista y seguimiento vehicular, aplicando técnicas de modelamiento y optimización para representar a las entidades que interactúan con la infraestructura y dispositivos viales.
CET7	RA5: Evalúa los beneficios de proyectos viales a nivel táctico, computando índices de rendimiento que incorporan los costos y beneficios para usuarios y operadores asociados a tales proyectos de intervención urbana.
CET9, CET10	RA6: Elabora recomendaciones para la implementación de proyectos de gestión urbana, basándose en propuestas de medidas de intervención a nivel de tráfico urbano, que debieran evaluarse con software específicos de modelamiento.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	<p>RA7: Produce informes sobre la aplicación de modelos matemáticos y de simulación, a fin de explicar, con claridad y concisión conclusiones sobre los resultados obtenidos, integrando gráficos, figuras o tablas con las cuales respaldar e interpretar dichos modelos y simulaciones.</p> <p>RA8: Elabora ensayos sobre la implementación de modelos avanzados, realizando un análisis crítico sobre la aplicación de dichos modelos, respaldando su propuesta en una indagación bibliográfica.</p>

CG2	RA9: Lee en inglés literatura científica sobre modelos matemáticos de tráfico urbano y simulación a fin de extraer conceptos y sintetizar información con la cual respaldar en base a evidencia el análisis de diversos fenómenos reales o procesos respecto de la teoría de flujos vehiculares.
CG3, CG5	RA10: Compara ejemplos donde se confrontan modelos para sistemas más eficientes (transporte público versus privado), considerando la cuantificación de efectos sociales, ambientales y el uso de criterios éticos, respecto de alternativas de proyectos sustentables, a mediano y largo plazo.

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1	Descripción del tráfico y modelos de circulación	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Definición de conceptos básicos de procesos de circulación. 1.2. Conflictos de tráfico y sus soluciones. 1.3. Modelos elementales: Circulación ininterrumpida e interrumpida.		El/la estudiante: 1. Identifica los distintos tipos de conflictos de tráfico, considerando soluciones factibles sobre la base de la teoría de flujo vehicular. 2. Determina la diferencia entre circulación ininterrumpida e interrumpida, considerando notación común, variables y conceptos para analizar problemas relacionados con flujos vehiculares.	
Bibliografía de la unidad		Kerner (2009). Barceló (2010). Elefteriadou, L. (2014). Ni, D. (2015).	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3, RA4, RA8, RA9	Modelos de circulación continua	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	

<p>2.1. Principios hidrodinámicos. 2.2. Modelos fluidodinámicos. 2.3. Ecuaciones de continuidad y conservación. 2.4. Variables fundamentales tráfico ininterrumpido y ecuación fundamental del tráfico. 2.5. Diagrama fundamental. 2.6. Ondas cinemáticas de tráfico y Shockwaves. 2.7. Principios de seguimiento vehicular. 2.8. Inestabilidad de tráfico 2.9. Relaciones Velocidad Flujo o Flujo Demora. 2.10. Definición y estimación de capacidad.</p>	<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Utiliza modelos de fluidodinámica para describir fenómenos asociados al tráfico ininterrumpido.</li> <li>2. Define y calcula las variables fundamentales del tráfico, identificando claramente sus relaciones y fenómenos asociados, en el contexto de modelos de circulación continua.</li> <li>3. Calcula indicadores de capacidad asociados al tráfico en autopistas bajo diferentes condiciones de demanda y congestión.</li> <li>4. Extrae y sintetiza información en inglés de múltiples fuentes sobre modelos fluidodinámicos, relacionando conceptos que aplica a ejemplos de circulación continua.</li> <li>5. Elabora un análisis crítico donde argumenta, de manera clara, precisa e informada, sobre el uso de modelos para circulación continua.</li> </ol>
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<p>Li &amp; Sun (2012). Kerner (2009). Elefteriadou, L. (2014). Hoogendoorn y Bovy (2001). Hoogendoorn, S., &amp; Knoop, V. (2013). Barceló (2010). Newell, G. F. (1993). Ni, D. (2015).</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA4, RA9	Capacidad en modelos de circulación interrumpida	1,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>3.1. Capacidad de intersecciones de prioridad y semaforizadas (circulación interrumpida). 3.2. Modelos de aceptación de brechas y modelos lineales para intersecciones de prioridad. 3.3. Heterogeneidad de tráfico. 3.4. Capacidad en intersecciones semaforizadas. 3.5. Capacidad en estaciones de transferencia y paraderos de transporte público (TP). 3.6. Capacidad de corrientes peatonales.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calcula y estima indicadores de capacidad para flujo en tráfico ininterrumpido, que considera intersecciones de prioridad, semáforos, estaciones de transporte público y movimiento de peatones.</li> <li>2. Aplica los factores de corrección necesarios para evaluar correctamente la capacidad en tráfico ininterrumpido, basándose en las condiciones de tráfico, configuración de las vías, modalidad de asignación de prioridades dependiendo del dispositivo de control utilizado y del diseño de intersecciones.</li> </ol>	

	<p>3. Extrae y sintetiza información en inglés sobre modelos de cálculo de capacidad de intersecciones en tráfico interrumpido, corrientes peatonales y terminales.</p>
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<p>Elefteriadou, L. (2014).          Hoogendoorn, S., &amp; Knoop, V. (2013).          Ni, D. (2015).</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA5, RA6, RA7, RA9	Eficiencia de dispositivos viales en intersecciones	3,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Procesos de cola en intersecciones. 4.2. Colas estocásticas estacionarias y deterministas dependientes del tiempo. 4.3. Función transformada de Whiting. 4.4. Demoras y detenciones en intersecciones de prioridad. 4.5. Demoras y detenciones en intersecciones semaforizadas 4.6. Demoras en estaciones terminales y paradas de TP.		El/la estudiante: 1. Calcula demoras y detenciones en intersecciones, ya sean de prioridad o semaforizadas, utilizando conceptos de teoría de colas. 2. Calcula demoras en estaciones de transporte público, utilizando teoría de cola y simulación. 3. Elabora informes sobre cálculos de demoras y detenciones, respaldando los resultados con el uso de representaciones como gráficos y tablas. 4. Extrae y sintetiza información en inglés sobre modelos de colas, cálculo de demoras y detenciones en intersecciones y estaciones de transferencia.	
Bibliografía de la unidad		Lindren (2005). Elefteriadou, L. (2014). Hoogendoorn, S., & Knoop, V. (2013). Ni, D. (2015).	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA5, RA6, RA9, RA10	Modelación de tráfico a niveles microscópico mesoscópico y macroscópico	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Diagrama fundamental macroscópico (MFD). 5.2. Modelos de simulación macro, meso y microscópicos. 5.3. Modelos continuos Simples y de orden mayores. 5.3. Modelación de redes urbanas a nivel mesoscópico (HCF y modelos de dispersión de tráfico), cell-transmission models. 5.4. Índices de rendimiento (IR) y evaluación de proyectos viales de carácter táctico		El/la estudiante: 1. Modela intersecciones semaforizadas basándose en la existencia del diagrama fundamental macroscópico. 2. Simula el tráfico urbano a distintos niveles de agregación: macro, meso y microscópico. 3. Modela redes urbanas utilizando diversas herramientas (HCF, modelos de dispersión de tráfico, cell-transmission models, MFD). 4. Calcula índices de rendimiento para evaluar proyectos a nivel táctico. 5. Analiza y compara el impacto y beneficios de los proyectos de gestión de tráfico en aspectos ambientales, sociales y económicos,	

	<p>considerando posibles efectos complejos a mediano y largo plazo.</p> <p>6. Analiza de forma reflexiva y crítica el impacto de sus propuestas, considerando efectos sobre el medio natural, cultural y social.</p> <p>7. Extrae y sintetiza información en inglés sobre modelamiento de redes urbanas y evaluación de proyectos.</p>
Bibliografía de la unidad	<p>Barceló (2010). Daganzo, C. F. (1994). Daganzo, C. F., &amp; Geroliminis, N. (2008). Elefteriadou, L. (2014). Hoogendoorn, S., &amp; Knoop, V. (2013). Ni, D. (2015). Geroliminis, N., &amp; Sun, J. (2011).</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA2, RA3, RA4, RA5, RA9	Tópicos avanzados de teoría de flujos vehiculares	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
<p>6.1. Microsimulación de tráfico: modelos internos y software (SUMO, AIMSUM, Paramics, VISSIM), evaluación usando microsimulación.</p> <p>6.2. Modelos de tráfico y comunicaciones: aplicaciones a vehículos autónomos, Transporte público, etc.</p> <p>6.3. Teoría de control aplicada a tráfico urbano: control de acceso a autopistas (ramp metering), semáforos actuados.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ejecuta software de simulación de tráfico a nivel de usuario, entendiendo los modelos internos de comportamiento que están programados en tales paquetes.</li> <li>2. Analiza resultados y salidas de microsimuladores de tráfico.</li> <li>3. Calcula indicadores básicos de control de acceso de autopistas y semáforos actuados.</li> <li>4. Extrae y sintetiza información de múltiples fuentes sobre tópicos avanzados de teorías de flujo.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>Barceló (2010). Kerner (2009). Ni, D. (2015).</p>	



### E. Estrategias de enseñanza – aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- Clases expositivas.
- Resolución de problemas.
- Análisis de caso.
- Lectura crítica.

### F. Estrategias de evaluación:

*Al inicio del semestre se presentarán al curso las estrategias de evaluación propuestas, indicando tipos, cantidad y ponderaciones de las evaluaciones.*

Para esta propuesta se podrían considerar las siguientes instancias de evaluación:

- Control N°1: Unidad 1,2
- Control N°2: Unidad 3,4
- Control N°3: Unidad 5,6
- Como completo a cada control, se pide un ensayo en torno a un tema relacionado con la materia que se está evaluando.
- Tareas computacionales: El alumno deberá programar algoritmos y microsimulaciones para redes de tráfico, reportes.
- Examen: Integrador del curso, se evalúa las competencias que fue declarada en el programa, como logro a ser alcanzado por el estudiante.

### G. Recursos bibliográficos:

#### **Bibliografía obligatoria:**

1. Barceló, J. (2010). *Fundamentals of traffic simulation* (Vol. 145, p. 439). New York: Springer.
2. N. Bellomo, V. Coscia, M. Delitala, On the Mathematical Theory of Vehicular Traffic Flow I. Fluid Dynamic and Kinetic Modelling, *Math. Mod. Meth. App. Sc.*, Vol. 12, No. 12 (2002) 1801–1843.
3. Daganzo, C. F. (1994). The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory. *Transportation Research Part B: Methodological*, 28(4), 269-287.
4. Daganzo, C. F. (1997). Traffic flow theory. In *Fundamentals of transportation and traffic operations*. Emerald Group Publishing Limited.

5. Daganzo, C. F., & Geroliminis, N. (2008). An analytical approximation for the macroscopic fundamental diagram of urban traffic. *Transportation Research Part B: Methodological*, 42(9), 771-781.
6. Elefteriadou, L. (2014). *An introduction to traffic flow theory* (Vol. 84). New York: Springer.
7. Geroliminis, N., & Sun, J. (2011). Properties of a well-defined macroscopic fundamental diagram for urban traffic. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(3), 605-617
8. Hoogendoorn, S., & Knoop, V. (2013). *Traffic flow theory and modelling. The transport system and transport policy: an introduction*, 125-159.
9. Hoogendoorn, S.P., y Bovy, P.H. (2001) State-of-the-art of vehicular traffic flow modelling, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, Vol. 215, Nº 4, pp 283-303.
10. Kerner, B.S. (2009) *Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control*, Springer.
11. Li, Y., and Sun, D. (2012) "Microscopic car-following model for the traffic flow: the state of the art", *Journal of Control Theory and Applications*, 10, 2, 133-143.
12. Newell, G. F. (1993). A Simplified Theory of Kinematic Waves in Highway Traffic. *Transportation Research B*, 27B: Part I, General theory, pp. 281-287; Part II, Queueing at freeway bottlenecks, pp. 289-303; Part III, Multi- destination flows, pp. 305-313.
13. Ni, D. (2015). *Traffic flow theory: Characteristics, experimental methods, and numerical techniques*. Butterworth-Heinemann.

#### H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Otoño, 2021
Elaborado por:	Cristian Cortés
Validado por:	Revisión académico par: Alejandro Tirachini CTD Ingeniería Civil y académicos del Departamento.
Revisado por:	Área de Gestión Curricular